



Small Great Nation

Fra hype til håb – hvordan kan AI generere et rigere Danmark?

Maj 2024



Indholdsfortegnelse

Forord	5
1. Sammenfatning	7
1.1 Rapportens indhold	7
1.2 Hvad kan AI?	8
1.3 Økonomisk potentiale af kunstig intelligens	10
1.4 De fordelingsmæssige konsekvenser af AI	11
1.5 Hvor godt forberedt er Danmark på AI?	13
2. Hvad kan AI?	17
2.1 Hvad er AI?	18
2.2 Fremtidspotentialet ved brug af kunstig intelligens	23
2.3 Befolkningen og eksperter er bekymrede over AI	30
2.4 Det er mere sandsynligt, at AI bidrager til at løse klimakrisen, end at AI forværrer den	35
2.5 Kunstig intelligens har indtaget de danske arbejdspladser	40
3. Økonomisk potentiale af kunstig intelligens	49
3.1 Automatiseringspotentialet i dansk økonomi	50
3.2 Automatisering kan hjælpe på – men ikke redde – det offentliges lavere produktivitetsvækst	59
3.3 Automatisering kan bidrage til at opretholde den historiske produktivitetsvækst	62
4. Fordelingsmæssige konsekvenser af AI	71
4.1 Hvilke grupper er mest berørte af automatisering?	72
4.2 Tidligere bekymringer om disruption af arbejdsmarkedet har ikke holdt stik	77
4.3 Hvordan har automatisering påvirket lønvoten og reallønnen de sidste 20 år?	82
5. Hvor godt forberedt er Danmark på AI?	89
5.1 AI-parathedsindeks: Danmark ser ud til at være godt rustet til at høste gevinsterne ved AI	89
5.2 Danskerne er skeptiske over for at lade kunstig intelligens træffe beslutninger	92
5.3 AI skaber dilemma mellem at uddanne til nutiden eller fremtiden	96
6. Litteraturliste	105



Forord

Alle taler om kunstig intelligens (AI). AI bruges allerede i mange virksomheder, og fx er danskernes mobiltelefoner allerede i dag fyldt med AI. Efter den generative AI ChatGPT blev offentligt tilgængelig i november 2022, er det for alvor gået op for mange, at AI kan få vidtrækkende konsekvenser for samfundet såvel som for økonomien. Men hvor stort er potentialet, og hvor voldsom bliver omvæltningen? Hvordan anvendes AI på danske arbejdspladser i dag? Og hvordan vil teknologierne udvikle sig i fremtiden? Det er nogle af de spørgsmål, som vi svarer på i denne rapport.

Det bedste bud på fremtidens udvikling fås ofte ved at analysere den historiske udvikling. Men at forlænge fortidens udvikling ind i fremtiden er mindre nyttigt, når man står over for fundamentale nybrud. Når det kommer til AI, bør man tage seriøst, at en del af de fremmeste eksperter på området indregner en reel mulighed for, at nye generationer af AI kan løse nogle af menneskehedens store udfordringer – men at det også kan føre til menneskehedens udryddelse. Derfor er både støtte til udvikling af AI såvel som regulering af dens potentielle skyggesider relevant.

Vores analyser viser, at allerede eksisterende teknologier inden for automatisering og AI kan bidrage markant til den fremtidige økonomiske vækst. Usikkerhederne er store, men som minimum kan teknologierne bidrage til, at Danmark kan opretholde en økonomisk vækst på niveau med væksten de seneste årtier.

Det største fremadrettede potentiale for automatisering er i job, der varetages af personer med kortere uddannelser, og uden for de store byer. Vi er ikke bekymrede for massearbejdsløshed af den grund. Men omstillingen – særligt hvis den går stærkt – kan blive voldsom for visse grupper. I så fald kan der være behov for ekstra tiltag, fx i form af mere efteruddannelse for de berørte. Samtidig kan automatisering forstærke den historiske tendens i retning af, at der er færre og færre job for folk med kortere uddannelser.

Selvom mange danskere mener, at kunstig intelligens kan bidrage til at træffe bedre beslutninger, er mange alligevel skeptiske, når det kommer til at lade AI træffe beslutninger på områder, hvor det i dag er mennesker, der bestemmer. Det kan der være gode grunde til, men det kan også begrænse gevinsterne ved AI. Det peger på et behov for en grundlæggende debat om, hvor, hvornår og hvordan kunstig intelligens skal bruges – til gavn for Danmark og danskerne. Vi håber, at rapporten kan bidrage til denne debat. Vi håber også, at rapporten vil blive læst med blik på, hvor det bliver særligt nødvendigt for politikere og andre beslutningstagere at sætte ind.

Stor tak til sekretariatets medarbejdere: Mathias Dybdahl Ahle, Andreas Lund Jørgensen, Rasmus Salmon, Thomas Wilken, Ninja Ritter Klejnstrup, Jens Lindegaard Mønster, Anders Gotfredsen, Anne Sophie Hækkerup, Ida Nilausen, Ida Nordin Christensen, Victor Louis Prag Nesta og William Bresler. Vi vil også rette en særlig tak til 18 eksperter, der har bidraget med deres viden om, hvilke jobfunktioner der kan automatiseres, og som dermed har leveret fundamentale inputs til rapportens analyser.

Hans Jørgen Whitta-Jacobsen, professor på Københavns Universitet og Senior Fellow i Kraka
Jørgen Søndergaard, Senior Fellow i Kraka

Michael Svarer, professor på Aarhus Universitet og Senior Fellow i Kraka

Morten Graugaard Olsen, lektor på Københavns Universitet

Peter Mogensen, direktør i Kraka

Ulrik Beck, cheføkonom i Kraka

1. Sammenfatning

Denne rapport: gevinster og risici ved AI

Denne rapport belyser de gevinster og de risici, der følger med den hastige teknologiske udvikling inden for kunstig intelligens såvel som andre typer af automatiserende teknologier. Kunstig intelligens har potentiale til både positivt og negativt at påvirke samfundet som helhed såvel som specifikke sektorer og befolkningsgrupper hver for sig. Rapporten belyser dette, samt hvilke etiske og samfundsmæssige spørgsmål der rejser sig som følge af den teknologiske udvikling, og hvordan Danmark kan forberede sig på en fremtid, hvor kunstig intelligens spiller en central rolle.

Interesse for AI er vokset eksplosivt siden 2022

Interessen for kunstig intelligens i medierne og i befolkningen steg eksplosivt i efteråret 2022, hvor såkaldt generativ AI (GenAI) fik et stærkt omtalt gennembrud med chatbotten ChatGPT. Men kunstig intelligens har været på den teknologiske og politiske dagsorden i mange år, og forskellige typer af kunstig intelligens bruges allerede i vid udstrækning mange forskellige steder i samfundet.

1.1 Rapportens indhold

Danskerne nærer både håb og bekymringer

Udviklingen inden for kunstig intelligens er gået meget hurtigt de seneste år. Og man må tage alvorligt, at forskere inden for feltet tror på betydelige sandsynligheder for, at udviklingen fortsætter i et meget højt tempo. Det kan give nogle fantastiske muligheder, men det kan også give uoverstigelige udfordringer. Gennem en spørgeskemaundersøgelse blandt befolkningen finder vi, at danskerne nærer både håb og bekymringer, når det kommer til potentialet ved at bruge kunstig intelligens.

GenAI øger automatiseringspotentialet

Udviklingen inden for GenAI har medført, at maskiner i dag kan udføre opgaver, som de fleste indtil for ganske nyligt ikke troede muligt. Når maskiner overtager arbejdsopgaver, som tidligere blev udført af mennesker, kaldes det automatisering. Udviklingen inden for AI har altså øget potentialet for automatisering i dansk økonomi.

Rapporten finder 46 pct. kan automatiseres

For at vurdere hvor stort potentialet for automatisering i økonomien er, har vi fået hjælp af 18 eksperter inden for robotteknologi og kunstig intelligens. Eksperterne vurderer, i hvor høj grad en lang række forskellige funktioner der indgår i stort set alle job, kan automatiseres med nuværende teknologi, herunder fx AI og robotteknologi. Vi omsætter i en økonomisk analyse eksperternes vurderinger til et bud på, hvor store dele af eksisterende job der kan automatiseres. Analysen peger på et højt potentiale: 46 pct. af alle arbejdsopgaver kan teknisk set automatiseres. Men det afgørende spørgsmål er, hvor meget af potentialet som vil blive udnyttet, og hvor hurtigt det kommer til at ske. Vores analyser peger desuden på, at brug af automatisering og ikke mindst AI kan blive afgørende for, om fremtidig produktivitetsvækst vil nå et niveau som det, danskerne er vant til.

Største potentiale er blandt personer med kortere uddannelser

Mange har den forventning, at automatisering vha. GenAI adskiller sig fra tidligere bølger af automatisering, i og med at det muliggør, at kontorarbejde udført af personer med lange uddannelser kan automatiseres. I vores analyser finder vi også et betydeligt potentiale blandt personer med lange uddannelser, men fremadrettet er det største automatiseringspotentiale alligevel fortsat hos folk med kortere uddannelser.

Befolkning skeptisk over for mere AI i beslutninger

Hvis potentialet i AI skal udnyttes, kræver det konkrete handlinger i private virksomheder såvel som den offentlige sektor. Her er det positivt, når en af vores analyser peger på, at Danmark er det land i verden, hvor befolkningen er mest parat til at anvende kunstig intelligens. Omvendt

finder vi, at selvom danskerne har stor tiltro til kvaliteten af beslutninger truffet af AI, er de skeptiske over for at lade AI træffe beslutninger inden for en række områder, hvor beslutninger i dag træffes af mennesker. Det kan potentielt bremse brugen og implementeringen af kunstig intelligens i Danmark.

Denne rapport udforsker AI og automatisering

I denne rapport undersøger vi fænomenet kunstig intelligens og automatisering ud fra en række datadrevne analyser. Vi undersøger det økonomiske potentiale ved kunstig intelligens og andre typer af automatisering, og vi undersøger, om Danmark er klar til at absorbere de nye teknologier. I dette første kapitel opsummerer vi resultater og diskussioner fra rapportens øvrige kapitler.

1.2 Hvad kan AI?

Kapitel 2: Hvad kan AI?

I kapitel 2 beskriver vi AI's udvikling fra den spæde begyndelse til i dag og undersøger, hvordan AI kan forventes at udvikle sig i fremtiden. I kapitlet diskuterer vi også regulering af og støtte til AI, befolkningens håb og bekymringer som følge af udviklingen samt AI's sandsynlige påvirkning af udledning af drivhusgasser.

Kunstig intelligens er en bred betegnelse

Hvad er AI?

Kunstig intelligens er et bredt begreb. Helt simpelt kan det defineres som software, der kan udføre opgaver, der traditionelt har krævet menneskelig intelligens. OECD's officielle definition, som denne rapport tager udgangspunkt i, er noget mere kompliceret¹:

“An AI system is a machine-based system that, for explicit or implicit objectives, infers, from the input it receives, how to generate outputs such as predictions, content, recommendations, or decisions that can influence physical or virtual environments. Different AI systems vary in their levels of autonomy and adaptiveness after deployment.”

AI-fremskridt kræver fremskridt inden for tre domæner

Fremskridt inden for kunstig intelligens er baseret på fremskridt i tre domæner, nemlig computerkraft, tilgængelighed af data til at træne på og udvikling af bedre computermodeller. Udviklingen i alle tre domæner har været markant, og det har tilsammen givet de teknologiske gennembrud, der har muliggjort bl.a. GenAI som fx ChatGPT.

Forskellige begrænsninger på kort og længere sigt

På kort sigt kan adgangen til computerkraft være en hindring for videre udvikling og udbredelse af AI, da produktionskapaciteten af de relevante computerchips er begrænset. På længere sigt er det mere sandsynligt, at begrænsninger i mængden af inputdata af høj kvalitet kan begrænse udviklingen.

Hvordan udvikler AI sig herfra?

Fremtidspotentialet ved brug af kunstig intelligens

Det er et åbent spørgsmål, om kunstig intelligens blot skriver sig ind i rækken af nye teknologier, der historisk har bidraget til den økonomiske vækst i industrialiserede lande – eller om kunstig intelligens kan give anledning til et mere fundamentalt skift i væksten. Hvor størstedelen af rapporten fokuserer på potentialet ved den eksisterende teknologi, undersøger dette afsnit i rapporten potentialet ved en videre udvikling af kunstig intelligens.

Tre mulige scenarier

Man kan tegne tre overordnede scenarier for, hvordan AI kommer til at påvirke samfund og økonomier verden over. I det første scenarie skriver AI sig ind i rækken af produktivetsforbedrende teknologier, men giver ikke anledning til et fundamentalt skift i de vækstrater eller i de typer af arbejde, som befolkningerne i de udviklede økonomier i dag varetager. I det andet scenarie øger AI vækstraterne i forhold til, hvad man har været vant til. I det tredje scenarie kan AI medføre fundamentale forandringer for menneskeheden med bl.a. muligheden for eksplosiv vækst eller katastrofale konsekvenser til følge.

¹ <https://oecd.ai/en/wonk/ai-system-definition-update>

Eksperter tror på vild udvikling	Eksplodiv vækst er næppe lige om hjørnet. Men internationale eksperter angiver en sandsynlighed på over 50 pct. for, at man i 2050 har kunstige intelligenser, der kan udføre <i>alle</i> opgaver, som varetages af mennesker i dag, bedre eller billigere end mennesker. Samtidig giver den fremtidige udvikling i kunstig intelligens også mange af eksperterne betydelige bekymringer for bl.a. menneskehedens udryddelse. Det bør man tage seriøst.
Regulering skal afveje positive og negative konsekvenser	Det store udfaldsrum for positive og negative konsekvenser betyder, at regulering af kunstig intelligens skal afveje de risici, der følger med ureguleret AI-udvikling, i forhold til de potentielle gevinster fra udviklingen af kunstig intelligens. Denne balancegang er ikke nem. Både EU, USA og Kina regulerer i dag kunstig intelligens på forskellig vis. Samtidig med at AI reguleres, støttes udviklingen af AI og tilstødende teknologier også. Det kan give god mening at støtte teknologiudviklingen, da markedet generelt underinvesterer i forskning og udvikling.
Danmark har styrkeposition inden for kvanteteknologi	Danmark har en styrkeposition, når det kommer til udviklingen af kvanteteknologi, som måske i fremtiden kan bruges til at øge den computerkraft, der er tilgængelig for AI, markant. Danmark giver også i dag offentlig støtte til forskning og udvikling af kvanteteknologi på et højere niveau end det gennemsnitlige i USA og Kina, om end fx Tyskland og Storbritannien giver mere målt pr. indbygger. Kvanteteknologi og støtte hertil er i hurtig udvikling. Derfor bør man også monitorere udviklingen og være opmærksom på, om det danske støtteniveau viser sig at være utilstrækkeligt til at fastholde Danmarks styrkeposition.
Vi spørger danskerne og eksperter om håb og frygt ved AI	<p>Befolkningen og eksperter er bekymrede over AI</p> <p>Når det handler om nye teknologier som AI, opstår der ofte på den ene side håb og forventninger om alle de positive ting, de kan medbringe, mens der på den anden side også opstår bekymringer og frygt for, hvad de vil kunne have af negative konsekvenser. Derfor har vi spurgt eksperter inden for bl.a. AI og cybersikkerhed samt den danske befolkning om deres håb og bekymringer.</p>
Hver fjerde dansker frygter samfundets undergang	En international spørgeskemaundersøgelse blandt AI-eksperter har fundet, at der blandt eksperter er en overvejende optimistisk tro på, at AI primært vil føre til gode ting for vores samfund. Dog tror 38 pct. af eksperterne i den undersøgelse, at der er mindst 10 pct. sandsynlighed for, at kunstig intelligens vil være ekstremt dårligt for samfundet. Samme tendens ser vi i vores egen spørgeskemaundersøgelse blandt eksperter, hvor et ikke ubetydeligt mindretal er bekymret for, at AI kan føre til samfundets undergang. Og i et repræsentativt udsnit af den danske befolkning svarer mere end hver fjerde det samme.
Flertallet tror på positive effekter på sundhed og vækst	Der er en række områder, hvor befolkningen og i særdeleshed eksperterne tror, at AI vil have en betydelig positiv effekt. Dette gælder bl.a. befolkningens sundhed og den økonomiske vækst. Men særligt inden for trivsel, sociale relationer og personlig frihed er både eksperter og den generelle befolkning bekymrede for de negative konsekvenser ved AI. Samtidig er der et stort flertal, der mener, at der er et højt eller meget højt behov for regulering af AI.
Klogt at lade et europæisk organ følge udviklingen	Nogle af de mere eksistentielle trusler kan være svære at regulere selv på overnationalt plan, fordi det på nuværende tidspunkt ikke står klart, hvordan og hvornår kunstig intelligens kan udgøre en risiko. Derfor er det positivt, at man for nylig har nedsat et permanent organ i EU-regi, der har til opgave at følge udviklingen og foreslå regulering. ² Et sådant organ vil kunne medvirke at mindske risikoen for, at den hurtige udvikling overrumpler politikerne.
AI har et stort forbrug af strøm ...	<p>Ingen grund til særskilt at regulere AI's strømforbrug</p> <p>AI har et betydeligt strømforbrug. Det er dermed nærliggende at tro, at AI kan føre til øgede udledninger af drivhusgasser. Denne analyse gennemgår to årsager til, at AI kan øge udledningerne – og to grunde til, at AI kan reducere udledningerne.</p>
... men bindende målsætninger neutraliserer effekt	AI kan øge udledningerne ved at føre til et højere strømforbrug og ved at øge den generelle økonomiske vækst. Øget vækst giver yderligere økonomisk aktivitet og dermed større udledninger. Men da mange lande er underlagt bindende begrænsninger på deres udledninger, er det usandsynligt, at bl.a. Danmarks udledninger vil stige som følge af en øget efterspørgsel efter strøm. I

² Se <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/ai-office>

stedet vil det være nødvendigt med strammere regulering for at leve op til de bindende mål. I de dele af verden, der ikke er underlagt bindende mål, fx Kina, kan udledningerne stige.

AI kan også reducere udledninger

Omvendt kan AI også reducere udledningerne ved at bidrage til at optimere energiforbruget inden for bl.a. transport og i energisystemet. Hertil kommer, at AI kan bruges til forskning og udvikling inden for grønne løsninger, som kan reducere udledningerne globalt.

Mest sandsynligt, at AI bidrager til grøn omstilling

Når argumenterne for og imod, at AI skader klimaet, vejes op mod hinanden, finder vi ikke, at danskerne behøver at begrænse brugen af AI ud fra et hensyn til klimaet. Det er mere sandsynligt, at brugen af AI kan bidrage til at løse den grønne omstilling, end til at det øger udledningerne.

Hver fjerde benytter AI i deres arbejde

Kunstig intelligens har indtaget danske arbejdspladser

Kunstig intelligens er allerede udbredt på det danske arbejdsmarked. Således svarer omkring hver anden dansker, at deres arbejdsplads benytter sig af kunstig intelligens, og hver fjerde benytter det selv. Der er dermed sket en markant stigning på få år, da kun syv pct. svarer, at de også gjorde det for to år siden. Fremgangen kan bl.a. tilskrives chatbots baseret på GenAI, da den største del af stigningen er sket for personer med en lang videregående uddannelse, og op mod 40 pct. svarer, at de benytter kunstig intelligens til dataanalyse, idégenerering og produktion af tekst.

AI gavner både arbejdsglæde og produktivitet

Blandt dem, der selv benytter AI i deres arbejde, angiver flertallet, at det ikke blot gavner deres produktivitet, men også deres arbejdsglæde. Indtil videre ser den øgede brug af AI på danske arbejdspladser altså ud til at være en positiv oplevelse for dem, der benytter AI.

Mange frygter at miste deres job til AI

AI's hurtige fremmarch på arbejdsmarkedet kan dog også medføre bekymringer. Således er hver femte dansker bekymret for at miste job til kunstig intelligens eller robotter. Bekymringerne ser dog indtil videre ud til at være ubegrundede, da meget få svarer, at de reelt har mistet deres arbejdsopgaver til kunstig intelligens, og dem, der har, er alle blevet i deres job.

1.3 Økonomisk potentiale af kunstig intelligens

Kapitel 3: Hvad er potentialet for automatisering i DK

Udviklingen inden for kunstig intelligens former på markant vis forventningerne til den fremtidige udvikling i dansk økonomi. I kapitel 3 undersøger vi, hvilket potentiale der er for automatisering i dansk økonomi, hvordan det er påvirket af de seneste års teknologiske udvikling, og hvordan det kan forventes at påvirke den fremadrettede økonomiske vækst.

Vi undersøger samlet automatiseringspotentiale i DK

Automatiseringspotentialet i dansk økonomi

Vi undersøger, hvor stort et potentiale for automatisering eksisterende teknologi, herunder bl.a. kunstig intelligens og robotteknologi, giver i Danmark. Vi har fået 18 førende eksperter inden for kunstig intelligens og robotteknologi til gennem en spørgeskemaundersøgelse at vurdere automatiseringspotentialet af 92 forskellige *evner, færdigheder, arbejdsaktiviteter og viden*, som indgår i forskellige job.

Automatiseringspotentialet er steget fra 31 til 46 pct på to år

Vi bruger ekspertvurderingerne til at udregne et automatiseringspotentiale for alle job. Dette automatiseringspotentiale skal forstås som andelen af arbejdstiden i jobbet, der teknisk set kan automatiseres. Vi finder, at 46 pct. af arbejdstiden blandt danske lønmodtagere teknisk set kan automatiseres vha. eksisterende teknologi. Det svarer til en stigning på 15 pct.-point siden starten af 2022. Denne fremgang tilskrives vi først og fremmest den teknologiske udvikling inden for kunstig intelligens, særligt GenAI.

Produktivitetsudviklingen højere i privat end i offentlig sektor

Automatisering kan hjælpe på – men ikke redde – det offentlige lavere produktivitetsvækst

Samfundet står over for en stor udfordring, fordi den offentlige sektor typisk har lavere produktivitetsvækst end den private sektor. Mens produktiviteten i private byerhverv i gennemsnit er steget med ca. 1,5 pct. årligt siden år 2000, har den offentlige sektors produktivitetsvækst været omkring 0,6 pct. årligt mellem 2007 og 2019. Det medfører, at den offentlige sektors ydelser bliver relativt dyrere over tid sammenlignet med private forbrugsvarer. Denne effekt kaldes også Baumols omkostningssyge.

Automatiseringspotentiale er også størst i det private ...

Vi viser, at det fremadrettede potentiale for automatisering er større i den private sektor end i den offentlige sektor. I den private sektor kan 52 pct. af arbejdstiden teknisk set automatiseres, mens det gælder for 38 pct. af arbejdstiden i den offentlige sektor. Stigningen i automatiseringspotentialet fra 2022 til 2024 har også været størst i den private sektor.

... men forskellen i automatiseringspotentiale er mindre

Automatisering har ikke desto mindre potentiale til at mindske *forskellene* i produktivitetsvækst mellem den offentlige og private sektor. Automatisering bidrager nemlig direkte til produktiviteten. Og forskellen i automatiseringspotentialet er mindre end den historiske forskel i produktivitetsvækst mellem den private og den offentlige sektor.

Indfrielse kræver koordineret indsats og politisk mod

Indsnævringen af forskellene i produktivitetsvækst sker dog formentlig ikke af sig selv: En indfrielse af potentialet for automatisering i det offentlige kræver en koordineret indsats og politisk mod til tage udfordringen op. Det er i den sammenhæng anbefalelsesværdigt systematisk at gennemføre mindre tiltag med implementering af AI på forsøgsbasis på konkrete områder for på den måde at høste erfaringer med, hvordan man bedst indfrier potentialet og samtidig undgår uhensigtsmæssige investeringer. Det har man fx gjort i Region Midtjylland, hvor fem gymnasier har modtaget lidt over en mio. kroner til at afprøve brugen af kunstig intelligens i forskellige fag.³ Lige så vigtigt er det samtidig at sikre gode rammer for, at institutioner, kommuner, regioner mv. aktivt deler viden og erfaringer, så gode løsninger kopieres, og fejl ikke gentages.

Produktivitetsgevinsterne kan blive store

Automatisering kan bidrage til at opretholde den historiske produktivitetsvækst

Hvis det samlede automatiseringspotentiale rent faktisk indfries, kan de økonomiske konsekvenser for dansk økonomi blive store. Præcis *hvor* store er dog meget vanskeligt at spå om. Vi opstiller en række scenarier for produktivetsgevinster og hastigheden, hvormed de indfries. Automatisering har potentialet til at øge økonomiens samlede produktion med mellem 42 pct. og 89 pct. på langt sigt. Hvis dette potentiale indfries over en periode på fx 35 år, vil det svare til en årlig vækst i produktionen på mellem 1,0 pct. og 1,8 pct. om året over de 35 år, som følge af automatisering med nuværende teknologi alene. Hertil vil skulle lægges vækst fra andre kilder, fx øvrig teknologisk udvikling og forbedringer inden for sundhed og uddannelse.

Automatisering kan bidrage til fortsat økonomisk vækst

Til sammenligning er produktiviteten i den samlede danske økonomi steget med ca. 1,2 pct. om året i gennemsnit over de seneste 30 år - som følge af både historisk automatisering og andre kilder til produktivetsgevinster. Resultaterne indikerer altså, at automatisering på baggrund af eksisterende teknologi vil kunne bidrage til at opretholde produktivetsvæksten på et niveau svarende til, eller højere end, gennemsnittet over de seneste 30 år.

Hurtigere indfrielse stiller større krav til efteruddannelse

Hvis potentialet indfries meget hurtigt, på bare 15 år, vil det årlige bidrag til væksten være 2,4 pct.-point til 4,4 pct.-point om året over de 15 år. Det vil betyde en højere nutidsværdi af det samlede potentiale, men kan samtidig også betyde store omvæltninger på arbejdsmarkedet med store omstillingsomkostninger til følge. En så hurtig indfrielse af potentialet er dog mindre realistisk ud fra sammenligninger med historiske teknologispredningshastigheder og som følge af omkostningerne ved at anvende de nye teknologier, som kan være høje. Skulle potentialet alligevel blive indfriet hurtigt, er det helt afgørende, at voksen- og efteruddannelsesområdet følger med og sikrer mulighed for hurtig kompetencetilpasning.

1.4 De fordelingsmæssige konsekvenser af AI

Kapitel 4: Hvem er udsat i omstillingen?

På kort sigt kan automatisering have negative konsekvenser for visse grupper i samfundet – fx de personer, hvis stillinger bliver automatiseret, som kan risikere at blive arbejdsløse eller at måtte skifte til en stilling med lavere løn. Rapportens kapitel 4 belyser dette. Vi ser på, hvilke grupper i samfundet der i særlig grad er beskæftiget i job med højt automatiseringspotentiale, hvilke effekter automatisering har på løn og beskæftigelse ifølge den videnskabelige litteratur, og foretager desuden egne datadrevne analyser af automatiseringseffekter på beskæftigelse og løn.

³ Se <https://www.dr.dk/nyheder/indland/chatgpt-kan-goere-kaempe-forskel-elever-der-ikke-faar-lectiehjaelp-hjemme>

<p>De mest berørte er dem med korte uddannelser, ...</p>	<p>Hvilke grupper bliver mest berørt af automatisering?</p> <p>Historisk har automatisering især ramt personer i stillinger, der kræver korte uddannelser. Det er også det mønster, vi finder, når vi ser på det fremadrettede automatiseringspotentiale for forskellige grupper i samfundet. Personer med korte uddannelser er beskæftiget i job med højere gennemsnitligt automatiseringspotentiale end personer med lange uddannelser. Personer med lavere løn og lavere gymnasiekaraktergennemsnit er også i gennemsnit mere udsatte for automatisering end personer med høj løn og høje gymnasiekarakterer.</p>
<p>... og kunstig intelligens forstærker tendensen</p>	<p>Generativ kunstig intelligens bliver ofte fremhævet som anderledes end anden automatiserende teknologi, fordi den har potentiale til at overtage opgaver, der kræver et relativt højt færdighedsniveau. Fx kan OpenAI's chatbot ChatGPT besvare komplicerede spørgsmål, generere brugbar computerkode og løse forskellige kognitive opgaver, som tidligere teknologier ikke har kunnet. Vores undersøgelse viser imidlertid, at automatiseringspotentialet fra generativ kunstig intelligens alene også er størst for personer med korte uddannelser.</p>
<p>Det er vigtigt at sikre folkelig opbakning til automatisering</p>	<p>Bekymringen for, at kunstig intelligens og automatisering generelt kommer til at ramme socialt skævt, kan blive en hindring for udbredelsen af teknologierne. Ønsker man at udrulle automatisering hurtigst muligt med henblik på at høste de potentielle produktivetsgevinster, kan det være et argument for at værne om og evt. styrke nogle af de eksisterende politikker, der garanterer, at automatiseringens gevinster kommer flest muligt til gode. Det drejer sig fx om et velfungerende og trykt ydelsessystem, en stærk aktiv arbejdsmarkedspolitik og et velfunderet uddannelsessystem. Det kan bidrage til at sikre folkelig opbakning.</p>
<p>I midten af 2010'erne var der frygt for øget arbejdsløshed</p>	<p>Tidligere bekymringer om disruption af arbejdsmarkedet har ikke holdt stik</p> <p>I midten af 2010'erne var der blandt medier, meningsdannere og nogle politikere frygt for, at den teknologiske udvikling ville medføre mindre efterspørgsel efter arbejdskraft og derigennem stigende arbejdsløshed. I denne analyse undersøger vi sammenhængen mellem et gammelt mål for automatiseringspotentialet i 2013 og beskæftigelsesudviklingen i økonomien fra 2013 til 2021.</p>
<p>Det finder vi dog ikke tegn på fra 2013 til 2021</p>	<p>I analysen finder vi, at jobvæksten har været stort set ens i de job, der i 2013 blev vurderet at have hhv. en stor og en lille sandsynlighed for at blive automatiseret. Derudover er der en positiv sammenhæng mellem automatiseringssandsynligheden i 2013 og den efterfølgende jobvækst på tværs af brancher. Det viser, at 2010'ernes frygt for, at automatisering skulle føre til arbejdsløshed og fx et behov for borgerløn, var stærkt overdrevne.</p>
<p>Har automatisering bidraget til faldende lønkvote?</p>	<p>Hvordan har automatisering påvirket lønkvoten og reallønnen de sidste 20 år?</p> <p>Ligesom der er bekymring for, at automatisering kan påvirke efterspørgslen efter arbejdskraft, er der også bekymring for, at den kan have en negativ effekt på lønudviklingen. Forskningslitteratur peger på, at lønkvoten, dvs.- lønmodtagernes andel af den samlede værdiskabelse, har været faldende i mange udviklede lande siden 1980'erne.</p>
<p>En del af udviklingen kan forklares af automatisering ...</p>	<p>Vi undersøger, om automatisering de sidste 20 år har spillet en rolle i udviklingen for lønkvoten og lønudviklingen i Danmark. Analysen er inspireret af et amerikansk studie, som finder en tydelig sammenhæng mellem automatisering og en faldende lønkvote, samt at denne udvikling har haft en stærkt negativ effekt på reallønsudviklingen for de mest automatiseringsudsatte. Vi finder tegn på, at automatisering kan forklare noget af den faldende lønkvote i industrien i Danmark.</p>
<p>... men det har ikke påvirket lønudviklingen</p>	<p>I anden del af analysen undersøger vi, om ændringen i lønkvoten har påvirket udviklingen i reallønnen på tværs af en række befolkningsgrupper. Resultaterne indikerer, at der ikke har været nogen sammenhæng mellem automatisering og reallønsudviklingen de seneste 20 år i Danmark. Det står i stærk kontrast til resultaterne fra USA og kan skyldes, at Danmark har et mere fleksibelt arbejdsmarked, når det kommer til at få omplaceret arbejdskraften efter større stød til økonomien.</p>

1.5 Hvor godt forberedt er Danmark på AI?

Kapitel 5: Er Danmark parat til at få glæde af AI

For at kunne indfri det store potentiale ved kunstig intelligens, er der en række forudsætninger, der skal være på plads. Det gælder både, når det kommer til samfundets og arbejdsmarkedets indretning, og i relation til den enkeltes villighed til at lade kunstig intelligens spille en større rolle i hverdagen. I dette kapitel ser vi på, hvor godt Danmark er rustet ift. resten af verden til at benytte kunstig intelligens, om vi har de rette kompetencer, og hvor der er plads til forbedring.

Hvem er bedst rustet til at høste gevinsterne ved AI?

AI-parathedsindeks: Danmark ser ud til at være godt rustet til at høste gevinsterne ved AI

Der er mange gevinster at hente ved at benytte sig af nye teknologier som kunstig intelligens. Det er dog forskelligt fra land til land, hvor hurtigt og effektivt man vil kunne høste disse gevinster, og hvor store gevinsterne bliver. Det belyser vi i denne analyse ved at konstruere et AI-parathedsindeks, der er sammensat af en række indikatorer, som hver især viser noget om, hvor godt forberedte landene er til at anvende og implementere kunstig intelligens.

Danmark er i front men halter efter på STEM-uddannede

Blandt en lang række sammenlignelige lande synes Danmark at være det bedst forberedte land til at høste gevinsterne ved kunstig intelligens. Danmarks førerposition skyldes i høj grad, at Danmark har en veludviklet digital infrastruktur og et fleksibelt arbejdsmarked. Modsat halter Danmark en smule efter, når det gælder STEM-uddannede personer.

USA klarer sig mindre godt pga. fokus på at anvende

Vores parathedsindeks fokuserer på at anvende frem for alene at udvikle kunstig intelligens, bl.a. ved at inddrage befolkningens generelle niveau af tillid som et element i indekset. Det er en vigtig del af forklaringen på, at Danmark klarer sig relativt godt, mens et land som USA klarer sig mindre godt, selvom USA er førerende inden for udvikling af kunstig intelligens.

Danskerne har stor tiltro til kvaliteten af AI's beslutninger ...

Mange danskere er skeptiske over for at lade AI træffe beslutninger

Danskerne har generelt en stor tiltro til, at en kunstig intelligens kan træffe hurtigere, mere objektive og mindre diskriminerende beslutninger end mennesker. Samtidig mener et flertal af danskerne også, at AI er bedre eller mindst lige så god som mennesker til at overskue komplekse forhold. Selvom der dermed er en udbredt positiv holdning til kvaliteten af de beslutninger, som kunstig intelligens træffer, er det stadig et fåtal, der reelt ville lade kunstig intelligens træffe beslutninger i deres liv.

... men er skeptiske over for at lade AI bestemme

Generelt set er der størst skepsis over for at lade en kunstig intelligens træffe retslige afgørelser. Her ville 78 pct. af befolkningen i få eller ingen sammenhænge lade en kunstig intelligens træffe afgørelser i stedet for et menneske. Der er mindst skepsis over for at lade en kunstig intelligens træffe beslutninger om banklån. Her ville hver femte i de fleste eller alle sammenhænge lade kunstig intelligens træffe beslutningen.

Det gælder også på sundhedsområdet

I forhold til beslutninger om behandlinger i sundhedsvæsenet, hvor mange ellers forventer, at AI i fremtiden vil spille en stor rolle, er skepsissen også stor: 35 pct. af befolkningen ville aldrig lade kunstig intelligens træffe den endelige beslutning om deres behandling, selv hvis den lavede færre fejl end alle læger.

Uddanner vi til et arbejdsmarked med AI?

AI og kompetencer på arbejdsmarkedet

Hvis Danmark skal udnytte mulighederne ved automatisering, er det nødvendigt, at arbejdskraften har de rette kompetencer. Vi undersøger forholdet mellem, i hvilke job der i dag er knaphed på kompetencer, og i hvilke job automatisering i fremtiden kan frigive arbejdskraft. Dette forhold kan bruges som pejlemærke for, hvordan man bør fremtidssikre uddannelsessystemet til et arbejdsmarked med AI. Analysen viser, at der er knaphed på arbejdskraft inden for særligt industri-, håndværks-, leder- og udvalgte specialistjob. Knapheden inden for industri- og håndværkerjob har dog potentiale til at blive afdæmpet af automatiserende teknologi. Leder- og specialistjob ser til gengæld ud til i lavere grad at blive påvirket af fremtidig automatisering. For job, som typisk varetages af personer med videregående uddannelser, er der overordnet set ikke knaphed, og disse job bliver i meget lav grad påvirket af fremtidig automatisering.

Dilemma mellem at uddanne til nutiden eller fremtiden

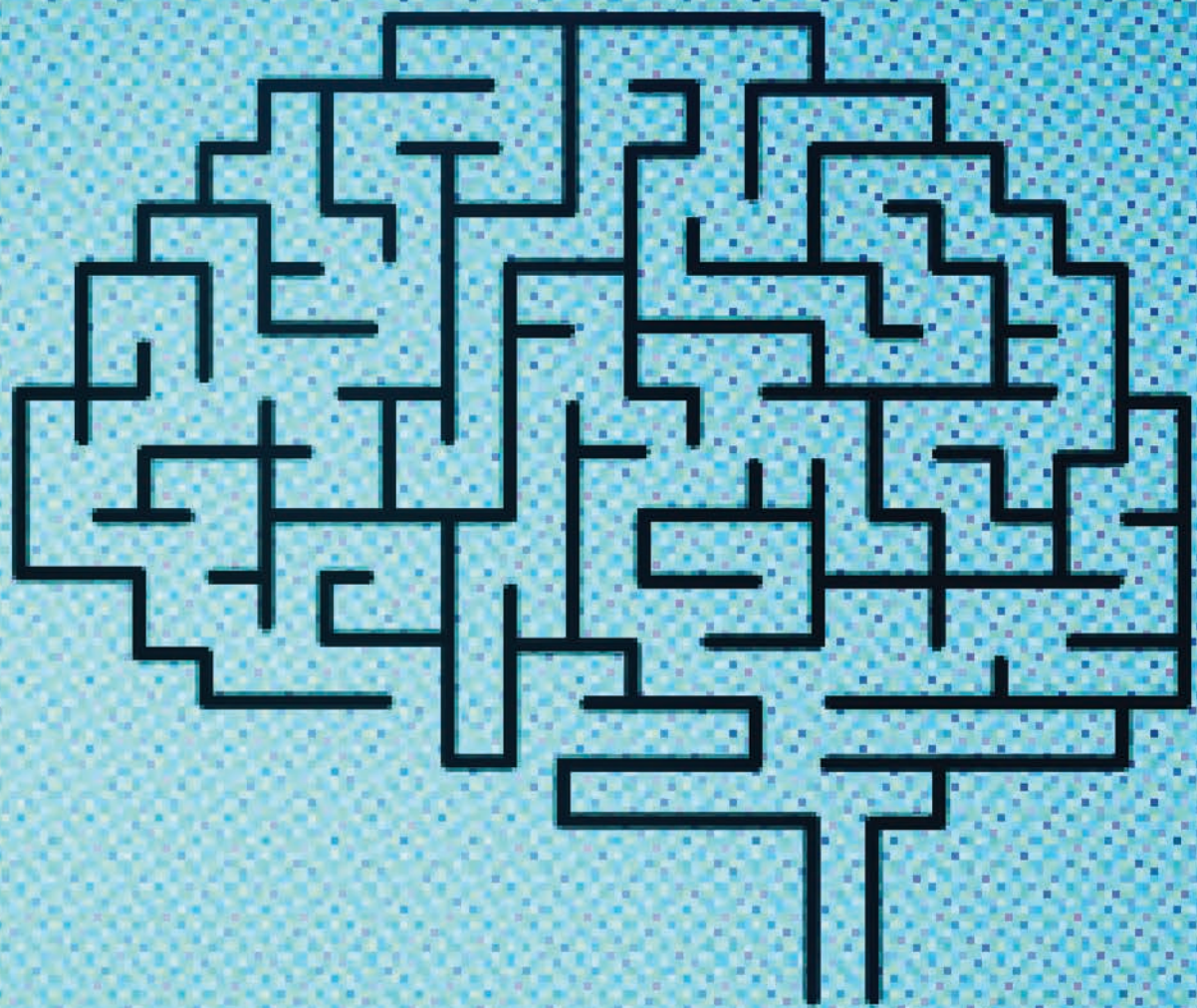
Analysen peger på et uddannelsespolitisk dilemma: På den ene side kan man satse på at uddanne flere til industri- og håndværkerjob, hvor der i dag er mangel på arbejdskraft. På den anden side kan man satse mere på videregående uddannelser, hvor knapheden har været faldende, men hvor arbejdskraft i fremtiden ikke i samme grad kommer til at blive frigivet gennem brug af automatiserende teknologi.

Uhensigtsmæssigt ikke at skele til fremtiden

Det er med andre ord ikke nødvendigvis hensigtsmæssigt at tilrettelægge fremtidens uddannelsesudbud efter nutidens behov for arbejdskraft alene. Derfor kan det også være uhensigtsmæssigt, når man fra politisk side vælger at reducere antallet af studiepladser på universiteterne uden skelen til, hvilke specifikke uddannelser pladserne forsvinder fra, og hvad fremtidsudsigterne er på arbejdsmarkedet.

Vigtigt med god og tilgængelig efteruddannelse

Et bidrag til en løsning på det uddannelsespolitiske dilemma, som analysen peger på, er at sikre god, tilgængelig og billig (gratis) efteruddannelse gennem hele arbejdslivet. I tilrettelæggelsen af efteruddannelserne er det vigtigt både at kunne omskole dem, hvis kompetencer i fremtiden kan udføres af automatiserende teknologi, og at sikre en bredtfavnende indsats, hvor alle faggrupper bliver rustet til at anvende potentialerne ved automatisering.





Hello! I'm chatbot. How can I assist you

nat

Send a message



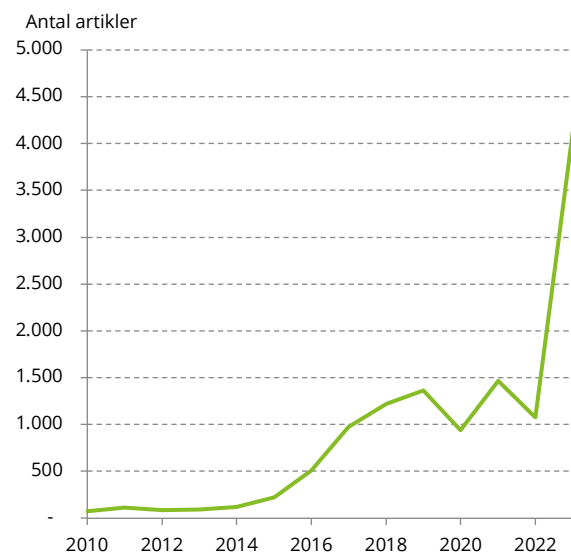
2. Hvad kan AI?

Stor stigning i interessen for kunstig intelligens

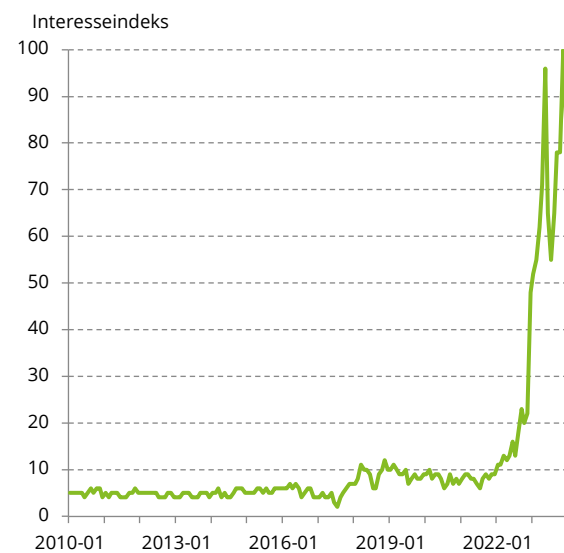
Kunstig intelligens (AI) har været på den teknologiske og politiske dagsorden i mange år, og særligt siden efteråret 2022, hvor såkaldt generativ AI (GenAI) fik et gennembrud med chatbotten ChatGPT, er danskernes interesse for emnet vokset eksplosivt. Antallet af artikler i landsdækkende medier, som nævnte ordet kunstig intelligens, eller AI, er næsten firdoblet mellem 2022 og 2023, jf. figur 2.1.a. Og tilsvarende eksploderede danskernes søgning på emnet kunstig intelligens på Google, jf. figur 2.1.b.

Figur 2.1 Interesse for kunstig intelligens over tid

Figur 2.1.a Antallet af artikler i landsdækkende medier, som nævner kunstig intelligens, 2010-2023



Figur 2.1.b Danskernes søgning på emnet kunstig intelligens på Google, 2010-2023



Anm.: Figur 2.1.a: Medieovervågnings- og analysevirksomheden Infomedia har på vegne af Kraka-Deloitte gennemført alle landsdækkende dagblade siden 2010 og fundet artikler, hvori ordene "AI", "kunstig intelligens" eller nærliggende ord indgår. Figur 2.1.b viser udviklingen i det månedlige antal søgninger på emnet "kunstig intelligens" på Google i Danmark. Antallet af søgninger er normaliseret således, at værdien 100 repræsenterer det maksimale antal søgninger, som emnet nogensinde har opnået på en måned. Antallet af månedlige søgninger er omtrentligt 10-doblet mellem begyndelsen af 2022 og slutningen af 2023.

Kilde: Infomedia (figur 2.1.a) og Google trends (figur 2.1.b).

Kunstig intelligens kan ændre samfundet

Kunstig intelligens har som få andre teknologier potentialet til fundamentalt at ændre måden, mennesker arbejder på, måden, mennesker interagerer med hinanden på, og måden, samfundet fungerer på. Samtidig er der stor usikkerhed og uenighed om, hvordan, hvor meget og hvor hurtigt teknologien vil forandre samfundet.

Dette kapitel: Hvad er AI, og hvordan kan det udvikle sig?

Dette kapitel starter med at redegøre for, hvad kunstig intelligens egentlig er, hvordan det har udviklet sig, og hvordan det fremadrettet kan udvikle sig. Kapitlet fokuserer især på, hvordan udviklingen af generativ kunstig intelligens accelererer brugen af kunstig intelligens i samfundet og giver eksempler på konkrete områder, hvor kunstig intelligens har hjulpet med videnskabelige gennembrud. I slutningen af kapitlet kommer vi også ind på, hvordan kunstig intelligens allerede i dag kan mærkes på de danske arbejdspladser.

2.1 Hvad er AI?

GenAI er nyt teknologisk fremskridt

Siden industrialiseringen i 1700- og 1800-tallet har den vestlige verden gennemlevet, hvad der bedst kan betegnes som en permanent, teknologisk revolution. Nye teknologier har muliggjort højere levestandarder, og der er hele tiden kommet flere til. En af tidens mest omtalte nye teknologier er kunstig intelligens. Kunstig intelligens er mange ting (se boks 1), men er for alvor kommet på manges radar som følge af flere store teknologiske gennembrud de seneste år. Fremskridtene inden for kunstig intelligens blev bredt kendt i offentligheden efter OpenAI's lancering af ChatGPT i november 2022. ChatGPT er en såkaldt sprogmodel, dvs. en model, der har lært ud fra en stor mængde tekst at generere tekstsvar som respons på tekstbaseret input. Modellen kunne ved offentlighedsførelsen generere tekst og svare på skriftlige spørgsmål på et hidtil uset højt niveau. Siden er modellen blevet endnu bedre, og den har på under et år fået over 100 millioner aktive brugere, og ChatGPT blev kåret til årets ord i Danmark i 2023.⁴⁵

Danskerne tænker mere på AI i dag end for to år siden

Der er tegn på, at danskerne også oplever en ændring i hastigheden, hvormed teknologiske fremskridt finder sted i øjeblikket. I 2021 og igen i 2024 har Kraka-Deloitte spurgt danskerne, hvor tit de tænker på, hvilken betydning teknologiske fremskridt har for samfundet på en skala fra 0 til 10, hvor 0 er aldrig og 10 er dagligt. Andelen, der svarer 6 eller derover, steg fra 41 pct. i 2021 til 51 pct. i 2024.⁶ Det gennemsnitlige svar steg fra 4,8 til 5,4 i 2024. Den stigende opmærksomhed kan dels skyldes, at flere selv har oplevet, hvad ChatGPT gør ved deres arbejdsplads, og dels den stigende medieomtale af kunstig intelligens i øvrigt. Svarfordelingen viser, at relativt mange danskere tænker over betydningen af kunstig intelligens, selvom kun få angiver, at de tænker over det dagligt.

AI har været brugt i mange år allerede

Selvom kunstig intelligens først for alvor kom på alles læber i 2022, har kunstig intelligens været en del af de fleste danskeres hverdag i mange år. Kunstig intelligens er i årevis blevet brugt til bl.a.:

- Anbefalingssystemer på bl.a. webshops, streamingplatforme og sociale medier, der tilbyder personlige anbefalinger baseret på historisk data
- Sprogoversættelse som fx Google Translate
- E-mailfiltrering, der automatisk filtrerer spam e-mails til en spam-mappe
- Ansigtsgenkendelse, der fx bruges til at låse en telefon op
- Personlige assistenter som fx Apples Siri eller Amazons Alexa, der bruger kunstig intelligens til at forstå og reagere på stemmekommandoer
- Navigationssystemer med ruteplanlægning som fx Google Maps
- Navigationssystemet i førerløse biler.

GenAI adskiller sig fra andre typer AI

Generativ kunstig intelligens adskiller sig fra tidligere former for kunstig intelligens ved, at det kan generere nyt originalt output såsom lange tekststykker og billeder. Generativ kunstig intelligens har accelereret brugen af kunstig intelligens ad to veje. For det første er de nye modeller brugervenlige og kan anvendes af brugere, der ikke har en specialiseret, teknisk viden. For det andet kan de generere nyt, originalt indhold og derved udføre opgaver, som tidligere systemer af kunstig intelligens ikke har kunnet. Det indebærer bl.a.:

- Skrivning af tekster, fx bøger, manuskripter, e-mails, manualer m.m.
- Generering af billeder til brug i fx reklamer, bøger, magasiner osv.
- Skabelse af udtryk, som fx musik, illustrationer, videoer osv.

⁴ <https://www.linkedin.com/news/story/chatgpt-hits-100m-weekly-users-5808204/>

⁵ <https://dsn.dk/nyheder-og-arrangementer/chatgpt-er-kaaret-til-aarets-ord-2023/>

⁶ Spørgsmålet er formuleret som: "Tænker du tit på, hvilken betydning teknologiske fremskridt (fx kunstig intelligens eller robotter) har for samfundet? Du bedes angive dit svar på en skala fra 0 til 10, hvor 0 er "jeg tænker aldrig på det" og 10 er "jeg tænker på det dagligt". Se Boks 2 for flere detaljer om spørgeskemaundersøgelsen. Tallene er baseret på 1171 respondenter i 2021 og 2028 respondenter i 2024.

Boks 1 Hvad er kunstig intelligens?

Kunstig intelligens spænder bredt over forskellige videnskaber, anvendelser og metoder, hvilket gør det svært at give en præcis definition af teknologien. Samtidig er selve begrebet "intelligens" også til diskussion, hvilket yderligere komplicerer en potentiel definition. Denne rapport går dog ikke ind i en filosofisk debat om intelligens, men bruger begrebet kunstig intelligens til at definere de avancerede teknologiske systemer, som fx ChatGPT, der bredt benævnes "kunstig intelligens", og som OECD har følgende definition af (OECD, 2024):

"An AI system is a machine-based system that, for explicit or implicit objectives, infers, from the input it receives, how to generate outputs such as predictions, content, recommendations, or decisions that can influence physical or virtual environments. Different AI systems vary in their levels of autonomy and adaptiveness after deployment."

Vanskeligheden ved at definere, hvad kunstig intelligens er, illustreres ved, at OECD skriver, at det har været en udfordring at nå til enighed om deres definition. En alternativ og lettere forståelig definition af systemer med kunstig intelligens er, at det er software, som kan udføre opgaver, der traditionelt har krævet menneskelig intelligens. Denne rapport følger dog OECD's definition af kunstig intelligens-systemer, som rapporten ofte bare benævner som kunstig intelligens.

Udvikling inden for AI kræver tre faktorer:

Drivkraften bag kunstig intelligens

Udviklingen af kunstig intelligens kræver grundlæggende tre faktorer for at kunne fungere: modeller, data og computerkraft. Isolerede forbedringer i én af faktorerne kan forbedre en kunstig intelligens, men med aftagende marginalvirkning. Det har derfor krævet udvikling i alle tre faktorer at nå til det niveau af kunstig intelligens, som eksisterer i dag. Sammenhængen mellem kunstig intelligens og data, modeller og computerkraft er illustreret i figur 2.2.

1: Modeller

Det er i modellerne, at avanceret statistik og beregningsprocedurer styrer, hvordan den kunstige intelligens tænker, og hvordan den lærer. Disse modeller bliver løbende udviklet og optimeret, så den kunstige intelligens kan lære hurtigere og løse flere og mere komplekse problemer.

