

ATV

STRATEGISKE TEKNOLOGIER FOR DANMARK

12 teknologier, der
accelererer og understøtter
omstillingen til en fossilfri,
biobaseret og digitalt
understøttet fremtid.



Indholdsfortegnelse

Resumé	4
Identifikation af strategiske teknologifelter for Danmark	6
4 teknologifelter for en fossilfri fremtid	11
Fossilfri 1: Vedvarende energi	13
Fossilfri 2: Energilagring og -konvertering	15
Fossilfri 3: Landbrugsteknologi	17
Fossilfri 4: Grøn transport	19
4 teknologifelter for en biobaseret fremtid	21
Biobaseret 1: Biomedicinske teknologier	23
Biobaseret 2: Nye ingredienser og proteinkilder	25
Biobaseret 3: Bioteknologisk produktion	27
Biobaseret 4: Bioenergi og bæredygtige brændstoffer	29
4 teknologifelter for en digitalt understøttet fremtid	31
Digital 1: Robotteknologi	33
Digital 2: Kvanteteknologi	35
Digital 3: Data Science	37
Digital 4: Smart infrastruktur	39
Appendiks	40

ATV

Rapporten "Strategiske teknologier for Danmark" er udarbejdet i samarbejde med Teknologisk Institut som en del af ATV's projekt "Guide til et resilient Danmark"

GUIDEKOMITÉEN FOR GUIDE TIL ET RESILIENT DANMARK

Charlotte Rønhof (formand), professionelt bestyrelsesmedlem; **Claus Crone Fuglsang** (næstformand), Executive Vice President, Novozymes; **Carsten Orth Gaarn-Larsen** (2. næstformand), koncerndirektør, Danmarks Tekniske Universitet; **Anna Haldrup**, institutleder, Københavns Universitet; **Astrid Haug**, CEO, Astrid Haug Bureau; **Eskild Holm Nielsen**, dekan, Aarhus Universitet; **Helle Rootzén**, CEO, andhero; **Lars Enevoldsen**, Senior Vice President, Kamstrup; **Lisbeth Knudsen**, strategidirektør, Altinget og Mandag Morgen; **Mads Søndergaard**, koncerndirektør byggeri, NIRAS; **Mette Juhl Jørgensen**, CEO, Plus Solutions; **Michael Lumholt**, Founder, Lumholt Space Technologies; **Michael Hauschild**, professor, DTU Sustain; **Søren Riis**, Vice President, Cochlear; **Thomas Bech Hansen**, Executive Vice President, FORCE Technology

ATV'S SEKRETARIAT

Ansvarshavende redaktør: Lia Leffland, akademidirektør; redaktør: Bjarke Wiegand, chefkonsulent; medforfatter: Mette Tolling, kommunikationskonsulent; korrektur: Lise Thurmann, chefsekretær; illustrationer: Julie Seiden, student med hjælp fra ChatGPT og Midjourney.

DESIGN OG PRODUKTION: Westring Kbh.

Copyright: ATV, Akademiet for de Tekniske Videnskaber, november 2023

ISBN: 87-7836-128-1
EAN: 978-87-7836-128-8

Trykt på 100%
genbrugspapir



Forord

Danmark har behov for en teknologistrategi

Evnen til at udvikle og omstille sig til teknologiske løsninger, der bliver kritiske for fremtidens energiproduktion, sundhed, klima, fødevarerproduktion og ikke mindst sikkerhed, bliver i stigende grad afgørende for et lands resiliens og økonomi. Denne analyse rummer nogle af Danmarks stærkeste teknologilederes bud på 12 teknologifelter, der vil være kritiske for Danmarks fremtid.

Analysen, der er første udspil fra Akademiet for de Tekniske Videnskaber, ATV's nye, femårige projekt "Guide til et resilient Danmark", er ATV's bud på de teknologifelter, hvor Danmark har de bedste forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger til resten af verden.

Som baggrund for identificering af teknologifelterne har ATV bl.a. screenet 25 internationale analyser af globalt kritiske teknologier – herunder den australske tænketank Australian Strategic Policy Institute, ASPI's Critical Technology Tracker. ASPI vakte i foråret global opsigt med en kortlægning af verdens landes forskningsstyrke inden for 44 globalt kritiske teknologifelter. Konklusionen var, at Kina er førende inden for 37 af de 44 teknologier, og at der i dag foregår et globalt kapløb om at udvikle teknologiske løsninger til fremtidens resiliente samfund.

Det er denne skærpede teknologikonkurrence, der er i fokus for ATV's nye projekt, der har som formål at gøre Danmark til et foregangsland for verdens omstilling til stadig mere fossilfrie, biobaserede og digitalt understøttede løsninger. Det er ATV's overbevisning, at denne omstilling er helt nødvendig for at håndtere store samfundsudfordringer som klimaforandringer, bæredygtig energiforsyning og udfordringer inden for fødevarer, sundhed, sikkerhed m.m.

De 12 teknologifelter er ATV's bud på, hvordan Danmark bedst spiller ind i en skærpet global teknologikonkurrence med fokus på verdens - og vores egen - fremtidige resiliens. Nu er det vigtigt, at politikerne kommer ind i kampen og bidrager med en langsigtet strategi, som understøtter forskning, udvikling, implementering og eksport inden for disse teknologifelter til gavn for Danmarks fremadrettede økonomi og bæredygtighed.

God læselyst.



Carsten Toft Boesen
Præsident for ATV,
CEO for NIRAS



Charlotte Rønhof
Formand for ATV's Guidekomité,
professionelt bestyrelsesmedlem

Resumé

Denne rapport er den første analyse fra Akademiet for de Tekniske Videnskaber, ATV's projekt "Guide til et resilient Danmark" (se boks nederst på siden).

Analysen er udarbejdet af Teknologisk Institut på opdrag fra ATV. Den identificerer 12 teknologifelter, som er af kritisk betydning for Danmarks fremtidige økonomi, resiliens og konkurrenceevne.

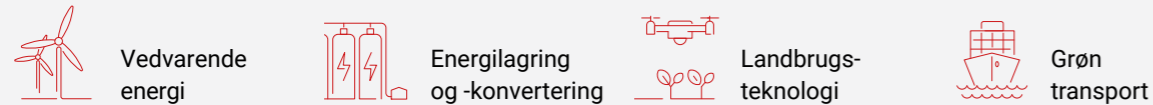
Det er teknologifelter, som internationale analyser udpeger som strategiske fokusområder for bæredygtig-

hed og resiliens på globalt plan, og som ATV's eksperter vurderer:

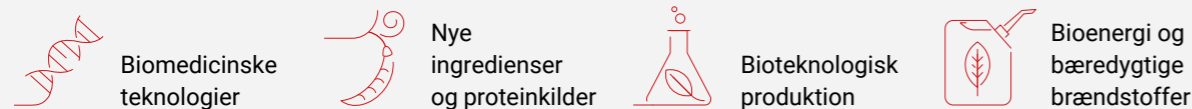
1. ...er væsentlige for Danmarks omstilling til et bæredygtigt og resilient samfund.
2. ...potentielt kan blive danske styrkeområder i den internationale teknologikonkurrence.

De 12 teknologifelter er:

Danske styrkeområder i en fossilfri fremtid



Danske styrkeområder i en biobaseret fremtid



Danske styrkeområder i en digitalt understøttet fremtid



Inden for disse teknologifelter vurderer ATV's eksperter, at Danmark har de stærkeste forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger til resten af verden.

Teknologifelterne og deres strategiske betydning for Danmark beskrives nærmere på side 10 - 39.

Om ATV's projekt: "Guide til et resilient Danmark"

Projektet vil styrke Danmarks resiliens, bæredygtighed og konkurrenceevne ved at accelerere omstillingen til stadig mere fossilfri, biobaserede og digitalt understøttede teknologier.

Projektet er påbegyndt december 2022 og løber over fem år til december 2027.

Den overordnede budgetramme er på 48,5 mio. kr. Projektet støttes af alle Danmarks otte universiteter samt fem markante fonde (se sponsorkliste på side 43).

Projektet bygger videre på ATV's femårige "Science & Engineering-projekt", der i perioden 2016 - 2021 har påvist en stærk sammenhæng mellem et samfunds velstand og samfundets investeringer i STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics).

Yderligere information: <https://atv.dk/temaer-projekter/tema/guide-til-resilient-danmark>

EN OBLIGATORISK OMSTILLINGSOPGAVE

ATV har identificeret tre teknologiske omstillingsområder, som er fuldstændig essentielle for udviklingen af et bæredygtigt, resilient og ikke mindst konkurrencedygtigt samfund.

- **Fossilfrie** teknologier er helt nødvendige for at nedbringe verdens CO2-udslip, sikre energiforsyning og minimere risici for energikonflikt.
- **Biobaserede** teknologier er helt nødvendige for udvikling af nye sundheds løsninger, reduktion af miljøbelastning fra landbrug og industri og for at brødføde en voksende befolkning.
- **Digitalt understøttede** teknologier er helt nødvendige for at reducere ressourceforbrug, øge effektivitet og produktivitet og holde samfund i gang under pandemier og lignende.

Omstilling inden for disse områder er nødvendig for verdens bæredygtighed og skal ses i en sammenhæng.

I rapporten symboliseres det med, at områderne er forbundet i en treenighed, hvor de konvergerer og påvirker hinanden på kryds og tværs.



Danmark som foregangsland

Analysen udpeger 12 teknologifelter inden for de tre områder, som både er væsentlige for Danmarks egen omstilling, og hvor Danmark har de stærkeste forudsætninger for at bidrage til resten af verdens obligatoriske omstilling.

En målrettet satsning på disse teknologifelter vil styrke Danmarks konkurrenceevne og eksport inden for områder, der er globalt efterspurgt. Samtidig vil det bidrage til at accelerere Danmarks egen omstilling mod et bæredygtigt samfund med fortsat høj velfærd, stabil energiforsyning og økonomisk tryghed.

I sidste ende er ambitionen med ATV's Guideprojekt at gøre Danmark til et foregangsland for resten af verdens omstilling til stadig mere fossilfrie, biobaserede og digitalt understøttede teknologier.

Sådan har vi gjort

Teknologisk Institut har identificeret de 10 vigtigste teknologiske udviklingsfelter på globalt plan inden for henholdsvis fossilfri, biobaseret og digital omstilling på baggrund af et desktopstudie af internationalt anerkendte kilder (se appendiks side 40-42).

Gennem en spørgeskemaundersøgelse er ATV's medlemmer blevet bedt om at prioritere de teknologifelter, som er mest væsentlige for Danmarks omstilling til et resilient og bæredygtigt samfund, og de felter, hvor Danmark har de stærkeste forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger til resten af verden.

Denne rapport er ATV's sekretariats redigering og perspektivering af en mere omfattende baggrundsrapport fra Teknologisk Institut, som kan tilgås her: <https://atv.dk/udgivelser-viden/baggrundsrapport-kritisk-teknologi-til-fremtidens-resiliente-samfund>

Identifikation af strategiske teknologifelter for Danmark

For at identificere strategiske teknologier for Danmark har ATV kortlagt, hvilke teknologiske løsninger der på globalt plan betragtes som væsentligst for den obligatoriske omstilling til stadig mere fossilfrie, biobaserede og digitalt understøttede teknologier.

Det er løsninger, der vurderes at bidrage mest til bæredygtighed og resiliens, hvilket er et tiltagende fokus for alle nationer. De nationer, der er bedst til at håndtere samfundsudfordringer, der truer deres bæredygtighed og resiliens, vil nemlig også stå stærkest i den globale økonomi.

