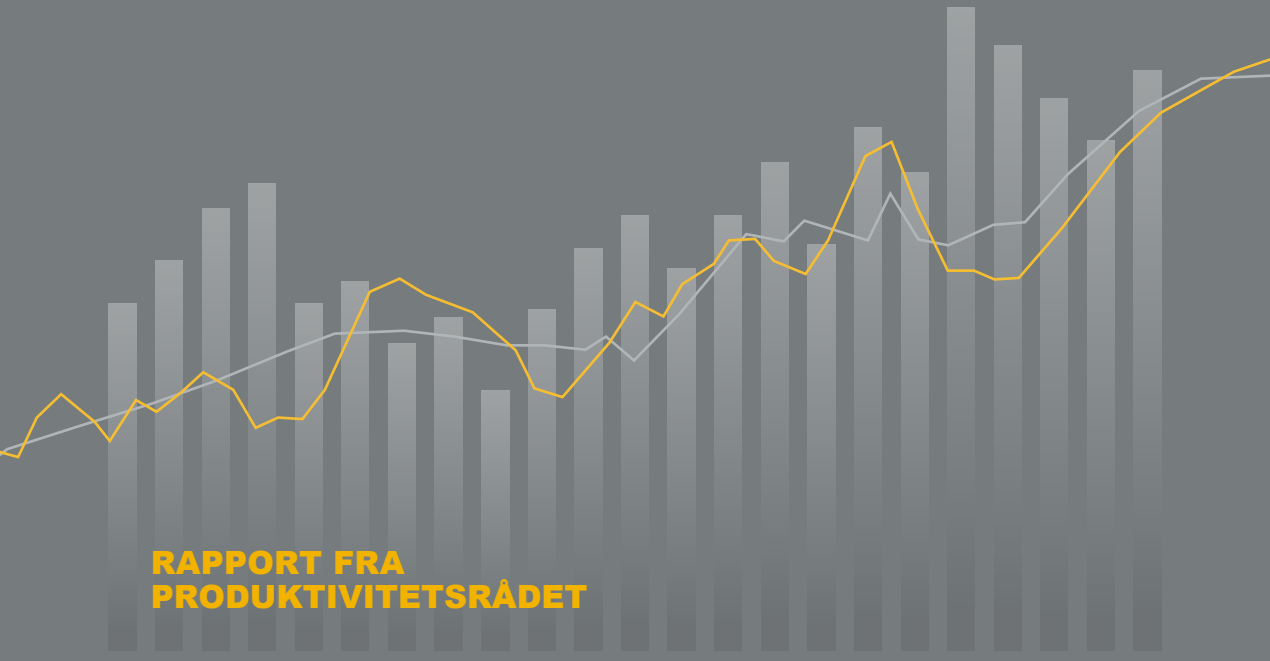
De Økonomiske Råd
Formandskabet

PRODUKTIVITET 2023

AKTUEL ØKONOMISK POLITIK

UDVIKLINGEN I PRODUKTIVITETEN

AUTOMATISERING I FREMSTILLINGSSEKTOREN



RAPPORT FRA
PRODUKTIVITETSRÅDET

Produktivitetsråd
Formandskabet for De Økonomiske Råd er udpeget til at være produktivitetsråd fra 1. januar 2017. Produktivitetsrådet skal årligt overvåge produktivitetsudviklingen i dansk økonomi, analysere faktorer bag udviklingen i produktivitet og konkurrenceevne, komme med konkrete anbefalinger, der kan styrke den danske produktivitetsudvikling, og foretage effektvurderinger af produktivitetsfremmende tiltag.

De Økonomiske Råd
De Økonomiske Råd ledes af et formandskab, der består af fire uafhængige økonomer. Det Økonomiske Råd blev oprettet i 1962 og har til opgave "at følge landets økonomiske udvikling og belyse de langsigtede udviklingsperspektiver samt at bidrage til at samordne de forskellige økonomiske interesser". Det Miljøøkonomiske Råd blev oprettet i 2007 og har til opgave "at belyse samspillet mellem økonomi og miljø samt effektiviteten i miljøindsatsen". Formandskabet skal derudover årligt vurdere holdbarheden af de offentlige finanser, vurdere om de vedtagne udgiftslofter er afstemt med de finanspolitiske målsætninger samt vurdere om udgiftslofterne overholdes. Formandskabet skal endvidere årligt overvåge produktivitetsudviklingen med analyser og komme med konkrete anbefalinger. Loven om De Økonomiske Råd er senest revideret i forbindelse med vedtagelse af lovforslag L 118 den 2. marts 2021. Den seneste lovændring indebærer, at De Økonomiske Råds formandskab skal efterse de regneprincipper og –metoder, som anvendes af ministerierne. Loven kan ses på De Økonomiske Råds hjemmeside: https://dors.dk/raad-vismaend/loven-oekonomiske-raad.

Formandskabet
Professor Carl-Johan Dalgaard (formand), Københavns Universitet, professor Nabanita Datta Gupta, Aarhus Universitet, professor Lars Gårn Hansen, Københavns Universitet og professor Jakob Roland Munch, Københavns Universitet.

Sekretariatet
Direktør John Smidt, *kontorchef* Christian Ellermann-Aarslev, Morten Holm, Thomas Bue Bjørner, *administrationschef* Peter Fruergaard Schrøder, *chefkonsulenter* David Tønners, Dorte Grinderslev, Jesper Kühl, Marie Møller Kjeldsen, Mickey Petersen, Nicolai Kaarsen, Niels Christian Fredslund, Niels Vestergaard, Poul Schou, *specialkonsulenter* Anne Kristine Høj, Henriette Storgaard Madsen, Janne Nyborg Jensen, Jonas Ehn Bødker, Kamilla Holmgaard, Michael Molgjer Studsgaard, *fuldmægtige* Iben Büchler Nielsen, Ilya Manuylov, Jakob Langager Christensen, Mads Bæk Pedersen, Morten Vendelbo Førrisdahl, *kontorfuldmægtige* Danne Nors Jørgensen, Karina Tilsted Andersen *samt studentermedhjælpere* Freja Hein Svendsen, Lasse Hyldgaard Pagh, Laurids Hougaard Kristensen, Louise Østergaard Jensen og Malthe Johansson.

De Økonomiske Råd
Formandskabet

PRODUKTIVITET 2023

AKTUEL ØKONOMISK POLITIK

UDVIKLINGEN I PRODUKTIVITETEN

AUTOMATISERING I FREMSTILLINGSSEKTOREN

RAPPORT FRA
PRODUKTIVITETRÅDET

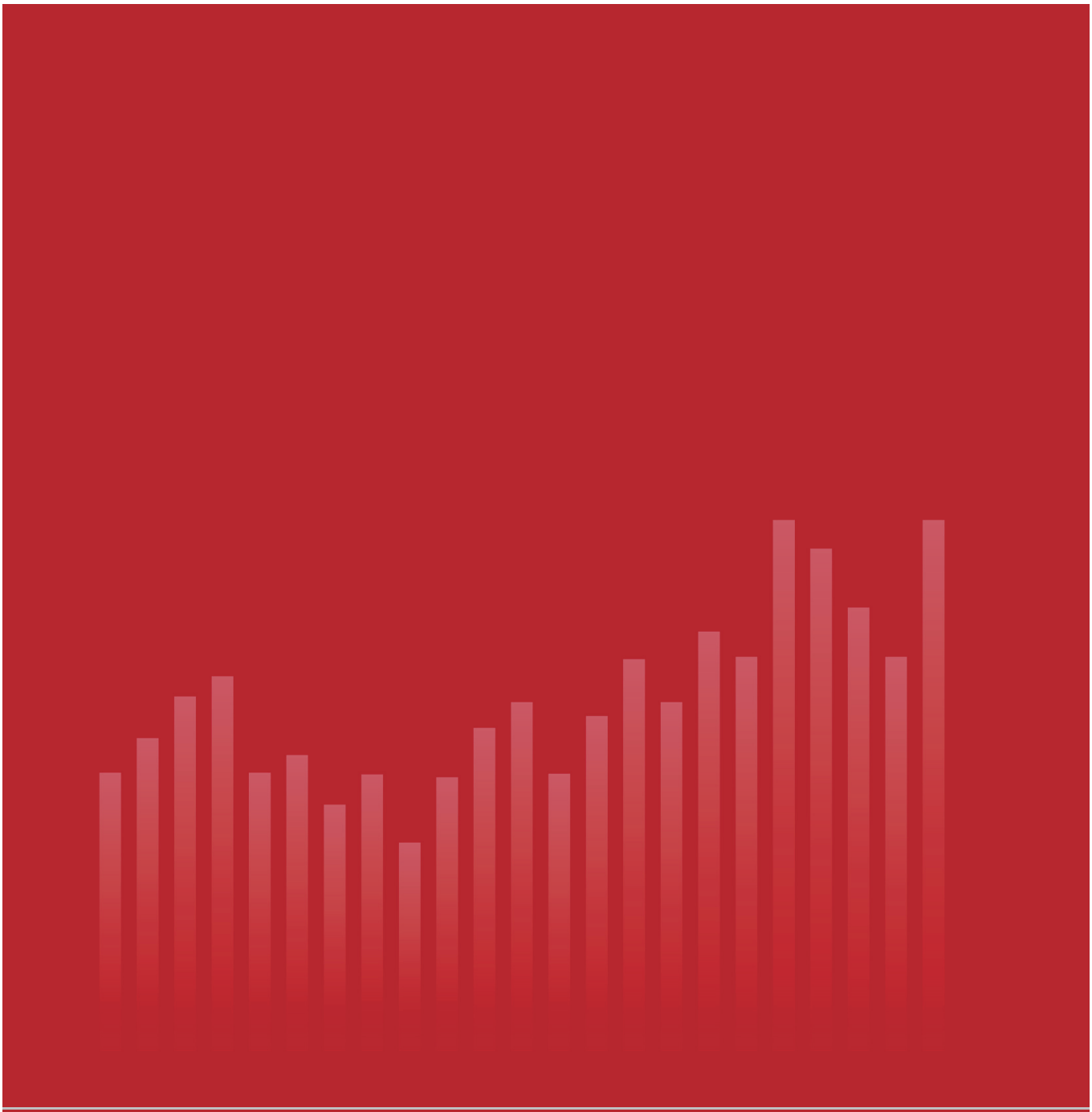
De Økonomiske Råd
Sekretariatet
Emil Møllers Gade 41
8700 Horsens

Tlf.: 51 51 28 00
E-post: dors@dors.dk
Hjemmeside: www.dors.dk
Twitter: @DORsSekretariat

Som følge af afrundinger kan summen af tallene i tabellerne afvige fra totalen.

INDHOLD

		RAPPORTENS HOVEDKONKLUSIONER	**1**
KAPITEL I		**AKTUEL ØKONOMISK POLITIK**	**11**
		Litteratur	27
KAPITEL II		**UDVIKLINGEN I PRODUKTIVITETEN**	**29**
	II.1	Indledning	31
	II.2	Udviklingen i produktiviteten	32
	II.3	Produktivitetseffekter af højere energipriser	43
	II.4	Produktivitet, arbejdsudbud og offentlige finanser	53
		Litteratur	58
KAPITEL III		**AUTOMATISERING I FREMSTILLINGSSEKTOREN**	**63**
	III.1	Indledning	65
	III.2	Principper	67
	III.3	Resultater fra litteraturen	78
	III.4	Automatisering i Danmark	88
	III.5	Analyse af fremstillingsvirksomheder	105
	III.6	Sammenfatning	121
		Litteratur	124



Produktivitet, 2023

De Økonomiske Råd
Formandskabet

RAPPORTENS HOVED-KONKLUSIONER

Produktivitet, 2023

RAPPORTENS HOVEDKONKLUSIONER

Rapportens første kapitel indeholder vurderinger og anbefalinger om den aktuelle økonomiske politik med særligt fokus på emner, der har betydning for produktiviteten.

Af kapitel II fremgår, at produktivitetsvæksten i Danmark i perioden efter finanskrisen har været højere end i en række andre lande. Det har sammen med bytteforholdsgevinster øget velstanden i Danmark. Kapitlet indeholder også en analyse, der blandt andet viser, at reallokering er en vigtig drivkraft for produktivitetsvæksten i Danmark. En anden analyse ser nærmere på sammenhængen mellem energipriser og produktivitet.

I kaptitel III undersøges konsekvenserne af automatisering i danske fremstillingsvirksomheder. Kapitlet finder, at der er sket en stigning i antallet af virksomheder, der investerer i automatiserende maskiner, men der er ikke tale om en dramatisk udvikling. En analyse viser, at fremstillingsvirksomheder, der investerer i automatisering, øger produktiviteten og beskæftigelsen samtidig med, at lønnens andel af produktionsværdien mindskes.

RAPPORTENS HOVEDKONKLUSIONER

Denne produktivitetsrapport fra De Økonomiske Råds formandskab, der udgør Produktivitetsrådet, består af tre kapitler. I det følgende gives en kort præsentation af rapportens konklusioner i hvert af kapitlerne.

RAPPORTENS KAPITLER

Kapitel I	Aktuel økonomisk politik
Kapitel II	Udviklingen i produktiviteten
Kapitel III	Automatisering i fremstillingssektoren

KAPITEL I, AKTUEL ØKONOMISK POLITIK

I kapitel I kommenteres aktuelle økonomisk-politiske forslag med relevans for produktiviteten. Diskussionen er inddelt i fire emner:

- Skat
- Uddannelse og arbejdsmarked
- Tiltag afledt af den høje inflation
- Grønne tiltag.

Lavere skat på generationsskifte kan reducere produktivitet

Regeringsgrundlaget for den nyligt tiltrådte SVM-regering indeholder flere initiativer på skatteområdet. Et af disse initiativer er en reduktion i skatten på virksomhedsoverdragelser inden for familien. Lavere skat på virksomhedsoverdragelser vil give øget tilskyndelse til, at virksomheder overdrages til næste generation. Der er imidlertid tegn på, at familiedrevne virksomheder opnår dårligere resultater end andre virksomheder. Derfor risikerer forslaget at påvirke produktiviteten negativt.

Øget fradrag for udgifter til F&U kræver bedre beslutningsgrundlag

Et andet forslag er at gøre den nuværende, midlertidige forhøjelse af virksomhedernes fradrag for udgifter til forskning og udvikling permanent. Regeringen har ikke fremlagt dokumentation for, at der er positive effekter af at øge den allerede eksisterende subsidiering af forskning og udvikling i private virksomheder, og grundlaget for en beslutning om at øge fradraget bør derfor tilvejebringes før det eventuelt besluttes at gøre det forhøjede fradrag permanent.

Topskatteændringer er afvejning mellem fordeling og effektivitet

Regeringsgrundlaget indeholder endvidere et forslag om reduktion i marginalskatten for en del af de personer, som med de nuværende regler skal betale topskat. Samtidig foreslås en forøgelse af marginalskatten for de højeste indkomster. Den første del af de foreslåede ændringer (forhøjelsen af topskattegrænsen) vil sandsynligvis øge såvel arbejdsudbud som produktivitet, mens det modsatte gør sig gældende for den anden del (den øgede topskat for de højeste indkomster). Samlet er der tale om en klassisk afvejning mellem effekter på effektivitet og effekter på fordeling.

Effekt af udspil om kandidatuddannelser afhænger af konkret implementering

Regeringen er også kommet med et udspil om at forkorte længden af op imod halvdelen af pladserne på kandidatuddannelserne. Kortere kandidatuddannelser må formodes at sænke produktiviteten, men den foreslåede reform indeholder mange andre elementer. Den samlede effekt af udspillet afhænger derfor af den konkrete implementering.

Lavere beløbsgrænse er en god ide

Regeringen foreslår også, at beløbsordningens grænse sænkes. Formandskabet har tidligere anbefalet, at beløbsgrænsen sænkes, da det kan bidrage til en strukturel stigning i arbejdstyrken og i produktiviteten, jf. *Produktivitet 2022* og *Dansk Økonomi, forår 2017.*

Beslutning om jobcentre kræver bedre beslutningsgrundlag

Regeringsgrundlaget indeholder endvidere en intention om, at jobcentrene skal nedlægges, og at den aktive arbejdsmarkedspolitik skal omlægges. Det er muligt at overføre en del af indsatsen for ledige til private aktører, som det foreslås i regeringsprogrammet. Det er dog ikke oplagt, at det vil have en gunstig effekt på afgangen fra ledighed eller reducere de offentlige udgifter. Formandskabet anbefaler derfor, at en eventuel beslutning om at nedlægge jobcentrene bør bygge på en samlet analyse af fordele og ulemper.

Huslejeloft kan svække mobilitet og produktivitet

Et tiltag, der er afledt af den høje inflation, er det huslejeloft, der blev indført i 2022. Loftet indebærer, at der skabes usikkerhed om afkastet af boliginvesteringer, hvilket risikerer at mindske det fremtidige udbud af lejeboliger. Samtidig øger indgrebet risikoen for, at der skabes indlåsningseffekter, der kan reducere mobiliteten på både bolig- og arbejdsmarkedet og dermed potentielt svække produktiviteten.

Statsstøtte er en dårlig ide, særligt fra en dansk vinkel

EU-kommissionens forslag om statsstøtte til grønne investeringer er en reaktion på den amerikanske *Inflation Reduction Act*, der indebærer statsstøtte til virksomheder i USA. Danmark har stor fordel af en fri verdenshandel, og dansk deltagelse i konkurrence på øget statsstøtte må som udgangspunkt forventes at medføre et samfundsøkonomisk tab.

Klimapolitik kan også påvirke produktiviteten

Det seneste år er der indgået en række klimapolitisk aftaler. Klimapolitikken har som alle andre politikområder et potentiale for at påvirke effektivitet og produktivitet i samfundet, da den påvirker virksomhedernes og borgernes rammevilkår i dansk økonomi.

Grøn skattereform trækker i retning af mere ensartet beskatning af CO_2

I juni 2022 blev aftalen om *Grøn skattereform for industrien mv.* indgået. Det væsentligste element i aftalen er en afgift på 750 kr. pr. ton udledt CO_2. En ensartet CO_2-afgift er et omkostningseffektivt instrument til at nå klimamålene, og aftalen er et i skridt i den retning. Aftalen indeholder dog en række afvigelser fra en ensartet afgift, hvilket gør de samfundsøkonomiske omkostninger højere end nødvendigt.

Offentlige tilskud bør kun bruges i særlige tilfælde

I juni 2022 blev der også indgået en aftale om *Etablering af en grøn fond*. Aftalen indebærer, at der kan gives tilskud til grønne investeringer. Som udgangspunkt bør offentlige tilskud kun gives, hvis det kan godtgøres, at der eksisterer markedsfejl, og hvis det samtidig gælder, at tilskud er det mest effektive instrument til at imødegå markedsfejlen, jf. *Økonomi og Miljø 2022*.

Udbygning af fjernvarme bør bero på samfundsøkonomiske analyser

Endelig er der indgået en aftale om *Mere grøn varme og udfasning af naturgas*. Udbygning af fjernvarme og udfasning af naturgas kan bidrage til øget forsyningssikkerhed, men det er vigtigt, at projekter underlægges samfundsøkonomiske analyser af rentabiliteten. En forceret udbygning af eksempelvis fjernvarmenettet risikerer at medføre en ringere produktivitetsudvikling, hvis der slækkes på kravene til den samfundsøkonomiske rentabilitet.

KAPITEL II, UDVIKLINGEN I PRODUKTIVITETEN

I kapitel II beskrives den langsigtede udvikling i produktiviteten i Danmark. Kapitlet indeholder to analyser. I den ene undersøges det, i hvor høj grad danske virksomheder opnår produktivitetsfremskridt ved at ændre deres produktsammensætning. I den anden analyse estimeres de kortsigtede produktivitetseffekter af stigende energipriser. Herudover indeholder kapitlet en diskussion af, i hvilke tilfælde produktivitetsfremskridt kan øge arbejdsudbuddet og forbedre de offentlige finanser.

Relativt høj dansk produktivitetsvækst siden finanskrisen

Timeproduktiviteten i de private byerhverv i Danmark er steget ca. 1½ pct. årligt siden årtusindeskiftet. I perioden efter finanskrisen har produktivitetsvæksten i Danmark været højere end i en række andre lande. Det kan særligt tilskrives en relativt høj produktivitetsvækst i *Industrien*, men en relativt høj produktivitetsfremgang i *Handel og transport* har også bidraget.

Produktivitetsvækst fra ændret produktsammensætning

Produktivitetsvæksten giver anledning til velstandsfremgang. Herudover er dansk velstand yderligere forøget som følge af bytteforholdsgevinster på dansk vareeksport. Bytteforholdsgevinsterne skal blandt andet ses i sammenhæng med en gunstig specialisering af dansk industri. Visse typer af innovationer kan bidrage til både produktivitets- og bytteforholdsfremgang. Det gælder særligt såkaldt produktinnovation, hvor nye produkter introduceres, eller eksisterende forbedres, hvorved de kan oppebære en højere pris. En analyse af danske fremstillingsvirksomheder i perioden 2000-19 viser, at omtrent en tredjedel af produktivitetsfremskridt internt i virksomhederne er drevet af, at virksomhederne løbende ændrer deres produktsammensætning.

Langvarigt forhøjede energipriser kan svække produktiviteten

De kommende år hæmmes produktivitetsudviklingen potentielt af, at energipriserne risikerer at være højere og forbundet med større usikkerhed end tidligere. En langvarig forøgelse af energipriserne vil alt andet lige svække produktiviteten. Effekterne afhænger dels af, i hvor høj grad virksomhederne er i stand til at substituere væk fra relativt dyre energikilder, dels af energiintensiteten i produktionen. En analyse af danske fremstillingsvirksomheder peger på, at højere energipriser fører til et betydeligt fald i timeproduktiviteten på kort sigt, mens den underliggende effektivitet i produktionsprocessen, opgjort ved totalfaktorproduktiviteten (TFP), ikke ændres.

Tiltag, der forøger produktiviteten, kan potentielt styrke de offentlige finanser

I tillæg til, at produktivitetsvækst giver anledning til velstandsfremgang, potentielt også igennem bytteforholdseffekter, kan produktivitetsfremskridt også påvirke arbejdsudbuddet og de offentlige finanser. I dag lægges det typisk til grund, at produktivitetsstigninger ikke påvirker det langsigtede arbejdsudbud og er omtrent neutrale for de offentlige finanser. Der er imidlertid mangel på empirisk viden på området. I kapitlet klargøres det, at det er plausibelt, at visse typer af produktivitetsfremskridt kan styrke arbejdsudbuddet og derigennem de offentlige finanser. Der er således behov for empirisk viden på dette område.

KAPITEL III, AUTOMATISERING I FREMSTILLINGSSEKTOREN

I kapitel III undersøges konsekvenserne af automatisering i fremstillingsvirksomheder. Analysen er motiveret af et nyere forskningsfelt, som undersøger betydningen af fremkomsten af robotter og andre automatiserende maskiner. Kapitlet belyser effekterne af denne udvikling for Danmark baseret på en gennemgang af relevant økonomisk teori, eksisterende empiriske studier, et overblik over udbredelsen af automatisering i fremstillingssektoren samt en analyse af automatisering i danske fremstillingsvirksomheder.

Automatisering forventes at øge produktivitet, men kan også øge ulighed

Automatisering indebærer, at robotter og anden teknologi erstatter menneskers arbejdsopgaver. Automatisering leder til øget produktivitet, men kan også indebære, at en mindre andel af produktionsværdien udbetales som løn til medarbejderne, da behovet for arbejdskraft relativt til kapital mindskes. Lønudviklingen må især forventes svækket for de grupper af beskæftigede, som mister mange arbejdsopgaver til de nye teknologier. Dette kan øge indkomstuligheden. Under visse forudsætninger kan automatisering mindske reallønnen og beskæftigelsen for de påvirkede beskæftigede.