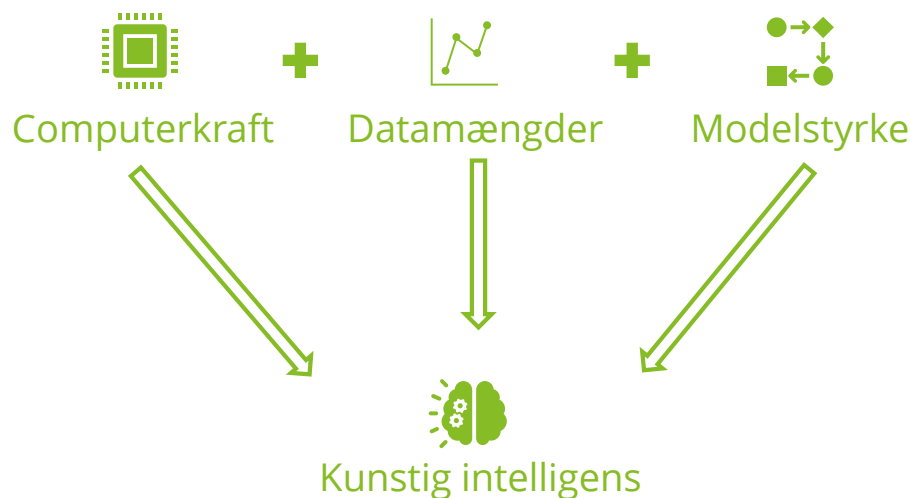
2: Tilgængelig data

Ligesom en menneskehjerne kræver en kunstig intelligens også input for at lære. Jo mere input en kunstig intelligens kan træne sine modeller på, desto bedre beregninger og forudsigelser kan den udføre. Typen og kvaliteten af input er også vigtigt, da en kunstig intelligens bliver påvirket af, hvad den læser og ser. Her har digitaliseringen og internettet bidraget til at skabe store mængder af tilgængelig data, som kunstig intelligens kan bruge som input, fx i form af billeder eller tekst.

3: Computerkraft

For at kunne foretage de modelbaserede beregninger på datainput bruger de bagvedliggende modeller computerkraft. Større computerkraft gør modellerne i stand til at foretage beregninger hurtigere og derved også lave flere og mere komplekse beregninger. De nuværende systemer, der anvendes til kunstig intelligens, ville ikke have fungeret på computere fra 1960'erne og sandsynligvis også have været for dyre eller ressourcekrævende at bruge på computere fra for bare få år siden.

Figur 2.2 Input til kunstig intelligens



Kilde: Egen tilvirkning.

Historisk udvikling af kunstig intelligens

Udviklingen af AI kan deles op i perioder

Udviklingen af kunstig intelligens startede allerede i 1950'erne, hvor mængden og styrken af data, modeller og computerkraft var en helt anden end i dag. Nogle af pionererne inden for forskningen var bl.a. Alan Turing og John McCarthy, der var med til at definere begrebet "kunstig intelligens". Siden 1950'erne er udviklingen af kunstig intelligens i nogle perioder gået hurtigt, mens den i andre perioder næsten har været gået i stå. Der har været udvikling inden for alle tre begrænsende faktorer. Den tilgængelige computerkraft er steget markant. De tilgængelige datamængder er eksploderet med internettets udbredelse. Og fremskridt inden for programmering og computervidenskab har givet nye muligheder for at udnytte mere computerkraft og større datamængder. Udviklingen i kunstig intelligens kan deles op i en række forskellige perioder, der også er opsummeret i tabel 2.1:⁷

1952-1969: Tidlig begejstring og store forventninger

Da kunstig intelligens først blev opfundet i 1950'erne, var der stor begejstring for og store forventninger til teknologien. I 1952 lykkedes det at lave en kunstig intelligens, der kunne spille brætpillet dam. Udviklingen fortsatte op gennem 1950'erne og 1960'erne, hvor der blev udviklet mange succesfulde programmer, der bl.a. kunne spille spil og løse simple matematiske problemer, og mange af de modeller og metoder, der i dag bruges i kunstig intelligens, blev for første gang udviklet i denne periode. I slutningen af 1960'erne blev det dog tydeligt, at mange af de store forventninger ikke var blevet indfriet. De systemer og modeller, der var blevet udviklet, var for snævre og var ikke skalerbare. Man havde bl.a. sat sin lid til, at fremskridt inden for computerkraft ville accelerere teknologien, men dette viste sig ikke at være tilfældet med de daværende modeller.

1969-1986: Ekspertsystemer

Herefter begyndte en periode med fokus på mere anvendelig kunstig intelligens med udgangspunkt i såkaldte ekspertsystemer. Ekspertsystemer er regelbaserede programmer, der træffer beslutninger ud fra bl.a. "hvis-så"-regler. I 1969 lykkedes det fx forskere at lave et program, der kunne anviser, hvordan molekyler er struktureret ud fra deres kemiske formel og informationer om molekylefragmenter fra et massespektrometer. Programmerne fandt bred anvendelse inden for bl.a. medicin og finans såvel som i fx computerspil og skakprogrammer.

Ekspertprogrammerne var især populære i 1970'erne og 1980'erne. Systemerne lever videre i dag, fx benytter Skattestyrelsen såkaldte digitale sladrehanke for at tjekke indberetninger i årsopgørelsen. Hvis en borger fx angiver et fradrag for en fredet ejendom, så bliver rettelsen blokeret, hvis ikke der er registreret en fredet ejendom i borgerens navn.⁸

⁷ Beskrivelsen i de følgende afsnit følger Russel og Norvig (2020).

⁸ Se fx <https://politiken.dk/danmark/art5878197/Skat-l%C3%A6gger-digitale-sladrehanke-i-46-millioner-nye-%C3%A5rsopg%C3%B8relser>

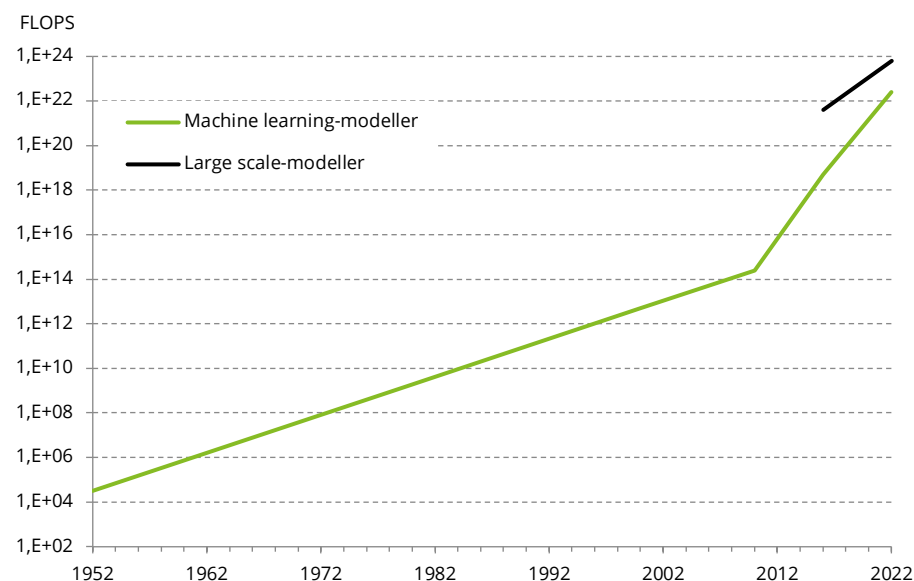
1986 – i dag: Neurale netværk og machine learning

1980'erne og 1990'erne bragte et fornyet forskningsmæssigt fokus på nogle af de oprindelige systemer og metoder inden for kunstig intelligens, herunder machine learning og neurale netværk. Machine learning dækker over forskellige metoder, der gennem sandsynlighedsregning og statistik bruger data til at lave forudsigelser eller klassifikationer. En fordel ved machine learning er, at systemet kan lære af data og derved opnå historisk erfaring, hvilket ekspertprogrammer ikke kan. På dette tidspunkt var mængden af både data og computerkraft også øget betydeligt ift. 1960'erne, hvilket var en fordel for disse modeller. Neurale netværk er én metode inden for machine learning, der er grundlaget for mange moderne kunstig intelligens-systemer. Neurale netværk er en type kunstig intelligens, der er designet til at efterligne den menneskelige hjerne. De består af lag af kunstige neuroner, som behandler indkomne data. Hvert lag modtager input fra det foregående lag, behandler det og sender et output videre til det næste lag. Neuronerne i hvert lag foretager vurderinger baseret på deres programmerede funktioner og den information, de modtager. Til sidst samler netværket alle behandlinger og output fra de forskellige lag og producerer et endeligt resultat, som kan bruges til at træffe beslutninger eller lave forudsigelser.

2011 – i dag: Deep learning

Omkring 2011 brød metoden "deep learning" igennem. Deep learning anvender flere lag i beslutningsprocessen, fx i form af flere lag af kunstige neuroner i neurale netværk, til at lære fra store mængder af data. Sevilla m.fl. (2022b) beskriver, hvordan brugen af computerkraft til træning af kunstig intelligens nogenlunde fulgte den generelle udvikling i computerkraft frem til 2010, hvor den blev fordoblet ca. hver 20. måned. Efter 2010 er brugen af computerkraft til træning af kunstig intelligens-systemer dog accelereret til en fordobling hver 5. måned, og niveauet steg yderligere i 2015 med introduktionen af såkaldte large scale-modeller, som fx ChatGPT er baseret på, jf. figur 2.3.

Figur 2.3 Trendudvikling i computerkraft brugt til at træne machine learning-modeller



Anm.: FLOPS står for Floating Point Operations Per Second og angiver, hvor mange matematiske operationer som fx addering, subtrahering, multiplikation og dividering, som en computer kan lave pr. sekund. FLOPS er et mål for den rå computerkraft, som et computersystem har tilgængelig. 2.aksen er logaritmisk, således at hver stiplede linje angiver en 100-dobling af computerkraften. En lineær kurve angiver derfor en eksponentiel vækst i computerkraften. 1,E+16 er 10^{16} FLOPS.

Kilde: Egen rekonstruktion baseret på Sevilla mfl. (2022a).

Forbedringer inden for deep learning har muliggjort GenAI

Siden 2010 er deep learning-systemerne blevet forbedret og blevet betydeligt bedre til at håndtere komplekse opgaver som tekstgenerering, billedsyntese m.m., hvilket har lagt grundstenene for generativ kunstig intelligens. I dag virker deep learning-systemer bedre end de fleste andre former for kunstig intelligens, når det kommer til bl.a. mønstergenkendelse og computerspil.⁹

⁹ Russel og Norvig (2020).

2017 – i dag: GenAI

Generativ kunstig intelligens adskiller sig fra hidtidig kunstig intelligens ved at kunne generere originalt data i form af bl.a. tekst, billeder og musik. Generativ kunstig intelligens, som vi kender det i dag, skyldes i høj grad et modelmæssigt gennembrud i 2017 i form af den transformerarkitektur, der bl.a. gjorde det muligt at træne generative modeller på ekstremt store datasæt. Generativ kunstig intelligens brød for alvor igennem i 2022 med OpenAI's lancering af chatbotten ChatGPT.

Tabel 2.1 Oversigt over forskellige grene af kunstig intelligens

	Ekspertprogrammer (regelbaseret kunstig intelligens)	Machine learning	Deep learning	Generativ kunstig intelligens
Primær udviklingsperiode	1970'erne og 1980'erne	1990'erne til nu	2010'erne til nu	2022 til nu
Anvendelseseksempler	Medicinsk diagnose, regnskabsprogrammer	Hjertekbepæmpelse, anbefalingssystemer, vejrforsudsigelser	Ansigtsgenkendelse, selvkørende biler, sprogoversættelse	Chatbots, generering af billeder til fx marketing, skrivning af artikler m.m.
Input	Veldefinerede regler og data	Store mængder træningsdata.	Store mængder træningsdata. Specifik hardware (GPU'er)	Store mængder træningsdata, kvalitative data, specifik hardware (GPU'er)
Output	Konkrete beslutninger baseret på regler og point	Forsudsigelser eller klassifikationer	Forsudsigelser eller klassifikationer	Nyt originalt data fx tekst, billeder m.m.
Metodeeksempler	"Hvis-så"-regler, logisk programmering	Beslutningstræer, neurale netværk	Neurale netværk	Generative Adversarial Networks, Transformer

Anm.: Figurens eksempler er ikke udtømmende.

Kilde: Russel og Norvig (2020).

Tre faktorer kan begrænse fremtidig udvikling i AI:

Barrierer for videre udvikling af kunstig intelligens

De nuværende kunstige intelligenser bliver som regel beskrevet som "svag" kunstig intelligens eller "snæver" kunstig intelligens. Snæver kunstig intelligens kan i dag udføre opgaver, der før blev udført af et menneske, men har stadig på mange områder en "lavere" intelligens end mennesker. Forbedringer af kunstig intelligens vil fremadrettet kræve forbedringer inden for en eller flere af de tre beskrevne faktorer: data, modeller og computerkraft. Alle tre faktorer er i udvikling, men kan også hver især begrænse den videre udvikling af kunstig intelligens. I det følgende beskriver vi muligheder og begrænsninger for den videre udvikling.

1: Data til træning er en knap ressource, ...

Generative AI's er i dag bedre end ældre kunstige intelligenser, ikke mindst fordi dens input består af enorme mængder af data i form af tekst fra store dele af internettet. Selvom der konstant bliver genereret ny tekst, er mængden af data aldrig ubegrænset. Det kan blive en hæmsko for fremtidig udvikling af kunstig intelligens, hvis mængden af ny data ikke kan følge med modellernes voksende behov. Sevilla (2022) estimerer fx, at mængden af eksisterende tekstdata af høj kvalitet sandsynligvis vil være udtømt inden 2026.

... og internettets indhold genereres i stigende grad af AI's

Det kan også blive et selvstændigt problem for træningen af generative AI's, hvis en stor del af indholdet på internettet i fremtiden bliver genereret af andre generative AI's. I et endnu ikke fagfællebedømt forskningspapir viser Shumalov m.fl. (2023), at det i sidste ende fører til såkaldt "modelkollaps", hvis man igen og igen træner en stor sprogmodel som ChatGPT på AI-genereret tekst fra den senest trænedte model. Modelkollaps betyder her, at man ved hver træningsrunde mister

data fra det oprindelige, menneskeskabte datasæt, og modellen "glemmer mindre sandsynlige udfald over tid, i takt med at modellen bliver forgiftet med sin egen projektion af virkeligheden".¹⁰

2: Computerkraft kan blive mangelvare på kort sigt

Som beskrevet ovenfor er brugen af computerkraft til træning af kunstig intelligens accelereret siden introduktionen af deep learning i 2010. Efterspørgslen efter computerkraft har medført en kraftigt stigende efterspørgsel efter særligt GPU'er (Graphical Processing Units), der kan risikere at blive en af de største kortsigtede barrierer for udbredelsen og udviklingen af kunstig intelligens.¹¹ I Microsofts seneste årsrapport nævnes bl.a., at mangel på GPU'er vil være en risikofaktor i Microsofts produktion de kommende år.¹²

3: Modeller kræver mere energi end menneskehjerner

En måde at overvinde mangel på data eller computerkraft på er at udvikle bedre og mere effektive modeller til kunstig intelligens. På trods af de nuværende kunstige intelligensers store brug af computerkraft og data er systemerne stadig mennesker underlegne på en række områder. Kunstig intelligens kræver fx store mængder af input for at lære én ny ting, mens mennesker kan lære meget nyt bare gennem ét billede. Mennesker er derudover også hurtigere til at lære nye ting, uden at den nye viden påvirker ting, man allerede ved.¹³ Og alt dette er på trods af, at en menneskehjerne kun kører på 12 watt strøm.¹⁴ Selvom kunstig intelligens allerede i en vis udstrækning imiterer den menneskelige hjerne ved brug af neurale netværk, er der altså stadig et stort potentiale i at udvikle nye metoder, der gør kunstig intelligens i stand til at opnå samme eller bedre ydeevne end i dag, men vha. mindre computerkraft og mindre mængder af data.

2.2 Fremtidspotentialet ved brug af kunstig intelligens

Potentialet ved AI er enorme

En af grundene til, at kunstig intelligens er så vigtig at forholde sig til, er dens enorme potentiale – for både gode og dårlige forandringer. Spektret af forandringer går fra enorm økonomisk vækst til udryddelsen af menneskeheden. Risikoen for menneskelig udryddelse fik bl.a. opmærksomhed, da en lang række eksperter, der er engagerede i udviklingen af AI, i marts 2023 sendte et åbent brev, der efterspurgte bedre regulering af AI og foreslog en seks måneders pause i udviklingen af AI.¹⁵

Ekspert og danskere spår stor indflydelse fra AI

Både den danske befolkning og eksperter inden for bl.a. kunstig intelligens og cybersikkerhed tror da også, at udviklingen og udbredelsen af kunstig intelligens vil få markante konsekvenser for Danmark anno 2050, jf. figur 2.4. Således mener eksperter og befolkning i gennemsnit, at der er omkring 50 pct. sandsynlighed for, at kunstig intelligens i år 2050 har medført, at arbejdsugen er reduceret til fire dage, og at den gennemsnitlige levealder er øget med 10 år.

Tre scenarier for produktivtetsgevinster

De fleste er enige i, at kunstig intelligens allerede har medført og også fremadrettet vil medføre produktivtetsgevinster i samfundet. Men det er et åbent spørgsmål, om kunstig intelligens blot skriver sig ind i rækken af nye teknologier, der historisk har bidraget til den økonomiske vækst i industrialiserede lande – eller om kunstig intelligens kan give anledning til et mere fundamentalt skift i væksten. Det kan være tilfældet, fordi kunstig intelligens har potentialet til også at automatisere idéudvikling og innovation og derved øge mængden af kreative og videnskabelige fremskridt i samfundet. Desuden kan kunstig intelligens på sigt måske lære at udvikle og forbedre sig selv yderligere. Denne egenskab hos kunstig intelligens kan potentielt lede til en kunstig intelligens med overmenneskelig intelligens og derigennem potentielt ubegrænset økonomisk vækst og potentiale for samfundet.¹⁶ Man kan derfor inddele udviklingen i tre mulige scenarier:

¹⁰ Egen oversættelse. Shumalov m.fl. (2023) skriver: "Model Collapse refers to a degenerative learning process where models start forgetting improbable events over time, as the model becomes poisoned with its own projection of reality."

¹¹ Kaddour m.fl. (2023).

¹² <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/789019/000095017023035122/msft-20230630.htm>

¹³ Shen m.fl. (2024).

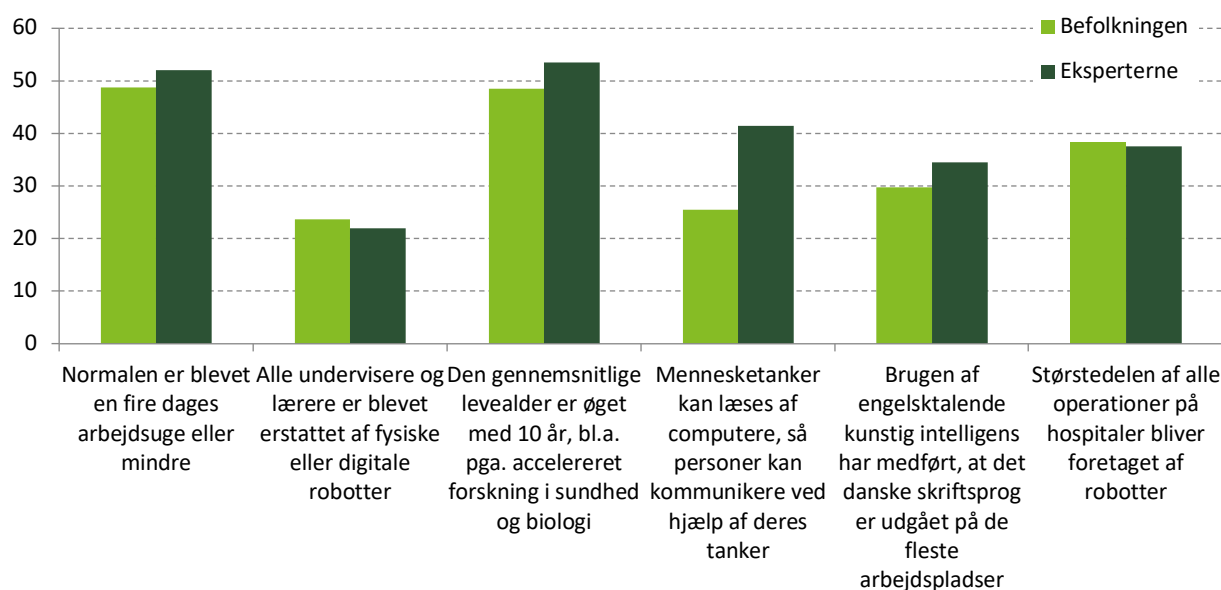
¹⁴ <https://www.humanbrainproject.eu/en/follow-hbp/news/2023/09/04/learning-brain-make-ai-more-energy-efficient/>

¹⁵ "Pause Giant AI Experiments: An Open Letter." 22/3-23. Link: https://futureoflife.org/wp-content/uploads/2023/05/FLI_Pause-Giant-AI-Experiments_An-Open-Letter.pdf

¹⁶ Aghion m.fl. (2019).

- Kunstig intelligens bidrager til at holde produktivitetstigningen på samme niveau som tidligere teknologisk udvikling, og vækstraterne i økonomien fortsætter på deres sædvanlige niveau.
- Kunstig intelligens øger de økonomiske vækstrater i samfundet, men uden at medføre eksplosiv vækst.
- Kunstig intelligens opnår superintelligens og medfører eksplosiv og ubegrænset vækst i økonomien og samfundet

Figur 2.4 Hvor sandsynligt er det efter din opfattelse, at udviklingen og udbredelsen af kunstig intelligens i samfundet vil have medført følgende scenarier i Danmark i 2050?



Anm.: Figuren viser det gennemsnitlige svar på spørgsmålet "Hvor sandsynligt er det efter din opfattelse, at udviklingen og udbredelsen af kunstig intelligens i samfundet vil have medført følgende scenarier i Danmark i 2050?" på en skala fra 0-100.

Kilde: Spørgeskemaundersøgelse udført af Epinion for Kraka-Deloitte samt egne beregninger. Se boks 2 for en beskrivelse af spørgeskemaundersøgelsen.

Ekspløsiv vækst er ikke lige om hjørnet

En kunstig superintelligens, og deraf følgende eksplosiv vækst, er formentlig ikke lige om hjørnet. Men der findes eksperter på feltet, der ikke udelukker dette scenarie i fremtiden. Blandt eksperter diskuteres også ivrigt muligheden for, at kunstig intelligens i fremtiden kan opnå såkaldt "generel kunstig intelligens". Det er en kunstig intelligens, der kan løse alle typer af opgaver, som mennesker i dag kan løse. Nogle eksperter mener, at de nuværende store sprogmodeller allerede er på vej mod dette.¹⁷

AI bidrager i dag til automatisering og FoU

Selv de nuværende kunstige intelligenser kan levere markante vækstbidrag, når det kommer til automatisering såvel som forskning og udvikling (FoU). En af fordelene ved at bruge kunstig intelligens i forskning er, at kunstig intelligens på kort tid kan teste tusinder eller millioner af hypoteser og derved betydeligt øge sandsynligheden for at gøre relevante opdagelser. Fx har Chen m.fl. (2024) fået en kunstig intelligens til at gennemgå over 32 millioner typer af materialer og herudfra foreslå nye materialer til brug i batterier, der kan medføre, at brugen af råstoffet litium i batterier kan reduceres kraftigt i forhold til dag.

¹⁷ Bubeck m.fl. (2023).

Boks 2 Spørgeskemaundersøgelsen og ekspertundersøgelsen

Befolkningsundersøgelsen

Epinion har foretaget en repræsentativ spørgeskemaundersøgelse hos danskere i alderen mellem 25 og 60 år for Kraka-Deloitte med det formål at undersøge danskernes holdninger til og erfaringer med kunstig intelligens og automatisering. Spørgeskemaet har fået svar fra 2.028 personer og anses som repræsentativt for befolkningen mellem 25 og 60 år. Svarene blev indsamlet i januar og februar 2024.

Spørgeskemaet indeholder tre dele:

1. Et modul om danskernes erfaring med kunstig intelligens på arbejdspladsen. Svarene i dette modul er baseret på de 1.577 respondenter i spørgeskemaet, hvis primære arbejdsmarkedstatus er at være i beskæftigelse.
2. Et modul med danskernes holdning til at lade kunstig intelligens træffe beslutninger i samfundet.
3. Et modul om danskernes generelle bekymringer for og forventninger til en verden med en større udbredelse af kunstig intelligens.

Ekspertundersøgelsen

Ud over befolkningsundersøgelsen har vi også fået 20 eksperter inden for bl.a. kunstig intelligens og cybersikkerhed til at svare på 7 spørgsmål fra det sidste modul om bekymringer for og forventninger til kunstig intelligens. Ekspertene kommer primært fra danske universiteter. I alt har 16 danske og 4 internationale eksperter ud af i alt 50 adspurgte ønsket at deltage.

AlphaFold er et
Aldrevet forsknings-
gennembrud

Et af de mest kendte videnskabelige gennembrud, som kunstig intelligens har medført, er den kunstig intelligens AlphaFolds evne til at forudsige proteinstrukturer.¹⁸ Tidligere krævede det store ressourcer at beregne ét proteinmolekyles struktur, men den kunstige intelligens har nu beregnet strukturen for over 200 millioner proteinmolekyler. Viden om proteinstrukturer bruges bl.a. inden for udviklingen af ny medicin, og gennembruddet blev kåret som "Breakthrough of the Year" af Science i 2021.¹⁹

AI vil kunne løse alle
opgaver bedre end
mennesker ...

Grace m.fl. (2023) har udført en spørgeskemaanalyse, hvor de har indhentet svar fra 2.800 forskere, der har publiceret artikler i et førende AI-tidsskrift. Svarene blev indhentet i efteråret 2023, dvs. efter gennembruddet af sprogmodeller og generativ kunstig intelligens. Ifølge svarene fra eksperterne er der 10 pct. sandsynlighed for, at kunstig intelligens allerede i 2027 kan udføre alle opgaver (tasks) bedre og billigere end menneskelig arbejdskraft, såkaldt high level machine intelligence (HLMI).²⁰ Sandsynligheden stiger frem i tiden, og i 2047 er der ifølge eksperternes svar 50 pct. sandsynlighed for dette scenarie.

... jf. 2.800 eksperter,
og tidspunktet er
rykket tættere på

Eksperternes forventede tidspunkt for udbredelsen af en kunstig intelligens, der kan udføre alle opgaver som et menneske kan, er blevet fremrykket betydeligt fra 2022 til 2023. Det understreger ikke blot hastigheden af udviklingen inden for kunstig intelligens, men også usikkerheden ved at lade eksperter forsøge at spå om fremtiden.

35 pct. tror, eksplosiv
vækst pga. AI i 2043
er sandsynligt

Eksplosiv økonomisk vækst som følge af kunstig intelligens kræver, ud over HLMI, at kunstig intelligens også kan træne og udvikle sig selv. Omkring 35 pct. af eksperterne mener, at det er sandsynligt eller meget sandsynligt, at kunstig intelligens vil kunne dette i 2043.

Denne rapport:
Potentialer ved den
nuværende teknologi

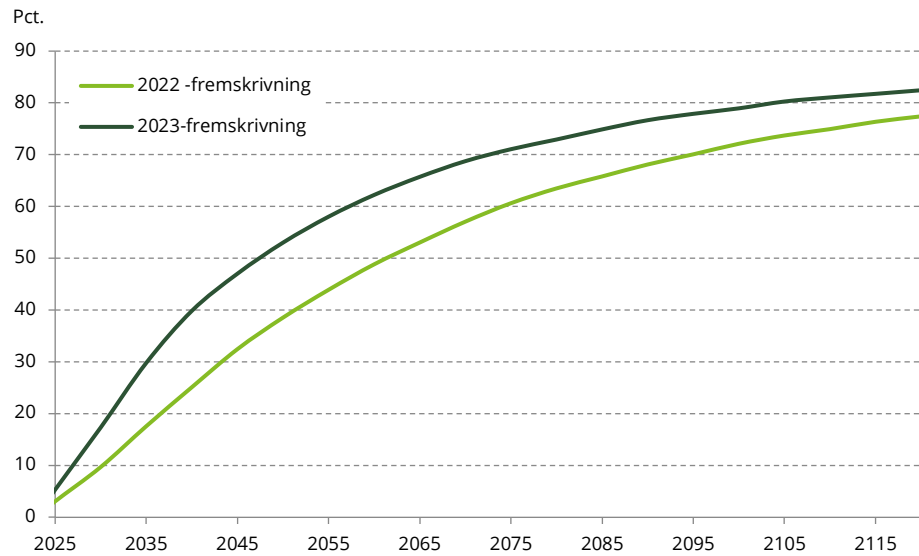
Ekspert på området indregner dermed en betydelig sandsynlighed for, at kunstig intelligens i fremtiden kan blive transformativ for menneskeheden. Det gælder for stort set alle områder, hvor opgaver i dag varetages af mennesker. De fleste eksperter mener således, at det i højere grad er et spørgsmål om, hvornår AI opnår HLMI, end om, hvorvidt det bliver muligt i fremtiden. I vurderingen af de økonomiske potentialer senere i denne rapport tager vi udgangspunkt i potentialerne ved den allerede eksisterende teknologi, men det er vigtigt også at holde et øje på den videre udvikling af teknologierne.

¹⁸ Jumper m.fl. (2021).

¹⁹ <https://www.science.org/content/article/breakthrough-2021>

²⁰ Grace m.fl. (2023) definerer high-level machine intelligence således: "High-level machine intelligence (HLMI) is achieved when unaided machines can accomplish every task better and more cheaply than human workers. Ignore aspects of tasks for which being a human is intrinsically advantageous, e.g., being accepted as a jury member. Think feasibility, not adoption."

Figur 2.5 Gennemsnitlig sandsynlighed for at "High-Level Machine Intelligence" er opnået, over tid



Anm.: "High-level machine intelligence" er defineret som et scenarie, hvor kunstig intelligens kan udføre alle opgaver bedre og billigere end et menneske.

Kilde: Egen aflæsning af figur fra Grace et. al (2023).

AI vækker bekymring for menneskehedens udryddelse, ...

Regulering af og støtte til kunstig intelligens

Den fremtidige udvikling i kunstig intelligens giver omvendt også betydelige bekymringer for bl.a. menneskehedens udryddelse (se afsnit 2.3). Men allerede den nuværende brug af teknologien giver en række mere jordnære bekymringer over bl.a. forbrugerbeskyttelse, gennemsigtighed, konkurrence og cybersikkerhed. Bekymringerne i forhold til brugen i dag – og ikke mindst brugen i fremtiden – giver argumenter for at indføre regulering af kunstig intelligens.

... men måske kan AI forbedre menneskers vilkår

Omvendt er der også vægtige stemmer, der tror på, at AI markant kan forbedre menneskets vilkår. Det kan være et argument for alligevel at udvikle teknologien på trods af de øgede risici. Jones (2023) argumenterer således for, at hvis kunstig intelligens kan forlænge menneskers forventede levetid og reducere dødsfald i samfundet, bør samfundet være mere tilbøjelig til at acceptere større eksistentielle risici fra teknologien.

Regulering bør afveje risici og muligheder

Derfor bør reguleringens strenghed afveje de risici, der følger med ureguleret AI-udvikling, i forhold til de potentielle gevinster fra kunstig intelligens. Den afvejning er ikke nem pga. den store usikkerhed om, hvordan kunstig intelligens udvikler sig. Afvejningen kompliceres yderligere af, at en ensidig streng regulering fra fx Danmark eller EU's side ikke afhjælper de eksistentielle risici for borgerne, hvis andre lande ikke regulerer lige så strengt.

Nuværende regulering er mere jordnær

Nuværende og kommende regulering af kunstig intelligens

På trods af de ovenfor nævnte eksistentielle bekymringer er nuværende regulering af kunstig intelligens fokuseret på mere jordnære reguleringsmålsætninger som forbrugerbeskyttelse, konkurrencelovgivning og national sikkerhed.

EU: AI Act samt andre forordninger

I EU blev der d. 13. marts 2024 opnået enighed om den såkaldte *Artificial Intelligence Act* (eller AI Act). Lovgivningen har til formål at regulere virksomhederne og medlemslandenes brug af kunstig intelligens. I kombination med den allerede eksisterende GDPR-forordning samt forordningerne Digital Services Act og Digital Markets Act, der regulerer digitale formidlingstjenester og store digitale virksomheder, har EU-reguleringen et stærkt fokus på at sikre individets rettigheder og forbrugerrettigheder. EU's regulering af kunstig intelligens beskrives nærmere i afsnit 2.3.

USA's regulering er mindre indgribende end EU's

Også i USA er regulering af AI på dagsordenen. I oktober 2023 udsendte Præsident Biden et dekret om regulering af AI. Ligesom den europæiske lovgivning har det præsidentielle dekret også fokus

på sikkerhed, privatliv og borgernes rettigheder. Derudover fremhæves det i dekretet, at USA skal arbejde på at bibeholde sin position som internationalt førende inden for AI, ligesom der også lægges vægt på, at der skal udarbejdes principper, der sikrer gevinsterne og mindsker konsekvenserne af AI for amerikanske arbejdere.²¹ USA's regulering beskrives typisk som mindre indgribende end EU's.²²

Regulering af TikTok i USA

Omvendt fylder hensyn til den nationale sikkerhed også i reguleringsdiskussionen i USA. Fx har Kongressen i USA vedtaget, at det sociale medie TikTok i USA skal underlægges amerikansk ejerskab. Bekymringen er her, at kinesiske interesser kan bruge TikTok til at manipulere med den amerikanske offentlighed.

I Kina er der større fokus på statskontrol

Kina har også vedtaget regulering af brugen af kunstig intelligens. Anderledes end i EU og USA er der et fokus på, at kunstig intelligens ikke må bruges til at undergrave den kinesiske stat. Kina har i de seneste år indført regulering af anbefalelssystemer og af såkaldte "deepfakes". I 2023 indførte Kina et sæt regler for generativ kunstig intelligens, der kræver, at både modellernes input og output er "sande og præcise". Afhængigt af hvordan dette implementeres, er det potentielt et uopfyldeligt krav, da man på forhånd vil skulle kende modellens svar på alle tænkelige spørgsmål, man kan stille den.²³

Hvordan støttes udvikling af AI?

Parallelt til reguleringssporet overvejer mange lande også, hvordan man bedst støtter udviklingen af kunstig intelligens. Det sker med mindst to hensyn for øje.

Argument for støtte: Nationalt sikkerhedshensyn

For det første er der hensyn til den nationale sikkerhed. Et eksempel er ønsket om kontrol med de systemer, der anbefaler indhold på sociale medier. Et andet eksempel er ønsket om en robusthed over for fremmede nationers brug af kunstig intelligens til cyberkrig eller misinformationskampagner. Hensynet til den nationale sikkerhed giver et ønske om en egenforsyning af kunstige intelligenser, så man er mindre sårbar over for manipulation med modellerne, eller over for at et andet land pludselig slukker for en vigtig model.

Sikkerhed skal vejes op mod velfærdstab

Denne type af hensyn kan være en udmærket grund til at fremme egen udvikling af kunstig intelligens, om end det fra et økonomisk hensyn skal vejes op mod det velfærdstab, som kan komme fra, at man ikke nødvendigvis anvender de systemer, der på globalt plan er bedst.

Eksempel: NATOs investeringer i kvanteteknologi i DK

Et eksempel på støtte med sikkerhedshensyn for øje er NATOs nylige investering i det danske kvanteteknologiske center Deep Tech Lab – Quantum. Argumentet er netop, at NATO skal være på forkant med den teknologiske udvikling for at imødekomme sikkerhedsudfordringer, når det kommer til fx informationskrig, cyberangreb og beskyttelse af kritisk infrastruktur.²⁴

Drøm om at satse på fremtidens vinder-teknologier

For det andet er der et ønske om at støtte udviklingen af fremtidens teknologier, så de nationale økonomier får gevinst af den medfølgende økonomiske vækst. Denne form for klassisk industripolitik er der grund til at være skeptisk over for, når den vurderes ud fra den nyere økonomiske historie såvel som økonomisk teori. Det er meget svært at vurdere på forhånd, hvor "vinderteknologierne" viser sig at være, og hvis man som land satser på at støtte de forkerte teknologier, eller de forkerte virksomheder inden for den rigtige teknologi, kan pengene vise sig at være spildt.²⁵

²¹ The White House. "Fact sheet: President Biden Issues Executive Order on Safe, Secure, and Trustworthy Artificial Intelligence." Link: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/10/30/fact-sheet-president-biden-issues-executive-order-on-safe-secure-and-trustworthy-artificial-intelligence/#:~:text=With%20this%20Executive%20Order%2C%20the%20information%20with%20the%20U.S.%20government>

²² Se fx <https://www.brookings.edu/articles/the-eu-and-us-diverge-on-ai-regulation-a-transatlantic-comparison-and-steps-to-alignment/> og <https://aibusiness.com/responsible-ai/expert-view-how-us-uk-and-eu-regulators-differ-in-governing-ai>.

²³ Se fx <https://digichina.stanford.edu/work/how-will-chinas-generative-ai-regulations-shape-the-future-a-digichina-forum/>

²⁴ <https://www.fmn.dk/da/nyheder/2023/nato-og-danmark-abner-center-for-quantum-teknologi-i-kobenhavn/>

²⁵ Se fx afrapporteringen fra regeringens ekspertgruppe for fremtidens erhvervsstøtte for en gennemgang af principielle overvejelser for og imod erhvervsstøtte: https://em.dk/Media/638458340748999863/Fremtidens%20Erhvervsst%3%b8tte_kortl%3%a6gning%20principper%20og%20sanering_afrapportering%20fra%20fase%201_web_a.pdf

Eksempel på fejlslagen sats: Quaero-projektet

Et konkret eksempel er det fransk-tyske forsknings- og udviklingsprogram "Quaero", som blev søsat i 2008. Budgettet var 450 mio. euro, hvoraf mindst 90 mio. euro var subsidier. Quaero havde som mål at udvikle et søgeværktøj og blev ofte kaldt en europæisk konkurrent til Google.²⁶ Projektet blev stille lukket ned i 2013, uden at projektets mål var nået.

To argumenter for at støtte umodne teknologier:

Omvendt kan der også være økonomiske argumenter for at støtte forskning og udvikling i endnu umodne teknologier, såsom kunstig intelligens. Det sker typisk med udgangspunkt i såkaldte markedsfejl i form af videns-spillovers og finansielle friktioner.

1: Videns-spillovers

Videns-spillovers handler om, at det kun sjældent er muligt for virksomheder at sikre, at alle gevinster fra forskning og udvikling tilfalder virksomheden selv. Typisk vil fx medarbejdere tage viden med til andre virksomheder. Derfor er det samfundsmæssige afkast af forskning og udvikling typisk større end det privatøkonomiske afkast.²⁷

2: Mangel på finansiering på markedsvilkår

Mangel på finansiering for særligt videnstunge startups kan skyldes asymmetrisk information, hvor virksomhedsstifterne har mere information om deres virksomhed end investorer. Hertil kommer, at startups typisk kun har få materielle aktiver, der kan fungere som sikkerhedsstillelse i forbindelse med finansiering²⁸

Afvejning af regulering og støtte er kompleks

Der er således argumenter både for og imod at regulere og at støtte udvikling eller brug af kunstig intelligens. Afvejningen kompliceres yderligere af, at især USA og Kinas beslutninger om regulering og støtte også påvirker EU-landene, og ikke mindst Danmark. Billedet bliver med al sandsynlighed kun mere komplekst i fremtiden, i takt med at nye anvendelsesmuligheder for kunstig intelligens materialiserer sig.

Kvantecomputere kan øge tilgængelig computerkraft til AI

Danmark er langt fremme, når det kommer til kvanteforskning

Kvanteteknologi, ikke mindst kvantecomputere, har potentialet til at øge den tilgængelige computerkraft til brug i bl.a. kunstig intelligens markant. I 2019 lykkedes det fx Google at foretage en beregning på en kvantecomputer på 200 sekunder – en beregning, som det ville have taget de mest kraftfulde almindelige computere flere tusind år at foretage.²⁹ Kvantecomputere har således et potentiale til at bidrage til den videre udvikling af kunstig intelligens ved at kunne foretage beregninger hurtigere. Ikke mindst når det drejer sig om såkaldte optimeringsproblemer, som anvendes ofte i kunstig intelligens, har beregninger på kvantecomputere et stort potentiale.³⁰ Omvendt er der også forskere, der er skeptiske mht., om kvantecomputere faktisk vil vise sig at være hurtigere end almindelige computere, når det kommer til fx machine learning.³¹ En række virksomheder forventer, at kvantecomputere allerede inden for de næste par år vil være i stand til at løse en række opgaver bedre end konventionelle computere.³²

Forskning i kvanteteknologi er langt fremme i Danmark

I Danmark er forskningen inden for kvanteteknologi langt fremme. Dansk forskning inden for feltet er af international topklasse.³³ Målt pr. indbygger er Danmark det land i verden næst efter Schweiz, som publicerer flest artikler om feltet. Artiklerne fra de danske forskningsmiljøer inden for kvanteteknologi er veludgivne, og 23 pct. af publikationerne er i top 10 pct. blandt mest citerede artikler på feltet.³⁴

Kvanteteknologi er umoden teknologi

Kvanteteknologi er et aktivt grundforskningsfelt, og dermed er der også tale om en endnu umoden teknologi. Kvanteteknologi kan bruges til en række forskellige ting, bl.a. sikker kommunikation (kvantekommunikation) og kvantesensorer, som kan måle meget små variationer i tyngdefeltet til brug for bl.a. undergrundsmålinger og radiosystemer.

²⁶ Se fx <https://www.nytimes.com/2008/03/21/technology/21iht-quaero24.html> eller <https://www.theguardian.com/technology/2006/apr/26/news.france>

²⁷ Se fx Bloom m.fl. (2019).

²⁸ Se fx Hall og Lerner (2010).

²⁹ Arute m.fl. (2019)

³⁰ Se fx Orús m.fl. (2019) og <https://www.ibm.com/topics/quantum-ai>.

³¹ Nature (2024)

³² Erhvervsstyrelsen (2022).

³³ Erhvervsministeriet (2023).

³⁴ Uddannelses- og Forskningsstyrelsen (2022).

Behov for støtte til kvanteforskning

Uddannelses- og Forskningsstyrelsen peger på, at der er behov for støtte til både grundforskning og strategisk forskning inden for kvanteteknologi. Ud fra principperne for hvornår støtte kan give mening, er kvanteforskning også en oplagt kandidat, givet teknologiens umodne status og videns-tunge natur. Da Danmark allerede har en styrkeposition på området, kan støtten trække på de eksisterende netværk og den allerede opbyggede humankapital, i modsætning til hvis man støtter andre områder, hvor Danmark ikke er langt fremme allerede.

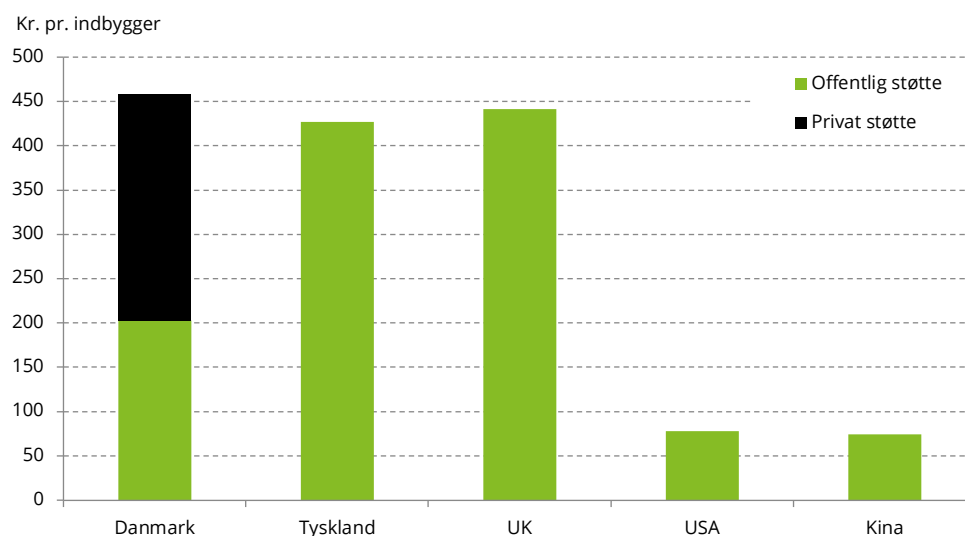
Kvanteforskning i DK bliver allerede støttet

Forskning og udvikling inden for kvanteteknologi i Danmark bliver da også allerede støttet i dag. Fra 2014 og frem til 2022 har offentlige og private fonde allerede givet 1,2 mia. kr. i støtte.³⁵ Hertil kommer en bevilling i 2022 på knap 1,5 mia. kr. over 12 år fra Novo Nordisk Fonden til udvikling af verdens første fuldt funktionelle kvantecomputer. Regeringen vedtog med sin strategi for kvanteteknologi i 2023 at bruge 1 mia. kr. i perioden 2023 til 2027 på forskning og innovation inden for kvanteteknologi samt yderligere 200 mio. kr. fra 2024 til 2027 på at styrke kommerialisering, sikkerhed og internationalt samarbejde inden for kvanteområdet. Hertil kommer NATOs nylige investering i det danske kvanteteknologiske center Deep Tech Lab – Quantum, som tidligere nævnt.

Støtteniveauet er højt i forhold til DK's størrelse, ...

Efter danske forhold er der altså allerede tale om betydelige beløb. På globalt plan er beløbene dog stadig relativt begrænsede. Siden 2022 har Kina således annonceret offentlig støtte til kvanteteknologi på over 100 mia. kr., og den samlede annoncerede offentlige støtte inden for feltet for Tyskland, Storbritannien og i USA er hhv. ca. 36, 30 og 26 mia. kr.³⁶ Det findes ikke gode tal for den samlede private støtte på globalt plan. Det danske, offentligt annoncerede støtteniveau på sammenlagt 1,2 mia. kr. er højt ift. niveauet i USA og Kina, når man tager Danmarks størrelse i betragtning. Men støtteniveauet målt pr. indbygger er højere i både Tyskland og Storbritannien, jf. figur 2.6.

Figur 2.6 Annonceret støtte i de kommende år til kvanteteknologi pr. indbygger



Anm.: Der findes ikke opgørelser af det private støtteniveau til forskning i kvanteteknologi uden for Danmark, og det er således kun niveauet af offentlig støtte, der kan sammenlignes på tværs. Der er ikke tale om et årligt beløb, men derimod summen af annonceret støtte over de kommende år.

Kilde: Egne beregninger ud fra McKinsey (2024) samt kilder beskrevet i teksten.

... men der er behov for kontinuerlig overvågning

Danmark ser således ud til at være godt med, når det kommer til offentlig støtte til kvanteforskning, om end der er lande omkring Danmark, der investerer mere målt ift. deres størrelse. Om det er nok, eller om Danmark bør fokusere yderligere på dette område, evt. på bekostning af andre indsatser, er svært at vurdere. Samtidig er kvanteteknologi og støtte til den i hurtig udvikling. Derfor

³⁵ Uddannelses- og forskningsstyrelsen (2022).

³⁶ McKinsey (2024).

bør man også følge udviklingen nøje og være opmærksom på, om dansk støtte begynder at halte bagefter.

2.3 Befolkningen og eksperter er bekymrede over AI

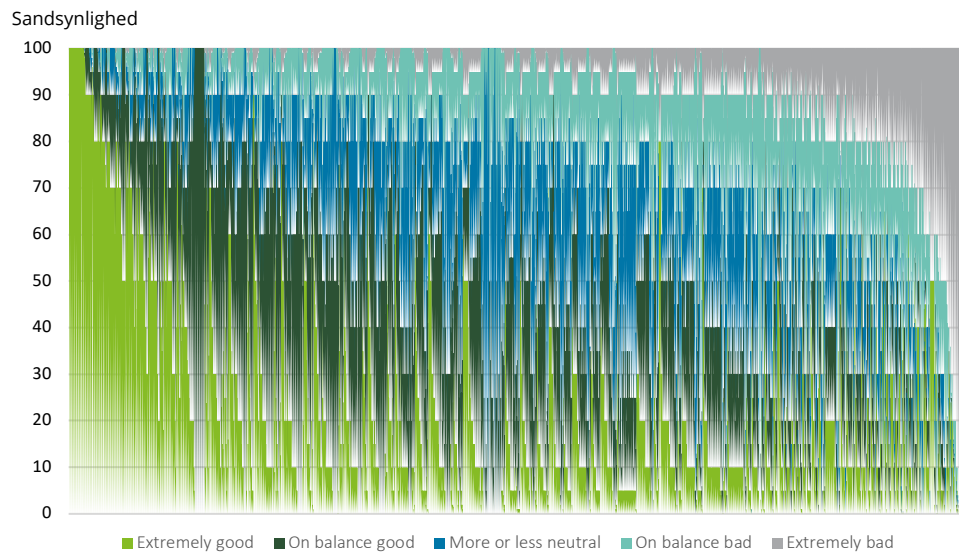
Vi dykker ned i bekymringer for påvirkningen af AI

AI-eksperter kan ikke udelukke ekstremt negative effekter

To af de mest omdiskuterede spørgsmål om kunstig intelligens er, hvor stor påvirkning det vil få på samfundet, og om påvirkningen vil være god eller dårlig. I dette afsnit undersøger vi, hvilke forudsigelser internationale eksperter har gjort om kunstig intelligens, og hvad danske eksperter og borgere håber og frygter ift. kunstig intelligens.

En stor spørgeskemaundersøgelse blandt 2.800 internationale AI-eksperter³⁷ viser, at selvom eksperterne generelt er optimistiske mht., hvad kunstig intelligens vil gøre for samfundet, så frygter et ikke ubetydeligt mindretal, at kunstig intelligens vil få "ekstremt dårlige" konsekvenser for civilisationen, jf. figur 2.7. Ekstremt dårlige konsekvenser er fx menneskehedens udryddelse. 38 pct. af eksperterne tillægger mindst 10 pct. sandsynlighed for sådan et udfald.

Figur 2.7 Sandsynligheden for at "high-level machine intelligence" enten vil være godt eller dårligt for samfundet



Anm.: Hver vertikal søjle afspejler sandsynlighedsfordelingen fra én ekspert. Hvis eksperten fx tror, at det kun er "extremely good", vil søjlen være helt lysegrøn, mens den vil være halv lysegrøn og halv mørkegrøn, hvis sandsynligheden for "extremely good", og "on balance good" er lige stor. Figuren illustrerer svarene fra 2704 eksperter i spørgeskemaundersøgelsen.

Kilde: Egen figur på baggrund af data fra Grace m.fl. (2023).

Vi spørger eksperter og befolkningen om bekymringer for AI

Katastrofer pga. AI bekymrer et mindretal af eksperterne ...

Selvom de internationale AI-eksperter i gennemsnit er optimistiske, bør den slags bekymringer give anledning til seriøse overvejelser om, hvor meget og hvordan kunstig intelligens bør reguleres. For at få et indblik i bekymringernes omfang, og om det også gælder herhjemme, har vi spurgt både en række danske og enkelte internationale eksperter (herfra: eksperterne) og et repræsentativt udsnit af den danske befolkning om deres forhåbninger og bekymringer vedrørende kunstig intelligens. Se boks 2 for en beskrivelse af de to undersøgelser.

Vores undersøgelse viser, at 10 pct., af eksperterne i høj eller meget høj grad er bekymrede for, at kunstig intelligens vil føre til undergangen af samfundet, som vi kender det i dag, og at yderligere 10 pct. hverken er lidt eller meget bekymret, jf. figur 2.8. Dermed ligger vores eksperter omtrent på linje med ekspertsvarene i Grace m.fl. (2023); selvom 80 pct. af eksperterne er bekymrede i lav eller meget lav grad, er der også eksperter, som er alvorligt bekymrede for, at kunstig intelligens

³⁷ Grace m.fl. (2023).

kan få nogle ekstremt alvorlige, negative konsekvenser for samfundet. Det er også værd at bemærke, at kun 35 pct. af eksperterne er helt ubekymrede mht., om AI kan betyde samfundets undergang.

... og en større andel af befolkningen

Befolkningen er endnu mere bekymrede for et dommedagsscenario, end eksperterne er. Over hver fjerde dansker svarer således, at det er en bekymring, de har i høj eller meget høj grad, jf. figur 2.8

Figur 2.8 Bekymring for om kunstig intelligens vil medføre samfundets undergang



Anm.: Svar på spørgsmålet: "I hvor høj grad er du bekymret for, at kunstig intelligens vil medføre undergangen af det samfund, vi kender til i dag? Fx ved at bekrige mennesker, udløse en atomkrig eller lignende?". Baseret på 20 eksperter og 2028 respondenter fra befolkningsundersøgelsen. "Ved ikke"-besvarelser er ikke medtaget, hvorfor søjlerne ikke nødvendigvis summerer til 100.
Kilde: Spørgeskemaundersøgelse udført af Epinion for Kraka-Deloitte samt egne beregninger.

AI kan have andre konsekvenser end dommedag

Vi har også spurgt til befolkningens og eksperternes forventninger til, hvilken betydning kunstig intelligens vil få på en række specifikke områder. Svarene understreger, at der er andre mulige negative effekter af kunstig intelligens end de værste dommedagsscenarioer, som fremtidig regulering også bør forholde sig til.

AI-eksperter forudser øget ulighed ...

En mulig bekymring er, at kunstig intelligens kan øge uligheden i samfundet, hvis produktivitetsgevinsterne ender med at tilfalde relativt få mennesker, eller hvis folks arbejdsopgaver bliver overtaget af kunstig intelligens. Den bekymring deler et flertal af eksperterne, idet 55 pct. forudser, at kunstig intelligens vil mindske social og økonomisk lighed, figur 2.9.b.