For alle nationer gælder det om dels at omstille egen infrastruktur til at håndtere fremtidige samfundsudfordringer, dels at identificere områder, hvor nationen kan bidrage til resten af verdens obligatoriske omstilling.

Denne rapport fokuserer primært på sidstnævnte: Danmarks muligheder for at udvikle og eksportere løsninger til resten af verden, da det er her Danmarks bidrag til den globale udvikling er størst, og det er samtidig fundamentet for vores egen økonomi og velfærd.

Analysen bygger på tre trin

Trin 1

Teknologisk Institut har screenet 25 teknologiske analyser og forecasts fra både danske og internationale kilder for at identificere de vigtigste teknologier i den globale omstilling til stadig mere fossilfrie, biobaserede og digitalt understøttede teknologier. Disse kilder er specificeret i rapportens appendiks side 40.

For hver kilde har Teknologisk Institut registreret, hvilke teknologier der er betegnet som strategisk vigtige i de kommende år inden for digitalt understøttede teknologier, biobaserede teknologier og teknologier for et fossilfrit samfund. Denne screening resulterede i identifikation af 105 teknologier.

Trin 2

Analysens andet trin var at udvælge og gruppere de 105 teknologier i 30 teknologifelter, 10 inden for hvert omstillingsområde.

Teknologisk Institut er ansvarlig for den endelige definition af de 30 teknologifelter, men ATV's Guidekomité har defineret følgende kriterier, som teknologierne i teknologifelterne skal indfri en eller flere af. Teknologierne skal:

1. bidrage væsentligt til at skabe resiliens over for en eller flere samfundsudfordringer.
2. bygge videre på en styrkeposition i Danmark – eller kunne blive et område, hvor Danmark gør sig gældende i fremtiden.
3. have relevans inden for de næste 5-10 år og fremadrettet.

Trin 3

Analysens tredje skridt var at konsultere ATV's medlemmer gennem en spørgeskemaundersøgelse.

Spørgeskemaet blev i september 2023 sendt til i alt 779 ATV-medlemmer, hvoraf 256 har svaret, hvilket giver en svarprocent på 33. Ikke alle respondenter har imidlertid leveret et helt eller rettidigt svar, så i den følgende analyse indgår 236 besvarelser.

I spørgeskemaundersøgelsen blev medlemmerne, inden for hvert af de tre omstillingsområder, konsulteret med to hovedspørgsmål:

A) *Hvilke teknologifelter mener du er væsentligst for Danmarks omstilling inden for de næste 5-10 år – herunder for vores samlede resiliens over for økonomiske, sikkerheds-, klima- og miljømæssige trusler samt andre store samfundsudfordringer?*

B) *Inden for hvilke teknologifelter mener du, at Danmark inden for de næste 5-10 år har de stærkeste forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger til resten af verden?*

Under hvert spørgsmål blev ATV's medlemmer inviteret til at prioritere op til fem teknologifelter. Medlemmerne fik desuden mulighed for selv at tilføje teknologifelter.

De 12 teknologifelter, som er beskrevet i denne rapport, blev efterfølgende udvalgt baseret på teknologifelterne, hvor Danmark vurderes at have bedst potentiale for at levere løsninger til resten af verden.

Det er således teknologifelter, som i internationale analyser udpeges som strategiske fokusområder for bæredygtighed og resiliens på globalt plan, og som ATV's eksperter vurderer potentielt kan blive danske styrkeområder i den internationale teknologikonkurrence.

Danmarks stærkeste teknogiledere

Prioriteringen af teknologifelterne er foretaget af nogle af Danmarks bedst kvalificerede teknogiledere fra virksomheder samt uddannelses- og forskningsinstitutioner.

For at blive optaget som medlem af ATV skal man have udmærket sig ved en høj faglighed inden for teknisk videnskab, naturvidenskab, digitalisering, sundhedsvidenskab eller beslægtede områder. Desuden skal man have et bredt samfundsmæssigt udsyn og et ønske om at gøre en indsats for samfundet.

Stort fokus på fremtidens teknologi

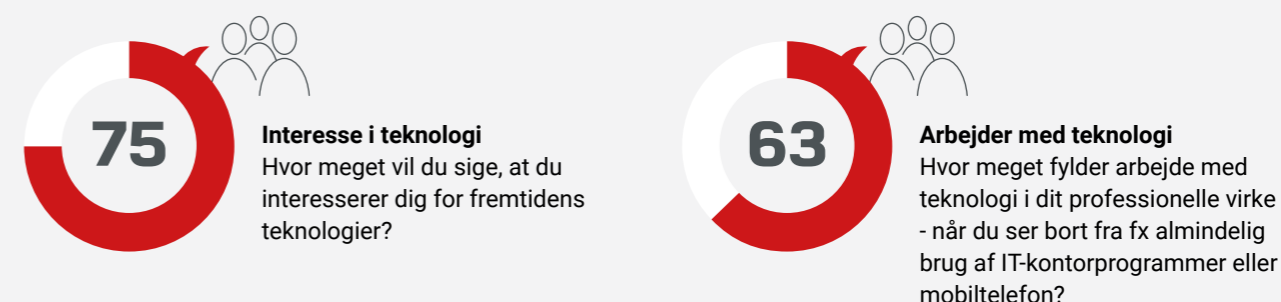
For at kvalificere respondentgruppens berøring med teknologifelterne, blev respondenterne dels spurgt om

deres interesse i fremtidens teknologier, og dels om de konkret arbejder med teknologi.

Respondenterne blev ligeledes bedt om at angive, i hvor høj grad de arbejder med et af de tre overordnede teknologiområder, som denne rapport omhandler.

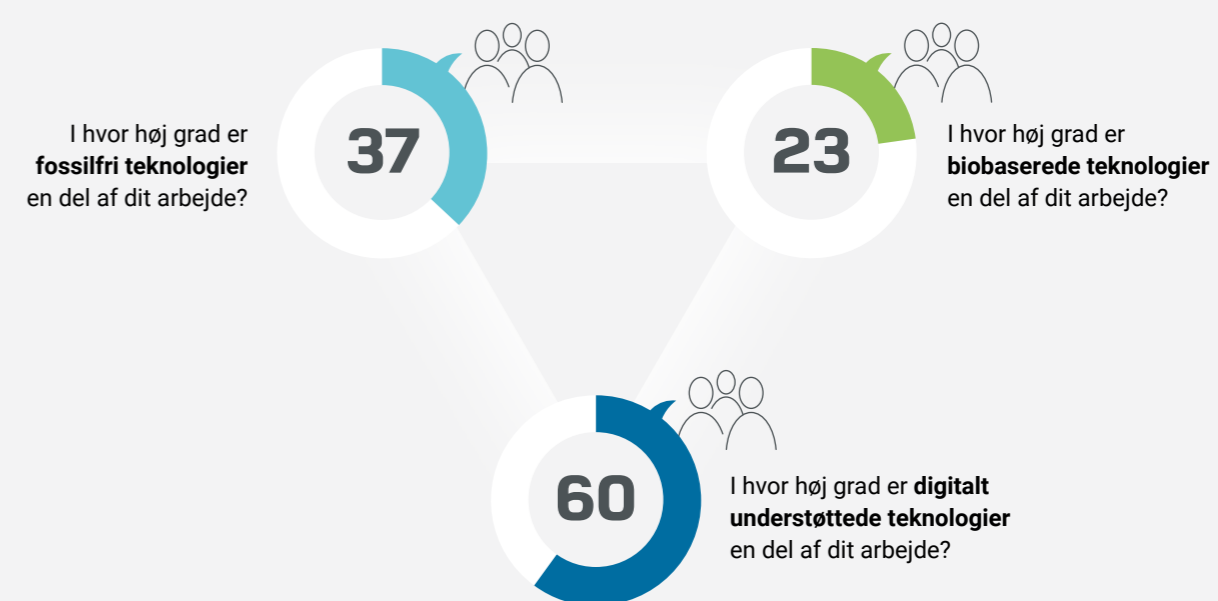
Den store erfaring med – og interesse for – fremtidens teknologi gør det relevant at høre, hvad netop disse respondenter ser som væsentlige teknologier og områder, hvor Danmark kan markere sig internationalt.

På en skala fra 0 til 100



Kilde: Spørgeskemaundersøgelse til ATV's medlemmer september/oktober 2023

På en skala fra 0 til 100



Kilde: Spørgeskemaundersøgelse til ATV's medlemmer september/oktober 2023

TEKNOLOGILEDERNES PRIORITERING

I spørgeskemaundersøgelsen blev medlemmerne, inden for hvert af de tre overordnede teknologiområder, præsenteret for en liste med de ti teknologifelter i tilfældig rækkefølge for ikke at påvirke prioriteringen.

Vurderingerne af teknologiernes væsentlighed for Danmarks omstilling og deres potentiale for at udvikle sig til danske styrkeområder i den internationale konkurrence følges stort set ad teknologi for teknologi.

I denne rapport har vi valgt at prioritere vurderingen af teknologifeltens potentiale for udvikling og eksport af løsninger til resten af verden. Det er vores license to operate i en globaliseret verden, hvor teknologiske løsninger, der kan afhjælpe store samfundsudfordringer, bliver en stadig mere dominerende del af den globale økonomi og dynamik.

Teknologier til fremtidens fossilfrie samfund

Teknologifelter, der bidrager til et fossilfrit samfund, er fx alternative energikilder, systemer, der understøtter eller udnytter de alternative energikilder, teknologier, som udnytter energien mere effektivt, så energibehovet reduceres, samt teknologier, som afbøder effekten af de fossile brændstoffers udledning af klimagasser.

ATV's medlemmer udpegede vedvarende energi, energilagring og -konvertering, landbrugsteknologi og grøn transport som de teknologifelter, hvor Danmark har de stærkeste forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger til resten af verden.

Det teknologifelt, hvor færrest ATV-medlemmer mener, at Danmark har forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger til resten af verden, er "alternative energiformer som fusionsenergi, kernekraft, geotermi". Til gengæld vurderer næsten hver tredje, at teknologifeltet vil få en væsentlig betydning for Danmarks resiliens i de kommende år. Emnet "energioptimering i byer" er vurderet væsentligt for Danmark. Dette tema kan imidlertid ses i sammenhæng med det bredere tema "smart infrastruktur" under de digitalt understøttede teknologier, hvor potentialet for eksport er vurderet højt.

Teknologier til fremtidens biobaserede samfund

De fleste biobaserede teknologifelter tager udgangspunkt i biologi og omtales i Danmark ofte under ét som biosolutions. I kildematerialet blev der ud over biobaserede teknologifelter peget på felter, hvor ikke-biobaseret teknologi sammenkøbes med biologi, som fx neuroteknologi, bionik eller biocomputing.

For teknologifelterne til et biobaseret samfund pegede ATV's medlemmer på biomedicin, nye ingredienser, biologisk produktion samt bioenergi som teknologifelter, hvor Danmark har de stærkeste forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger til resten af verden.