Uddannelse og nye arbejdsopgaver kan mindske negative konsekvenser

Flere forhold kan bidrage til at mindske de negative konsekvenser af automatisering. For det første kan uddannelse og efteruddannelse ændre arbejdsstyrkens kompetencer til at varetage arbejdsopgaver, som er vanskelige at erstatte med maskiner. For det andet kan den teknologiske udvikling også skabe nye arbejdsopgaver og dermed kompensere for de arbejdsopgaver, som er automatiseret.

Eksisterende empiriske studier bekræfter generelt forventning

Empiriske studier i andre lande finder, at automatisering øger produktiviteten af virksomheder, men sænker lønnens andel af produktionsværdien, hvilket er i overensstemmelse med forventningen. Typisk findes også en positiv effekt på antal ansatte i de automatiserende virksomhederne. Denne stigning kan imidlertid ske på bekostning af antallet af ansatte andre steder i økonomien – eksempelvis fordi konkurrerende virksomheder mister markedsandele til automatiserende virksomheder. Derfor indebærer automatisering ikke nødvendigvis en samlet positiv effekt på beskæftigelsen i den pågældende branche eller i samfundet.

Automatiserende maskiner er blevet mere udbredte, …

Kapitlet viser, at der er sket en stigning i antallet af danske fremstillingsvirksomheder, som investerer i automatiserende maskiner såsom robotter og automatiske fræse-, skære- og svejsemaskiner. Der er også sket en stigning antallet af anvendte industrirobotter.

… men der er ikke tale om en dramatisk udvikling

De automatiserende maskiner har dog ikke i et betydeligt omfang vundet indpas relativt til andre typer af investeringer. Således udgør de automatiserende maskiner en lille og konstant andel af de samlede investeringer i fremstillingssektoren. En af årsagerne til dette kan være, at der er sket en stigning i immaterielle investeringer, navnlig software samt forskning og udvikling, på bekostning af investeringer i fysiske maskiner.

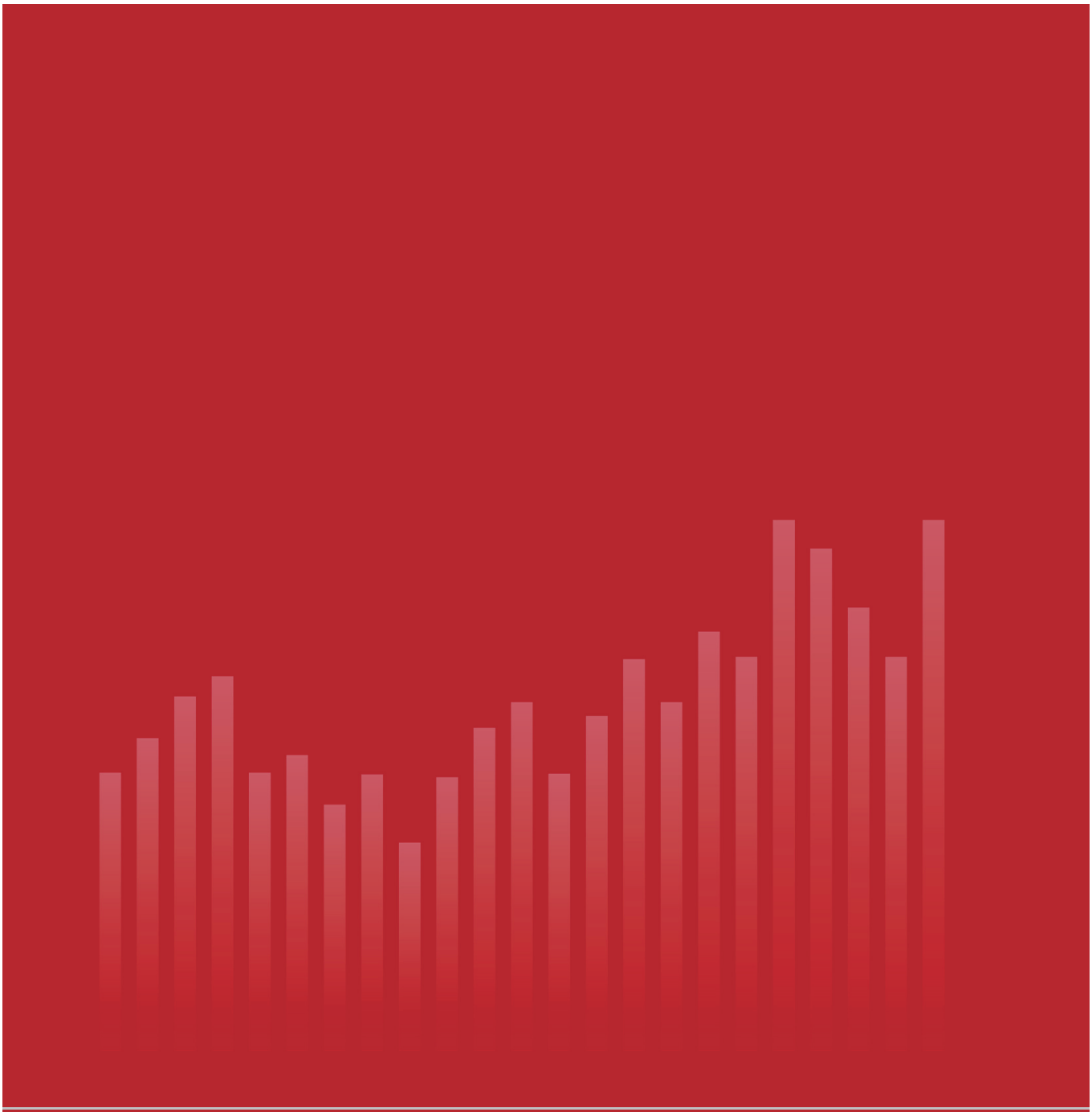
Automatisering øger produktivitet og beskæftigelse, men mindsker lønkvoten

En analyse præsenteret i kapitlet viser, at produktivitet og beskæftigelse øges, mens lønnens andel af produktionsværdien mindskes, når danske fremstillingsvirksomheder begynder at investere i automatise-

ring. Dermed er der en produktivitetsgevinst, men en større del af gevinsten tilfalder ejerne. Analysen finder, at automatisering øger produktiviteten med 7 pct., hvilket er på linje med, hvad lignende undersøgelser fra andre lande finder.

Ikke stærkt grundlag for at regulere automatisering

Der er ikke et stærkt samfundsøkonomisk grundlag for at regulere omfanget af automatisering, hverken gennem subsidier eller skatter. Der er således ingen indikation af samfundsøkonomiske gevinster ved automatisering, som kan begrunde støtte. I teorien kan automatisering under visse omstændigheder føre til en uhensigtsmæssig stor reduktion i beskæftigelsen, hvilket kunne være en begrundelse for at søge at mindske omfanget af automatisering. Imidlertid peger hverken analysen på danske data præsenteret i kapitlet eller undersøgelser fra andre lande på nogen negativ effekt på beskæftigelsen. Derfor er der heller ikke et stærkt samfundsøkonomisk grundlag for at begrænse omfanget af automatisering gennem skatter eller anden regulering.



Produktivitet, 2023

De Økonomiske Råd
Formandskabet

KAPITEL I
AKTUEL ØKONOMISK POLITIK

Produktivitet, 2023

KAPITEL I
AKTUEL ØKONOMISK POLITIK

Kapitlet præsenterer formandskabets vurderinger af aktuelle økonomisk-politiske tiltag af relevans for produktiviteten. De fleste af tiltagene indgår i regeringsgrundlaget fra december 2022.

Først behandles forskellige skattepolitiske tiltag.

Dernæst diskuteres tiltag med relation til uddannelse og arbejdsmarkedet. Det drejer sig blandt andet om regeringens foreslåede omlægning af kandidatuddannelser.

Derefter kommenteres forskellige tiltag, der er afledt af de seneste års relativt høje prisstigninger.

Endelig kommenteres en række indgåede klimaaftaler, og opnåelsen af klimamålsætningerne tages op.

I.1 AKTUEL ØKONOMISK POLITIK

I det følgende behandles aktuelle økonomisk-politiske tiltag med særlig fokus på områder med relevans for produktivitetsudviklingen. De fleste tiltag indgår i regeringsgrundlaget *Ansvar for Danmark - Det politiske grundlag for Danmarks regering* fra december 2022. Der ses på følgende områder:

- Skattepolitik
- Uddannelse og arbejdsmarked
- Tiltag afledt af prisstigninger
- Klimapolitik

SKATTEPOLITIK

Lavere skat på virksomhedsoverdragelser

Lavere skat på arv af familievirksomheder

I regeringsgrundlaget foreslås det, at bo- og gaveafgiften skal sænkes fra 15 til 10 pct. for virksomhedsarvinger, samtidig med at der afsættes ½ mia. kr. til at udvikle en ny model for værdisætning ved generationsskifte af virksomheder.

Forskellige skattesatser kan skabe forvridninger …

Nedsættelsen af beskatningen indebærer en favorisering af virksomhedsarvinger i forhold til andre typer af arv. Det skaber et incitament til, at ejere af virksomheder sparer op i virksomheden og lader denne gå i arv frem for at placere deres opsparing i andre aktiver, der potentielt kan give et større afkast.

… og potentielt have negative konsekvenser for produktiviteten …

Den lave beskatning giver et incitament til, at virksomheder overdrages til næste generation, også i tilfælde hvor arvingerne ikke er de bedste ledere af virksomheden. Der er tegn på, at de familieejede virksomheder i gennemsnit er dårligere ledet og opnår dårligere regnskabsmæssige resultater end andre virksomheder, jf. *Dansk Økonomi, forår 2019*. En øget tendens til at fastholde et familieejerskab kan derved resultere i misallokering af talent på samfundsniveau og en lavere gennemsnitlig produktivitet, jf. Caselli og Gennaioli (2013).

… og arbejdsudbuddet

Det er muligt, at en mindre effektiv virksomhedsledelse kan mindske den aggregerede produktivitet og dermed det samlede arbejdsudbud, jf. diskussionen i afsnit II.4. I så fald svækkes de offentlige finanser mere, end den umiddelbare lempelse tilsiger. Det er imidlertid ikke mu-

ligt med det nuværende vidensgrundlag at skønne over hvor store provenutab, der kan frembringes af produktivitetsfald via mekanismer som denne.

Hyppige ændringer er ikke hensigtsmæssigt

Det er nu tredje gang på mindre end ti år, at der sker ændringer i skatten på virksomhedsoverdragelse. Først vedtog VLAK-regeringen gradvist at sænke skatten fra 15 til 5 pct. fra 2017 til 2020, hvorefter den efterfølgende S-regering i 2019 valgte at hæve skatten til 15 pct. Hyppige ændringer i skattesystemet skaber usikkerhed og kan give incitamenter til at søge at foretage virksomhedsoverdragelser på det tidspunkt, hvor det er skattemæssigt favorabelt fremfor, når det er opportunt af hensyn til virksomhedens fremtidige drift.

Fradrag for virksomhedernes udgifter til forskning og udvikling

Forhøjet fradrag foreslås gjort permanent

I regeringsgrundlaget omtales, at der skal anvendes 1 mia. kr. til blandt andet et fradrag for forskning og udvikling (F&U), som skal finansieres af besparelser på den øvrige erhvervsstøtte.[1] Der har i perioden 2020 til 2022 været et forhøjet fradrag for udgifter til F&U på 130 pct. af investeringerne, men da det forhøjede fradrag nu er bortfaldet, er fradraget i stedet på 108 pct. i 2023-25 stigende til 110 pct. fra 2026 og frem. Modsat andre investeringer, der afskrives over en årrække, kan investeringer i F&U afskrives i det år, de afholdes, hvilket indebærer et yderligere subsidie til denne type investeringer.

Der kan være principielle argumenter for støtte til privat F&U, …

Støtte til privat F&U kan begrundes med, at gevinsterne ved forskningen ikke i fuldt omfang tilfalder den enkelte virksomhed. En del af fordelene kan tilfalde konkurrerende virksomheder, når der skabes resultater, andre virksomheder kan anvende, eller hvis forskningen giver medarbejderne øgede kompetencer, der også vil være til gavn for andre virksomheder i forbindelse med jobskifter, jf. *Dansk Økonomi, efterår 2021*.

… men også argumenter imod …

Hvis der kun er et begrænset antal personer, der kan deltage i de specialiserede forskningsprojekter, er det ikke sikkert, at en øget støtte til F&U medfører mere forskning. Det kan i stedet slå ud i stigende lønninger til forskere. Endvidere er der en risiko for, at den eksisterende erhvervsstruktur fastfryses, hvis støtten til F&U primært tilfalder store virksomheder, jf. *Dansk Økonomi, efterår 2021*. Endelig kan det nævnes, at det ikke er givet, at markedet leverer for lidt forskning i forhold til det niveau, der kan anses for at være samfundsøkonomisk effektivt,

1) Det blev med aftalen *En ny reformpakke for dansk økonomi* fra januar 2022 aftalt, at det midlertidigt forhøjede fradrag skulle gøres permanent fra 2023, og dette skulle finansieres ved besparelser på erhvervsstøtten. Lovgivningen er imidlertid ikke vedtaget.

jf. f.eks. Aghion og Howitt (1992). Dermed kan øget subsidiering lede til lavere samfundsøkonomisk effektivitet.

… hvorfor fradraget ikke bør gøres permanent, før der er foretaget en vurdering af fordele og ulemper

En permanent forhøjelse af fradraget for investeringer i F&U til 130 pct. indebærer en væsentlig favorisering af F&U sammenlignet med andre investeringer, og regeringen har ikke fremlagt dokumentation for, at der er positive spillover-effekter af et sådan omfang, at det kan godtgøre subsidiet til F&U. Så længe det ikke er sandsynliggjort, at de samfundsøkonomiske gevinster modsvarer det forhøjede fradrag, bør fradraget ikke gøres permanent.

Omlægning af topskat

Marginalskatten reduceres for visse indkomster, men øges for de højeste indkomster

Der foreslås i regeringsgrundlaget en omlægning af topskatten, som svækker de offentlige finanser med ca. 1 mia. kr. For en del af skatteyderne vil omlægningen reducere marginalskatten på indkomst. Dette sker ved, at topskattegrænsen øges, mens der indføres en ny mellemskat på 7½ pct. for indkomster på op til 750.000 kr. før arbejdsmarkedsbidrag, hvor den nuværende topskattesats i dette indkomstinterval udgør 15 pct. For indkomster mellem 750.000 og 2½ mio. kr. bevares den nuværende topskat på 15 pct. Endelig indføres for gruppen af skatteydere med indkomster over 2½ mio. kr. en ny skat på 5 pct., som altså kommer oveni topskatten på 15 pct. For denne gruppe forøges marginalskatten dermed.

Den lavere marginalskat kan øge mobilitet, uddannelsesniveau og innovation, …

Den lavere marginalskat for indkomster op til 750.000 kr. vil forventeligt øge arbejdsudbuddet og kan samtidig resultere i en højere produktivitet. En lavere marginalskat kan blandt andet gøre det mere attraktivt at vælge uddannelser, der giver en højere løn, ligesom det kan øge tilskyndelsen til at opkvalificere sig og til at søge efter en bedre lønnet beskæftigelse. Derudover kan lavere beskatning øge mængden og kvaliteten af forskning og innovation, jf. Stantcheva (2021), Jones (2022), Akcigit mfl. (2016) og Akcigit mfl. (2022).

… så her er tale om afvejning mellem effektivitet og fordeling

Af de nævnte årsager må det samlet set forventes, at reduktionen i marginalskatten op til 750.000 kr. øger den samfundsøkonomiske effektivitet. Samtidig vil skattelettelsen forøge indkomstuligheden, hvilket betyder, at forslaget indebærer en klassisk afvejning mellem fordeling og effektivitet.

Mindre rent seeking kan reducere produktivitetstab ved den højere marginalskat

Den øgede marginalskat for personer med indkomster over 2½ mio. kan omvendt svække arbejdsudbuddet og føre til en mindsket produktivitet af de ovennævnte kanaler via mobilitet, uddannelse og innovation. I den internationale litteratur er der imidlertid også indikationer af, at en højere marginalskat for de højeste indkomster ikke udelukkende

svækker den økonomiske effektivitet. Det skyldes, at der er tegn på, at *rent seeking* spiller en vis rolle for personer med meget høje indkomster, herunder direktører, jf. f.eks. Piketty m.fl. (2014) og Edmans m.fl. (2017). Rent seeking dækker her over, at personer med en vis indflydelse på egen aflønning, eksempelvis topledere, anvender tid og ressourcer på at forhandle sig til en høj aflønning snarere end at sikre det bedste resultat for den enkelte virksomhed. Såfremt rent seeking spiller en betydningsfuld rolle for de højest aflønnede, kan høje marginalskatter på de højeste indkomster være effektivitetsfremmende, da de mindsker gevinsten ved at foretage aktiviteter, der fremmer den enkeltes aflønning, men som ikke forøger den samlede indkomst i samfundet.

Hvis produktiviteten samlet øges, kan provenutabet blive mindre end lagt til grund

Der er altså både forhold, der taler for, at omlægningen fører til en svækkelse af produktiviteten, og forhold, der taler for det modsatte. De økonomiske ministerier indregner generelt ikke effekter på de offentlige finanser af en ændring i produktiviteten, men som forklaret i afsnit II.4 kan man forestille sig, at nogle tiltag, der øger produktiviteten, også forbedrer de offentlige finanser via et øget arbejdsudbud. Hvis produktiviteten samlet øges som følge af omlægningen, kan provenutabet derfor vise sig at være mindre end lagt til grund af ministerierne. Hvis produktiviteten i samfundet omvendt mindskes, kan provenutabet til gengæld blive større end lagt til grund.

UDDANNELSE OG ARBEJDSMARKED

Omlægning af kandidatuddannelser

En række kandidatuddannelser forkortes til et år

Regeringen foreslår i udspillet *Forberedt på fremtiden I* at forkorte op mod halvdelen af pladserne på kandidatuddannelserne med trekvart studieår. Samtidigt ønskes det at føre besparelsen på kandidatuddannelserne tilbage til uddannelsessystemet for blandt andet at forbedre kvaliteten i de videregående uddannelser ved at øge antallet af ugentlige undervisningstimer, skabe mindre hold og mere vejledning. Endvidere skal det blive nemmere at vende tilbage til universitetet efter et stykke tid på arbejdsmarkedet. Regeringens forslag følger nogle af Reformkommissionens anbefalinger fra *Nye Reformveje 1*. Reformkommissionens tiltag var begrundet i et ønske om at øge produktiviteten ved at reformere de videregående uddannelser, samt voksen- og efteruddannelsessystemet.

Modsatrettede effekter på produktiviteten

På den ene side vil kortere kandidatuddannelser i sig selv medføre, at kandidaterne vil have færre kompetencer, end det er tilfældet i dag, hvor der er to år til at tage en kandidatuddannelse. Dette kan sænke

produktiviteten på samfundsniveau. På den anden side kan en forbedret kvalitet i uddannelserne, en større erhvervserfaring ved at komme tidligere på arbejdsmarkedet og bedre muligheder for efteruddannelse øge produktiviteten.

Det konventionelle synspunkt er, at uddannelse øger kompetencerne og produktiviteten, …

Effekterne på produktiviteten af både en forkortelse af kandidatuddannelserne og et kvalitetsløft af uddannelserne afhænger af, hvor stor betydning uddannelse i det hele taget har for samfundsøkonomien. Det konventionelle synspunkt er, at uddannelse øger kompetencerne og den enkeltes produktivitet, hvilket både giver højere løn og større produktivitet på samfundsniveau, jf. Becker (1964). Dette synspunkt går igen i en omfattende empirisk litteratur, som argumenterer for, at uddannelse fører til opbygningen af kompetencer og dermed højere produktivitet og løn for den enkelte, jf. f.eks. Burgess (2016) og Lovenheim og Smith (2022).

… men nogle studier argumenterer for, at uddannelse primært er et signal om evner

Der er imidlertid også teoretiske argumenter i litteraturen for, at uddannelse ikke øger kompetencerne og dermed ikke har den store betydning for den enkeltes produktivitet. Den positive sammenhæng mellem løn og uddannelse i arbejdsstyrken skyldes i stedet, at en lang uddannelse sender et *signal* om evner, såsom høj IQ eller arbejdsomhed, jf. Spence (1973). Disse evner tænkes her at være iboende og ikke skabt af uddannelse. Hvis dette er tilfældet, kan ændringer i kvaliteten og længden af uddannelserne have begrænset betydning for den enkeltes produktivitet, jf. Stiglitz (1975). I princippet kan ændringer i uddannelsessystemet dog godt øge den enkeltes produktivitet, hvis ændringerne gør det muligt at sende et mere præcist signal om evner, og dette giver et bedre *match* mellem medarbejdere og arbejdsgivere, jf. Huntington-Klein (2021). Sådanne effekter gennem bedre *match* er dog teoretisk og empirisk underbelyst.

Overvejende konsensus om, at signaleffekter er begrænsede

Den overvejende konsensus i den empiriske litteratur er, at signaleffekter er begrænsede, og at humankapitaleffekter dermed er den primære årsag til, at der er et lønafkast af uddannelse, jf. Deming (2022), Burgess (2016) og Wyness mfl. (2021). I litteraturen findes dog både studier, som finder tegn på signaleffekter (f.eks. Piupiunik mfl. (2020) og Barrera-Osorio og Bayona-Rodríguez (2019)) og studier, der ikke finder tegn på dette (f.eks. Clark og Martorell (2014) og Arteaga (2018)), og generelt er det vanskeligt at adskille, hvor stor en del af det private afkast til uddannelse, der skyldes signalering, og hvor stor en del, der skyldes opbygning af humankapital, jf. Huntington-Klein (2021).

Empiri tyder på, at uddannelse øger produktiviteten på samfundsplan

Undersøgelser på et mere aggregeret niveau indikerer, at der er samfundsmæssige produktivitetsgevinster ved et højere uddannelsesniveau. For det første er der en stærk sammenhæng mellem uddannelsesniveauer og produktivitet på tværs af lande, jf. eksempelvis Sunde og Wischer (2015). For det andet tyder undersøgelser indenfor lande på, at uddannelse øger produktivitet, jf. eksempelvis Gennaioli mfl. (2013) og Iranzo og Peri (2009).

Risiko for, at produktivitetstabet fra kortere kandidatuddannelser er stort …

Et lavere uddannelsesniveau vil alt andet lige mindske produktiviteten, men det er vanskeligt at opgøre størrelsen af produktivitetstabet. Der er således begrænset faglig viden om produktivitetseffekten af forkortelser, der påvirker uddannelsesniveauet for en stor del af en ungdomsårgang, jf. Reformkommissionen (2022). En undersøgelse fra Colombia finder, at en reduktion i omfanget af kurser på *Universidad de Los Andes* sænkede lønnen betydeligt for dimittenderne, men det er ikke sikkert, at disse resultater kan overføres til danske forhold. I løbet af 1980'erne blev en række kandidatuddannelser forkortet fra seks til fem år, jf. Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling (2007), og en evaluering af dette kunne give en indikation af effekten af kortere uddannelse i Danmark. På det nuværende vidensgrundlag er skøn for produktivitetstabet imidlertid behæftet med betydelig usikkerhed, jf. *Dansk Økonomi, forår 2022*. Som konsekvens vurderer Finansministeriet, at det ikke er muligt at skønne over produktivitetseffekten af forkortelsen. Da det samtidig er en stor del af en ungdomsårgang, som vil blive påvirket på sigt, er der risiko for, at produktivitetstabet forbundet med forkortelserne bliver stort.