... og mindre personlig frihed

En anden bekymring er, at kunstig intelligens kan bruges til at overvåge befolkningen fx via avanceret ansigtsgenkendelse eller såkaldt "social scoring", hvor folks rettigheder bliver påvirket af, om kunstig intelligens vurderer dem positivt eller negativt. Også her er over halvdelen af eksperterne bekymrede for, at kunstig intelligens vil føre til mindre personlig frihed, jf. figur 2.9.b.

Både befolkning og eksperter frygter for sociale relationer

Også muligheden for et faldende antal sociale relationer bekymrer eksperterne. En bekymring som et flertal af befolkningen også deler, jf. figur 2.9.a. Det er bekymrende, hvis kunstig intelligens fører til færre sociale relationer, fx fordi en større andel af hverdagen foregår online. En tidligere Kraka-Deloitte analyse viste, at ensomheden blandt især unge mennesker i forvejen er stigende, og at hver tredje unge længes efter mere fysisk samvær med deres venner.³⁸

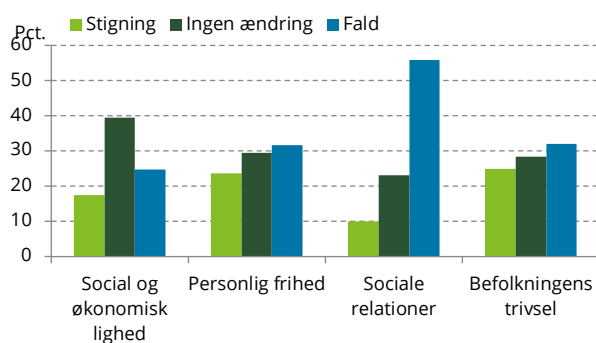
³⁸https://kraka.dk/analyse_smallGreatNation/en_tredjedel_af_de_unge_laenges_etter_at_se_deres_venner_fysisk_frem_for

Eksperter tror på faldende trivsel pga. kunstig intelligens

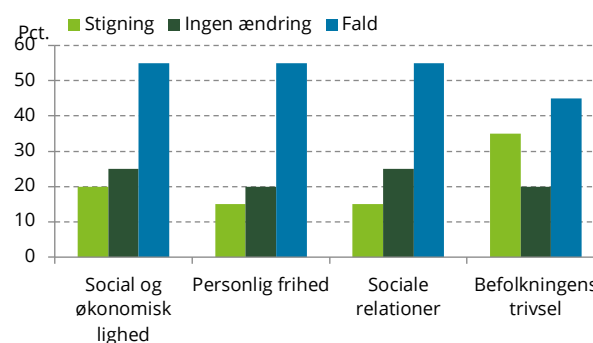
På denne baggrund er det ikke overraskende, at 45 pct. af eksperterne tror, at kunstig intelligens fører til dalende trivsel i samfundet, mens 35. pct. tror, det øger trivslen, jf. figur 2.9.b. At de fleste eksperter tror, at kunstig intelligens vil påvirke trivslen negativt, er et opsigtsvækkende resultat, som igen rejser spørgsmålet, hvordan kan man regulere kunstig intelligens på en måde, der øger sandsynligheden for, at det kommer til at tjene menneskeheden.

Figur 2.9 Tror du, at kunstig intelligens vil medføre en stigning eller et fald i følgende fænomener i samfundet?

Figur 2.9.a Befolkningen



Figur 2.9.b Eksperter



Anm.: Vi har spurgt: "Tror du, at kunstig intelligens vil medføre en stigning eller et fald i følgende fænomener i samfundet?". Her er spurgt om følgende fænomener: Social og økonomisk lighed, personlig frihed, antallet af sociale relationer mellem mennesker og befolkningens trivsel. Søjlerne summerer ikke altid til 100 pct., fordi "ved ikke"-svar er udeladt. Svarene "stigning" og "fald" dækker både over stort og lille.

Kilde: Spørgeskemaundersøgelse udført af Epinion for Kraka-Deloitte samt egne beregninger.

Mens eksperter frygter for demokratiet, ...

Eksperterne er også bekymrede for, hvad kunstig intelligens kommer til at gøre ved demokratier verden over, jf. figur 2.10.b. Bekymringen kan fx skyldes, at teknologien kan bruges til hurtigt at sprede misinformation eller generere såkaldte *deepfakes*, der dækker over meget realistiske videoer af fx politiske modstandere, hvor de siger eller gør ting, som ikke er virkelige. Et eksempel på dette så man ved valget i Slovakiet sidste år, hvor en falsk lydfil med en af de to hovedkandidater potentielt kan have påvirket valget.³⁹

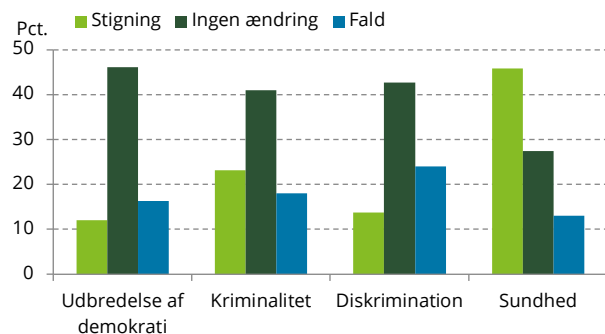
... tror de på en stor positiv effekt på folkesundheden

Eksperterne er mere delt i spørgsmålene om, hvorvidt kunstig intelligens vil føre til mere kriminalitet, fx mere avanceret svindel, og mere diskrimination ved at træffe mere eller mindre objektive beslutninger end mennesker. Og endelig er de meget optimistiske mht., at kunstig intelligens kan forbedre folkesundheden, fx gennem bidrag til forskning eller sundhedsbehandlinger, jf. figur 2.10.

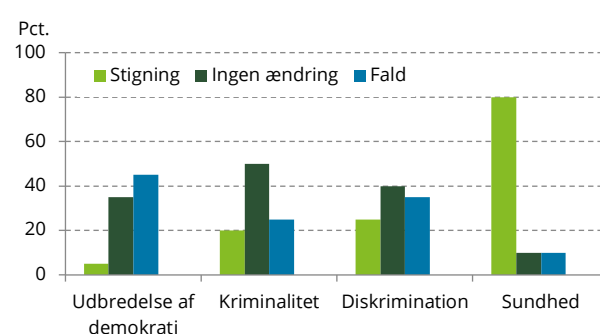
³⁹ <https://www.wired.com/story/slovakias-election-deepfakes-show-ai-is-a-danger-to-democracy/>

Figur 2.10 Tror du, at kunstig intelligens vil medføre en stigning eller et fald i følgende fænomener i samfundet?

Figur 2.10.a Befolkningen



Figur 2.10.b Ekspert



Anm.: Vi har spurgt: "Tror du, at kunstig intelligens vil medføre en stigning eller et fald i følgende fænomener i samfundet?". Global udbredelse af demokrati, kriminalitet, diskrimination af befolkningsgrupper og befolkningens sundhed. Søjlerne summerer ikke altid til 100 pct., fordi "ved ikke"-svar er udeladt. Svarene "stigning" og "fald" dækker både over stort og lille.

Kilde: Spørgeskemaundersøgelse udført af Epinion for Kraka-Deloitte samt egne beregninger.

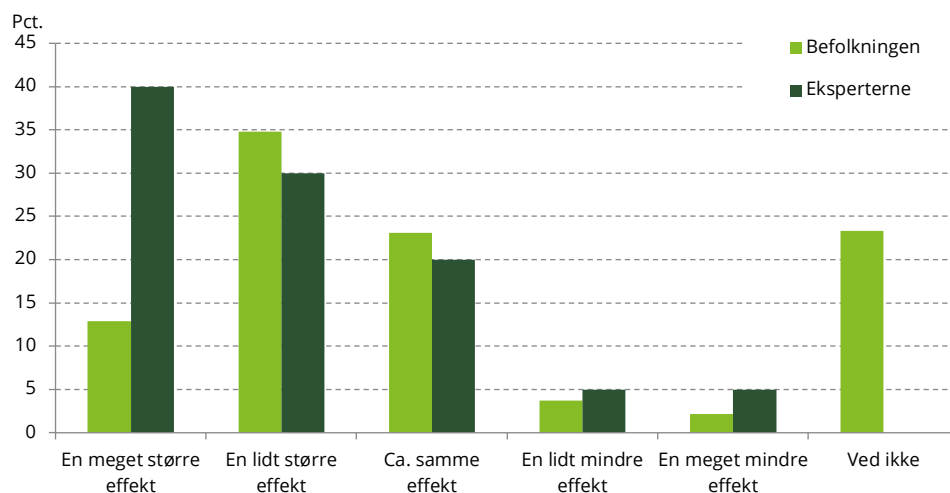
Befolkningen er mindre bekymret for konkrete effekter

Mens den danske befolkning er mere bekymret end eksperter for, at kunstig intelligens udgør en eksistentiel trussel, er danskerne mindre bekymrede end eksperter på de fleste konkrete områder, jf. figur 2.9 og figur 2.10. En mulig forklaring er, at det ikke kræver ekspertviden at forestille sig, hvordan kunstig intelligens kan føre til civilisationens undergang, da det er et tilbagevendende emne i bl.a. populærkulturen. Derimod kan det være sværere at forestille sig konsekvenserne for frihed, lighed mv. uden at have særlig indsigt i området. Samtidig tror eksperterne også generelt, at kunstig intelligens vil få større betydning, uanset hvilken retning, end befolkningen gør.

Ekspertene tror på stort bidrag til den økonomiske vækst

Ekspertene er også optimistiske mht., hvilken betydning kunstig intelligens vil få for den økonomiske vækst. Således tror 40 pct., at kunstig intelligens vil få meget større effekt på den økonomiske vækst end tidligere teknologier, mens 30 pct. tror, at effekten bliver lidt større, jf. figur 2.11. Et flertal i befolkningen tror også, at det vil få en større betydning, men de er ikke lige så overbeviste som eksperterne. Det kommer også til udtryk ved, at mange flere i befolkningen svarer "ved ikke" på spørgsmålet.

Figur 2.11 Hvilken effekt tror du, at kunstig intelligens vil have på den økonomiske vækst sammenlignet med den gennemsnitlige effekt fra tidligere teknologier?



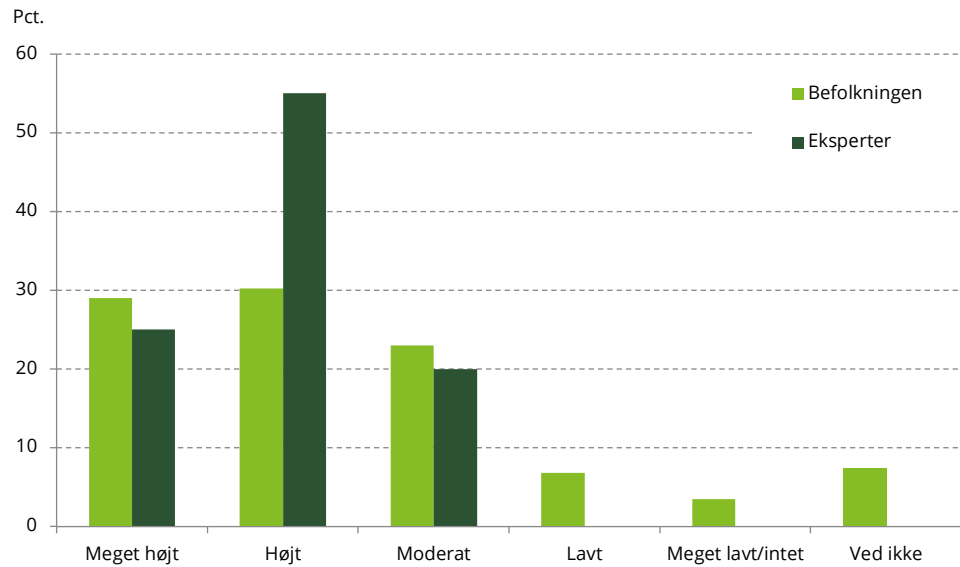
Anm.: Svar på spørgsmålet: "Hvilken effekt tror du, at kunstig intelligens vil have på den økonomiske vækst sammenlignet med den gennemsnitlige effekt fra tidligere teknologier?".

Kilde: Spørgeskemaundersøgelse udført af Epinion for Kraka-Deloitte samt egne beregninger.

Både eksperter og befolkning vil have regulering af AI

Adspurgt om behovet for regulering og kontrol med kunstig intelligens, svarer ca. 60 pct. af danskerne, at der er et højt eller meget højt behov, jf. figur 2.12. Det afspejler den generelle bekymring i befolkningen vedrørende konsekvenserne af kunstig intelligens. Eksperterne vurderer i endnu højere grad, at regulering er nødvendigt. Således svarer 80 pct., at behovet er højt eller meget højt, mens ingen svarer, at behovet er lavt. Det understreger, at selvom kun få eksperter er bekymrede for egentlige dommedagsscenarier, så opfatter de alligevel nogle af de andre potentielle konsekvenser som så alvorlige, at de bør give anledning til regulering af kunstig intelligens.

Figur 2.12 Hvordan vurderer du generelt behovet for kontrol og regulering af kunstig intelligens?



Anm.: Svar på spørgsmålet: "Hvordan vurderer du generelt behovet for kontrol og regulering af kunstig intelligens?". Baseret på 20 eksperter svar og 2028 almindelige danskere.

Kilde: Spørgeskemaundersøgelse udført af Epinion for Kraka-Deloitte samt egne beregninger.

Regulering bør ske på europæisk plan

Regulering af kunstig intelligens

Man bør tage det alvorligt, når en så stor del af eksperterne og befolkningen er alvorligt bekymrede og i høj grad anbefaler regulering. Mange af de mulige negative konsekvenser er imidlertid svære at regulere på nationalt plan. Derfor er det positivt, at man i EU er nået til enighed om en aftale i form af *The Artificial Intelligence Act* (eller AI Act), der blev vedtaget i Europa-Parlamentet d. 13. marts 2024, og som har til formål at regulere virksomhederne og medlemslandenes brug af kunstig intelligens.

Regulering i tre niveauer:

Den grundlæggende idé bag AI Act er, at AI-systemer reguleres ud fra, hvor stor en risiko de vurderes at udgøre for EU-borgernes rettigheder og sikkerhed. Overordnet inddeles AI-systemer i tre risikoniveauer: minimal risiko, høj risiko og uacceptabel risiko.

1) Minimale risici reguleres let

For AI-systemer, der vurderes at udgøre en minimal risiko, implementeres som udgangspunkt ikke lovgivning, medmindre de vurderes at have en risiko for manglende transparens. Hvis dette er tilfældet, vil de være underlagt begrænset lovgivning. Fx er det et krav, at det skal gøres tydeligt for brugeren, at denne interagerer med kunstig intelligens. Europa-Kommissionen vurderer, at langt størstedelen af alle AI-systemer vil falde i denne kategori.⁴⁰

2) Større risici reguleres strengere

For AI-systemer, der vurderes at udgøre en høj risiko, gælder et strengere sæt af regler, som skal overholdes. Dette kan fx være AI-systemer, der benyttes i forbindelse med kritisk infrastruktur, i medicinsk udstyr eller til udvælgelse af ansøgere til en uddannelsesinstitution eller et job. Denne type AI-systemer bliver underlagt strenge krav om transparens, herunder dokumentation, robusthed, præcision og cybersikkerhed.

⁴⁰ "Commission welcomes political agreement on Artificial Intelligence Act". https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_6473

3) Uacceptable risici forbydes

AI-systemer, der vurderes at udgøre en uacceptabel risiko, bliver helt forbudt.⁴¹ Det gælder fx følelsesovervågning på arbejdspladser og uddannelsesinstitutioner, social scoring baseret på adfærd og personlige kendetegn samt skabelse af databaser til ansigtsgenkendelse gennem scraping af internettet og indsamling af data fra overvågningskameraer. Det er nogle af de elementer, som kan medvirke til, at kunstig intelligens vil føre til et fald i den personlige frihed, som især eksperterne i vores undersøgelse var bekymrede for.

Et europæisk organ bør følge udviklingen

Nogle af de mere eksistentielle trusler kan være svære at regulere selv på overnationalt plan, fordi det på nuværende tidspunkt ikke står klart, hvordan og hvornår kunstig intelligens kan udgøre en risiko. Derfor er det også fornuftigt, at EU har nedsat et permanent organ, der har til opgave at følge udviklingen og foreslå regulering, for på den måde at mindske risikoen for, at den hurtige udvikling tager politikerne på sengen⁴².

2.4 Det er mere sandsynligt, at AI bidrager til at løse klimakrisen, end at AI forværrer den

Klimaforandringer er en af verdens største udfordringer

En af verdens største udfordringer i de kommende årtier er de menneskeskabte klimaforandringer. Fx er fem af de ti største risici, som verden står over for inden for de næste ti år, relateret til forandringer i miljø og klima ifølge organisationen World Economic Forum.⁴³ Det er derfor særligt interessant, hvilken rolle kunstig intelligens kommer til at spille i den sammenhæng. Brugen af kunstig intelligens har et betydeligt strømforbrug, og det er dermed nærliggende at tro, at AI kan føre til øgede udledninger af drivhusgasser. Teslas grundlægger og direktør Elon Musk har i april 2024 udtalt sig om behovet for elektricitet til AI til en konference⁴⁴:

"[...] the next shortage will be electricity. They won't be able to find enough electricity to run all the chips. I think next year, you'll see they just can't find enough electricity to run all the chips."

Hver femte dansker tror, at AI vil øge CO₂-udledningen

Vi har bedt et repræsentativt udsnit af befolkningen samt 20 eksperter inden for bl.a. kunstig intelligens besvare en række spørgsmål om kunstig intelligens og klimaet, jf. boks 2. Usikkerheden om AI's betydning for klimaet er afspejlet i undersøgelsens svar fra både befolkningen og fra eksperter, jf. figur 2.13. Hver femte dansker og hver tredje ekspert tror, at kunstig intelligens vil føre til en stigning i udledningen af drivhusgasser på globalt plan. Omvendt tror hver tredje ekspert og hver fjerde dansker, at kunstig intelligens vil føre til et fald i udledningen.

Vi analyserer AI's betydning for klimaet

Denne analyse fokuserer på AI's betydning for udledninger af drivhusgasser gennem strømforbruget. AI bruger også andre ressourcer, hvor særligt forbruget af vand til køling kan være betydeligt. I et endnu ikke fagfællebedømt arbejdspapir estimerer Li m.fl. (2023) fx, at det globale vandforbrug til AI i 2027 kan svare til 4-6 gange Danmarks årlige vandforbrug.⁴⁵

Mere sandsynligt at AI hjælper klimaet end det modsatte

I denne analyse gennemgår vi hovedargumenterne imod og hovedargumenterne for, at AI kan bidrage til at løse klimakrisen. Der er to primære argumenter imod og to primære argumenter for. Når man vejer argumenterne op mod hinanden, er der mere, der peger i retning af, at AI kan bidrage til at løse klimakrisen end det modsatte, og der er ingen god økonomisk grund til, at AI's strømforbrug i Danmark bør reguleres særskilt.

⁴¹ Der er enkelte undtagelser til dette, da nogle af disse kan anvendes i særlige situationer fx i politiets arbejde. Dette vil dog være underlagt streng overvågning. Derudover gælder reglerne ikke for AI, der udelukkende anvendes til militær og forsvar, inden for forskning samt for privatpersoner. "Artificial Intelligence Act: Council and Parliament strike a deal on the first rules for AI in the world." <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/12/09/artificial-intelligence-act-council-and-parliament-strike-a-deal-on-the-first-worldwide-rules-for-ai/>

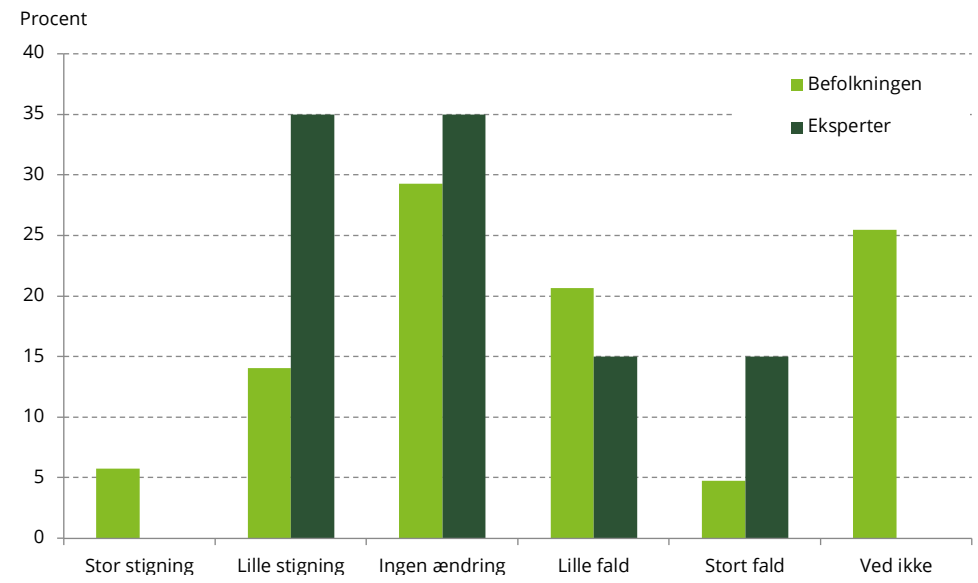
⁴² <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/ai-office>

⁴³ <https://www.weforum.org/agenda/2024/01/global-risks-report-2024/>

⁴⁴ <https://newatlas.com/technology/elon-musk-ai/>

⁴⁵ <https://oecd.ai/en/work/how-much-water-does-ai-consume>. Selvom det vand, man bruger til fx køling, ikke forsvinder, da det indgår i et større vandkredsløb, kan det være, at vandet ikke kommer tilbage til det sted, hvor man tog det fra. Dermed kan en overdreven brug af vand give lokale, nationale og regionale udfordringer i visse dele af verden.

Figur 2.13 Hver femte ekspert og hver tredje dansker tror, at kunstig intelligens vil føre til en stigning i udledningen af drivhusgasser



Anm.: Respondenterne har svaret på et batteri af spørgsmål om "Tror du, at kunstig intelligens vil medføre en stigning eller et fald i følgende fænomener?", hvor et af fænomenerne var "globale drivhusgasudledninger".

Kilde: Spørgeskemaundersøgelse udført af Epinion for Kraka-Deloitte samt eget eksperter survey. Se boks 2 for en uddybende beskrivelse af undersøgelserne.

AI kan øge udledningerne, fordi det øger den økonomiske aktivitet

Argumenterne for, at AI kan øge udledningerne, er tæt knyttet til den økonomiske aktivitet, som AI genererer:

AI bruger store mængder strøm, ...

For det første bruger AI, ikke mindst GenAI, store mængder strøm. Strøm produceres, i hvert fald delvist, vha. fossile brændsler, og et øget strømforbrug kan umiddelbart øge brugen af fossile brændsler eller forsinke udfasningen af dem til fordel for vedvarende energikilder. Usikkerhederne om både det aktuelle strømforbrug og strømforbruget i fremtiden er meget store. Et konservativt bud er, at GenAI i de kommende år kan bruge strøm svarende til to gange, hvad datacentre på globalt plan bruger i dag. Beregningerne er uddybet i boks 3.

... og det bekymrer befolkning og eksperter

Bekymringen om AI's forbrug af strøm er til stede både blandt befolkningen og de adspurgte eksperter. 60 pct. af eksperter og 44 pct. af befolkningen mener, at brugerne af kunstig intelligens har et ansvar for at reducere brugen af kunstig intelligens på grund af klimapåvirkningen, jf. figur 2.14.

Stort elforbrug er ikke argument for særskilt regulering, ...

Selv hvis man er bekymret over AI's strømforbrug, som er betydeligt, vil det være en afvigelse fra de generelle principper for regulering af drivhusgasser direkte at regulere AI's brug af strøm. Kunstig intelligens bruger strøm ligesom mange andre typer af økonomisk aktivitet. Det betyder imidlertid ikke, at man særskilt skal regulere eller begrænse energi til AI.

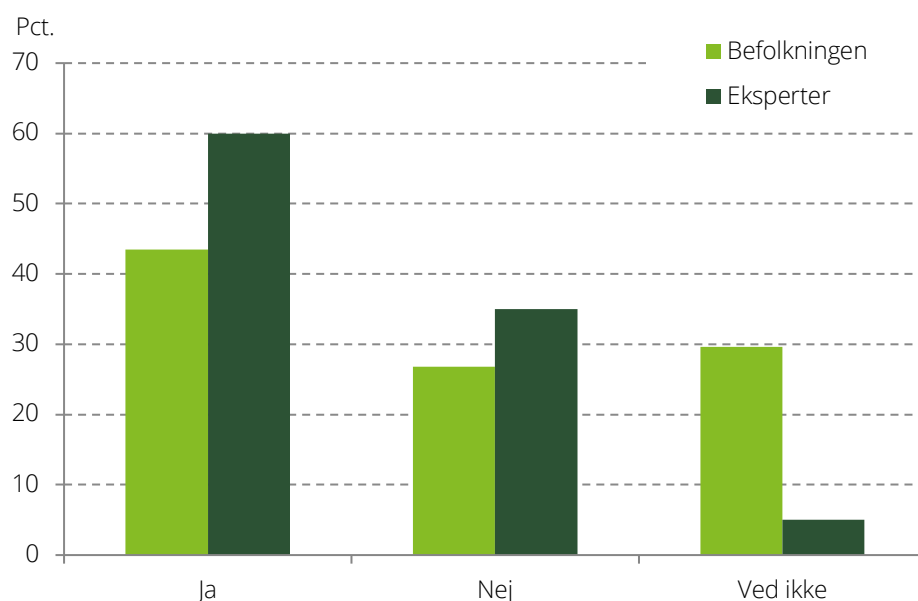
... hvis produktionen af strøm er reguleret

Hvis ellers udledningen af CO₂ fra strømproduktion er reguleret eller afgiftsbelagt, er der ikke noget godt samfundsøkonomisk argument for, at den ene brug af strøm skulle være bedre end den anden. I stedet kan forskellige virksomheder konkurrere om, hvem der er villige til at betale den højeste pris for strømmen, og på den måde sikrer man, at strømmen bliver anvendt der, hvor betalingsvilligheden og værdiskabelsen af strømforbruget er størst.

Omkostningerne til at regulere CO₂ kan dog stige

Hvis der er flere ting at bruge strøm på, vil det øge efterspørgslen efter strøm. Dermed vil det være nødvendigt med en strammere regulering for ikke at øge udledningerne. En strammere regulering medfører omkostninger, men det er omkostninger, der kommer som følge af en øget værdiskabelse. Derfor er det muligt at have både højere omkostninger til at regulere CO₂ og en højere værdiskabelse i en verden med et højt AI-strømforbrug.

Figur 2.14 Mener du, at brugerne af kunstig intelligens har et ansvar for at reducere brugen af kunstig intelligens, fx ChatGPT, af hensyn til klimaet?



Kilde: Spørgeskemaundersøgelse udført af Epinion for Kraka-Deloitte samt eget eksperter survey. Se boks 2 for en uddybende beskrivelse af undersøgelserne.

Boks 3 Hvor meget strøm bruger GenAI?

I det følgende opgøres strømforbruget i watt-timer (Wh), hvor 1 GWh er en mia. Wh og en TWh er 1.000 GWh.

Træning af OpenAI's GPT-3-model krævede ca. 1,3 GWh (de Vries, 2023). Den nuværende GPT-4 model er større og var derfor formentlig også mere strømkrævende at træne. Et estimat ligger på 50GWh for at træne GPT-4.⁴⁶ Til sammenligning kan en enkelt moderne landvindmølle producere omkring 14 GWh om året. Det er således, med det nuværende niveau af strømforbrug, ikke selve træningen af modellerne, der kun skal ske én gang for hver model, der belaster det globale strømforbrug. Men herudover kræver det energi, hver gang man anvender modellen.

De Vries (2023) estimerer ud fra finansielle data, at ChatGPT bruger 3 Wh per forespørgsel. Google håndterer i omegnen af 9 mia. søgninger dagligt, og hvis man forestiller sig, at brugen af chatbots når et lignende niveau i forespørgsler, svarer det til et strømforbrug på globalt plan på ca. 10 TWh. Til sammenligning er Danmarks samlede strømforbrug ca. 39 TWh i 2023, og det forventes at stige til ca. 54 TWh i 2030.⁴⁷ Et niveau af ChatGPT-forespørgsler på niveau med det globale antal af Google-forespørgsler kan således øge strømefterspørgslen en del, men strømforbruget i forhold til det samlede, globale elforbrug er fortsat relativt begrænset.

Usikkerhederne om forbruget er betydelige. Adjunkt ved Datalogisk Institut, Københavns Universitet Raghavendra Selvan estimerer ud fra kørsler af en lignende GenAI-model på sin egen computer, at ChatGPT-4 kan bruge 193 Wh per forespørgsel. Det ville i så fald give et strømforbrug, der er over 60 gange så højt, som beregningerne ovenfor ville tilsi.⁴⁸

Kunstig intelligens er dog meget andet end bare ChatGPT. Hvis man i stedet tager udgangspunkt i firmaet NVIDIA's forventede produktion af AI-serverchips, kan man beregne et skøn for det samlede energiforbrug ved AI, da NVIDIA i dag sidder på 95 pct. af markedet for denne type af chips, om end markedsandelen ventes at falde i fremtiden. NVIDIA producerede i 2023 100.000 af disse chips, og markedsanalytikere forventer, at de kan producere 1,5 mio. i 2027. Chipsene produceret i 2023 har en vis levetid, og dermed akkumulerer den samlede beholdning af chips frem mod 2027. Et bud på det samlede strømforbrug fra beholdningen af chips i 2027 er 228-357 TWh.⁴⁹

Hvis man konservativt går ud fra, at NVIDIA også efter 2027 vil producere 1,5 mio. chips af samme type, og disse chips har en levetid på 5 år, vil det resultere i et samlet strømforbrug på 427-670 TWh i 2032. Disse beregninger er behæftet med stor usikkerhed, men de illustrerer, at der er tale om en betydelig mængde strøm, når man tager i betragtning, at IEA vurderer, at datacentre på globalt plan i 2022 anvendte 240-340 TWh, hvilket svarer til 1-1,3 pct. af det samlede, globale strømforbrug i 2022, og lidt mindre i fremtiden, da det globale strømforbrug forventes at stige.

⁴⁶ <https://www.ri.se/en/news/blog/generative-ai-does-not-run-on-thin-air>

⁴⁷ <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/analyseforudsætninger-til-energinet>

⁴⁸ <https://di.ku.dk/english/news/2023/what-can-we-do-about-the-increasing-carbon-footprint-of-ai/>

⁴⁹ Beregningen er foretaget ud fra en antagelse om en lineær stigning i produktionen fra 2023 til 2027 og de Vries' (2023) estimat af, at 1,5 mio. chips har et strømforbrug på 85-134 TWh årligt.

AI kan øge væksten og dermed CO₂-udledningerne, ...

For det andet kan AI øge udledningerne ved at bidrage til økonomisk vækst, ikke mindst gennem en automatisering af en række opgaver, som i dag varetages af mennesker. Økonomisk vækst øger isoleret set CO₂-udledningerne, så hvis Danmark bliver rigere, må man også forvente, at udledningerne alt andet lige stiger. Men det gælder kun så længe, der er en tæt sammenhæng mellem vækst og drivhusgasudledninger.

... men ikke hvis væksten er i immaterielt forbrug

Velstandsstigninger kan være enten materielle, dvs. forbundet med et større materialeforbrug, eller immaterielle, dvs. drevet af udvikling, hvor der ikke bruges flere materialer, men materialer i stedet anvendes på en mere kreativ eller bedre måde.⁵⁰ Hvis det fx bliver muligt at skrive en analyse hurtigere eller udføre flere serviceopgaver på et tilfredsstillende niveau, vil det ikke i sig selv have en negativ effekt på klimaet. Omvendt vil et højere velstandsniveau, der sætter sig i et højere forbrug af fysiske varer, rejser osv., trække i retning af flere udledninger af drivhusgasser.

Danmark har afkoblet vækst og udledninger, ...

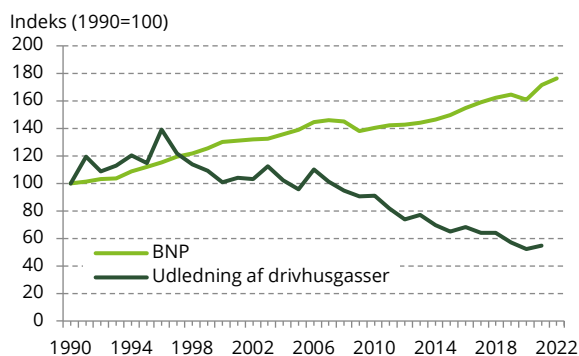
Danmark har faktisk siden omkring 1996 formået at afkoble udviklingen i BNP fra udviklingen i udledninger, jf. figur 2.15.a. Afkoblingen, man ser i Danmark og mange andre højindkomstlande, gør sig imidlertid endnu ikke gældende på globalt plan. Afkoblingen mellem vækst og drivhusgasudledninger i Danmark skyldes dels et skift over mod en økonomi, der i højere grad producerer tjenester end varer, og dels, at man er blevet bedre til at producere varer vha. grønne energikilder og dermed med en mindre udledning af drivhusgasser til følge.⁵¹

... og det meste el kommer i dag fra vedvarende energi

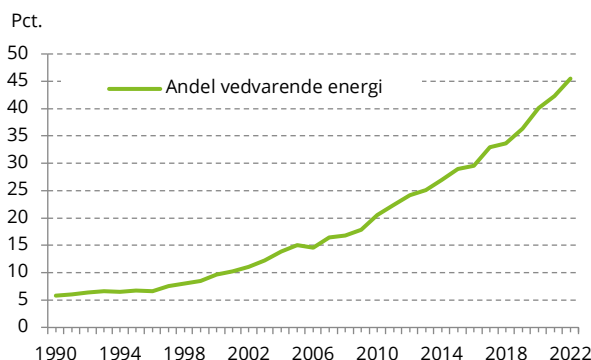
Derfor kan øget vækst øge udledningerne, men det er ikke sikkert, og det er slet ikke sikkert, at højere vækst i Danmark slår igennem en-til-en i form af højere udledninger. Stigningen i udledninger fra øget velstand kan således opvejes af øgede investeringer i den grønne omstilling. Denne proces er allerede i gang: Mere og mere strøm produceres således fra vedvarende energikilder frem for ved brug af fossile brændsler. I Danmark kom 81 pct. af det samlede elforbrug fra vedvarende energi i 2022, og 46 pct. af det samlede energiforbrug kom fra vedvarende energikilder, jf. figur 2.15.b.⁵²

Figur 2.15 Udvikling i BNP, udledning af drivhusgasser og andel af energi fra vedvarende energikilder, 1990-2022

Figur 2.15.a Udvikling i BNP og udledningen af drivhusgasser



Figur 2.15.b Vedvarende energis andel af energiforbruget



Anm.: Før indeksering er Danmarks BNP opgjort i kædede 2010-priser. Udledningen af drivhusgasser omfatter emissioner fra dansk territorium og er opgjort i CO₂-ækvivalenter ekskl. Afbrænding af biomasse. Datagrundlaget for udledningen går kun til 2021. Den vedvarende energis andel er opgjort som andel af bruttoenergiforbruget i figur 2.15.b og omfatter både dansk produceret og udenlandsk produceret energi, der forbruges i Danmark.

Kilde: Egne beregninger på statistikbanken.dk's tabeller NAN1, MRO1 og SDG07021.

⁵⁰ Se fx <https://www.information.dk/indland/2023/11/tidligere-overvandsmand-oekologisk-oekonomi-vejen-frem-preset-planet> og <https://www.zetland.dk/historie/seE3D3rN-a8dQKjjz-6dfb5>.

⁵¹ Se også Kraka-Deloitte (2022), afsnit 3.4

⁵² <https://ens.dk/service/statistik-data-noegletal-og-kort/noegletal-og-internationale-indberetninger>

Mange lande har bindende CO₂-reduktionsmål, ...

Hertil kommer at mange lande, hvor AI-datacentre bygges, herunder Danmark, har bindende mål for, hvor meget og hvor hurtigt deres udledninger af klimagasser skal reduceres.⁵³ Fx er alle EU-lande en del af det såkaldte ETS-kvotestystem, som bl.a. omfatter produktion af strøm vha. fossile brændsler. Det betyder, at de samlede udledninger fra EU's kvoteomfattede sektorer ikke kan øges.

... og dermed kan udledningerne ikke stige

De bindende målsætninger betyder, at hvis AI isoleret set øger udledningerne, vil landene være nødsaget til at reducere udledningerne gennem andre tiltag, fx ved at indføre en afgift på CO₂ eller mere automatisk som reaktion på en højere kvotepris. Det vil føre til, at prisen på at udlede øges, hvilket reducerer efterspørgslen efter udledende aktiviteter, herunder også efterspørgslen efter AI. På den måde kan det politiske system bidrage til, at prisen på at bruge AI afspejler de reelle omkostninger. Det bidrager til, at brugen finder sit naturlige leje. En udfordring kan dog være, at det bliver dyrere at sætte endnu mere ambitiøse, bindende målsætninger i fremtiden, hvis efterspørgslen efter el stiger kraftigt.

Samlet: Danskernes brug af AI påvirker ikke udledningerne

Selvom man ikke kan afvise, at der kan være en vis lækage af udledninger til lande, der endnu ikke har bindende forpligtelser, og selvom man ikke kan afvise, at en øget efterspørgsel efter elektricitet gør det politisk sværere at øge de klimapolitiske ambitioner yderligere, er der samlet set meget, der trækker i retning af, at danskernes brug af AI ikke kommer til at øge udledningerne i nævneværdig grad.

AI kan reducere udledningerne ved at optimere energiforbrug og booste forskning

Til gengæld er der flere kanaler, hvorigennem kunstig intelligens kan bidrage til den grønne omstilling.

AI kan reducere CO₂ ved at optimere systemer

For det første kan kunstig intelligens bidrage til at reducere de udledninger, der finder sted i dag, ved at optimere eksisterende, energikrævende systemer.⁵⁴ Det kan være ved at omsætte ustruktureret viden til brugbar viden. Fx kan AI-programmer trænes til at bruge satellitbilleder til at detektere fældning af skov. AI kan også bruges til at optimere komplekse systemer, hvor ineffektive løsninger medfører en unødvendig merudledning. Det kan fx være bedre planlægning af transportruter for et transportselskab eller detaljeret ruteplanlægning for fly, der tager højde for aktuelle vind- og vejrforhold.

Eksempel: Optimering af pakkeleverancer

Der er mange eksempler på virksomheder, der anvender kunstig intelligens til at blive grønnere. UPS, et af verdens største pakkeleveringsfirmaer, benytter kunstig intelligens til at tilrettelægge deres ruter, hvilket sparer dem for 160 mio. kørt kilometer om året, eller godt fire pct. Af deres samlede kørsel.⁵⁵ Danske virksomheder har også allerede igangsat initiativer, hvor kunstig intelligens fungerer som et værktøj i den grønne omstilling. Fx bliver den benyttet til at energioptimere fjernvarmen hos Brønderslev Forsyning⁵⁶, ligesom Mærsk anvender den til at optimere sine transportruter og dermed gøre transportens CO₂-aftryk mindre.⁵⁷

AI kan bidrage til udvikling af nye, grønne teknologier

For det andet bidrager AI, og også GenAI, til forskning og udvikling, som kan resultere i nye, klimavenlige teknologier. Den slags teknologier kan bruges til at gøre den grønne omstilling billigere og hurtigere at gennemføre og dermed reducere udledningerne af drivhusgasser. Se boks 4 for eksempler på denne type af forskning og udvikling.

⁵³ Dog er der betydelige undtagelser på verdensplan; fx har hverken Kina eller Indien indmeldt bindende reduktionsmål. Desuden mangler mange lande endnu at formulere konkret politik, der sikrer, at målene indfries. Kraka har tidligere vist, at stort set alle verdens lande har indmeldt bindende reduktionsmål til rammeværket omkring Parisaftalen. Dog er der markante undtagelser, ikke mindst Kina. Mange lande har derudover både en plan for, hvordan udledningerne skal reduceres, samt en rapporteringsmekanisme, der skal sikre løbende opfølgning på målene (Beck og Jørgensen, 2023).

⁵⁴ Dette afsnit er delvist baseret på Climate Change and AI. Link: <https://gpai.ai/projects/responsible-ai/environment/climate-change-and-ai.pdf>

⁵⁵ <https://about.ups.com/ae/en/newsroom/press-releases/innovation-driven/ups-to-enhance-orion-with-continuous-delivery-route-optimization.html> og <https://about.ups.com/cz/cs/newsroom/press-releases/people-led/ups-s-safest-drivers-have-traveled-more-accident-free-miles-than-voyager-space-probe.html>

⁵⁶ <https://www.energycluster.dk/projekter/race/>

⁵⁷ <https://borsen.dk/nyheder/opinion/game-changer-for-de-globale-forsyningskaeder>

Nye teknologier gør det nemmere at nå målsætninger, ...

Selvom AI indeholder muligheden for at udvikle nye teknologier, der kan bidrage til at gøre den grønne omstilling hurtigere og billigere, kan dette i sig selv også reducere tilskyndelsen til, at andre dele af økonomien omstiller sig. Konkret kan man forestille sig, at hvis politikerne har vedtaget bindende målsætninger for, hvor meget udledningen af drivhusgasser skal reduceres, og en ny teknologi fx kraftigt reducerer udledningerne fra fx biler, vil det gøre presset for at reducere fra andre dele af økonomien mindre. Konkret vil et land kunne nå deres bindende mål med en lempeligere regulering end ellers.

... og kan gøre det billigere at sætte mere ambitiøse mål

Den bekymring er reel og kan i sidste ende føre til, at den grønne omstilling bliver billigere, men ikke nødvendigvis hurtigere. Omvendt er de bindende målsætninger også løbende til politisk diskussion, og der skal over tid sættes nye målsætninger for nye tidsperioder. Hvis det bliver billigere at reducere udledningerne, kan politikerne muligvis sætte mere ambitiøse målsætninger. Og måske vil billigere reduktionsmuligheder bidrage til, at de resterende lande, som fx Kina og Indien, også sætter bindende reduktionsmål.

Samlet: Mest peger på, at AI kan sænke CO₂-udledningerne

Samlet set er der mere, der trækker i retning af, at AI kan bidrage til den grønne omstilling, end at AI bidrager til klimakrisen. Hvornår og hvor meget AI kan bidrage, særligt gennem ny forskning, er i sagens natur uvist, indtil forskningen er foretaget. Og effekterne afhænger i sidste ende af, om politikere verden over er i stand til at tøjle de samlede udledninger gennem bindende målsætninger. I Danmark, hvor udledningerne er begrænset af en bindende målsætning, er det ikke sandsynligt, at brugen af AI øger udledningerne, og der er ikke grund til at regulere udledningerne fra AI's strømforbrug særskilt.

Boks 4 To eksempler på hvordan GenAI kan bidrage til forskning og udvikling af grønne teknologier

Chen m.fl. (2024) viser, hvordan machine learning-modeller kan anvendes til at finde nye elektrolytter til faststofbatterier uden at skulle afprøve dem én efter én i laboratoriet. Elektrolytter er hovedbestanddelen i faststofbatterier, som er en lovende batteriteknologi, der potentielt kan erstatte de eksisterende typer af batterier. Man forventer, at faststofbatterier kan have en højere energitæthed og være mere sikre. Hertil kommer, at råstofferne, som man forventer at kunne anvende i faststofbatterier, er mere rigelige og tilgængelige end litium, som er en hovedkomponent i de eksisterende litium-ion-batterier. Vha. en computermodel lykkedes det forfatterne at udvælge lovende materialesammensætninger fra over 32 mio. computergenererede materialesammensætninger. Udvælgelsesprocessen resulterede i, at forskerne opdagede flere nye materialesammensætninger, som ved efterfølgende forsøg i laboratoriet havde lovende egenskaber mht. at kunne bruges i batterier i fremtiden. Potentialet er ekstra lovende, fordi modellen også genfandt en række resultater fra det foregående årti inden for forskningsfeltet. Dermed ser tilgangen ud til at kunne generere relevante materialesammensætninger.

Et andet eksempel er forskning inden for fusionsenergi, som har potentialet til at give meget store mængder CO₂-fri energi. Fusion kan opnås ved at kolliderer brintatomer med hinanden. Det sker naturligt i solen, hvor brintatomer fusionerer og bliver til heliumatomer. På jorden kan man efterligne processen indeni meget små, meget stærke magnetfelter, såkaldte tokamak'er. Men det er kompliceret at kontrollere magnetfeltet, og forskere har brugt kunstig intelligens til at forbedre deres evne til at kontrollere magnetfeltet. Det har gjort forskerne i stand til at gennemføre flere forsøg og dermed accelerere forskningen inden for feltet.⁵⁸

2.5 Kunstig intelligens har indtaget de danske arbejdspladser

Vi undersøger udbredelsen og konsekvenser af AI ...

Efter lanceringen af ChatGPT i efteråret 2022 er kunstig intelligens blevet et emne, som de fleste arbejdspladser er nødt til at forholde sig til. Både arbejdsgivere og medarbejdere overvejer, hvordan de bedst kan integrere kunstig intelligens i deres arbejdsprocesser for at øge effektiviteten. Nogle medarbejdere tænker også på, om deres job er i risiko for at blive overflødiggjort af kunstig intelligens. I denne analyse undersøger vi, i hvilket omfang befolkningen allerede har taget kunstig intelligens i brug på deres arbejdsplads, hvilke konsekvenser det har haft, og om det giver anledning til bekymring.

... ved at spørge til helt almindelige danskeres erfaringer

Analysen er baseret på spørgeskemaundersøgelse foretaget af Epinion for Kraka-Deloitte, hvor vi spørger et repræsentativt udsnit af befolkningen til deres erfaringer med at bruge kunstig

⁵⁸ Se <https://deepmind.google/discover/blog/accelerating-fusion-science-through-learned-plasma-control/> og <https://www.nature.com/articles/s41586-021-04301-9>

intelligens på arbejdspladsen, og om kunstig intelligens bekymrer dem. Se boks 2 for flere detaljer om undersøgelsen.

Kunstig intelligens er allerede meget udbredt i Danmark ...

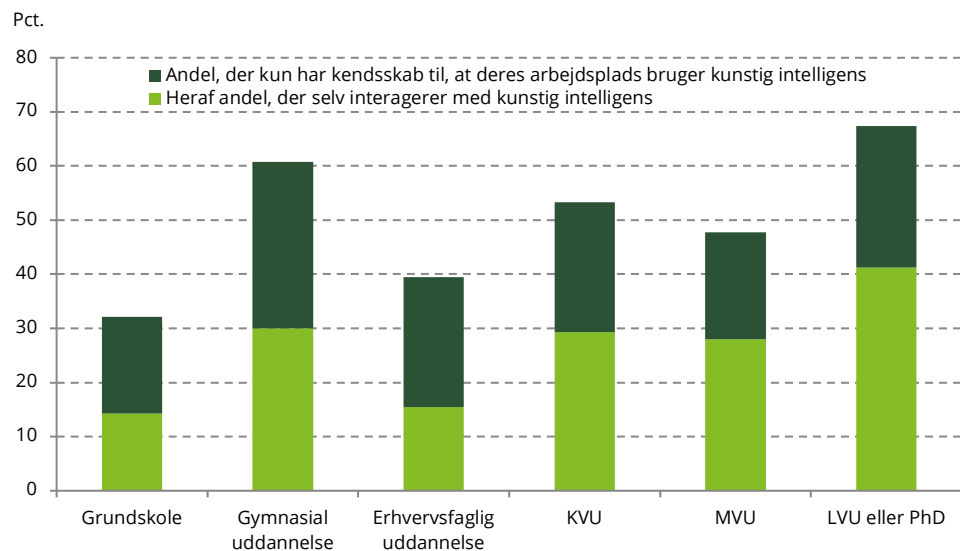
... især hos dem med en videregående uddannelse

Erfaringer med kunstig intelligens

Kunstig intelligens er allerede udbredt på mange danske arbejdspladser. I vores undersøgelse svarer 48 pct. af respondenterne, at de er bekendt med, at deres arbejdsplads bruger kunstig intelligens. Heraf svarer 25 pct., at de selv har interaktion med kunstig intelligens, fx i form af at anvende eller udvikle det. Det afspejler en markant stigning, idet kun syv pct. af de adspurgte angiver, at de også havde interaktion med kunstig intelligens for to år siden.

Kunstig intelligens er især udbredt blandt respondenter med en lang videregående uddannelse (LVU), hvor 67 pct. tilkendegiver, at deres arbejdsplads benytter kunstig intelligens, jf. figur 2.16. Heraf har 41 pct. selv interaktion med kunstig intelligens. For personer med grundskole som højeste uddannelse svarer kun 32 pct., at deres arbejdsplads benytter kunstig intelligens, mens det for faglærte er 39 pct. Andelen, der selv har interaktion med kunstig intelligens, er også markant lavere end på de videregående uddannelser. Samlet set tegner der sig et billede af, at kunstig intelligens allerede i vid udstrækning har gjort sit indtog på danske arbejdspladser, især blandt medarbejdere med en videregående uddannelse.

Figur 2.16 Andel, der har svaret ja til, at deres arbejdsplads bruger kunstig intelligens, opdelt efter personernes højest fuldførte uddannelse



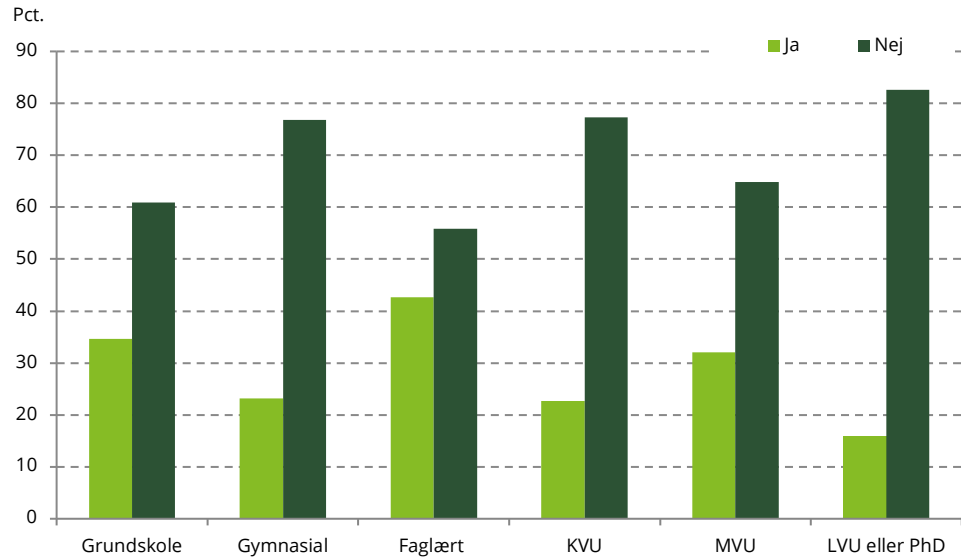
Anm.: Vi har spurgt: "Har du kendskab til, at din arbejdsplads bruger nogen form for kunstig intelligens?". Undersøgelsen er baseret på de 1.577 respondenter i spørgeskemaet, hvis primære arbejdsmarkedsstatus er at være i beskæftigelse. Vi har også spurgt, om folk selv har interaktion med kunstig intelligens på arbejdet. Den stiplede linje viser det samlede gennemsnit på tværs af uddannelsesniveauer.

Kilde: Spørgeskemaundersøgelse udført af Epinion for Kraka-Deloitte samt egne beregninger.

LVU'ere har haft den største fremgang i brugen af AI

Det er også blandt personer med en videregående uddannelse, at der har været den største stigning i anvendelsen af kunstig intelligens. Således svarer kun 16 pct. af de LVU'ere, der i dag interagerer med AI, at de også gjorde det for to år siden, jf. figur 2.17. For de øvrige knap 84 pct. er det altså inden for de seneste to år, at de er begyndt at interagere med kunstig intelligens. For faglærte er fremgangen mindre, men stadig markant. Her svarer 43 pct. af dem, der interagerer med kunstig intelligens, at de også gjorde det for to år siden.

Figur 2.17 Andel, der interagerer med AI, der også gjorde det for to år siden



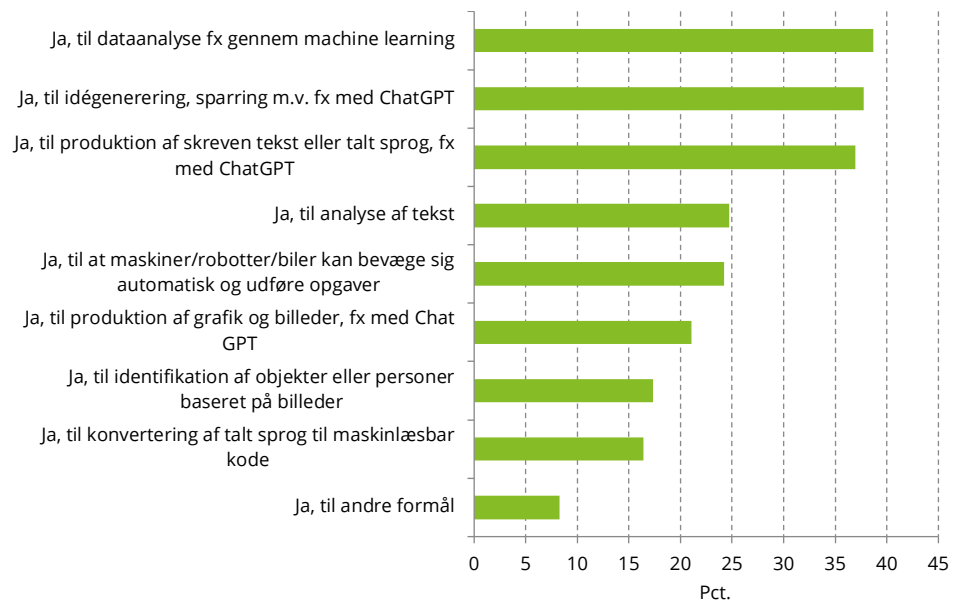
Anm.: Vi har spurgt: "Du har angivet, at du har interaktion med kunstig intelligens på din arbejdsplads. Havde du også det for to år siden?" Undersøgelsen er baseret på de 397 respondenter, der angiver, at de selv har interaktion med AI. Kolonnerne summerer ikke altid til 100 pct., fordi "ved ikke"-svar er udeladt.