Teknologier til fremtidens digitalt understøttede samfund

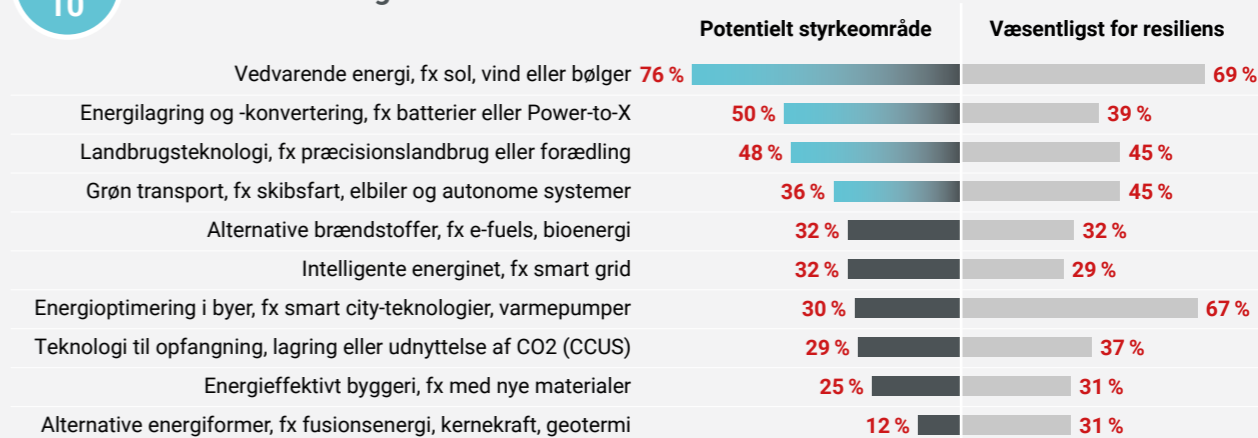
Digitale teknologifelter har stor betydning som nøgleteknologi til udvikling af øvrige teknologier på en lang række områder. Det gælder også udvikling af teknologier til et fossilfrit og et biobaseret samfund.

Et stort flertal af ATV's medlemmer arbejder i det daglige med digitalt understøttede teknologier, og medlemmerne pegede på Data Science, robotteknologi, smart infrastruktur og kvanteteknologi som de fire teknologifelter, hvor Danmark har størst mulighed for at gøre sig gældende globalt i de kommende 5-10 år.

En interessant observation er, at over halvdelen af respondenterne peger på cybersikkerhed som et væsentligt teknologifelt med betydning for Danmarks resiliens, men kun godt en femtedel vurderer, at Danmark har særlige forudsætninger inden for feltet. Her er det værd at bemærke, at udviklingen inden for cybersikkerhed er forbundet med forventninger til krypteringsteknologi inden for udviklingen af kvanteteknologi. Et teknologifelt, hvor knap halvdelen af ATV's medlemmer vurderer, at Danmark har stærke forudsætninger for at kunne bidrage til resten af verden i de kommende 5-10 år. Cybersikkerhed er derfor implicit medregnet som potentielt styrkeområde i denne rapport.

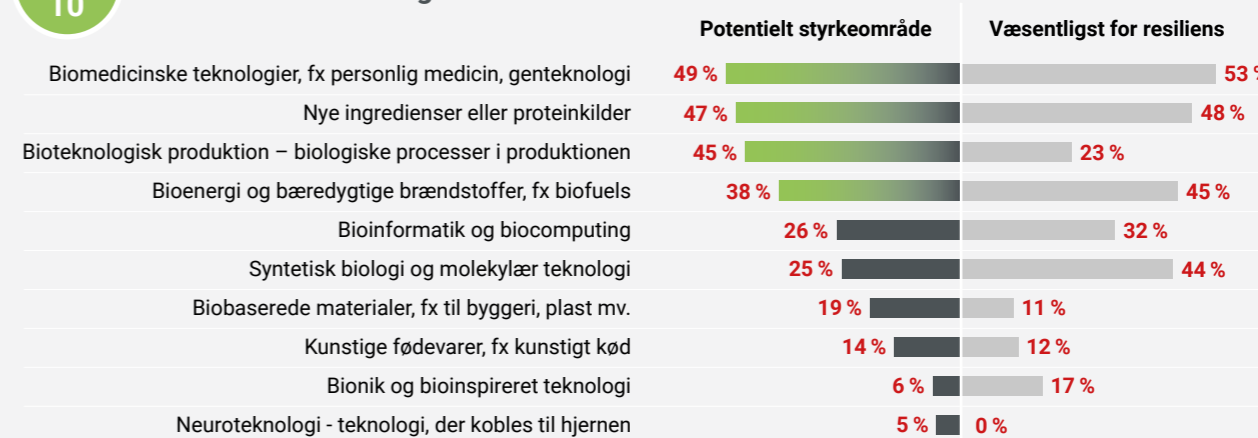
TOP
10

Fossilfrie teknologier



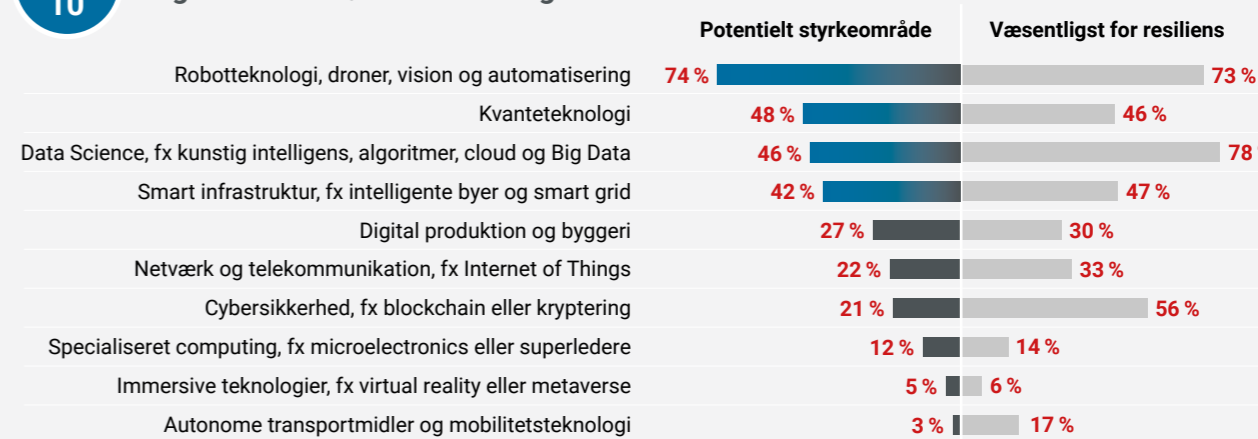
TOP
10

Biobaserede teknologier



TOP
10

Digitalt understøttede teknologier



Kilde: Spørgeskemaundersøgelse til ATV's medlemmer september/oktober 2023. 236 ATV-medlemmer har afgivet deres stemme på, hvilke teknologifelter Danmark inden for de næste 5-10 år har de stærkeste forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger inden for. Og medlemmerne har stemt på, hvilke teknologifelter der er de væsentligste for Danmarks omstilling inden for de næste 5-10 år.



Danmark er organisatorisk, kulturelt og socialt i en unik position til at agere sandkasse for verdens omstilling til fossilfrie teknologier.

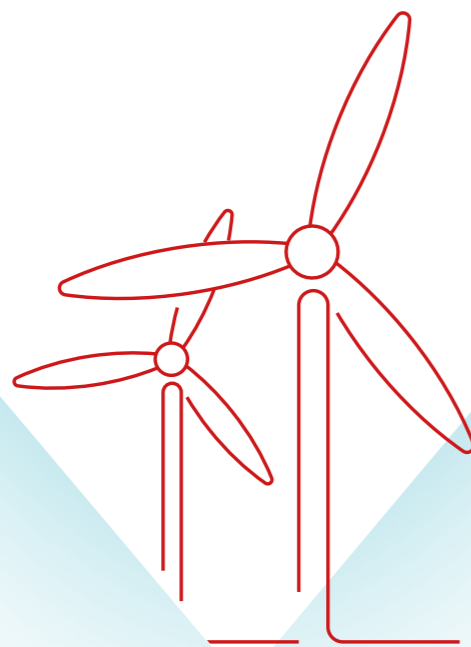
Målet er, at vi opfylder vores egne og fremtidige generationers behov inden for planetens biofysiske grænser. Derfor skal vi i den fossilfrie omstilling kigge på det samlede billede, når vi vurderer teknologiske løsninger. Vi skal være klar over, hvilket aftryk nye teknologier har på både klima, biodiversitet, ressourcer og forurening.

Samtidig skal vi huske på, at teknologi ikke løser problemet alene. Den fossilfrie omstilling handler også om at stoppe forbrugsspiralen, så effekten af ny grøn teknologi bliver en markant reduktion af miljøbelastningen.

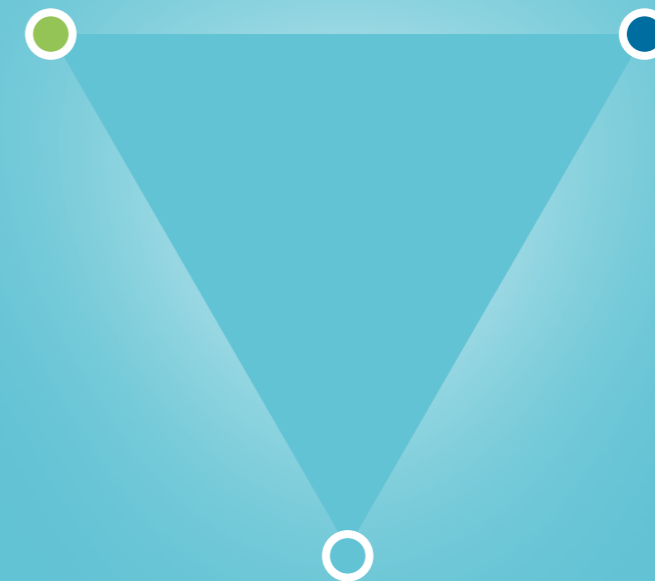
Danmarks rolle i verdens grønne omstilling er at demonstrere teknologiske løsninger, som resten af verden kan importere eller lade sig inspirere af. Der er hele økosystemet interessant, fordi det ikke er en enkelt teknologi, vi skal udvikle. Det er systemeksport. Der har Danmark som lille, agilt land en fordel.

Vi har i Danmark været verdensledende i mange år inden for vindteknologi. Jeg mener, at vi har forudsætningerne for at kunne gøre det igen inden for andre områder, som fx Power-to-X og hydrogenproduktion, ligesom vi også har stærke forudsætninger for at omstille landbruget.

Michael Hauschild,
professor, DTU Sustain
og medlem af ATV's Guidekomité



4 teknologifelter for en Fossilfri fremtid



1
Vedvarende energi

2
Energilagring og
-konvertering

3
Landbrugsteknologi

4
Grøn transport



AI-genereret billede baseret på ATV's beskrivelse af teknologifeltet Vedvarende energi. Anvendte programmer er Midjourney og ChatGPT.



Fossilfri 1

Vedvarende energi

Vedvarende energi udgør grundlaget for fremtidens energiproduktion. Det dækker over en bred vifte af teknologier som sol-, vind- og bølgeenergi. Foruden at reducere CO₂-udledningerne er det forbundet med en lang række fordele som forsyningssikkerhed, sundhed og jobskabelse.

ATV vurderer



Kilde: Spørgeskemaundersøgelse til ATV's medlemmer september/oktober 2023

Hvad

Teknologifeltet vedvarende energi er teknologier, metoder og apparater, der anvendes til at udvinde og udnytte energi fra vedvarende kilder såsom sol, vind, vand, geotermi og biomasse. Det er udtømmelige kilder, der har lav eller ingen udledning af drivhusgasser. Fordelene ved vedvarende energi forstærkes af systemintegration, hvor en bred vifte af energikilder integreres i den samlede produktion, og hvor energilagring og Power-to-X håndterer variabiliteten i produktionen fra især sol og vind.

