

Hovedtræk i teknologiudviklingen for Danmark

Executive summary

- Teknologisk udvikling er ikke et nyt fænomen – og der er foregået automatisering gennem de seneste ca. 150 år eller mere. Det har haft afgørende betydning særligt for landbrug og industri – og kan forventes at få stor betydning for servicebranchen i de kommende år.
- Nye teknologier inden for digitalisering, kunstig intelligens, stadig automatisering mv. kan fortsat skabe produktivitetsvækst i industrien og landbruget, men også inden for blandt andet vidensservice og manuelle services.
- Den teknologiske udvikling indebærer også, at flere andre teknologier hurtigt falder i pris. Det giver nye muligheder for danske virksomheder, og udfordrer samtidigt de danske styrkepositioner
- Den teknologiske udvikling vil påvirke arbejdsmarkedet anderledes på tværs af jobfunktioner og uddannelsesniveauer end hidtidig automatisering. Samtidig vil det være en del af en naturlig udvikling, at der sideløbende opstår nye opgaver, som skal løses, og nye jobs, der skal udføres.
- Automatiseringen har blandt andet betydet kraftige produktivitetstigninger – dvs. en betydeligt større produktion med de samme input. Denne udvikling har man særligt set i landbruget og industrien. Dog har der i de senere år været tendens til en afmatning i produktivitetsvæksten i såvel Danmark som andre vestlige lande, hvad der i Danmark i høj grad afspejler en lavere produktivitetsvækst i service.
- Samtidig har produktivitetstigningerne, som blandt andet skyldes automatiseringen, givet anledning til en velstandsforøgelse i samfundet, der igen har medført øget efterspørgsel efter nye produkter og services – herunder efter services, der ikke blev efterspurgt i samme omfang tidligere, og services, som slet ikke blev udbudt eller kendtes tidligere.
- Hidtil har velstandsforøgelsen været bredt fordelt i samfundet – og Danmark er således både et af de rigeste og et af de mest lige lande i OECD. Udnyttelse af nye teknologiske muligheder har således gået hånd i hånd med en velstandsudvikling, der er kommet alle til gode.

- Danmark ligger højt i international sammenligning, hvad angår automatisering. Danmark ligger således nr. 5 i OECD (og 7 i verden) på antal industrirobotter pr. 10.000 medarbejdere.
- Det er ganske højt set i lyset af, at Danmark ikke har nogen bilindustri, der typisk er den mest automatiserede branche med en meget stor anvendelse af industrirobotter – det anslås, at ca. 600.000 af de samlet set ca. 1,6 mio. industrirobotter i verden, anvendes i bilindustrien.
- Danmark ligger også højt i forhold til digitalisering – og Europakommissionen har flere år i træk, og senest i 2017, udpeget Danmark som det mest digitaliserede land i EU. Det skyldes blandt andet, at en ganske høj andel af danskerne har adgang til internettet – og at den borgerrettede offentlige administration er digitaliseret.
- Samlet bidrager det til, at Danmark står godt i forhold til den kommende udvikling: Vi er allerede godt med i forhold til automatisering og digitalisering – hvad der giver et godt udgangspunkt for at udnytte en fortsat automatisering positivt.
- Digitalisering og nye teknologier vil være en væsentlig drivkraft for vækst i de kommende år. Men den hurtige teknologiske udvikling kan fordre, at omstillingen i nogle dele af arbejdsmarkedet går hurtigere end tidligere, og dermed kræve en større omstillingsparathed end før. Det er dog vanskeligt at sige noget konkret om, hvorvidt udviklingen fremover vil gå hurtigere eller langsommere.
- Den fremtidige udvikling kan forventes at indebære stor udvikling inden for logistik, hvor den relativt største stigning i anvendelse af robotter er sket de seneste år, og inden for anden automatisering af service. Tilgangen af robotter inden for service steg samlet set med omkring 25 pct. fra 2014 til 2015.
- OECD anslår, at det for omtrent en tredjedel af alle jobs i Danmark er over halvdelen af arbejdsopgaverne, der vil kunne automatiseres. I en lignende analyse kommer McKinsey frem til et tilsvarende resultat og skønner derudover, at ca. 40 pct. af alle arbejdstimer med eksisterende teknologi vil kunne automatiseres inden for de næste ca. 50 år.
- Tidligere har automatisering ført til øget produktivitet, der har medført velstandsstigninger, som igen har skabt efterspørgsel efter andre varer og services – herunder nye produkter og services.
- Dermed har den teknologiske udvikling ikke overflødiggjort arbejdskraft samlet set, og overordnet set har den samlede beskæftigelse historisk været støt stigende i takt med, at arbejdsstyrken er udvidet.