… og gevinsterne ved andre tiltag er usikre

Produktivitetstabet fra kortere uddannelser kan blive modvirket af gevinster fra tilbageførslen af midler, større erhvervserfaring og bedre muligheder for efteruddannelse. Der er imidlertid stor usikkerhed om den samlede størrelse af disse gevinster. Dels er det usikkert, hvor mange som vil ønske at efteruddanne sig, og hvordan deres produktivitet påvirkes. Dels er effekten af kvalitetsløftet som følge af øgede midler usikkert. Empirien tyder på, at kvalitet og indhold af uddannelse er vigtigt for produktivitet, jf. gennemgangen i Hanushek og Woessmann (2008). Men der er mindre viden om, hvorvidt forøgelser af tilskud fører til kvalitetsforbedringer på universitetsniveau. Analysen fra *Produktivitet 2019* belyste konsekvenserne af ændringer i tilskud til de almene gymnasier. Her fandtes ingen signifikante effekter på elevernes succes i uddannelsessystemet. Disse resultater kan ikke umiddelbart overføres til universitetsniveau, men det indikerer, at øgede tilskud ikke med sikkerhed giver mere indlæring.

Risiko for at ulemperne ved omlægningen samlet set overstiger fordelene

Samlet set har omlægningen af kandidatuddannelser en særdeles usikker virkning på produktiviteten i samfundet - en betydelig negativ effekt kan eksempelvis ikke afvises. Til gengæld vurderes tiltaget at frigive midler, der kan prioriteres politisk grundet en positiv (mekanisk) arbejdsudbudseffekt. Det vurderes at være særdeles væsentligt at sikre, at reformen ikke blot bytter produktivitet ud for større arbejdsudbud.

Forkortelse af SU-perioden

Regeringen foreslår omlægning fra SU til lån

I regeringsgrundlaget foreslås, at det som hovedregel kun skal være muligt at få SU til den normerede studietid. Regeringens forslag omfatter hovedparten af SU-berettigede studerende på videregående uddannelser. Samtidigt åbnes der for, at der skal blive bedre muligheder for at få slutlån. Derudover foreslås en analyse af det samlede SU-system for at fremtidssikre hele SU-systemet.

Tidligere foreslået at omlægge SU til lån på kandidatdelen

I *Dansk Økonomi, forår 2018* analyseres uddannelsesstøtten for studerende på de videregående uddannelser. Analysen viste, at de gevinster, samfundet får af at flere uddanner sig, ikke står mål med den aktuelle støtte til uddannelser i form af udgifter til videregående uddannelser og stipendier. Derfor anbefalede formandskabet, at stipendier skulle omlægges til lån for de kandidatstuderende. Det blev vurderet, at dette kunne gøres uden, at det ville få væsentlige negative konsekvenser for optaget på studierne, og samtidigt ville det tendere til at reducere forskelle i livstidsindkomsten, da personer med en kandidatuddannelse typisk ender med en høj livstidsindkomst. Den foreslåede begrænsning på perioden, der modtages SU, vil primært indtræffe på kandidatdelen af uddannelser, der har både en bachelor- og en kandidatdel, og trækker således i retning af formandskabets anbefaling.

Konsekvenserne ved reduktion af SU på kortere uddannelser ikke analyseret

For uddannelser, der ikke indeholder en kandidatdel, er regeringens forslag mere vidtgående end det, der tidligere har været foreslået af formandskabet, og formandskabet har ikke analyseret effekterne af en forkortelse af SU-perioden for de kortere videregående uddannelser. Det er dermed ikke muligt at vurdere, om denne del af reformen må forventes at være samfundsøkonomisk hensigtsmæssig.

Nedsættelsen af grænsen i beløbsordning gøres permanent

Regeringen vil gøre det lettere at rekruttere udenlandsk arbejdskraft

Med virkning fra juli 2022 blev det besluttet at nedsætte grænsen i beløbsordningen, der afgør, hvor høj en løn personer fra lande uden for EU skal have for at kunne komme til Danmark under ordningen. Nedsættelsen af beløbsgrænsen var midlertidig og skulle kun gælde i to år, så længe bruttoledigheden er under 3½ pct. i de tre foregående måneder. Denne midlertidige nedsættelse vil regeringen nu gøre permanent.

Nedsættelse af beløbsgrænsen kan øge produktiviteten

I *Produktivitet 2022* blev det anbefalet, at nedsættelsen burde være permanent. En nedsættelse af beløbsgrænsen vil kunne medføre en vis forøget tilgang af udenlandsk arbejdskraft, hvilket af flere årsager kan resultere i en øget produktivitet i Danmark, jf. *Dansk Økonomi, forår 2017*.

Jobcentrene foreslås nedlagt

Regeringen vil spare på jobcentre og give private aktører en større rolle

Af regeringsgrundlaget fremgår, at jobcentrene, som de kendes i dag, skal nedlægges, og kommunerne skal fritages fra nogle af de statslige proceskrav. Det skal medføre en besparelse på 3 mia. kr., hvilket er omtrent en fjerdedel af udgifterne til jobcentrene i 2022. Jobcentrenes opgaver skal altså delvist erstattes af andre initiativer. Der er imidlertid ikke et konkret forslag til hvilke dele af jobcentrenes udgifter, der skal spares på, jf. Beskæftigelsesministeriet (2023). Det er dog i regeringsgrundlaget anført, at a-kasser og private aktører skal spille en større rolle i indsatsen, jf. Regeringen (2022).

Uklart om private aktører klarer sig bedst

Det er muligt at overføre en del af indsatsen for ledige til private aktører, som det foreslås i regeringsprogrammet. Det er dog ikke oplagt, at det vil føre til bedre resultater for de ledige. Internationale studier tyder på, at private aktører ikke er bedre end det offentlige til at få personer, der har en svag tilknytning til arbejdsmarkedet, tilbage i job, jf. Rehwald mfl. (2017). I Danmark er der lavet et forsøg blandt ledige med en længere uddannelse. Denne gruppe må som udgangspunkt formodes at være forholdsvis nem at få i beskæftigelse. Forsøget indebar, at nogle i gruppen modtog tilbud fra offentligt regi, mens andre fik et privat tilbud. Det viste sig, at der ikke var nogen forskel på sandsynligheden for beskæftigelse for personer, der fik et privat tilbud sammenlignet med personer, der fik et offentligt tilbud. Samtidigt var det private tilbud væsentligt dyrere end det offentlige tilbud, jf. Rehwald mfl. (2017). Det er altså ikke oplagt, at en udlicitering af jobcentres opgaver til private aktører vil have en gunstig effekt på afgangen fra ledighed eller reducere de offentlige udgifter.

Beslutningen om besparelse bør bygge på cost-benefit-analyser

Danmark er det land i OECD, der bruger flest midler på den aktive arbejdsmarkedspolitik, jf. Kreiner og Svarer (2022). De store danske udgifter til den aktive arbejdsmarkedspolitik gør det relevant at overveje, om der skabes tilstrækkeligt værdi for indsatsen. Størrelsen af en eventuel besparelse bør dog komme som et resultat af en gennemgang af, hvad der virker og ikke virker i den aktuelle jobindsats, frem for den nuværende tilgang, hvor målet for besparelser er meldt ud på forhånd.

TILTAG AFLEDT AF PRISSTIGNINGER

I de senere år er vedtaget en række hjælpepakker til erhvervslivet. Der har været hjælpepakker afledt af covid-19. Efterfølgende var der hjælpepakker afledt af den høje inflation, hvor de fleste tiltag er rettet mod husholdningerne, men der er også enkelte tiltag, som påvirker erhvervslivet. Tiltagene målrettet erhvervslivet kan have betydning for incitamenter til investeringer og derved også produktiviteten i Danmark.

Loft over huslejestigninger

Loft over stigning i huslejerne i 2022 og 2023 …

Normalt følger reguleringen af huslejerne på en del af boligmarkedet nettoprisindekset. Men for 2022 og 2023 er der indført en begrænsning på stigningen i huslejerne på 4 pct., uanset at nettoprisindekset i 2022 steg med 7,7 pct. I *Dansk Økonomi, efterår 2022* blev aftalens mulige konsekvenser for blandt andet fordeling behandlet, mens der her alene drøftes de mulige konsekvenser for produktiviteten.

… kan påvirke investeringer og mobilitet

Loftet over huslejestigninger vil mindske investorernes afkast ved investering i lejeboliger i en periode frem til, at de omfattede boliger fraflyttes, og der kan aftales en ny leje for de nye beboere. Med huslejeloftet skabes også en usikkerhed om afkastet af boliger fremover, da der blandt investorer kan opstå en bekymring for, at der også i fremtiden kan blive grebet ind over for reguleringen af lejen, hvilket påvirker det forventede afkast af investeringer i boliger. Det vil potentielt mindske udbuddet af private lejeboliger i fremtiden. Endvidere er der en risiko for indlåsningseffekter, da den enkelte beboer vil få en lavere husleje, så længe vedkommende bliver i sin nuværende bolig. Det kan indebære, at der kan blive lavere mobilitet på både boligmarkedet og arbejdsmarkedet, jf. *Dansk Økonomi, forår 2001*.

Beskatning af overnormal profit

Merindkomstbeskatning i energisektoren …

Der er på europæisk plan vedtaget en forordning om nødindgreb for at imødegå de høje energipriser. Forordningen medfører en merindkomstbeskatning af de ekstraordinære indtægter, der er i visse sektorer, afledt af de aktuelt høje energipriser. Denne forordning bliver også indført i Danmark i forbindelse med *lov om midlertidigt solidaritetsbidrag* og *lov om loft over indtægter fra elproduktion*. Disse ekstra skatteindtægter anvendes til en del af finansieringen af aftalen om inflationshjælp fra februar. Solidaritetsbidraget betales af virksomheder, der udvinder olie, gas og kul samt raffinaderier, hvor der skal betales en ekstra skat på 33 pct. af det overskud, der overstiger det gennemsnitlige overskud i perioden 2018 til 2021 tillagt 20 pct. Loft over indtægter

fra elproduktion omfatter de fleste elproducenter. For disse virksomheder betales endvidere 90 pct. af indtægter fra el, der overstiger €180 pr. MWh i 2023, hvor der dog tages højde for prissikringsaftaler og eventuelt høje udgifter for producenter, der anvender råolieprodukter mv.

… forvrider som udgangspunkt lidt, men kan påvirke forventninger

En engangsskat, der kun beskatter ren profit, vil som udgangspunkt ikke medføre forvridninger. Det skyldes, at merindkomsten ikke er opstået som følge af konkrete handlinger for modtageren af indkomsten, jf. *Dansk Økonomi, efterår 2022*. En merindkomstskat kan imidlertid påvirke forventningerne til den fremtidige beskatning, da der er en vis sandsynlighed for, at fremtidige indtægter også vil blive underlagt ekstraordinære skatter, hvilket kan påvirke incitamentet til at investere.

Statsstøtte i EU

Tiltagende international konkurrence om statsstøtte

Der har det sidste år været en stigende tendens til, at der gives statsstøtte til de nationale virksomheder, særligt inden for de grønne brancher. I USA øges statsstøtten til virksomheder med *Inflation Reduction Act* fra august 2022. Det har fået EU-Kommissionen til at fremsætte et forslag kaldet *A Green Deal Industrial Plan for the Net-Zero Age*, der lemper reglerne for, hvornår medlemsstater kan give statsstøtte. Et af elementerne i forslaget er, at det skal være nemmere at give statsstøtte til grønne initiativer. Et af målene med EU-Kommissionens forslag er at gøre det muligt for medlemslande at give støtte til virksomheder, der matcher det, konkurrenter modtager i andre lande.

Stigende statsstøtte er uhensigtsmæssig

Dansk deltagelse i en international konkurrence på statsstøtte må som udgangspunkt forventes at medføre et samfundsøkonomisk tab. Uanset om udlandets omkostningsfordel indenfor en given industri skyldes lavere løn- og energiomkostninger eller statsstøtte, vil det som udgangspunkt være en samfundsøkonomisk fordel for Danmark at udnytte gevinsten ved at importere de billigere varer, og at danske virksomheder i stedet eksporterer på markeder, hvor udlandet ikke har samme omkostningsfordel. Hvis der gives dansk statsstøtte, skal den finansieres af andre dele af dansk økonomi, hvor omkostningerne øges, hvilket som ved andre støtteordninger, der ikke modsvarer en markedsfejl, er forbundet med en samfundsøkonomisk omkostning.

Forlængede kredittider for betaling af A-skat

Aftale om inflationshjælp forlænger virksomhedernes kredittider

Der blev den 10. februar 2023 indgået aftale om inflationshjælp. De største af tiltagene er begrundet i fordelingsmæssige hensyn, men der er også enkelte tiltag som giver midlertidig hjælp til virksomheder. Det er blandt andet aftalt at forlænge kredittiderne for de A-skatter, der skal betales i juli og august måned, med henholdsvis 3½ og 6 måneder, hvilket er begrundet med, at høje energipriser presser mange virksomheders likviditet. Det er nu tredje gang, at kredittiderne forlænges. Det skete første gang efter finanskrisen og anden gang i flere omgange i forbindelse med covid-19-pandemien. Fælles for de tre forlængelser er, at kredit ydes på mere favorable vilkår, end det vil være muligt at opnå i pengeinstitutterne. Kreditten er rentefri, og der er ikke krav om nogen forudgående kreditvurdering, før den ydes.

Usikkerhed mindre end ved andre forlængelser af kredittider

De tidligere forlængelser af kredittider er sket i situationer, hvor der har været en ekstraordinær usikkerhed knyttet til de finansielle markeder eller økonomien som helhed. Finanskrisen gjorde det usikkert, om det finansielle system var i stand til fuldt ud at løfte deres normale opgaver med at levere kredit, mens usikkerheden afledt af covid-19 kunne gøre det svært for pengeinstitutterne at lave en retvisende kreditvurdering. I den nuværende situation er der ikke den samme grad af usikkerhed om udviklingen for de enkelte virksomheder. Det bør derfor være muligt for pengeinstitutterne at lave deres normale kreditvurderinger af virksomhederne. Der er heller ikke udsigt til, at de underliggende økonomiske forhold for virksomhederne vil ændre sig på kort sigt. Er en virksomhed presset på likviditeten i dag som følge af f.eks. de høje energipriser, vil virksomheden antageligt også være det om et halvt år.

Virksomhedsdynamikken mindskes af gratis kredit

Den forlængede kredit kan være med til at holde ikke levedygtige virksomheder i live længere. Det forsinker en nødvendig omstilling og vil mindske produktiviteten i samfundet. Det kan være hensigtsmæssigt under helt særlige forhold som eksempelvis i forbindelse med nedlukningerne efter covid-19, hvor den meget store usikkerhed risikerede at føre til et stort antal konkurser på samme tid, men i den nuværende situation bør kreditgivningen foregå på markedsvilkår.

KLIMAPOLITIK

I det følgende kommenteres på en række indgåede klimapolitiske aftaler. Målsætningerne i klimapolitikken vil normalt kræve nogle tiltag, der påvirker økonomiens allokative effektivitet og dermed produktiviteten i Danmark.

Aftale om grøn fond

Aftale om grøn fond til investeringer i den grønne omstilling

I juni 2022 indgik regeringen aftale om *Etablering af en grøn fond* med Venstre, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, Enhedslisten og Det Konservative Folkeparti. Aftalen indebærer, at der årligt frem mod 2040 skal reserveres midler til et såkaldt grønt råderum, som skal anvendes til investeringer i den grønne omstilling i bred forstand. Likviditeten til den grønne fond skal tilvejebringes ved at øge loftet for indbetaling til aldersopsparing. Modsat øvrige pensionsordninger beskattes indbetalinger til aldersopsparing på indbetalingstidspunktet, og en øget brug af ordningen vil dermed medføre en fremrykning af skatteindtægter, der ligesom lånefinansiering vil reducere fremtidige generationers forbrugsmuligheder.

Tilskud bør begrundes med markedsfejl og omkostnings-effektivitet

Aftalen præciserer ikke nærmere, hvilke investeringer midlerne i den grønne fond skal bruges til. Ud fra et snævert effektivitetssynspunkt bør staten kun foretage investeringer eller give tilskud til private investeringer, hvis det kan godtgøres, at der eksisterer markedsfejl, som bevirker, at det samfundsøkonomiske afkast ved en investering overstiger det privatøkonomiske afkast. Fonden bør endvidere kun give tilskud til private investeringer, hvis tilskud er det mest effektive instrument til at imødegå markedsfejlen, jf. *Økonomi og Miljø, 2022*. Det kan eksempelvis gælde tilskud til investeringer, hvor der eksisterer tydelige positive sideeffekter.

Delaftale om mere grøn varme og udfasning af naturgas

Mindre naturgas samt mere fjernvarme og biogas

Delaftale om mere grøn varme og udfasning af naturgas fra juni 2022 indeholder en ambition om, at al gas i Danmark fra 2030 skal bestå af grøn gas, og at der fra 2035 ikke længere skal være boliger i Danmark, der opvarmes med gasfyr. Sigtet med delaftalen er at øge hastigheden på den grønne omstilling for dermed at bidrage til, at Danmark hurtigst muligt bliver uafhængig af russisk gas. Delaftalen indeholder en række konkrete tiltag, der skal fremskynde udfasningen af naturgas, fremme udrulningen af fjernvarme og øge produktionen af biogas.

Ikke oplagt at fremskynde udfasning af naturgas, …

Det vil øge forsyningssikkerheden, når Tyra-feltet efter forventningen åbner igen i 2024.[2] Det er på den baggrund ikke oplagt, at man bør fremskynde elektrificering eller udfasning af brugen af naturgas i Danmark udover, hvad klimapolitikken og markedspriserne på energi tilsiger.

2) EU's solidaritetsprincip kan medføre, at Danmark skal dele gassen med de øvrige EU-lande, såfremt der opstår gasmangel i disse lande. Hvis dette sker, vil Danmark ikke nødvendigvis have nok gas til at dække sit eget forbrug.

… og derfor vigtigt at beregne samfundsøkonomi

Høje og svingende energipriser dæmper generelt investeringer og dermed produktivitetsudviklingen i økonomien. Derfor vil en reduktion af både niveauet for og usikkerheden på de fremtidige energipriser alt andet lige øge produktiviteten. En fremskyndelse af energiprojekter, som viser sig ikke at leve op til kravene til samfundsøkonomisk rentabilitet, vil omvendt påvirke produktiviteten negativt. En forceret udbygning af eksempelvis fjernvarmenettet risikerer dermed at medføre en ringere produktivitetsudvikling, hvis der slækkes på kravene til samfundsøkonomiske analyser og rentabilitet.

Skattereform for industri mv.

Aftale om grøn skattereform for industri mv. …

Med *Aftale om Grøn skattereform for industri mv.* blev det i juni 2022 besluttet at omlægge en række eksisterende energiafgifter til en CO_2-afgift. Ifølge aftalen skal afgiften i 2030 udgøre 750 kr. pr. ton CO_2 i ikke-kvotesektoren, 375 kr. pr. ton i kvotesektoren og 125 kr. pr. ton for mineralogiske processer mv.

… giver en mere ensartet CO_2-beskatning

De samfundsøkonomisk billigste drivhusgasreduktioner opnås med en ensartet drivhusgasbeskatning. Den indgåede aftale er et skridt i retning af en sådan ensretning, men afviger på flere områder. For det første indebærer aftalen et nedslag i CO_2-afgiften i kvotesektoren, der svarer til halvdelen af den forventede kvotepris, samtidig med at virksomhederne beholder de gratiskvoter, der tildeles af EU. En ensartet CO_2-beskatning indebærer fuldt nedslag for kvoteprisen og en inddragelse af gratiskvoterne fra EU. For det andet gives der med aftalen et særligt nedslag for mineralogiske processer mv., hvilket betyder, at den effektive CO_2-beskatning er lavere end i den øvrige del af kvotesektoren. For det tredje gives der oven i afgiftsbesparelsen et tilskud til CO_2-fangst og -lagring (CCS). Endelig indebærer aftalen blot en mindre reduktion af elafgiften, og energiafgifter på blandt andet rumvarme fastholdes. Når en CO_2-afgift lægges oven i eksisterende afgifter af forskellig størrelse, bliver den effektive CO_2-beskatning uens.

Aftalen medfører drivhusgas-reduktioner og en velfærdsgevinst

Formandskabets beregninger viser, at den indgåede aftale indebærer en reduktion af udledningerne i 2030 på ca. 3,1 mio. ton CO_2e samtidig med, at der opnås en samfundsøkonomisk gevinst, jf. *Økonomi og Miljø, 2022*. Den samfundsøkonomiske nettogevinst opstår på grund af lempelsen i elafgiften og en række positive sideeffekter på miljø og helbred af aftalen, som overstiger omkostningerne ved CO_2-afgiften som følge af blandt andet misallokering af investeringer, der reducerer produktiviteten. Gennemføres den samme reduktion i udledningerne via en ensartet CO_2-beskatning, opnås en større samfundsøkonomisk gevinst.

Opnåelse af klimamålsætninger

Målopnåelse i land- og skovbruget kræver en høj afgift

Aftale om Grøn skattereform for industri mv. omfatter ikke drivhusgasudledninger i landbruget. Der er fastlagt et mål om, at drivhusgasudledningerne for land- og skovbrugssektoren skal reduceres med 55-65 pct. i 2030 i forhold til 1990. Beregninger på formandskabets modelapparat viser, at en målopnåelse kræver betydelige reduktioner i nettoudledningerne fra skov- og arealanvendelse eller en afgift på landbrugets ikke-energirelaterede udledninger, der er højere end de 750 kr. pr. ton CO_2e, der følger af *Aftale om Grøn skattereform for industri mv.*

70 pct.-målet kan opnås med ensartet beskatning på 1.100 kr. pr. ton CO_2e i 2030

Ifølge klimaloven skal de samlede nettoudledninger af drivhusgasser reduceres med 70 pct. i 2030 i forhold til 1990. Formandskabets beregninger viser, at målsætningen kan opnås med en omlægning af de nuværende afgifter til en ensartet drivhusgasbeskatning, der inkluderer landbrugets udledninger, på ca. 1.100 kr. pr. ton CO_2e. Hvis der ikke indføres en tilstrækkelig høj afgift i landbruget, vil det kræve samfundsøkonomisk dyrere reduktioner i andre dele af økonomien at nå 70 pct.-målsætningen. De samfundsøkonomiske meromkostninger kan blandt andet vise sig gennem mindsket produktivitet i andre brancher.

Opjusteringer af reduktionsmål øger de samfundsøkonomiske omkostninger

I regeringsgrundlaget foreslår regeringen at hæve målsætningerne for de fremadrettede reduktioner i nettoudledningerne af drivhusgasser i Danmark. Regeringen vil fremrykke målet om klimaneutralitet fra 2050 til 2045, sætte et nyt mål om 110 pct. reduktion i 2050 i forhold til 1990, foreslå et ambitiøst reduktionsmål for 2035 og overveje, om reduktionsmålet i 2030 skal opjusteres. Øgede drivhusgasreduktioner gavner klimaet, men øger også de samfundsøkonomiske omkostninger. Omkostningerne minimeres imidlertid, hvis målene nås gennem en høj og ensartet beskatning af alle nettoudledninger af drivhusgasser i Danmark, der annonceres hurtigt og troværdigt.

LITTERATUR

Aghion, P. og P. Howitt (1992): A Model of Growth Through Creative Destruction, *Econometrica*, 60 (2), s. 323-351.

Akcigit, U., S. Baslandze og S. Stantcheva (2016): Taxation and the international mobility of inventors. *American Economic Review*, 106(10), s. 2930-2981.

Akcigit, U., J. Grigsby, T. Nicholas og S. Stantcheva (2022): Taxation and Innovation in the 20th Century. *Quarterly Journal of Economics*, 137(1), s. 329–385.