Hvorfor

Ved at erstatte fossile brændstoffer med vedvarende energikilder kan samfundet drastisk reducere udledningen af klimagasser. Desuden er vedvarende energi forbundet med bedre forsyningssikkerhed. Vedvarende energi er primært nationale energikilder, så afhængigheden af andre lande, som fx Rusland eller Saudi Arabien, og dermed sårbarheden over for prisudsving og forsyningsafbrydelser reduceres. Vedvarende energi spiller også en rolle i at mindske luftforurening, hvilket forbedrer folkesundheden og

reducerer sundhedsudgifterne. Endelig skaber vedvarende energi lokale arbejdspladser og styrker den lokale økonomi. For at sikre, at vedvarende energi kan møde samfundets behov, er investering i infrastruktur, teknologisk udvikling og justering af energisystemer nødvendig.

Danmark

Danmark er stærkt positioneret, når det gælder vedvarende energi med veletablerede, globale spillere i spidsen for et stort økosystem af underleverandører, rådgivere og vidensinstitutioner. En væsentlig forklaring på positionen er, at vedvarende energi er understøttet og udviklet over de seneste 45 år med globale ledere i vindindustrien som Vestas, Siemens og Ørsted. 2022 var et rekordår for vedvarende energi i Danmark, hvor 45,6 pct. af det danske energiforbrug (uden international transport) blev dækket af vedvarende energi – heraf halvdelen fra fast biomasse som træpiller, skovflis, bionedbrydeligt affald, halm, brænde og træaffald.

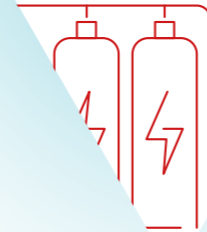
Danmark har øget sin solenergi kapacitet betydeligt i de senere år.

← AI-genererede illustrationer

Baseret på beskrivelserne af teknologifelterne har ChatGPT lavet en tekstbeskrivelse (prompt) til AI-softwaren Midjourney. Med egne justeringer kom vi frem til de 12 illustrationer på denne og de følgende sider.



AI-genereret billede baseret på ATV's beskrivelse af teknologifeltet **Energilagring og -konvertering**. Anvendte programmer er Midjourney og ChatGPT.



Fossilfri 2

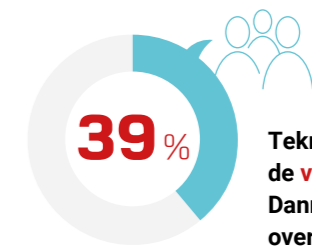
Energilagring og -konvertering

Energilagring og -konvertering er et kritisk teknologifelt i et bæredygtigt energisystem, da det understøtter de vedvarende teknologier. Teknologier som batterier, Power-to-X og termisk lagring optimerer energiforsyningen og sikrer en stabil og pålidelig energitjeneste.

ATV vurderer



Teknologifeltet er blandt Danmarks væsentligste styrkeområder med potentiale for udvikling og eksport til resten af verden.



Teknologifeltet er blandt de væsentligste for Danmarks egen resiliens over for store samfundsudfordringer.

Kilde: Spørgeskemaundersøgelse til ATV's medlemmer september/oktober 2023

Hvad

Systemintegration mellem vedvarende energi og energilagring og -konvertering udgør en grundsten i overgangen til et bæredygtigt og resilient energisystem. Batterier, Power-to-X og termisk lagring er klare eksempler på løsninger inden for dette felt.

Batteriteknologi muliggør lagring af elektricitet, når produktionen overstiger forbruget. Batterier spiller en central rolle i udvikling af grøn transport og har den fordel at kunne lagre energi over lang tid. Termisk lagring har samme funktion og fungerer ved at opvarme eller nedkøle fx vand, sten, salte, olier eller metaller med den vedvarende energi. Generelt set udmærker termisk lagring sig ved et lavt energitab.

Power-to-X gør det muligt at fremstille brint ud fra elektricitet og vand (elektrolyse). Brinten kan videre anvendes til at fremstille brændstoffer til fx tung vej- og lufttransport. Brinten kan også anvendes i proces med kvælstof til at producere ammoniak, der kan anvendes til fx søfart eller gødning.

Hvorfor

Energilagring med batterier eller termisk lagring muliggør en mere fleksibel og effektiv anvendelse af vedvarende energikilder og forbedrer

forsyningsikkerheden. Power-to-X er særlig relevant inden for områder, der ikke umiddelbart kan elektrificeres direkte. For eksempel kan overskydende elektricitet fra vedvarende kilder anvendes til at fremstille brint, som derefter kan anvendes som brændstof eller råmateriale i industri og transport.

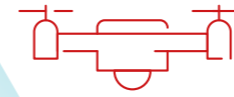
Danmark

Danmark er i skarp, international konkurrence om udvikling af batterimarkedet, men er førende inden for flere termiske lagringsteknologier og er stærkt positioneret inden for forskning, udvikling og afprøvning af Power-to-X-teknologier. Dansk Center for Energilagring har netop udgivet en rapport, der giver status på Danmarks styrkepositioner inden for teknologifeltet. I Power-to-X-værdikæden har Danmark stærke kompetencer og solid erfaring inden for elektrolyseteknologi, syntese kemi, energieffektivitet og digitalt integrerede energisystemer (gas, varme og el).

Inden for termiske lagringsteknologier er Danmark særlig stærk på løsninger til lagring af varme under 100°C, men er også i fuld gang med at udvikle højtemperatur energilagring. En teknologi, som udgør et uindfriet potentiale, Danmark kan udnytte.



AI-genereret billede baseret på ATV's beskrivelse af teknologifeltet Landbrugsteknologi. Anvendte programmer er Midjourney og ChatGPT.



Fossilfri 3

Landbrugsteknologi

Landbrugsteknologi rummer nye teknologier, der imødekommer et stigende behov for fødevarer, hvor man samtidig minimerer miljøpåvirkning, klimabelastning og fremmer bæredygtighed. I fremtidens bæredygtige landbrug er præcisionslandbrug og planteforædling fremtrædende innovative teknologifelter.

ATV vurderer



Kilde: Spørgeskemaundersøgelse til ATV's medlemmer september/oktober 2023

Hvad

Præcisionslandbrug anvender avancerede teknologiske værktøjer og dataanalyse til at optimere markforvaltning på et mere detaljeret niveau. Ved hjælp af sensorer, GPS, droner og automatiserede maskiner er landmænd i stand til at målrette anvendelsen af vand, gødning og pesticider præcist, hvor det er nødvendigt. De nye teknologier kan også anvendes til at selekttere marker til forskellige afgrøder og til at monitorere fx udvaskning og dermed bidrage til, at landbrugsdriften sker i balance med de omkringliggende naturområder.

Planteforædling involverer skabelsen af nye, forbedrede plantesorter med øgede udbytter, bedre ernæringsværdi og større modstandsdygtighed over for sygdomme, skadedyr og ekstreme vejrforhold.

Landbrugsteknologier, der reducerer behovet for fossile ressourcer, kan fx være brug af overskudshalm eller restfibre fra biogas til at lave biokul og dyrkningsmetoder, der lagrer mere kulstof i jorden.

Hvorfor

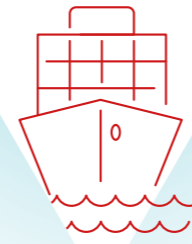
Landbrugsteknologi er central for at kunne brødføde en voksende verdensbefolkning på en bæredygtig måde i kampen mod klimaforandringer, ressourceknaphed, befolkningstilvækst og tab af biodiversitet. Landbrugsteknologi kan være svaret på et mere produktivt og bæredygtigt landbrug og dermed fødevarerforsyning, hvor afhængigheden af fossile kilder reduceres.

Danmark

Danmark har en lang tradition med udvikling af teknologi, forsøgsaktivitet og rådgivning af landmænd. Landbruget i Danmark optager 61 pct. af hele Danmarks areal – ca. 2,6 millioner hektarer. Med dyrkningsoplysninger på 88 pct. af det danske landbrugsareal har danske landmænd gode datagrundlag for at videreudvikle et intelligent landbrug.



AI-genereret billede baseret på ATV's beskrivelse af teknologifeltet Grøn transport. Anvendte programmer er Midjourney og ChatGPT.



Fossilfri 4

Grøn transport

Grøn transport inden for bl.a. skibsfart, biler og autonome systemer repræsenterer en omfattende transformation af transportsektoren med henblik på at reducere CO2-emissioner og fremme bæredygtighed. Teknologifeltet har stærk sammenhæng med både digitalisering, energilagring og -konvertering og smart grid.

ATV vurderer



Kilde: Spørgeskemaundersøgelse til ATV's medlemmer september/oktober 2023

Hvad

Grøn transport inden for bl.a. skibsfart, biler og autonome systemer er et teknologifelt, der reducerer behovet for fossile brændstoffer ved at anvende alternative brændstoffer eller ved at reducere transportbehovet gennem logistik og optimeringer. De fossile brændstoffer udskiftes med elektricitet eller forskellige former for e-fuels.

Elbiler er en central komponent i denne omstilling, særligt når de oplades med strøm fra vedvarende energikilder. Skibsfarten, der traditionelt er en stor kilde til global CO2-udledning, oplever også en grøn revolution. Hybrid- og elektriske skibssystemer, brintbaserede løsninger samt optimering af skibsdesign for bedre brændstoffeffektivitet er nogle af de metoder, der tages i brug for at reducere sektorens klimaaftryk.

Autonome systemer inden for grøn transport refererer til køretøjer, som kan operere uden menneskelig kontrol. Selvstyrende biler anvender avancerede teknologier som kunstig intelligens, sensorer og maskinlæring til navigation på vejene. Autonome systemer kan variere i graden af automatisering og klassificeres normalt på en skala fra niveau 0 til niveau 5.

Hvorfor

Grøn transformation af transportsektoren er afgørende for at imødegå klimaforandringer og skabe et mere resiliens samfund. Ifølge Energi-styrelsens klimafremskrivninger vil de samlede udledninger fra transportsektoren i 2035 udgøre helt op imod 35 pct. af Danmarks CO2-udledning. Grøn transport er derfor et stigende fokusområde både i Danmark og internationalt. I EU er det fx vedtaget, at der fra 2035 ikke kan indregistreres nye benzin- eller dieselmotorer i EU.

Autonome systemer åbner op for nye muligheder inden for grøn transport. Selvstyrende køretøjer kan potentielt mindske trafikpropper, optimere transportruter og reducere unødigt energiforbrug. Integrationen af autonome systemer i offentlig transport kan gøre den mere effektiv og attraktiv, hvilket kan føre til færre private biler på vejene.

Danmark

Inden for grøn transport skiller Danmarks stærke maritime sektor sig ud. Én af verdens største containervirksomheder er dansk og har taget sit første metanoldrevne fragtskib i brug, har bestilt 25 yderligere samt præsenteret en plan om selv at bygge metanolfabrikker over hele verden. Når det gælder elbiler, har Danmark nogle nichebetonede styrkepositioner inden for komponenter, infrastruktur og mobility service.