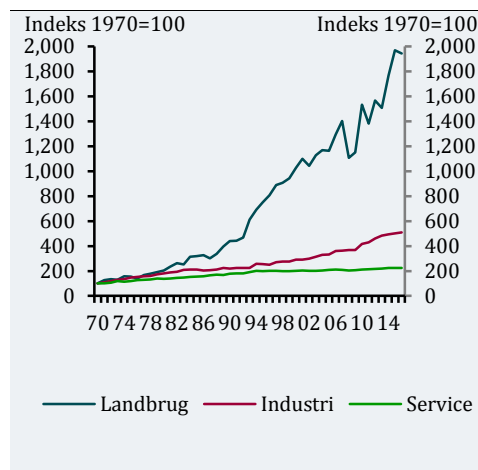
Teknologisk udvikling historisk

Teknologisk udvikling og automatisering i landbruget har stået på i lang tid. Siden mejetærskerens opfindelse, der betød en kraftig effektivisering af landbruget, hvor langt færre hænder end tidligere var nødvendige for at sikre høsten, er landbruget blevet stadigt mere kapitalintensivt og stadigt mere effektivt. I nyere tid har automatiseringen i landbruget blandt andet bestået i anvendelse af gps-teknologi i forbindelse med styring af mejetærskere og traktorer, der på den måde kan gøres semi-autonome, samt af automatiske fodersystemer, malkerobotter, mv.

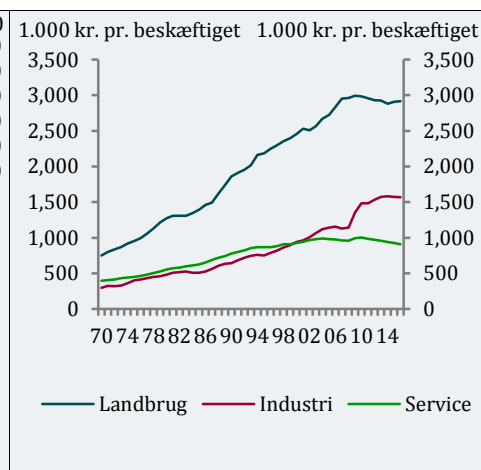
Sideløbende med landbruget er industrien ligeledes blevet mere og mere automatiseret, og man har udnyttet maskiner til at effektivisere især rutineprægede funktioner.

Begge brancher er karakteriseret ved forholdsvis høj kapitalintensitet, hvor forøgelse af kapitalapparatet i vid udstrækning har bidraget til at forøge produktiviteten, jf. figur 1 og 2.

Figur 1. Produktivitetsudvikling, på tværs af udvalgte brancher



Figur 2. Kapitalintensitet på tværs af udvalgte brancher, målt i faste priser



Anm.: Produktiviteten er målt som bruttoværditilvækst (BVT) i faste priser pr. arbejdstime, indekseret (1970=100).

Kilde: Danmarks Statistik og Redegørelse om vækst og konkurrenceevne 2017.

Den forøgede produktivitet i landbruget og industrien har bidraget til den kraftige forøgelse af den generelle velstand, som har fundet sted i Danmark.

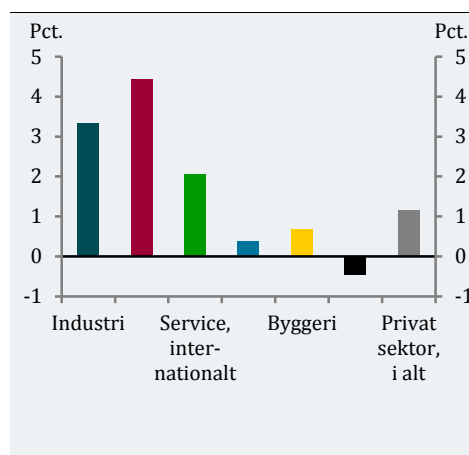
Set over de seneste 10 år er landbruget den branche i Danmark, der har oplevet den højeste produktivitetsvækst – her har produktivitetsvæksten ligget på mellem fire og fem pct. om året over det seneste årti. Det er sket, selvom kapitalapparat målt pr. medarbejder tilsyneladende ikke er steget i de seneste knap ti år. Den historiske vækst i landbruget har blandt andet

været drevet af den teknologiske udvikling, hvor eksempelvis avancerede staldanlæg med foderautomater og malkemaskiner har betydet kraftige produktivetsforøgelse.