Arteaga, C. (2018): The effect of human capital on earnings: Evidence from a reform at Colombia's top university. *Journal of Public Economics*, 157, s. 212-225.

Barrera-Osorio, F. og H. Bayona-Rodríguez (2019): Signaling or better human capital: Evidence from Colombia. *Economics of Education Review*, 70, s. 20-34.

Becker, G.S. (1964): Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis.

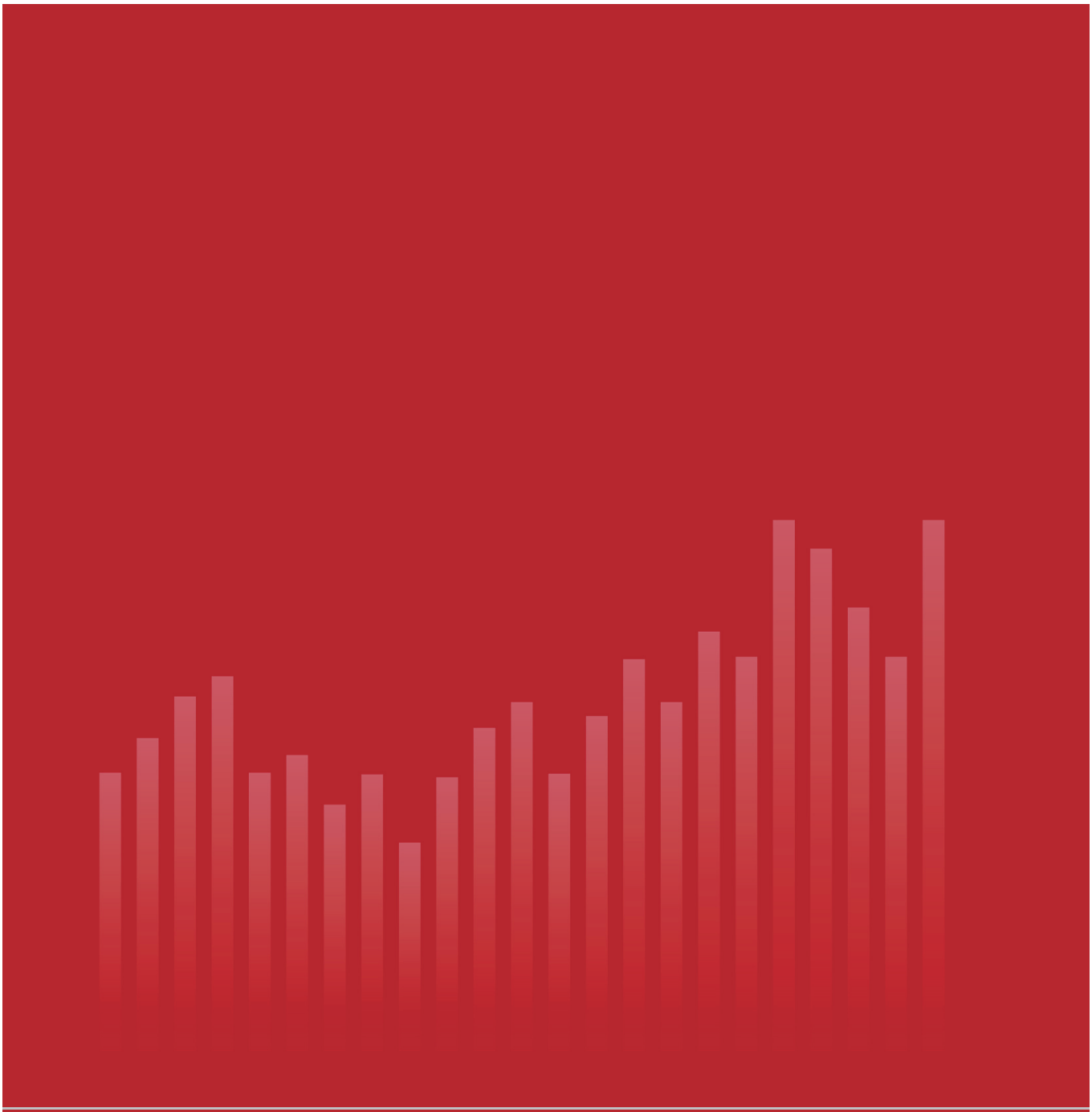
Beskæftigelsesministeriet (2023): *Beskæftigelsesudvalget 2022-23 (2. samling) BEU Alm.del – endeligt svar på spørgsmål 29*.

Burgess, S. (2016): Human Capital and Education: The State of the Art in the Economics of Education. IZA *Discussion Papers*, (9885).

Caselli, F. og N. Gennaioli (2013): Dynastic management. *Economic Inquiry*, 51(1), s. 971-996.

Clark, D. og P. Martorell (2014): The signaling value of a high school diploma. *Journal of Political Economy*, 122(2), s. 282-318.

Deming, D. J. (2022): Four facts about human capital. *Journal of Economic Perspectives*, 36(3), s. 75-102.



Produktivitet, 2023

De Økonomiske Råd
Formandskabet

KAPITEL II
UDVIKLINGEN I PRODUKTIVITETEN

KAPITEL II
UDVIKLINGEN I PRODUKTIVITETEN

Produktivitetsvæksten i Danmark har i perioden efter finanskrisen været højere end i en række andre lande. Det gælder særligt i industrien. Produktivitetsfremskridt har sammen med bytteforholdsgevinster øget velstanden i Danmark. I kapitlet præsenteres en analyse, der viser, at reallokering er en vigtig drivkraft for produktivitetsvæksten i Danmark, og at fremstillingsvirksomhederne opnår produktivitetsfremskridt ved løbende at ændre deres produktmix.

Der er en risiko for, at energipriserne langvarigt vil være forhøjede. Det vil alt andet lige svække produktiviteten. En analyse af danske fremstillingsvirksomheder viser, at timeproduktiviteten historisk set er faldet på kort sigt, når energipriserne er steget. TFP påvirkes omvendt ikke.

Produktivitetsvækst antages ofte at efterlade arbejdsudbuddet uændret og være omtrent neutralt for de offentlige finanser. I kapitlet argumenteres dog for, at der kan være politiske tiltag, der øger produktiviteten, og som forøger arbejdsudbuddet og styrker de offentlige finanser.

II.1 INDLEDNING

I dette kapitel beskrives forskellige aspekter af produktivitetsudviklingen i Danmark. Kapitlet er suppleret af to baggrundsnotater, som findes på De Økonomiske Råds sekretariats hjemmeside. Det ene har til formål at dokumentere dele af produktivitets- og konkurrenceevneudviklingen, som ikke er beskrevet i detaljer i kapitlet, mens det andet uddyber beregningerne bag de analyser på virksomhedsdata, der præsenteres i kapitlet.

Afsnit II.2 beskriver udvikling i produktivitet og bytteforhold

I afsnit II.2 beskrives den langsigtede udvikling i produktiviteten i Danmark. Produktivitetsfremskridt har øget velstanden i Danmark, og herudover er velstanden forøget som følge af bytteforholdsgevinster. I afsnittet diskuteres mulige kilder til bytteforholdsgevinsterne. Produktivitetsfremskridt, som opstår som følge af virksomhedernes investeringer i nye eller forbedrede produkter (produktinnovation), kan bidrage til bytteforholdsgevinster, og denne type produktivitetsfremskridt kan dermed bidrage dobbelt til velstandsfremgang. I afsnittet præsenteres en analyse af, hvor meget et ændret produktmix i danske fremstillingsvirksomheder bidrog til produktivitetsfremgangen over perioden 2000-19. Dekomponeringen er den første af sin slags foretaget på produktniveau på danske data.

Afsnit II.3 diskuterer produktivitetseffekter af højere energipriser

Energipriserne steg kraftigt igennem 2021 og 2022, og niveauet er trods et prisfald siden slutningen af 2022 fortsat højere end tidligere. Samtidig er usikkerheden forbundet med energiprisudviklingen fortsat høj. Den grønne omstilling må også forventes at føre til højere priser på særligt fossile brændsler. Samlet er det på den baggrund relevant at overveje de potentielle produktivitetseffekter af længerevarende forhøjede energipriser. Dette diskuteres i afsnit II.3, som også indeholder en ny analyse af, hvordan danske fremstillingsvirksomheders produktivitet historisk er ændret på kort sigt som følge af højere energipriser.

Afsnit II.4 diskuterer produktivitetseffekter på de offentlige finanser

Stigninger i produktiviteten er som nævnt en vigtig kilde til øget velstand, men kan herudover også påvirke de offentlige finanser. En stigning i produktiviteten vil forøge både de offentlige indtægter og udgifter og antages normalt at have en omtrent neutral effekt på den offentlige saldo. Det er imidlertid ikke alle typer af produktivitetsfremskridt, der må forventes at have en neutral effekt på de offentlige finanser. I afsnit II.4 diskuteres det, under hvilke betingelser økonomisk-politiske tiltag, der påvirker produktiviteten i den private sektor, kan styrke eller svække de offentlige finanser via et ændret arbejdsudbud.

II.2 UDVIKLINGEN I PRODUKTIVITETEN

Produktivitet angiver, hvor meget der produceres med givne ressourcer

Begrebet produktivitet er en betegnelse for produktionsprocessens effektivitet og er et udtryk for, hvor meget værditilvækst produktionsprocessen frembringer i forhold til mængden af ressourcer, der anvendes i produktionen. Høj produktivitet opnås ved en effektiv tilrettelæggelse af produktionsprocesserne og anvendelsen af ny teknologi. Produktivitetsfremskridt er en måde, hvorpå virksomhederne skaber værdi med de tilgængelige ressourcer. Herudover kan en høj værdiskabelse for givent ressourceinput opnås ved at produktudvikle og producere varer, forbrugerne er villige til at betale en højere pris for.

Produktiviteten er siden år 2000 steget ca. 1½ pct. årligt

Et grundlæggende mål for produktiviteten i samfundet er *timeproduktiviteten*, der angiver, hvor meget der produceres pr. arbejdstime. Timeproduktiviteten i Danmark er i gennemsnit steget ca. 2¼ pct. over perioden 1966-2022 for økonomien som helhed og ca. 2½ pct. for de private byerhverv, jf. *Figur- og tabelbilag til kapitel II, Produktivitet 2023*. Produktivitetsvæksten aftog i en længere periode frem mod årtusindeskiftet, hvorefter den i de private byerhverv har ligget mere stabilt på omkring 1½ pct., omend med betydelige udsving fra år til år, jf. figur II.1.

Relativt høj dansk produktivitetsvækst siden finanskrisen …

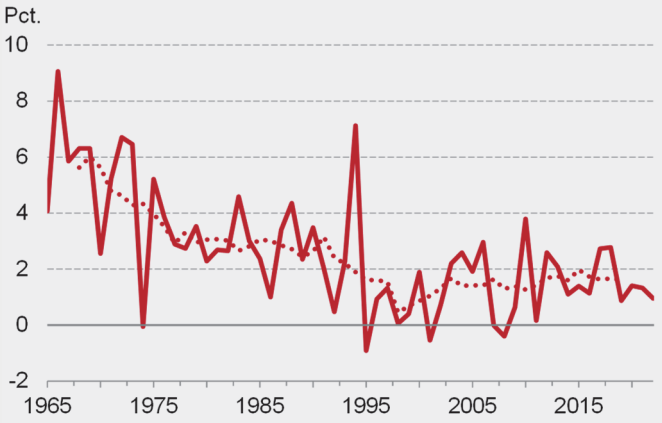
Produktivitetsvæksten i Danmark har siden finanskrisen i gennemsnit været højere end i en række af de lande, vi normalt sammenligner os med, jf. figur II.2. Det gælder særligt produktivitetsvæksten i *industrien*, der har været markant højere end i andre lande, men også produktivitetsfremgangen i *handel* har været relativt høj i Danmark, jf. *Figur- og tabelbilag til kapitel II, Produktivitet 2023*.

… med et betydeligt TFP-bidrag

Timeproduktiviteten kan opdeles i bidrag fra hver af produktionsfaktorerne, jf. faktaboksen. Ifølge Danmarks Statistik er der set over en længere periode en betydelig del af produktivitetsudviklingen i Danmark, der ikke kan forklares af en ændret sammensætning af arbejdskraften (uddannelsesniveauet) eller af ændringer i den mængde kapital, arbejdskraften har til rådighed. Det efterlader en betydelig del af forklaringsbidraget til den såkaldte *totalfaktorproduktivitet* (TFP), jf. *Figur- og tabelbilag til kapitel II, Produktivitet 2023*. TFP dækker grundlæggende over effektiviteten i produktionsprocessen, såfremt alle relevante input er medtaget. Det betydelige forklaringsbidrag fra TFP ses ikke kun i Danmark, men også i en lang række andre lande. Bidraget fra TFP er særligt stort i industrien, og den høje TFP-vækst er den væsentligste årsag til, at produktivitetsvæksten i industrien 2010-20 har været betydeligt højere end i en række andre lande, jf. figur II.3.

FIGUR II.1 TIMEPRODUKTIVITETSVÆKST

Timeproduktiviteten i de private byerhverv i Danmark er i gennemsnit steget ca. 2½ pct. årligt siden 1966. Siden årtusindeskiftet har den gennemsnitlige vækst været ca. 1½ pct.



Anm.: Figuren viser timeproduktivitetsvæksten (realt BVT pr. erlagt arbejdstime) i de private byerhverv (private tjenesteydende erhverv, industrien samt bygge- og anlæg). Seneste observation er 2022. Den stiplede kurve viser et syvårs centreret glidende gennemsnit.

Kilde: Danmarks Statistik, ADAM's databank, Statistikbanken og egne beregninger.

TOTALFAKTORPRODUKTIVITET

Det antages typisk, at sammenhængen mellem produktion (real værditilvækst), Y, og produktionsinput i økonomien kan opskrives som:

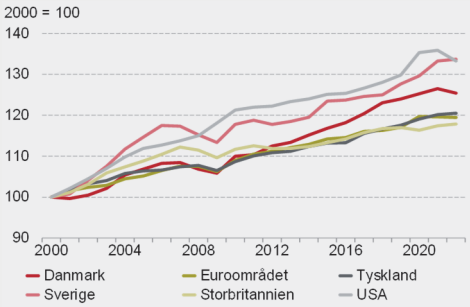
$$Y = A \cdot F(K, L)$$

K er kapital, L er arbejdskraftinput, A er totalfaktorproduktivitet (TFP) og $F(\cdot,\cdot)$ er den anvendte produktionsfunktion.

TFP opgør altså forholdet mellem den reale værditilvækst og en sammenvejning af de anvendte produktionsinput. TFP kan opfattes som et empirisk mål for teknologiniveauet og angiver, hvor effektivt en given mængde ressourcer omsættes til produktion. Det opgjorte TFP afhænger af, hvilke produktionsinput der medtages i produktionsfunktionen, f.eks. om humankapital er med eller ej.

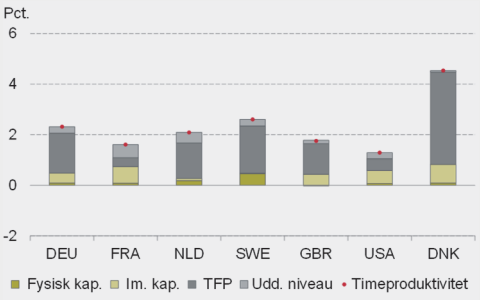
FIGUR II.2 TIMEPRODUKTIVITET, LANDE

Timeproduktiviteten er steget hurtigere i Danmark end i andre lande efter finanskrisen.



FIGUR II.3 BIDRAG TIL PRODUKTIVITETSVÆKST, INDUSTRI

TFP-vækst ydede et betydeligt bidrag til produktivitetsfremgangen i industrien i perioden 2010-20 i en række lande.



Anm.: Venstre figur viser timeproduktiviteten for hele økonomien (BNP pr. arbejdstime). Seneste observation er 2022. Højre figur viser de gennemsnitlige bidrag til timeproduktivitetsvæksten i perioden 2010-20. For Danmark er seneste observation dog 2019.

Kilde: Macrobond, OECD, EU-KLEMS og egne beregninger.

DANSK BYTTEFORHOLD ER VEDVARENDE FORBEDRET SIDEN 1980'ERNE

Bytteforholdsgevinster øger værdien af indkomsten

Højere timeproduktivitet indebærer, at der kan produceres flere enheder med en given arbejdsindsats. Højere timeproduktivitet muliggør derfor et højere velstandsniveau og en højere levestandard. Timeproduktiviteten fortæller dog kun en del af historien om, hvor meget værdi der skabes pr. arbejdstime. Den samlede værdiskabelse afhænger også af, hvor høj en pris forbrugerne er villige til at betale for varen. Såfremt danske virksomheder er i stand til i gennemsnit at øge priserne på de varer, vi sælger til udlandet, i forhold til priserne på de varer, vi importerer, vil Danmark kunne købe flere varer i udlandet for en given eksport. Derfor vil købekraften af den gennemsnitlige indkomst i Danmark være steget. Forholdet mellem eksport- og importpriser kaldes også bytteforholdet, jf. boks II.1.

BOKS II.1 BYTTEFORHOLD

Bytteforholdet måler forholdet mellem eksport- og importpriser. Bytteforholdet opgør, hvor stor en mængde import, en given mængde eksport kan finansiere. Derfor har bytteforholdet betydning for velstandsniveauet og velstandsudviklingen, særligt i lande som har en stor udenrigshandel.

Bytteforholdsforbedringer kan pr. definition komme gennem to kanaler: enten gennem højere eksportpriser eller gennem lavere importpriser. En bytteforholdsforbedring gennem eksportpriserne kan overordnet skyldes fire forhold. Den første mulighed er, at omkostningsniveauet er steget, og virksomhederne derfor hæver prisen på deres varer (*cost-push*). Den anden mulighed er, at eksportørernes markedsmagt er steget, hvilket tillader dem at sætte en højere pris. Den tredje mulighed er, at efterspørgslen efter landets varer er steget, hvilket muliggør en højere salgspris (*demand-pull*). Den fjerde mulighed er, at produktmixet er ændret, så virksomhederne har orienteret sig mod varer, der kan sælges til en højere pris (*sammensætningseffekter*). Førstnævnte effekt gennem øgede omkostninger kan ikke vedvarende forbedre bytteforholdet, idet det svækker konkurrenceevnen. Derfor må lønnen tilpasse sig nedad med højere ledighed til følge i en periode. De to sidstnævnte effekter, hvor man høster gevinsterne ved den internationale arbejdsdeling, kan derimod vedvarende forbedre bytteforholdet. Tilsvarende kan en bytteforholdsforbedring gennem importpriserne opnås, hvis udenlandske producenter sænker prisen på deres varer, ligesom en ændret sammensætning af importen kan bidrage til en bytteforholdsforbedring i det omfang, at landets virksomheder og forbrugere orienterer sig mod billigere importvarer.

I opgørelsen af realvæksten i BNP ses bort fra ændringer af bytteforholdet. Derfor giver realvæksten i BNP ikke et retvisende billede af velstandsudviklingen, hvis den ledsages af en bytteforholdsændring. Det er muligt at tage højde for denne velstandseffekt ved at bytteforholdskorrigere BNP. Det gøres ved at deflatere eksportværdien med importpriserne i stedet for med eksportpriserne. Konkret beregnes det bytteforholdskorrigerede BNP efter metoden i Ølgård (2006) som:

$$Y_k = Y - X + \frac{P_X}{P_M} X$$

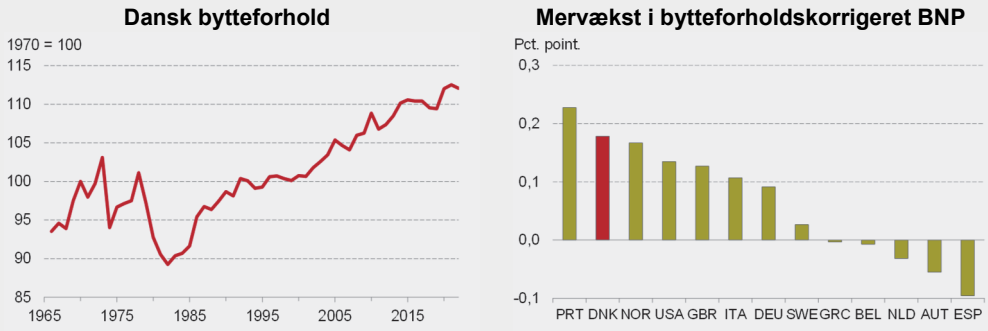
hvor Y_k, Y og X er henholdsvis bytteforholdskorrigeret BNP, BNP og eksport, alle opgjort i mængder. P_X og P_M er nationalregnskabets deflatorer for henholdsvis eksport og import. Når der deflateres med importpriserne i stedet for eksportpriserne, opjusteres eksportmængden og dermed realt BNP, hvis landet oplever en stigning i bytteforholdet.

Markant dansk bytteforholds-forbedring

Siden 1980'erne er det danske bytteforhold løbende forbedret, jf. venstre del af figur II.4. Bytteforholdsgevinsterne er særligt opnået på varehandlen (ekskl. energi), mens bytteforholdet på tjenestehandlen har været omtrent uændret siden midten af 1980'erne.[1] Bytteforholdsgevinsterne giver et positivt bidrag til værdien af den gennemsnitlige indkomst i Danmark og dermed velstandsudviklingen. Størrelsen af velstandsbidraget fra bytteforholdet kan eksempelvis opgøres ved at beregne, hvad BNP ville have været, hvis eksportpriserne havde udviklet sig ligesom importpriserne. Det svarer til at opgøre eksporten som den mængde importvarer, eksporten kan købe, jf. boks II.1. Denne korrektion øger den gennemsnitlige BNP-vækst med knap 0,2 pct.point årligt i perioden 2010-21 i Danmark. Det er et større bidrag end i en række andre vestlige lande, jf. højre del af figur II.4.

FIGUR II.4 BYTTEFORHOLD

De danske eksportpriser er steget vedvarende mere end importpriserne siden 1980'erne, hvorved bytteforholdet er forbedret. Bytteforholdsforbedringen har været større i Danmark end i andre lande.



Anm.: Højre figur viser den gennemsnitlige, årlige mervækst i bytteforholdskorrigeret, realt BNP i forhold til BNP for udvalgte lande over perioden 2010-21. Seneste observation for dansk bytteforhold i venstre figur er 2022.

Kilde: Danmarks Statistik, ADAM's databank og Statistikbanken, OECD og egne beregninger.

1) 2021 er en væsentlig undtagelse herfra. I 2021 steg bytteforholdet for tjenester markant, primært som følge af høje fragtrater, mens bytteforholdet for varer omvendt faldt betydeligt som følge af høje importpriser på energi- og fødevarer. Kraftigt faldende bytteforhold for varer sås også i forbindelse med oliekriserne i 1970'erne, som forøgede særligt importpriserne markant. Det store fald i bytteforholdet fra 1973-74 samt fra 1979-81 kan i stort omfang tilskrives disse effekter, jf. Sørensen (1994).

Bytteforholds-gevinster kan skyldes flere faktorer

Siden 1980 er såvel eksportpriser som importpriser steget, men stigningen i importpriserne har været betydeligt mindre, end den stigning der har været i de gennemsnitlige danske eksportpriser. Der er flere mulige forklaringer på, at danske eksportører har været i stand til at opnå en højere pris på varerne, end det vi betaler for vores importvarer, jf. boks II.1. Eksportprisstigninger kan således både skyldes, at eksportørernes omkostninger er steget, at eksportørernes markedsmagt er steget, at efterspørgslen efter varerne er steget og sammensætningseffekter. Sidstnævnte kan både være sammensætningseffekter relateret til erhvervsstrukturen, men det kan også være forskydninger i retning af produkter med en høj eksportpris eller et ændret produktmix i de enkelte virksomheder. Produktivitetskommissionen (2013) har tidligere peget på, at en betydelig del af de danske bytteforholdsgevinster kan tilskrives industriens specialisering.