Den biobaserede omstilling handler for mig om at skabe et biologisk baseret setup, der tilbyder et alternativ til en række produkter, der lige nu belaster jordens ressourcer i produktion og bortskaffelse. For Danmark handler omstillingen både om at blive selvforsynende og om at kunne eksportere biobaserede løsninger til resten af verden.

Danmark er ekstremt stærk inden for bioteknologi og biomedicin. Det er en tradition, der går mere end 100 år tilbage, og som vi fortsat har dyrket på såvel universiteterne som i virksomhederne.

Det betyder, at vi har evnen til at udvikle de bioteknologiske løsninger og systemer, der også er grundpillerne i en række andre biologisk fremstillede alternativer, fx fermentering til at skabe nye ingredienser i fødevarerproduktionen og avanceret energiproduktion.

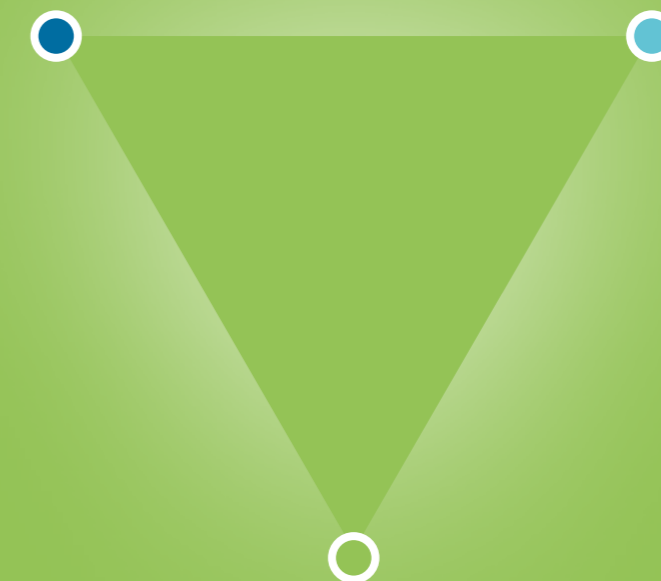
Men jeg er bange for, at Danmark sammen med resten af EU risikerer at blive et teknologisk frilandsmuseum på grund af en meget langsom og regulatorisk infrastruktur og skræk for nye teknologier i EU. Hvis vi skal holde på den teknologiske know-how i Europa, skal det være attraktivt at skalere teknologien her. Vi skal derfor dyrke sandkassemiljøer og tilbyde adgang til ellers kapitalintensive testfaciliteter til skalering for ny innovation.

Claus Crone Fuglsang,

Executive Vice President, Research & Development, Novozymes
og næstformand for ATV's Guidekomité



4 teknologifelter for en Biobaseret fremtid



1

Biomedicinske
teknologier

2

Nye ingredienser
og proteinkilder

3

Bioteknologisk
produktion

4

Bioenergi og bæredygtige
brændstoffer



Biobaseret 1

Biomedicinske teknologier

Biomedicin, også kaldet rød bioteknologi, handler om at forbedre menneskers sundhed og livskvalitet gennem bl.a. personlig medicin og genteknologi. Det effektiviserer og forbedrer sundhedsbehandling, forebyggelse og diagnose. Nogle af verdens førende farmaceutiske og biotekvirksomheder samt forskningsinstitutioner er danske.

ATV vurderer



Kilde: Spørgeskemaundersøgelse til ATV's medlemmer september/oktober 2023

Hvad

Biomedicinsk teknologi udnytter eller manipulerer biologiske mekanismer på molekylært eller cellulært niveau. Det gælder fx udvikling af kunstige organer, diagnosticering af nye sygdomme og udvikling af hormoner og stamceller. Blandt de mange innovative grene inden for biomedicin er genteknologi til nye behandlinger og personlig medicin særligt betydningsfulde.

Genteknologi muliggør manipulation og modificering af organismer på genetisk niveau og har medicinske anvendelser, der spænder fra genetisk screening og terapi til udvikling af nye lægemidler.

Personlig medicin, også kendt som præcisionsmedicin, er, hvor patientens individuelle profil bestemmer forebyggelse og behandlingsstrategier for forskellige sygdomme. Ved at bruge genetiske oplysninger og andre unikke biologiske markører kan læger forudsige, hvilke behandlingsformer der - mest sandsynligt - vil være effektive for den enkelte patient.

Hvorfor

Biomedicinske teknologier øger mulighederne for helbredelse, minimerer risikoen for bivirkninger og reducerer omkostninger.

Teknologierne åbner døren for mere målrettede og effektive behandlingsmetoder, hvilket forbedrer patientpleje samt sundhedssystemets bæredygtighed og resiliens. Genteknologi har potentiale til at afhjælpe genetiske sygdomme, udvikle skræddersyede terapier og skabe mere præcise og effektive diagnostiske værktøjer. Genteknologien har desuden betydning for vaccineudvikling til bekæmpelse af pandemier, kroniske sygdomme og aldersrelaterede sygdomme.

Danmark

Dansk forskning og danske virksomheder spiller en global nøglerolle inden for udvikling af biomedicin. Danmark er hjemsted for nogle af verdens førende farmaceutiske virksomheder, forskningsinstitutioner og biotekvirksomheder, der bidrager væsentligt til udviklingen af nye terapier, diagnostiske værktøjer og medicinsk teknologi.



AI-genereret billede baseret på ATV's beskrivelse af teknologifeltet Nye ingredienser og proteinkilder. Anvendte programmer er Midjourney og ChatGPT.



Biobaseret 2

Nye ingredienser og proteinkilder

Teknologifeltet for nye ingredienser og proteinkilder er en dansk styrkeposition, hvor der forskes i alternative fødevarer til traditionel landbrugsproduktion. Området nyder bevågenhed, da det tilbyder mindre klimabelastende og sunde fødevarer til en stadigt voksende befolkning.

ATV vurderer



Kilde: Spørgeskemaundersøgelse til ATV's medlemmer september/oktober 2023

Hvad

Bioteknologien inden for nye ingredienser og proteinkilder omtales også som grøn biotek (plantebaserede ressourcer) eller blå biotek (marine ressourcer).

Der forskes i en mangfoldighed af råmaterialer og metoder til at fremstille alternative proteiner og ingredienser, der kan supplere eller erstatte dem, vi får fra traditionel landbrugsproduktion. Øget proteinproduktion kan komme fra dyrkede arealer, udnyttelse af proteiner fra blå biomasser (marine organismer), udnyttelse af mikroorganismer og insekter til proteinproduktion samt udnyttelse af proteiner til humant konsum fra en række industrielle sidestrømme. Teknologisk innovation i forarbejdning og formulering af disse planteproteiner søger at forbedre deres smag, tekstur og ernæringsprofil. Mikrobielle proteinkilder som alger og svampe er også i fokus som alternative proteinkilder.

Hvorfor

Udviklingen af teknologier til nye ingredienser og proteinkilder er blevet et centralt bioteknologisk forskningsområde i takt med den stigende efterspørgsel på bæredygtige og ernæringsholdige fødevarer. Teknologifeltet adresserer stigende bekymringer om miljømæssig bæredygtighed, fødevarer sikkerhed og ernæring. Nye ingredienser og proteinkilder kan øge resiliensen i samfundet ved at skabe nye muligheder for en mere bæredygtig og forskelligartet fødevarerforsyning, fx når alternative proteinkilder med et lille CO₂-aftryk erstatter kød eller foder med et større CO₂-aftryk. Desuden kan nye proteinkilder samt brug af mikrobielle kulturer mv. bidrage til bedre næringsoptag, sundhedsfremmende produkter – og dermed mindre brug af fx antibiotika.

Danmark

Danmark er blandt verdens mest patenterende lande på området. Den danske ingrediensindustri står for 14 pct. af verdensmarkedet og beskæftiger 18.000 personer globalt. Virksomhederne fungerer i stærkt samspil med danske universiteter.



AI-genereret billede baseret på ATV's beskrivelse af teknologifeltet Bioteknologisk produktion. Anvendte programmer er Midjourney og ChatGPT.



Biobaseret 3

Bioteknologisk produktion

Bioteknologisk produktion, også kendt som hvid bioteknologi, er et teknologifelt, hvor levende organismer erstatter traditionel kemi og fossile ressourcer i fremstilling af mere klima- eller miljøvenlige produkter. Danske virksomheder og forskning er førende inden for dette felt.

ATV vurderer



Kilde: Spørgeskemaundersøgelse til ATV's medlemmer september/oktober 2023

Hvad

Bioteknologisk produktion er en gren af bioteknologi, der fokuserer på anvendelsen af levende organismer, særligt mikroorganismer og celler i industrielle processer. Dette kan omfatte fremstilling af kemikalier, papir, tekstiler, biogas, brændstoffer, materialer og mange andre produkter, der i dag fremstilles ved hjælp af traditionelle kemiske processer.

Fermentering er en vigtig proces inden for bioteknologisk produktion, hvor mikroorganismer, som gær eller bakterier, anvendes til at omdanne råmaterialer til ønskede produkter. Dette omfatter produktionen af enzymer, probiotika, biofarmaceutiske midler og fødevarer som fx mejerivarer, øl og køderstatning.

Hvorfor

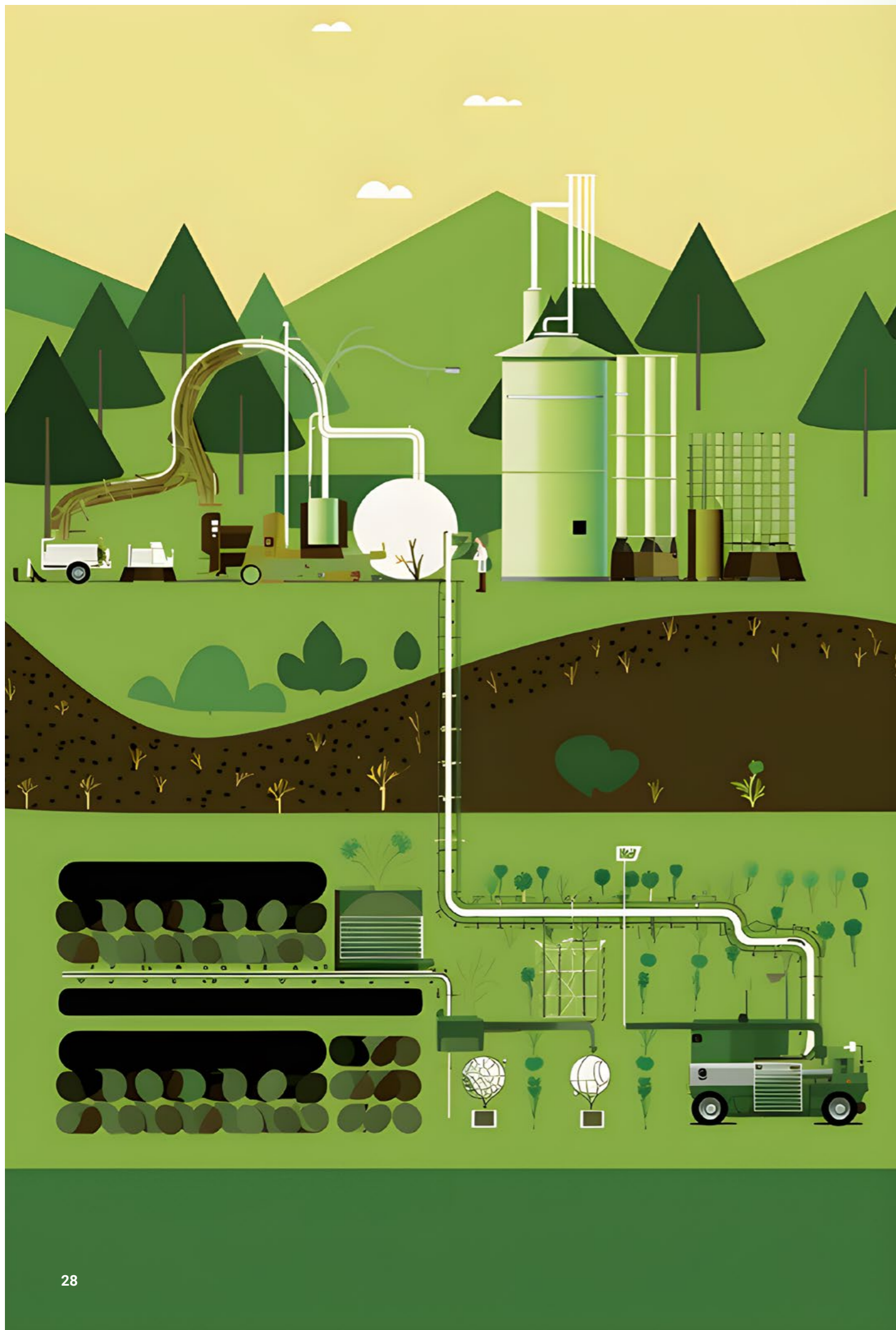
Hvid bioteknologi spiller en central rolle i overgangen til en biobaseret økonomi, hvor biologiske ressourcer og processer erstatter fossile ressourcer i produktionen af energi, materialer og kemikalier. Ved at anvende biologiske processer kan produkterne fremstilles mere effektivt, bæredygtigt og ofte med mindre energiforbrug og affaldsproduktion.