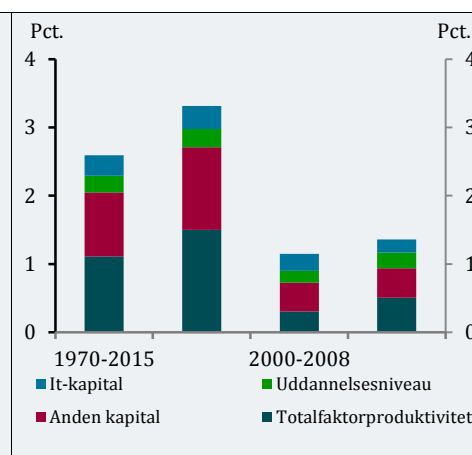
I industrien har teknologisk udvikling ligeledes bidraget til en forholdsvis høj produktivetsvækst, som gennem de seneste 10 år har ligget på knap 3½ pct. om året. Inden for service – og især de hjemmemarkedsorienterede services – har produktivetsudviklingen til gengæld ikke været stærk. Blandt hjemmemarkedsorienterede serviceerhverv har produktivetsvæksten således været under 1 pct. om året gennem de seneste 10 år, jf. figur 3.

Denne forskel i produktivetsforøgelse er i høj grad trukket af forskelle i teknologisk udvikling og af kapitalintensitet. Sammen med kapitalintensitet er det således primært vækst i *totalfaktorproduktiviteten* (TFP), der driver den samlede produktivetsudvikling, jf. figur 4. TFP udtrykker, hvor effektivt ressourcerne udnyttes. Ny teknologi kan betyde, at der kan produceres mere output med samme inputs, dvs. samme mængde kapital og arbejdskraft. Derfor er produktivetsvækst, der skyldes TFP, blandt andet udtryk for teknologiske fremskridt.

Figur 3. Produktivetsstilvækst i udvalgte brancher, 2006-2015



Figur 4. Gns. årlig real vækst i arbejdsproduktiviteten fordelt på årsager



Anm.: Produktiviteten er målt som bruttoværditilvækst (BVT) i faste priser pr. arbejdstime. Der er usikkerhed forbundet med datagrundlaget for bygge og anlæg pga. utilstrækkelige deflatorer. Råstofudvinding er udeladt. Opdelingen på hjemmemarkedsorienterede og internationale serviceerhverv følger Produktivitetskommissionen – dog er branchen Reparation af husholdningsudstyr udeladt. Der er stor usikkerhed forbundet med beregning af totalfaktorproduktiviteten.
 Kilde: Egne beregninger, Danmarks Statistik og Redegørelse for Vækst og Konkurrenceevne 2017.

I tillæg til øget produktivitet har automatiseringen også betydet, at fx nogle tunge løft og meget rutineprægede opgaver ikke længere udføres af mennesker, der kan tage skade efterfølgende af denne type opgaver. Det

har eksempelvis været tilfældet i plejesektoren, hvor forskellige former for velfærdsteknologi har medvirket til, at personalet kan undgå tunge løft, rutineprægede opgaver, mv. Denne teknologiske udvikling og anvendelse af stadigt flere maskiner er sket over en længere periode. Der er således ikke noget nyt i, at der også i dag sker automatisering – det er foregået i 150 år eller mere.

Ud over automatisering af eksisterende produktionsprocesser kan ny teknologi også medføre produktion af nye produkter og services. Det kunne eksempelvis være services, der tilbydes potentielle kunder via deres smartphone (ny teknologi), og som udnytter information om kundernes aktuelle placering (smartere).