Gunstig dansk specialisering kan have forbedret bytteforholdet

Selv for fastholdt erhvervsstruktur kan bytteforholdet forbedres, hvis dansk samhandel med udlandet er specialiseret i produkter med en relativt set gunstig prisudvikling. Danmark eksporterer i stort omfang medicin, maskiner og fødevarer, mens vi i højere grad importerer transportmidler og IT-udstyr, jf. figur II.5. Den globale prisudvikling over perioden har betydet, at vi kan købe bedre og billigere computere for den indtjening, vi opnår ved at eksportere eksempelvis medicinalvarer til udlandet, hvorved bytteforholdet forbedres.

Bytteforholds-gevinster bør ikke afspejle kvalitets-forbedringer, …

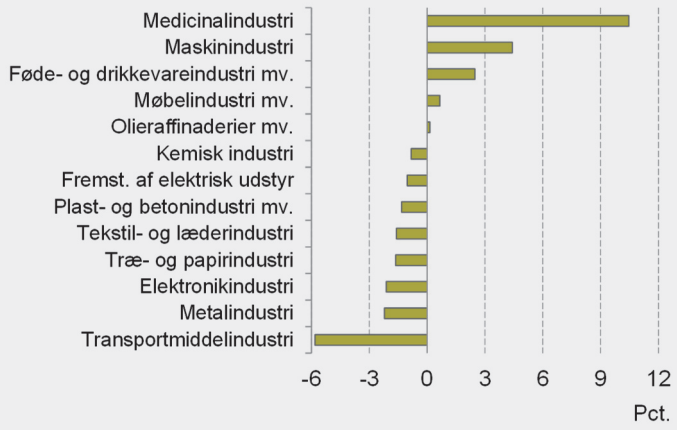
Bytteforholdsudviklingen kan også tænkes at være relateret til danske varers kvalitet relativt til kvaliteten af udenlandske varer. Dels kan der over tid ske forskydninger over mod produkter af højere kvalitet, dels kan virksomhederne investere i at kvalitetsopgradere de enkelte produkter med det formål at opnå en højere pris på dem. Nationalregnskabets prisopgørelser er pr. kvalitetskorrigeret enhed, og kvalitetsfremgang, der muliggør en højere pris på varen, vil som udgangspunkt *ikke* optræde som en prisstigning, men i stedet som en mængdemæssig fremgang. Bytteforholdsforbedringen vist i figur II.4 bør derfor ikke afspejle, at virksomhederne har opnået højere pris på de enkelte produkter ved at højne kvaliteten på dem.

… men kvalitetskorrektion er forbundet med vanskelighed

Kvalitetskorrektionen er dog forbundet med betydelig vanskelighed, særligt indenfor visse brancher, jf. Produktivitetskommissionen (2013). Hvis der ikke korrekt tages højde for, at en prisstigning skyldes kvalitetsforbedring, vil kvalitetsfremgangen kunne optræde som en bytteforholdsforbedring. En vedvarende forbedring af bytteforholdet gennem kvalitetsforbedringer i de enkelte produkter kræver dog, at kvalitetsændringer systematisk måles forkert.

FIGUR II.5 INDUSTRIENS SPECIALISERING

Dansk industri nettoimporterer transportmidler, metal og elektronik og nettoeksporterer i stort omfang medicinal-, maskin- og fødevarer.



Anm.: Figuren viser nettoeksporten indenfor hver af industriens underbrancher som andel af samlet industriproduktion i 2019. 2019 er anvendt, da det er seneste endelige år i nationalregnskabets input-outputtabeller. Beregningen er foretaget i løbende priser.

Kilde: Danmarks Statistik, Statistikbanken og egne beregninger.

Sammensætningseffekter kan forbedre bytteforhold

Bytteforholdsforbedringen vist i figur II.4 kan imidlertid godt være relateret til kvalitet, selvom den ikke som udgangspunkt bør afspejle kvalitetsopgraderinger af de enkelte produkter. Såfremt eksporten løbende er forskudt i retning af produkter med høj eksportpris, kan det give bytteforholdsgevinster selv for en uændret pris på de enkelte produkter. Kvalitetsopgraderinger vil typisk være forbundet med højere betalingsvilje fra forbrugerne, jf. Vandenbussche (2014), og en forskydning imod varer med en høj salgspris kan dermed eksempelvis skyldes, at varerne har en høj opfattet kvalitet.

Dansk eksport forskydes i retning af højkvalitetsvarer

En tidligere analyse har peget på, at dansk eksport har en relativt stor andel af såkaldte *upmarket*-produkter, dvs. produkter der kan sælges til en højere pris end tilsvarende produkter fra andre lande, jf. DI (2017). Analysen peger på, at levetiden for *upmarket*-produkter er relativt kort. Der kræves derfor konstant produktudvikling, såfremt bytteforholdet vedvarende skal forbedres som følge heraf. Analysen finder i den forbindelse tegn på, at de virksomheder, der er specialiseret i upmarket-produkter, også investerer mest i forskning og udvikling.

Vandenbussche (2014) finder, at sammensætningen af dansk eksport i perioden 2007-11 er skiftet i retning af flere produkter med høj kvalitet (som derfor oppebærer en høj pris), hvilket dermed kan have bidraget til bytteforholdsgevinsterne.

PRODUKTINNOVATIONER KAN FORBEDRE BYTTEFORHOLDET

Produktivitetsfremskridt kan forværre bytteforhold, …

I gængse makroøkonomiske modeller vil produktivitetsfremgang indebære lavere produktionsomkostninger, hvorved prisen på produktet normalt vil falde. Produktivitetsfremskridt i danske virksomheder vil med den mekanisme alt andet lige forværre det danske bytteforhold gennem lavere eksportpriser.

… men produktinnovation kan forbedre bytteforhold

Der kan dog være effekter, der trækker i retning af, at produktivitetsfremskridt kan forbedre bytteforholdet. En effekt er, at forbrugerne værdsætter et varieret produktudbud. Såfremt produktivitetsfremskridt sænker omkostningerne ved at skabe nye produkter og øge variationen, kan produktivitetsfremskridt være forbundet med bytteforholdsgevinster, jf. Corsetti mfl. (2007). En anden effekt kan opstå gennem varernes kvalitet. Produktivitetsfremskridt, der er målrettet forbedringer af det enkelte produkt (produktinnovationer) kan føre til højere kvalitet, hvilket som tidligere nævnt fører til højere betalingsvilje for forbrugerne. Ved at højne kvaliteten og differentiere produkterne opnår virksomhederne en form for markedsmagt på de specifikke produkter, hvorved de kan undgå den negative effekt, produktivitetsfremskridt normalt vil have på produktets pris.[2] Produktivitetsfremskridt kan dermed øge prisen på de enkelte produkter, men bytteforholdsgevinster i nationalregnskabsmæssig forstand vil fortsat kræve, at sammensætningen af produkter ændres over tid i retning af de produkter, der har den højeste kvalitet (og dermed pris).

Studie finder, at produktinnovation øger kvalitet og pris

Chan mfl. (2023) undersøger på data for danske fremstillingsvirksomheder, hvordan forskellige typer af forsknings- og udviklingsaktiviteter i virksomhederne påvirker varernes kvalitet, prisen på dem samt produktionsprocessens effektivitet. Danske fremstillingsvirksomheder angiver, at op mod tre fjerdedele af deres investeringer i forskning og

2) Debaere og Lee (2004) viser, at lande, der øger kvaliteten eller variationen i produktudbuddet, kan mere end afbøde de negative konsekvenser på bytteforholdet, som normalt opstår ved produktivitetsfremskridt. Hummels og Klenow (2005) viser, at rigere lande typisk eksporterer flere produkter med højere priser (hvilket kan være konsistent med at produkterne har højere kvalitet). I samme boldgade konkluderer Schott (2004), at rige lande producerer tilføjer specifikke egenskaber eller kvalitet til deres produkter, hvorved de kan oppebære en relativt set højere pris.

udvikling har produktinnovation som formål. Den sidste fjerdedel af investeringerne var målrettet dels procesinnovation (f.eks. implementering af ny eller forbedret produktionsmetode), dels generel innovation (organisationsmetoder, marketing mv.). Analysen viser, at investeringerne i produktinnovation fører til højere produktkvalitet, ligesom det øger produktets pris. Omvendt finder analysen, at investeringer i procesinnovation er forbundet med lavere marginalomkostninger og lavere priser. Det bekræfter dermed, at produktinnovationer kan understøtte bytteforholdsfremgang.

DANSKE VIRKSOMHEDER OPNÅR PRODUKTIVITETSVÆKST GENNEM ÆNDRET PRODUKTMIX

Reallokering i virksomheder kan understøtte bytteforholds-fremgang

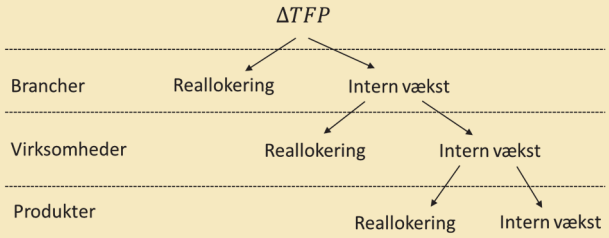
Når virksomhederne innoverer, skaber de værdi, både som følge af selve produktivitetsfremgangen og som følge af eventuelle kvalitetsforhøjelser på produkterne. For at den løbende værdiforøgelse i virksomhederne slår ud i en aggregeret bytteforholdsfremgang, kræves som tidligere nævnt forskydninger på tværs af produkter i retning af produkter, der oppebærer en relativt høj pris. På baggrund af virksomhedsdata på produktniveau kan det undersøges, i hvor høj grad virksomhederne løbende forskyder aktiviteten i retning af produkter, hvor produktionen er forbundet med høj produktivitet. Den løbende reallokering indenfor og mellem virksomheder er en vigtig forudsætning for, at der løbende kan opnås bytteforholdsgevinster som følge af produktinnovation.

Ny analyse dekomponerer produktivitetsvækst på produktniveau

Den samlede produktivitetsvækst i økonomien kan dekomponeres i bidrag fra produktivitetsvækst i de enkelte virksomheder (virksomhedsintern vækst) samt bidrag fra forskydning af aktiviteten mellem virksomheder (reallokering). Eksempelvis stiger den samlede produktivitet, når højproduktive virksomheder vinder markedsandele på bekostning af mindre produktive virksomheder. Denne forskydningen af aktiviteten kan ske både mellem virksomheder indenfor samme branche og mellem brancher. På baggrund af virksomhedsdata på produktniveau kan produktivitetsvæksten internt i de enkelte virksomheder under visse antagelser dekomponeres yderligere i bidrag fra ændret sammensætning af produkter, dvs. ændret produktmix (reallokering), og produktivitetsfremskridt forbundet med produktionen af de enkelte produkter (intern vækst), jf. boks II.2. Dekomponeringsmetoden beskrevet i boksen er tidligere anvendt på virksomhedsniveau i litteraturen, men er så vidt vides ikke tidligere foretaget på produktniveau.

BOKS II.2 DEKOMPONERING AF PRODUKTIVITETSVÆKST

Den samlede produktivitetsfremgang i økonomien kan deles op i bidrag fra to kanaler: intern vækst henholdsvis reallokering. De to bidrag kan beregnes på både branche-, virksomheds- og produktniveau, jf. figuren nedenfor. Brancheniveauet dækker i dette tilfælde over industriens underbrancher. På virksomhedsniveau dækker intern vækst eksempelvis over, at den enkelte virksomhed bliver mere produktiv, mens reallokering i dette tilfælde dækker over de produktivitetsfremskridt, der opstår, fordi aktiviteten forskydes mellem virksomheder. Reallokeringsbidragene dækker i alle tilfælde både over bidraget fra, at aktiviteten forskydes mellem fortsættende brancher/virksomheder/produkter, og bidraget fra nettoindtræden. Beregningen er uddybet i *Baggrundsnotat: Virksomhedsberegninger til kapitel II, Produktivitet 2023*.



I analysen anvendes regnskabsstatistikken (FIRE) og data om industriens salg af varer (VARS) fra Danmarks Statistik i perioden 2000-19. I alt indeholder stikprøven 3.476 unikke fremstillingsvirksomheder. Stikprøven dækker ca. 80 pct. af produktionen og ca. 50 pct. af beskæftigelsen i fremstillingsvirksomhederne.

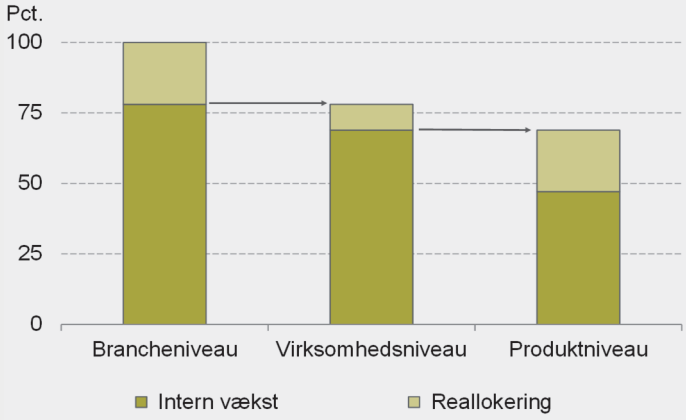
Beregningen tager udgangspunkt i en estimation af produktionsfunktioner på produktniveau. Den generelle metode er udformet af De Loecker mfl. (2016). Beregningen er uddybet i *Baggrundsnotat: Fremstillingsvirksomheder og energipriser* fra *Økonomi og Miljø, 2022*. I estimationen beskrives produktionen for hvert af virksomhedens produkter med en produktionsfunktion med arbejdskraft, kapital og materialer (inkl. energi) som inputfaktorer. Produktionsfunktionerne kan estimeres i mængder som følge af, at alle produkters salgspriser kendes. I beregningen skal materialernes omkostningsandel anvendes. Denne kendes imidlertid ikke på produktniveau, hvorfor omsætningsandelene for de enkelte produkter i stedet anvendes, jf. Hintermann mfl. (2020) og Foster mfl. (2008).

Virksomhedsintern vækst er en vigtig drivkraft for produktiviteten

Dekomponeringen af produktivitetsvæksten (opgjort ved TFP) i danske fremstillingsvirksomheder over perioden 2000-19 viser, at ca. 70 pct. af den samlede produktivitetsvækst kommer fra produktivitetsfremskridt internt i de enkelte virksomheder, jf. figur II.6. Reallokering mellem virksomheder indenfor samme branche bidrager med ca. 10 pct. af væksten, mens reallokering mellem industriens brancher bidrager med ca. 20 pct. af den samlede produktivitetsvækst.

FIGUR II.6 DEKOMPONERING AF PRODUKTIVITETS-VÆKST

Omtrent halvdelen af den samlede produktivitetsvækst i fremstillingsvirksomhederne i perioden 2000-19 kan tilskrives reallokering på enten branche-, virksomheds- eller produktniveau. Reallokering mellem produkter bidrager med ca. en tredjedel af produktivitetsfremgangen internt i fremstillingsvirksomhederne.



Anm.: Figuren dekomponerer TFP-væksten over perioden 2000-19 i et udsnit af danske fremstillingsvirksomheder i bidrag fra reallokering hhv. internt vækst på branche-, virksomheds- og produktniveau, jf. boks II.2. Summen af intern vækst og reallokering på produktniveau er lig den interne vækst på virksomhedsniveau.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik.

Virksomheder opnår produktivitetsvækst fra ændret produktmix

Den virksomhedsinterne vækst kan som nævnt yderligere opdeles ved hjælp af data på produktniveau for virksomhederne. Omkring en tredjedel af produktivitetsvæksten internt i virksomhederne kan tilskrives at virksomhederne løbende ændrer deres produktmix (reallokering på produktniveau). Det kan både skyldes, at virksomhederne forskyder ressourcerne i retning af de produkter, hvor produktionen er forbundet med den højeste produktivitet, men også at virksomhederne skifter ud i deres produktsortiment og introducerer nye produkter (og stopper produktionen af eksisterende produkter). De resterende to tredjedele af produktivitetsfremskridtene internt i virksomhederne skyldes, at virksomhederne bliver mere effektive i produktionen af de enkelte produkter for uændret sammensætning (dvs. intern vækst på produktniveau).

Virksomheds-dynamik er vigtigt for produktivitetsvækst

Samlet indikerer dekomponeringsanalysen, at reallokering både mellem brancher, mellem virksomheder i samme branche og mellem produkter indenfor den enkelte virksomhed kan drive op mod halvdelen af produktivitetsfremskridtene i Danmark. En del af reallokeringen indenfor de enkelte virksomheder kan skyldes, at virksomhederne løbende investerer i at gøre deres produkter bedre. I disse tilfælde kan produktivitetsfremskridtene bidrage dobbelt til velstandsfremgang, idet produktinnovation udover produktivitetsfremgang kan medvirke til fortsatte bytteforholdsgevinster.

II.3 PRODUKTIVITETSEFFEKTER AF HØJERE ENERGIPRISER

Energipriserne steg kraftigt i 2021-22

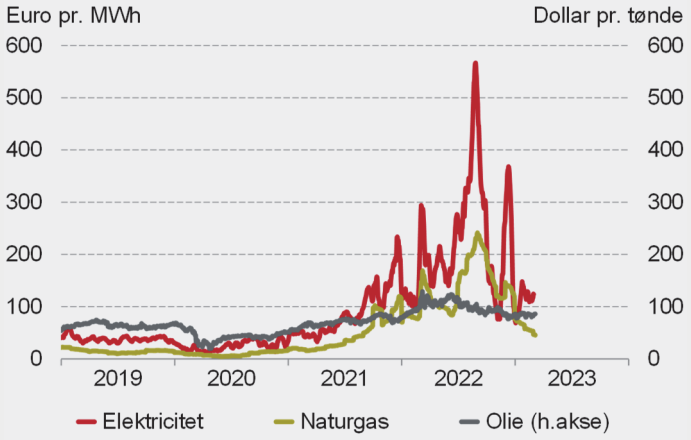
Energipriserne steg kraftigt i løbet af 2021 og 2022, jf. figur II.7. Prisstigningerne afspejler en række forskellige faktorer, men skal ikke mindst ses i sammenhæng med Ruslands invasion af Ukraine i begyndelsen af 2022. Krigen har givet betydelig usikkerhed om den økonomiske situation, særligt om fødevare- og energiforsyningen, og har øget det inflationære pres i store dele af den vestlige verden. De høje energiprisstigninger er medvirkende til, at 2022 har været præget af historisk høj inflation, der ikke er set siden 1970'erne.

Højere energipriser kan påvirke produktiviteten

Energipriserne er faldet igennem sidste del af 2022 og i begyndelsen af i år, men var i begyndelsen af marts fortsat over niveauet fra 2019. Prisen på naturgas var eksempelvis omtrent dobbelt så høj i begyndelsen af marts i år som gennemsnittet for 2019. Der vurderes at være betydelig risiko for, at den geopolitiske uro vil føre til, at energipriserne i en længere periode vil være forbundet med større udsving og et højere niveau end tidligere. Hertil kommer, at den grønne omstilling sandsynligvis også vil føre til højere priser på især fossile brændsler, jf. *Økonomi og Miljø, 2020*. Samlet giver det anledning til at overveje, hvordan en langvarig forøgelse af energipriserne eller vedvarende højere volatilitet kan påvirke produktiviteten på såvel kort som lang sigt. Disse effekter diskuteres derfor nedenfor.

FIGUR II.7 ENERGIPRISER

Energipriserne steg kraftigt fra midten af 2021 og igennem 2022. De er siden faldet tilbage, men er fortsat på et højere niveau end i 2019.



Anm.: Elektricitetsprisen er vist for Vestdanmark og er opgjort af Nordpool. Elektricitetsprisen for Østdanmark følger i store træk samme udvikling. Som følge af store daglige udsving er elprisen vist som 14 dages glidende gennemsnit. Den viste oliepris er Brent, mens naturgasprisen er hollandsk TTF. Seneste observation er 6. marts 2023 for gas- og olieprisen og 7. marts 2023 for elektricitetsprisen.

Kilde: Macrobond.

PÅVIRKNINGEN AF ØKONOMIEN PÅ KORT SIGT

Udbudsforstyrrelser øger energipriser

Krigen i Ukraine har påvirket energiforsyningen i særligt Europa negativt, idet leverancerne af såvel gas som olie fra Rusland og Ukraine er reduceret væsentligt. Begrænsningen af virksomhedernes adgang til input i produktionen presser produktiviteten og øger omkostningerne. Den umiddelbare virkning af et negativt stød til energiproduktionen er, at prisen på energi forhøjes, hvilket dæmper efterspørgslen, så den matcher det reducerede udbud. Såfremt økonomien rammes af gentagne udbudsforstyrrelser, kan det forårsage en længere periode med høj inflation og lav vækst, såkaldt *stagflation*, som man så det i forbindelse med oliekriserne i 1970'erne.

Udbudsforstyrrelser spillede vigtig rolle for stagflation i 1970'erne

Der er en række indikationer af, at forstyrrelser på udbudssiden (herunder olieprisstødene) spillede en vigtig rolle i forhold til at forklare stagflationen i 1970'erne, jf. Blinder og Rudd (2013). Mere generelt peger Hamilton (2013) på, at der historisk har været en tendens til, at perioder med abrupte olieprisstigninger er blevet efterfulgt af økonomiske tilbageslag i USA.

Energiprisstød og langsom reallokering kan svække produktivitet i en periode

Et energiprisstød kan også påvirke produktiviteten via efterspørgselssiden. Man kan eksempelvis forestille sig, at højere energipriser påvirker husholdningernes ønskede forbrugssammensætning, fordi forbrugerne substituerer væk fra energiintensive varer og tjenester og over imod et mindre energiintensivt forbrug. Det er derfor nødvendigt, at arbejdskraft og kapital skifter mellem sektorer eller mellem virksomheder indenfor den samme sektor. Hvis denne reallokering sker langsomt (f.eks. fordi der er friktioner på arbejdsmarkedet, eller fordi kapital og arbejdskraft er specialiseret), er resultatet en periode med tab af aktivitet, der på aggregeret niveau vil fremstå som et negativt produktivitetsstød, jf. Hamilton (1988).

PÅVIRKNINGEN AF ØKONOMIEN PÅ LANG SIGT

Oliekriser i 1970'erne faldt sammen med fald i produktivitetsvækst

I kølvandet på oliekriserne i 1970'erne faldt produktivitetsvæksten markant i en længere periode i store dele af verden. Dette længerevarende fald i produktivitetsvæksten betegnes ofte "the great productivity slowdown". Det er uklart, hvilke faktorer der lå til grund for dette længere fald i produktivitetsvæksten, og der er ikke konsensus i litteraturen om, hvorvidt olieprisstigningerne spiller en betydelig rolle i produktivitetsfaldet. Nordhaus (2004) fremhæver, at der er en tendens til, at produktivitetsafdæmpningen i USA særligt skete i brancher, som var stærkt påvirkede af oliekriserne, herunder olie- og gasudvinding, bilreparationer og rørledninger. Det kunne tyde på, at olieprisstigningerne spillede en rolle i produktivitetsafmatningen. Andre studier har peget på, at produktivitetsafdæmpningen begyndte, inden oliekriserne indtraf, [3] og der er foreslået flere alternative forklaringer på det længerevarende fald i produktivitetsvæksten.[4] Eksempelvis peger Bloom mfl. (2020) på, at

3) Et økonometrisk studie peger på, at nedgangen i produktivitetsvæksten kan spores tilbage til slutningen af 1960'erne og starten af 1970'erne for såvel USA som europæiske lande og Japan, jf. Antolin-Diaz mfl. (2017).