Det gælder fx produktionen af biobrændstoffer fra biomasse, hvilket bidrager til at reducere afhængigheden af fossile brændstoffer. Desuden kan bioteknologisk produktion anvendes til fx fremstilling af biologisk nedbrydelige plastmaterialer, rensning af forurenede jord, miljøvenlig bundmaling til skibe eller miljøvenlige rengøringsmidler.

Danmark

Danmark er verdensførende inden for forskning i og udvikling af hvid bioteknologi med flere universiteter og virksomheder, der er engageret i at skubbe grænserne for, hvad der er muligt inden for dette felt. Universiteter samarbejder ofte med bioteknologivirksomheder om bl.a. udvikling af bæredygtige bioprocesser og undersøgelse af mikroorganismers potentiale i produktionen.

Danmark har en lang historie inden for fermenteringsteknologi, som har dannet grundlaget for nogle af de største virksomheder i Danmark. De danske virksomheder er førende inden for industrielle enzymer og mikroorganismer samt biofarmaceutisk produktion, der er udviklet ved hjælp af fermenteringsteknologi.



AI-genereret billede baseret på ATV's beskrivelse af teknologifeltet Bioenergi og bæredygtige brændstoffer. Anvendte programmer er Midjourney og ChatGPT.

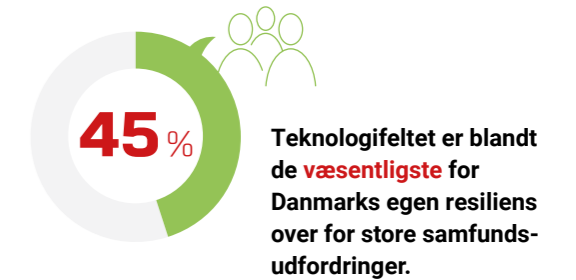


Biobaseret 4

Bioenergi og bæredygtige brændstoffer

Bioenergi og bæredygtige brændstoffer som fx biofuels reducerer afhængigheden af fossile energikilder. Bioenergi udgør mere end 2/3 af Danmarks samlede forbrug af vedvarende energi.

ATV vurderer



Kilde: Spørgeskemaundersøgelse til ATV's medlemmer september/oktober 2023

Hvad

Bioenergi er en samlet betegnelse for metoder, der omdanner organisk materiale fra levende organismer eller deres affaldsprodukter til energi. En gammelkendt metode til at udvinde energi er forbrænding af biomasse som fx træ, affald eller landbrugsafgrøder. Af nyere teknologi er biogasproduktion, hvor organisk materiale som fx dyregødning ved anaerob nedbrydning omdannes til biogas, der primært består af methan (CH₄) og kuldioxid (CO₂). Biobrændstoffer, såsom bioethanol og biodiesel, er flydende brændstoffer, der fremstilles ved at bearbejde organisk materiale som sukkerholdige afgrøder og bioaffald. Bioethanol bliver ofte blandet med benzin og anvendt som brændstof til køretøjer. Biodiesel derimod erstatter eller blandes med traditionel diesel. Biodiesel er den mest almindelige biofuel.

Hvorfor

Biogas og biobrændstoffer betragtes som bæredygtige alternativer til fossile brændstoffer, da de er baseret på biomasse, der løbende fornyes ved at plante nye afgrøder og træer. Biogas og biobrændsler har også den fordel, at de kan produceres lokalt, hvilket øger forsyningssikkerheden. Produktion af biobrændstoffer ud fra bioaffald passer godt ind i en cirkulær økonomi, hvor affald og restprodukter genanvendes. Sidst, men ikke mindst, kan biogas være en ekstra indkomstkilde i landbruget.

Teknologifeltet er dog ikke uden udfordringer. Dyrkning af biomasse til bioenergi konkurrerer om landbrugsjord og påvirker fødevarerpriser og biodiversitet. Forskning og udvikling fokuserer derfor på at forbedre effektiviteten og bæredygtigheden af bioenergiproduktion, for eksempel ved at udnytte affaldsprodukter og ikke-fødevarerplanter samt ved at udvikle avancerede biobrændstoffer af anden og tredje generation.

Danmark

Dansk industri spiller en vigtig rolle i udviklingen af bioenergi og bæredygtige brændstoffer. Ligeledes arbejder danske universiteter, forskningsinstitutioner og GTS'er aktivt med forskning og innovation af bioenergiteknologier.



Jeg tror, at vi er nødt til at begynde at italesætte den digitale omstilling som den nye industrielle revolution. De digitalt understøttede teknologier bliver drivkraften på en lang række løsninger på store samfundsudfordringer, herunder også på klimakrisen, vores fremtidige konkurrenceevne og sikringen af vores velfærdssamfund.

Det er vanvittigt vigtigt, at den teknologiske udvikling ikke skaber afmagt og frygt, men at vi lykkes med at gøre den inkluderende og ikke polariserende. Den store opgave bliver at få gjort et kompliceret område konkret og tilgængeligt også for politiske beslutningstagere. Derfor skal vi være bedre til at italesætte, hvordan teknologier, som AI, kan understøtte det gode liv. Så længe politikerne kun taler regulering, frygt for kontroltab og beskyttelse og ikke udvikling og potentialer, opstår der en ubalance i kommunikationen.

I Danmark har vi opbygget en kæmpe bredde i befolkningens brugerkompetencer på de digitale kanaler. Det er godt, men vi mangler de mere analytiske og reflekterende kompetencer. Vi skal have en større forståelse af, at teknologier som robotteknologi, Data Science og kunstig intelligens har stor betydning for udviklingen af vores velfærdssamfund, for danskernes sundhed, arbejdsliv, arbejdstid og helt generelt for bedre trivsel.

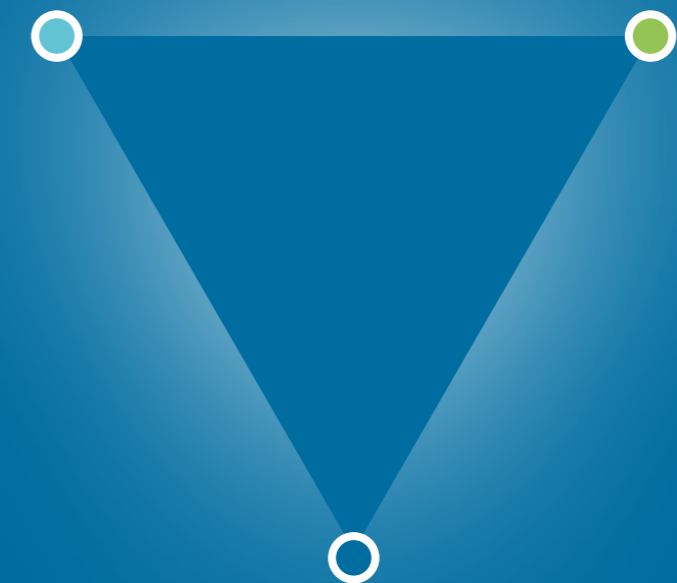
Danmark har vigtige styrkeområder inden for udvalgte teknologier, og de må suppleres med fokus på cybersikkerhed.

Lisbeth Knudsen,

strategidirektør for Altinget og Mandag Morgen
og medlem af ATV's Guidekomité



4 teknologifelter for en Digitalt understøttet fremtid



1

Robotteknologi

2

Kvanteteknologi

3

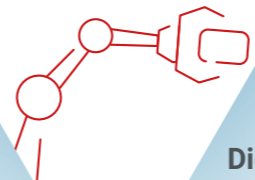
Data Science

4

Smart infrastruktur



AI-genereret billede baseret på ATV's beskrivelse af teknologifeltet Robotteknologi. Anvendte programmer er Midjourney og ChatGPT.



Digital 1

Robotteknologi

Robotteknologi har været en del af det teknologiske landskab i snart to generationer. Robotter, herunder droner, visionsteknologi og automatisering, muliggør en række komplicerede eller umulige opgaver for mennesker, hvilket har en række fordele. Teknologien anvendes i mange forskellige fagområder og industrier.

ATV vurderer



Kilde: Spørgeskemaundersøgelse til ATV's medlemmer september/oktober 2023

Hvad

Robotter spænder over et bredt spektrum af anvendelser fra industrirobotter til autonome hjælpesystemer og samarbejdende robotter, også kendt som cobots. Visionsteknologi gør det muligt for robotter at "se" og interagere med deres omgivelser, hvilket er afgørende for mange applikationer, herunder automatisering af produktionslinjer og navigation af autonome køretøjer. Droneteknologi er en anden fremtrædende gren inden for robotteknologi. Droner er i stand til at flyve autonomt eller fjernstyret og bliver i stigende grad anvendt i en række forskellige sektorer, herunder fx landbrug, infrastrukturinspektion, overvågning eller levering af pakker.