Boks 1. Måling af produktivitetsændringer

Produktivitet giver god intuitiv mening: Hvor stort et output produceres med en given mængde inputs. Det er dog vanskeligere at opgøre i praksis. Som anbefalet af OECD anvendes almindeligvis arbejdsproduktivitet til opgørelse af produktivitet – og det måles ofte som bruttoværditilvækst (BVT) pr. medarbejder. Bruttoværditilvæksten er et udtryk for, hvor meget værdi, der oparbejdes – og måles i grove træk som værdien af produktionen, fratrukket forbrug i produktionen.

I visse tilfælde kan det dog være vanskeligt at opgøre en ændring i værdien af produktionen, og særligt kvalitetsforbedringer, der ikke følges af en prisstigning på produktet, kan være vanskelige at opgøre i en produktivitmæssig sammenhæng. Produktivitet i den offentlige sektor er ligeledes vanskeligt at måle, fordi en stor del af produktionen ikke har en pris på et frit marked – herunder eksempelvis produktionen i den offentlige administration.

Kilde: dst.dk; OECD (2001) *Measuring Productivity – OECD manual*

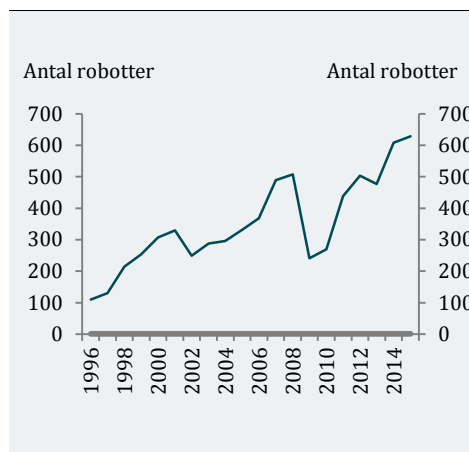
Det er meget vanskeligt at forudsige konkret, hvilke jobs eller jobfunktioner der vil blive automatiseret, og hvornår det eventuelt vil ske. Det er endnu sværere at sige noget om, hvilke nye varer, tjenester og jobs, udviklingen vil muliggøre.

Automatisering i industrien

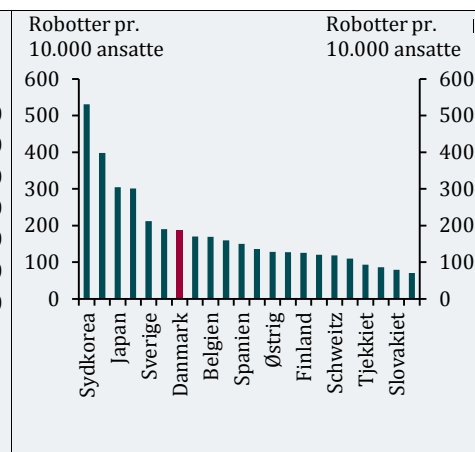
Gennem en længere årrække er der sket en automatisering af industrien, hvor maskiner overtager flere og flere rutineprægede opgaver, som de kan udføre både hurtigere og mere præcist end mennesker – og uden, at nogen oplever nedslidning, fordi de udfører stærkt rutineprægede opgaver og er nødt til at gentage de samme bevægelser et stort antal gange på en dag. Gennem de senere år er antallet af industrirobotter, der anvendes i Danmark steget. Bortset fra et fald i kølvandet på krisen er antallet af nye industrirobotter, der hvert år tages i brug, ligeledes steget støt – fra ca. 100 pr. år i 1996 til knap 630 i løbet af 2015, *jf. figur 5*. Danmark er – sammenholdt med dets størrelse – ganske langt fremme med anvendelsen af industrirobotter. Danmark er således nr. syv i verden (og nr. fem i OECD)

hvad angår antallet af industrirobotter pr. 10.000 medarbejdere i industrien, jf. figur 6.