4) Andre forklaringer på bidrag til produktivitetsafdæmpningen inkluderer baby boomernes indtog i arbejdsstyrken i 1960'erne og 1970'erne, jf. Vandenbroucke (2021), måleproblemer, særligt til den voksende brug af computere, jf. Baily og Gordon (1988) samt læringseffekter af ny teknologi, hvor de ikke anvendes effektivt i begyndelsen, jf. Greenwood og Yorukoglu (1997).

produktivitetsvæksten har været aftagende, fordi det er blevet vanskeligere at få ideer, hvilket sænker forskningsproduktiviteten. Historien giver derfor ikke en entydig indikation af, om den seneste tids energiprisstigninger kan forventes at få væsentlig betydning for produktivitetsudviklingen på længere sigt.

Højere energipriser kan mindske strukturel produktivitet

Imidlertid vil en permanent forhøjelse af energipriserne alt andet lige sænke det strukturelle niveau for BNP og dermed produktiviteten. Højere energipriser sænker efterspørgslen efter energi og øger umiddelbart de samlede omkostninger ved produktion. Det reducerer alt andet lige produktionsniveauet og dermed efterspørgslen efter alle produktionsinput. Herudover kan strukturel produktivitet påvirkes igennem en substitutionseffekt. I det omfang, at brugen af arbejdskraft og maskiner i produktionen sker i et samspil med brugen af energi (dvs. at de i et vist omfang er komplementer), vil et reduceret energiforbrug tendere til også at sænke effektiviteten af de øvrige produktionsinput og dermed også efterspørgslen efter disse, jf. Hogan (1979). Jo højere substitutionsmulighederne er, jo mindre strukturel effekt.

Effekt afhænger bl.a. af energiintensitet og substitutionsmuligheder

Størrelsesordenen af effekten på strukturel produktivitet afhænger af flere faktorer, herunder energiintensiteten i produktionen samt substitutionsmulighederne indenfor energiinput samt mellem energi og de øvrige produktionsfaktorer, jf. Barwell mfl. (2007).[5] I mange tilfælde vil brugen af arbejdskraft og maskiner i et vist omfang ske i et samspil med brugen af energi. Det gælder eksempelvis strøm til computere på vidensarbejdspladser, strøm til betjente maskiner i industrien samt brændselsstoffer i transportbranchen. På længere sigt vil mulighederne for at substituere fossile brændsler med arbejdskraft eller kapital være større, jf. Hassler mfl. (2021).

Det aktuelle stød ramte energikilder bredt

Sammenlignet med situationen i 1970'erne er afhængigheden af olie i produktionen mindsket betydeligt, og Blanchard og Galí (2008) peger på, at effekten af olieprisstød også er aftaget betydeligt siden 1970'erne. Det aktuelle energiprisstød har imidlertid ramt mere bredt på tværs af energikilder, og både gas, olie og el er steget betydeligt i pris igennem 2021 og 2022. Substitutionsmulighederne indenfor energikilder har derfor også været mere begrænsede på kort sigt end ved et isoleret olieprisstød. De begrænsede substitutionsmuligheder i den aktuelle situation kan betyde, at effekterne af det aktuelle stød kan minde mere om oliekriserne, end man umiddelbart ville tro baseret på mere nylige erfaringer med isolerede energiprisstød, jf. eksempelvis Carvalho mfl. (2021).

5) ECB (2010) illustrerer dette i en DSGE-model. I hovedscenariet indebærer en energiprisstigning på 10 pct. et fald i strukturelt output på 0,1 pct. En stigning i substitutionselasticiteten mellem energi og andre input fra 0,2 til 1 mindsker effekten til cirka det halve. 15 pct. lavere energiintensitet mindsker effekten på BNP fra -0,1 til -0,06.

Usikkerhed kan reducere produktivitetsvækst

Højere energipriser kan i tillæg til effekterne på produktivitetsniveauet på såvel kort som længere sigt have effekt på produktivitetsvæksten. Krigen i Ukraine øger usikkerheden om energiforsyningen, men også den geopolitiske situation mere bredt. Højere usikkerhed dæmper investeringslysten blandt virksomheder og reducerer kapitalapparatet med potentiel negativ effekt på produktivitetsvæksten til følge. Hertil kommer, at den høje volatilitet på energimarkederne det seneste år øger usikkerheden om energiprisernes niveau, hvilket i sig selv kan reducere produktivitetsvæksten, jf. Balashova og Serletis (2021). På den anden side kan højere energipriser øge incitamentet til at investere i nye, grønne teknologier, der kan mindske de ugunstige produktivitetseffekter af høje energipriser. Popp (2002) finder eksempelvis, at energipriser har en betydelig, positiv effekt på forskning og udvikling. På længere sigt kan disse effekter potentielt afbøde en del af det initiale produktivitetsfald knyttet til højere priser og større usikkerhed.

HØJERE ENERGIPRISER GIVER LAVERE PRODUKTIVITET PÅ KORT SIGT I DANSKE FREMSTILLINGSVIRKSOMHEDER

Analyse af danske virksomheders reaktion på højere energipriser

I *Økonomi og Miljø, 2022* blev det undersøgt, hvordan danske fremstillingsvirksomheder tilpasser sig, når energipriserne stiger. Fokus i analysen var på effekten på virksomhedernes CO_2-udledning samt overvæltningen af de øgede omkostninger i salgspriserne. Analysen viste, at danske fremstillingsvirksomheder i perioden 2000-18 i høj grad var i stand til at tilpasse sig de højere energipriser. En stigning i energipriserne på 1 pct. gav således anledning til et fald i udledningen på 2 pct. Heraf kunne en tredjedel tilskrives øget energieffektivitet, mens to tredjedele skyldtes substitution mellem energikilder i retning af mindre forurenende energikilder. Virksomhederne var i stand til at sende godt 80 pct. af stigningen i deres marginalomkostninger videre til forbrugerne i løbet af det første år, og deres omsætning var uændret trods omkostningsstigningen. Overordnet set viste analysen, at fremstillingsvirksomhederne i høj grad var i stand til at tilpasse deres produktion, når energipriserne ændredes.

Ny analyse af energiprisers effekt på produktivitet

Analysen fra *Økonomi og Miljø, 2022* kan udvides til at undersøge, hvordan virksomhedernes produktion, beskæftigelse og produktivitet ændres, når de står overfor energiprisstigninger. Data og fremgangsmåde bygger på tilgangen i *Økonomi og Miljø, 2022*, som er kort beskrevet i boks II.3. Analysetilgangen indebærer, at der findes årsagssammenhænge mellem energipriserne og de undersøgte variable.

BOKS II.3 ANALYSE AF EFFEKTEN AF ENERGIPRISER PÅ PRODUKTIVITET

På baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik kan det undersøges, hvordan virksomhedernes produktion, beskæftigelse og produktivitet ændres, når energipriserne ændres. Analysen følger metoden fra *Økonomi og Miljø, 2022*, og er nærmere beskrevet i *Baggrundsnotat til fremstillingsvirksomheder og energipriser*. Nedenfor er hovedpunkterne kort beskrevet.

I analysen benyttes et ubalanceret panel af danske fremstillingsvirksomheder i branchegrupperingen *Industri* i perioden 2001-18. Der benyttes data for virksomhedernes energiforbrug fra registret ENERGI samt oplysninger fra regnskabsstatistikken FIRE. Datasættet indeholder 16.371 virksomhed-år observationer fordelt på 3.171 unikke fremstillingsvirksomheder. Virksomhederne i datasættet står for ca. 80 pct. af omsætningen og ca. 50 pct. af beskæftigelsen i fremstillingsvirksomhederne i 2019. Ved estimation af TFP reduceres stikprøven til 2.283 unikke virksomheder.

Analysen søger at finde en årsagssammenhæng mellem ændringer i virksomhedernes energipriser og henholdsvis deres produktion, beskæftigelse og produktivitet. Det kan her være problematisk at anvende virksomhedens faktiske energipriser. Det skyldes, at virksomhederne selv sammensætter deres energimix. Hvis en virksomhed oplever en uventet stigning i efterspørgslen, vil den overveje at øge produktionen, selvom det kræver anvendelse af dyrere energikilder, end den normalt anvender. Det kan give en positiv sammenhæng mellem omsætning og energipris, som ikke skyldes udviklingen i de faktiske energipriser. For at udelukke en sådan sammenhæng benytter analysen kun den variation i energipriserne, der kommer fra variation i virksomhedernes energipriser ved fastholdt energimix. Herudover kontrolleres for faste virksomhedskarakteristika samt den generelle udvikling i industriens underbrancher (fremover blot brancher) over tid. Hermed findes årsagssammenhænge mellem energipriserne og forskellige tilpasninger ved at sammenligne virksomheder, der bliver påvirket forskelligt af prisændringerne over tid.

Konkret foretages analysen i to trin. I første trin undersøges det, om markedsprisen på virksomhedens oprindelige energimix, $z_{i,t}$ (instrumentet), kan forklare den virksomhedsspecifikke pris på energimixet, $p_{i,t}^{E}$, som virksomhederne anvender i produktionen nu:

$$\log(p_{i,t}^{E}) = \beta \cdot \log(z_{i,t}) + \varphi_i + \delta_t + \epsilon_{i,t}, \qquad (1)$$

hvor $p_{i,t}^{E} = \sum_{e \in E} s_{i,t}^{e} \cdot p_t^{e}$ er den faktiske virksomhedsspecifikke energipris, $z_{i,t}$ er instrumentet, φ_i og δ_t er virksomhed og års *fixed effects*, og $\epsilon_{i,t}$ er fejlledet. I praksis inkluderes branchespecifikke års *fixed effects*, men notationen er udeladt.

I andet trin benyttes de estimerede værdier fra (1) til at forklare udviklingen i virksomhedens produktion, beskæftigelse henholdsvis produktivitet. Der estimeres følgende ligning:

$$\log(X_{i,t}) = \theta_P \cdot \log(p_{i,t}^{E}) + \varphi_i + \delta_t + \epsilon_{i,t}. \qquad (2)$$

hvor $X_{i,t}$ kan være bruttoværditilvækst (BVT), beskæftigelse, arbejdskraftproduktivitet eller TFP.

Timeproduktivitet falder ved højere energipriser, men TFP er upåvirket

Analysen viser, at når danske fremstillingsvirksomheder står overfor 1 pct. højere energipriser, så falder timeproduktiviteten med 0,3 pct. jf. tabel II.1. Der kan ikke findes en signifikant effekt på produktionsniveauet (opgjort ved BVT), men produktionen tilvejebringes med mere arbejdskraft. Der er i analysen ikke tegn på, at de højere energipriser påvirker den underliggende effektivitet i produktionsprocessen (opgjort ved TFP). Det kan dog blandt andet skyldes, at ændringerne i energiforbruget i den betragtede periode ikke er betydelige nok til at kunne påvirke TFP.[6]

TABEL II.1 EFFEKTEN AF ENERGIPRISÆNDRINGER

Når energipriserne stiger, øger virksomhederne arbejdskraftanvendelsen, mens produktionen ikke påvirkes signifikant. Timeproduktiviteten falder derfor.

	BVT	Beskæftigelse	Timeproduktivitet	TFP
$\log(p_{i,t}^{E})$	-0,0515	0,268*	-0,319**	0,0230
	(0,151)	(0,106)	(0,120)	(0,0554)

Anm.: Tallene i parentes angiver standardfejl. Signifikansniveau: * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001. Yderligere detaljer er beskrevet i boks II.3.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik.

Effekten på beskæftigelse varierer på tværs af virksomheder, …

Resultaterne præsenteret i tabel II.1 indikerer, at der i gennemsnit sker en vis substitution mellem arbejdskraft og energi, når energipriserne stiger. Der er imidlertid forskel på denne effekt på tværs af virksomhederne. For virksomheder med et relativt højt energiforbrug er effekten negativ, jf. beregninger i *Baggrundsnotat: Virksomhedsberegninger til kapitel II, Produktivitet 2023*. Disse virksomheder har med andre ord ikke mulighed for at substituere fuldt ud mellem arbejdskraft og energi, når energipriserne stiger. I stedet tyder det på, at der en vis komplementaritet mellem arbejdskraft og energi, når der er et relativt stort energiforbrug i virksomheden, og analysen viser, at disse virksomheders produktion falder. Den positive effekt på beskæftigelsen i gennemsnit kan dække over, at virksomheder med høj substituerbarhed fylder relativt meget i stikprøven.

6) Energi er ikke et selvstændigt input i produktionsfunktionen i analysen, men optræder som en del af materialeudgifterne. Energi udgør kun en mindre del af de samlede materialeudgifter, og højere energipriser er derfor ikke nødvendigvis betydelige nok til at påvirke materialeudgifterne og derigennem TFP. Eftersom energi er en del af materialeinputtet er det også muligt, at der er en substitution eller komplementaritet mellem energi og materialer, der ikke kan observeres.

… men effekten på timeproduktivitet er robust negativ

Effekten på timeproduktiviteten og TFP varierer i størrelse på tværs af virksomheder afhængig af deres energiforbrug, men de kvalitative resultater fra tabel II.1 er uændrede. Højere energipriser betyder dermed i alle tilfælde et fald i timeproduktiviteten, men et omtrent uændret TFP.

Uvist om virksomhederne reagerer på samme vis ved aktuelt stød

Resultaterne fra analysen indikerer, at der kan være betydelige effekter på beskæftigelse og produktivitet på kort sigt, når energipriserne stiger. Effekterne er i analysen identificeret på baggrund af et udsnit af danske virksomheder og på baggrund af relativt små energiprisstigninger i en virksomhed relativt til energiprisstigninger hos konkurrenterne. Effekten af virksomhedens substitution mellem energikilder estimeres ikke direkte, men der må formodes at ske en vis substitution i retning af billigere energikilder.[7] Herved mindskes omkostningsstigningen set fra virksomhedens side. Estimaterne kan på den baggrund ikke umiddelbart overføres til de voldsomme prisstigninger, der er set på de enkelte energikilder det seneste år. Det er herudover uvist, om virksomhederne reagerer proportionalt på små og store energiprisbevægelser, og dermed om produktivitet og beskæftigelse vil reagere på samme vis i den aktuelle situation som i analyseperioden.

Også heterogene beskæftigelseseffekter i franske virksomheder

En lignende analyse på data for franske fremstillingsvirksomheder i perioden 2000-15 finder modsat analysen på danske data, at beskæftigelseseffekten er negativ på kort sigt. Beskæftigelsen reduceres således med knap 0,1 pct., når energipriserne stiger 1 pct., jf. Marin og Vona (2021). Der er dog betydelig heterogenitet på tværs af virksomheder, ligesom i analysen på danske data. Den negative beskæftigelseseffekt er koncentreret i store, multinationale selskaber, der er udsat for international konkurrence, i energiintensive brancher. Omvendt stiger beskæftigelsen lidt på kort sigt i små virksomheder, der ikke er udsat for handel, og som tilhører de mindst energiintensive brancher. Disse virksomheder reagerer i stedet på de højere energipriser ved at reducere lønningerne.

7) Analyser i *Økonomi og Miljø, 2022* tyder som nævnt på, at ca. to tredjedele af reduktionen i virksomhedernes udledninger sker gennem substitution mellem energikilder. Der er altså en vis mulighed for at substituere mellem energikilder i danske fremstillingsvirksomheder.

Analyse indikerer, at negative produktivitets-effekter aftager over tid

Produktivitetseffekten af stigende energipriser er negativ i analysen på franske data, både for så vidt angår effekten på timeproduktiviteten og effekten på TFP. [8] Den kortsigtede effekt på timeproduktiviteten er af omtrent samme størrelsesorden som i nærværende analyse. Marin og Vona (2021) undersøger, om effekterne er ens på kort og længere sigt og finder, at produktivitetseffekterne aftager over tid. Effekten på timeproduktiviteten er således insignifikant, når den anskues over en treårig periode.

Forskel i substitutions-muligheder på tværs af virksomheder

Hverken Marin og Vona (2021) eller den præsenterede analyse på danske data estimerer substitutionselasticiteten mellem arbejdskraft og energi direkte, og de estimerede effekter på beskæftigelsen dækker over såvel heterogenitet mellem virksomheder samt sammensætningseffekter. Bretschger og Jo (2021) søger mere direkte at estimere substitutionselasticiteten mellem arbejdskraft og energi på baggrund af data for franske fremstillingsvirksomheder. Analysen finder, at arbejdskraft og energi er komplementer i de fleste virksomheder med en substitutionselasticitet mellem 0,6 og 0,8. Der er dog betydelig forskel på virksomhedernes mulighed for at substituere input. I gennemsnit er der i Bretschger og Jo (2021) en negativ beskæftigelseseffekt af højere energipriser, som er drevet af firmaer med begrænsede substitutionsmuligheder. Denne effekt er kvalitativt i overensstemmelse med Marin og Vona (2021). Beskæftigelsen i virksomheder med høj substituerbarhed påvirkes derimod stort set ikke. Resultaterne fra analysen på danske data kan dermed dække over, at virksomheder med høj substituerbarhed fylder mere, eller at der er komplementaritet mellem energi og arbejdskraft for en mindre del af de betragtede virksomheder end i Frankrig.

AFRUNDING

Negativ produktivitetseffekt af højere energipriser

Energipriserne er steget kraftigt de seneste år og har været forbundet med betydelige udsving. Energipriserne er faldet igennem sidste del af 2022 og i 2023, men er fortsat højere end i eksempelvis 2019. Den grønne omstilling må herudover forventes at føre til stigende priser på visse typer af energi de kommende år. Langvarigt forøgede eller mere volatile energipriser vil alt andet lige have negativ effekt på produktivi-

8) Resultaterne angående TFP kan ikke direkte sammenlignes med nærværende analyse. I Marin og Vona (2021) anvendes en værditilvækstproduktionsfunktion. Det indebærer, at materialeudgifter ikke indgår som produktionsinput, hvilket det gør i analysen på danske registerdata.

teten på såvel kort som længere sigt. Effekten på strukturel produktivitet vil afhænge dels af energiintensiteten i produktionen, dels af substitutionsmulighederne mellem energi og øvrige input.

Lav energiintensitet i dansk produktion

Beregninger i *Økonomi og Miljø, 2022* viste, at energiforbruget udgør en begrænset del af danske fremstillingsvirksomheders samlede omkostninger, og energiintensiteten i Danmark er generelt faldende og lav i forhold til andre lande, jf. IEA (2022). Det taler alt andet lige i retning af en begrænset strukturel effekt i Danmark af højere energipriser. Studier af olieprisstød har peget på, at lavere olieafhængighed i produktionen har betydet, at effekten af et olieprisstød er aftaget betydeligt siden 1970'erne, ligesom mere nylige erfaringer med andre typer af energiprisstød peger i retning af begrænset effekt. Det aktuelle stød har imidlertid ramt energikilder bredt, hvilket begrænser substitutionsmulighederne mellem energikilder på kort sigt. Marin og Vona (2021) peger desuden på, at det er nemmere for den gennemsnitlige franske virksomhed at substituere væk fra CO_2-intensive brændsler end fra elektricitet og gas. Det taler for større effekter, end mere nylige erfaringer med isolerede energiprisstød indikerer.

Uvist om erfaringer fra tidligere kan overføres til aktuelt stød

Analysen af, hvordan højere energipriser påvirker danske fremstillingsvirksomheder på kort sigt illustrerer, at der kan være betydelige effekter på timeproduktiviteten på kort sigt, mens den underliggende effektivitet i produktionsprocessen (TFP) ikke påvirkes. Andre analyser peger på, at effekten på timeproduktiviteten mindskes på længere sigt. Det taler samlet i retning af begrænsede strukturelle effekter. Herudover tyder analysen i nærværende kapitel på, at der i gennemsnit sker en vis substitution mellem energi og arbejdskraft, når energipriserne stiger, hvilket også vil tendere til at begrænse de strukturelle effekter. Det aktuelle stød er imidlertid betydeligt anderledes end de energiprisstigninger, virksomhederne har stået overfor i analyseperioden, og det er uvist, om erfaringerne fra analyseperioden kan overføres til den aktuelle situation.

II.4 PRODUKTIVITET, ARBEJDSUDBUD OG OFFENTLIGE FINANSER

Tiltag, der forøger produktiviteten, kan potentielt styrke arbejdsudbud og de offentlige finanser

Stigninger i produktiviteten er en vigtig kilde til øget velstand, men kan herudover også påvirke de offentlige finanser. Generelt vil stigninger i produktiviteten øge både de offentlige indtægter og udgifter. Ofte lægges det til grund, at generelle produktivitetsstigninger ikke påvirker arbejdsudbuddet og er omtrent neutrale for de offentlige finanser. I afsnittet pointeres det dog, at man kan forestille sig økonomisk-politiske tiltag, der forøger produktiviteten i den private sektor, og som styrker såvel arbejdsudbuddet som de offentlige finanser. Først diskuteres effekter på arbejdsudbuddet af øget produktivitet og dernæst samles op på sammenhængen mellem produktivitet og offentlige finanser.

PRODUKTIVITET OG ARBEJDSUDBUD

Øget produktivitet sætter sig som hovedregel i højere lønninger, …

Produktivitetsfremskridt kan påvirke arbejdsudbuddet via forskellige kanaler. En mulig effekt er via reallønnen. Når produktiviteten stiger, bliver arbejdskraften mere værdifuld for virksomhederne, og det vil ofte føre til, at lønningerne stiger, da virksomhedernes efterspørgsel efter arbejdskraft øges.

… hvilket trækker i retning af øget arbejdsudbud

Hvis husholdningernes værdi af fritid ikke påvirkes i samme omfang, vil den højere realløn trække i retning af at øge det samlede arbejdsudbud, som illustreret i figur A i boks II.4. Dette skyldes, at en højere realløn forøger gevinsten ved at arbejde en time ekstra relativt til værdien af fritid. Det er den såkaldte substitutionseffekt ved en højere realløn, der i princippet virker på samme måde som en reduktion af marginalskatten på arbejdsindkomst. I tillæg hertil kan der også være en indkomsteffekt, der trækker i retning af, at den enkelte beskæftigede vil efterspørge mere fritid, og dermed arbejde mindre ved en højere løn efter skat. Ved vurderinger af effekter af skattereformer lægges det normalt til grund, at substitutionseffekten er større end indkomsteffekten, da empiriske studier af arbejdsindkomstbeskatning typisk indikerer, at dette er tilfældet, jf. *Dansk Økonomi, efterår 2018*.

BOKS II.4 ØGET PRODUKTIVITET OG ARBEJDSUDBUD

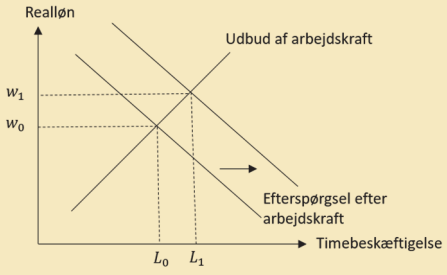
En stigning i produktiviteten kan påvirke arbejdsudbuddet og den samlede beskæftigelse på forskellige måder afhængigt af, hvilke forhold der ligger til grund for produktivitetsstigningen og hvilke nye forbrugsgoder, som produktivitetsstigningen giver anledning til.

Det er naturligt at forestille sig, at den samlede beskæftigelse og realløn på lang sigt bestemmes ud fra virksomhedernes efterspørgsel efter arbejdskraft og husholdningernes udbud heraf. I de nedenstående figurer er dette illustreret ved en ligevægt på arbejdsmarkedet, hvor en nedad hældende kurve, der angiver efterspørgslen efter arbejdskraft, skærer en opad hældende kurve, der angiver udbuddet af arbejdskraft.