Kilde: Spørgeskemaundersøgelse udført af Epinion for Kraka-Deloitte samt egne beregninger.

Der er tegn på, at ChatGPT er en stor del af anvendelsen

At det særligt er de højtuddannede, der har taget AI til sig, kommer også til udtryk ved de primære anvendelsesformål. Blandt alle med kendskab til brugen af kunstig intelligens på arbejdet svarer mellem 37-39 pct., at det drejer sig om hhv. dataanalyse, idégenerering eller produktion af tekst, jf. figur 2.18. De to sidstnævnte tyder på, at det især er ChatGPT, der har gjort sit indtog på arbejdsmarkedet. Ca. hver fjerde svarer dog også, at deres arbejdsplads benytter robotter eller lign.

Figur 2.18 Anvendelsesområder for kunstig intelligens



Anm.: Vi har spurgt: "Har du kendskab til, at din arbejdsplads bruger nogen form for kunstig intelligens?". Undersøgelsen er baseret på 761 respondenter, der angiver, at deres arbejdsplads benytter kunstig intelligens.

Kilde: Spørgeskemaundersøgelse udført af Epinion for Kraka-Deloitte samt egne beregninger.

Danskerne er bekymret for at miste jobbet til AI, ...

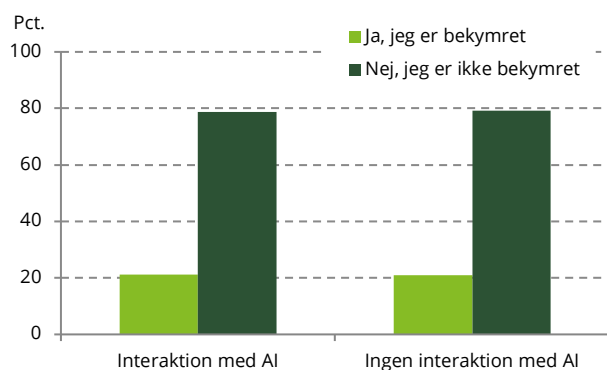
Med det hurtige indtog af kunstig intelligens på arbejdspladserne er det ikke mærkeligt, at nogle medarbejdere er bekymrede for, om AI overtager deres job. Det gælder for hver femte dansker, jf. figur 2.19.a. Lidt overraskende ser det ikke ud til at påvirke folks bekymring, om de selv har interageret med AI. Typisk plejer folk ellers at være mindre bekymrede over for, hvad teknologi kommer til at betyde for deres jobsikkerhed, desto mere de selv benytter den.⁵⁹

... og tendensen er blevet forstærket af ChatGPT

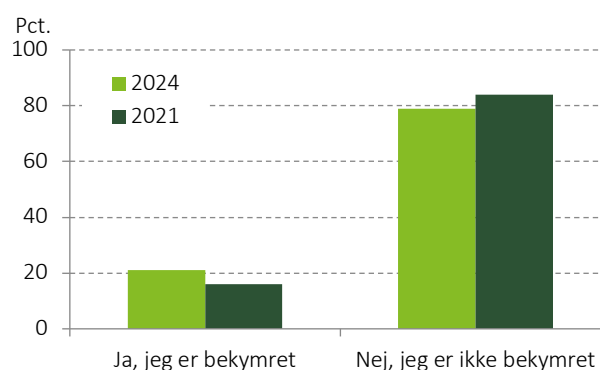
Tendensen er blevet forstærket efter lanceringen af ChatGPT. Således svarer 21 pct. af de adspurgte i 2024, at de er bekymrede, mens det samme kun gjorde sig gældende for 16 pct. i 2021, hvor vi stillede de samme spørgsmål til et repræsentativt udsnit af befolkningen, jf. figur 2.19.a. På grund af kronologien, hvor den første spørgeskemaundersøgelse blev gennemført ca. halvandet år før lanceringen af ChatGPT, mens den anden blev gennemført godt et år efter, fortolker vi forskellen mellem svarerne i 2021 og 2024 som udtryk for effekten af lanceringen af ChatGPT og fremkomsten af GenAI mere generelt.

Figur 2.19 Er du bekymret for at robotter og/eller kunstig intelligens kommer til at overtage dit job i fremtiden?

Figur 2.19.a Fordelt på af erfaring med AI



Figur 2.19.b Før/efter GenAI



Anm.: Vi har spurgt "Er du bekymret for at robotter og/eller kunstig intelligens kommer til at overtage dit job i fremtiden?". Figureerne er baseret på de 1.774 respondenter, der kan betegnes som en del af arbejdsstyrken.

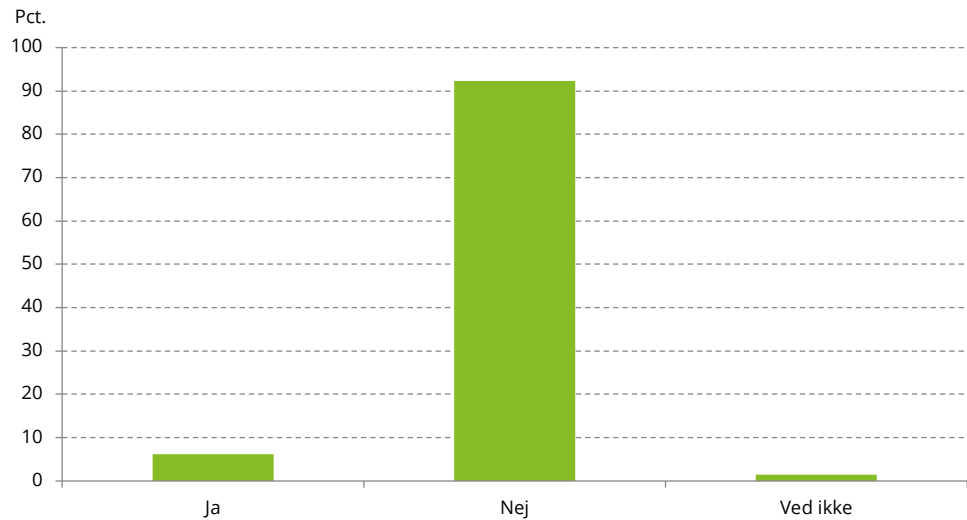
Kilde: Spørgeskemaundersøgelse udført af Epinion for Kraka-Deloitte samt egne beregninger.

Kunstig intelligens har ikke overtaget folks arbejdsopgaver

Indtil videre ser bekymringerne ikke ud til at være funderet i erfaringer. Kun 6 pct. af medarbejderne med kendskab til, at deres arbejdsplads benytter kunstig intelligens, har oplevet, at deres arbejdsopgaver bliver overtaget af kunstig intelligens, jf. figur 2.20. Blandt de 6 pct. svarer alle, at de enten blev på arbejdspladsen med omtrent samme opgaver, eller at de blev på arbejdspladsen med lidt andre arbejdsopgaver. Kunstig intelligens ser altså ikke ud til at have nogen betydning for de adspurgte respondentes jobtilknytning.

⁵⁹ Se fx Nam (2019)

Figur 2.20 Har du oplevet, at nogle af dine arbejdsopgaver er blevet fuldstændigt overtaget af AI?



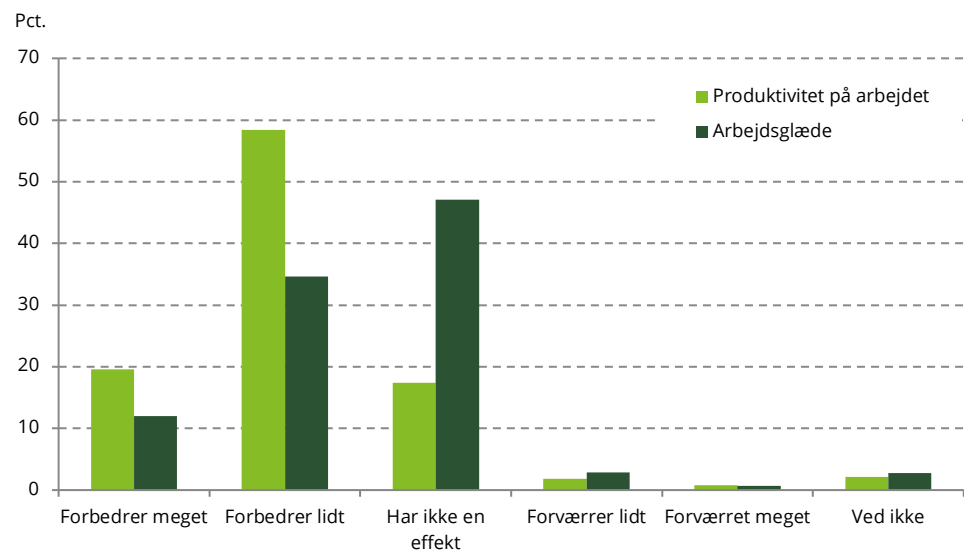
Anm.: Vi har spurgt: "Har du oplevet, at nogle af dine arbejdsopgaver er blevet fuldstændigt overtaget af kunstig intelligens?". Figuren er baseret på 761 respondenter, der havde kendskab til, at deres arbejdsplads benytter AI.

Kilde: Spørgeskemaundersøgelse udført af Epinion for Kraka-Deloitte samt egne beregninger.

AI gavner produktivitet og arbejdsglæde

Endelig har vi spurgt personer, der benytter kunstig intelligens i deres arbejde, hvordan det påvirker deres produktivitet og arbejdsglæde. Her fremgår det, at langt de fleste mener, at kunstig intelligens har haft en positiv effekt på deres produktivitet og enten en positiv eller ingen effekt på deres arbejdsglæde. Det kunne indikere, at kunstig intelligens i høj grad hjælper med opgaver, der kan opfattes som kedelige eller rutineprægede.

Figur 2.21 Hvordan påvirker kunstig intelligens din produktivitet og arbejdsglæde?



Anm.: Vi har spurgt: "Hvordan synes du, at kunstig intelligens påvirker følgende:". Figuren er baseret på 391 respondenter, der angiver, at de selv har interaktion med kunstig intelligens på deres arbejdsplads.

Kilde: Spørgeskemaundersøgelse udført af Epinion for Kraka-Deloitte samt egne beregninger.

AI er her allerede, og indtil videre er det en positiv oplevelse

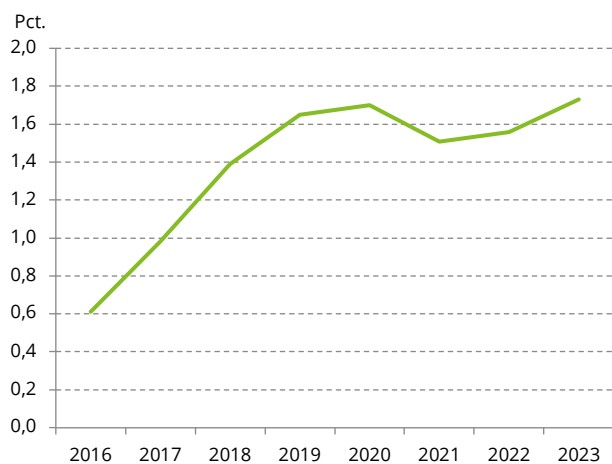
Samlet set viser analysen, at der ikke længere er grundlag for at diskutere, om og hvornår kunstig intelligens for alvor bliver taget i brug i økonomien. Kunstig intelligens har allerede gjort sit indtog på de danske arbejdspladser, ikke mindst blandt de højtuddannede. Heldigvis viser undersøgelsen også, at det har været en positiv oplevelse for stort set alle de berørte, forstået på den måde, at det har øget deres produktivitet og arbejdsglæde uden at overtage arbejdsopgaver fuldkomment. Det er i sig selv et opsigtsvækkende resultat, når man sammenholder det med, hvor mange der er bekymrede for, hvad kunstig intelligens kommer til at betyde for deres jobsituation.

AI kommer til at fylde mere fremover

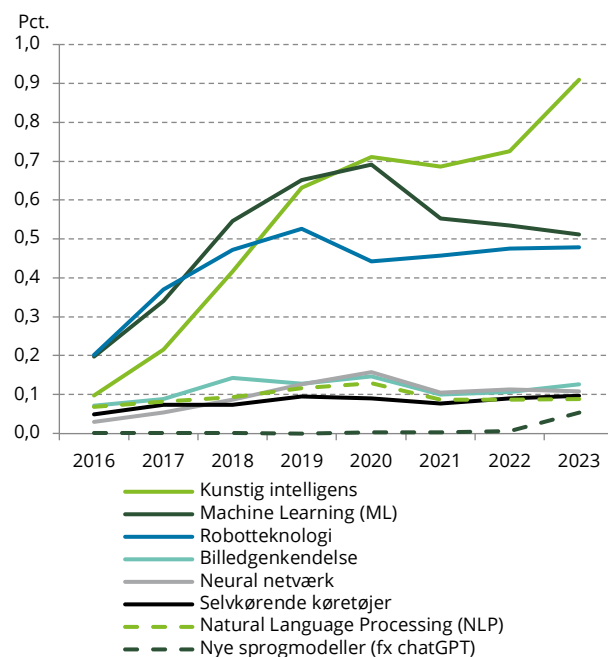
Indtoget af kunstig intelligens på det danske arbejdsmarked vil fortsætte fremadrettet. Andelen af jobopslag på Jobindex.dk, der nævner ord relateret til kunstig intelligens, er steget betydeligt siden 2016, jf. figur 2.22.a. Stigningen i andelen af jobopslag bliver endnu tydeligere, når man ser nærmere på specifikke klynger af ord relateret til kunstig intelligens. Fra 2022 til 2023 har der været en markant stigning i andelen af jobopslag, der specifikt nævner ord i klyngen kunstig intelligens, jf. figur 2.22.b. Det tyder på, at danske arbejdspladser i høj grad ønsker at rekruttere personer, der har kendskab til og arbejder med kunstig intelligens.

Figur 2.22 Kunstig intelligens i jobannoncer

Figur 2.22.a Andel af jobopslag, der nævner et eller flere søgeord relateret til kunstig intelligens



Figur 2.22.b Andel af jobopslag, der indeholder søgeord inden for specifikke områder relateret til kunstig intelligens



Anm.: Hvert område indeholder en række konkrete søgeord. Se Jørgensen og Mønster (2024) for en uddybende liste over søgeord forbundet med de forskellige kategorier.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af data fra Jobindex.

Boks 5 AI-relaterede ord i jobannoncer

I forbindelse med SGN-projektet har Jobindex stillet en række datasæt til rådighed, bestående af jobopslag indsamlet af Jobindex i perioden 2016 til 2023. Jobindex er Danmarks største jobportal og samler jobopslag fra hele internettet. Jobindex' datasæt indeholder derfor et bredt udsnit af jobopslag, der vedrører det danske arbejdsmarked, og datasættet giver et detaljeret indblik i opslagernes indhold.

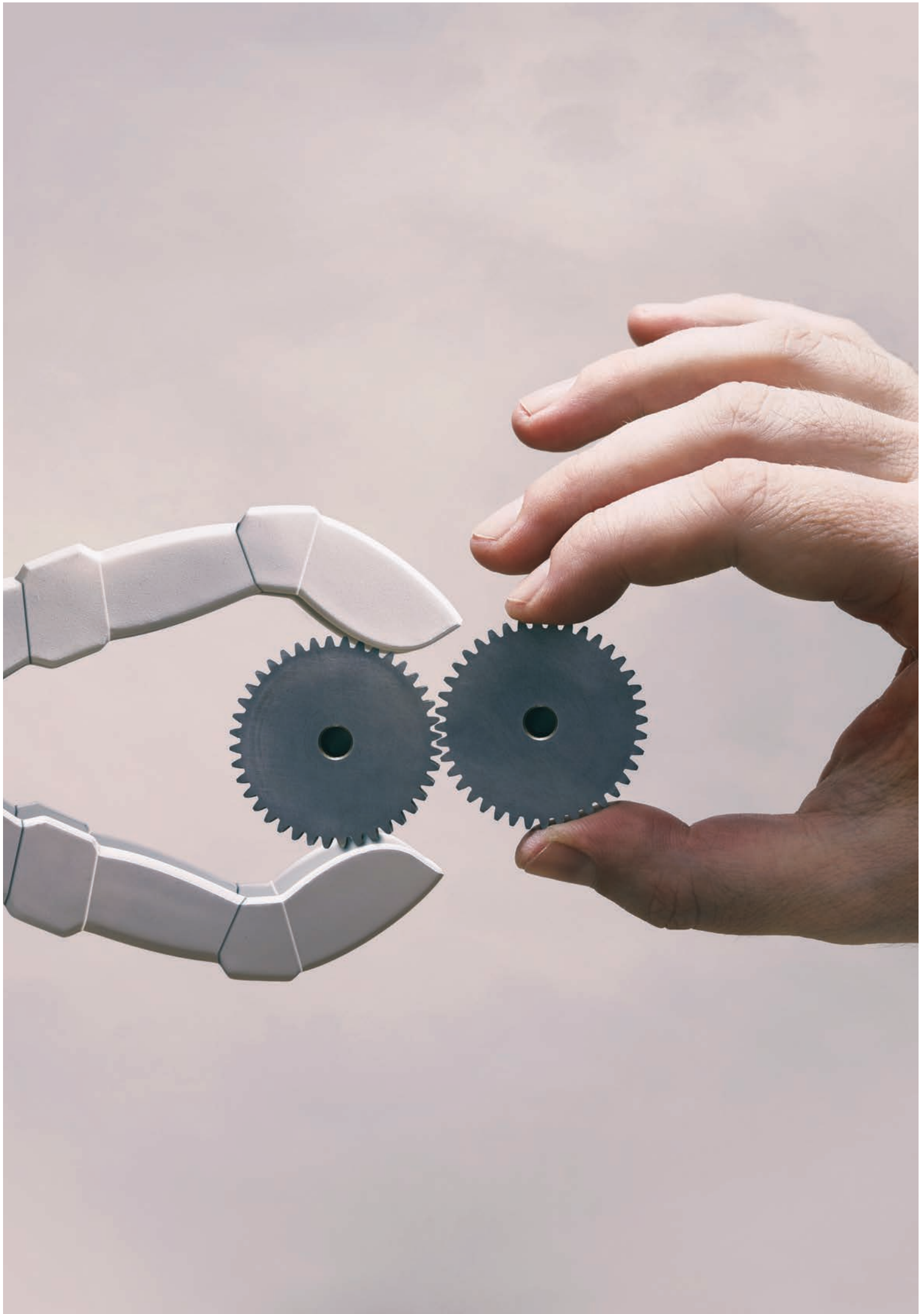
Datasættene er inddelt i år og indeholder for hvert jobopslag en mængde information bl.a. jobopslaget annonceret. For hvert år har vi frasorteret jobannoncer med usandsynligt lange annonceretekster, der ofte er et resultat af, at en del af hjemmesidens kildekode er blevet hentet med ind i annoncereteksten. Det gøres ved at fjerne alle jobopslag med annonceretekster på over 20.000 tegn. I 2017 udgjorde disse 0,06 pct. af jobopslagene. På den måde sikrer vi, at annoncereteksten kun indeholder tekst, der vedrører det specifikke jobopslag.

For at afgøre andelen af jobopslag, der relaterer sig til AI eller en af de andre udvalgte teknologiklynger, gennemses annoncereteksten for tilfælde af relaterede søgeord. For effektivt at kunne behandle det store antal af annonceretekster, benytter vi programmeringssproget Python, der vha. *regular expressions* kan finde alle tilfælde af søgeord i en tekst. En regular expression er en sekvens bestående af bogstaver og tegn, der danner et mønster, som programmeringsprogrammet derefter kan gennemsøge annoncereteksten for. De mønstre, vi benytter, søger kun efter hele komplette ord, dog uden at skelne mellem store og små bogstaver og tillader, at ordet efterfølges af tegn som punktum og komma. For hvert jobopslag opgøres alle tilfælde af søgeord, der indgår i annoncereteksten, og hvert jobopslag kan derfor opgøres som en del af flere forskellige teknologiklynger i figur 2.22.b.

For de søgeord, hvis betydning kan være flertydig, har vi manuelt gennemgået de af programmet fundne annonceretekster og frasorteret jobopslag, hvor ordet havde en anden betydning end den, der relaterer sig til teknologiklyngen. Fx er der tilfælde, hvor forkortelsen AI referer til Armoured infantry eller Adobe Illustrator.

På baggrund af de tilbageværende jobopslag opgør vi, for hver teknologiklynge, antallet af jobopslag, der indeholdt mindst et af de relaterede ord, fordelt over perioden, sammen med den samlede andel af jobopslag, der indeholdt mindst et af søgeordene.





3. Økonomisk potentiale af kunstig intelligens

Udvikling i GenAI øger potentialet for automatisering

De seneste års udvikling inden for særligt generativ kunstig intelligens har medført, at maskiner i dag kan udføre opgaver, som de fleste indtil for ganske nylig ikke troede var muligt. Fx kan OpenAI's chatbot "ChatGPT" besvare komplicerede spørgsmål, generere brugbar computerkode og løse kognitive opgaver, som tidligere kun har været muligt for mennesker. Når maskiner overtager arbejdsopgaver, som tidligere blev udført af mennesker, kaldes det automatisering. Udviklingen har altså øget potentialet for automatisering i dansk økonomi.

Dette kapitel: automatiseringspotentialet i Danmark

På den ene side giver de teknologiske fremskridt derigennem anledning til optimistiske forventninger til produktivitetstigninger. På den anden side har udviklingen også skabt bekymringer for jobtab og for en mere ulige indkomstfordeling. Dette kapitel belyser potentialet for automatisering og deraf følgende produktivetsvækst i dansk økonomi, mens kapitel 4 behandler bekymringerne.

46 pct. af arbejdstiden kan teknisk set automatiseres

Vi har fået 18 førende eksperter til at vurdere automatiseringspotentialet af en række færdigheder, evner, arbejdsaktiviteter og viden, der indgår i forskellige job. Disse vurderinger bruger vi til at vurdere automatiseringspotentialet for hvert job – og i sidste ende for hele økonomien. I afsnit 3.1 viser vi, at automatiseringspotentialet i Danmark er stort. Vi finder, at 46 pct. af lønmodtagernes arbejdstid i Danmark har potentiale til at blive automatiseret med nuværende teknologi.

Forskel i offentlig-/privat produktivetsvækst kan mindskes

Kraka-Deloitte har tidligere beskrevet, hvordan det forhold, at produktivetsvæksten i den offentlige sektor er lavere end i den private sektor, udfordrer tilfredsheden med kvaliteten af den offentlige service – et fænomen som i den økonomiske litteratur kaldes Baumols omkostningssyge.⁶⁰ I afsnit 0 viser vi, at potentialet for automatisering er større i den private sektor end i den offentlige sektor, hvilket indikerer, at den offentlige sektor også i fremtiden vil opleve lavere produktivetsvækst end den private. Men forskellen i automatiseringspotentialet og dermed bidraget til den fremtidig produktivetsvækst er mindre end forskellen i den historiske produktivetsvækst mellem de to sektorer. Automatisering har derfor potentiale til at mindske forskellen i produktivetsvækst mellem den offentlige og private sektor.

Produktivetsgevinsterne kan blive store

Hvis det samlede automatiseringspotentiale indfries, kan de økonomiske konsekvenser for dansk økonomi blive meget store. Præcis *hvor* store er dog meget vanskeligt at spå om. I afsnit 3.3 opstiller vi en række scenarier for produktivetsgevinster og hastigheden, hvormed de indfries. Vi finder, at automatisering har potentialet til at øge den samlede produktion i økonomien med mellem 42 og 89 pct. på sigt.

Årlige gevinster afhænger af implementeringshastighed

Hastigheden, hvormed potentialet indfries, har betydning for både nutidsværdien af den øgede produktion, og hvor store omvæltningerne på arbejdsmarkedet bliver. Hvis potentialet indfries over en kort periode på 15 år, vil det årlige bidrag fra automatisering til den økonomiske vækst være meget højt: mellem 2,4 og 4,4 pct årlig vækst i bruttoværditilvæksten (BVT). Men det kan samtidig føre til store omvæltninger på arbejdsmarkedet med høje omstillingsomkostninger til følge. Indfries potentialet i stedet over en periode på fx 35 år, vil det svare til et årligt vækstbidrag på mellem 1,0 pct. og 1,8 pct. i hvert af de 35 år. Da vil omstillingen på arbejdsmarkedet sandsynligvis opleves mere gradvis uden de store ændringer i jobsomsætningen ift. i dag.

Automatisering kan bidrage til at opretholde væksten

For at nå en årlig vækst på 4,4 pct. kræver det både, at hele det tekniske automatiseringspotentiale kan indfries, og at det går meget hurtigt. Det er derfor mindre realistisk. Selv vækstrater i den lavere del af spændet vil dog være et betydeligt bidrag til den fremtidige vækst. Til sammen-

⁶⁰ Kraka-Deloitte (2022)

ligning er produktiviteten i Danmark over de seneste 30 år steget med ca. 1,2 pct. om året i gennemsnit som følge af alle kilder til produktivetsforbedringer – dvs. automatisering, andre teknologiske fremskridt, opkvalificering af arbejdsstyrken mv. Resultaterne indikerer altså, at automatisering med eksisterende teknologi vil kunne bidrage til at opretholde en produktivetsvækst på et niveau svarende til, eller højere end, gennemsnittet over de seneste 30 år.

3.1 Automatiseringspotentialer i dansk økonomi

En række studier estimerer potentiale i nuværende jobs

En række studier har over det seneste årti forsøgt at forudsige, hvor meget og i hvilke dele af økonomien der kan automatiseres – på forskellige tidspunkter, i forskellige lande og med forskellige metoder. Det kan være svært at sammenligne konklusionerne fra de forskellige studier, da de bl.a. adskiller sig ved, (1) om de betragter automatiseringspotentialer binært, dvs. at et job enten kan automatiseres helt eller slet ikke – eller kontinuert, hvor der er mulighed for, at job delvist kan automatiseres, og (2) om de beregner et gennemsnitligt automatiseringspotentialer for økonomien eller i stedet beregner, hvor stor en andel af job der med høj sandsynlighed fuldstændigt kan automatiseres.

Forskel på binært og kontinuert syn på automatisering

Studier, der ser kontinuert på automatisering, måler, hvor stor en andel af opgaverne i forskellige job (typisk målt som andelen af arbejdstiden) der kan automatiseres. Et *potentiale* for automatisering på fx 30 pct. vil da betyde, at 30 pct. af arbejdsopgaverne i jobbet kan automatiseres, og 70 pct. ikke kan. Studier, der ser binært på automatisering, estimerer i stedet *sandsynligheden* for, at *hele* jobbet bliver automatiseret. Her vil en automatiseringssandsynlighed på 30 pct. betyde, at der er 30 pct. sandsynlighed for, at jobbet inden for en given årrække vil blive 100 pct. automatiseret.

Forskel på samlet potentiale og andel med høj ssh.

Studier, der interesserer sig for, hvor stor en andel af job i økonomien, der har høj sandsynlighed for fuldstændig automatisering, vurderer typisk først automatiseringssandsynligheden eller automatiseringspotentialer for hvert job. Herefter definerer de et job som havende høj sandsynlighed for automatisering, hvis sandsynligheden eller potentialer overstiger et vist niveau.⁶¹ Studier, der interesserer sig for det samlede automatiseringspotentialer i økonomien, beregner i stedet enten andelen af den samlede arbejdstid, der kan automatiseres, eller den gennemsnitlige automatiseringssandsynlighed på tværs af alle job.

Nogle studier rapporterer flere forskellige mål

Der er også studier, der rapporterer både det samlede automatiseringspotentialer og andelen af job med høj automatiseringssandsynlighed. Og der er studier, hvis automatiseringsmål på andre måder adskiller sig fra beskrivelsen ovenfor. Med forbehold for, at der mellem alle studier er metodiske forskelle, der gør, at de ikke kan sammenlignes én-til-én, viser Tabel 3.1 en oversigt over estimererne af automatiseringspotentialer fra en række relevante studier, vi har fundet i vores litteraturgennemgang.

Studie i 2013: 47 pct. med høj ssh. for automatisering i USA

Frey og Osborne (2017) var et af de første studier, der vurderede sandsynligheden for automatisering af forskellige job. De kom frem til, at udviklingen inden for "machine learning" og "mobile robotics" havde ført til, at 47 pct. af den amerikanske beskæftigelse i 2013 var i job med en høj sandsynlighed for at blive fuldstændigt automatiseret inden for få årtier.⁶²

Metoden vurderede potentiale på jobniveau

Deres fremgangsmåde var, at en gruppe maskinlærings eksperter først vurderede, om 70 forskellige job kunne automatiseres, hvor et job blev klassificeret som automatiserbart, hvis alle de arbejdsopgaver, som jobbet indebar, kunne automatiseres. Klassifikationen af disse job som enten automatiserbare eller ikke automatiserbare blev efterfølgende brugt til at vurdere sandsynligheden for, at hver af i alt 700 forskellige amerikanske job kunne automatiseres fuldstændigt. Det gjorde de ved at estimere, i hvilken grad ni specifikke karakteristika ved de 70 subjektivt vurderede job korrelerede med, om de var automatiserbare eller ej. Herefter beregnede forfatterne en automatiseringssandsynlighed for de resterende ca. 630 job baseret på, hvilke af disse ni

⁶¹ I studierne omtales det ofte som "høj risiko"

⁶² Studiet blev udgivet som arbejdspapir i 2013, men først endeligt udgivet i 2017. I den mellemliggende periode blev der udgivet både opfølgninger på og kritik af studiet.

karakteristika, de omfattede. Til sidst definerede de alle job med en sandsynlighed for fuldstændig automatisering på over 70 pct. som job med høj automatiseringssandsynlighed.

Tabel 3.1 Estimer af automatiseringspotentiale fra litteraturen

Studie	Samlet automatiseringspotentiale (pct.)	Andel af beskæftigelsen i job med høj sandsynlighed for automatisering (pct.)	Lande
Eloundou m.fl. (2023)	30 (kun GenAI)	19 (kun GenAI)	USA
Arntz m.fl. (2016)	38 / 38	9 / 9	Danmark / USA
Nedelkoska og Quintini (2018)	45 / 43	11 / 10	Danmark / USA
McKinsey (2017)	46	26	USA
Kraka (2014)	53	37	Danmark
McKinsey (2023)	62	30	Danmark
PWC (2018)		30 / 38	Danmark / USA
Goldman Sachs (2023)	25 (kun GenAI)		USA
Gmyrek m.fl. (2023)		5,5 / 0,4 (kun GenAI)	Højindkomstlande / lavindkomstlande
Lassébie og Quintini (2022)		7 / 11	Danmark / USA
Frey og Osborne (2017)		47	USA
Kraka-Deloitte (2024)	46	9	Danmark

Anm.: Kolonnen "Samlet automatiseringspotentiale" angiver enten den samlede andel af beskæftigelsen, der kan automatiseres eller den gennemsnitlige automatiseringssandsynlighed, alt efter studiet. Kolonnen "Andel af beskæftigelse i job med høj sandsynlighed for automatisering" viser andelen af beskæftigelsen med et automatiseringspotentiale eller -sandsynlighed over et vist niveau. Niveaulet spænder mellem 50 og 75 pct. på tværs af forskellige studier. Hvis studierne rapporterer flere forskellige estimater, viser vi det centrale estimat eller det, der bedst kan sammenlignes med vores eget.

Kilde: Egen litteraturgennemgang

Kraka (2014): 37 pct. med høj ssh. for automatisering i DK

I 2014 udregnede Kraka, hvor stor en andel af den danske beskæftigelse, der havde høj sandsynlighed for automatisering, ved at overføre potentialerne fra den endnu ikke fagfællebedømte udgave af Frey og Osborne (2017) i de amerikanske job til danske job.⁶³ Kraka kom frem til, at 37 pct. af den danske beskæftigelse havde en automatiseringssandsynlighed på over 70 pct. og dermed havde høj sandsynlighed for automatisering. Derudover fandt analysen, at den gennemsnitlige automatiseringssandsynlighed på tværs af danske job var 53 pct.

Nyere studier vurderer potentiale af arbejdsopgaver

Metoden i Frey og Osborne (2017) er siden blevet kritiseret af andre forskere. I 2016 udgav OECD et arbejdspapir, som påpegede, at det er for upræcist at vurdere sandsynligheden for automatisering på jobniveau, da det typisk ikke er et helt job, der bliver automatiseret, men i stedet en specifik arbejdsopgave.⁶⁴ Forskerne bag den analyse estimerede derfor i stedet en automatiseringssandsynlighed baseret på Frey og Osbornes ekspertvurderinger, men overført til de enkelte *arbejdsopgaver* i forskellige job.⁶⁵ De nåede frem til, at kun 9 pct. af beskæftigelsen i USA og Danmark havde høj sandsynlighed for automatisering, og at den gennemsnitlige automatiseringssandsynlighed i USA og Danmark var 38 pct. I et senere arbejdspapir, som også er udgivet af OECD, har Nedelkoska og Quintini (2018) siden udvidet metoden og er kommet frem til gennemsnitlige automatiseringssandsynligheder på 43 pct. og 45 pct. for hhv. USA og Danmark. På baggrund af en videreudvikling af metoden fra Nedelkoska og Quintini (2018) kom PWC (2018) frem til, at 30 pct. af danske job og 38 pct. af amerikanske havde høj sandsynlighed for automatisering.

Gmyrek m.fl. (2023) vurderer potentiale vha. AI

Siden da har den fortsatte teknologiske udvikling givet anledning til nye studier af automatiseringspotentialet i økonomien. Nogle udregner ligesom ovenfor andelen af beskæftigelsen, som er i job med høj sandsynlighed for automatisering. Dette gælder bl.a. Gmyrek m.fl. (2023), som i et arbejdspapir udgivet af ILO udregner automatiseringspotentialet for alle *arbejdsopgaver* i alle job

⁶³ Kaarsen (2014)

⁶⁴ Arntz m.fl. (2016)

⁶⁵ Denne tilgang kan føres tilbage til Autor m.fl. (2003), der var nogle af de første til at foreslå den arbejdsopgavebaserede jobforståelse.

vha. OpenAIs sprogmodel GPT-4. Deres fokus er på GenAI⁶⁶, og de når frem til, at 5,5 pct. af beskæftigelsen i højindkomstlande og 0,4 pct. af beskæftigelsen i lavindkomstlande har høj sandsynlighed for automatisering med denne teknologi, mens de vurderer, at en større andel i stedet vil blive komplementeret af GenAI. Denne metode adskiller sig fra de ovennævnte studier ved at definere et job som havende høj sandsynlighed for automatisering, hvis det både har et højt gennemsnitligt automatiseringspotentiale på tværs af alle arbejdsopgaver og en lav standardafvigelse på tværs af arbejdsopgaver, svarende til, at en stor andel af arbejdsopgaverne har et højt automatiseringspotentiale. Job med et højt gennemsnit og en høj standardafvigelse klassificerer de som uvist automatiserbare.⁶⁷

McKinsey vurderede potentiale på 62 pct. i Danmark i 2023

Studier, der udregner et samlet automatiseringspotentiale for økonomien, omfatter bl.a. Eloundou m.fl. (2023), som kun så på GenAI, og McKinsey (2017), som medregnede alle teknologier. De nåede frem til et samlet automatiseringspotentiale på hhv. 30 pct. og 46 pct. i USA. Det seneste studie på dansk data er McKinsey (2023), der estimerede, at 62 pct. af den danske arbejdstid teknisk set kan automatiseres. Heraf skyldes 20 pct.-point udviklingen inden for GenAI.

Studier er baseret på amerikansk database

De fleste af de nævnte studier er baseret på data fra den såkaldte O*NET-database, der indeholder information om næsten 1.000 forskellige job på det amerikanske arbejdsmarked. Databasen indeholder bl.a. en beskrivelse af, hvilke arbejdsopgaver der indgår i hvert job. Disse beskrivelser opdateres hvert år, i takt med at den teknologiske udvikling påvirker indholdet i forskellige job. I alt er jobbene i databasen beskrevet ud fra næsten 18.000 forskellige arbejdsopgaver.

Lassébie og Quintini (2022) bruger eksperterundersøgelse

O*NET-databasen indeholder samtidig også data om, hvilke konkrete evner, færdigheder, aktiviteter og typer af viden (herefter tilsammen omtalt som *funktioner*) der kræves i hvert job. I 2022 udgav OECD et studie om automatiseringspotentialer baseret på ekspertvurderinger af automatiserbarheden af 92 forskellige funktioner fra O*NET-databasen.⁶⁸ Fordelen ved at tage udgangspunkt i disse funktioner fremfor i arbejdsopgaver er, at omfanget er langt mere overkommeligt. Det gør det muligt for eksperter at tage stilling til alle funktioners automatiserbarhed. Lassébie og Quintini (2022) vurderede, at et job havde høj sandsynlighed for automatisering (i studiet omtales det som høj risiko), hvis en tilstrækkeligt stor andel af de vigtige funktioner i jobbet havde et højt automatiseringspotentiale. Studiet nåede frem til, at 11 pct. af den amerikanske beskæftigelse og 7 pct. af den danske havde høj sandsynlighed for automatisering.

Vores metode bygger videre på Lassébie og Quintini

I denne analyse tager vi også udgangspunkt i O*NET databasen, og vi er inspirerede af Lassébie og Quintini (2022), men bygger videre på metoden deri. Vi estimerer nemlig ikke alene andelen af job med høj sandsynlighed for automatisering, men også andelen af arbejdstid i hvert enkelt job, som har potentialet til at kunne automatiseres. Derudover korrigerer vi for den manglende detaljegråd i funktionerne ved at justere vores automatiseringsmål med GPT-4-vurderede automatiseringspotentialer af arbejdsopgaver, inspireret af Gmyrek m.fl. (2023), jf. boks 6.

Vi får hjælp af 18 eksperter i AI og robotteknologi

Automatiseringspotentialet i dansk økonomi

Vi har fået 18 førende eksperter inden for kunstig intelligens og robotteknologi til gennem en spørgeskemaundersøgelse at vurdere automatiseringspotentialet af 92 forskellige *evner, færdigheder, arbejdsaktiviteter og viden* – som vi i denne rapport tilsammen benævner funktioner – der indgår i forskellige job.⁶⁹

GenAI-relaterede evner er steget i potentiale

Baseret på eksperternes vurderinger er visse kognitive evner såsom hukommelse og talkyndighed blandt dem, der har størst potentiale til at blive automatiseret med eksisterende teknologi. Færdigheder som skrivning, læsning og programmering har også et højt automatiseringspotentiale og er blandt dem med den største stigning i automatiseringspotentiale siden 2022. Det er eksempler på funktioner, hvis automatiserbarhed kan være påvirket af udviklingen inden for GenAI. Sociale færdigheder, såsom forhandling, social opfattelse og aktiviteten "at hjælpe og drage omsorg for andre", er blandt dem med lavest automatiseringspotentiale.

⁶⁶ Specifikt begrænset til Generative Pre-Trained Transformers, som fx ChatGPT.

⁶⁷ De benævner denne gruppe "The Big Unknown".

⁶⁸ Lassébie og Quintini (2022)

⁶⁹ Se Klejnstrup og Gotfredsen (2024) for en detaljeret gennemgang af metoden bag denne analyse.

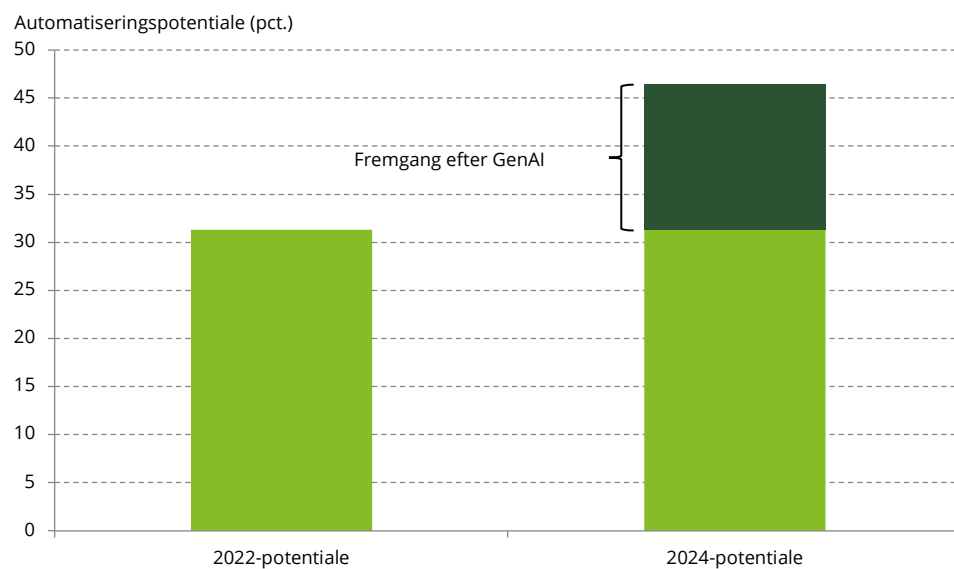
46 pct. af arbejdstid kan automatiseres ...

Vi bruger ekspertvurderingerne til at udregne et automatiseringspotentiale for alle job, jf. boks 6. Dette automatiseringspotentiale skal forstås som andelen af arbejdstiden i jobbet, der teknisk set kan automatiseres. Vi finder, at 46 pct. af den samlede arbejdstid for danske lønmodtagere teknisk set kan automatiseres vha. eksisterende teknologi, jf. figur 3.1. Dvs. at hvis hele det tekniske potentiale indfries, vil 54 pct. af lønmodtagerne kunne producere det samme, som 100 pct. kan i dag (svarende til 100 pct. fratrukket de automatiserede 46 pct.). Og her er vel at mærke ikke medtaget eventuelle afledte effekter, som følge af at et fald i antallet af ansatte pr. produceret enhed også kan komme til at mindske behovet for ledere pr. produceret enhed, da der vil være færre at lede. Den fulde effekt kan derfor være endnu større.

... heraf 15 pct. fra bl.a. GenAI

I starten af 2022 bad forskere hos OECD en række eksperter om at vurdere automatiseringspotentialet af de samme funktioner, som indgår i vores analyse, jf. ovenfor. Bruger vi ekspertvurderingerne fra deres undersøgelse fra 2022,⁷⁰ frem for vores fra 2024, får vi i stedet et automatiseringspotentiale på 31 pct. Forskellen på 15 pct.-point baseret på vurderinger fra hhv. 2022 og 2024 tilskrives vi først og fremmest den teknologiske udvikling inden for GenAI.

Figur 3.1 Det tekniske automatiseringspotentiale i dansk økonomi



Anm.: Automatiseringspotentialet angiver andelen af den samlede arbejdstid for lønmodtagere, der kan automatiseres vha. eksisterende teknologi. 2022-potentialet er udregnet på baggrund af ekspertvurderingerne fra OECD (2022). Forskellen mellem de vurderinger, OECD fik foretaget i 2022 og vores eksperters vurderinger, tilskrives vi den teknologiske udvikling, der har fundet sted i den mellemliggende periode, herunder inden for GenAI. Se Klejnstrup og Gotfredsen (2024) for en detaljeret beskrivelse.

Kilde: Egne beregninger baseret på eget eksperter survey, OECD Expert Survey on Skills and Abilities Automatability (OECD 2022), OpenAIs GPT-4, O*NET og Danmarks Statistiks registre.

Kun 9 pct. kan få automatiseret over 70 pct. af arbejdstid

Der er stor forskel på, hvor stor en andel af arbejdstiden i forskellige job der kan automatiseres, jf. figur 3.2. Kun ca. ni pct. af beskæftigelsen er i job, hvor 70 pct. eller mere af arbejdstiden kan automatiseres. Omkring 40 pct. er i job, hvor mindst halvdelen af arbejdstiden kan automatiseres, mens ca. en fjerdedel af den danske beskæftigelse er i job, hvor mindre end 35 pct. af arbejdstiden kan automatiseres.

⁷⁰ Dvs. OECD Expert Survey on Skills and Abilities Automatability (OECD 2022), som er datagrundlaget i Lassébie og Quintini (2022)

Boks 6 Beregning af automatiseringspotentialet i dansk økonomi

Metoden i denne analyse er baseret på en videreudvikling af metoden fra Lassébie og Quintini (2022) og består af fire skridt:

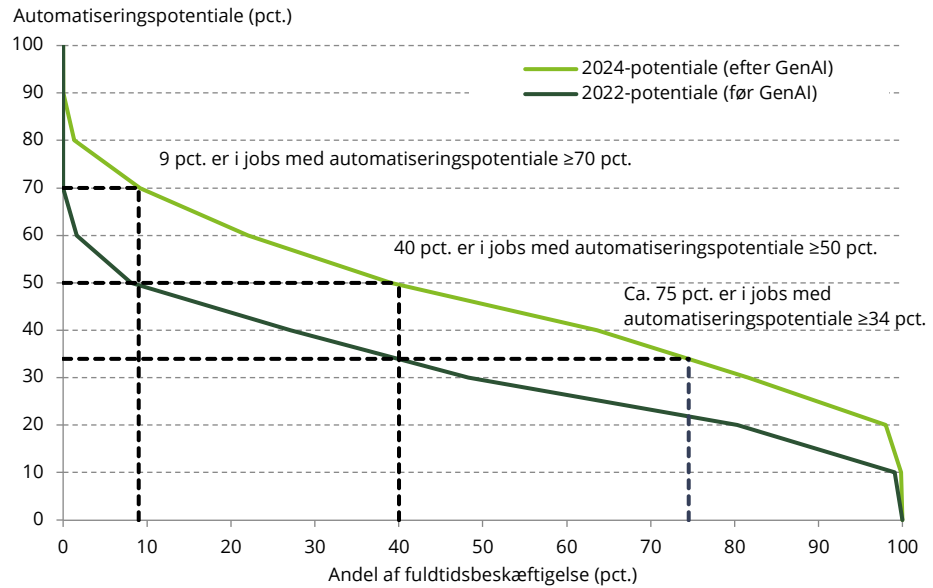
1. Vi har fået 18 førende eksperter inden for kunstig intelligens og robotteknologi til at vurdere automatiseringspotentialet af 92 *evner, færdigheder, arbejdsaktiviteter og viden* (herefter benævnt *funktioner*) fra O*NET-databasen, der er en amerikansk database over ca. 1.000 forskellige job. O*NET indeholder data om vigtigheden og niveauet af de 92 funktioner i hvert job. Vi oversætter de amerikanske job til danske job for at kunne analysere automatiseringspotentialet i Danmark.
2. Vi beregner automatiseringspotentialet i et job som et gennemsnit af automatiseringspotentialet af de funktioner, som indgår i jobbet. Gennemsnittet er vægtet med funktionernes vigtighed i jobbet. Dette giver os et indledende estimat for automatiseringspotentialet i jobbet.
3. Herefter foretager vi en korrektion af hvert jobs automatiseringspotentiale. Korrektionen skal tage højde for, at automatiseringspotentialet er baseret på jobbet's funktioner, hvilket er en upræcis beskrivelse af et job. Ideelt ville vi vurdere automatiseringspotentialet af *arbejdsopgaverne* i jobbet. Derfor får vi OpenAI's sprogmodel GPT-4 til at vurdere automatiseringspotentialet både af 92 funktioner og af hver af ca. 18.000 arbejdsopgaver, som også er indeholdt i O*NET-databasen (inspireret af Gmyrek m.fl. 2023). Det giver mulighed for at vurdere, i hvilken grad man får anderledes resultater, når automatiseringspotentiale estimeres med udgangspunkt i arbejdsopgaver i stedet for i funktioner. På baggrund heraf beregner vi en korrektionsfaktor på jobniveau, som vi bruger til at korrigere de indledende automatiseringspotentiale.
4. Vi bruger automatiseringspotentialet på jobniveau til at udregne et samlet automatiseringspotentiale i dansk økonomi ved at tage et gennemsnit af automatiseringspotentialet i danske lønmodtageres job, vægtet med antallet af fuldtidspersoner i jobbet i 2022.

I alt har 18 eksperter deltaget i undersøgelsen, hvoraf tre har ønsket at være anonyme. De øvrige 15 er:

Navn	Institution
Norbert Krüger	Mærsk Institutet, Syddansk Universitet
Jacob Nielsen	Mærsk Institutet, Syddansk Universitet
Lars Kai Hansen	Danmarks Tekniske Universitet
Thomas Bolander	Danmarks Tekniske Universitet
John Bagterp Jørgensen	Danmarks Tekniske Universitet
Ole Madsen	Institut for materialer og produktion, Aalborg Universitet
Kaj Grønbæk	Institut for Datalogi, Aarhus Universitet
Mads Nielsen	Datalogisk Institut, Københavns Universitet
Isabelle Augenstein	Datalogisk Institut, Københavns Universitet
Sine Zambach	Department of Digitalization, Copenhagen Business School
Ralph Brorsen	Universal Robots A/S
Anders Kofod-Petersen	PiedBoeuf ApS
Anika Schumann	IBM Research
Peter Corke	Queensland University
Chris Rogers	Tufts University

Se Klejnstrup og Gotfredsen (2024) for en detaljeret gennemgang af metoden.

Figur 3.2 Teknisk automatiseringspotentiale fordelt på andel af fuldtidsbeskæftigelsen



Anm.: Figuren angiver, hvor stor en andel af fuldtidsbeskæftigelsen der mindst har et givent automatiseringspotentiale.

Kilde: Egne beregninger baseret på eget eksperter survey, OECD Expert Survey on Skills and Abilities Automatability (OECD 2022), OpenAIs GPT-4, O*NET og Danmarks Statistiks registre.

Vi måler kun, hvad der er *teknisk* muligt

Vores opgørelse skal tolkes som det *tekniske automatiseringspotentiale* i jobbene. Det betyder, at vi opgør, hvad der teknisk set kan automatiseres med eksisterende teknologi, men ikke hvorvidt det er økonomisk rentabelt eller socialt acceptabelt. Der er formodentlig mange arbejdsopgaver, der teknisk set kan automatiseres, men hvor det ikke i dag giver praktisk mening, eller hvor det stadig er billigere at bruge menneskelig arbejdskraft. Vi finder fx, at pædagogisk arbejde har et automatiseringspotentiale på 30 pct., hvilket betyder, at 30 pct. af en pædagogers arbejdstid teknisk set kan automatiseres. Man kan dog sætte spørgsmålstejn ved, om det nogensinde vil blive socialt accepteret at automatisere så stor en andel af pædagogers arbejde, hvis samfundet fx vurderer, at selve den menneskelige kontakt er vigtig.

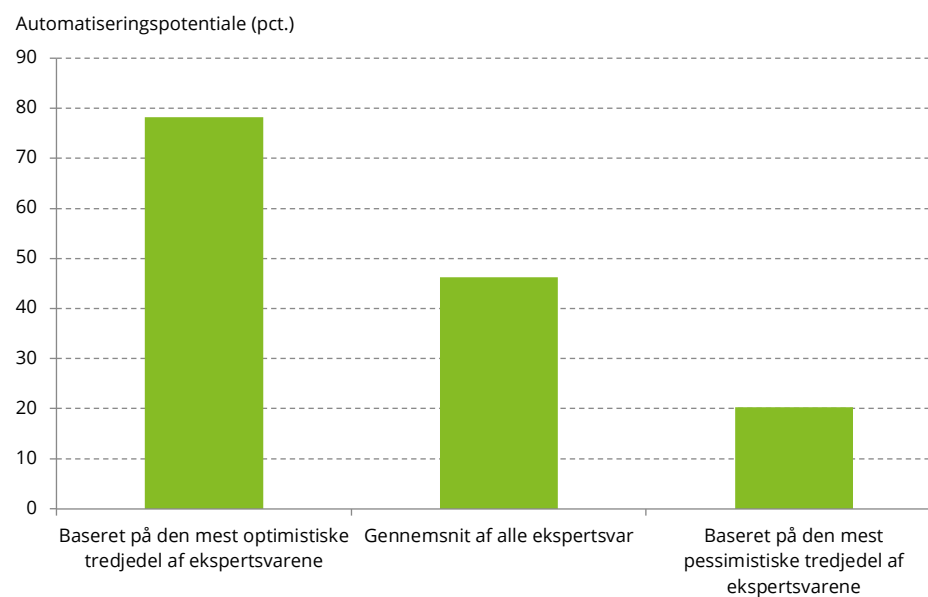
Opgørelsen er forbundet med stor usikkerhed

Eksperternes vurderinger af automatiseringspotentialer er i sagens natur behæftet med usikkerhed. Trods stor ekspertise kan ingen forventes at have det fulde overblik over alle teknologiers potentiale eller alle arbejdssammenhænge, hvori de kan indgå. Desuden kan eksperterne fortolke undersøgelsens spørgsmål forskelligt, og nogle er måske optimistiske og andre pessimistiske mht., hvad teknologien kan.