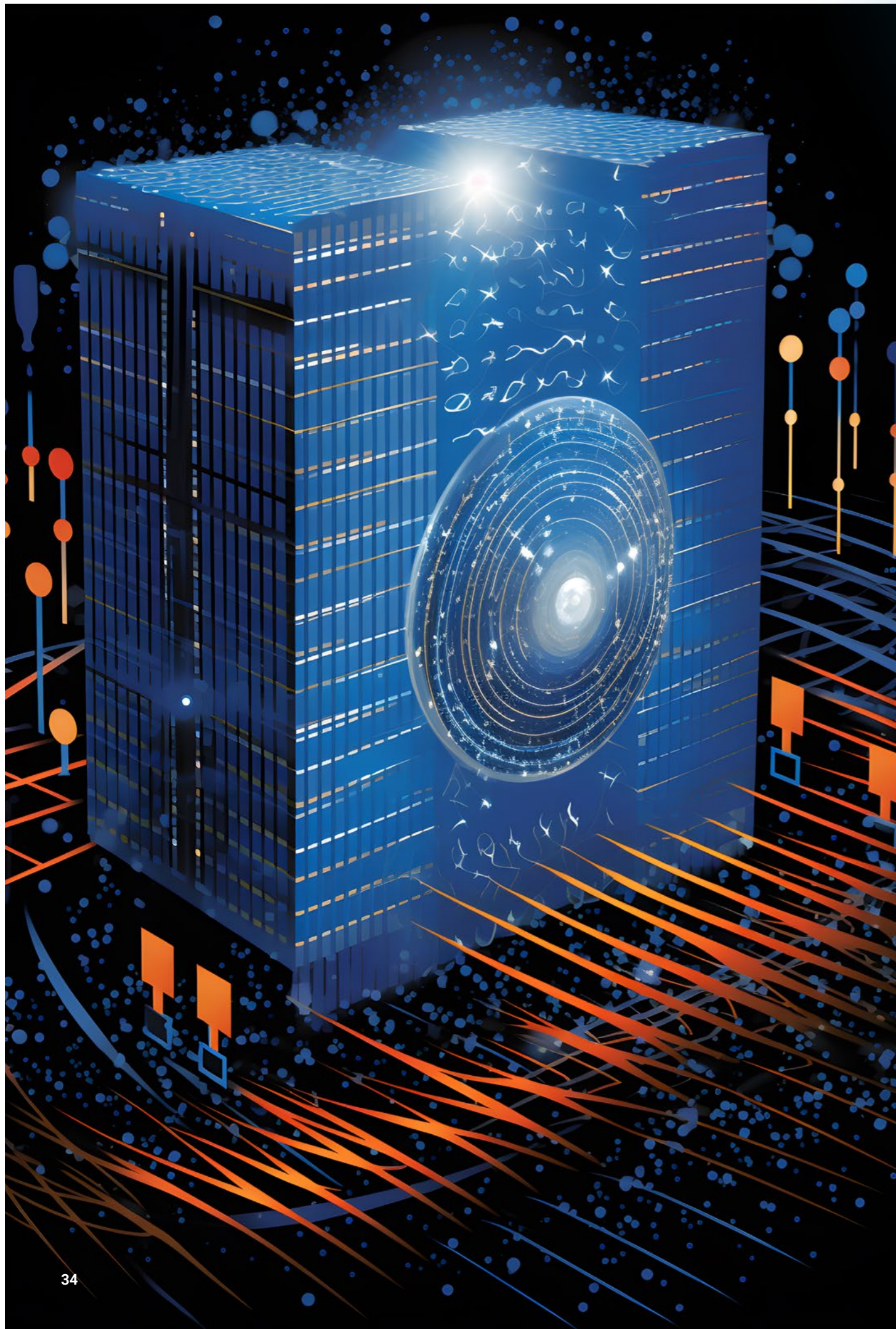
Hvorfor

Blandt de væsentligste motiver for at investere i robotteknologi er effektivitet, præcision, arbejdskraftsbesparelser, omkostningsreduktioner og sikkerhed. Robotter og droner kan udføre opgaver, der er risikofyldte, tidskrævende eller umulige for mennesker, og rummer derfor markante fordele inden for produktivitet, sikkerhed og arbejdsmiljø.

Automatiserede løsninger kan afbøde mangel på arbejdskraft og reducere omkostninger på områder med høje lønninger. Det gælder i alle sektorer. Fra landbrug til fremstillingsindustrien, i byggeri og transport samt i offentlige opgaver inden for fx politiet, forsyningsvirksomheder og sundhedssektoren.

Danmark

Danmark har solide styrkepositioner inden for intelligent og autonom robotteknologi, og der er vækst i både eksport og arbejdspladser. Det gælder især udvikling af cobots, hvor Danmark i Odense har verdens største klynge af virksomheder og vidensinstitutioner omkring cobots. Danmark er et af de lande i verden, der har den højeste grad af automatisering i industrien, som blandt andet er nødvendiggjort af et højt lønniveau. Danmark har fostret flere succesrige virksomheder og forskningsinitiativer inden for robotteknologi og automatisering.



AI-genereret billede baseret på ATV's beskrivelse af teknologifeltet Kvanteteknologi. Anvendte programmer er Midjourney og ChatGPT.



Digital 2

Kvanteteknologi

Kvanteteknologi nyder stor bevågenhed fra virksomheder, universiteter og regeringer. Det skyldes de potentielle revolutionerende ændringer, som kvanteteknologi kan medføre inden for en bred vifte af områder.

ATV vurderer



Kilde: Spørgeskemaundersøgelse til ATV's medlemmer september/oktober 2023

Hvad

Strengt taget er kvanteteknologi ikke en digital teknologi, men en teknologi for sig. Da der ofte er knyttet beregninger og "computere" til anvendelsen af kvanteteknologi, er den medtaget i kategorien digitalt understøttede teknologier alligevel.

Kvantecomputere bruger "qubits" i stedet for klassiske bits til at udføre beregninger og kan behandle en enorm mængde information på én gang. Der er flere underområder inden for kvanteteknologi, herunder kvantecomputing, kvantekommunikation, simulering og kvantesensorer.

Udviklingshorisonten for kvantecomputere er lovende, men der er mange udfordringer, der skal overvindes, før den reelt kan tages i brug. Der er til gengæld allerede kommercielle løsninger, som bruger kvanteteknologi til sikring af kommunikation, der kan gøre det praktisk talt umuligt at hacke kvantekrypteret kommunikation. Også inden for kvantesensorer, som bl.a. kan foretage målinger med hidtil uset præcision, går udviklingen hurtigt, og anvendelsen bliver stadig mere udbredt i forskellige industrier.

Hvorfor

Der knytter sig store forventninger til kvanteteknologi i fremtiden. I kombination med andre teknologiområder kan kvanteteknologi løse en række kritiske samfundsudfordringer. Med kvanteteknologi er det muligt at lave langt

hurtigere databehandling, forbedret kryptering af information og mere præcise målinger, fx geopositionering.

Hvis forventningerne indfries, vil nye materialer, nye ingredienser eller ny medicin med præcise egenskaber kunne udvikles langt hurtigere end i dag, og vores forståelse for biologiske processer som vores sanser eller fotosyntesen vil blive forbedret. Vi vil også få langt sikrere vejrudsigter og meget kraftigere kunstig intelligens. Endelig er der en væsentlig sikkerheds- og forsvarsdimension i udvikling af kvanteteknologi.

Danmark

Danmark står stærkt internationalt på udvikling af kvanteteknologi, især når det gælder kommunikation og sensorer. Der forskes og udvikles i kvanteteknologi på samtlige universiteter med Niels Bohr Institutet på Københavns Universitet i spidsen.

Det er en anerkendelse af denne position, at NATO har valgt at åbne sit Deep Tech Lab – Quantum i København som en del af Defence Innovation Accelerator for the North Atlantic. Acceleratorsitet åbner for samarbejde med testlaboratorier hos Niels Bohr Institutet og er støttet af Københavns Universitet, Danmarks Tekniske Universitet, Aarhus Universitet og Danmarks Nationale Metrologiinstitut.



AI-genereret billede baseret på ATV's beskrivelse af teknologifeltet Data Science. Anvendte programmer er Midjourney og ChatGPT.



Digital 3

Data Science

Data Science spænder over mange sektorer og berører næsten alle aspekter af vores daglige liv. Teknologifeltet er en samlebetegnelse for en algoritmisk revolution, hvor en række teknologier som AI, Big Data og Cloud Computing gør det muligt at håndtere og analysere bjerge af data, løse komplekse problemer og træffe informerede beslutninger.

ATV vurderer



Kilde: Spørgeskemaundersøgelse til ATV's medlemmer september/oktober 2023

Hvad

Data Science er et bredt teknologifelt, der kombinerer flere discipliner. Kernen i teknologifeltet er teknologier som kunstig intelligens, Big Data Analytics, Cloud Computing, Edge Computing og Grid Computing, der hver især spiller en kritisk rolle i dataanalyse og -behandling.

Big Data-analyse fokuserer på at finde mening i meget store mængder data. Dette indebærer ofte brug af statistiske metoder, algoritmer og kunstig intelligens til at genkende mønstre og trække konklusioner ud af enorme datasæt. Cloud Computing giver mulighed for at opbevare, behandle og analysere data på internettet i stedet for på vores egne computere. Edge Computing handler om at behandle data nærmere kilden, hvor det skabes, hvilket minimerer forsinkelsen (eller "latens") i dataoverførslen og forbedrer systemets overordnede effektivitet og reaktionstid. Endelig kan computere kobles sammen med Grid Computing for at fungere som en enkelt, kraftfuld, virtuel maskine.

Hvorfor

Data Science spiller en nøglerolle i udformningen af et mere robust og modstandsdygtigt samfund og understøtter mange af de andre kritiske teknologier for Danmark. Teknologifeltet muliggør præcis modellering og prognoser inden for klimaforandringer, sundhed og økonomi. Det kan lede til mere effektive strategier for tilpasning og afhjælpning af klimakrisen og sundhedsbehandlinger. I relation til økonomi og sikkerhed kan analyse af data hjælpe med at identificere og adressere risici og sårbarheder, optimere fordelingen af ressourcer og forbedre beslutningstagning.

Danmark

Danmark har positioneret sig stærkt inden for Data Science, særligt gennem stærke uddannelses- og forskningsinstitutioner. Den danske regering har investeret i digital infrastruktur og opfordrer til anvendelsen af Big Data og kunstig intelligens inden for både den offentlige og private sektor. Danmark har data af høj kvalitet inden for sundhedssektoren, vedvarende energi og smarte energiløsninger. Desuden er erhvervslivet, inklusive startups, aktivt involveret i at udnytte Data Science til at skabe innovative løsninger og services, hvilket understøttes af et stærkt økosystem for teknologi og innovation.



AI-genereret billede baseret på ATV's beskrivelse af teknologifeltet Smart infrastruktur. Anvendte programmer er Midjourney og ChatGPT.



Digital 4

Smart infrastruktur

Målet med smart infrastruktur er at bruge avancerede teknologier til at forbedre ydeevnen og bæredygtigheden i infrastruktur som transport, sygehuse eller affaldshåndtering. Under smart infrastruktur hører smart grid, som muliggør håndtering af variabel, vedvarende energi og reduktion af energispild.

ATV vurderer



Kilde: Spørgeskemaundersøgelse til ATV's medlemmer september/oktober 2023

Hvad

Smart infrastruktur er en digital opgradering af vores samfunds fundamentale systemer, bl.a. ved at anvende teknologier som Internet of Things (IoT), automatisering og avanceret dataanalyse via AI.

I intelligente byer anvendes smart infrastruktur til at styre alt fra gadebelysning og trafikstrømme til affaldshåndtering og sundhedstjenester. I en intelligent by kan lysstolper fx automatisk justere belysningen afhængigt af fodgængeres og køretøjers tilstedeværelse, mens avancerede sundhedstjenester via digitale platforme kan overvåge borgernes helbred og levere personaliserede anbefalinger eller alarmere i nødstilfælde.

En central komponent i smart infrastruktur er smart grid, som muliggør integration af forskellige energikilder og optimerer fordelingen og forbruget af energi.