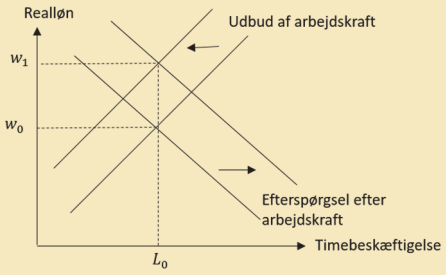
En stigning i produktiviteten vil øge efterspørgslen efter arbejdskraft, fordi virksomhedernes anvendelse af arbejdskraft bliver mere værdifuld. Dette vil isoleret set trække i retning af at forøge såvel den samlede timebeskæftigelse som reallønnen, som illustreret i figur A.

For nogle typer af produktivitetsfremskridt kan det være tilfældet, at ikke kun efterspørgslen efter arbejdskraft, men også udbuddet af arbejdskraft påvirkes for en given realløn. Eksempelvis kan man forestille sig produktivitetsstigninger afledt af ny teknologi, der øger værdien af fritid og dermed mindsker arbejdsudbuddet. I figur B er dette illustreret i et tilfælde, hvor den samlede effekt af den øgede efterspørgsel efter arbejdskraft og det mindskede udbud er, at beskæftigelsen er upåvirket. Som det kan ses ved at sammenligne figur A og B, bliver stigningen i reallønnen større i de tilfælde, hvor den højere produktivitet samtidig øger værdien af fritid.

FIGUR A **UDEN EFFEKT PÅ VÆRDIEN AF FRITID**



FIGUR B **MED EFFEKT PÅ VÆRDIEN AF FRITID**



Anm.: Figuren til venstre viser, hvordan man kan forestille sig, at realløn og timebeskæftigelse påvirkes af en stigning i produktiviteten, der ikke påvirker værdien af fritid. Figuren til højre viser et tilsvarende eksempel, hvor værdien af fritid samtidig forøges, hvorved arbejdsudbudskurven rykker til venstre.

Øget værdi af fritid kan modvirke den positive effekt af højere realløn

Selv hvis substitutionseffekten af højere realløn overstiger indkomsteffekten, vil arbejdsudbuddet ikke nødvendigvis øges som følge af alle typer af produktivitetsfremskridt. Det skyldes, at produktivitetsfremskridt ikke kun øger reallønnen, men også påvirker husholdningernes værdi af fritid. Eksempelvis vil (bedre) internetadgang ikke kun øge produktiviteten i virksomhederne, men også gøre fritid mere attraktivt, fordi det muliggør streaming af film og TV i høj kvalitet i hjemmet. Husholdningernes værdi af fritid øges derfor, hvilket trækker i retning af, at arbejdsudbuddet reduceres for en given realløn. Det modvirker den positive arbejdsudbudseffekt af højere realløn, og den samlede effekt på arbejdsudbuddet kan være nul eller endda negativ, jf. figur B i boks II.4.

Nogle teknologiske innovationer kan frigøre arbejdskraft fra hjemmeproduktion

Nogle typer af teknologiske fremskridt kan endvidere trække i retning af at øge arbejdsudbuddet som følge af øget produktivitet i hjemmeproduktionen. Det kan f.eks. tænkes at være tilfældet med forbedrede vaskemaskiner eller robotstøvsugere, der potentielt kan frigøre arbejdskraft fra hjemmeproduktion. Eksempelvis peger flere studier på, at teknologiske forbedringer i hjemmeproduktionen i løbet af det tyvende århundrede var med til at muliggøre den øgede arbejdsmarkedsdeltagelse for kvinder, jf. Greenwood mfl. (2005), Coen-Pirani mfl. (2010) og de V. Cavalcanti og Tavares (2008).

Der kan være tiltag, som øger produktiviteten, uden at værdien af fritid påvirkes

Om arbejdstiden samlet forøges eller formindskes ved en produktivitetsstigning afhænger dermed af, hvordan den underliggende årsag til produktivitetsstigningen påvirker forholdet mellem reallønnen og værdien af fritid. Man kan forestille sig, at nogle typer af politiske tiltag påvirker produktiviteten uden at værdien af fritid påvirkes. Det kan blandt andet dreje sig om afskaffelse af lovgivning, som begrænser reallokeringen i økonomien og dermed hindrer en effektiv udnyttelse af økonomiens ressourcer på tværs af virksomheder og sektorer. For sådanne tiltag kan man derfor forestille sig, at arbejdsudbuddet forøges som konsekvens af en højere realløn.

Historisk har øget produktivitet været forbundet med lavere arbejdstid

Historisk har der været en tendens til, at arbejdstiden over en lang periode er faldet i takt med, at produktiviteten og velstanden er steget. Dette kan ses som udtryk for, at nye teknologier generelt har øget værdien af fritid relativt til aflønningen af arbejdstid, og at husholdningerne har haft et ønske om at omsætte en del af velstandsfremgangen til øget fritid.[9]

9) Der er også andre mulige forklaringer på faldet i arbejdstiden over tid. I Boppart og Krusell (2020) forklares det vedvarede fald i arbejdstiden eksempelvis med, at indkomsteffekten er en anelse større end substitutionseffekten ved en stigning i reallønnen.

Arbejdsudbuddet antages upåvirket af generelle, teknologiske fremskridt i lange fremskrivninger

I formandskabets lange fremskrivninger af dansk økonomi til brug for beregninger af finanspolitisk holdbarhed lægges det beregningsteknisk til grund, at højere lønninger afledt af *generelle* produktivitetsstigninger hverken forøger eller reducerer arbejdsudbuddet.[10] Det antages således, at den øgede tilskyndelse til at arbejde mere i form af højere lønninger opvejes af, at fritid også bliver mere værdifuld, som illustreret i figur B i boks II.4. Det samme er tilfældet i eksempelvis Finansministeriets lange fremskrivninger.

ØGET PRODUKTIVITET OG OFFENTLIGE FINANSER

Generelt vil stigninger i produktiviteten i den private sektor forøge både de offentlige indtægter og udgifter. Det gælder uanset, om produktivitetsstigningen giver anledning til arbejdsudbudseffekter eller ej.

Indtægterne forøges

Højere lønninger og overskud i virksomhederne forøger skattegrundlaget og dermed de offentlige indtægter. I det omfang, at arbejdsudbuddet påvirkes, kan der ligeledes være en effekt på de offentlige indtægter herfra.

De offentlige udgifter forøges også …

Over tid må de højere private lønninger forventes også at give sig udslag i højere lønninger i den offentlige sektor. Dette kan både skyldes formelle reguleringsmekanismer i overenskomster, og at arbejdskraften i højere grad søger over imod den private sektor, hvorved der bliver større knaphed på arbejdskraft i den offentlige sektor. En stigning i produktiviteten i den private sektor må derfor forventes at forøge de offentlige udgifter som konsekvens af højere udgifter til offentligt forbrug.

… til dels som resultat af politisk prioritering

Samtidig vil de offentlige indkomstoverførsler stige, da satserne for de offentlige indkomstoverførsler følger lønudviklingen, om end med en vis forsinkelse. Den velstandsstigning, der skabes ved højere produktivitet, bliver således automatisk omsat til højere realindkomst for overførselsmodtagere. Denne stigning i de offentlige udgifter er dermed et resultat af politiske prioriteringer i indretningen af overførselssystemet.

Ofte antages det, at øget produktivitet er omtrent neutralt for de offentlige finanser, …

Da såvel de offentlige indtægter som de offentlige udgifter forøges når produktiviteten stiger, er det ikke oplagt, hvordan de offentlige finanser samlet set påvirkes af tiltag, der påvirker produktiviteten. Ofte antages det, at øget produktivitet er omtrent neutralt for de offentlige finanser. I formandskabets lange fremskrivninger, hvor der som nævnt ikke indregnes arbejdsudbudseffekter af generelle produktivitetsstigninger, er

10) Ligeledes antages deltagelsen på arbejdsmarkedet at være upåvirket, fordi niveauet for overførselsindkomsterne følger den generelle lønudvikling i samfundet.

det endda tilfældet, at den finanspolitiske holdbarhed forværres en anelse, når den generelle produktivitetsvækst forøges, jf. *Dansk Økonomi, efterår 2016*.[11] Forværringen skyldes blandt andet, at pensionsformuen og skatteindtægterne herfra falder som andel af BNP, mens de offentlige investeringsudgifter omvendt stiger relativt til BNP, da det kræver flere investeringer at opretholde et offentligt kapitalapparat, der holder trit med produktionen.

… men effektivitetsfremmende tiltag kan potentielt styrke arbejdsudbud og offentlige finanser

Imidlertid kan man som tidligere nævnt forestille sig politiske tiltag, der forøger produktiviteten, og hvor arbejdsudbuddet samtidig forøges, fordi tiltaget ikke i væsentlig grad påvirker husholdningernes værdi af fritid. Dette kan resultere i, at de offentlige finanser samlet set styrkes, fordi stigningen i arbejdsudbuddet bevirker, at de offentlige indtægter stiger mere end udgifterne. Omvendt kan man også forestille sig, at reguleringsmæssige tiltag, der ikke er begrundet i produktivitetshensyn, mindsker arbejdsudbuddet via en lavere produktivitet og derigennem svækker de offentlige finanser.

AFRUNDING

Økonomisk-politiske tiltag kan potentielt styrke arbejdsudbud og de offentlige finanser, …

En stigning i produktiviteten vil påvirke både de offentlige indtægter og udgifter, og det er generelt ikke entydigt, om det samlet vil forbedre eller svække de offentlige finanser. Det er heller ikke på forhånd entydigt, hvordan produktivitetsstigninger vil påvirke arbejdsudbuddet. Man kan forestille sig, at nogle økonomisk-politiske tiltag, der forøger produktiviteten ved at sikre en mere hensigtsmæssig udnyttelse af ressourcerne, kan øge arbejdsudbuddet. Dette vil være tilfældet hvis produktiviteten og reallønnen stiger uden at husholdningernes værdi af fritid forøges i væsentlig grad. I sådanne tilfælde kan effektivitetsfremmende tiltag resultere i, at de offentlige finanser samlet set forbedres. Omvendt kan tiltag, der øger reguleringen, svække produktiviteten og derigennem arbejdsudbuddet.

… men der findes ingen systematisk oversigt i den empiriske litteratur

Der findes tilsyneladende ikke studier, der systematisk har identificeret virkningerne af effektivitetsfremmende tiltag på arbejdsudbuddet, og dermed er der ikke kendskab til empirisk evidens for, hvordan forskellige typer af produktivitetsfremskridt påvirker arbejdsudbuddet. Det vil derfor være relevant at få foretaget empiriske analyser, der kan identificere, hvilke typer af produktivitetsfremmende tiltag, som kan give anledning til stigninger i arbejdsudbuddet.

11) Mens dette regneeksempel dækker over en stigning i produktivitets*væksten*, vil tilsvarende effekter gøre sig gældende ved en stigning i *niveauet* for produktiviteten.

LITTERATUR

Antolin-Diaz, J., T. Dreschel og I. Petrella (2017): Tracking the slowdown in long-run GDP growth. *The Review of Economics and Statistics*, 99(2), s. 343-356.

Baily, M.N og R.J. Gordon (1988): The Productivity Slowdown, Measurement Issues, and the Explosion of Computer Power. Brookings Papers on Economic Activity, 2:1988.

Balashova, S. og A. Serletis (2021): Oil Price Uncertainty, Globalization, and Total Factor Productivity: Evidence from the European Union. *Energies* 14(12).

Barwell, R., R. Thomas og K. Turnbull (2007): The macroeconomic impact of higher energy prices on the UK economy. *Bank of England Quarterly Bulletin*.

Blanchard, O.J. og J. Galí (2008): The macroeconomic effects of oil price shocks: Why are the 2000s so different from the 1970s? Economics Working Papers 1045, Department of Economics and Business, Universitat Pompeu Fabra.

Blinder, A.S. og J.B. Rudd (2013): The Supply-Shock Explanation of the Great Stagflation Revisited. NBER Chapters, i: *The Great Inflation: The Rebirth of Modern Central Banking*, s. 119-175.

Bloom, N., C.I. Jones, J. van Reenen og M. Webb (2020): Are Ideas Getting Harder to Find? *American Economic Review*, 110(4), s. 1104-1144.

Boppart, T. og P. Krusell (2020): Labor supply in the past, present, and future: a balanced-growth perspective. *Journal of Political Economy*, 128(1), s. 118-157.

Bretschger, L. og A. Jo (2021): Complementarity between labor and energy: A firm-level analysis. SSRN.

Carvalho, V. M., M. Nirei, Y. U. Saito, og A. Tahbaz-Salehi (2021): Supply chain disruptions: Evidence from the great east japan earthquake. *The Quarterly Journal of Economics*, 136(2), s. 1255-1321.

Chan, M., A. Petrin og F. Warzynski (2023): The effect of R&D on quality, productivity, and welfare. NBER working paper 30950.

Coen-Pirani, D., A. León og S. Lugauer (2010). The effect of household appliances on female labor force participation: Evidence from microdata. *Labour Economics*, 17(3), s. 503-513.

Corsetti, G., P. Martin og P. Presenti (2007): Productivity, terms of trade and the 'home market effect'. *Journal of International Economics*, 73 (1), s. 99-127.

de V. Cavalcanti, T. V. og J. Tavares (2008). Assessing the "engines of liberation": Home appliances and female labor force participation. *The Review of Economics and Statistics*, 90(1), s. 81-88.

De Økonomiske Råds formandskab (2020): Økonomi og Miljø 2020.

De Økonomiske Råds formandskab (2022): Økonomi og Miljø 2022.

Debaere, P. og H. Lee (2003): The real-side determinant of countries' terms of trade: a panel data analysis. Working paper.

DI (2017): Up-market-produkter kræver produktudvikling. DI analyse.

ECB (2010): Energy Markets and the Euro Area Macroeconomy. ECB Occasional Paper Series no. 113.

Foster, L., J. Haltiwanger og C. Syverson (2008): Reallocation, firm turnover, and efficiency: Selection on productivity or profitability? American Economic Review, 98 (1), s. 394-425.

Greenwood, J., A. Seshadri og M. Yorukoglu (2005). Engines of liberation. *The Review of Economic Studies*, 72(1), s. 109-133.

Greenwood, J. og M. Yorukoglu (1997): 1974. I *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, Elsevier, 46(1), s. 49-95

Hamilton, J.D. (1988). A neoclassical model of unemployment and the business cycle. Journal of political Economy, 96(3), s. 593-617.

Hamilton, J.D. (2013): Historical Oil Shocks. *Handbook of Major Events in Economic History*, s. 239-265.

Hassler, J., P. Krusell og C. Olovsson (2021): Directed technical change as a response to natural resource scarcity. *Journal of Political Economy*, 129(11), s. 3039-3072.

Hintermann, B., M. Zarkovic, C. Di Maria og U.J. Wagner (2020): The effect of climate policy on productivity and cost pass-through in the German manufacturing sector. WWZ Working Paper 2020/11.

Hogan, W.W. (1979): Capital-energy complementarity in aggregate energy-economic analysis. *Resources and Energy* 2(2-3), s. 201-220.

Hsieh, C.T. og E. Moretti (2019): Housing constraints and spatial misallocation. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 11(2), s. 1-39.

Hummels, D. og P.J. Klenow (2005): The Variety and Quality of a Nation's Exports. *American Economic Review*, 95 (3), s. 704-723.

IEA (2022): SDG7: Data and Projections.

Marin, G. og F. Vona (2021): The impact of energy prices on socioeconomic and environmental performance: Evidence from French manufacturing establishments, 1997-2015. *European Economic Review*, 135.

Nordhaus, W.D. (2004): Retrospective on the 1970s Productivity Slowdown, NBER Working Paper No. 10950.

OECD (2001): *Measuring Productivity: Measurement of aggregate and industry-level productivity growth*, OECD Manual.

Popp, D. (2002): Induced Innovation and Energy Prices. *American Economic Review*, 92(1), s. 160-180.

Produktivitetskommissionen (2013): Danmarks produktivitet – hvor er problemerne. Analyserapport 1.

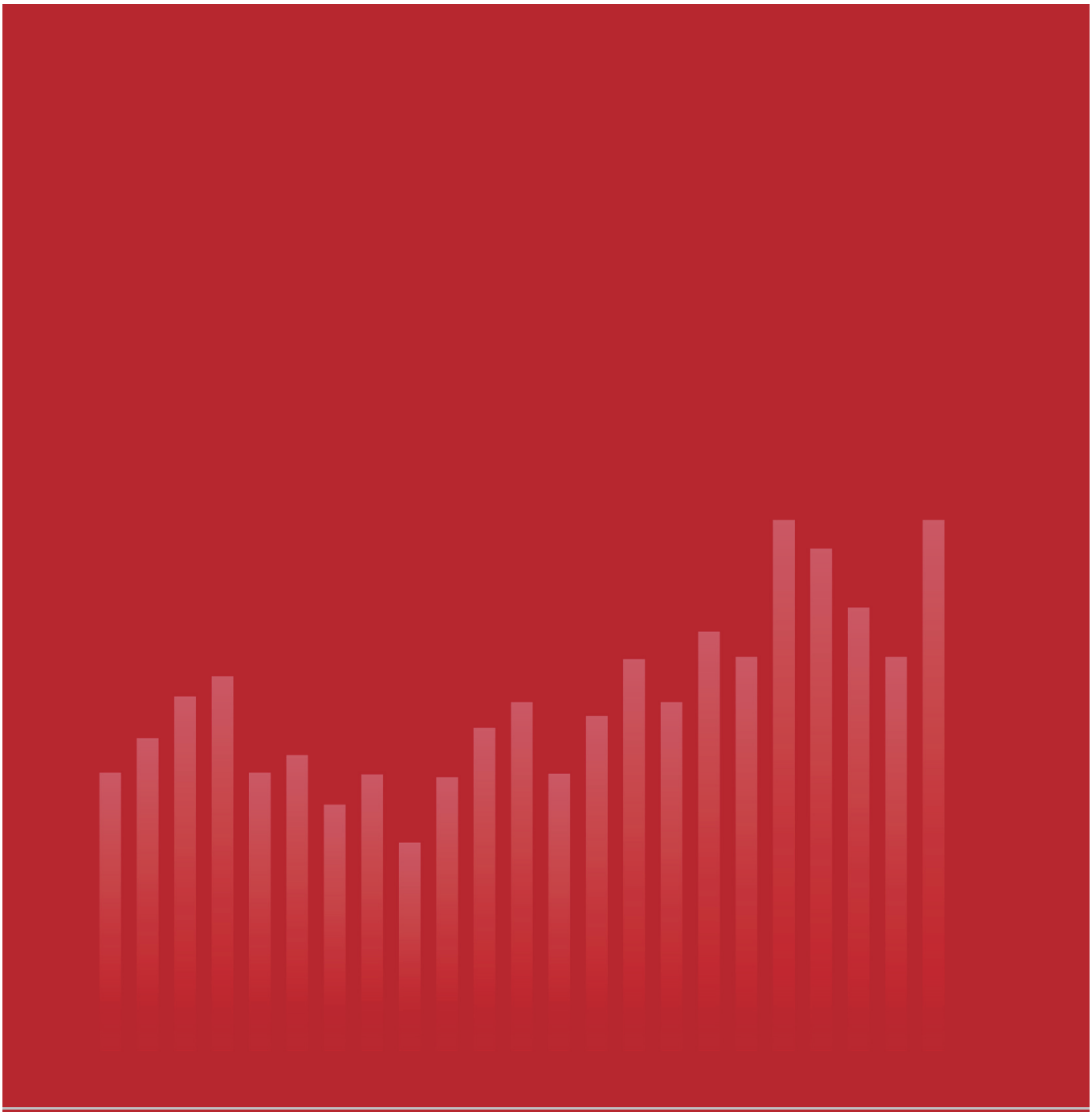
Schott, P.K. (2004): Across-Product Versus Within-Product Specialization in International Trade. *The quarterly Journal of Economics*, 119(2), s. 647-678.

Sørensen, R.S. (1994): Analyse af 80'ernes økonomiske udvikling baseret på kvartalsvise nationalregnskaber. Statistiske undersøgelser nr. 45. Danmarks Statistik.

Vandenbussche, H. (2014): Quality in Exports. Economic Papers. Europakommissionen.

Vandenbroucke, G. (2021): The baby boomers and the productivity slowdown. *European Economic Review*, 132.

Ølgård, C. (2006): Relevansen af BNP-vækstrater. Kvartalsoversigt 4. kvartal 2006. Danmarks Nationalbank.



Produktivitet, 2023

De Økonomiske Råd
Formandskabet

KAPITEL III
AUTOMATISERING I FREMSTILLINGS-SEKTOREN

Produktivitet, 2023

KAPITEL III
AUTOMATISERING I FREMSTILLINGS-SEKTOREN

Robotter og andre maskiner *automatiserer* i stigende omfang arbejdsopgaver, som tidligere blev udført af mennesker. Undersøgelser fra andre lande peger på, at denne udvikling øger produktiviteten, men også kan mindske lønkvoten og øge indkomstuligheden.

I kapitlet undersøges udbredelsen og effekterne af automatiserende maskiner i fremstillingssektoren i Danmark.

En stigende del af de danske virksomheder anvender automatiserende maskiner, men stigningen i det samlede investeringsomfang er begrænset relativt til andre typer kapital.

Både produktivitet og antal ansatte stiger i de virksomheder, der automatiserer, mens lønkvoten falder. Stigningen i antal ansatte kan afspejle, at virksomhederne udvider produktionen, fordi de vinder markedsandele.

III.1 INDLEDNING

Kapitlet omhandler automatisering – dvs. når teknologi overtager arbejdsopgaver

Den teknologiske udvikling betyder, at robotter, computere og andre maskiner i stigende omfang overtager visse arbejdsopgaver i samfundet. Udviklingen er en konsekvens af, at maskinerne dels bliver mere sofistikerede og kan udføre mere komplekse opgaver, dels bliver billigere. Derfor bliver det med tiden mere profitabelt for virksomheder at lade maskinerne udføre bestemte arbejdsopgaver. Denne omstilling kaldes automatisering og er emnet for nærværende kapitel.

Automatisering øger produktiviteten, men kan også øge ulighed og mindske realløn

Automatisering giver produktivitetsvækst, fordi de samme varer kan produceres med færre ressourcer. Det særlige ved automatisering i forhold til andre typer af teknologiske fremskridt er, at det kan have negative konsekvenser i form af lavere realløn eller beskæftigelse for de personer, som mister arbejdsopgaver til den nye teknologi. Selvom automatisering typisk er en gevinst for samfundet som helhed, kan gevinsterne altså være ulige fordelt.

Automatisering er ikke et nyt fænomen …

Automatisering er ikke et nyt fænomen. Automatiseringen af særligt tekstilproduktionen under den industrielle revolution medførte store aggregerede produktivitetsfremskridt men ledte tilsyneladende ikke til en tilsvarende markant lønvækst før anden halvdel af det 19. århundrede, jf. Allen (2009). Sædvanligvis ses denne udvikling som en væsentlig del af baggrunden for maskinstormerbevægelsen i byerne, jf. Hobsbawmn (1952). Tilsvarende ledte introduktionen af tærskemaskinen, der automatiserede høstarbejdet, til uro i landområderne i samme periode, jf. Caprettini og Voth (2020).

… men studier fra andre lande tyder på, at det har taget fart de senere år

En række studier fra USA og andre lande har påpeget, at fremkomsten af en række nyere teknologier, såsom robotter, computerstyrede maskiner og visse typer af software, har øget omfanget af automatisering de senere år. Studierne finder, at dette har øget produktiviteten, men at det også kan have haft negative konsekvenser i form af øget ulighed og muligvis mindsket beskæftigelse og realløn for de grupper i samfundet, som bestrider job, der udskiftes af den nye teknologi.

Hvad er konsekvenserne for Danmark?

I dette kapitel undersøges, om der er konsekvenser af disse nyere teknologier på produktivitet, lønkvote mv. i Danmark. Fokus i kapitlets analyse er på effekten af automatiserende maskiner i fremstillingssektoren.