58 pct.-points forskel mellem optimistisk og pessimistisk bud

Til illustration af dette varierer estimatet for automatiseringspotentialet i dansk økonomi med hele 58 pct.-point, alt efter om vi tager udgangspunkt i den mest pessimistiske eller mest optimistiske tredjedel af ekspertvurderingerne af hver funktions automatiserbarhed. Tager vi alene udgangspunkt i den mest pessimistiske tredjedel af ekspertvurderingerne, er automatiseringspotentialet i hele økonomien blot 20 pct. Tager vi i stedet udgangspunkt i den mest optimistiske tredjedel af ekspertvurderingerne, er automatiseringspotentialet til gengæld hele 78 pct., jf. figur 3.3.

Figur 3.3 Teknisk automatiseringspotentiale i dansk økonomi baseret på hhv. optimistiske og pessimistiske eksperter svar



Anm.: Automatiseringspotentialet angiver andelen af den samlede arbejdstid for lønmodtagere, der kan automatiseres vha. eksisterende teknologi. Den mest optimistiske tredjedel af eksperter svar er den tredjedel af svar for hver funktion, som angav højest automatiseringspotentiale. Den mest pessimistiske tredjedel af eksperter svar, er den tredjedel af svarene for hver funktion, som angav det laveste automatiseringspotentiale.

Kilde: Egne beregninger baseret på eget eksperter survey, OpenAIs GPT-4, O*NET og Danmarks Statistiks registre.

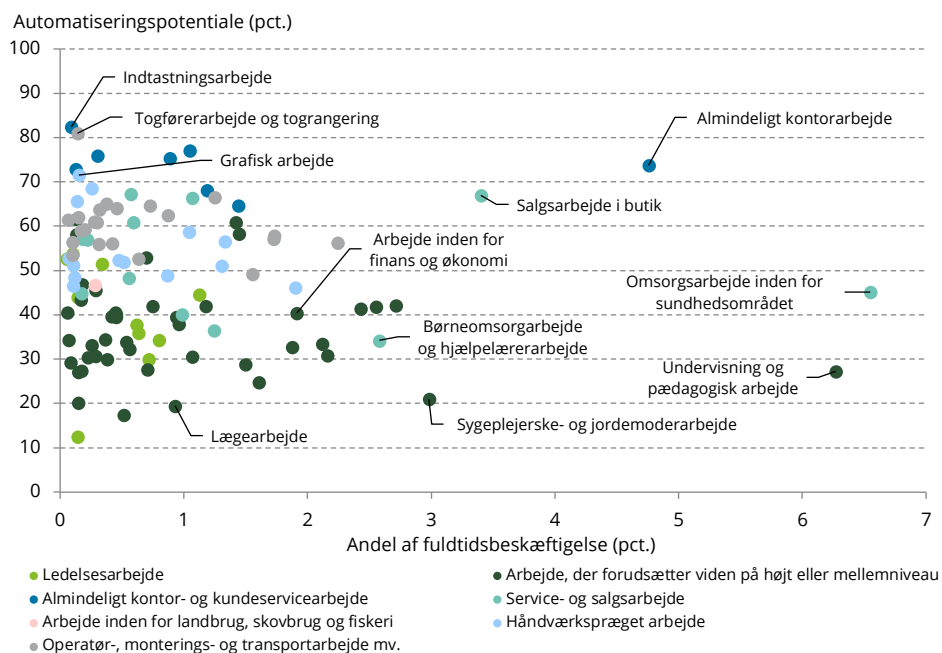
Kontorarbejde har højt potentiale

Job inden for kontor, kundeservice, service og salg har generelt et relativt højt automatiseringspotentiale. Blandt de mest automatiserbare job finder vi således forskellige former for kontorarbejde, indtastningsarbejde og salgsarbejde, jf. figur 3.4. Jobkategorien *almindeligt kontorarbejde* har både et højt automatiseringspotentiale og udgør en relativt høj andel af beskæftigelsen. Job inden for denne kategori rummer derfor et stort økonomisk potentiale i forbindelse med automatisering.

Ledelses- og vidensarbejde har lavest potentiale

Job inden for kategorierne *ledelsesarbejde* og *arbejde, der forudsætter viden på højt niveau*, har omvendt generelt de laveste automatiseringspotentialer, jf. de lysegrønne og mørkegrønne prikker i figur 3.4. Det gælder bl.a. job inden for sundhed og undervisning.

Figur 3.4 Teknisk automatiseringspotentiale i forskellige job, fordelt på jobbets andel af samlede lønmodtagerbeskæftigelse



Anm.: Job på 3-cifret DISCO-niveau.

Kilde: Egne beregninger baseret på ekspertsurvey, OpenAIs GPT-4, O*NET og Danmarks Statistiks registre.

Potentiale i beregningsarbejde er steget mest siden 2022

Blandt de ti job, der har set den største fremgang i automatiseringspotentiale som følge af den teknologiske fremgang mellem 2022 til 2024⁷¹, er mange job, hvor skrivning og beregning spiller en stor rolle, jf. figur 3.5. Det gælder bl.a. almindeligt beregningsarbejde, indtastningsarbejde og almindeligt sekretærarbejde. Det ser altså ud til at være disse job, der har været mest påvirkede af den teknologiske udvikling siden 2022. Det er i overensstemmelse med, at megen teknologisk fremgang har været inden for GenAI, særligt inden for tekstgenerering.

DK's potentiale ligger i den lave ende i OECD

Danmark er et af de lande i OECD, der har det laveste automatiseringspotentiale, jf. figur 3.6. Det laveste potentiale finder man i Norge, hvor 44 pct. af den samlede beskæftigelse teknisk set kan automatiseres. Omvendt har Italien et samlet potentiale på 52 pct. og ligger derved højest blandt OECD-landene. Forskellene imellem landene er dog små, fordi forskelle i automatiseringspotentiale i denne analyse udelukkende skyldes forskelle i erhvervsstruktur mellem landene.⁷²

Fremgangen efter AI er også større i andre lande

Danmark er også blandt de lande, hvor fremskridtene inden for kunstig intelligens har medført den mindste stigning i det samlede automatiseringspotentiale. Stigningen varierer dog kun i meget lille grad på tværs af lande. Den mindste fremgang ses i Litauen, hvor potentialet er steget med 14 pct.-point. Den største fremgang ses i Italien, hvor potentialet er steget med ca. 18 pct.-point.

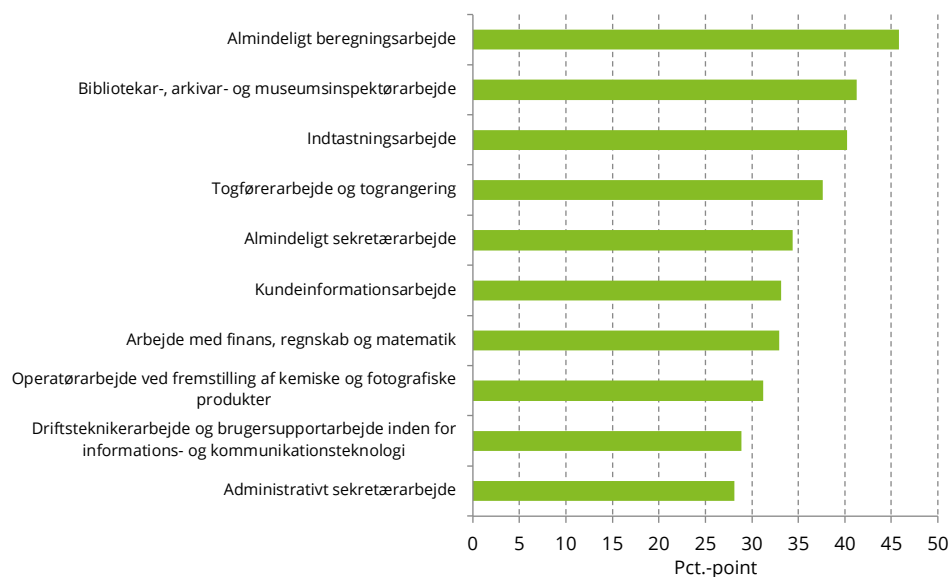
DK kan sakke bagud, hvis potentiale ikke indfries

Tallene giver ikke anledning til at forvente, at Danmark kan øge sin relative produktivitet mere end andre OECD-lande gennem automatisering. Omvendt indikerer de, at hvis ikke Danmark får indfriet automatiseringspotentialet, men andre lande gør, risikerer Danmark en forringet relativ produktivitet.

⁷¹ Dvs, hvor forskellen i automatiseringspotentiale er størst, alt efter om vi anvender ekspertsvarene fra OECD (2022) eller vores indsamlede ekspert svar fra 2024.

⁷² Da vi bruger O*NET databasens beskrivelse af jobindhold til estimering af automatiseringspotentialet i alle lande, er det ikke forskelle i jobindhold for de samme jobs, men alene forskelle i fordelingen af arbejdsstyrken på jobs, der driver de internationale forskelle.

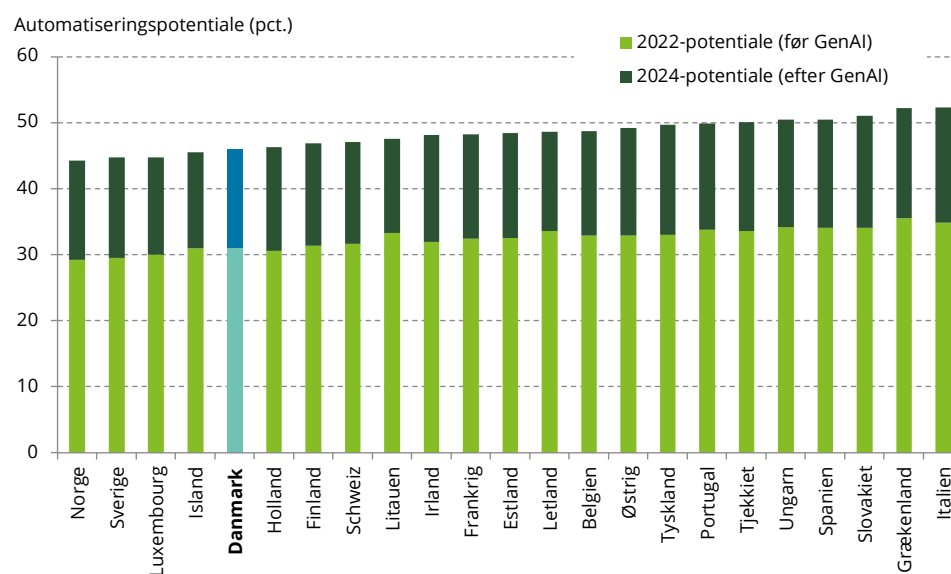
Figur 3.5 Job med størst fremgang i automatiseringspotentiale efter GenAI



Anm.: Job på 3-cifret DISCO-niveau.

Kilde: Egne beregninger baseret på eget eksperter survey, OECD Expert Survey on Skills and Abilities Automatability (OECD 2022), OpenAls GPT-4, O*NET og Danmarks Statistiks registre.

Figur 3.6 Teknisk automatiseringspotentiale i forskellige OECD-lande



Anm.: Potentialet på tværs af OECD-lande er udregnet på baggrund af Eurostats "Labour Force Survey", der indeholder beskæftigelsesdata på 3-cifret ISCO-niveau.

Kilde: Egne beregninger baseret på eget eksperter survey, Eurostat, OECD Expert Survey on Skills and Abilities Automatability (OECD 2022), OpenAls GPT-4, O*NET og Danmarks Statistiks registre.

3.2 Automatisering kan hjælpe på – men ikke redde – det offentliges lavere produktivitetsvækst

Produktivitetsvækst højere i privat sektor end i offentlig

Det er en bredt anerkendt udfordring, at produktivitetsvæksten i den offentlige sektor er lavere end i den private sektor. Mens timeproduktiviteten i de private byerhverv er steget med ca. 1,5 pct årligt siden årtusindeskiftet,⁷³ har den årlige produktivitetsvækst i det offentlige været tættere på 0,6 pct. årligt mellem 2007 og 2019.⁷⁴ Hvis automatisering i fremtiden kan medvirke til at ændre på dette forhold, kan det være gode nyheder for velfærdsstaten.

Det kan føre til relativt dyrere offentlige services

Den lavere produktivitetsvækst i den offentlige sektor relativt til den private sektor udfordrer kvaliteten af de tilbud, som det offentlige kan levere ved et givent skattetryk. Det fører nemlig til, at offentlige serviceydelser bliver dyrere at fremstille, relativt til varer produceret i den private sektor. Dette fænomen kaldes i den økonomiske litteratur for Baumols omkostningssyge. Kraka-Deloitte har tidligere behandlet denne udfordring.⁷⁵ Problemet opstår, fordi produktivitetsvæksten i produktionen af serviceydelser, som det offentlige leverer relativt mange af, generelt er lavere end produktivitetsvæksten i produktionen af varer. Derved burde lønninger, hvis alle fik løn efter deres produktivitet, stige mere i det private end i det offentlige. Men hvis det sker, vil det blive sværere og sværere for den offentlige sektor at tiltrække den nødvendige arbejdskraft. Derfor er den offentlige sektor nødt til at hæve lønningerne i samme takt som i den private sektor. Og det fører til, at de offentlige serviceydelser bliver stadig dyrere at fremstille relativt til privatproducerede varer.

Automatiseringspotentiale er også størst i det private ...

I denne analyse viser vi, at potentialet for automatisering er større i den private sektor end i den offentlige sektor. I den private sektor kan 52 pct. af arbejdstiden teknisk set automatiseres, mens det kun gælder for ca. 38 pct. af arbejdstiden i den offentlige sektor, jf. figur 3.7. Stigningen i automatiseringspotentialet fra 2022 til 2024, hvor der er sket store fremskridt inden for særligt GenAI, har også været størst i den private sektor.

... men forskellen er mindre end historisk produktivitetsvækst

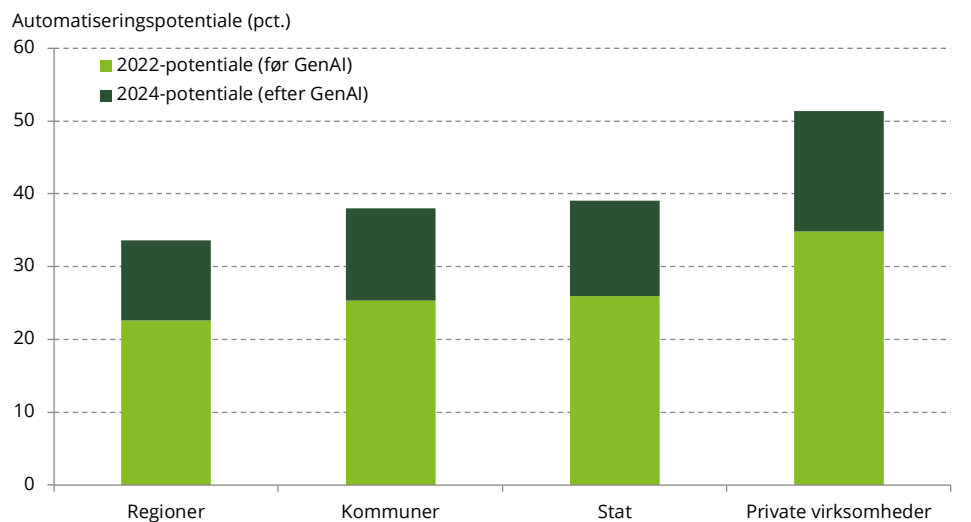
Vi viser imidlertid, at automatisering har potentiale til at mindske *forskellene* i produktivitetsvækst mellem den offentlige og private sektor. Automatisering gavner nemlig produktiviteten. Og forskellen i automatiseringspotentiale (1,4 gange højere i den private sektor end i den offentlige) er mindre end den historiske forskel i produktivitetsvækst mellem den private og den offentlige sektor (2,5 gange højere i den private sektor end i den offentlige).

⁷³ DØR (2023).

⁷⁴ Egne beregninger pba. tal fra Statistikbankens tabeller NAN1 og NOF1

⁷⁵ Kraka-Deloitte (2022)

Figur 3.7 Teknisk automatiseringspotentiale i sektorer



Anm.: Det tekniske automatiseringspotentiale angiver andelen af den samlede arbejdstid for lønmodtagere inden for hver sektor, som har teknisk potentiale til at blive automatiseret. Regioner, kommuner og stat udgør til sammen sektoren "Offentlig forvaltning og service", som har et samlet automatiseringspotentiale på 38 pct. (25 pct. før GenAI). Private virksomheder udgør sammen med offentlige virksomheder og private non-profit organisationer og sociale kasser og fonde sektoren "Virksomheder og organisationer", som har et samlet automatiseringspotentiale på 52 pct. (35 pct. før GenAI).

Kilde: Egne beregninger baseret på eget ekspertsurvey, OECD Expert Survey on Skills and Abilities Automatability (OECD 2022), OpenAIs GPT-4, O*NET og Danmarks Statistiks registre.

Ny teknologi har øget forskel mellem offentlig og privat

Andre har fundet, at teknologisk fremgang inden for generativ kunstig intelligens har ført til større potentiale for produktivitetsfremgang i den offentlige sektor end i den private.⁷⁶ Det kan vores analyse ikke bekræfte. Vi finder, at forøgelsen af automatiseringspotentialet som følge af teknologisk udvikling, herunder GenAI, også har været størst i den private sektor. Mens den teknologiske udvikling efter 2022 har øget automatiseringspotentialet med ca. 12 pct.-point i den offentlige sektor, har den øget automatiseringspotentialet med 17 pct.-point i den private sektor.

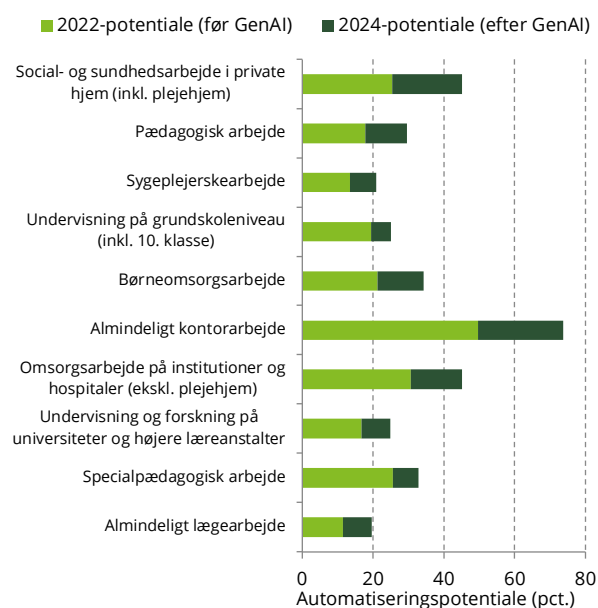
Mange omsorgsjob i offentlig sektor medvirker til forskel

Det lavere automatiseringspotentiale i den offentlige sektor relativt til den private skyldes især, at der er mange offentligt ansatte i sundheds-, omsorgs-, og undervisningsstillinger, jf. figur 3.8.a. Blandt de ti største faggrupper inden for den offentlige sektor er det kun en enkelt, almindeligt kontorarbejde, der har et automatiseringspotentiale på over 50 pct. Til sammenligning er det seks ud af de ti største faggrupper i den private sektor, der har et automatiseringspotentiale på over 50 pct, jf. figur 3.8.b.

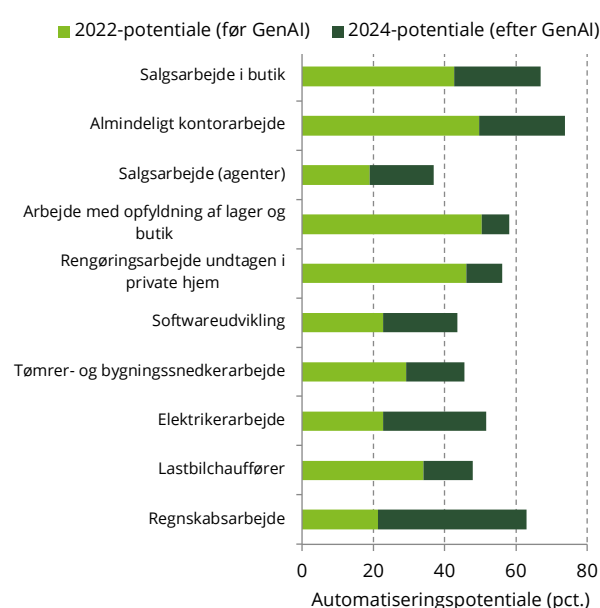
⁷⁶ McKinsey (2023)

Figur 3.8 Teknisk automatiseringspotentiale i de ti største job i den offentlige og private sektor

Figur 3.8.a Offentlig forvaltning og service



Figur 3.8.b Virksomheder og organisationer



Anm.: Job er defineret på 4-cifret DISCO-niveau. Figurene er sorteret efter jobbenes andel af beskæftigelsen inden for sektoren. De viste job udgør hhv. 58 pct. og 26 pct. af den offentlige og private fuldtidsbeskæftigelse.

Kilde: Egne beregninger baseret på eget ekspertsurvey, OECD Expert Survey on Skills and Abilities Automatability (OECD 2022), OpenAIs GPT-4, O*NET og Danmarks Statistiks registre.

Automatisering kan reducere forskel i produktivtetsvækst

Til trods for at automatiseringspotentialet er lavere i den offentlige end i den private sektor, indikerer analysen, at automatisering kan bidrage til at dæmpe udviklingen i Baumol-problematikken fremadrettet. Automatiseringspotentialerne er nemlig væsentligt tættere på hinanden, end produktivtetsudviklingen historisk har været. Mens produktivtetsvæksten i nyere tid har været ca. 2,5 gange højere i det private end i det offentlige, er automatiseringspotentialet "kun" 1,4 gange højere. Hvis produktivtetsvæksten i økonomien fremover primært drives af automatisering, og den offentlige og private sektor indfrier automatiseringspotentialet i samme grad, kan forskellen i produktivtetsudvikling sektorernes imellem altså blive mindre, end den hidtil har været.

Men realisering kan blive svær og kræver politisk mod

Hvis dette scenarie skal realiseres, kræver det dog, at den offentlige sektor formår at indfri automatiseringspotentialet. Det vil kræve, at politikere tør træffe de nødvendige beslutninger og sætte en entydig retning for både stat, regioner og kommuner. En del af automatiseringspotentialet i den offentlige sektor findes hos faggrupper, som arbejder med mennesker. Det gælder fx social- og sundhedsarbejdere, specialpædagogisk arbejde og børneomsorgsarbejde. Og potentialerne kan være særligt svære at indfri inden for disse områder – der kan fx både være udfordringer mht. social acceptabilitet og udvikling af økonomisk rentable, implementerbare løsninger.

Nuværende indsats er ikke tilstrækkeligt koordineret

Flere eksperter kritiserer allerede arbejdet med at udvikle og implementere løsninger baseret på kunstig intelligens i den offentlige sektor for at være for ukoordineret.⁷⁷ Der er mange mindre initiativer rundt omkring, både i kommuner, regioner og stat. Fx viser en aktindsigt til Akademikerbladet, at Roskilde Kommune arbejder på en digital assistent-løsning på borgerserviceområdet, og at Ankestyrelsen arbejder med udvikling af en AI-løsning, som vha. analyse af sammenlignelige afgørelser kan frembringe beslutningsstøtte ved behandling af klagesager. Men tiltagene er ofte små og spredte.

Behov for mere strategisk og koordineret indsats

Hvis ikke den offentlige sektor formår at indfri det tekniske automatiseringspotentiale i samme grad som den private sektor, forspilder den ikke kun en chance for at mindske gabet mellem offentlig og privat produktivtetsvækst i fremtiden. Gabet risikerer at blive større end nødvendigt. Vi

⁷⁷ Se fx denne artikel: <https://dm.dk/akademikerbladet/aktuelt/ai/2024/eksperter-rejser-tvivel-om-regeringens-10-aars-plan-for-kunstig-intelligens/>

foreslår derfor, at man i den offentlige sektor udvikler en mere koordineret og strategisk tilgang til implementeringen af automatisering og kunstig intelligens. Det er i den sammenhæng anbefales værdigt systematisk at gennemføre mindre tiltag med implementering af AI på forsøgsbasis på konkrete områder for på den måde at høste erfaringer med, hvordan man bedst indfrier potentialet og samtidig undgår uhensigtsmæssige investeringer. Det har man fx gjort i Region Midtjylland, hvor fem gymnasier har modtaget lidt over en mio. kroner til at afprøve brugen af kunstig intelligens i forskellige fag.⁷⁸ Lige så vigtigt er det at sikre gode rammer for, at institutioner, kommuner, regioner mv. aktivt deler viden og erfaringer, så gode løsninger kopieres, og fejl ikke gentages.

3.3 Automatisering kan bidrage til at opretholde den historiske produktivitetsvækst

Automatisering kan få store økonomiske konsekvenser

Afsnit 3.1 beskrev, hvor stor en andel af beskæftigelsen i Danmark der *teknisk set* kan automatiseres med eksisterende teknologi. Hvis dette tekniske automatiseringspotentiale indfries til fulde, kan det få store konsekvenser for dansk økonomi.

Det er kompliceret at tage højde for alle effekter

Præcist, hvor stor effekten på den økonomiske vækst vil blive, afhænger bl.a. af omkostningerne ved brug af den teknologi, som kan erstatte menneskelig arbejdskraft, hvordan indkomsterne fra produktionen fordeles i befolkningen, og hvordan efterspørgslen efter forskellige varer og tjenester reagerer på ændringer i indkomster og priser. En præcis beregning kræver derfor viden, der ikke findes i dag. Men med to eksempelberegninger giver vi et spænd for de mulige effekter.

I højproduktivt scenarie kan BVT øges med 89 pct.

Til brug for begge eksempelberegninger antager vi, at en indfrielse af det tekniske automatiseringspotentiale på 46 pct. betyder, at økonomien kan producere præcis det, den kan i dag, mens den kun bruger 54 pct. af arbejdsstyrken til at gøre det. Den frigivne arbejdskraft, dvs. de 46 pct., indgår herefter i økonomien igen. Et naturligt udgangspunkt er, at den frigivne arbejdskraft indgår i økonomien med en produktivitet svarende til den "nye" gennemsnitlige arbejdsproduktivitet i de brancher, den kommer fra.⁷⁹ Dvs. at de 46 pct. producerer lige så meget pr. fuldtidsperson som dem, der ikke kunne frigives fra samme brancher. I det tilfælde vil økonomiens output målt ved bruttoværditilvæksten,⁸⁰ BVT, kunne øges med 89 pct, jf. figur 3.9 (se boks 7 for en beskrivelse af beregningen).

Konservativt skøn antager lavere produktivitet ...

I praksis er det muligt, at den frigivne arbejdskraft vil genindtræde i økonomien med en gennemsnitlig produktivitet, der er forskellig fra den nye, gennemsnitlige produktivitet for den del af arbejdsstyrken, hvis arbejdsopgaver ikke er blevet automatiserede. Det skyldes delvist, at de personer, hvis arbejdskraft frigives, adskiller sig systematisk fra dem, hvis arbejdskraft ikke frigives. De har fx typisk kortere uddannelser. Hertil kommer, at automatiseringen også kan påvirke sammensætningen af økonomiens output. Både fordi den merindkomst, der nu kan skabes, sandsynligvis fordeles anderledes, end indkomst tidligere fordeltes – fx er det muligt, at mere går til kapitalejere og derfor også forbruges anderledes. Og fordi efterspørgslen efter forskellige varer og tjenester reagerer forskelligt på ændringer i pris og indkomst. Fx vil befolkningen, når den bliver rigere, typisk bruge en større andel af merindkomsten på restaurantbesøg end på kolonialvarer. Og forbruget af fx mel er typisk mindre følsomt over for ændringer i pris end forbruget af fx sodavand.

... og giver forøgelse af BVT på 42 pct.

For at vurdere konsekvensen af, at den frigivne arbejdskraft har en lavere produktivitet end den gennemsnitlige i de brancher, den kommer fra, tager det alternative skøn udgangspunkt i, at den frigivne arbejdskraft indgår i økonomien med en arbejdsproduktivitet svarende til gennemsnittet i den mindst produktive fjerdedel af brancher efter automatisering. I det tilfælde vil en fuld indfrielse af automatiseringspotentialet føre til en stigning i økonomiens output på 42 pct.⁸¹

⁷⁸ <https://www.dr.dk/nyheder/indland/chatgpt-kan-goere-kaempe-forskel-elever-der-ikke-faar-lektiehjaelp-hjemme>

⁷⁹ Målt ved bruttoværditilvæksten pr. arbejdstime.

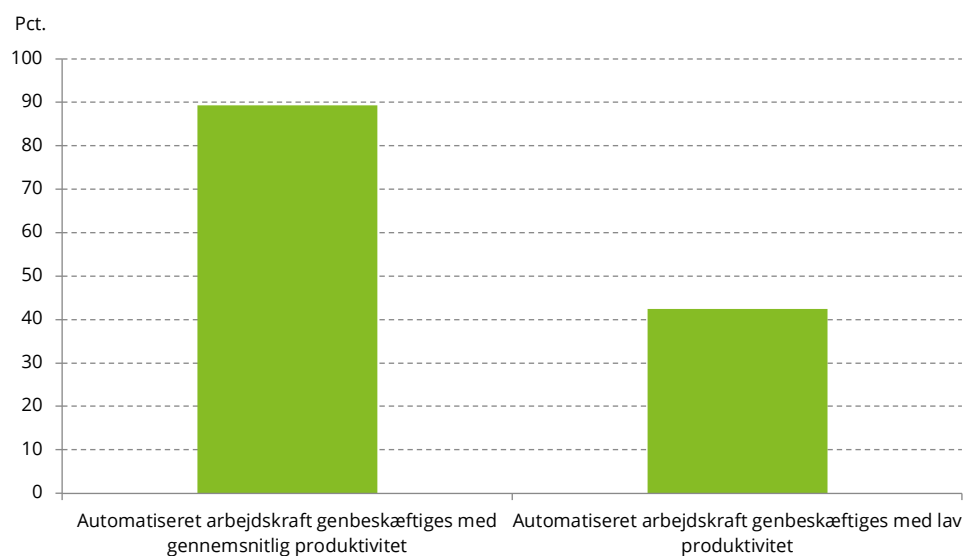
⁸⁰ Bruttoværditilvæksten er bruttonationalproduktet (BNP) fratrukket nettoafgifter (fx moms).

⁸¹ Et tredje scenarie kunne være, at den frigivne arbejdskraft genindgik i økonomien med den "gamle" produktivitet i den branche, den kom fra. Da ville stigningen i BVT være omtrent det samme som i dette scenarie, helt præcis ville den være 45 pct.

Resultaterne er forbundet med stor usikkerhed

De to vækstskøn giver et spænd for de mulige langsigtede gevinster ved automatisering for dansk økonomi. Automatisering er ikke den eneste kilde til vækst, og for at få et komplet skøn for den fremtidige vækst i økonomien, vil der fx skulle tillægges vækst fra andre typer af teknologiske fremskridt. Omvendt er der også mindst to årsager til, at skønnene kan overvurdere de faktiske effekter af automatisering på velstandsniveauet. For det første går beregningerne ud fra, at en stor mængde arbejdskraft bliver erstattet med bl.a. robotter og kunstig intelligens, og produktionen dermed bliver mere kapitalintensiv. I beregningerne ses bort fra, at det vil kræve en del ressourcer at vedligeholde denne kapital. For det andet er der tale om tekniske automatiseringspotentialer, og det er muligt, at en del af potentialet ikke vil være økonomisk rentabelt at indfri inden for en overskuelig tidshorizont. Der kan desuden være etiske og sociale barrierer, som forhindrer automatiseringen af nogle typer af arbejdsopgaver.

Figur 3.9 Forventet forøgelse af bruttoværditilvæksten i dansk økonomi, hvis det fulde automatiseringspotentiale indfries



Anm.: Bruttoværditilvæksten, BVT, er bruttonationalproduktet, BNP, fratrukket nettoafgifter (fx moms). Se boks 2 for beregningsmetoden.

Kilde: Egne beregninger baseret på eget ekspertsurvey, OpenAIs GPT-4, O*NET, Danmarks Statistiks registre, Statistikbanken, tabellerne NABP117 og NABB117.

Boks 7 Beregning af effekter på BVT

Vi regner på to scenarier for effekter på BVT som følge af fuld indfrielse af det tekniske automatiseringspotentiale.

I begge scenarier antager vi, at 54 pct. af arbejdsstyrken ved fuld indfrielse af automatiseringspotentialet vil producere det samme, som hele arbejdsstyrken gør i dag. Og vi antager også i begge scenarier, at den arbejdskraft, der er frigivet ved automatisering, vil finde ny beskæftigelse.

I det første scenarie antager vi desuden, at den frigivne arbejdskraft finder beskæftigelse med en arbejdsproduktivitet (målt ved BVT pr. præsteret arbejdstime) svarende til produktiviteten efter automatisering i den branche, den kommer fra. Konkret beregner vi det nye BVT i dette scenarie således:

1. For hver af de 117 brancher beregner vi et branchespecifikt automatiseringspotentiale.
2. Vi beregner herefter, hvor stor en BVT den frigivne arbejdskraft kan skabe, hvis den er lige så produktiv som den ikke-frigivne arbejdskraft i branchen. Det gør vi ved at gange branchens BVT med $ba/(1 - ba)$, hvor ba er branchens automatiseringspotentiale.
3. Herefter summerer vi den frigivne arbejdskrafts BVT over alle brancher og lægger dette til den samlede BVT for alle brancher (skridt 2 og 3 svarer tilsammen til at gange BVT i hver branche med $1/(1 - ba)$ og summere over brancher).

I det andet scenarie antager vi, at den frigivne arbejdskraft finder beskæftigelse med en arbejdsproduktivitet svarende til den mindst produktive fjerdedel af den ikke-frigivne arbejdskraft. Konkret beregner vi det nye BVT i dette scenarie således:

1. For hver af de 117 brancher beregner vi et branchespecifikt automatiseringspotentiale.
2. Vi beregner herefter produktiviteten i branchen efter automatisering. Det gør vi ved at dividere branchens BVT med antallet af præsterede arbejdstimer i branchen efter automatisering. Sidstnævnte finder vi ved at gange det faktiske antal præsterede timer i branchen med $(1 - ba)$, hvor ba er branchens automatiseringspotentiale.
3. Herefter sorterer vi brancherne efter denne nye produktivitet, fra lavest til højest, og udvælger de brancher med lavest ny produktivitet, der tilsammen står for ca. en fjerdedel af den ikke-frigivne beskæftigelse (i praksis 27 pct.).
4. Herefter beregner vi den gennemsnitlige nye produktivitet på tværs af disse brancher, idet vi vægter med den ikke-frigivne beskæftigelse i branchen.
5. Endelig ganger vi denne gennemsnitlige produktivitet med den samlede frigivne beskæftigelse og lægger dette til det samlede BVT for alle brancher.

Vi regner med 117 brancher, jf. den mest detaljerede inddeling i nationalregnskabet (Danmarks Statistik, Statistikbanken, tabel NABB117 og NAPP117), og tager udgangspunkt i regnskabstal fra 2019, da det nyeste tilgængelige år er 2020, hvor økonomien var stærkt påvirket af Covid-19-epidemien.

Vi undersøger, hvor hurtigt ændringerne kan indtræffe

Det er således ikke sikkert, at alt, hvad der teknisk set kan automatiseres i dag, vil blive automatiseret i fremtiden. Men med de nævnte forbehold kan automatisering – alene på baggrund af den teknologi vi har i dag – forøge dansk BNP med et sted mellem 42 og 89 pct. på sigt. Jo hurtigere automatiseringen går, desto mere markant vil effekterne opleves. Nutidsværdien af den øgede produktion vil være højere, jo hurtigere potentialet indfries. Men en meget hurtig indfrielse kan samtidig føre til store omvæltninger på arbejdsmarkedet med høje omstillingsomkostninger til følge. Det kan betyde, at nogle vil opleve perioder med arbejdsløshed, og at der kan komme et markant øget behov for efteruddannelse. Ved indfrielse over en længere periode vil omstillingen på arbejdsmarkedet sandsynligvis opleves mere gradvis, uden de store ændringer i jobomsætningen i forhold til i dag. I Danmark er arbejdsmarkedet nemlig allerede meget dynamisk. Fx startede danskerne nyt job næsten 875.000 gange i 2023.⁸² I det følgende ser vi nærmere på mulige scenarier for hastigheden, hvormed automatiseringsteknologierne inddrages i produktionen.

Scenarier for spredningshastighed

Der findes en omfattende økonomisk litteratur, som beskæftiger sig med, hvordan og hvor hurtigt teknologi spredes og optages i produktionen. Et af de fund, der går igen, er, at det generelt tager lang tid, før nye teknologier spredes, og produktivetsforbedringer realiseres. Et studie af spredningen af 15 forskellige teknologier i 166 lande over de seneste to århundreder har fx fundet, at optaget af nye teknologier i gennemsnit er begyndt hele 45 år efter deres opfindelse.⁸³

Litteraturen finder langsom spredning

⁸² Ifølge denne opgørelse: <https://jobindsats.dk/databank/arbejdsmarked/status-pa-arbejdsmarkedet/beskaeftigelse-og-jobskifte/antal-personer-der-har-skiftet-eller-startet-i-nyt-job/jobomsaetning/>

⁸³ Comin og Hobijn (2010).

Spredning af traktorer tog mange år

Et meget velbeskrevet eksempel på en teknologi med meget langsom spredning er traktoren i amerikansk landbrug. Mens traktoren blev opfundet i 1800-tallet, var det først i begyndelsen af 1900-tallet, at den begyndte at erstatte heste og muldyr i landbruget. I begyndelsen gik optaget desuden meget langsomt. Faktisk var det først i 1940'erne, at optaget for alvor begyndte at stige hurtigt.⁸⁴ Og det var først i 1960'erne, at udbredelsen af traktoren i amerikansk landbrug var fuldstændig.

Nye teknologier optages hurtigere

Nyere teknologier finder dog ofte hurtigere bred anvendelse end ældre. Fx tog det ifølge førnævnte studie omkring 100 år fra opfindelsen af damp- og motorskibe og af jernbanen, før de var i brug i halvdelen af de lande, der indgik i undersøgelsen. Men det tog mindre end 15 år fra opfindelsen af computeren og af internettet, før de begyndte at blive taget i brug i halvdelen af landene. Derfor er der ikke nogen grund til at forvente, at det vil tage over 100 år, før allerede eksisterende teknologi begynder at automatisere arbejdsopgaver i Danmark.

Spredningen følger typisk en S-kurve

En anden meget udbredt konklusion i den empiriske litteratur er, at teknologispredning som regel følger en såkaldt S-kurve, hvor spredningen er langsom i begyndelsen, da det til en start kun er de mest innovative, der anvender teknologien.⁸⁵ Efterfølgende stiger spredningshastigheden, efterhånden som andre lærer af og kopierer de innovative. Og til sidst falder hastigheden igen, idet der er færre tilbage, som kunne have gavn af teknologien, men som endnu ikke anvender den.

Stor forskel i spredning af IT-teknologier

Teng m.fl. (2002) giver et overblik over spredningen af 20 IT-innovationer blandt virksomheder i USA. De finder, at disse teknologiers spredning generelt fulgte S-kurver⁸⁶, men at spredningshastigheden varierede markant på tværs af teknologierne. Nogle teknologier, fx regneark, computere og klient/server-arkitektur, spredtes hurtigt til mange virksomheder. Andre, såsom e-mail, faxmaskiner og telekonferenceteknologi, endte også med at blive anvendt meget bredt, men spredningen gik langsommere. Endnu andre teknologier fandt aldrig bred anvendelse.

Potentiale indfries, når teknologien spreder sig

I denne analyse er vi ikke interesserede i at forudsige optaget af én helt konkret teknologi, men derimod i, hvor hurtigt en samling af teknologier automatiserer arbejdsopgaver. Det er imidlertid ikke urimeligt at antage, at arbejdskraft automatiseres med omtrent samme hastighed, som den teknologi, der muliggør automatiseringen, optages af virksomheder. Hvis vi antager, at denne automatiseringsteknologi har samme spredningshastighed som computeren, kan vi forvente, at det fulde automatiseringspotentiale er indfriet omkring 2040. Hvis teknologien spreder sig med samme hastighed som e-mailen, kan vi dog først forvente fuldt indfrielse af potentialet efter 2050, jf. figur 3.10.

Tidsestimater er baseret på historiske eksempler

Disse tidsestimater for indfrielse af det tekniske automatiseringspotentiale er baseret på historiske eksempler. Flere forskellige faktorer påvirker hastigheden, hvormed teknologien inddrages i produktionen. Fx er teknologiomkostninger ofte en afgørende faktor. Traktorens meget langsomme spredning kan fx i meget høj grad forklares af, at det i lang tid generelt ikke var økonomisk rentabelt at lade heste og muldyr erstatte.⁸⁷

Alternativ metode bruger forventet fald i omkostninger

En alternativ tilgang til at forudsige hastigheden for indfrielse af automatiseringspotentialet er derfor at tage udgangspunkt i den forventede udvikling i omkostningerne ved disse teknologier. Fx har Svanberg m.fl. (2024), i et endnu ikke fagfællebedømt studie, undersøgt, hvor økonomisk attraktivt det i dag er at automatisere arbejdsopgaver på baggrund af den specifikke AI-teknologi *computer vision*,⁸⁸ og hvordan dette kan forventes at udvikle sig over tid.⁸⁹ Forfatterne konkluderer, at givet omkostningerne ved at bruge teknologien i dag kan det for langt de fleste virksomheder i USA ikke betale sig at automatisere sådanne opgaver, se boks 8 for et eksempel på ræsonnementet i analysen. Faktisk estimerer de, at det kun vil kunne betale sig at automatisere, hvad der svarer

⁸⁴ Se fx Manuelli og Seshadri (2014).

⁸⁵ Se Griliches (1957) og Mansfield (1961) for tidlige, kanoniske bidrag. Comin m.fl. (2008) finder dog, at tages der højde for intensiteten af teknologianvendelse – dvs. hvor meget hver bruger anvender teknologien, ikke alene hvor mange brugere, der anvender den – er S-kurver ikke en god repræsentation. Da er spredningen ofte nærmere konkav.

⁸⁶ Helt konkret finder de, at den såkaldte Bass diffusion model repræsenterer spredningen godt.

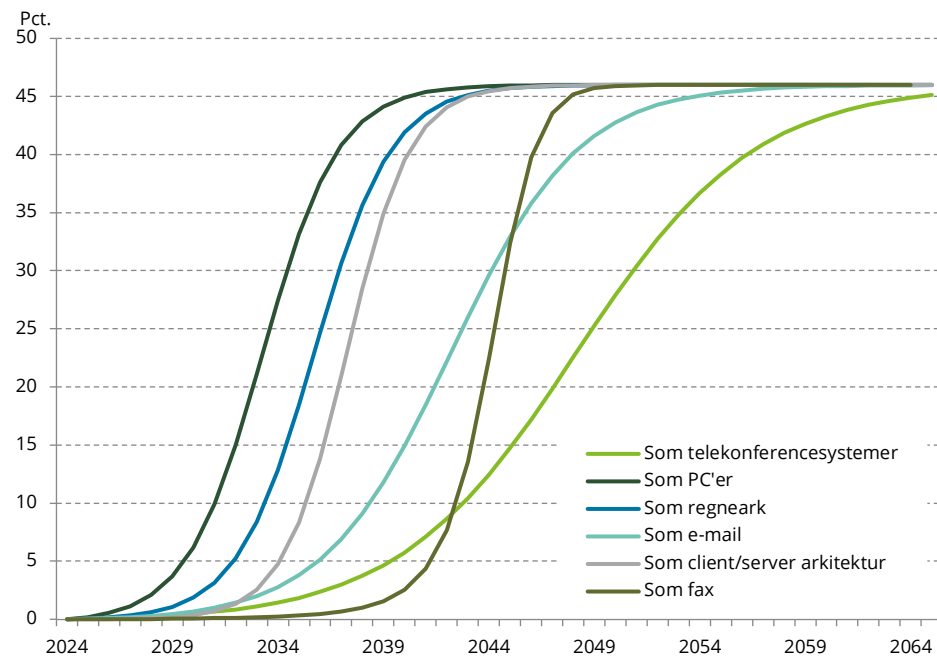
⁸⁷ Manuelli og Seshadri (2014).

⁸⁸ Computer vision kan bruges til at automatisere arbejdsopgaver, som indebærer visuel inspektion.

⁸⁹ Svanberg m.fl. (2024).

til 23 pct. af de lønninger, der i dag går til visuelle arbejdsopgaver, og som teknisk set ville kunne automatiseres.

Figur 3.10 Scenarier for automatiseringshastighed, hvis automatiseringsteknologien spredter med samme hastighed som forskellige tidligere teknologier



Anm.: Hver serie angiver forventet implementeringsforløb for automatiseringsteknologier, herunder AI, i et scenarie, hvor spredningen følger én tidligere teknologi. Kurverne har alle form som Bass diffusionskurver, dvs. har hældning $\frac{dN(t)}{dt} = (p + q \times N(t))(m - N(t))$, hvor $N(t)$ i dette tilfælde er andelen af automatiseret arbejdskraft i Danmark. Det er værdierne for p og q (ofte kaldt hhv. innovations- og imitationsfaktorerne), som bestemmer formen på kurven, og disse er estimeret i Teng m.fl. på baggrund af de konkrete teknologiers spredning i amerikanske virksomheder. m angiver den maksimale adoption af teknologien og er her sat til 46 pct., dvs. det fulde tekniske automatiseringspotentiale i økonomien.

Kilde: Egne beregninger baseret på parametre fra Teng m.fl. (2002)

Boks 8 Eksempel på opgaver, det trods teknisk potentiale ikke kan betale sig at automatisere ved brug af *computer vision*.

Svanberg m.fl. bruger en bager til at eksemplificere, at det ofte ikke er rentabelt at automatisere de opgaver, som det teknisk set er muligt at automatisere ved brug af *computer vision*. En af de arbejdsopgaver, en bager udfører, er visuelt at inspicere deres ingredienser for at tjekke, at de er af ordentlig kvalitet og ikke fordærvede. Baseret på data fra O*NET vurderer forfatterne, at en bager bruger omkring 6 pct. af sin tid på at tjekke fødevarerens kvalitet. Danske bagere har i gennemsnit en årsløn på ca. 400.000 kr.,⁹⁰. Det betyder, at et lille bageri med fire bagere vil kunne spare 96.000 kr. i arbejds løn om året ved at automatisere denne opgave. Men det er ifølge forfatterens opgørelser langt mindre end de omkostninger, der ville være forbundet med at udvikle, implementere og vedligeholde et *computer vision*-system til formålet.

Kilde: Svanberg m.fl. (2024)

Andre teknologier har årligt omkostningsfald på 22 pct.

Svanberg m.fl. (2024) argumenterer samtidig for, at den mest sandsynlige vej til lavere omkostninger går via reduktion i omkostningerne ved at bygge og drifte AI-systemer til automatisering (herafter benævnt systemomkostninger). Der skal dog væsentlige omkostningsreduktioner til, hvis udbredelsen skal nå langt på kort og mellemlangt sigt. Forfatterne estimerer fx, at hvis de årlige systemomkostninger bare falder med 10 pct. om året fremadrettet, vil det om to årtier stadig kun være omkring halvdelen af de automatiserbare visuelle opgaver, som det er økonomisk rentabelt

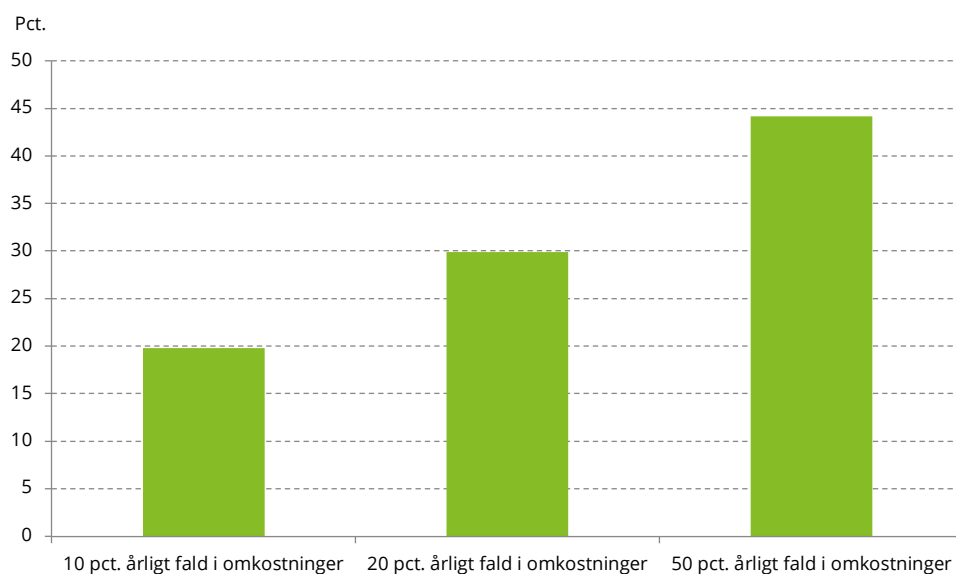
⁹⁰ Danmarks Statistik, Statistikbanken tabel LONS20, DISCO 7512, 2022.

Hurtig indfrielse kræver hurtige omkostningsfald

at automatisere. Falder de med 50 pct. om året, vil halvdelen være økonomisk rentabelt at automatisere allerede i 2026, men selv da vil der være visuelle opgaver, som det ikke er rentabelt at automatisere i 2042. Spørgsmålet er så, hvor meget man kan forvente, at omkostningerne falder over tid. Andre har ifølge Svanberg m.fl. (2024) fundet, at de årlige omkostninger ved databehandling⁹¹ falder med ca. 22 pct. om året, men det er kun en del af omkostningerne ved at anvende AI-teknologi. Hertil skal lægges omkostninger til fx data og udvikling, og hvordan disse omkostninger ændrer sig over tid, vurderer forfatterne, er sværere at forudsige.

Hvis vi antager, at disse resultater tilnærmelsesvis gælder for automatiseringsteknologier generelt, også i en dansk sammenhæng, indikerer de, at hvis teknologiomkostningerne reduceres med 10 pct. om året, vil det om 20 år kun være rentabelt at automatisere ca. 20 pct. af lønmodtagernes arbejdstid. Falder de med 20 pct. om året, vil det være rentabelt at automatisere ca. 30 pct. af lønmodtagernes arbejdstid om 20 år. Selv hvis omkostningerne falder med 50 pct. om året, vil der dog om 20 år være en lille mængde opgaver, som det ikke er rentabelt at automatisere, jf. figur 3.11. Baseret på disse skøn, skal der altså meget store omkostningsreduktioner til, hvis det fulde automatiseringspotentiale skal indfries med den hastighed som fx computeren spredte sig. Da pris samtidig ikke er den eneste potentielle barriere for automatisering, er det nok mere rimeligt at forvente en spredningshastighed, der svarer til e-mail eller telekonferencsystemer. Dvs. tilnærmelsesvis fuld indfrielse af potentialet efter 30-40 år.

Figur 3.11 Forventet andel af arbejdstiden, som det vil være rentabelt at automatisere om 20 år ved forskellige årlige reduktioner i systemomkostninger



Kilde: Egne beregninger baseret på eget ekspertsurvey, OpenAIs GPT-4, O*NET, Danmarks Statistiks registre, og aflæsning af figur 10 i Svanberg m.fl. 2024.

I højproduktivt scenarie kan BVT stige 1,8 til 4,4 pct./år

Forventede årlige effekter for bruttoværditilvæksten i dansk økonomi

Hastigheden, hvormed det tekniske potentiale for automatisering indfries, har implikationer for de forventede årlige effekter på bruttoværditilvæksten i dansk økonomi, jf. figur 3.12. Hvis alt, hvad der i dag teknisk set kan automatiseres, bliver automatiseret inden for en periode på 15 år, og den automatiserede arbejdskraft genbeskæftiges med gennemsnitlig produktivitet, vil det bidrage til BVT-væksten med 4,4 pct. point årligt over de 15 år. Det vil give en høj nutidsværdi af den øgede produktion. Samtidig kan det dog betyde store omvæltninger på arbejdsmarkedet og derigennem høje omstillingsomkostninger. Tager det derimod 35 år, vil det gennemsnitlige årlige bidrag til BVT-væksten være ca. 1,8 pct. point årligt over de 35 år.⁹² Da vil nutidsværdien være lavere, men

⁹¹ Computing på GPU'er.

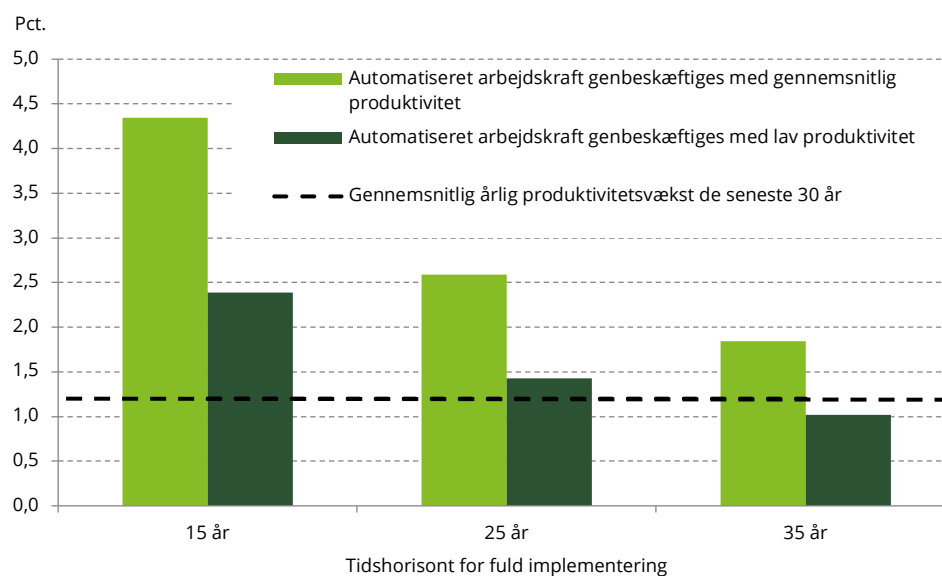
⁹² Disse resultater er baseret på det beregnede automatiseringspotentiale på baggrund af alle ekspertvurderinger. I sagens natur vil skønnet være højere, hvis man i stedet alene tog udgangspunkt i de mest optimistiske ekspertvurderinger, og lavere, hvis man alene tog udgangspunkt i de mest pessimistiske ekspertvurderinger, jf. Klejnstrup og Gotfredsen (2024).

samtidig vil omstillingen på arbejdsmarkedet opleves mere gradvis, muligvis uden de store ændringer i jobomsætningen ift. i dag.