Figur 5. Estimeret tilgang af industrirobotter i Danmark, 1996-2015



Figur 6. Antal industrirobotter pr. 10.000 ansatte i fremstillingsindustrien, 2015



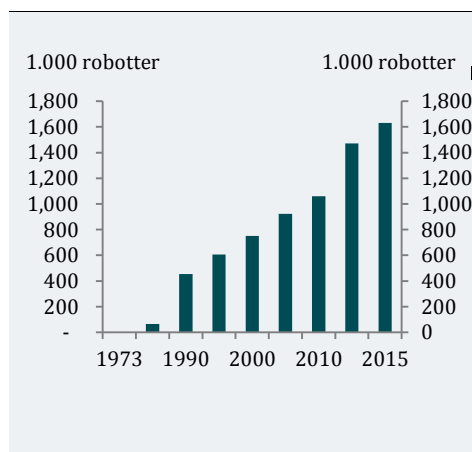
Anm.: Baseret på tal fra International Federation of Robotics (2016) *World Robotics 2016*, og med udgangspunkt i oplysninger indhentet fra robotproducenter.

Kilde: International Federation of Robotics samt Redegørelse for Vækst og Konkurrenceevne 2017.

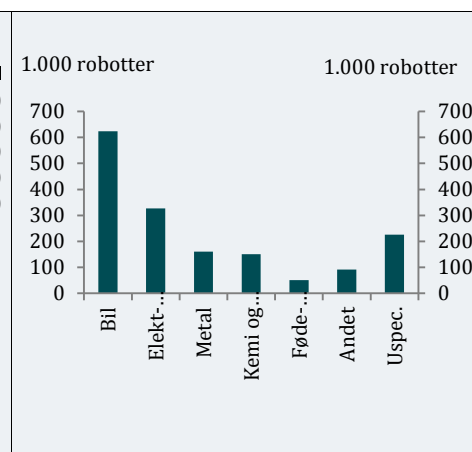
Danmark har således både importeret og udviklet teknologi, der kunne automatisere produktionen på de danske virksomheder. Danmark har samtidig en stærk maskinindustri, som blandt andet bidrager til automatisering i industrien, og hvor en stor del af produktionen sælges som eksport. Derfor er det med til at give muligheder til Danmark, når der sker en stigning i anvendelsen og implementeringen af maskiner og robotter i industrien og andre brancher.

Den samlede mængde af industrirobotter i verden har været i kraftig stigning hen over de senere år – og i 2015 estimerer *International Federation of Robotics*, at der er mere end 1,6 mio. enheder alene i industrien, jf. figur 7. Bilindustrien er traditionelt langt den mest automatiserede branche – og har iflg. IFR's estimater godt 600.000 robotter, jf. figur 8.

Figur 7. Antal industrirobotter i verden



Figur 8. Verdens industrirobotter fordelt på branche



Anm.: Baseret på tal fra International Federation of Robotics (2016) *World Robotics 2016*, og med udgangspunkt i oplysninger indhentet fra robotproducenter.

Kilde: International Federation of Robotics samt Redegørelse for Vækst og Konkurrenceevne 2017.

Automatisering i services

Der er også tendenser til en øget automatisering i andre brancher end industrien og landbruget. Velfærdsteknologiske løsninger har gjort deres indtog i plejesektoren og hospitalssektoren. I plejesektoren er der fx tale om løftekraner, der hjælper plejepersonalet med at løfte beboere, så personalet ikke får skader på deres bevægelsesapparat som følge af for tunge løft. Eller det kunne være eksoskeleton-maskiner – dvs. maskiner, der hjælper gangbesværede med at lære at gå bedre (i forbindelse med genoptræning), i første omgang ved at tilføje en slags ydre skelet (til støtte for det skelet alle har inden i kroppen). I hospitalssektoren er der flere steder indført operationsrobotter, der hjælper lægerne ved at være meget præcise, aldrig ryste på hånden, og være helt sterile.

Automatisering og installation af robotter bliver ligeledes introduceret i de manuelle services, herunder eksempelvis inden for rengøring – fx i form af støvsugere og gulvvaskemaskiner – og i forbindelse med kasselinien i supermarkederne, hvor der installeres selvbetjeningskasser, hvor kunderne ekspederer sig selv ved hjælp af en automat.

Inden for transport er der ligeledes sket en øget automatisering – og føreløse tog er ikke længere en fremtidsforudsigelse, men har været et faktum i mere end et årti, blandt andet i form af Københavns Metro. Den største tilgang af service-robotter til professionelt brug på verdensplan er

inden for logistik, hvor der i 2014 blev solgt ca. 12.500 servicerobotter til professionelt brug, mens der i 2015 blev solgt ca. 19.000.¹

Den største relative stigning i anvendelsen af servicerobotter er inden for rengøring – selvom niveauet stadig er betydeligt mindre end inden for eksempelvis logistik: Tilgangen af servicerobotter til professionelt brug inden for rengøring steg fra knap 300 i 2014 til ca. 600 i 2015 i verden².