Hvorfor

Smart infrastruktur og intelligente byer optimerer energiforbrug, styrer byernes ressourcer, services og infrastruktur og fører til forbedringer i sundhedspleje, uddannelse og sikkerhed. Smart grid sørger for, at strømforbruget justeres i realtid baseret på efterspørgsel og tilgængelighed og øger effektivitet, pålidelighed og bæredygtighed i energidistributionen. Sammen med energilagring muliggør smart grid, at man kan gemme overskydende energi i tider med høj energiproduktion eller distribuere energien, hvor behovet er størst, mens man i perioder med lav produktion og høj efterspørgsel kan reducere forbruget intelligently for at bevare energi.

Danmark

Danmark står godt for at etablere smart infrastruktur og sælge løsninger til resten af verden: Danmark er et af de mest digitaliserede lande i verden med høj internetpenetration og mobilforbindelse. De fleste danske hjem har fjernaflæste elmålere, som indsamler og gemmer detaljerede data om danskernes elforbrug.

Smart infrastruktur har været testet og afprøvet i Danmark de seneste år, men potentialet er ikke fuldt udnyttet, fordi kommuner har haft vanskeligheder med at komme ud over pilotstadiet på grund af tværorganisatoriske og kompetencemæssige udfordringer samt mangel på brugbare forretningsmodeller.

IRIS Group: Danske styrker inden for forskning, teknologi og uddannelse (2019), <https://irisgroup.dk/wp-content/uploads/2019/06/Analyse-af-danske-styrker-inden-for-forskning-teknologi-og-uddannelse.pdf>

Det Nationale Bioøkonomipanel (2018): Anbefalinger til regeringen om fremtidens proteiner. Hentet fra: https://mfvm.dk/fileadmin/user_upload/MFVM/Miljoe/Cirkulaer_oekonomi/Anbefalinger_om_proteiner_fra_Det_Nationale_Biooekonomipanel.pdf

Hansen, Mikael B. og Hansen, Malene, B. (2021): Fremtidens grønne proteiner. Hentet fra: https://dynamo.ku.dk/media/media/momentum-lupin-en-overset-proteinkilde/Momentum_2_2021_low_full_magasin.pdf

Pedersen, Louise J., Møller, Anders H. og Dalsgaard, Trine K. (2023): Analyse af 'grønne' proteiner til fødevarer. Hentet fra: <https://dcapub.au.dk/djfpublikation/djfpdf/DCArapport218.pdf>

BIOTEKNOLOGI

IRIS Group: Biosolutions i Danmark – analyse af bioøkonomens potentialer og vækstbetingelser (2021), <https://irisgroup.dk/wp-content/uploads/2021/06/Biosolutions-i-Danmark.pdf>

Sturm, Nick (2021): Danmark topper global liste over biotek-patenter: Vi går og putter med det. Hentet fra: <https://dagenspharma.dk/danmark-topper-global-liste-over-biotek-patenter-vi-gaar-og-putter-med-det/>

Krull, Lotte (2023): DTU nr. 3 i verden inden for bioteknologi. Hentet fra: <https://www.dtu.dk/newsarchive/2023/02/dtu-3-plads-bioteknologi>

BIOENERGI OG BÆREDYGTIGE BRÆNDSTOFFER, FX BIOFUELS

Bo Weidema og Jannick Schmidt: Forskere: 'Made in Denmark' ændrer ikke på, at biodiesel er dårligt nyt for klimaet, Klimamonitor (2023): <https://klimamonitor.dk/debat/art9419574/Made-in-Denmark-%C3%A6ndrer-ikke-p%C3%A5-at-biodiesel-er-d%C3%A5rlig-nyt-for-klimaet>

DI Bioenergi og Inbiom (2019): Kortlægning af den danske bioenergi-lyng 2019. Hentet fra: <https://www.danskindustri.dk/globalassets/billedarkiv/univers-brancher-og-foreninger/brancher-og-foreninger/di-branchefallesskaber/di-energi/publikationer/bioenergi-lyng-analyse-2019-final-version.pdf>

Energistyrelsen (2023): Existing biogas plants and biomethane production to the gas system. Hentet fra: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/map_of_biogas_plants_denmark.pdf

IEA Bioenergy (2021): Implementation of bioenergy in Denmark – 2021 update. Hentet fra: https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/11/Country-Report2021_Denmark_final.pdf

DIGITALT UNDERSTØTTEDE TEKNOLOGIER

ROBOTTEKNOLOGI, DRONER, VISION OG AUTOMATISERING

DIRA: Stor stigning i antallet af robotter i Danmark (2023), <https://dira.dk/nyheder/stor-stigning-i-antallet-af-robotter-i-danmark/>

Ritzau (2020): Danmark får verdens største hub for cobots: Danske robotvirksomheder investerer en kvart milliard kroner i vækst i Odense. Hentet fra: <https://via.ritzau.dk/pressemeddelelse/13587568/danmark-far-verdens-storste-hub-for-cobots-danske-robot-virksomheder-investerer-en-kvart-milliard-kroner-i-vaekst-i-odense?publisherId=13559221>

Odense Robotics (2023a): Denmark and USA enter robotics partnership. Hentet fra: <https://www.odense-robotics.dk/denmark-and-usa-enter-robotics-partnership/>

Odense Robotics (2023b): Denmark's robotics industry grows 21% as global demand for automation continues. Hentet fra: <https://www.odense-robotics.dk/denmarks-robotics-industry-grows-21-as-global-demand-for-automation-continues/>

Steno, Carsten og Grouleff, Malene (2020): Denmark, a Powerhouse of Robotics and Automation. Hentet fra: https://www.scapetechnologies.com/sites/default/files/2020-04/E-book%20-English_0.pdf

Stig Yding Sørensen, A. B. (2021): Intelligent og autonom robotteknologi. Teknologisk Institut. Hentet fra <https://www.teknologisk.dk/ydelsler/danskerne-skal-vaere-med-i-fronten-af-robotfremmarch-og-8211-ellers-taber-vi-momentum/43361>

KVANTETEKNOLOGI

Erhvervsstyrelsen: Kortlægning af økosystemet for kvanteteknologi i dansk erhvervsliv (2022), <https://erhvervsstyrelsen.dk/kortlaegning-af-oekosystemet-quanteteknologi-i-dansk-erhvervsliv>

Regeringen: Strategi for Kvanteteknologi: Del 1 - Forskning og innovation i verdensklasse (2023) <https://ufm.dk/publikationer/2023/filer/strategi-for-quanteteknologi-del-1.pdf>

Regeringen: Strategi for Kvanteteknologi: Del 2 – Kommercialisering, sikkerhed og internationalt samarbejde (2023) <https://em.dk/Media/638314888112081952/Kvantestrategi.pdf>

Novo Nordisk Fonden: (21. september 2022). Milliardinvestering skal udvikle Danmarks første fuldt funktionelle kvantecomputer. Hentet fra Novo Nordisk Fonden: <https://novonordiskfonden.dk/nyheder/milliardinvestering-skal-udvikle-danmarks-foerste-fuldt-funktionelle-quantecomputer/>

DATA SCIENCE – FX KUNSTIG INTELLIGENS, ALGORITMER, CLOUD OG BIG DATA

Finansministeriet og Erhvervsministeriet (2019): National strategi for kunstig intelligens. Hentet fra: https://digst.dk/media/19302/national_strategi_for_kunstig_intelligens_final.pdf

Udenrigsministeriet (2022): Unlocking the power of Danish Data Analytics Centre. Hentet fra: <https://idk.editor.um.dk/insights/unlocking-the-power-of-new-danish-data-analytics-centre-the-first-of-its-kind-in-europe>

SMART INFRASTRUKTUR, FX INTELLIGENTE BYER OG SMART GRID

Business Review: Smart Cities (2022): https://issuu.com/partnermedier/docs/smart_cities_berlingske_december_interaktiv

Gate21: <https://www.gate21.dk/wp-content/uploads/2016/04/Smart-City-i-Danmark-dansk-resume.pdf>

Intelligent energi: <https://ienergi.dk/indsatsomraader>

Invest in Denmark (2016): TURNING DENMARK INTO A LEADING SMART CITY NATION: <https://investindk.com/insights/turning-denmark-into-a-leading-smart-city-nation>

State of Green (2020): Clean air and intelligent waste bins: Denmark is booming with smart city solutions. Hentet fra: <https://stateofgreen.com/en/news/clean-air-and-intelligent-waste-bins-denmark-is-booming-with-smart-city-solutions/>

Sponsorer og partnere

Sponsorer

Tak til sponsorerne af Guide til et resilient Danmark

novo nordisk
fonden

VILLUM FONDEN

POUL DUE JENSEN GRUNDFOS
FOUNDATION

NIRAS

RAMBØLL
FONDEN

Danmarks
Tekniske Universitet DTU

KØBENHAVNS
UNIVERSITET

AARHUS UNIVERSITET

AALBORG
UNIVERSITET

RUC
Roskilde Universitet

SDU

CBS

IT-UNIVERSITETET I KØBENHAVN

Partnerkredsen i ATV

- 2cureX
- AAU – Aalborg Universitet
- Akademikerne
- Astra
- AU - Aarhus Universitet, Faculty of Natural Sciences
- AU - Aarhus Universitet, Faculty of Technical Sciences
- BLOXHUB
- Blue World Technologies
- Carlsberg
- CBS – Copenhagen Business School
- Cerebriu
- Coloplast
- COWI
- Danfoss
- Dansk Metal
- Danske Bank
- Deloitte
- DI - Dansk Industri
- DTU – Danmarks Tekniske Universitet
- FORCE Technology
- FOSS
- FRI – Foreningen af Rådgivende Ingeniører
- Green Hydrogen Systems
- Groupcare
- Grundfos
- GTS-foreningen
- H. Lundbeck
- HØIBERG
- IAD - Industriens Arbejdsgivere i Danmark
- IDA – Ingeniørforeningen i Danmark
- Industriens Fond
- Innovationsfonden
- ITU – IT-Universitetet i København
- Kamstrup
- KEA – Københavns Erhvervsakademi
- KPMG
- KU – Københavns Universitet, SCIENCE
- KU – Københavns Universitet, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet
- Landbrug & Fødevarer
- LEO Pharma
- LIFE Fonden
- LITHIUM BALANCE
- Maskinmesterskolen København
- Nerve Smart Systems
- NIRAS
- Novo Nordisk
- Novozymes
- Oticon
- Otto Bruuns Fond
- P+, Pensionskassen for Akademikere
- Patent- og Varemærkestyrelsen
- Poul Due Jensens Fond
- Rambøll
- Rockwool
- RUC – Roskilde Universitet
- SDU – Syddansk Universitet
- Siemens
- Technicon
- TI – Teknologisk Institut
- TICRA
- Topsoe
- Vestas
- VIA University College
- VisBlue
- WattsUp Power
- Aarsleff



ATV

AKADEMIET FOR DE TEKNISKE VIDENSKABER
C/O BLOXHUB
FREDERIKSHOLMS KANAL 30, KØBENHAVN K
TELEFON: (+45) 45 88 13 11
ATVMAIL@ATV.DK
WWW.ATV.DK

UDGIVET NOVEMBER 2023

Akademiet for de Tekniske Videnskaber er en uafhængig, medlemsdrevet tænketank, som arbejder for, at Danmark skal være en af fem førende Science and Engineering-regioner i verden.

I projektet Guide til et resilient Danmark vil akademiet optimere Danmarks Science & Engineering-økosystem i omstillingen til en fossilfri, biobaseret og digitalt understøttet fremtid og dermed styrke Danmarks konkurrenceevne, uafhængighed og velfærd.