Mere konservativt scenarium giver 1 til 2,4 pct./år

Genbeskæftiges den automatiserede arbejdskraft med lavere produktivitet, bliver effekterne mere afdæmpede. Da vil det gennemsnitlige årlige bidrag til BVT-væksten være ca. 2,4 pct.-point, hvis implementeringen tager 15 år. Hvis fuld implementering tager 35 år, vil det gennemsnitlige årlige bidrag til BVT-vækst dog kun være 1,0 pct.-point. Jf. overvejelserne i sidste afsnit er det realistisk, at optaget af automatiseringsteknologier kommer til at tage tid. Et vækstratebidrag på 4,4 pct. årligt over 15 år er dermed mindre realistisk.

Figur 3.12 Forventet årlig vækst i BVT som følge af automatisering under forskellige scenarier for implementering



Kilde: Egne beregninger baseret på eget eksperter survey, OpenAIs GPT-4, O*NET, Danmarks Statistiks registre og Statistikbanken, tabellerne NABP117, NABB117 og NP23

Til væksten skal lægges andre tekniske fremskridt

Selv vækstrater i den lavere del af spændet vil dog være et betydeligt bidrag til den fremtidige vækst. Over de seneste 30 år er produktiviteten i dansk økonomi steget med ca. 1,2 pct. om året i gennemsnit.⁹³ En del af denne stigning er også drevet af produktivetsforbedringer gennem automatisering. Derfor vil det ikke være rimeligt at antage, at fremadrettede automatiseringsdrevne produktivetsforbedringer skal lægges oven i den gennemsnitlige historiske produktivetsvækst. Men omvendt vil der skulle tillægges en vis grad af yderligere produktivetsstigninger, som følge af fx andre teknologiske fremskridt, for at vurdere den samlede produktivetsvækst fremadrettet. Resultaterne indikerer derfor, at automatisering på baggrund af eksisterende teknologi vil kunne bidrage til at opretholde en produktivetsvækst på et niveau svarende til, eller højere end, gennemsnittet over de seneste 30 år.

⁹³ Mellem 1993 og 2023, baseret på tabel NP23 i Danmarks Statistiks statistikbanken. 2010-priser, kædede værdier, økonomien i alt. Ofte opgøres produktivetsvæksten for de private byerhverv alene, da den er nemmere at måle. Denne har været lidt højere, omkring 1,5 pct. om året (se fx DØR, 2023). Til brug for denne analyse er den korrekte sammenligning dog med den samlede økonomis produktivetsvækst, da automatiseringspotentialerne også dækker den samlede økonomi.





4. Fordelingsmæssige konsekvenser af AI

Folk frygter at miste deres job til automatisering

Med indtoget af kunstig intelligens på arbejdsmarkedet, fylder konsekvenserne af automatisering i manges bevidsthed. Automatisering har potentiale til at øge produktiviteten i samfundet og derved gøre alle rigere. Alligevel frygter mange, at automatisering vil have en negativ indvirkning på deres arbejdssituation eller ultimativt betyde, at de mister deres job. Således svarer hver femte adspurgte i en spørgeskemaundersøgelse, som Epinion har foretaget for Kraka-Deloitte i forbindelse med denne rapport, at de er bekymrede for, at kunstig intelligens og robotter vil overtage deres job.

Automatisering kan have konsekvenser for den enkelte ...

At miste sit arbejde kan være en livsomvæltende begivenhed. Konsekvenserne for den enkelte er dog større, hvis den *type* af job, som man hidtil har haft, enten helt forsvinder, eller der kommer færre af dem, så man er nødt til at gå markant ned i løn eller forsøge at skifte spor. Derfor kan frygten for at miste sit job til automatisering være velbegrunderet for den enkelte.

... i form af lavere løn eller større risiko for ledighed på kort sigt

Industrirobotter, der erstatter fabriksarbejdere, og en grafisk designer, der mister sine opgaver til ChatGPT, er begge eksempler på automatisering. Det kan have negative konsekvenser på kort sigt for de berørte i form af lavere løn eller højere arbejdsløshed, såkaldte tilpasningsomkostninger. Begrebet tilpasningsomkostninger dækker over de omkostninger, som opstår i en mellemliggende periode, indtil økonomien har tilpasset sig ændrede forhold, fx at efterspørgslen efter forskellige typer af arbejdskraft ændrer sig ved automatiseringen.

På langt sigt øges velstand, men måske også uligheden

Når økonomien har tilpasset sig den nye situation, vil produktivetsforbedringerne fra automatisering forøge velstandsniveauet i samfundet. Det er dog ikke ensbetydende med, at automatisering nødvendigvis vil komme alle lige meget til gode. Hvis det først og fremmest er personer med et lavt uddannelsesniveau, hvis arbejdsopgaver kan automatiseres, kan det øge efterspørgslen efter arbejdskraft med et højt uddannelsesniveau mere end efterspørgslen efter arbejdskraft med et lavt uddannelsesniveau. Det kan øge lønforskellene mellem grupperne. Dette fænomen kaldes også "skill-biased technological change".

Det kan dog også gå i den modsatte retning

Omvendt kan automatisering også mindske uligheden, hvis teknologien fører til, at folk med lavere uddannelsesniveau er i stand til at udføre flere opgaver, der tidligere krævede et højt uddannelsesniveau. Man kan altså ikke på forhånd vide, om den forestående automatiseringsbølge vil få uønskede konsekvenser for uligheden. Det kommer an på, om teknologien primært erstatter eller øger indtjeningspotentialet for den del af arbejdsstyrken, der har kortere uddannelser.⁹⁴

Højere ulighed kan modvirkes med mere uddannelse

Den potentielle stigning i uligheden som følge af "skill-biased technological change" kan modvirkes, hvis mængden af højtuddannet arbejdskraft stiger tilsvarende med efterspørgslen. Nogle fremhæver, at lønpræmien ved at tage en lang videregående uddannelse ikke er steget særligt markant i Danmark i modsætning til fx i USA, fordi uddannelsesniveauet er steget, i takt med at den teknologiske udvikling har øget efterspørgslen efter højtuddannet arbejdskraft relativt til kortuddannet.⁹⁵ Dette illustrerer vigtigheden af uddannelsespolitikken – også i tilpasningen til den automatisering, som kunstig intelligens medfører.

Vi undersøger, hvem der er mest udsatte for automatisering ...

I dette kapitel ser vi nærmere på, hvilke befolkningsgrupper der ser ud til at stå over for de største tilpasningsomkostninger på kort sigt, og hvad historiske erfaringer siger om konsekvenserne af automatisering på kort og mellemlangt sigt. I afsnit 4.1 undersøger vi, hvilke befolkningsgrupper

⁹⁴ Acemoglu og Restrepo (2018).

⁹⁵ Finansministeriet. Økonomisk analyse: Uddannelse og arbejdsmarked. Januar 2016. Link: https://fm.dk/media/26230/oekonomiskanalyse_uddannelseogarbejdsmarked.pdf.

der er mest udsatte over for automatisering, og om der er nogle landsdele, hvor folk er mere udsatte over for automatisering end andre. Vi undersøger desuden, om analyserne støtter op om den gængse forventning om, at kunstig intelligens er fundamentalt anderledes end anden automatiserende teknologi, fordi kunstig intelligens forventes i høj grad at kunne udføre opgaver, der hidtil har krævet lange videregående uddannelser.⁹⁶

... og effekten af automatisering på beskæftigelsen

For at blive klogere på, hvordan det påvirker den enkelte og grupper i samfundet at være i et job med et højt automatiseringspotentiale, genbesøger vi i afsnit 4.2 tidligere vurderinger af automatiseringspotentialet i forskellige job og undersøger, hvordan det er gået med beskæftigelsesudviklingen i de job.

Vi undersøger 20 års konsekvenser af automatisering

Endelig undersøger vi i afsnit 4.3, om der har været en sammenhæng mellem investeringer i automatiserende teknologi og lønmodtagernes andel af den samlede værdiskabelse i samfundet de sidste 20 år. Vi undersøger også, om automatiseringen ser ud til at påvirke reallønsudviklingen for særligt udsatte befolkningsgrupper.

4.1 Hvilke grupper er mest berørte af automatisering?

På langt kan øget produktivitet give øget velstand for alle

Automatisering øger som sagt den generelle produktivitet i samfundet og dermed reallønnen i gennemsnit. Der forventes heller ikke at være nogen negativ sammenhæng mellem automatisering og beskæftigelse på langt sigt, fordi der opstår nye job, i takt med at økonomien tilpasser sig den nye teknologi. Men på mellemlangt sigt (fx inden for en 5-10-årig periode) kan der være betydelige tilpasningsomkostninger for personer, hvis deres job bliver overflødiggjort af automatiseringen – fx i form af lavere løn eller højere ledighed. Det er disse tilpasningsomkostninger, der er fokus på i denne analyse.

Automatisering kan både være godt og skidt for den enkelte

Det er ikke givet på forhånd, at automatisering vil medføre betydelige tilpasningsomkostninger for dem, hvis arbejdsopgaver automatiseres. Arbejdskraftbesparende teknologi kan teoretisk set både medføre en højere og en lavere løn, også på kort sigt. På den ene side risikerer medarbejdere som sagt at blive erstattet, hvis en stor del af deres arbejde automatiseres, hvilket trækker i retning af lavere løn og større risiko for ledighed i en periode. På den anden side kan automatisering føre til højere produktivitet, hvilket er forbundet med højere løn.

Forskning peger på negative effekter for udsatte på kort sigt

Leder man i forskningslitteraturen efter de empiriske konsekvenser af automatisering, tegner der sig dog et billede af, at det kan være forbundet med betydelige tilpasningsomkostninger for de berørte. I Danmark har Humlum (2022) estimeret, at når virksomheder investerer i industrirobotter, sænker det reallønnen for virksomhedens produktionsmedarbejdere med 5,4 pct., mens de generelle lønninger stiger med 0,8 pct. Og en tidligere Kraka-Deloitte analyse viser ligeledes, at indkøb af industrirobotter kan påvirke både beskæftigelsesfrekvensen og reallønnen negativt for en virksomheds medarbejdere i mindst fem år efter indkøbet.⁹⁷ Det taler for, at personer i job med et højt automatiseringspotentiale har større risiko for at opleve tilpasningsomkostninger, selvom der selvsagt vil være mange i job med et højt automatiseringspotentiale, der hverken kommer til at opleve faldende beskæftigelse eller løn.

Vi undersøger, hvem der er mest udsat for automatisering

I denne analyse ser vi nærmere på, hvilke socioøkonomiske grupper der kan blive mest berørt af automatisering. Vi benytter samme mål for teknisk automatiseringspotentiale som i rapportens kapitel 3, hvor det tekniske automatiseringspotentiale er opdelt på job (defineret ved DISCO-koder). Automatiseringspotentialet for en gruppe er i denne analyse defineret ved gennemsnittet af antallet af arbejdstimer i stillingerne for personerne i gruppen, som teknisk set kan automatiseres. Populationen er afgrænset til beskæftigede personer i alderen 30 til 55 år.

Automatiserende teknologier er ikke kun AI

Effekterne af kunstig intelligens

Selvom kunstig intelligens ser ud til at være en teknologi med meget stort potentiale, er det langt fra den eneste teknologier, der allerede i dag kan automatisere arbejdsopgaver. Når vi har

⁹⁶ Se fx <https://www.businessinsider.com/ai-productivity-boost-job-performance-inequality-economics-2023-11>.

⁹⁷ Kraka-Deloitte (2018).

undersøgt, hvis job der potentielt kan blive automatiseret, er det derfor med udgangspunkt i alle eksisterende teknologier.

Det er for tidligt at sige, om AI er noget helt andet

Det skyldes også, at det endnu er for tidligt at konkludere, i hvilket omfang anvendelse af kunstig intelligens på arbejdspladserne vil medføre tilpasningsomkostninger for de berørte. Kunstig intelligens gennemgår i disse år en stor udvikling, der øger dens potentiale og anvendelsesområde. Nogle forventer, at kunstig intelligens vil påvirke samfundet fundamentalt anderledes end tidligere automatiserende teknologier ved primært at hjælpe personer med kortere uddannelser med at udføre opgaver, der tidligere krævede viden på højeste niveau. Vi er dog ikke bekendt med empiriske studier, der indikerer, at kunstig intelligens kommer til at få anderledes effekter end andre automatiserende teknologier, hvorfor vi behandler automatiseringspotentialet fra kunstig intelligens og øvrige teknologier ens i denne analyse.

Effekten af GenAI findes som forskel ml. 2022 og 2024

For at tilnærme os effekterne af udviklingen inden for generativ AI (GenAI), følger vi samme fremgangsmåde som i kapitel 3. Vi sammenligner målet for automatiseringspotentialet, beregnet ved at benytte svarene fra vores egne eksperter fra 2024, med automatiseringspotentialet, beregnet med svarene fra OECD's eksperter, der blev stillet de samme spørgsmål i starten af 2022. På de to år, der er gået, fra OECD's eksperter blev bedt om at vurdere automatiseringspotentialet, til vi bad vores panel af eksperter om at gøre det samme, er der sket store fremskridt inden for kunstig intelligens. Vi bruger derfor forskellen mellem de to mål som en approksimation for, hvor meget af det samlede automatiseringspotentiale der skyldes den ændring, kunstig intelligens har undergået, herunder ikke mindst fremkomsten af GenAI. Denne fremgangsmåde ser bort fra, at der også kan være sket fremskridt for andre automatiserende teknologier i samme periode

Korte uddannelser er mest udsatte over for automatisering

Automatiseringen kan få en social slagside

Vores undersøgelse viser, at det generelt er personer med kortere uddannelser, der er mest udsatte over for automatisering. Job udført af ufaglærte og personer med korte uddannelser har de største potentialer til at blive automatiseret, jf. figur 4.1. I gennemsnit kan 54 pct. af arbejdstiden blandt ufaglærte teknisk set automatiseres, mens det kun gælder for 30 pct. af arbejdstiden blandt personer med en ph.d. Ufaglærte, faglærte og personer med korte videregående uddannelser ser således ud til at have større risiko for at opleve tilpasningsomkostninger end personer med en mellemlang eller lang videregående uddannelse.

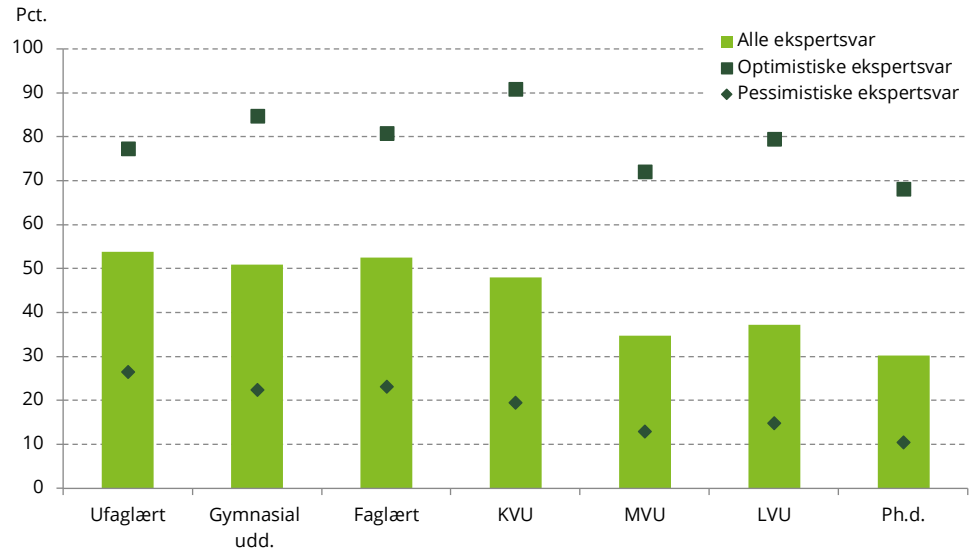
Rangering er robust over for udvælgelse af eksperter

For at undersøge følsomheden af resultaterne over for eksperternes svar, har vi i figur 4.1 også vist resultaterne baseret på den tredjedel af eksperternes svar, der er hhv. mest optimistiske og mest pessimistiske ift. automatiseringspotentialet for hver funktion. Det har i sagens natur stor betydning for niveauet af automatiseringspotentialet. Det har derimod mindre betydning for rangeringen af, hvilke grupper der er mest udsatte for automatisering, idet det for alle besvarelser gælder, at folk med mellemlange eller lange videregående uddannelse har de laveste automatiseringspotentialer.

Kortuddannede påvirkes også mest af AI

Når vi deler automatiseringspotentialet op på hhv. bidraget fra de seneste års udvikling inden for kunstig intelligens og teknologiniveauet i 2022, finder vi, at både udviklingen inden for kunstig intelligens og den i 2022 tilgængelige teknologi særligt kan automatisere beskæftigelsen blandt ufaglærte eller personer med korte uddannelser, hvorimod personer med mellemlange og lange videregående uddannelser er i job med et lavere automatiseringspotentiale af begge typer, jf. figur 4.2. Udviklingen inden for kunstig intelligens medfører fx en stigning i automatiseringspotentialet på 15 pct.-point for ufaglærte, hvorimod det kun øger automatiseringspotentialet med 9 pct.-point for personer med en ph.d. Udviklingen inden for kunstig intelligens forstærker altså tendensen til, at det særligt er personer med kortere uddannelser, hvis stillinger er udsatte for automatiseringen.

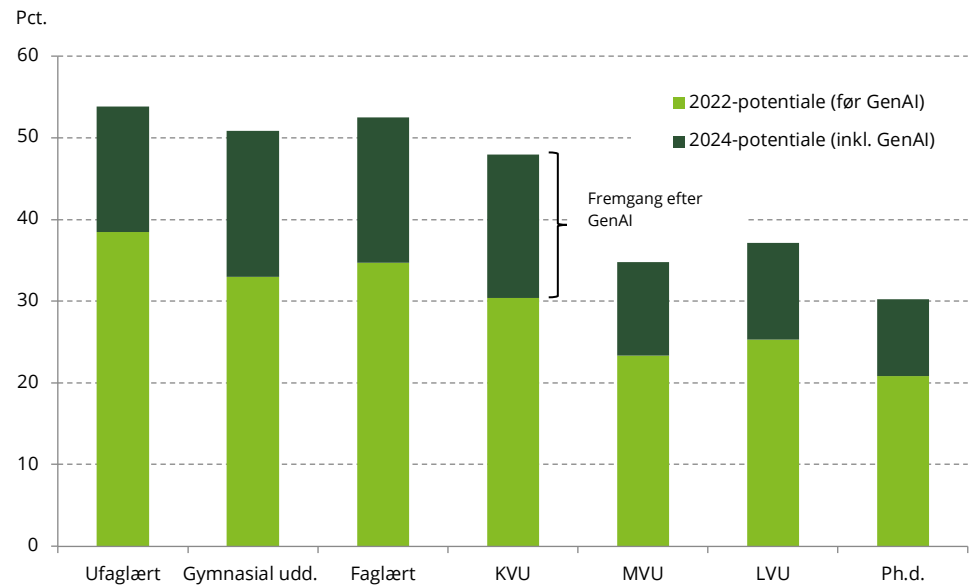
Figur 4.1 Automatiseringspotentiale fordelt på højeste fuldførte uddannelse



Anm.: Figuren viser den gennemsnitlige andel af automatiserbare timer for stillinger besat af personer fra hver uddannelsesgruppe ifølge alle eksperter samt baseret på hhv. den tredjedel af ekspertsvar, der er hhv. mest optimistiske (angiver højest automatiseringspotentiale) og pessimistiske (angiver lavest automatiseringspotentiale) for hver funktion. Populationen er afgrænset til personer i alderen 30-55 år.

Kilde: Egne beregninger baseret på eget ekspertsurvey, OpenAIs GPT-4, O*NET og Danmarks Statistiks registre.

Figur 4.2 Automatiseringspotentiale som følge af AI og andre teknologier fordelt på uddannelser



Anm.: Figuren viser, hvor mange automatiserbare timer der i gennemsnit er for stillinger besat af personer fra hver uddannelsesgruppe. Populationen er afgrænset til personer i alderen 30-55 år. Resultaterne er opgjort baseret hhv. på svar fra OECD's ekspertgruppe i 2022 og vores ekspertgruppe i 2024.

Kilde: Egne beregninger baseret på eget ekspertsurvey, OECD Expert Survey on Skills and Abilities Automatability (OECD 2022), OpenAIs GPT-4, O*NET og Danmarks Statistiks registre.

Automatiseringsrisikoen er faldende i indkomst

Automatiseringspotentialet er også faldende i indkomst. For personer med en indkomst blandt de 20 pct. laveste kan 52 pct. af arbejdstiden automatiseres i gennemsnit, mens det for personer med en indkomst blandt de 20 pct. højeste er 41 pct. af arbejdstiden, jf. figur 4.3.a. Den isolerede effekt af udviklingen inden for kunstig intelligens er derimod relativt ens for alle indkomstkventiler.

Det stemmer i højere grad overens med den udbredte forestilling om, at generativ kunstig intelligens også påvirker personer i job, der kræver et højt færdighedsniveau, end resultaterne opdelt på uddannelseslængde.

Højere karakterer korrelerer med lav automatisering

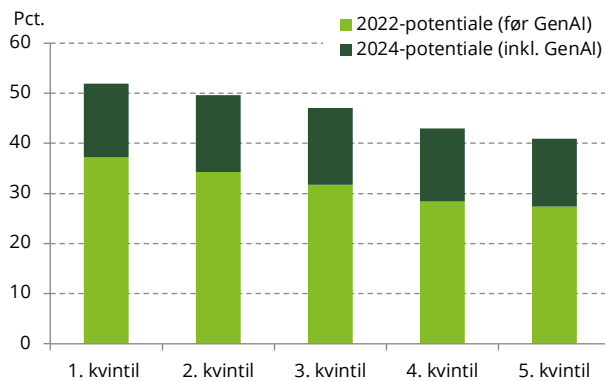
Når vi betragter de personer på arbejdsmarkedet, der har gennemført en gymnasial uddannelse, finder vi en sammenhæng mellem deres karaktergennemsnit fra gymnasiet og automatiseringspotentialet for deres job: I gennemsnit kan 43 pct. af arbejdstiden automatiseres for personer med et karaktergennemsnit blandt de 20 pct. laveste på en årgang, mens 36 pct. af arbejdstiden kan automatiseres for personer med et karaktergennemsnit blandt de 20 pct. højeste, jf. figur 4.3.b. Udviklingen inden for kunstig intelligens er igen med til at forstærke tendensen en smule.

Stort set uændret udsathed gennem arbejdslivet

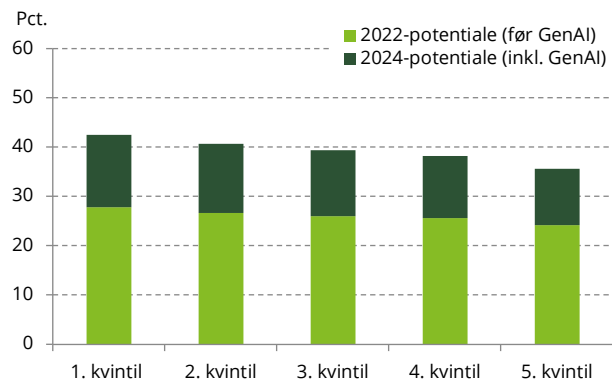
Vi har også undersøgt, hvordan automatiseringspotentialet udvikler sig hen over livet. Her viser opgørelsen, at der stort set ikke er nogen forskel på automatiseringspotentialet for en 35-årig og en 55-årig. Vi finder altså ikke tegn på, at ældre på arbejdsmarkedet, som potentielt kan have sværere ved at finde alternativ beskæftigelse, er mere udsatte over for automatisering.⁹⁸

Figur 4.3 Automatiseringsrisiko fordelt på...

Figur 4.3.a indkomstkventiler



Figur 4.3.b gymnasiekarakterkventiler



Anm.: Figuren viser andelen af fuldtidsbeskæftigelsen blandt personer fra hver gruppe, der kan automatiseres. Resultaterne er opgjort baseret hhv. på svar fra OECD's ekspertgruppe i 2022 og vores ekspertgruppe i 2024. Populationen er afgrænset til personer i alderen 30-55 år. I figur 4.3.a er indkomstkventilerne baseret på et treårigt, centreret gennemsnit af erhvervsindkomster og arbejdsgivernes indbetalinger til private pensionsordninger. I figur 4.3.b er gymnasiekarakterkventilerne baseret på karakterfordelingen for alle personer, der færdiggjorde gymnasiet samme år og fik karakterer.

Kilde: Egne beregninger baseret på eget eksperter survey, OECD Expert Survey on Skills and Abilities Automatability (OECD 2022), OpenAIs GPT-4, O*NET og Danmarks Statistiks registre.

Samlet set tyder det på risiko for social slagside

Samlet set tegner der sig et billede af, at personer med relativt korte uddannelser, lav løn og lave karakterer er mere udsatte over for at opleve, at deres stillinger bliver automatiserede. Udviklingen inden for kunstig intelligens ser på nogle områder ud til at forstærke denne tendens. Indkomstniveau, gymnasiekarakterer og højest fuldførte uddannelse hænger i høj grad sammen.⁹⁹ Man skal derfor være varsom med at fortolke de sammenfald, der præsenteres her, enkeltvis. Uddannelsesniveau er afgørende for, hvilken type af stillinger en person har mulighed for at varetage, og hænger dermed både sammen med andelen af timer med et automatiseringspotentiale, gymnasiekarakterer og lønniveau.

Der er geografiske forskelle i automatiseringspotentialet

Folk i store byer er i mindre risiko for automatisering

Det er særligt indbyggerne i kommunerne langt fra de store byer, der er udsatte over for automatisering i deres nuværende stillinger, jf. figur 4.4. I København og nord for København er indbyggerne generelt ansat i stillinger, hvor en lav andel af deres arbejdstimer teknisk set kan automatiseres. Det er også her, vi finder den kommune, hvor indbyggernes job i gennemsnit har det laveste automatiseringspotentiale: Rudersdal Kommune med 41 pct.

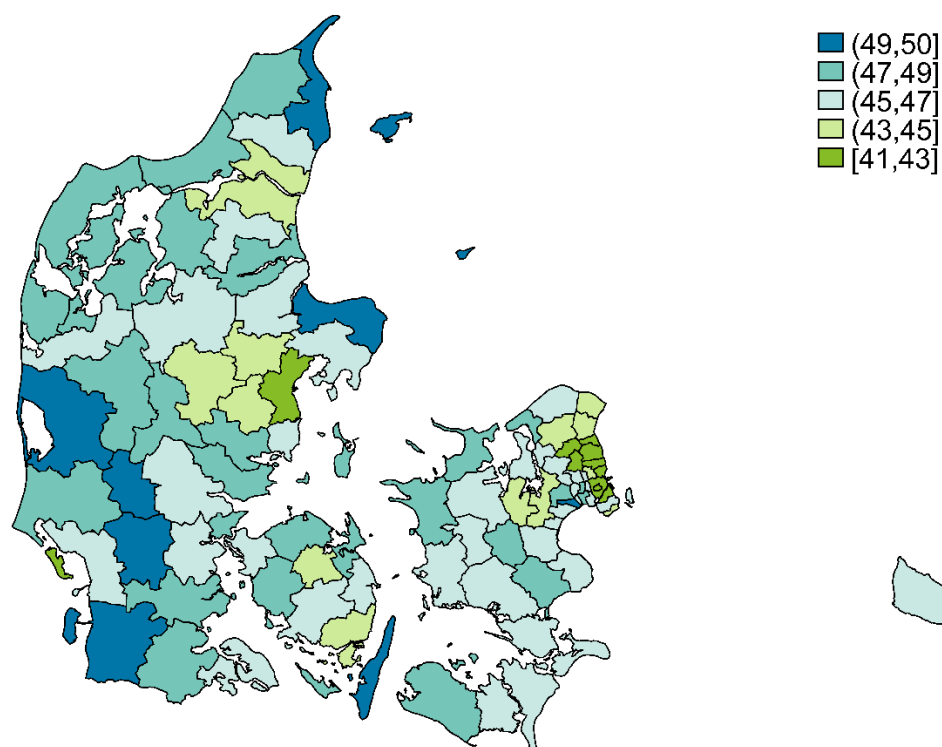
⁹⁸Se Jørgensen og Hækkerup (2024).

⁹⁹ Se fx <https://kraka.dk/analyse/gymnasiekarakterer-har-faaet-stoerre-betydning-for-unges-fremtid>.

Forskelle i uddannelseslængde spiller ind

I den modsatte ende af skalaen finder vi Ishøj Kommune, som er den kommune, hvor den største andel af fuldtidsbeskæftigelsen kan automatiseres, nemlig 50 pct. Der er altså en relativt stor forskel i automatiseringspotentialerne mellem kommunerne med hhv. det højeste og laveste automatiseringspotentialer. Omvendt har langt størstedelen af kommunerne et automatiseringspotentialer på mellem 45 og 49 pct. En dekomponering viser, at forskellene i høj grad skyldes forskelle i uddannelsessammensætningen på tværs af kommuner.

Figur 4.4 Automatiseringspotentialer fordelt på kommuner opgjort i pct., 2022



Anm.: Figuren viser, hvor mange automatiserbare timer der i gennemsnit er for stillinger besat af personer i hver bopælskommune. Antallet af kommuner i hvert interval er fordelt som følger: 10 kommuner i intervallet 41-43, 13 kommuner i intervallet 43-45, 35 kommuner i intervallet 45-47, 31 kommuner i intervallet 47-49 og 9 kommuner i intervallet 49-50.

Kilde: Egne beregninger baseret på eget eksperter survey, OpenAIs GPT-4, O*NET og Danmarks Statistiks registre.

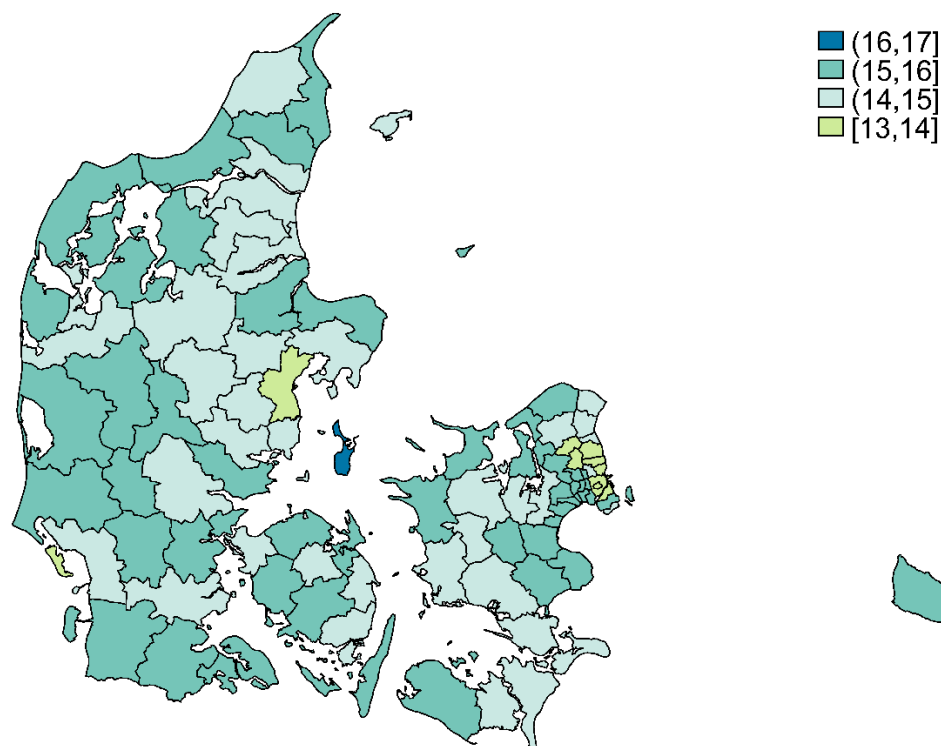
Automatisering kan forstærke træk fra land til by ...

Indbyggerne i de store byer har altså generelt job med et lavere automatiseringspotentialer end indbyggerne i kommunerne langt fra de store byer, som risikerer at stå over for mere betydelige tilpasningsomkostninger. Hvis en del af tilpasningen består i, at flere tager en længere uddannelse og derfor flytter til en kommune med bedre beskæftigelsesmuligheder for højtuddannede, kan automatiseringen forstærke det historiske træk fra land til by, der bl.a. netop var en konsekvens af, at job i landbruget blev automatiseret.

... mens AI ser ud til at påvirke mange kommuner ens

Der er derimod begrænsede forskelle i automatiseringspotentialer som følge af udviklingen inden for kunstig intelligens på tværs af kommuner, jf. figur 4.5. I den kommune med den største stigning i automatiseringspotentialer som følge af udviklingen inden for kunstig intelligens, Samsø Kommune, er potentialer steget med 16 pct.-point, mens Rudersdal har det laveste potentialer på 13 pct.-point. Udviklingen inden for kunstig intelligens trækker altså i samme retning som automatisering i øvrigt, men forskellene er små.

Figur 4.5 Stigning i automatiseringspotentiale som følge af GenAI opgjort i pct.-point



Anm.: Figuren viser, hvor stor en forskel (pct.-point) der er mellem automatiseringspotentialet for stillinger varetaget af personer med forskellig bopælskommune baseret på vores eksperters svar i 2024 og OECD's eksperters svar i 2022 og er dermed et mål for, hvor meget GenAI har øget automatiseringspotentialet. Antallet af kommuner i hvert interval er fordelt som følger: 9 kommuner i intervallet 13-14, 34 kommuner i intervallet 14-15, 54 kommuner i intervallet 15-16 og 1 kommune i intervallet 16-17.

Kilde: Egne beregninger baseret på eget eksperter survey, OECD Expert Survey on Skills and Abilities Automatability (OECD 2022), OpenAIs GPT-4, O*NET og Danmarks Statistiks registre.

AI kan øge eksisterende ulighed

Samlet set peger analysen på, at automatisering risikerer at påføre tilpasningsomkostninger til nogle af de grupper i samfundet, som i forvejen er svagest stillet målt på uddannelse og indkomst, og samtidig øge forskellene mellem land og by. Udviklingen inden for kunstig intelligens ser ud til at forstærke disse tendenser.

Det er vigtigt at sikre folkelig opbakning til automatisering

Bekymringen for, at kunstig intelligens og automatisering i øvrigt kommer til at ramme socialt skævt, kan blive en hindring for udbredelsen af teknologierne. Hvis man ønsker at udrulle automatisering hurtigst muligt med henblik på at høste de potentielle produktivetsgevinster, kan det være et argument for værne om og evt. styrke nogle af de eksisterende politikker, der garanterer, at automatiseringens gevinster kommer flest muligt til gode, for derved at sikre den folkelige opbakning.

4.2 Tidligere bekymringer om disruption af arbejdsmarkedet har ikke holdt stik

Teknologisk udvikling har været højt på dagsordenen

I anden halvdel af 2010'erne var den teknologiske udvikling højt på dagsordenen blandt medier og politikere verden over. Det skyldtes bl.a., at World Economic Forum i 2016 argumenterede for, at verden stod over for Den Fjerde Industrielle Revolution som følge af den hastige teknologiske udvikling inden for bl.a. kunstig intelligens.

800.000 danske job var i risiko for automatisering	I Danmark fyldte teknologidebatten også meget. Store medier udpegede teknologiredaktører, Danmark fik både en tech-ambassadør og et disruptionråd, og flere toneangivende analyser vurderede automatiseringssandsynlighederne i Danmark. En sådan analyse fra Kraka estimerede, at 800.000 danske job havde en høj sandsynlighed for at blive automatiseret. ¹⁰⁰
Det medførte debat om arbejdsuge på 30 timer og borgerløn	I den offentlige debat argumenterede nogle meningsdannere og politiske partier for, at der gradvist burde indføres en 30 timers arbejdsuge, eller sågar borgerløn, eftersom den teknologiske udvikling ville dæmpe den samlede efterspørgsel efter arbejdskraft i de kommende år.
I dag har beskæftigelsen aldrig været højere	I dag er de værste bekymringer gjort til skamme. Beskæftigelsen har aldrig været højere, ledigheden er lav, og andelen af den samlede værdiskabelse i samfundet, der bliver udbetalt som løn (lønkvoten), har i Danmark været stabil igennem 2010'erne. Den teknologiske udvikling kan dog stadig have ændret på den underliggende sammensætning i beskæftigelsen eller fordelingen blandt lønmodtagerne.
Sammenhæng ml. beskæftigelsesvækst og automatisering ...	Denne analyse undersøger sammenhængen mellem beskæftigelsesvæksten og et tidligere mål for automatiseringssandsynligheden i forskellige job i 2013. ¹⁰¹ Vi undersøger altså, om der har været forskel på væksten i beskæftigelsen på tværs af job, som i 2013 blev vurderet til at have en hhv. høj og lav automatiseringssandsynlighed. I dette afsnit opgør vi automatiseringssandsynlighederne vha. et historisk mål, som er anderledes end analyserne i rapportens kapitel 3.
... på tværs af job og brancher	Fokus for analysen er, om der har været en lavere jobvækst i job, som i 2013 havde en høj automatiseringssandsynlighed, ift. job med en lav automatiseringssandsynlighed. Vi undersøger også sammenhængen mellem automatiseringssandsynligheder og ændringen i beskæftigelsen på tværs af brancher.
Fokus på perioden 2013-2021	Vi fokuserer på perioden 2013 til 2021. Det skyldes, at to forskere fra Oxford Universitet i 2013 udgav en meget kendt analyse, Frey og Osborne (2013), der opgjorde automatiseringssandsynlighederne for en række job med udgangspunkt i teknologiniveauet i 2013. ¹⁰² Denne analyse udgjorde fundamentet for de førnævnte analyser, der konkluderede, at mange danske job var i høj risiko for at blive automatiseret.
Udgangspunkt: mål fra Frey og Osborne (2013)	Automatiseringssandsynlighederne fra Frey og Osborne (2013) ligger til grund for denne analyse, se boks 9. ¹⁰³ Kort fortalt opgjorde Frey og Osborne sandsynligheden for, at et job blev automatiseret fuldt ud, mens analyserne i denne rapport's kapitel 3 opgør, hvor stor en andel af jobbenes arbejdsopgaver, der potentielt kan automatiseres. Til sidst i dette afsnit uddyber vi, hvordan automatiseringssandsynlighederne fra Frey og Osborne (2013) adskiller sig fra denne rapport's mere grundige opgørelse af automatiseringspotentialer.
Beskæftigelsen følger RAS	Opgørelsen af beskæftigelsen følger RAS, der opgør befolkningens primære tilknytning til arbejdsmarkedet ultimo november i året. Således indgår kun personer, der er i beskæftigelse og indgår i befolkningen ultimo november.

¹⁰⁰ Se Kaarsen (2014). Høj automatiseringssandsynlighed vil sige, at et job havde mere end 70 pct. sandsynlighed for at kunne blive automatiseret fuldstændigt, baseret på det gældende teknologiniveau.

¹⁰¹ Job er defineret på baggrund af Danmarks Statistiks DISCO-klassifikationer. Et job kan fx være "Arbejde med databaser og netværk", "Juridisk arbejde", "Almindeligt kontorarbejde" mv.

¹⁰² Det omtalte working paper har i skrivende stund næsten 14.000 citationer på Google Scholar, og dette working paper lå ligeledes til grund for analyser af arbejdsmarkedet i Australien, Finland, Norge, Singapore, Tyskland, Japan mv. Dette working paper blev udgivet efter fagfællebedømmelse i 2017 (Frey & Osborne, 2017).

¹⁰³ For yderligere uddybning af beregningsmetoden se Kaarsen (2014).

Boks 9 Beregning af automatiseringssandsynlighederne i Frey og Osborne (2013)

Metoden i Frey og Osborne (2013) bestod i indledende vurderinger af, om 70 forskellige job enten kunne eller ikke kunne automatiseres. Denne vurdering var baseret på en vurdering af, om de arbejdsopgaver, som jobbet indebar, alle kunne automatiseres. Forfatterne fik hjælp til disse vurderinger af en gruppe af maskinlærings eksperter.

Klassifikationen af disse job som enten automatiserbare eller ikke automatiserbare blev efterfølgende brugt til at vurdere sandsynligheden for, at hver af i alt 700 forskellige amerikanske job kunne automatiseres fuldstændigt. Det gjorde de ved at estimere, i hvilken grad ni specifikke karakteristika ved de 70 subjektivt vurderede job korrelerede med, om de var automatiserbare eller ej, og herefter beregne en automatiseringssandsynlighed for de resterende ca. 630 job, baseret på, hvilke af disse ni karakteristika de omfattede.

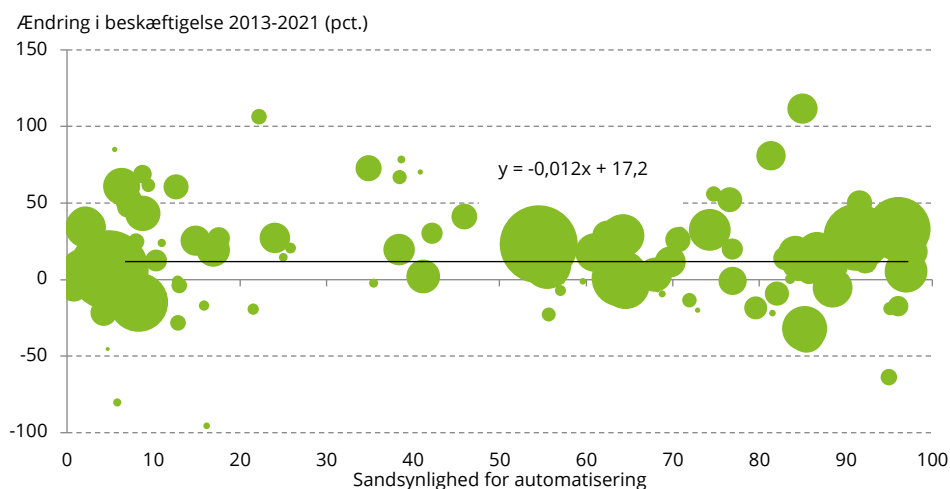
Til sidst definerede de alle job med en sandsynlighed for fuldstændig automatisering på over 70 pct. som job, der var "i høj risiko for automatisering".

Vi har også tidligere i denne rapport's afsnit 3.1 beskrevet, hvordan Frey og Osborne (2013) beregnede deres automatiseringssandsynligheder.

Lille sammenhæng ml. automatiserings-ssh. og beskæftigelse

Der er en svag negativ sammenhæng mellem automatiseringssandsynligheden og væksten i beskæftigelsen fra 2013 til 2021 på tværs af 116 forskellige job, jf. figur 4.6. Det indikerer, at væksten i beskæftigelsen på tværs af job ikke i nævneværdig grad hænger sammen med den automatiseringssandsynlighed, der blev opgjort for det enkelte job i 2013.

Figur 4.6 Sammenhæng mellem automatiseringssandsynlighed i 2013 og beskæftigelsesudviklingen fra 2013 til 2021 på tværs af job



Anm.: Jobbene er vægtet med beskæftigelsen inden for hvert job i 2013. Tendenslinjen viser en vægtet regression af automatiseringssandsynligheden på ændringen i beskæftigelsen fra 2013-2021.

Kilde: Egne beregninger pba. Danmarks Statistik og Frey og Osborne (2013).

Job med høj og lav sandsynlighed har ens jobvækst

Et job med en gennemsnitlig automatiseringssandsynlighed på 0 pct. vil i gennemsnit have oplevet en beskæftigelsesvækst på ca. 17 pct. fra 2013 til 2021, mens et job med en gennemsnitlig automatiseringssandsynlighed på 100 pct. vil have oplevet ca. 1 pct.-point mindre beskæftigelsesvækst i samme periode.

Sandsynlighed er ikke afgørende for jobvæksten

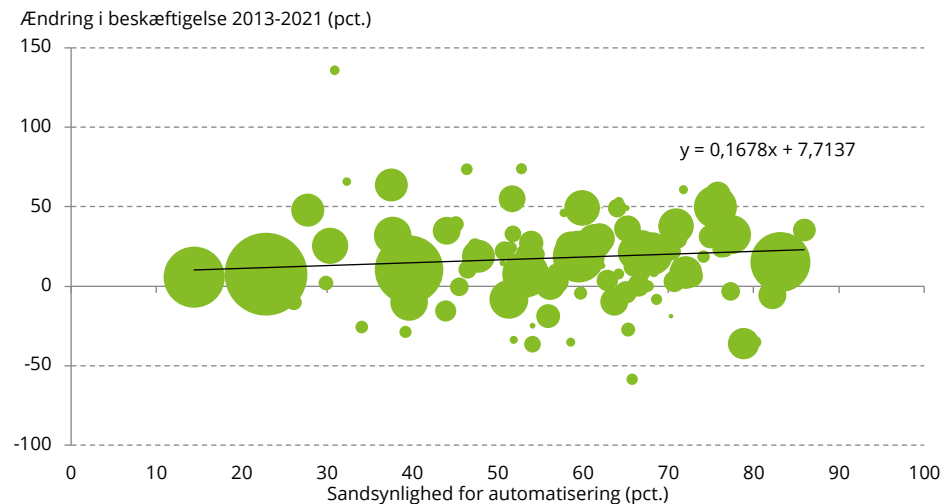
Denne svage negative sammenhæng er statistisk signifikant, men størrelsen er begrænset. Det indikerer, at automatiseringssandsynligheden ikke var afgørende for beskæftigelsesudviklingen på tværs af job. De job, som i 2013 havde en høj sandsynlighed for at blive automatiseret, har altså oplevet en lidt mindre vækst i beskæftigelsen end de job, der ikke havde en høj sandsynlighed for automatisering.

Sammenhængen er positiv på tværs af brancher

Opgør vi i stedet beskæftigelsesudviklingen på tværs af brancher, er der en positiv sammenhæng mellem beskæftigelsesudviklingen i en branche og branchens gennemsnitlige automatiserings-

sandsynlighed, jf. figur 4.7. Dvs. at de brancher, der i 2013 bestod af job med høj automatiseringssandsynlighed, har ansat flere medarbejdere fra 2013 til 2021 end brancher, der bestod af job med lavere automatiseringssandsynlighed. Sammenhængen er statistisk signifikant.

Figur 4.7 Sammenhæng ml. automatiseringssandsynlighed i 2013 og beskæftigelsesudviklingen på tværs af brancher, 2013-2021



Anm.: Brancherne er vægtet med beskæftigelsen inden for hver branche i 2013. Tendenslinjen viser en vægtet regression af automatiseringssandsynligheden på ændringen i beskæftigelsen fra 2013 til 2021.

Kilde: Egen beregning pba. Danmarks Statistik samt Frey og Osborne (2013).

Høj jobvækst i brancher m. høj automatiseringsssh.

En branche med en gennemsnitlig automatiseringssandsynlighed på 80 pct. vil i gennemsnit have oplevet en beskæftigelsesvækst, der var ca. 10 pct.-point højere fra 2013 til 2021 end en branche med en gennemsnitlig automatiseringssandsynlighed på 20 pct. Der er altså ikke en negativ sammenhæng mellem automatiseringssandsynligheden og beskæftigelsesudviklingen på brancheniveau. Resultaterne ændrer sig ikke nævneværdigt, hvis vi korrigerer for udviklingen i antallet af selvstændige på tværs af brancher.

Skyldes ikke, at arbejdskraften er blevet billigere

En mulig forklaring på fraværet af en negativ sammenhæng mellem et job eller en branches automatiseringssandsynlighed og jobvæksten fra 2013 til 2021 kan være, at en lavere efterspørgsel efter arbejdskraft kan påvirke lønnen, fremfor beskæftigelsen, negativt. Vi finder dog ingen indikationer på, at der har været en lavere lønvækst i job med en relativ høj automatiseringssandsynlighed i perioden 2013-2021.

Intet tyder på stor disruption af arbejdsmarkedet

Den store bekymring for, at den teknologiske udvikling ville medføre en mindre efterspørgsel efter arbejdskraft, holdt altså ikke stik. Nok er der visse job med høje automatiseringssandsynligheder, som der er færre af i dag. Men de brancher, der havde en høj gennemsnitlig automatiseringssandsynlighed er omvendt vokset mere end resten af økonomien. Hertil kommer, at for økonomien generelt er beskæftigelsen og gennemsnitslønnen steget, mens bruttoledigheden er faldet siden 2013.

Efterspørgslen efter arbejdskraft ser ikke ud til at være aftaget

Med andre ord var 2010'ernes frygt for, at automatisering skulle føre til massearbejdsløshed og et behov for fx borgerløn stærkt overdrevet. Det er derudover tankevækkende, at det anvendte automatiseringsmål ikke ser ud til at kunne forudsige langt størstedelen af de historiske ændringer i beskæftigelsen på tværs af jobtyper og brancher.

Hvad kan forklaringen være?	At vi ikke finder en negativ sammenhæng af betydende størrelse mellem automatiseringssandsynlighederne og beskæftigelsesvæksten på tværs af job og brancher kan skyldes en række forhold:
To jobeffekter fra automatisering:	For det første er det ikke sikkert, at automatisering giver en negativ effekt på beskæftigelsen. Det skyldes, at automatisering kan have to modsatrettede effekter på beskæftigelsen. De to effekter kalder vi "automatiseringseffekten" og "produktivitetseffekten".
1: Automatiseringseffekten	Automatiseringseffekten er den direkte effekt af, at ny teknologi erstatter en del af en jobfunktion, og dermed isoleret set mindsker efterspørgslen efter arbejdskraft i den givne jobfunktion.
2: Produktivitetseffekten	Produktivitetseffekten opstår, når en virksomhed pba. ny teknologi kan producere mere med det samme antal ansatte. Det kan føre til et fald i prisen på virksomhedens produkt, hvilket kan øge efterspørgslen efter virksomhedens produkt. Det kan isoleret set øge efterspørgsel efter arbejdskraft i virksomheden.
Hvilken effekt dominerer?	Er produktivitetseffekten større end automatiseringseffekten, kan implementeringen af ny teknologi i en virksomhed føre til en øget efterspørgsel efter arbejdskraft og vice versa. Er effekterne lige store, vil der ikke være nogen effekt på efterspørgslen.
Vi evaluerer over en kort tidsperiode	For det andet måler vi i denne analyse over en kortere tidshorisont, hvilket kan medføre, at langsom implementering og ændring i konjunkturforhold kan påvirke resultaterne:
Langsom implementering kan begrænse effekten	Langsom implementering: Frey og Osborne (2013) beregnede sandsynlighederne for automatisering baseret på den nyeste teknologi og data fra 2013. Men spørgsmålet er, hvor hurtigt denne teknologi fra 2013 kan blive bredt implementeret på tværs af hele økonomien og dermed påvirke arbejdsmarkedet.
Det kan medføre lavere faktisk automatiseringsandsynlighed ...	Hvis muligheden for at implementere den førende teknologi fra 2013 var begrænset for virksomhederne mellem 2013 og 2021, vil automatiseringsmulighederne for produktionen også være begrænsede. Med andre ord vil den faktiske automatisering være lavere end det teknologiske potentiale.
... som begrænser effekten på beskæftigelsen	Hvis branchernes reelle mulighed for at automatisere er lavere end den beregnede sandsynlighed for, at de vil gøre det, kan det begrænse teknologiens indvirkning på beskæftigelsen på tværs af alle brancher. Det kan fx betyde, at automatiseringseffekterne og produktivitetseffekterne på beskæftigelsen endnu ikke er slået kraftigt igennem. Diskussionen i afsnit 3.3 indikerer, at en otteårig periode som fra 2013 til 2021 er en kort horisont for fuld implementering, om end en vis implementering er realistisk.
Vi går fra lavkonjunktur til højkonjunktur	Konjunkturforhold: I denne analyse har vi målt beskæftigelsesudviklingen i perioden fra 2013 til 2021. I denne periode går Danmark fra en lavkonjunktur til en højkonjunktur. Det kan påvirke beskæftigelsesudviklingen positivt i job og brancher med høje sandsynligheder for automatisering. For vi finder, at beskæftigelsen er lidt mere konjunkturfølsom i brancher med en høj gennemsnitlig automatiseringsandsynlighed end i brancher med en lav gennemsnitlig automatiseringsandsynlighed.
Automatiseringsmålet kan kritiseres	For det tredje kan resultaterne også være et udtryk for, at automatiseringsmålet fra Frey og Osborne var mangelfuldt. Som beskrevet i boks 9 blev automatiseringsandsynlighederne fra Frey og Osborne (2013) beregnet ud fra teknologieksperters vurderinger af, hvor sandsynligt det var, at 70 forskellige job ville blive automatiseret fuldt ud. Disse vurderinger blev efterfølgende anvendt til at ekstrapolere, hvor sandsynligt det var, at mange andre job kunne automatiseres fuldt ud. Ekstrapoleringen tilfører yderligere usikkerhed mht., hvor valide automatiseringsandsynlighederne er.
Kan hele job automatiseres?	Der har også været kritik af, om de interviewede eksperter havde tilstrækkelig information om, hvilke arbejdsopgaver de 70 undersøgte job indeholder, hvilket kan sænke kvaliteten af

undersøgelsens automatiseringssandsynligheder.¹⁰⁴ OECD (2016) påpegede ligeledes, at det er for upræcist at vurdere sandsynligheden for automatisering på jobniveau, da det typisk ikke er et helt job, der bliver automatiseret, men i stedet specifikke arbejdsopgave inden for job.