Samlet set steg tilgangen af servicerobotter med ca. 25 pct. fra 2014 til 2015³.

Den teknologiske udvikling ser således for indeværende ud til at ville udbrede robotter også til servicesektoren – ligesom privat transport og hushold (herunder rengøring mv.) formentlig kan ventes at blive yderligere automatiseret, blandt andet gennem brug af robotter.⁴ Flere store virksomheder har således planer eller konkrete forsøg med selvkørende biler. Nogle bilproducenter har allerede produceret biler, der under de rette forhold, dvs. på motorvej, med god afstrøbetning, mv., er i stand til at køre uden førerens hjælp.⁵ En automatisering af transportsektoren kan således være et næste stort skridt i automatiseringen af opgaver – og vil kunne bidrage til betydelige produktivitetmæssige fremskridt inden for branchen.

Digitalisering

I tillæg til en accelererende automatisering i både landbrug, industri og service, er der gennem de seneste årtier – og ikke mindst gennem de senere år – sket en digitalisering af information og funktioner. Senest har det afspejlet sig i blandt andet et kraftigt og eksponentielt stigende forbrug af mobil data, *jf. figur 9*. Udviklingen afspejler omtrent Moore's lov, der oprindeligt blev formuleret omkring transistorer: Moore sagde i 1965, at der fremover ville være en omtrent konstant vækstrate i antallet af transistorer i et integreret kredsløb.

Digitaliseringen har blandt andet medført, at produkter og services, der udbydes via digitale platforme, har fået stor udbredelse. Det kunne eksempelvis være vaskeri, transport eller overnatning, der tilbydes via apps på smartphones. På den måde bidrager digitaliseringen til at lette adgangen til bestilling og køb af services, og lader samtidig virksomheder

¹ International Federation of Robotics, *World Robotics 2016 Service Robots*. www.ifr.org.

² International Federation of Robotics, *World Robotics 2016 Service Robots*. www.ifr.org.

³ International Federation of Robotics, *World Robotics 2016 Service Robots*. www.ifr.org.

⁴ International Federation of Robotics. *World Robotics 2016 Service Robots*. www.ifr.org.

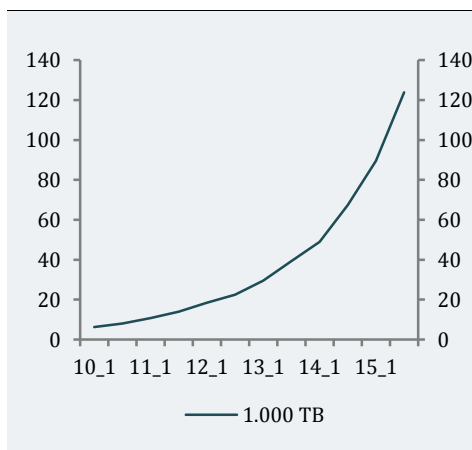
⁵ Google har planer om at producere "flyvende biler", der i første omgang vil være meget dyre, men på sigt vil kunne købes af almindelige borgere. Planerne er at sælge de første flyvende biler omkring år 2021. Debat på DR's P1 mellem beskæftigelsesminister Troels Lund Poulsen, folketingsmedlem Ida Auken og journalist Jens Ringberg, 5.5.2017.

få let adgang til ordnede informationer om deres kunder og kundernes behov, idet der gennemføres en form for automatiseret ordning af informationerne. Det kan igen kan bidrage til produktivitetstforøgelse. Danskerne e-handlede for 111 mia. kr. i 2016, hvilket er en stigning på knap 17 pct. i forhold til 2015.

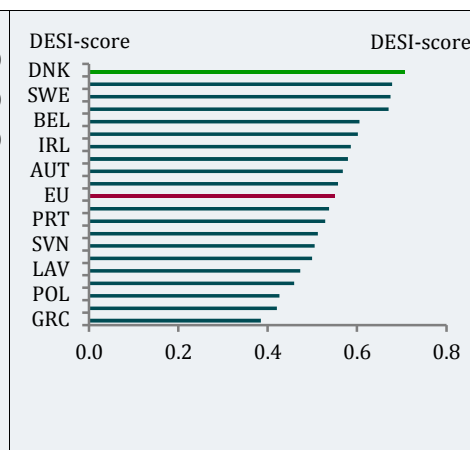
Apps til smartphones har ligeledes dannet grundlag for opblomstring af løsninger baseret på deleøkonomi – dvs. eksempelvis udlejning af private lejligheder, biler, mv. Her er tale om et nyt marked, hvor især omfanget og udbredelsen udgør det nye (mennesker har alle dage lånt/lejet deres boliger, biler, osv. ud – men ikke på en stor, systematiseret markedsplads).

Danmark ligger ifølge Europakommissionens opgørelser helt i front i forhold til digitalisering – og er for nylig blevet udnævnt til det mest digitaliserede land i EU, jf. figur 10.

Figur 9. Udviklingen i forbruget af mobil data i Danmark



Figur 10. Udvalgte landes DESI-score (digitaliseringscore)



Anm.: DESI-scoren – Digital Economy and Society Index – udarbejdes af Europakommissionen en gang årligt.

Kilde: Redegørelse for Vækst og Konkurrenceevne 2017; <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi>.

Der er i disse år en udvikling i gang inden for en række digitale teknologier som kunstig intelligens, analyse af big data, Internet of Things, førerløse biler og dele- og platformsøkonomi mv, der potentielt kan skabe store gevinster for borgere, samfundet og virksomheder. Digitalisering og ny teknologi vil skabe nye forretningsmodeller og kan blive en væsentlig drivkraft for produktivitetstveksten. Brugen af ny digital teknologi kan give virksomhederne og det offentlige mulighed for en mere effektiv udnyttelse af kapitalapparatet, forbedrede arbejdsgange og reducerede driftsomkostninger. Men det er fortsat uklart, hvad omfanget og betydningen af de nævnte teknologier vil blive.

Potentialet ved automatisering er vanskeligt at vurdere – blandt andet fordi det ikke umiddelbart er muligt at forudsige, hvilke funktioner der i fremtiden vil kunne automatiseres.

Perspektivet: Den teknologiske udvikling fremadrettet

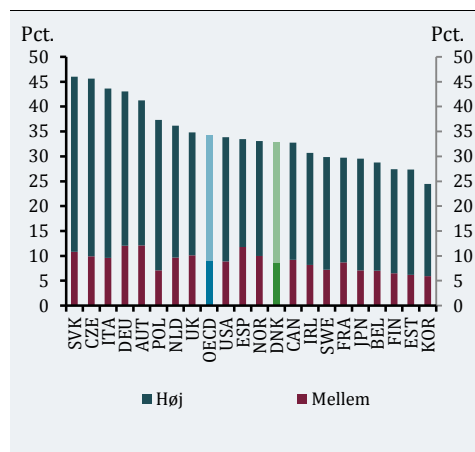
Det er svært at spå om fremtiden – men det er endnu sværere at forudsige, hvilke produkter og services, der vil blive tilbudt fremover. Det er ikke mange, der havde forudset udviklingen af smartphones og den ”app-industri”, som de danner et helt uundværligt grundlag for. Forsøg på at komme med forudsigelser vil derfor i høj grad have karakter af gisninger.

Dog har blandt andre OECD forsøgt at give et bud på, hvad automatiseringspotentialet er på sigt. På det længere sigt synes der således at være et automatiseringspotentiale ikke kun inden for landbrug, industri og manuelle services, men også rutinepræget informationsbehandling inden for vidensservice, herunder eksempelvis opgaver, der i dag udføres af jurister og statistikere, eller opgaver, læger i dag udfører, såsom diagnosticering på baggrund af kendskab til patientens symptomer, sygehistorie og blodprøver.