Ingen sammenhæng mellem produktivitet og automatisering

Den manglende sammenhæng mellem branchers gennemsnitlige automatiseringssandsynlighed og produktivitetsudviklingen kan tyde på, at målet fra Frey og Osborne var af tvivlsom kvalitet. For brancher, der med høj sandsynlighed kan automatisere deres produktion, bør også opleve en højere produktivitetsvækst som konsekvens.

Kraka-Deloittes mål er i højere grad bygget "bottom-up"

Derfor har vi også valgt at konstruere målet af automatiseringspotentialer, der anvendes i resten af analyserne i denne rapport, ud fra hvilke færdigheder, arbejdsaktiviteter og viden der indgår i hvert job, og med hvilken vigtighed de indgår, jf. afsnit 3.1 og Klejnstrup og Gotfredsen (2024). Derved måler vi, hvor stor en andel af arbejdstiden i jobbene, der potentielt kan automatiseres, i stedet for at udregne en sandsynlighed for, at jobbene automatiseres fuldt ud.

Svært at lave et altomfattende automatiseringsmål

Fraværet af sammenhænge mellem Frey-Osborne-målet og den efterfølgende udvikling illustrerer en generel udfordring ved at lave retvisende automatiseringsmål, da det kræver meget stor viden om alle forskellige job, hvilke arbejdsopgaver der indgår i disse job, i hvilken grad forskellige typer af funktioner er vigtige i jobbet, og hvordan det enkelte job indgår i en større, omskiftelig kontekst hos den enkelte arbejdsgiver.

4.3 Hvordan har automatisering påvirket lønkvoten og reallønnen de sidste 20 år?

Hidtil fokus på fremadrettede potentialer

I dette kapitel har vi hidtil fokuseret på de mulige fordelingsmæssige konsekvenser af forskellige automatiseringspotentialer. I afsnit 4.1 viste vi, at ufaglærte er mere udsatte over for fremtidig automatisering end personer med lange uddannelser. I afsnit 4.2 undersøgte vi sammenhængen mellem et tidligere vurderet automatiseringspotentialer og efterfølgende ændringer i produktivitet, løn og beskæftigelse.

Nu belyses effekter af automatisering de sidste 20 år

I dette afsnit kigger vi i stedet på den historiske udvikling og undersøger, om der er tegn på, at automatisering har haft negative konsekvenser for lønmodtagere de sidste 20 år. Det gør vi ved at se på, hvilken betydning automatisering har haft for to centrale forhold: Hvor stor en andel af den samlede værdiskabelse der tilfalder lønmodtagerne (den såkaldte lønkvote), og hvilken betydning denne udvikling har haft for reallønsudviklingen.

Automatisering kan påvirke lønnen på flere måder

Automatisering kan påvirke lønkvoten og lønudviklingen på flere måder. For det første vil automatisering øge effektiviteten af kapitalapparatet, hvilket kan motivere virksomheder til at erstatte arbejdskraft med kapital, når dette er muligt. Som følge heraf kan arbejdskraftens relative andel af den samlede indkomst falde. For det andet kan automatisering påvirke beskæftigelsesstrukturen mellem brancher og fx flytte arbejdskraft fra brancher med høj lønkvote over mod brancher med en lavere lønkvote. Dette skift vil også medvirke til en lavere samlet lønkvote. Omvendt kan automatisering også gøre medarbejderne mere produktive, hvilket vil øge lønnen. Hvilken effekt automatisering har på lønkvoten er derfor i sidste ende et empirisk spørgsmål.

Lønkvoten er faldet i udviklede lande ...

Automatisering i forskningslitteraturen

En voksende forskningslitteratur viser, at lønkvoten har været faldende siden 1980'erne og dermed, at mere og mere af værdiskabelsen skabt i samfundet går til kapitalejerne, og mindre og mindre går til lønmodtagerne.¹⁰⁵ Således viser en beregning fra OECD, at lønkvoten er faldet med ca. 0,3 pct.-point om året i G20-landene fra 1980 til 00'erne.¹⁰⁶

¹⁰⁴ For en udvidet kritik af Frey og Osbornes mål, se Coelli og Borland (working paper, 2019): https://melbourneinstitute.unimelb.edu.au/_data/assets/pdf_file/0005/3197111/wp2019n10.pdf

¹⁰⁵ Se fx Karabarounis og Neiman. (2014).

¹⁰⁶ OECD (2015).

... og automatisering kan være en del af forklaringen

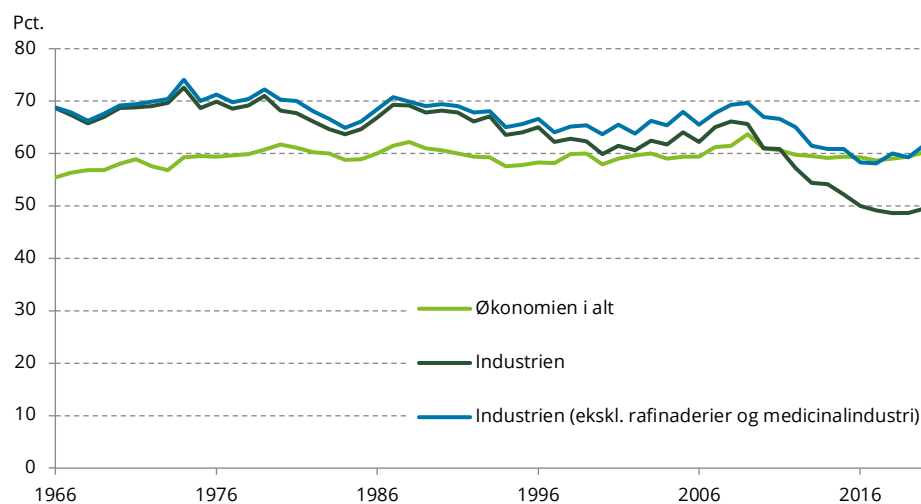
Om automatisering spiller en rolle for den faldende lønkvote, er også en central diskussion i forskningslitteraturen. Ifølge en analyse af Dao m.fl. (2017) er den teknologiske udvikling den største drivkraft bag den faldende lønkvote i udviklede økonomier i perioden fra 1990 til 2014. I en veludgivet forskningsartikel undersøger Acemoglu og Restrepo (2022) sammenhængen mellem automatisering og den faldende lønkvote i USA fra 1980 til 2016. De finder en tydelig sammenhæng mellem automatisering og faldet i lønkvoten, og de finder desuden, at denne udvikling har haft en stærkt negativ effekt på reallønsudviklingen for en række befolkningsgrupper i samme periode. Samme konklusion når Dauth m.fl. (2017) frem til i en analyse af konsekvenserne for lønmodtagere af industrirobotter i Tyskland. Der har dog været kritik af Acemoglu og Restrepo (2022) for at finde effekter, som er langt større, end hvad andre analyser finder.¹⁰⁷

Mange forklaringer på faldende lønkvote i Danmark ...

Automatisering og lønkvoten i Danmark

I Danmark har den samlede lønkvote ligget bemærkelsesværdigt stabilt fra 1966 til 2020, jf. figur 4.8. Dette gælder dog ikke for industrien, hvor lønkvoten er faldet siden midten af 00'erne. Hvorvidt hele eller dele af faldet i lønkvoten i industrien skyldes automatiseringen, kan ikke konkluderes på baggrund af figuren. Branchesammensætningen, manglende konkurrence mv. kan også spille ind. Fx viser en opgørelse fra Finansministeriet, at faldet i industriens lønkvote gennem de seneste årtier alene skyldes et fald i lønkvoten blandt den ene pct. af virksomhederne, der er mest produktive, målt ved værditilvæksten. Samtidig udgør disse virksomheder en stigende andel af den samlede værditilvækst i industrien, hvilket har forstærket deres bidrag til faldet i den samlede lønkvote.¹⁰⁸ Denne pointe understøttes også af, at faldet i lønkvoten har været særlig stort i medicinalbranchen, som må forventes at omfatte nogle af de mest produktive virksomheder. Derudover kommer en stigende andel af værditilvæksten i de største fremstillingsvirksomheder fra såkaldt fabriksløs produktion,¹⁰⁹ hvor varer tæller med i en dansk virksomheds værditilvækst uden nogen sinde at krydse den danske grænse. Det vil helt mekanisk reducere lønkvoten.¹¹⁰

Figur 4.8 Udvikling i lønkvoten, 1966-2020



Anm.: Lønkvoten er defineret som branchens samlede lønudgifter ift. den samlede værditilvækst.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af Statistikbanken NAP69.

... og automatisering kan være en af dem

Man kan på den anden side ikke udelukke, at automatisering også har spillet en rolle mht. den faldende lønkvote i industrien. Således finder DØR (2023), at fremstillingsvirksomheder, som investerer i automatiserende maskiner, reducerer deres lønkvote efterfølgende. Fx er lønkvoten 7 pct.-point lavere tre år efter påbegyndt automatisering af en fremstillingsvirksomhed relativt til virksomheder, der ikke påbegynder automatisering i perioden.

¹⁰⁷ Kritikken er bl.a. fremført af økonomerne Noah Smith og James Bradford DeLong i deres fælles podcast: [Hexapodia LVIII: Acemoglu & Johnson Should Have Written About Technologies as Labor-Complementing or Labor-Substituting](#)

¹⁰⁸ Finansministeriet (2022).

¹⁰⁹ Også kendt som "merchanting and processing".

¹¹⁰ DØR (2024).

Vi undersøger, hvad automatisering har gjort ved lønkvoten

Empirisk analyse af effekterne af automatisering i Danmark

I denne analyse undersøger vi sammenhængen mellem automatiseringen og lønkvoten i Danmark. Vi følger fremgangsmåden fra Acemoglu og Restrepo (2022). Analysen er opdelt i to trin. Første trin undersøger, hvordan automatisering har påvirket lønkvoten på tværs af brancher i perioden fra 2002 til 2019. Dette undersøger vi ved at estimere, hvor stor en del af de observerede ændringer i lønkvoten i forskellige brancher der kan forklares af to proxyer for automatisering: udvikling i IT-kapitalintensitet og investeringer i automatiserende maskiner. I andet trin undersøger vi, om ændringer i lønkvoten som følge af automatisering også ser ud til at påvirke reallønnen. Se boks 10 for en uddybende beskrivelse af metoden.

Boks 10 Metode

Analysemetoden er inspireret af Acemoglu og Restrepo (2022) og deles op i to trin.

Trin 1

I trin 1 undersøger vi, hvordan automatisering har påvirket lønkvoten i perioden fra 2002 til 2019. Som proxy for automatisering benytter vi udvikling i IT-kapitalintensitet og investeringer i automatiserende maskiner. IT-kapitalintensitet er et mål, Danmarks Statistik laver for en virksomheds omkostninger til IT-udstyr, telekommunikationsudstyr og computersoftware pr. arbejdstime. Investeringer i automatiserende maskiner er defineret som akkumuleret import af automatiserende maskiner gennem den betragtede periode. Se Jørgensen og Nilausen (2024) for yderligere beskrivelse af de to automatiseringsproxyer. Vi estimerer effekten af de to automatiseringsproxyer på lønkvoten på tværs af 54 brancher med en lineær regressionsmodel:

$$\Delta \text{Lønkvote}_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot \Delta \text{IT kapitalintensitet}_i + \beta_2 \cdot \ln(\text{Automatiserende maskiner}_i) + x_i + \epsilon_i$$

Hvor:

- $\Delta \text{Lønkvote}_i$ angiver ændringen i lønkvote fra 2002 til 2019 for branche i .
- $\Delta \text{IT kapitalintensitet}$ angiver den procentvise vækst i IT-kapitalintensitet fra 2002 til 2019 i branche i .
- $\ln(\text{Automatiserende maskiner}_i)$ angiver logaritmen til de akkumulerede investeringer i automatiserende maskiner i perioden 2002 til 2019 i en branche ift. samlede præsterede timer i branchen i 2002.
- x_i er kontrol for ændringer i BVT og samlet produktion fra 2002 til 2019 for branche i
- ϵ_i er et fejllid.

Regressionen er vægtet med branchernes bruttoværditilvækst i 2002.

Trin 2

I trin 2 af analysen undersøger vi, hvorvidt den estimerede ændring i lønkvoten har påvirket reallønsudviklingen på tværs af 30 befolkningsgrupper. Til det formål bruger vi den prædikterede ændring i lønkvoten som følge af automatisering fra trin 1:

$$\Delta \widehat{\text{lønkvote}}_i^{\text{auto}} = \hat{\beta}_1 \cdot \Delta \text{IT kapitalintensitet}_i + \hat{\beta}_2 \cdot \ln(\text{Automatiserende maskiner}_i)$$

Den bruger vi til at estimere sammenhængen mellem fald i lønkvoten som følge af automatisering og reallønsudviklingen i perioden fra 2002 til 2019:

$$\Delta \ln \text{løn}_{g,2002-2019} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \sum_{i \in I} [w_{ig} \cdot (-\Delta \widehat{\text{lønkvote}}_i^{\text{auto}})] + \epsilon_g$$

Hvor:

- $\Delta \ln \text{løn}_{g,2002-2019}$ angiver ændringen i befolkningsgruppe g 's gennemsnitlige løn fra 2002 til 2019.
- w_{ig} er en vægt for, hvor mange i en befolkningsgruppe g i en bestemt industri i , der arbejder i et rutinepræget job. Det er en central antagelse i forskningslitteraturen, at automatisering i højere grad rammer beskæftigede i såkaldte rutinejob. Se Jørgensen og Nilausen (2024) for en nærmere beskrivelse af, hvordan vægten er dannet.
- $\Delta \widehat{\text{lønkvote}}_i^{\text{auto}}$ er den prædikterede effekt fra trin 1 af analysen og indikerer den del af ændringen i lønkvoten i branche i , der kan tilskrives automatisering.
- ϵ_g er et fejllid.

β_1 indikerer, hvilken effekt det prædikterede fald i lønkvoten som følge af automatisering har haft på lønudviklingen. Hvis β_1 er positiv, er det udtryk for, at højere grad af automatisering har ført til negativ reallønsudvikling.

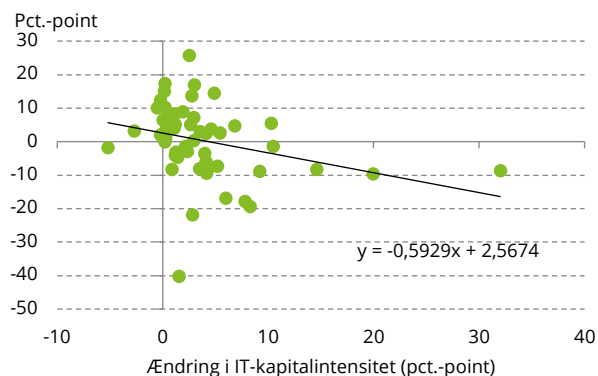
Analysen er baseret på 54 brancher. Vi har frasorteret brancher med manglende observationer samt ser vi bort fra medicinalindustrien og kemisk industri, da vi vurderer, at ændringen i deres lønkvote i høj grad skyldes fabriksløs produktion. Derudover er den offentlige sektor udeladt fra analysen.

Effekten fra de to automatiseringsmål er tvetydig

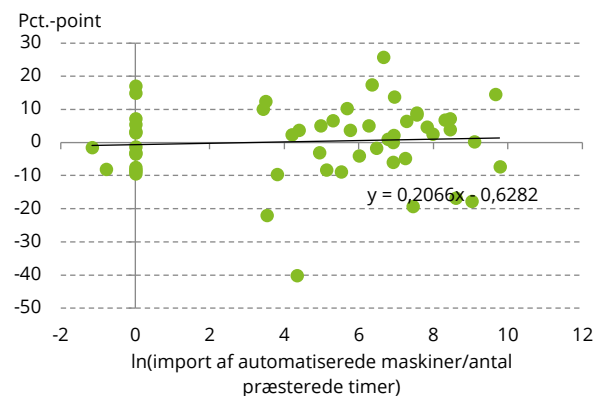
Der er en svag negativ sammenhæng mellem ændringen i IT-kapitalintensitet og lønkvoten, jf. figur 4.9.a. Det er konsistent med, at automatisering kan have reduceret lønkvoten. Omvendt ser der ikke ud til at være en sammenhæng mellem investeringer i automatiserende maskiner og ændringer i lønkvoten, jf. figur 4.9.b. Umiddelbart kan de to figurer således ikke afklare, om automatisering skulle være en vigtig drivkraft bag ændringer i lønkvoten.

Figur 4.9 Forhold mellem ændring i lønkvoten og to automatiseringsproxyer

Figur 4.9.a Ændring i IT-kapitalintensitet som proxy



Figur 4.9.b Investeringer i automatiserende maskiner som proxy



Anm.: Hver prik i figuren indikerer en branche. Brancher med manglende observationer er ikke medtaget i analysen. Medicinalindustrien og kemisk Industri er sorteret fra, da det vurderes, at deres ændring i lønandel i høj grad skyldes såkaldt fabriksløs produktion. Ændringen i lønkvoten markerer ændringen fra 2002 til 2019 og er beregnet ud fra glidende gennemsnit dannet over 3-årige perioder. Ændringen i IT-kapitalintensitet er defineret som den procentvise vækst i IT-kapitalintensiteten fra 2002 til 2019. Investeringerne i robotter og automatiserende maskiner er defineret som branchens akkumulerede import af disse maskiner i perioden 2002 til 2019 ift. branchens størrelse (målt ved antal præsterede timer) i 2002. Virksomheder med høj sandsynlighed for videresalg er frasorteret.
 Kilde: Egne beregninger på baggrund af Danmarks Statistiks registre og Statistikbanken NABP69.

Signifikant negativ effekt fra IT-kapitalintensitet

Vi undersøger sammenhængen formelt vha. regressionsmodellen beskrevet i boks 10. Her finder vi en statistisk signifikant negativ sammenhæng mellem ændringer i IT-kapitalintensitet og ændringer i lønkvoten, jf. tabel 4.1. Således er en stigning i værdien af IT-kapitalapparatet pr. arbejdstime på 1 pct. forbundet med et fald i lønkvoten på 1,0 pct.-point. Øgede investeringer i automatiserende maskiner har også en negativ sammenhæng med lønkvoten, som dog ikke er statistisk signifikant.¹¹¹ Samlet er der derfor indikationer på, at øget automatisering trækker i retning af lavere lønkvote.

Tabel 4.1 Regressionsresultater fra trin 1

	Koefficient	p-værdi
ΔIT kapitalintensitet _i	-1,041***	0,000
\ln (Automatiserende maskiner) _i	-0,409	0,419
Konstant	7,502	0,019
R^2	0,227	

Anm.: Signifikansniveau er bestemt ud fra estimaternes p-værdi: p<0,05: *, p<0,01: **, p<0,001: ***.

Ændringen i lønkvoten markerer ændringen fra 2002 til 2019 og er beregnet ud fra et glidende gennemsnit dannet over 3-årige perioder. Ændringen i IT-kapitalintensitet er defineret som den procentvise vækst i IT-kapitalintensiteten fra 2002 til 2019. Investeringerne i robotter og automatiserende maskiner er defineret som branchens akkumulerede import af disse maskiner i perioden 2002 til 2019 ift. branchens størrelse (målt ved antal præsterede timer) i 2002. Virksomheder med høj sandsynlighed for videresalg er frasorteret.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af Danmarks Statistiks registre og Statistikbanken NAP69 og NABB69.

¹¹¹ Se Jørgensen og Nilausen (2024) for estimationsresultater inkl. kontrolvariable og en diskussion af fordele og ulemper ved at inkludere kontrolvariable. Acemoglu og Restrepo (2022) medtager ikke kontrolvariable i denne del af deres analyse, og inklusion af disse ændrer ikke på fortegn og signifikans.

Automatisering påvirker personer i rutinejob

Sammenhæng mellem automatisering og realløn

Konsensus i forskningslitteraturen er, at automatisering i højere grad rammer beskæftigede i såkaldte rutinejob. I stedet for blot at kigge på lønudviklingen på tværs af brancher, opdeler vi derfor befolkningen i forskellige grupper, hvoraf en varierende andel arbejder i rutinejob. Rutinejob er kendetegnet ved opgaver, som er forudsigelige og let kan sættes på en formel og dermed automatiseres af fx en maskine eller computer. Job, som i mindre grad er rutineprægede, er derimod job, som kræver kreativitet eller sociale kompetencer.¹¹²

Vi inddeler befolkningen i 30 befolkningsgrupper

Vi har i alt inddelt befolkningen i 30 grupper på baggrund af køn, alder og uddannelsesniveau. Vi benytter de forskellige befolkningsgruppers tilknytning til rutinejob som vægt, når vi estimerer, hvordan automatisering har påvirket udviklingen i reallønnen.

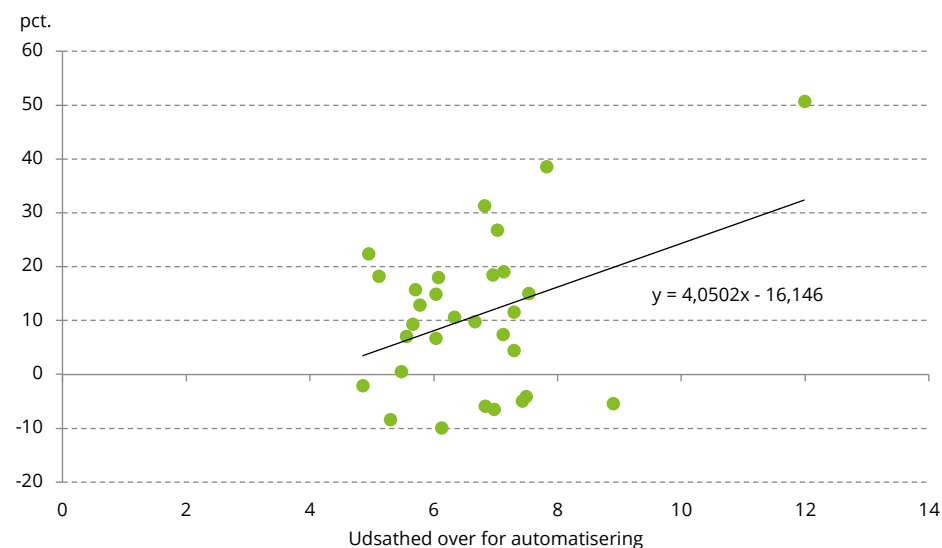
Automatisering har ikke påvirket lønudviklingen

Den rå sammenhæng mellem en befolkningsgruppes reallønsudvikling, og hvor udsat den er for automatisering, ses af figur 4.10.¹¹³ Her fremgår det, at de befolkningsgrupper, der har været mest udsat for automatisering, har oplevet den største *stigning* i deres realløn. Sammenhængen er dog kun på grænsen til at være statistisk signifikant, med en p-værdi på 0,1, når vi tester det formelt i regressionsmodellen beskrevet i boks 10.

Det står i skarp kontrast til resultaterne fra USA

Vores resultater står dermed i skarp kontrast til Acemoglo og Restrepo (2022), som finder en klar tendens til, at udsathed for automatisering har ført til negativ reallønsudvikling. Den positive sammenhæng i figur 4.10 er drevet af én *outlier*, det øverste punkt i figuren, idet udviklingen fra denne befolkningsgruppe (kvinder i alderen 46 til 55 år med en LVU) afviger fra udviklingen for de resterende befolkningsgrupper. Hvis denne gruppe tages ud af analysen, bliver den observerede sammenhæng flad, hvilket indikerer, at automatisering ikke har en effekt på reallønsudviklingen. Dette resultat er fortsat i stor kontrast til resultatet fra Acemoglu og Restrepo (2022).

Figur 4.10 Forhold mellem befolkningsgruppes udsathed over for automatisering og deres reallønsudvikling



Anm.: Hver prik i figuren indikerer en befolkningsgruppe. Befolkningsgrupperne er defineret ud fra køn, alder og uddannelsesniveau. Lønændringen angiver ændringen i den gennemsnitlige erhvervsindkomst for en befolkningsgruppe fra 2002 til 2019. Erhvervsindkomsten er omregnet til 2019-priser.

Hvor udsat en befolkningsgruppe er for automatisering, er defineret for hver branche med

$-\Delta \text{lønkvote}_i^{\text{auto}}$ vægtet med graden af tilknytning til rutinejob, jf. boks 2.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af Danmarks Statistiks registre og Statistikbankens NAP69 og NABB69.

¹¹² Hvorvidt en person arbejder i et rutinejob, afgøres ud fra et rutineindeks, som er bestemt af graden af rutineprægede opgaver i en given beskæftigelse. Se Jørgensen og Nilausen (2024) for en uddybende beskrivelse.

¹¹³ Udsathed er målt ved befolkningsgruppernes tilknytning til brancher, der har reduceret lønkvoten som følge af automatisering (vægtet med andelen af rutinearbejde).

Vi finder ikke negative effekter af automatisering

Samlet set peger resultaterne i denne analyse altså ikke på, at automatisering skulle have haft en væsentlig negativ indflydelse på lønnen for de berørte. Der er en vis indikation på en sammenhæng mellem automatisering og udviklingen i lønkvote, men ikke tegn på, at automatisering skulle føre til lavere realløn. Om noget ser der ud til at være en positiv sammenhæng mellem automatisering og realløn, som dog ikke er statistisk signifikant.

Automatisering påvirker lande forskelligt

En del af forklaringen på, at vi finder markant anderledes resultater end Acemoglu og Restrepo (2022), kan være, at der er nogle centrale forskelle på det danske og amerikanske samfund. For det første kan man forestille sig, at Danmark har haft større succes med at opkvalificere arbejdsstyrken, i takt med at nogle kompetencer blev overflødiggjort af automatisering og globalisering. For det andet er der stor forskel på, i hvor høj grad Danmark og USA har tilpasset erhvervsstrukturen til en mere international arbejdsdeling. Danmark har allerede outsourcet en stor del af den automatiserbare produktion, hvilket betyder, at den danske erhvervsstruktur er mindre udsat over for automatisering end den amerikanske. Endelig kan kortere geografiske afstande i Danmark betyde, at det kan være nemmere at finde ny beskæftigelse, hvis lokale arbejdspladser forsvinder som følge af automatisering.

Samlet set ikke grund til bekymring

Samlet set indikerer denne analyse, at der ikke er stor grund til at bekymre sig over, hvad automatisering vil gøre ved uligheden i Danmark. Selvom analysen ikke ser konkret på kunstig intelligens, taler det alligevel for, at man kan tillade sig at være nogenlunde fortrøstningsfuld for, at det danske samfund evner at modvirke eventuelle negative konsekvenser af automatisering, fx ved at opkvalificere befolkningen i takt med den teknologiske udvikling.



5. Hvor godt forberedt er Danmark på AI?

Danmark er godt forberedt på AI

Nye automatiserende teknologier har et stort potentiale til at øge produktiviteten i Danmark. Men for at potentialer kan blive til gevinster, er der en række forudsætninger, der skal være på plads. Disse forudsætninger omhandler ikke alene samfundets og arbejdsmarkedets indretning, men også den enkeltes villighed til at anvende AI. I afsnit 5.1 viser vi, at Danmark er det land, som er bedst forberedt til at høste gevinsterne ved kunstig intelligens. Danmark har specielt en styrkeposition inden for politik og digital infrastruktur, men klarer sig mindre godt målt på antallet af personer, der gennemfører en STEM-uddannelse.

Danskere skeptiske over for at lade AI træffe beslutninger

Danmark er overordnet set godt rustet til at høste gevinsterne ved kunstig intelligens, men det kommer også til at spille en vigtig rolle, hvorvidt den enkelte dansker er villig til at lade kunstig intelligens træffe beslutninger, der i dag træffes af mennesker. I afsnit 5.2 analyserer vi resultaterne af en spørgeskemaundersøgelse, hvor et repræsentativt udsnit af den danske befolkning er blevet spurgt om, hvorvidt de ville være villige til at lade en kunstig intelligens frem for et menneske træffe en beslutning i en række forskellige situationer. Mange danskere har en markant skepsis over for at lade kunstig intelligens tage beslutninger for dem, selvom størstedelen mener, at kunstig intelligens på mange punkter træffer bedre beslutninger end mennesker.

Dilemma mellem at uddanne til nutiden eller til fremtiden

I afsnit 5.3 undersøger vi, om uddannelsessystemet er gearret til en fremtid, hvor AI fylder mere på arbejdsmarkedet. Konkret undersøger analysen forholdet mellem nutidig knaphed på arbejdskraft og fremtidigt automatiseringspotentiale. Analysen viser, at arbejdsmarkedet kan inddeles i fire grupper pba. forholdet mellem nutidig og fremtidig knaphed. For industri- og håndværksjob har automatisering potentiale til at afhjælpe nuværende knaphed. Omvendt kan automatisering ikke reducere knapheden på ledere og visse specialister. Servicejob, fx inden for restauration og kundeservice, vil i fremtiden være udsatte, da der i dag ikke er knaphed, og de i fremtiden vil kunne automatiseres. En række akademiske job har oplevet faldende knaphed, men har generelt også lave fremtidige automatiseringspotentialer. Dette skaber et politisk dilemma, da man fra politisk hold skal vurdere, om man uddannelsespolitisk vil modgå nuværende mangel på arbejdskraft inden for industri- og håndværkerjob, eller om man skal satse på videregående uddannelser, hvor der i dag ikke er knaphed på arbejdskraft, men hvor automatisering i begrænset omfang kan erstatte arbejdskraft i fremtiden.

5.1 AI-parathedsindeks: Danmark ser ud til at være godt rustet til at høste gevinsterne ved AI

Vi undersøger, hvilke lande der er bedst rustet til at bruge AI

Ikke alle lande har lige gode forudsætninger for at høste gevinsterne af AI. Hvor store gevinsterne bliver, afhænger bl.a. af, i hvilket omfang og hvor hurtigt teknologien vinder indpas på arbejdsmarkedet og i samfundet, hvilket igen afhænger af en lang række landekaraktistika. I denne analyse sammenligner vi 30 af de mest avancerede økonomier på en række udvalgte indikatorer for at vurdere, hvilke lande der er bedst rustet til at høste gevinsterne ved AI.

Fire centrale indikatorer

Det gør vi ved at udforme et AI-parathedsindeks, hvor vi udvælger en række indikatorer, der kan vise, hvor parat et land er til at drage nytte af AI. De valgte indikatorer hører under hovedkategorierne humankapital, digital infrastruktur, politik og tillid. Humankapital dækker over befolkningens evne til at forstå og benytte teknologi, digital infrastruktur handler om de fysiske rammer (fx adgang til internet), og hvor digital den offentlige sektor er, mens politik handler om styrken af det sociale sikkerhedsnet, som er vigtigt for fleksibiliteten og omstillingsparatheden på

arbejdsmarkedet, og hvor effektiv en offentlig sektor landene har. Se Jørgensen og Mønster (2024b) for en udførlig liste af valgte indikatorer og detaljer.

Tillid er vigtigt for, hvor villige folk er til at bruge ny teknologi

Humankapital, digital infrastruktur og politik er indikatorer, der også benyttes af eksisterende indeks. Derudover har vi suppleret med en række indikatorer om den generelle tillid i samfundet. Vores vurdering baseret på en gennemgang af litteraturen er, at tillid er vigtigt for forbrugeres adfærd online og i særdeleshed for, hvor hurtige forbrugerne er til at tage nye teknologier i brug.¹¹⁴ Samtidig er der stor variation i det generelle tillidsniveau på tværs af mange avancerede økonomier, hvorfor vi mener, at det er et væsentligt bidrag ift. eksisterende parathedsindeks.

Vi trækker på eksisterende erfaringer

I udvælgelsen af vores indikatorer har vi fundet inspiration i eksisterende AI-parathedsindeks udarbejdet af bl.a. IMF og Tortoismedia, som i forvejen har udvalgt en lang række indikatorer på baggrund af studier, der har undersøgt udbredelsen og implementeringen af tidligere teknologier.¹¹⁵

Den samlede parathed er baseret på de fire kategorier

Den samlede parathedsscore består af et simpelt gennemsnit af scorerne fra de fire hovedkategorier. Hver hovedkategori er igen baseret på et simpelt gennemsnit af en række indikatorer, hvis score er indekseret mellem 0 og 1, hvor 1 svarer til, at landet er bedst inden for den givne indikator.

Vi fokuserer på anvendelse og implementering af AI

Hovedfokus for indekset er et lands evne til at *implementere* og *anvende* AI og altså ikke, hvorvidt et land kan *udvikle* nye AI-teknologier. Fra et økonomisk perspektiv er der ikke noget stærkt argument for, at det er bedre for et land selv at udvikle teknologi end at benytte en teknologi, som andre lande udvikler, hvis landets styrkepositioner ligger andre steder end udvikling af den teknologi. Hvis man har et politisk ønske om, at Danmark skal udvikle AI-teknologi, fx hvis det betragtes som kritisk infrastruktur, kan der være behov for at inddrage andre kriterier og indikatorer end dem, der indgår i denne analyse.

Avancerede økonomier har størst potentiale ved AI

Af IMF's parathedsindeks fremgår det, at det hovedsageligt er avancerede økonomier som Danmark, der har et stort potentiale til at implementere og drage nytte af AI, hovedsageligt som følge af bedre digital infrastruktur og mere humankapital. Derfor vælger vi at fokusere på avancerede økonomier. Det betyder også, at vi frasorterer alle indikatorer, der primært er relevante mht. at sammenligne avancerede økonomier med udviklingsøkonomier, såsom fx andelen af indbyggere med adgang til fastnettelefon.

Danmark er bedst rustet til at høste gevinsterne ved AI

Resultater

Baseret på den samlede indeksscore fremstår Danmark som det land i verden, der er bedst rustet til at implementere AI, jf. figur 5.1. Danmark opnår et samlet indekstal på 0,78, hvilket er marginalt højere end de nærmeste konkurrenter, der ligger omkring 0,76. Det stemmer godt overens med IMF's opgørelse, hvor Danmark også ligger blandt de tre mest parate lande. Generelt ligger de nordeuropæiske og nogle af de avancerede asiatiske lande højt på indekset, mens fx et land som USA ligger længere nede med en indeksscore på 0,65.

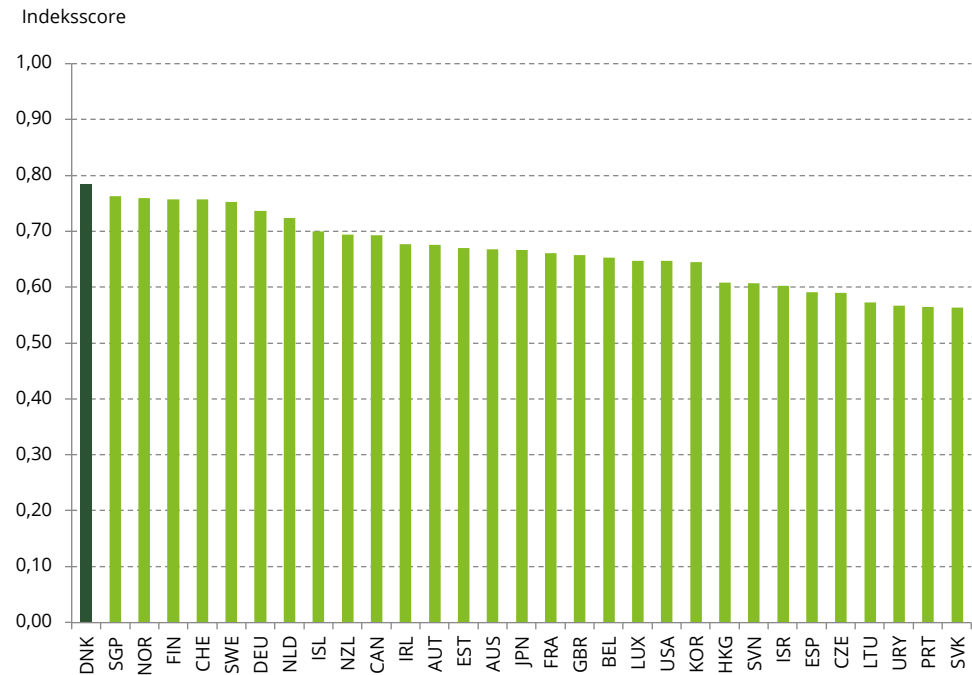
Lav placering for USA skyldes bl.a. fokus på at anvende AI

USA's lave placering skyldes, at indekset har fokus på landes styrkepositioner mht. at anvende, snarere end at udvikle, kunstig intelligens. Særligt inklusionen af *tillid* betyder, at USA scorer markant dårligere i vores parathedsindeks end i IMF's, hvor de ligger i top-3. Et indeks med større fokus på rammevilkår for tech-virksomheder, fx målt på adgangen til risikovillig kapital, vil bringe USA højere op på listen. Men vi argumenterer som tidligere nævnt for, at tech-virksomhedernes vilkår ikke er specielt vigtige for, hvilken betydning AI vil få for produktiviteten i resten af samfundet, hvorfor vi her fokuserer på at anvende frem for at udvikle AI.

¹¹⁴ Se fx Wu m.fl. (2011).

¹¹⁵ Se fx Comin m.fl. (2003) og Nicoletti, Rueden, og Andrews (2020).

Figur 5.1 Samlet AI-parathedesindeks



Anm.: Indekset er udregnet som et simpelt gennemsnit af de fire hovedkategorier, der hver består af en række indikatorer, der er normaliseret mellem 0 og 1. Se bilag 1 i Jørgensen og Mønster (2024) for en udførlig liste.

Kilde: Egne beregninger baseret på data fra Verdensbanken, OECD, ourworldindata.org, ILO, cable.co.uk og FN.

Danmark excellerer inden for politik og digital infrastruktur

Når Danmark opnår den højeste samlede score, skyldes det først og fremmest, at Danmark klarer sig bedre end de øvrige lande i top-10 inden for hovedkategorierne digital infrastruktur og politik, jf. figur 5.2. Det dækker bl.a. over, at Danmark er et meget digitaliseret samfund med en effektiv offentlig sektor samt et stærkt socialt sikkerhedsnet. I modsat retning trækker Danmarks lave andel af STEM-uddannede og især STEM-uddannede kvinder samt en relativt dårlig placering i PISA-undersøgelserne. Det medfører, at Danmark får en score på 0,61 i humankapital, hvilket er lidt lavere end gennemsnittet i top-10. Til sammenligning har Singapore, der samlet set klarer sig næstbedst, en score på 0,72 i humankapital, hvilket fortrinsvist skyldes en høj andel af STEM-uddannede samt deres placering som nummer et i PISA-undersøgelserne. Også Sverige klarer sig bedre her, med en score på 0,70, hvilket ligeledes kan tilskrives andelen af STEM-uddannede.

Mangel på kvindelige STEM-uddannede er spild af talent ...

Diskussionen om mangel på STEM-uddannede – ikke mindst kvindelige – er ikke ny. I sidste Small Great Nation-rapport viste vi, at man til trods for utallige indsatser de sidste 30 år ikke er lykkedes i nævneværdig grad med at få flere kvinder til at vælge STEM-uddannelser, hvilket bl.a. kan skyldes, at Danmark har en kedelig verdensrekord i at have kønsstereotype opfattelser af, hvad talent er.¹¹⁶ At kvinder systematisk fravælger STEM-uddannelser kan være et problem i sig selv, fordi det kan føre til et tab af talent. Og det er altså også et af de områder, hvor Danmark sakker bagud i opførelsen af AI-parathed.

... og dimensionering af universiteter kan skade økonomien

Derfor er det også kritisk, at den nyligt vedtagne dimensionering af universiteterne umiddelbart vil betyde, at der kommer færre STEM-uddannede fremover. Det risikerer at gøre Danmark fattigere både generelt, og i særdeleshed hvis STEM-kompetencer fremover bliver vigtigere, som følge af den teknologiske udvikling.

Ingen grund til store reformer for at fremme AI-parathed

Når det så er sagt, så peger denne analyse på, at Danmark er godt rustet, uden at politikerne behøver at lave store reformer af fx uddannelsessystemet. Hvis man alligevel har et politisk ønske om at forbedre paratheden, tyder analysen på, at flere STEM-uddannede er et oplagt sted at

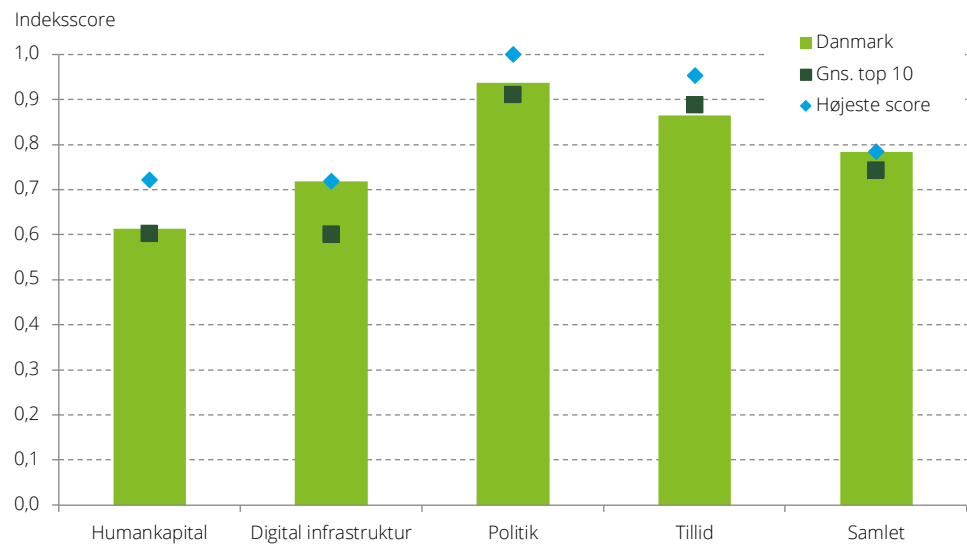
¹¹⁶ https://kraka.dk/small_great_nation/dansk_koensbiasrekord_drenge_anses_for_mere_talentfulde_end_piger

God placering må ikke blive en sovepude

starte. I så fald skal gevinsterne dog holdes op imod, at der samtidig vil komme færre med andre uddannelser.

Denne analyse undersøger udelukkende, hvor parat Danmark er *relativt* til andre lande. Der vil altid være mulighed for at forbedre paratheden. Så selvom Danmark er godt rustet til at høste gevinsterne ved AI relativt til andre lande, må det ikke blive en sovepude for at øge paratheden yderligere. Fortsat opkvalificering af befolkningen er afgørende, og det lange, seje træk med at få flere kvinder til at søge ind på STEM-uddannelserne ser kun ud til at blive mere relevant i en fremtid med AI.

Figur 5.2 Danmarks placering på de fire hovedkategorier



Anm.: Indekset er udregnet som et simpelt gennemsnit af de fire hovedkategorier, der hver består af en række indikatorer, der er normaliseret mellem 0 og 1. Se bilag 1 for en udførlig liste. Den gennemsnitlige score for top-10 er top-10 i det samlede indeks.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af data fra Verdensbanken, OECD, ourworldindata.org, ILO, cable.co.uk og FN

5.2 Danskerne er skeptiske over for at lade kunstig intelligens træffe beslutninger

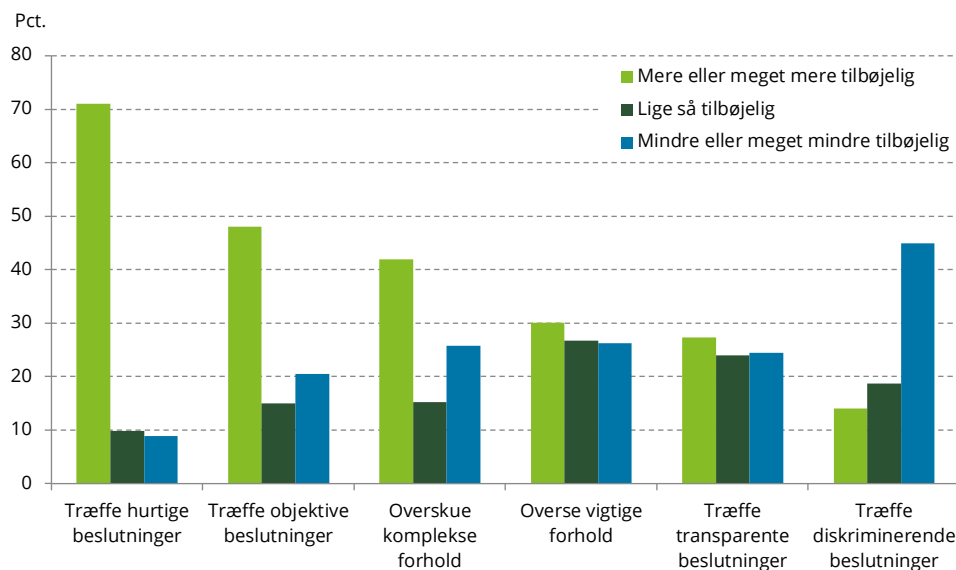
Vi undersøger, om danskerne vil lade AI træffe beslutninger

En af forudsætningerne for, at Danmark, og ikke mindst den offentlige sektor, kan høste nogle af gevinsterne ved kunstig intelligens, er, at danskerne er villige til at lade kunstig intelligens spille en større rolle, når der skal træffes beslutninger. Derfor har vi i vores tidligere omtalte spørgeskemaundersøgelse spurgt et repræsentativt udsnit af befolkningen, i hvilke konkrete situationer og under hvilke betingelser de er villige til at lade AI træffe beslutninger på deres vegne. Undersøgelsen er nærmere beskrevet i boks 2 i kapitel 2.

Danskerne har stor tillid til kvaliteten af AI's beslutninger

En forudsætning for villigheden til at lade kunstig intelligens træffe beslutninger er naturligvis, at man har tillid til, at den rent faktisk træffer gode beslutninger. Et flertal mener, at kunstig intelligens er i stand til at træffe mindst lige så hurtige, objektive og mindre diskriminerende beslutninger som mennesker, samt at computeren er mindst lige så god til at overskue komplekse forhold, jf. figur 5.3. På spørgsmålet om, hvorvidt kunstig intelligens er mere tilbøjelig end mennesker til at overse vigtige forhold og træffe transparente beslutninger, er befolkningen nogenlunde ligeligt delt. Samlet set tegner der sig et billede af, at danskerne har stor tillid til kvaliteten af de beslutninger, kunstig intelligens kan træffe.

Figur 5.3 "Vurder efter din overbevisning, om en kunstig intelligens er mere eller mindre tilbøjelig til følgende end en menneskelig beslutningstager"



Anm.: Vi har spurgt "Vurder efter din overbevisning, om en kunstig intelligens er mere eller mindre tilbøjelig til følgende end en menneskelig beslutningstager?" Undersøgelsen er baseret på 2028 respondenter. Søjlerne summerer ikke altid til 100 pct., fordi "Ved ikke"-svar er udeladt.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af en spørgeskemaundersøgelse udført af Epinion for Kraka-Deloitte.

Danskerne er skeptiske – især over for AI-dommere

Til trods for tilliden til kvaliteten er danskerne meget skeptiske over for at lade kunstig intelligens træffe beslutninger for dem, jf. figur 5.4. Det gælder især for retslige afgørelser, hvor 78 pct. svarer, at de i få eller ingen sammenhænge er villige til at overlade beslutningen til kunstig intelligens. Det område, hvor skepsissen er mindst, er banklån, hvor 20 pct. af respondenterne er villige til at lade kunstig intelligens træffe beslutningen i de fleste sammenhænge, mens 47 pct. kun vil tillade dette i få eller ingen sammenhænge.

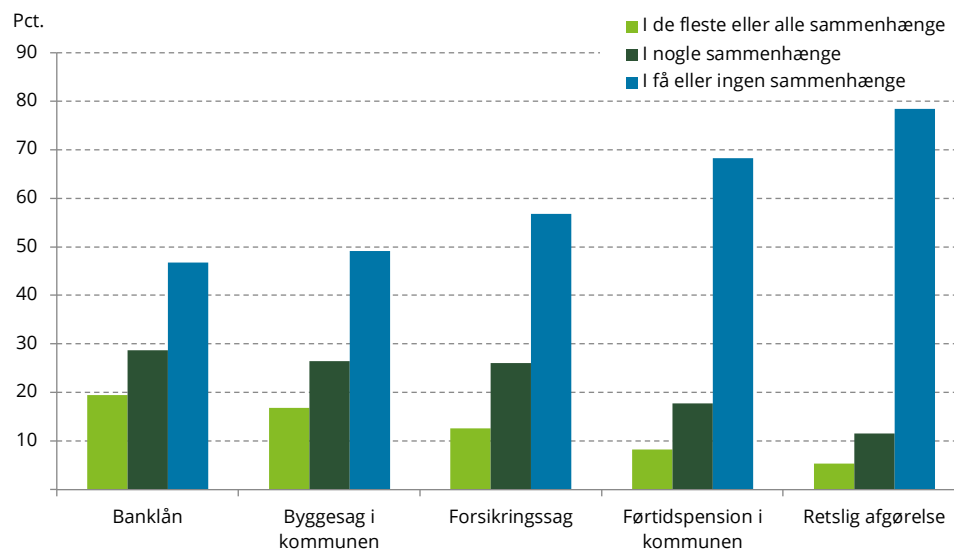
Ankemulighed ville formentlig styrke opbakningen

En del af forklaringen på den store skepsis over for at lade kunstig intelligens træffe retslige afgørelser kan være, at det ikke er helt klart ud fra spørgsmålets formulering, hvorvidt eksisterende appelmuligheder bibeholdes. Hvis det fx var tydeligt, at man var garanteret mulighed for at anke til en højere retsinstans med menneskelige dommere, ville opbakningen til at lade kunstig intelligens træffe den initiale beslutning muligvis være større.

Skepsis overvindes ikke af hurtigere sagsbehandlingstid

Vi har også undersøgt, hvad det vil betyde for svaret på samme spørgsmål, hvis der var 3 måneders længere ventetid på en menneskelig afgørelse. Det rykker imidlertid kun en lille smule på svarfordelingen og ændrer ikke på det overordnede billede af, at danskerne er skeptiske over for at lade kunstig intelligens træffe vigtige beslutninger på deres vegne.

Figur 5.4 "Hvor ofte ville du være villig til lade en kunstig intelligens træffe afgørelse i følgende sager, uden menneskelig indblanding?"



Anm.: Vi har spurgt: "I dette scenarie, hvor ofte ville du så være villig til lade en kunstig intelligens træffe afgørelse i følgende sager, uden menneskelig indblanding". Undersøgelsen er baseret på 2028 respondenter. Søjlerne summerer ikke altid til 100 pct., fordi "Ved ikke"-svar er udeladt.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af en spørgeskemaundersøgelse udført af Epinion for Kraka-Deloitte.

Kvinder er mere skeptiske over for AI end mænd ...

Vi har desuden undersøgt, om nogle befolkningsgrupper er mere skeptiske end andre. Her finder vi, at kvinder er lidt mere skeptiske over for at lade kunstig intelligens træffe beslutninger, end mænd er. En del af forklaringen kan være, at kvinder generelt er lidt mere i tvivl om kvaliteten af beslutningerne. Således svarer markant flere kvinder end mænd "ved ikke" på spørgsmålene om tiltroen til beslutningerne i figur 5.3.

... selvom kvinder oftere oplever forskelsbehandling

Det kan virke paradoksalt, at kvinder er mindre tilbøjelige end mænd til at lade kunstig intelligens træffe beslutninger, når der samtidig er en litteratur, der peger på, at kvinder oftere er udsat for diskrimination end mænd, når mennesker træffer beslutninger. Fx viser undersøgelser, at kvinder i gennemsnit betaler højere rente på deres lån end mænd, hvorfor kvinder umiddelbart kunne have større incitament til at lade kunstig intelligens træffe beslutningen om et banklån.¹¹⁷ Og både mænd og kvinder mener, at kunstig intelligens træffer mindre diskriminerende beslutninger end mennesker.

Unge og gamle er lige skeptiske

Undersøgelsen viser også, at unge og gamle er lige skeptiske over for at lade kunstig intelligens træffe beslutninger på alle de nævnte områder, hvilket måske også er en smule overraskende, da man generelt ser, at ældre er mere skeptiske over for ny teknologi end yngre og bruger den i langt mindre grad.¹¹⁸

5.2.1 Kunstig intelligens i sundhedsvæsenet

Vi spørger, om folk vil lade AI vælge deres behandling

Sundhedsvæsenet er et af de områder, hvor kunstig intelligens spås at få en meget stor betydning inden for en nærmere fremtid. Der er allerede en videnskabelig debat om, hvorvidt kunstig intelligens er bedre end menneskelige radiologer til at opdage visse kræftformer, og det er givetvis et spørgsmål om tid, før computeren med sikkerhed træffer flere rigtige beslutninger på en række områder.¹¹⁹ Derfor har vi også undersøgt, om danskerne ville være villige til at lade kunstig intelligens beslutte, hvilken behandling de skal tilbydes, hvis de bliver syge, og om det afhænger af, hvor mange fejlbeslutninger hhv. computeren og menneskelige læger træffer.