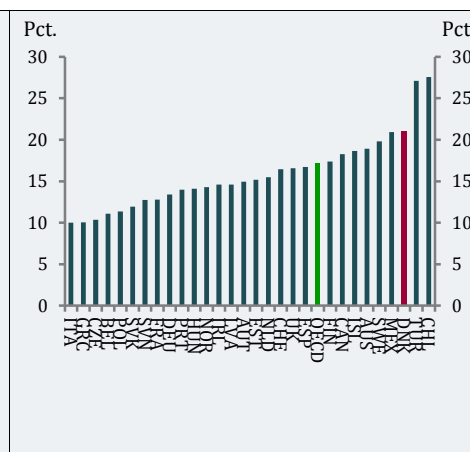
OECD anslår, at op mod en tredjedel af alle jobs har høj eller mellem sandsynlighed for at blive automatiseret i Danmark, *jf. figur 11*. Dette er på linje med en ny rapport fra McKinsey, der anslår, at op mod 40 pct. af alle arbejdstimer vil kunne automatiseres hen over en længere årrække. Der vil således – ifølge McKinsey – ikke være tale om nogen hurtige eller store omvæltninger, men om en glidende proces, hvor flere og flere *funktioner* vil kunne automatiseres hen over en tidshorisont på 40-50 år. I nogle jobs vil det være en stor andel af funktionerne, der kan automatiseres, mens det i andre vil være mindre andele. Det store automatiseringspotentiale er fortsat i høj grad inden for industrien, men også serviceerhverv som handel og transport har et automatiseringspotentiale på omkring eller lidt over halvdelen af det samlede antal jobfunktioner, der kan automatiseres.

Danmark er godt rustet til denne fremtid, blandt andet i kraft af det fleksible danske arbejdsmarked, der betyder, at arbejdstagerne er omstillingsparate og mobile. I sammenligning med andre OECD-lande er der således en relativt høj andel af arbejdstagerne – nemlig ca. 20 pct. – der er i nye jobs, *jf. figur 12*.

Figur 11. Sandsynlighed for automatisering af job eller ændring af opgaver iflg. OECD



Figur 12. Danmark har et meget fleksibelt arbejdsmarked målt ved mobilitet: Andel jobs med anciennitet under 1 år.



Anm.: Fig. 15: Estimationen er baseret på en 'opgave-tilgang', hvor forholdet mellem arbejdstagernes opgaver og sandsynligheden for automatisering af arbejdsopgaver er estimeret. Automatisering af opgaver tager udgangspunkt i, at rutinemæssige opgaver har størst sandsynlighed for at blive automatiseret. Semi-automatiserede opgaver har mellem risiko. Ikke-rutinemæssige opgaver har lav sandsynlighed for at blive automatiseret. Data for GBR svarer til UK og Nordirland. Data til BEL svarer til det flamske fællesskab.

Kilde: OECD Employment Outlook 2016; Arntz, M., T. Gregory and U. Zierahn (2016), "The Risk of Automation for Jobs in OECD countries: A Comparative Analysis", *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, No. 189, OECD Publishing, Paris. Figur 16: OECD-stat.

Samtidig peger OECD på, at produktivitetsvæksten er skævt fordelt mellem virksomheder. Produktivitetsvæksten ser ifølge OECD ikke ud til at være aftaget blandt de mest produktive virksomheder rundt om i verden⁶. Heller ikke selvom den samlede produktivitetsvækst er aftaget i både Danmark og de fleste andre vestlige lande hen over de seneste år.

Den forskel er en udfordring for Danmark, som har en virksomhedsstruktur med få meget store virksomheder og mange små og mellemstore virksomheder, som kan vanskeliggøre udbredelsen af ny teknologi.

Der er dog ikke noget, der tyder på, at udviklingen vil gå hurtigere, end den hidtil har gjort. McKinseys rapport anslår, at 40 pct. af arbejdstimerne i Danmark vil kunne automatiseres ud fra den i dag kendte teknologi over de kommende 40-50 år. Der er til gengæld formentlig et ganske betydeligt vækstpotentiale forbundet med automatiseringen – hvad der vil kunne komme Danmark som helhed til gavn i form af øget velstand. McKinsey estimerer således et årligt vækstbidrag fra automatisering på mellem 0,8 og 1,4 pct.-point fremover. Det vil i givet fald være et ganske væsentligt vækstbidrag, der vil kunne hentes fra automatisering. Den hidtidige og

⁶ OECD (2015). *The Future of Productivity*. OECD Publishing, Paris.

forudsatte fremtidige produktivitetsvækst indeholder også et bidrag fra automatisering.