¹¹⁷ <https://www.dr.dk/nyheder/penge/der-kan-vaere-koensforskelle-paa-banklaan-jeg-gider-ikke-prutte-om-prisen>.

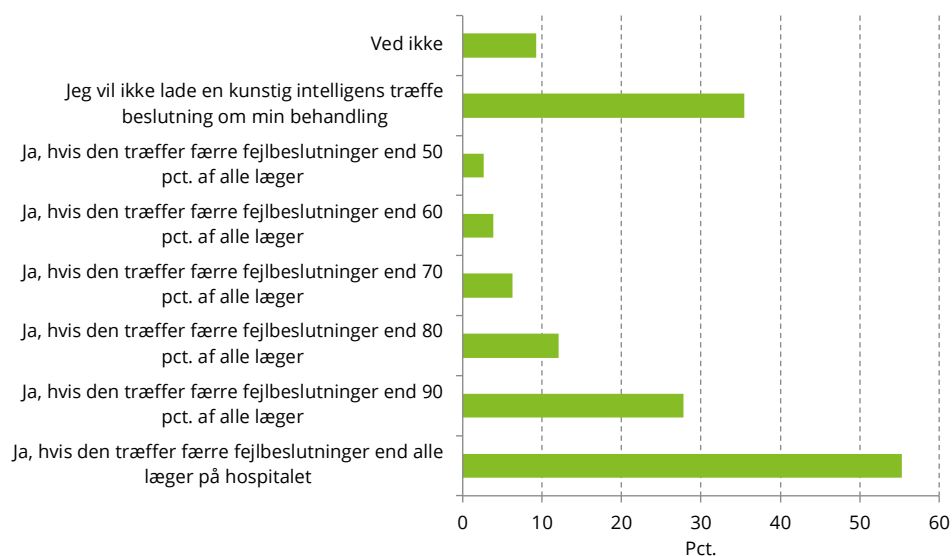
¹¹⁸ <https://www.pewresearch.org/short-reads/2022/01/13/share-of-those-65-and-older-who-are-tech-users-has-grown-in-the-past-decade/>.

¹¹⁹ Se fx Potipimpanon m.fl. (2022)

35 pct. vil aldrig lade AI vælge deres behandling

Hvis målet alene er at have størst sandsynlighed for at få taget den rigtige beslutning, og det antages, at patienten ikke har indflydelse på, hvor dygtig en læge vedkommende alternativt ville få, burde det være tilstrækkeligt, at kunstig intelligens træffer bedre beslutninger end halvdelen af alle læger. Undersøgelsen viser imidlertid, at meget få danskere er villige til at lade kunstig intelligens vælge deres behandling i det tilfælde, jf. figur 5.5. Som man ville forvente, er flere villige til at lade kunstig intelligens træffe beslutningen, desto bedre beslutninger den tager relativt til mennesker. I alt er ca. 55 pct. af de adspurgte villige til at lade kunstig intelligens træffe beslutningen, om hvilken behandling de skal tilbydes, betinget af at den er tilstrækkeligt meget bedre end menneskelige læger, men hele 27 pct.-point heraf er betinget af, at den er bedre end *samtlig*e læger på hospitalet. Derimod svarer 35 pct., at de ikke er villige til at lade computeren træffe beslutningen under nogen omstændigheder – heller ikke hvis den laver færre fejl end alle læger på hospitalet. Danskerne lader altså til at have en vis præference for, at et menneske træffer beslutninger om deres sundhedstilbud, selv hvis kunstig intelligens i fremtiden bliver bedre til at træffe dem.

Figur 5.5 "Ville du være villig til at lade kunstig intelligens træffe den endelige beslutning om, hvilken behandling du tilbydes?"



Anm.: Vi har spurgt "Ville du være villig til at lade en kunstig intelligens træffe den endelige beslutning om, hvilken behandling du tilbydes?" Undersøgelsen er baseret på 2028 respondenter. Vi har lagt de positive svar sammen, så personer, der fx har svaret ja til 50 pct., også fremgår af de andre positive svar, da man formentlig også ville svare ja til de andre kategorier.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af en spørgeskemaundersøgelse udført af Epinion for Kraka-Deloitte.

Danskernes skepsis står i kontrast til tiltroen til kvalitet

Danskernes skepsis over for at lade kunstig intelligens træffe beslutninger på deres vegne står umiddelbart i kontrast til deres tiltro til kvaliteten af beslutningerne. En del af forklaringen er, at de personer, der svarer, at de under ingen omstændigheder vil lade kunstig intelligens træffe beslutningen om, hvilken sundhedsbehandling de skal tilbydes, generelt er mere skeptiske over for beslutningskvaliteten end den gennemsnitlige dansker. Fx mener 27 pct. af denne gruppe, at kunstig intelligens er mere tilbøjelig til at kunne overskue komplekse forhold, mod 42 pct. blandt alle adspurgte. Og kun 35 pct. mener, at den træffer objektive beslutninger, mod 48 pct. blandt alle adspurgte.

Meget få har dårlige erfaringer med AI's beslutninger

Af undersøgelsen fremgår det også, at de færreste danskere har oplevet, at kunstig intelligens træffer en beslutning på deres vegne, og at de få, der har prøvet det, havde en positiv oplevelse. Modviljen mod at lade kunstig intelligens træffe beslutninger baserer sig altså tilsyneladende hverken på forventninger om et dårligere resultat eller på dårlige erfaringer.

Mennesker og AI supplerer ikke altid hinanden godt

En del af modviljen mod at lade kunstig intelligens træffe beslutninger på ens vegne kan skyldes, at folk har en forventning om, at beslutningen bliver bedre, hvis der både er computer og

menneske inde over. Her viser nye erfaringer imidlertid, at det ikke altid er tilfældet. Således fandt et studie fra 2023, at radiologer og kunstig intelligens hver især laver flere korrekte diagnosticeringer, end hvis radiologerne havde adgang til at anvende kunstig intelligens som hjælpemiddel.¹²⁰

Skepsis kan reducere potentialet for øget produktivitet

En del af produktivetsgevinsten fra kunstig intelligens i den offentlige sektor vil givetvis stamme fra, at computeren enten assisterer eller direkte overtager rollen som beslutningstager. Her peger denne analyse på, at befolkningens skepsis kan blive en barriere for at udnytte potentialet til fulde.

5.3 AI skaber dilemma mellem at uddanne til nutiden eller fremtiden

Kompetencer afgørende for at udnytte potentialet

Hvis Danmark skal udnytte mulighederne ved automatisering, er det vigtigt, at arbejdskraften har de rette kompetencer. Det kan give anledning til en række udfordringer, og opgaven bør ses i lyset af, hvilke funktioner der kan automatiseres i fremtiden. For det er muligt, at automatisering kan afhjælpe nogle af de strukturelle ubalancer mellem kompetencer og jobudbud, som findes i dag, hvis de kompetencer, der er knaphed på i dag, i fremtiden kan automatiseres. Omvendt er det også muligt, at automatisering kan forstærke eksisterende ubalancer, hvis kompetencer, der i dag ikke er så efterspurgt ift., hvor mange, der har dem, i fremtiden kan automatiseres yderligere.

Uddannelsessystemet skal fremtidssikres

I denne analyse undersøger vi forholdet mellem fremtidig automatisering og nutidige strukturelle ubalancer på arbejdsmarkedet. Dette kan give en indikation af, hvordan uddannelsessystemet bedst fremtidssikres til et arbejdsmarked med stigende automatisering. I analysen lægger vi til grund, at automatisering af bestemte job mindsker efterspørgslen efter menneskelig arbejdskraft i disse job. Denne effekt kan dog reduceres eller helt opvejes af, at arbejdskraften i job, der delvist automatiseres, bliver mere produktiv, hvilket kan øge efterspørgslen efter den.

Relativ lønudvikling som mål for ubalancer ...

For at måle den historiske udvikling i de strukturelle ubalancer ved forskellige job, ser vi på hvert jobs relative lønudvikling mellem 2011 og 2022. Hvis lønnen for et bestemt job er steget mere end de gennemsnitlige lønninger i samfundet, og mere end hvad visse andre objektive forhold kan begrunde, tager vi det som et udtryk for en stigende knaphed på den pågældende type af arbejdskraft. Det kan enten være som følge af en øget efterspørgsel eller et reduceret udbud. Her skal knaphed forstås som en situation, hvor arbejdsgivere ønsker at ansætte mere arbejdskraft, end de kan tiltrække til den givne løn.

... estimerer vi med en regressionsanalyse

Konkret estimerer vi jobbets relative lønudvikling mellem 2011 og 2022 med en regressionsanalyse, der tager højde for erfaring og uddannelsesniveau for de personer, der udfører jobbet, såvel som den generelle lønudvikling over tid. Ideen med denne metode er, at uddannelse og erfaring afspejler en persons produktivitet, mens de generelle lønstigninger som udgangspunkt kan tilskrives en generel produktivtetsvækst samt inflation. Den tilbageværende udvikling i lønnen tilskrives vi derfor ændringer i forholdet mellem udbud og efterspørgsel. Metoden til at beregne den relative lønudvikling for forskellige job er uddybet i boks 11.

Job inddeles i 4 grupper

Vi kan inddele job i 4 grupper på baggrund af deres relative lønudvikling og deres fremadrettede automatiseringspotentiale:

- **Gruppe 1: Automatisering kan afhjælpe knaphed – Positiv relativ lønudvikling for jobbet og højt automatiseringspotentiale:** I denne gruppe er der i dag knaphed på arbejdskraft, men automatiseringsteknologier kan reducere knapheden i fremtiden.
- **Gruppe 2: Udsatte job – Negativ relativ lønudvikling for jobbet og højt automatiseringspotentiale:** I denne gruppe er der ikke knaphed på arbejdskraft, og automatisering kan potentielt reducere behovet for arbejdskraft yderligere.
- **Gruppe 3: Lavt automatiseringspotentiale matcher lav knaphed – Negativ relativ lønudvikling for jobbet og lavt automatiseringspotentiale:** I denne gruppe er der ikke knaphed på arbejdskraft, og den fremtidige automatisering vil være relativt begrænset.

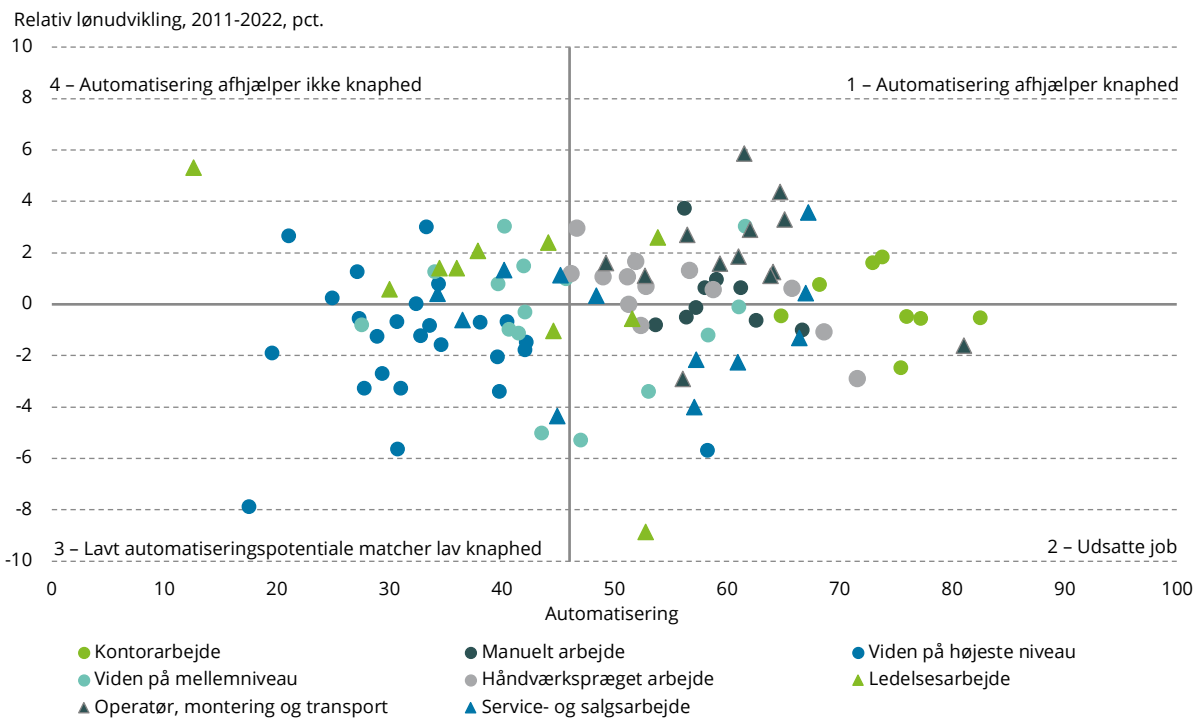
¹²⁰ Agarwal m.fl. (2023).

- **Gruppe 4: Automatisering afhjælper ikke knaphed** – Positiv relativ lønudvikling for jobbet og lavt automatiseringspotentiale. I denne gruppe er der knaphed, og den fremtidige påvirkning af automatisering vil være relativt begrænset.

Gruppe 1: Pas på med at "overskyde" ift. behovet

De fire grupper afspejler forholdet mellem nutidig knaphed og fremtidig knaphed og er illustreret i figur 5.6. Hvis der i dag er knaphed på arbejdskraft inden for et job, og jobbet i høj grad kan automatiseres, kan arbejdsgivere modgå ubalancen ved at implementere automatiserende teknologi. Dette er tilfældet for job inden for gruppe 1, hvor automatiseringsteknologier rummer et potentiale til at afhjælpe den eksisterende knaphed i fremtiden. Man bør altså være varsom med at "overskyde" ift., hvor mange det er nødvendigt at uddanne inden for denne gruppe.

Figur 5.6 Sammenhæng mellem relativ lønudvikling og automatiseringspotentiale



Anm.: Den vandrette akse angiver automatiseringspotentialet fra kapitel 3.1. Aksen er sat ved 46, da dette var det gennemsnitlige automatiseringspotentiale for hele økonomien. Den relative lønudvikling er opgjort i 2022 relativt til 2011. Se boks 11 for uddybet metode.
 Kilde: Egne beregninger på baggrund af Danmarks Statistiks registre og eksperterens vurdering af automatiseringspotentiale.

Gruppe 2: Udsatte personer

Inden for gruppe 2 findes de udsatte job. Her er der ikke knaphed på arbejdskraft, og automatiseringspotentialet er højt. Personer med disse job står i en potentielt udsat position, hvor der ikke er knaphed på nuværende tidspunkt, og hvor automatisering vil kunne modgå en potentiel fremtidig knaphed.

Gruppe 3: Ikke den store ændring

Job i gruppe 3 vil ikke opleve en stor ændring pga. af ny teknologi. Der er ikke knaphed på arbejdskraft inden for disse job i dag, og de vil ikke i udpræget grad blive påvirket af automatisering, og deres situation vil således være relativt upåvirket.

Gruppe 4: Fortsat mangel

For gruppe 4 vil automatisering ikke kunne afhjælpe knaphed. I dag er der knaphed inden for disse job, og der er ikke udsigt til, at automatisering kan frigive arbejdskraft. I forhold til denne gruppe skal man altså passe på med at "underskyde" mht., hvor mange det er nødvendigt at uddanne.

AI kan afhjælpe mangel på arbejdskraft i industrien

Gruppe 1, som er karakteriseret ved, at automatisering i fremtiden kan afhjælpe den aktuelle knaphed, består overordnet af job inden for håndværks- og operatørarbejde, jf. figur 5.6. Personer

med disse job vil typisk have kortere uddannelser, og man vil således hurtigt kunne reducere knapheden ved at uddanne flere. Dog kan knapheden på sigt afhjælpes ved implementering af automatiserende teknologi. De job i gruppen med den hurtigste relative lønudvikling er hovedsageligt operatørjob inden for forskellige former for industriel produktion, jf. tabel 5.1. Disse job har et forholdsvis højt automatiseringspotentiale på omkring 60 pct., og der er god mulighed for at reducere behovet for arbejdskraft vha. automatisering.

Tabel 5.1 De ti job med højest relativ lønudvikling, hvor automatisering kan afhjælpe knaphed (Gruppe 1)

Jobkategori	Job	Relativ lønudvikling	Automatiseringspotentiale
			----- Pct. -----
Operatør, montering og transport	Operatørarbejde ved fremstilling af tekstil-, pels- og læderprodukter	5,9	61,5
Operatør, montering og transport	Operatørarbejde ved fremstilling af nærings- og nydelsesmidler	4,4	64,7
Manuelt arbejde	Andet manuelt arbejde	3,7	56,2
Service- og salgsarbejde	Kasseassistentarbejde og beslægtet kundebetjening	3,6	67,2
Operatør, montering og transport	Operatører af maskiner til fremstilling af gummi-, plastik- og papirprodukter	3,3	65,1
Viden på mellemløsniveau	Teknisk kontrolarbejde inden for processtyring	3,1	61,6
Håndværkspræget arbejde	Installation og reparation af elektronik og telekommunikation	3,0	46,6
Operatør, montering og transport	Operatørarbejde ved fremstilling af kemiske og fotografiske produkter	2,9	62,0
Operatør, montering og transport	Operatørarbejde ved anlæg i minedrift og råstofudvinding	2,7	56,4
Ledelsesarbejde	Ledelse af hovedaktiviteten inden for andre serviceområder	2,6	53,8

Anm.: Jobkategorien er 1-cifret DISCO, mens job er opgjort som 3 cifret DISCO. Navne på jobkategorier og job kan være forkortet ift. de officielle navne. Automatiseringspotentialet er beskrevet i kapitel 3.1, og beskrivelse af den relative lønudvikling findes i boks 11.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af Danmarks Statistiks registre og eksperters vurdering af automatiseringspotentialer.

Servicejob er udsatte

I gruppe 2, som er kendetegnet ved relativt lav lønudvikling og højt automatiseringspotentiale, ligger en del job inden for service- og salgsarbejde samt job inden for manuelt arbejde. Det er dog værd at bemærke, at de job inden for gruppen, hvor den relative lønudvikling har været lavest, overordnet set er job, som kan henføres til en form for service eller transport, jf. tabel 5.2. Dette indikerer, at de mest udsatte job i høj grad er job inden for servicesektoren. Det er et interessant resultat, da disse job som udgangspunkt kræver en stor del menneskelig interaktion, hvilket man historisk ikke har forbundet med automatiserende teknologi.

Tabel 5.2 De ti job med lavest relativ lønudvikling blandt udsatte job (Gruppe 2)

Jobkategori	Job	Relativ lønudvikling	Automatiseringspotentiale
			----- Pct. -----
Ledelsesarbejde	Ledelse af hovedaktiviteten inden for hoteller og restauration	-8,8	52,7
Viden på højeste niveau	Bibliotekar-, arkivar- og museumsinspektørarbejde	-5,7	58,2
Viden på mellemniveau	Teknikerarbejde inden for skibs- og luftfart	-5,3	47,0
Service- og salgsarbejde	Andet servicearbejde	-4,0	57,1
Viden på mellemniveau	Driftsteknikerarbejde og brugersupportarbejde inden for informations- og kommunikationsteknologi	-3,3	53,0
Håndværkspræget arbejde	Grafisk arbejde	-2,9	71,5
Operatør, montering og transport	Chauffører af biler, varevogne og motorcykler	-2,9	56,0
Kontorarbejde	Kundeinformationsarbejde	-2,4	75,4
Service- og salgsarbejde	Tjenere og bartendere	-2,2	60,9
Service- og salgsarbejde	Service- og kontrolarbejde under transport og rejser	-2,1	57,2

Anm.: Jobkategorien er 1-cifret DISCO, mens job er opgjort som 3 cifret DISCO. Navne på jobkategorier og job kan være forkortet ift. De officielle navne. Automatiseringspotentialet er beskrevet i kapitel 3.1, og beskrivelse af den relative lønudvikling findes i boks 11.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af Danmarks Statistiks registre og eksperters vurdering af automatiseringspotentialer.

Akademiske job påvirkes ikke af automatisering

I gruppe 3, som ikke oplever en større ændring i knaphedssituationen, finder man de største fald i knapheden inden for undervisning, kultur og sprog, som kræver viden på mellem eller højeste niveau, jf. tabel 5.3. Disse job relaterer sig til lange, humanistiske videregående uddannelser. Dog er det vigtigt at pointere, at størstedelen af job, der kræver viden på højeste niveau, tilhører denne gruppe. Således fremgår også akademiske job inden for andre fagområder end humaniora, fx lægearbejde, matematik og IT-teknologi. Samlet set er gruppen kendetegnet ved job, der kræver stor viden at varetage. Denne viden vil typisk være opnået ved gennemførelse af videregående uddannelser.

Tabel 5.3 De ti job med lavest relativ lønudvikling for job, hvor lavt automatiseringspotentiale matcher lav knaphed (Gruppe 3)

Jobkategori	Job	Relativ lønudvikling	Automatiseringspotentiale
			----- Pct. -----
Viden på højeste niveau	Undervisning ved erhvervsuddannelser	-7,8	17,5
Viden på højeste niveau	Arbejde med kunst og kreative fag	-5,6	30,7
Viden på mellemniveau	Teknikerarbejde inden for audiovisuelle medier og telekommunikation	-5,0	43,5
Service- og salgsarbejde	Frisørarbejde og kosmetologarbejde samt beslægtede funktioner	-4,3	44,9
Viden på højeste niveau	Forfatterarbejde og journalistisk og sprogvidenskabeligt arbejde	-3,4	39,7
Viden på højeste niveau	Andet undervisnings- og pædagogisk arbejde	-3,2	30,9
Viden på højeste niveau	Almen undervisning efter grundskoleniveau	-3,2	27,7
Viden på højeste niveau	Arbejde med matematiske, aktuariske og statistiske metoder og teorier	-2,7	29,3
Viden på højeste niveau	Arbejde med databaser og netværk	-2,0	39,5
Viden på højeste niveau	Lægearbejde	-1,9	19,5

Anm.: Jobkategorien er 1-cifret DISCO, mens job er opgjort som 3 cifret DISCO. Navne på jobkategorier og job kan være forkortet ift. de officielle navne. Automatiseringspotentialet er beskrevet i kapitel 3.1, og beskrivelse af den relative lønudvikling findes i boks 11.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af Danmarks Statistiks registre og eksperters vurdering af automatiseringspotentialer.

Mangel på ledere og specialister løses ikke af AI

Job, hvor automatisering ikke afhjælper mangel, er den gruppe, der består af færrest job, og indeholder de fleste ledelsesjob samt en række job, der kræver viden på mellem- og højeste niveau, jf. tabel 5.4. Inden for ledelse er det således både ledelse i offentlige og private organisationer. Den relative knaphed er desuden steget for specialistjob inden for jura, biovidenskab og sygepleje. Der er således en knaphed for ledere og udvalgte specialister. Denne ubalance bliver ikke i udpræget grad reduceret af implementering af ny automatiserende teknologi. At gruppen i høj grad udgøres af ledelsesjob kan være en uddannelsespolitisk udfordring, da man ikke direkte kan uddanne folk til at være ledere, fordi dette typisk kræver en kombination af faglig viden og praktisk erfaring.

AI kan udøse uddannelsespolitisk dilemma

Analysen peger på et uddannelsespolitisk dilemma. På den ene side er det oplagt at uddanne flere inden for industri- og håndværkerfagene, hvor der i dag er knaphed på arbejdskraft. Dog vil automatisering i fremtiden kunne reducere denne ubalance. Alternativt kan man uddanne flere på de videregående uddannelser. Inden for disse områder af arbejdsmarkedet er der overordnet set ikke knaphed på arbejdskraft, og automatisering vil i mindre grad kunne frigive arbejdskraft inden for disse områder. Det er oplagt at indtænke både nutidige strukturelle ubalancer og forventninger til fremtidig automatisering i tilrettelæggelsen af udbuddet af uddannelser. Her er det vigtigt at understrege, at automatisering i varierende grad kommer til at påvirke samtlige job. Derfor er det vigtigt at indtænke ny automatiserende teknologi i alle i uddannelser i større eller mindre grad.

Politikerne har valgt kortsigtet løsning

De seneste års førte uddannelsespolitik har bl.a. haft fokus på at reducere optaget på universiteterne. Man har ad flere omgange reduceret antallet af studiepladser på universiteterne.¹²¹ Senest har Folketinget vedtaget at reducere optaget på universiteterne med 10 pct.¹²² Denne politik kan give mening på kort sigt i lyset af denne analyse, som viser, at der på nuværende tidspunkt er faldende knaphed inden for mange akademiske job. Det er dog en kortsigtet løsning, da rapportens analyser peger på, at automatisering i relativt lav grad kommer til at påvirke akademiske job. Politikerne bør derfor overveje en mere nuanceret tilgang, hvor den fremtidige udvikling inden for automatiserende teknologi vægtes højere.

¹²¹ <https://ufm.dk/uddannelse/institutioner-og-drift/styring-af-uddannelsesudbud/dimensionering>

¹²² <https://ufm.dk/aktuelt/nyheder/2024/udmontrning-af-sektordimensionering-pa-universiteterne>

Tabel 5.4 De ti job med højest relativ lønudvikling, hvor automatisering ikke afhjælper knaphed (Gruppe 4)

Jobkategori	Job	Relativ lønudvikling	Automatiseringspotentiale
			----- Pct. -----
Ledelsesarbejde	Øverste ledelse i lovgivende myndigheder, offentlige virksomheder og organisationer	5,3	12,6
Viden på mellemniveau	Arbejde inden for jura og samfundsforhold	3,0	40,2
Viden på højeste niveau	Arbejde inden for biovidenskab	3,0	33,2
Viden på højeste niveau	Sygeplejerske- og jordemoderarbejde	2,7	21,0
Ledelsesarbejde	Ledelse af hovedaktiviteten inden for informations- og kommunikationsteknologi	2,4	44,1
Ledelsesarbejde	Ledelse af hovedaktiviteten inden for fremstillingsvirksomhed, råstofudvinding, byggeri, forsyning, distribution mv.	2,1	37,9
Viden på mellemniveau	Teknikerarbejde inden for fysisk videnskab og ingeniørvirksomhed	1,5	41,9
Ledelsesarbejde	Ledelse af forretnings- og udviklingsorienterede funktioner	1,4	35,9
Ledelsesarbejde	Øverste virksomhedsledelse	1,4	34,4
Service- og salgsarbejde	Inspektørarbejde inden for rengøring, husholdning og ejendomme	1,4	40,2

Anm.: Jobkategorien er 1-cifret DISCO, mens job er opgjort som 3 cifret DISCO. Navne på jobkategorier og job kan være forkortet ift. De officielle navne. Automatiseringspotentialet er beskrevet i kapitel 3.1, og beskrivelse af den relative lønudvikling findes i boks 11.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af Danmarks Statistiks registre og eksperters vurdering af automatiseringspotentialer.

Boks 11 Modificeret Mincer-regression

Analysen baserer sig på nedenstående regression:

$$\log(\text{timeløn}_{itm}) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \text{erfaring}_{it} + \alpha_2 \cdot \text{erfaring}_{it}^2 + \sum_k \beta_k \cdot \text{uddannelsesniveau}_{itk} + \sum_{t=2012}^{2022} \gamma_t \cdot \hat{a}_t + \sum_m \sigma_m \cdot \text{job}_{im} + \sum_{t,m} \delta_{tm} \cdot \text{job}_{itm} \times \hat{a}_t + \epsilon_{itm}$$

Hvor k angiver hvert uddannelsesniveau på tocifret DISCED-15-niveau, t angiver hvert år fra 2012 til 2022, her udgør 2011 referenceåret, og m angiver hvert job på trecifret DISCO08-niveau. Timelønnen er opgjort som standardberegnet timefortjeneste. Erfaring er opgjort som alder minus samlet normeret studietid minus 6 og angiver således den potentielle erfaring på arbejdsmarkedet. Regressionen er inspireret af de såkaldte Mincer-regressioner.¹²³

I regressionen måler δ_{tm} den relative lønudvikling ved at arbejde i job m i år t ift. 2011. Hvis δ_{tm} er større end 0, er den relative lønudvikling større i år t , end man ville forvente ift. den generelle lønudvikling, når der tages højde for ændringer i erfaring og uddannelsesniveau for ansatte i jobbet. Dette kan oversættes til, at knapheden inden for jobbet er blevet større i dette år, når der tages højde for ændringer i lønmodtagernes karakteristika. I analysen er det $\widehat{\delta}_{2022,m}$, der bruges til at måle udviklingen i knaphed inden for job m . Det er således dette estimat, som ses i figur og tabeller i denne analyse.

På et marked vil prisen altid blive bestemt af udbud og efterspørgsel. Hvis sælgere ikke kan afsætte deres vare til en given pris, må de sætte prisen på varen ned, og omvendt vil købere undlade at købe varen, hvis de ikke ønsker at betale varens pris. På arbejdsmarkedet fungerer lønnen som prisen på arbejdskraft, og markedsmekanismen vil derfor sikre en optimal allokering af arbejdskraft på lang sigt i fravær af markedsfejl. Inden for økonomisk teori er det således vanskeligt at definere begrebet knaphed på lang sigt. I analysen anvendes begrebet derfor på baggrund af lønudviklingen fra 2012 til 2022. Denne ændring i løn kan enten skyldes ændringer i udbud og/eller efterspørgsel.

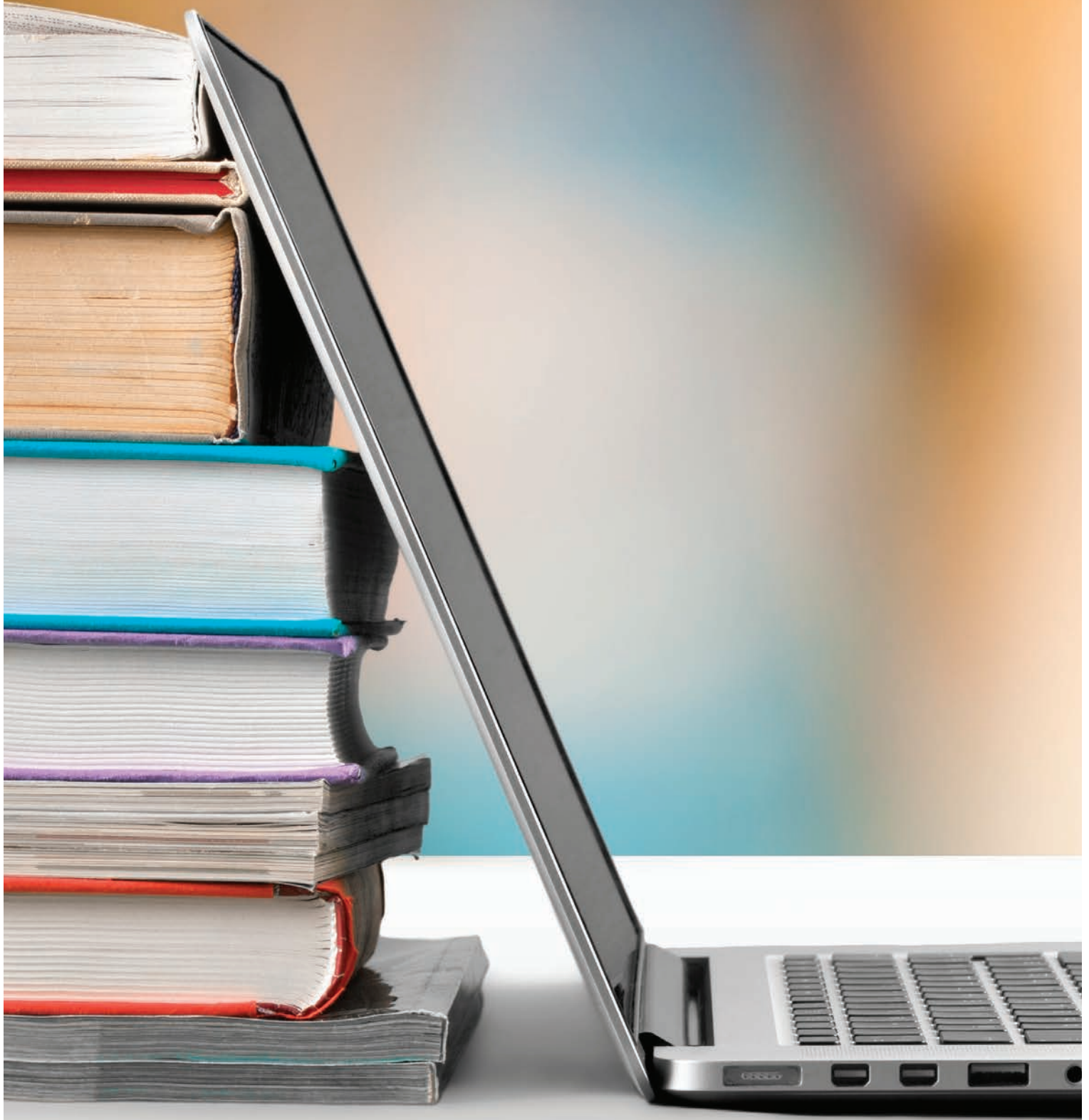
¹²³ Mincer (1974).

Videreuddannelse kan afhjælpe dilemma

Uanset hvor godt man planlægger udbuddet af uddannelser, vil jobindhold og arbejdsmarkedets efterspørgsel efter kompetencer ændre sig gennem et arbejdsliv. Et yderligere bidrag til løsningen af dette dilemma kunne være at sikre gode muligheder for kompetenceudvikling gennem hele arbejdslivet. Personer, der tager en uddannelse, som i høj grad bliver berørt af AI, vil kunne efteruddanne sig inden for områder, hvor der i fremtiden er knaphed på arbejdskraft. Videre- og efteruddannelse er et fokusområde for den siddende regering, som ønsker at styrke muligheden for videreuddannelse.¹²⁴ I dette reformarbejde er det afgørende, at videreuddannelsessystemet tilrettelægges, så der tages højde for udviklingen i nye automatiserende teknologier. Det vil være afgørende, at man ikke alene indtænker nye teknologier i videreuddannelsernes indhold, men også mht. hvilke jobgrupper der i fremtiden vil blive påvirket af automatisering.

¹²⁴ *Ansvar for Danmark - Det politiske grundlag for Danmarks regering*, s. 19-20, <https://www.stm.dk/statsministeriet/publikationer/regeringsgrundlag-2022/>





6. Litteraturliste

Kapitel 2

Aghion, P., Jones, B. F., & Jones, C. I. (2019). "Artificial intelligence and economic growth." *The Economics of Artificial Intelligence* 237-290. The University of Chicago Press, London.

Ahle, M. D. og Gotfredsen, A. (2023). *En tredjedel af de unge længes efter at se deres venner fysisk og ikke digitalt*. Analysenotat. Kraka-Deloitte.

Arute, F., Arya, K., Babbush, R. m.fl. (2019). "Quantum supremacy using a programmable superconducting processor." *Nature* 574: 505-510. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1666-5>

Beck, U. og Jørgensen A.L. (2023): Landbrugets lækage afhænger kritisk af udlandets klimapolitik. Kraka-analyse. <https://kraka.dk/analyse/landbrugets-laekage-afhaenger-kritisk-af-udlandets-klimapolitik>

Bloom, N., J. Van Reenen, and H. Williams. (2019). "A toolkit of policies to promote innovation." *Journal of Economic Perspectives*, 33(3):163–84. <https://pubs.aea-web.org/doi/pdfplus/10.1257/jep.33.3.163>

Bloom, N., Lucking, B. and Van Reenen, J. (2019). "Have R&D Spillovers Declined in the 21st Century?" *Fiscal Studies*, 40: 561-590. <https://doi.org/10.1111/1475-5890.12195>

Bubeck, S., Chandrasekaran, V., Eldan, R., Gehrke, J., Horvitz, E., Kamar, E., Lee, P., Lee, Y. T., Li, Y., Lundberg, S., Nori, H., Palangi, H., Ribeiro, M. T. og Zhang, Y. (2023). *Sparks of Artificial General Intelligence: Early experiments with GPT-4*. Microsoft Research. <https://arxiv.org/pdf/2303.12712>

Chen, C., Nguyen, D., Lee, S., Baker, N., Karakoti, A., Lauw, L., Owen, C., Mueller, K., Bilodeau, B., Murugesan, V., Troyer, M. (2024). Accelerating computational materials discovery with artificial intelligence and cloud high-performance computing: from large-scale screening to experimental validation. <https://arxiv.org/abs/2401.04070>.

Erhvervsministeriet (2023). National Strategi for Kvanteteknologi. Del 2. <https://em.dk/Media/638314888112081952/Kvantestrategi.pdf>

Erhvervsstyrelsen (2022). Kortlægning af økosystemet for kvanteteknologi i dansk erhvervsliv. <https://erhvervsstyrelsen.dk/sites/default/files/2022-07/Kortle%C3%A6gning-af-okosystemer-for-kvanteteknologi-i-dansk-erhvervsliv-Erhvervsstyrelsen-Juni2022-WA.pdf>

Grace, K., Stewart, H. Sandkühler, J.F., Thomas, S. Weinstein-Raun, B. og Brauner, B. (2023). *Thousands of AI Authors on the Future of AI*. <https://arxiv.org/pdf/2401.02843>

Hall, B. H. og J. Lerner (2010). "Chapter 14 – the financing of r&d and innovation." In B. H. Hall and N. Rosenberg, editors, *Handbook of The Economics of Innovation*, Vol. 1, s. 609–639. North-Holland.

Kaddour, J., Harris, J., Mozes, M., Bradley, H., Raileanu, R. og McHardy, R. (2023). "Challenges and Applications of Large Language Models." <https://arxiv.org/pdf/2307.10169>

- Jones, C. I. (2023). "The ai dilemma: Growth versus existential risk." *National Bureau of Economic Research* w31837.
- Jumper, J., Evans, R., Pritzel, A. m.fl. (2021). "Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold." *Nature* 596, 583–589.
- Jørgensen, A. L. og Mønster, J (2024). *AI har indtaget de danske arbejdspladser* Analysenotat. Kraka-Deloitte. https://kraka.dk/sites/default/files/public/ai_paa_arbejdspladsen_0.pdf (kraka.dk)
- Kraka-Deloitte (2022). *Grønne køer, russisk gas og CO2 – myter og realiteter*. Small Great Nation-rapport. https://kraka.dk/sites/default/files/public/sgn_10_groenne_koeer_russisk_gas_og_co2_-_myter_og_realiteter_web.pdf
- Li, P., Yang, J., Islam, M. A., & Ren, S. (2023). "Making AI Less "Thirsty": Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models." arXiv preprint arXiv:2304.03271.
- McKinsey (2024). Quantum Technology Monitor 2024. <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/steady-progress-in-approaching-the-quantum-advantage>
- Nam, T. (2019). "Technology usage, expected job sustainability, and perceived job insecurity." *Technological forecasting & social change*, vol. 138: 155-165. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.08.017>
- Nature (2024). "The AI-quantum computing mash-up: will it revolutionize science?" News Feature, 2. januar 2024. <https://www.nature.com/articles/d41586-023-04007-0>
- OECD (2024). *Updates to the OECD's definition of an AI system explained*. <https://oecd.ai/en/wonk/ai-system-definition-update>
- Orús R., Mugel, S., & Lizaso, E. (2019). Quantum computing for finance: Overview and prospects. *Reviews in Physics*, 4. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405428318300571>
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.)*. Pearson.
- Sevilla, J., Heim, L., Ho, A., Besiroglu, T., Hobbhahn, M. and Villalobos, P. (2022a). "Compute Trends Across Three Eras of Machine Learning." International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), Padua, Italy, 2022, pp. 1-8.
- Villalobos, P., Sevilla, J., Heim, L., Besiroglu, T., Hobbhahn, M., & Ho, A. (2022b). Will we run out of data? an analysis of the limits of scaling datasets in machine learning. arXiv preprint arXiv:2211.04325.
- Shen, Y., Song, K., Tan, X., Li, D., Lu, W., & Zhuang, Y. (2023). "HuggingGPT: Solving AI Tasks with ChatGPT and its Friends in Hugging Face." In *Advances in Neural Information Processing Systems*, 38154–38180. Curran Associates, Inc.
- Shumalov, I., Shumaylov, Z., Zhao, Y., Gal, Y., Papernot, N., & Anderson, R. (2023). "The curse of recursion: Training on generated data makes models forget." *arXiv preprint*.
- Tunyasuvunakool, K., Adler, J., Wu, Z. m.fl. (2021). "Highly accurate protein structure prediction for the human proteome." *Nature* 596, 590–596 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03828-1>
- Uddannelses- og Forskningsstyrelsen (2022). *Forskning på kvanteområdet*. Rapport. <https://ufm.dk/publikationer/2022/filer/forskning-pa-kvanteområdet.pdf>
- de Vries, A. (2023). "The growing energy footprint of artificial intelligence." *Joule*, 7(10), 2191-2194.

Kapitel 3

Arntz, M., T. Gregory, og U. Zierahn (2016). *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis*. OECD Social, Employment and Migration Working Papers no. 189.

Autor, D. H., Levy, F. og Murnane, R. J. (2003). "The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration." *The Quarterly Journal of Economics* 118(4). s. 1279-1333.

Comin, D., Hobijn, B., og Rovito, E. (2008). "A new approach to measuring technology with an application to the shape of the diffusion curves." *The Journal of Technology Transfer* 33. s. 187-207.

Comin, D., og Hobijn, B. (2010). "An exploration of technology diffusion." *American economic review* 100(5). s. 2031-2059.

DØR (2023). *Produktivitet 2023*. Rapport fra Det Økonomiske Råd. [Produktivitet 2023 - Hele rapporten \(dors.dk\)](#)

Eloundou, T., Manning, S., Mishkin, P. og Rock, D. (2023). *GPTs are GPTs: An Early Look at the Labor Market Impact Potential of Large Language Models*. Working paper. OpenAI.

Frey, C. B. & Osborne, M. A. (2017). "The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation." *Technological Forecasting and Social Change Volume* 114. s. 254-280.

Goldman Sachs (2023). *The Potentially Large Effects of Artificial Intelligence on Economic Growth*. [The Potentially Large Effects of Artificial Intelligence on Economic Growth \(gspublishing.com\)](#)

Griliches, Zvi. (1957). "Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change." *Econometrica* 25(4). s. 501-522

Gmyrek, P., J. Berg og D. Bescond (2023). *Generative AI and jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality*. Working Paper. ILO

Kaarsen, N. (2014). *Computere og udskiftning af jobfunktioner*. Analysenotat. Kraka. [Computere og udskiftning af jobfunktioner \(kraka.dk\)](#)

Klejstrup, N. og Gotfredsen, A. (2024). *Stort potentiale for automatisering af danske jobs*. Analyse-notat. Kraka-Deloitte. [2.1 Stort potentiale for automatisering i dansk økonomi \(kraka.dk\)](#)

Kraka-Deloitte (2022). *Den offentlige sektor – velfærdsstatens juvel?* Small Great Nation-rapport.

Lassébie, J. og G. Quintini (2022). *What skills and abilities can automation technologies replicate and what does it mean for workers? New evidence*. OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 282.

Mansfield, Edwin. (1961). "Technical Change and the Rate of Imitation." *Econometrics* 29(4). s. 741-766

Manuelli, R. E., og Seshadri, A. (2014). "Frictionless technology diffusion: The case of tractors." *American Economic Review* 104(4). s. 1368-1391.

McKinsey (2017). *A Future that Works: Automation, Employment, and Productivity*. McKinsey Global Institute. [Automation, Employment, and Productivity \(mckinsey.com\)](#)

McKinsey (2023). *Det økonomiske potentiale af GenAI i Danmark*. [Det økonomiske potentiale af GenAI i Danmark \(mckinsey.com/dk\)](#)

Nedelkoska, L. og G. Quintini. (2018). *Automation, skills use and training*. OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 202.

OECD (2022). OECD Expert Survey on Skills and Abilities Automatability. Spørgeskema og data er tilgængeligt gennem personlig kommunikation med OECD.

PWC (2018). *Will robots really steal our jobs? An international analysis of the potential long-term impact of automation*.

Svanberg, M., Li, W., Fleming, M., Goehring, B., og Thompson, N. (2024). Beyond AI Exposure: Which Tasks are Cost-Effective to Automate with Computer Vision? Working paper. MIT.

Teng, J. T., Grover, V., og Guttler, W. (2002). Information technology innovations: General diffusion patterns and its relationships to innovation characteristics. *IEEE transactions on engineering management* 49(1). s. 13-27.

Kapitel 4

Acemoglu, D. og Restrepo, P. (2018). "The Race Between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment." *American Economic Review* 2018, 108(6): 1488-1542. <https://doi.org/10.1257/aer.20160696>

Acemoglu, D. og Restrepo, P. (2022). "Tasks, Automation, and the Rise in U.S. Wage Inequality." *Econometrica*, 90: 1973-2016. <https://doi.org/10.3982/ECTA19815>

Borland, J. og Coelli, M. (2019). "Behind the headline number: Why not to rely on Frey and Osborne's predictions of potential job loss from automation." *Melbourne Institute Working Paper* No. 10/19. [wp2020n06.pdf\(unimelb.edu.au\)](wp2020n06.pdf(unimelb.edu.au))

Dao, M. C., Das, M., Koczan, Z. og Lian, W. (2017). "Why Is Labour Receiving a Smaller Share of Global Income? Theory and Empirical Evidence." *IMF Working Paper*. [Why Is Labor Receiving a Smaller Share of Global Income? Theory and Empirical Evidence \(imf.org\)](Why Is Labor Receiving a Smaller Share of Global Income? Theory and Empirical Evidence (imf.org))

Dauth, W., Findeisen, S., Süderkum, J. og Wößner, N. (2017). "German Robots – The Impact of Industrial Robots on Workers." *CEPR Discussion Paper* No. DP12306. [German Robots – The Impact of Industrial Robots on Workers \(iab.de\)](German Robots – The Impact of Industrial Robots on Workers (iab.de))

DØR (2023). *Produktivitet, 2023*. Kapitel III, 67-131. [Produktivitet, 2023 - Kapitel III: Automatisering i fremstillingssektoren \(dors.dk\)](Produktivitet, 2023 - Kapitel III: Automatisering i fremstillingssektoren (dors.dk))

DØR (2024). *Produktivitet, 2024*. Kapitel II, 31-77. [Produktivitet, 2024 - Kapitel II: Virksomhedernes brug af merchanting og processing \(dors.dk\)](Produktivitet, 2024 - Kapitel II: Virksomhedernes brug af merchanting og processing (dors.dk))

Finansministeriet (2016). *Økonomisk analyse: Uddannelse og arbejdsmarkedet*. [Økonomisk analyse - Uddannelse og arbejdsmarked \(fm.dk\)](Økonomisk analyse - Uddannelse og arbejdsmarked (fm.dk))

Finansministeriet (2022). *Faktaark: Udviklingen i lønkvoten*. [Faktaark: Udviklingen i lønkvoten \(fm.dk\)](Faktaark: Udviklingen i lønkvoten (fm.dk))

Frey, C. B. og Osborne, M. A. (2013). "The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation." *Working paper*. https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf

Frey, C. B. og Osborne, M. A. (2017). "The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation." *Technological Forecasting and Societal Change*, 117. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162516302244>

Humlum, A. (2022). *Robot Adoption and Labor Market Dynamics*. Rockwool Fonden, study paper no. 175. <https://en.rockwoolfonden.dk/publications/robot-adoption-and-labor-market-dynamics/>

Jørgensen, A. L. og Hækkerup, A. S. (2024). *Hvilke grupper er mest berørte af automatisering?* Analysenotat. Kraka-Deloitte. [3.1 3.2 hvilke grupper er mest berørte af automatisering.pdf \(kraka.dk\)](https://kraka.dk/sites/default/files/public/3.1_3.2_hvilke_grupper_er_mest_beroerte_af_automatisering.pdf)

Jørgensen, A. L. og Nilausen, I. S. (2024). *Hvordan har automatisering påvirket lønkvoten og reallønnen de sidste 20 år?* Analysenotat. Kraka-Deloitte. [3.4 tidligere automatiseringsboelger har ikke øget ulighed 0.pdf \(kraka.dk\)](https://kraka.dk/sites/default/files/public/3.4_tidligere_automatiseringsboelger_har_ikke_oeget_ulighed_0.pdf)

Kaarsen, N. (2014). *Computere og udskiftning af jobfunktioner*. Analysenotat. Kraka. https://kraka.dk/sites/default/files/public/computere_og_udskiftning_af_jobfunktioner.pdf

Karabarbounis, L. og Neiman, B. (2014). "The Global Decline of the Labor Share." *The Quarterly Journal of Economics*, 129(1): 61-103. <http://piketty.pse.ens.fr/files/KarabarbounisNeiman13.pdf>

Klejnstrup, N. og Gotfredsen, A. (2024). *Stort potentiale for automatisering af danske jobs*. Analysenotat. Kraka-Deloitte. [2.1 stort potentiale for automatisering i dansk økonomi.pdf \(kraka.dk\)](https://kraka.dk/sites/default/files/public/2.1_stort_potentiale_for_automatisering_i_dansk_oekonomi.pdf)

Kraka-Deloitte (2018). *Sammenhængskraften i Danmark*. Small Great Nation Rapport, august 2018. [Sammenhængskraften i Danmark.: Deloitte Small Great Nation \(sgnation.dk\)](https://sgn.deloitte.com/dk/~/media/sgn/2018/08/sammenhaengskraften-i-danmark.pdf)

OECD (2015). *The Labour Share in G20 Economies*. Report. <https://www.oecd.org/g20/topics/employment-and-social-policy/The-Labour-Share-in-G20-Economies.pdf>

OECD (2016). *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis*. OECD Social, Employment and Migration Working Papers no. 189. <https://doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>

Kapitel 5

Nikhil Agarwal, Alex Moehring, Pranav Rajpurkar & Tobias Salz (2023). Combining human expertise with artificial intelligence: experimental evidence from radiology. Working Paper *National Bureau of Economic Research*

Comin D. & Hobijn B. (2003). "Cross-Country Technology Adoption: Making the Theories Face the Facts". *Journal of Monetary Economics* 51, 1 (January 2004): s. 39-83

International Monetary Fund (2024). *Gen-AI: Artificial Intelligence and the Future of Work* <https://www.imf.org/en/Publications/Staff-Discussion-Notes/Issues/2024/01/14/Gen-AI-Artificial-Intelligence-and-the-Future-of-Work-542379?cid=bl-com-SDNEA2024001>

Jørgensen, A. L. og Mønster, J. L. (2024b). *AI parathedsindeks* Analysenotat. Kraka-Deloitte.

Klejnstrup N. (2023). *Dansk kønsbiasrekord: Dreng anses for mere talentfulde end piger*. Tilgængelig på https://kraka.dk/sites/default/files/public/dansk_koensbiasrekord_dreng_anses_for_mere_talentfulde_end_piger.pdf

Mincer, J. (1974). *Schooling, Experience and Earnings*. New York: National Bureau of Economic Research.

Nicoletti, G., C. V. Rueden, and D. Andrews. (2020). "Digital Technology Diffusion: A Matter of Capabilities, Incentives or Both?" *European Economic Review* 128: 103513.

Potipimpanon, P., Charakorn, N., & Hirunwiwatkul, P. (2022). A comparison of artificial intelligence versus radiologists in the diagnosis of thyroid nodules using ultrasonography: a systematic review and meta-analysis. *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 279(11), 5363–5373. <https://doi.org/10.1007/s00405-022-07436-1>

Tortoise Media (2023). *The Global AI Index*. <https://www.tortoisemedia.com/intelligence/global-ai/>

Wu, Kewen & Zhao, Yuxiang & Zhu, Qinghua & Tan, Xiaojie & Zheng, Hua. (2011). A meta-analysis of the impact of trust on technology acceptance model: Investigation of moderating influence of subject and context type. *International Journal of Information Management*. 31. s. 572-581.



Deloitte.

Deloitte er en førende global leverandør af revision og erklæringsopgaver, konsulentytelser, finansiel rådgivning, risikostyring, skatterådgivning og dertil knyttede ydelser. Vores netværk af medlemsfirmaer og tilknyttede virksomheder findes i over 150 lande og territorier (samlet betegnet "Deloitte-organisationen") og servicerer fire ud af fem virksomheder fra listen over verdens største selskaber, Fortune Global 500®. Læs mere på www.deloitte.com om, hvordan Deloittes mere end 450.000 medarbejdere gør en forskel.

Denne publikation indeholder udelukkende generelle oplysninger. Indholdet er ikke udtryk for professionel rådgivning, og ingen af Deloitte Touche Tohmatsu Limited ("DTTL"), dets netværk af medlemsfirmaer eller dets tilknyttede virksomheder (samlet betegnet "Deloitte-organisationen") kan holdes ansvarlig herfor. Inden du træffer beslutninger på baggrund af indholdet, bør du derfor kontakte en rådgiver med de fornødne faglige kompetencer. Der afgives ingen erklæringer, garantier eller tilsagn (hverken direkte eller indirekte) vedrørende nøjagtigheden eller fuldstændigheden af oplysningerne i denne publikation, og ingen af DTTL, dets medlemsfirmaer, tilknyttede virksomheder, medarbejdere eller repræsentanter er ansvarlige for tab eller krav af nogen art, som direkte eller indirekte følger af, at personer støtter ret på denne publikation. DTTL og ethvert af dets medlemsfirmaer og deres tilknyttede virksomheder er selvstændige og uafhængige juridiske enheder.