Afsnit 2: Teoretisk definition af automatisering og diskussion af dets effekter

I afsnit 2 gives en definition af automatisering, som den proces hvorved kapital overtager menneskers arbejdsopgaver. Desuden diskuteres de teoretiske effekter af automatisering på fordeling, realløn og beskæftigelse. En af konklusionerne er, at automatisering adskiller sig fra andre teknologiske fremskridt ved, at det under visse forudsætninger kan mindske reallønnen og dermed potentielt beskæftigelsen. Under andre forudsætninger kan effekten på realløn og beskæftigelse imidlertid være positiv, og dermed er effektens fortegn et empirisk spørgsmål. En anden konklusion er, at automatisering kan mindske lønnens andel af den samlede indkomst. Dette øger uligheden og kan også forværre de offentlige finanser, fordi kapitalindkomst generelt beskattes lempeligere end lønindkomst. Effekterne på fordeling og lønandel modvirkes dog af, at automatiserende teknologier også skaber behov for nye arbejdsstillinger, eller at der er dele af økonomien, som er vanskelige at automatisere.

Afsnit 3: Hvad finder eksisterende studier af automatisering?

I afsnit 3 gennemgås nogle af de nyere empiriske analyser af effekten af automatiserende teknologier på produktivitet, beskæftigelse mv. Først forklares de forskellige typer af automatiserende teknologier, som undersøges i litteraturen. Det mest udbredte mål er robotter og lignende computerstyrede maskiner i industrien, men der er også en nyere og mindre litteratur om forskellige typer af software, såsom kunstig intelligens. Konklusionerne fra litteraturen er overordnet set i tråd med de teoretiske forventninger fra afsnit III.2.

I afsnit 4 undersøges udbredelsen af automatisering i Danmark

I afsnit 4 undersøges omfanget af automatisering i Danmark. Kortlægningen afgrænses til de teknologier som identificeres i litteraturgennemgangen i afsnit III.3. Her undersøges størrelsen af investeringerne i robotter og lignende industrimaskiner på samfundsniveau samt udbredelsen af kunstig intelligens og *softwarerobotter*.

I afsnit 5 analyseres virksomheders køb af automatiserende maskiner i fremstillingssektoren

Afsnit 5 præsenterer en analyse af effekten af automatisering i fremstillingsvirksomheder i Danmark. Analysen bidrager med ny viden i to henseender: For det første estimeres produktivitetsgevinsterne for de automatiserende virksomheder i Danmark. For det andet anvendes en mere inkluderende definition af automatiserende maskiner, der ikke har været anvendt på danske data før. Konklusionen er i tråd med den teoretiske forventning: Investeringer i disse maskiner er forbundet med øget produktivitet og lavere lønandele i de automatiserende virksomheder. I afsnittet diskuteres desuden størrelsen af produktivitetsgevinsterne i relation til investeringernes omfang på virksomheds- og samfundsniveau.

III.2 PRINCIPPER

Afsnittet omhandler de teoretiske effekter af automatisering

I dette afsnit gennemgås forskellige teorier for, hvordan automatisering påvirker produktivitet, beskæftigelse og fordeling. Afsnittet danner grundlag for de efterfølgende empiriske afsnit om, hvilke teknologier, der i praksis virker automatiserende, og hvordan de har påvirket Danmark og andre lande.

Ny litteratur peger på øget omfang af automatisering

Selvom automatisering ikke er et nyt fænomen, peger en række nyere studier på, at omfanget af automatisering er øget de seneste årtier. For det første er robotter og andre computerstyrede maskiner blevet mere avancerede og har overtaget en række rutineprægede arbejdsopgaver på fabrikkerne. For det andet har software overtaget kalenderstyring, tekstbehandling, beregninger, revision og andre kontoropgaver.

Afsnittets opbygning

Først defineres forskellige typer af teknologisk udvikling, og det forklares, hvordan automatisering kan siges at have særegne egenskaber sammenlignet med andre typer teknologisk fremskridt. Dernæst diskuteres effekterne af automatisering på produktivitet, antal ansatte og lønkvote på virksomhedsniveau. Efterfølgende gennemgås effekterne på samfundsniveau. Disse kan være forskellige fra effekterne på virksomhedsniveau, fordi automatisering også kan påvirke sammensætningen af virksomheder og sektorer, hvilket har betydning for udviklingen i produktivitet og andre variable på samfundsniveau. Derefter følger en diskussion af, hvordan automatisering kan påvirke forskellige dele af arbejdsstyrken, hvilket har betydning for lønforskelle. Til slut diskuteres, om der er samfundsøkonomiske argumenter for at regulere omfanget af automatisering, eksempelvis gennem skattesystemet.

INNOVATIONSTYPER

Tre forskellige slags innovationer

Teknologiske innovationer kan inddeles efter, i hvor høj grad de erstatter eller komplementerer arbejdskraft. Dette har betydning for påvirkningen af økonomien. I det følgende ses nærmere på tre typer af innovationer: Arbejdskraftsudvidende, kapitaludvidende og funktionserstattende innovationer i form af automatisering.

Arbejdskrafts-udvidende innovationer øger typisk lønnen

Arbejdskraftsudvidende innovationer øger arbejdskraftens effektivitet, således at en ansat bliver mere effektiv til at løse en bestemt arbejdsopgave. Disse innovationer er ikke indlejret i fysisk kapital eller i arbejdernes dygtighed (dvs. human kapital), men kan eksempelvis bestå af

forbedringer i arbejdsgange, processer og organisationsformer. Når arbejdskraften bliver mere effektiv til at udføre opgaver, vil virksomhederne typisk ønske at udvide produktionen og dermed øge behovet for arbejdskraft. På samfundsniveau vil dette som hovedregel give udslag i højere løn, jf. boks III.1.

Det samme gælder kapitaludvidende innovationer

Kapitaludvidende innovationer gør maskiner og anden kapital mere effektiv. De kan være indlejret i kapitalen – eksempelvis i form af en ny, hurtigere og mere driftssikker motor eller et mere præcist svejseapparat. Disse innovationer gør også arbejdskraften mere effektiv og vil således også øge lønnen.

Innovationerne kan være kompetenceudvidende og øge lønnen mere for dem med bestemte kompetencer

Nogle gange øger arbejdskrafts- eller kapitaludvidende innovationer primært effektiviteten for medarbejdere med bestemte kompetencer, og dette kan øge lønforskellene. I det tilfælde er der tale om såkaldt kompetenceudvidende innovationer (på engelsk: *skill-biased technological change*). Et eksempel er den øgede brug af computere, som primært kan have øget effektiviteten, og dermed lønnen, for beskæftigede med længere uddannelser, jf. Katz og Murphy (1992) og Krueger (1993).

Automatisering kan derimod mindske løn og beskæftigelse

Funktionserstattende innovationer virker ved automatisering i den forstand, at maskiner eller anden kapital erstatter menneskelig arbejdskraft i udførelsen af en arbejdsopgave. Det kan eksempelvis være en ny type robot, som kan udføre svejsearbejde, der tidligere blev udført af mennesker. Det adskiller sig fra de andre typer af innovationer ved, at det i visse tilfælde kan mindske behovet for den type af arbejdskraft, som erstattes. Derfor kan det potentielt mindske lønnen. I det følgende gennemgås effekterne af automatisering på produktivitet, løn og beskæftigelse på virksomhedsniveau og i samfundet.

BOKS III.1 TYPER AF INNOVATIONER

Denne boks beskriver effekterne af forskellige typer af teknologisk udvikling på lønnen. Først beskrives en neoklassisk produktionsfunktion med faktorudvidende teknologisk vækst. Dernæst beskrives en produktionsfunktion med funktionserstattende teknologisk vækst (automatisering).

Faktorudvidende teknologisk vækst

Produktionen Y er givet ved

$$Y = F(A_K K, A_L L),$$

hvor K og L er hhv. kapital og arbejdskraft, som begge udbydes inelastisk. A_K er kapitaludvidende teknologi, A_L er arbejdskraftsudvidende teknologi og $F()$ er kontinuert differentiabel, konkav og udviser konstant skalaafkast (det kan eksempelvis være CES produktionsfunktion). Acemoglu og Restrepo (2018b) viser, at under antagelse af kompetitive arbejdsmarkeder er effekterne på lønniveauet W af ændringer i A_K og A_L henholdsvis:

$$\frac{d\ln W}{d\ln A_K} = \frac{s_K}{\varepsilon_{KL}} > 0 \quad og \quad \frac{d\ln W}{d\ln A_L} = 1 - \frac{s_K}{\varepsilon_{KL}} \gtrless 0,$$

hvor s_K er kapitalens aflønningsandel, og ε_{KL} er substitutionselasticiteten mellem kapital og arbejdskraft. Heraf følger, at kapitaludvidende innovationer altid øger lønnen og arbejdskraftsudvidende innovationer øger lønnen, hvis $\varepsilon_{KL} > s_K$. Da substitutionselasticiteten typisk estimeres til at være et sted mellem 0,5 og 1, og kapitalens aflønningsandel typisk er mindre end 0,5 på samfundsniveau, vil dette generelt være opfyldt. Det kan ydermere vises, at faktorudvidende innovationer øger (mindsker) aflønningsandelen til den pågældende faktor, når $\varepsilon_{KL} > 1$ ($\varepsilon_{KL} < 1$).

Funktionserstattende teknologisk vækst

Acemoglu og Restrepo (2018b) og Acemoglu og Restrepo (2022a) viser, at funktionserstattende teknologisk vækst kan have negative effekter på lønnen i en generel ligevægtsmodel. I det følgende anvendes et forenklet specialtilfælde af samme produktionsfunktion fra Bonfiglioli mfl. (2020) til at illustrere mekanismerne i partiel ligevægt. Produktionsfunktionen består af summen af et kontinuum af produktionen fra arbejdsopgaver, hvoraf andelen κ enten kan løses af automatiserende kapital k eller arbejdskraft l, og de resterende kun kan løses af arbejdskraft. Forfatterne viser, at under antagelse om, at automatiserende kapital altid er mest effektivt, kan produktionsfunktionen skrives som:

$$y = \varphi \left(\frac{k}{\kappa}\right)^{\kappa} \left(\frac{l}{1-\kappa}\right)^{1-\kappa}$$

Fortsættes

BOKS III.1 TYPER AF INNOVATIONER, FORTSAT

Automatisering består af forøgelser i κ, hvilket resulterer i, at flere opgaver løses af kapital. Efterspørgslen efter arbejdskraft kan skrives som

$$wl = (1 - \kappa)y$$

Her er w lønnen. Heraf ses, at en forøgelse i κ har to modsat rettede effekter på efterspørgslen efter arbejdskraft: Dels erstattes arbejdskraft, hvilket mindsker efterspørgslen gennem $(1 - \kappa)$. Dels øges produktiviteten og dermed produktionen, hvilket øger efterspørgslen efter arbejdskraft gennem y. Den positive effekt på y vises i Bonfiglioli mfl. (2020) og skyldes en antagelse om, at automatisering altid er mere omkostningseffektivt, så når flere opgaver kan løses med kapital, øges produktiviteten. Dermed er effekten af automatisering på efterspørgslen ikke entydig.

Aflønningsforholdet mellem kapital og arbejdskraft kan skrives som:

$$\frac{kr}{lw} = \frac{\kappa}{1 - \kappa}\left(\frac{w}{r}\right)_{,}$$

hvor r er kapitalleje. Heraf ses, at øget κ altid øger kapitalens aflønning relativt til arbejdskraftens og dermed mindsker lønandelen.

EFFEKTER PÅ VIRKSOMHEDSNIVEAU

Automatisering øger produktiviteten …

Når en virksomhed vælger at automatisere arbejdsopgaver, øges timeproduktiviteten, fordi der i højere grad bruges kapital i stedet for arbejdstimer i virksomhedens produktion. Samtidig øges produktionen pr. omkostningskrone. Det skyldes, at virksomheder netop vælger at automatisere, fordi det er mere omkostningseffektivt at anvende kapital end arbejdskraft til at udføre den pågældende arbejdsopgave. Beslutningen om at automatisere kan være drevet af den teknologiske udvikling, som gør maskinerne billigere og i stand til at udføre mere komplekse opgaver – i dette tilfælde er automatisering forbundet med større totalfaktorproduktivitet. Et højere lønniveau kan også tilskynde til automatisering for at spare udgifter til arbejdskraft.

… og mindsker lønandelen

Automatisering mindsker samtidig lønandelen, jf. boks III.1. Det skyldes, at virksomhedernes lønomkostninger falder i forhold til kapitalomkostningerne, fordi maskinerne erstatter arbejdskraft.[1] Derfor stiger kapitalejernes andel af indkomsten, hvorimod lønmodtagernes falder. Lønandelen kan også blive påvirket negativt, hvis den automatiserende virksomhed øger markedsmagten, fordi den får lavere omkostninger og dermed en konkurrencefordel relativt til virksomheder, som ikke automatiserer, jf. diskussionen i *Produktivitet 2022*. Større markedsmagt gør virksomheden i stand til at øge profitten gennem en højere markup, hvorved en mindre andel af indkomsten går til de ansatte.

Automatisering kan enten mindske eller øge behov for arbejdskraft

Automatisering påvirker virksomhedernes efterspørgsel efter arbejdskraft gennem to modsatrettede effekter, jf. boks III.1. Når de ansattes arbejdsopgaver erstattes, mindskes behovet for arbejdskraft. Denne effekt kan imidlertid modvirkes af, at produktiviteten stiger, således at virksomheden ønsker at udvide produktionen og ansætte flere. Hvis erstatningseffekten er større end produktivitetseffekten, falder virksomhedens behov for arbejdskraft og dermed antallet af ansatte.

Selvom antallet af ansatte øges i virksomheden, kan det falde på brancheniveau

Selv i en situation hvor produktivitetseffekten dominerer, så antallet af ansatte stiger i de automatiserende virksomheder, kan beskæftigelsen på brancheniveau alligevel falde, jf. Acemoglu mfl. (2020) og Bonfiglioli mfl. (2020). Det skyldes en såkaldt *business stealing* effekt, som opstår, fordi øget produktivitet og lavere priser betyder, at den automatiserende virksomhed vinder markedsandele fra konkurrerende virksomheder. Hvis reduktionen i beskæftigelse i de konkurrerende virksomheder er større end stigningen i de automatiserende virksomheder, kan den samlede effekt på beskæftigelsen i branchen være negativ.

EFFEKTER PÅ SAMFUNDSNIVEAU

Automatisering øger produktivitet og er som hovedregel en samfundsøkonomisk gevinst

Ligesom andre typer af teknologiske fremskridt øger automatisering produktiviteten og mindsker priserne på samfundsniveau. Det er som hovedregel en velfærdsgevinst for samfundet, omend der kan være særlige tilfælde, hvor det ikke er. De særlige tilfælde diskuteres senere i underafsnittet om samfundsøkonomiske gevinster ved automatisering.

1) Den negative effekt på lønandelen er ikke unik for automatisering. Kapitaludvidende innovationer og arbejdskraftudvidende innovationer kan også mindske lønandelen under visse forudsætninger, jf. boks III.1. Effekterne afhænger af, om substitutionselasticiteten mellem kapital og arbejdskraft er større eller mindre end 1.

Hvis automatisering mindsker behovet for arbejdskraft, kan det sænke realløn og beskæftigelse på samfundsniveau

Som nævnt kan automatisering reducere behovet for arbejdskraft i de enkelte virksomheder, hvis reduktionen i efterspørgslen grundet erstatning af arbejdsopgaver overstiger stigningen i efterspørgslen grundet øget produktivitet. Det indebærer, at automatisering kan lede til lavere realløn på samfundsniveau. En konsekvens af lavere realløn kan være en reduktion i den strukturelle beskæftigelse, jf. Acemoglu og Restrepo (2020) og diskussionen i afsnit II.4. Det skyldes, at en lavere realløn kan mindske gevinsten ved at arbejde og dermed arbejdsudbuddet.

Men gevinsterne er ikke ligeligt fordelt, da lønkvoten kan mindskes, …

Uanset om effekterne på realløn og beskæftigelse er positive eller negative, vil automatisering som hovedregel lede til lavere lønkvote på samfundsniveau. Dette kan skyldes, at virksomhederne øger udgifterne til kapital relativt til arbejdskraft, eller at automatisering som nævnt ovenfor kan lede til større markedsmagt og højere markupper. Dermed får medarbejderne altså en mindre andel af produktivitetsgevinsterne ved automatisering end ejerne af kapitalen.

… hvilket kan øge uligheden og forværre de offentlige finanser

En lavere lønkvote betyder typisk øget indkomstulighed, da personer med høje indkomster i gennemsnit får en større del af deres indkomst fra kapital og dermed oplever en relativ indkomstfremgang, når kapitalens andel af indkomsten stiger. En lavere lønkvote kan desuden forværre de offentlige finanser, fordi kapitalindkomst typisk beskattes mere lempeligt end lønindkomst, jf. *Dansk Økonomi, Efterår 2022*.

***Business stealing* kan forstærke effekter på lønkvote og produktivitet**

Som nævnt ovenfor kan *business stealing* effekter betyde, at effekterne af automatisering er stærkere på samfundsniveau end i de enkelte virksomheder. Hvis automatiserende virksomheder med høj produktivitet og lave lønkvoter tager markedsandele fra andre virksomheder, vil disse virksomheder fylde mere i økonomien. Det trækker i retning af højere produktivitet og lavere lønkvote på samfundsniveau.

Sektorskift kan begrænse effekterne på produktivitet og lønkvote

Automatisering kan også give anledning til, at beskæftigelse flytter mellem brancher, og det kan begrænse de langsigtede produktivitetsgevinster, jf. Aghion mfl. (2018). Hvis automatisering i højere grad øger produktiviteten i fremstillingssektoren end i servicesektoren, kan der flytte beskæftigede fra fremstilling til service for at imødekomme en øget efterspørgsel på serviceydelser. Hvis produktivitetsvæksten også fremover er lavest i servicesektoren, vil dette sektorskift lægge en dæmper på den fremtidige samlede produktivitetsvækst, da service nu udgør en større andel af beskæftigelsen, jf. Baumol og Bowen (1965) og Baumol (1967). Dette kaldes Baumols omkostningssyge. Den samme mekanisme kan begrænse faldet i lønkvoten på samfundsniveau, jf. Autor og Solomons (2018). Hvis beskæftigelsen flytter fra au-

tomatiserende virksomheder med lave lønkvoter mod andre virksomheder med høje lønkvoter, vil det således mindske faldet i lønkvoten på samfundsniveau.

BAUMOLS OMKOSTNINGSSYGE

Baumols omkostningssyge opstår, fordi produktivitetsvæksten er større i nogle brancher (f.eks. fremstilling) end i andre (f.eks. service). Hvis forbrugerne samtidig har et ønske om, at forbruget af serviceprodukter til en vis grad skal følge forbruget af fremstillingsvarer, vil beskæftigelsen flytte fra fremstilling til service. Dermed kompenseres for den lavere produktivitetsvækst i servicesektoren, således at produktionen i service holder trit med produktionen i fremstillingssektoren. Tilpasningen sker via markedskræfterne, idet priserne stiger mere på serviceydelser, så det bliver muligt at øge lønnen for at tiltrække flere beskæftigede til sektoren.

Rutineprægede jobs er lettere at automatisere

Nogle typer af arbejdsopgaver er lettere at automatisere end andre, og derfor kan automatisering have forskellige effekter på forskellige grupper af beskæftigede. Det er lettere for computere, robotter og andre maskiner at løse rutineprægede arbejdsopgaver, som kan sættes på formel, jf. Autor mfl. (2003). Opgaver af mere uforudsigelig og varierende karakter er derimod vanskeligere at automatisere, fordi det er svært at programmere maskinerne til at håndtere de mange mulige situationer. Derfor er det generelt lettere at automatisere rutineprægede opgaver.

RUTINEPRÆGEDE ARBEJDSOPGAVER

Hvis en arbejdsopgave er forudsigelig og let at sætte på formel, er den rutinepræget. Det betyder, at det er lettere at programmere en computer til at udføre opgaven eventuelt ved at styre en robot eller en anden maskine. Rutineprægede opgaver kan eksempelvis være samlebåndsarbejde, lagerarbejde, indtastning, beregning og visse typer af bogholderiopgaver.

Opgaver, som ikke er rutineprægede, er omvendt svære at sætte på formel. Det er typisk, fordi de stiller krav til sociale kompetencer (f.eks. tjener eller pædagogmedhjælper), evne til at tilpasse sig forskellige vilkår i arbejdsopgaven (f.eks. stilladsarbejder eller kok) eller analytisk evne (f.eks. advokat eller ingeniør).

Lønforskellene øges, hvis job, der bestrides af kortuddannede, automatiseres, …

Automatisering kan øge lønforskellene i samfundet, hvis rutineprægede job i højere grad bestrides af personer med kortere uddannelser. Acemoglu og Restrepo (2022) argumenterer for, at robotter, computere og andre maskiner har overtaget mange rutineprægede arbejdsopgaver i USA i løbet af de seneste 40 år, hvilket har øget uligheden. Ifølge forfatterne har automatisering bidraget til at reducere indkomsterne for kortuddannede med mellemindkomstjob. Automatisering har således mindsket antallet af mellemindkomstjob på fabrikker og kontorer, så en større del af arbejdsstyrken arbejder i høj- og lavindkomstjob, som i mindre grad har kunnet automatiseres. Til kategorien af lavindkomstjob, som har været vanskelige at automatisere, hører en række servicejob, såsom salgsassistenter, rengøringsassistenter og pleje- og omsorgspersonale. Dermed kan automatisering have skabt øget polarisering i indkomstfordelingen, så en større del af arbejdsstyrken enten har høje eller lave indkomster, jf. Manning mfl. (2014).

… eller hvis produktiviteten stiger mere for dem med længere uddannelser

Som nævnt kan computere og andre teknologier også være forbundet med kompetenceudvidende tekniske fremskridt og derved øge produktiviteten og lønnen mere for beskæftigede med lange uddannelser. Dette kan også bidrage til at øge lønforskellene, men vil ikke nødvendigvis skabe øget polarisering i indkomstfordelingen.

Globalisering har betydning for konsekvenserne af automatisering

Udenrigshandel og internationale kapitalbevægelser kan have betydning for, hvordan automatisering påvirker økonomien. Hvis de automatiserende virksomheder, som vinder markedsandele, opererer på et internationalt marked, så markedsandelene primært tages fra udenlandske konkurrenter, kan det indenlandske fald i beskæftigelsen grundet *business stealing* være begrænset, jf. Aghion mfl. (2020). Omvendt

kan automatisering i andre lande også påvirke den indenlandske økonomi og indebære lavere beskæftigelse i de dele af økonomien, der udsættes for øget konkurrence og potentielt lavere løn. Desuden kan de føromtalte effekter på lønkvoten afhænge af, i hvor høj grad de indenlandske kapitalmarkeder er forbundet til udlandet. I det omfang at afkastet på kapital er bestemt af det internationale renteniveau, og dermed ikke påvirkes af indenlandske virksomheders automatisering, kan påvirkningen på indenlandske kapitalejeres indkomst være begrænset. I stedet er det omfanget af automatisering på globalt plan, som har betydning for lønkvoten.

AUTOMATISERING PÅ LANG SIGT

Vil den teknologiske udvikling på sigt gøre mennesker overflødige?

De langsigtede effekter af automatisering afhænger i høj grad af, om der er grænser for, hvilke arbejdsopgaver teknologien kan overtage. I litteraturen er der således en diskussion om, hvorvidt den teknologiske udvikling på lang sigt vil gøre mennesker overflødige i produktionen, jf. Acemoglu og Restrepo (2018a). På den ene side argumenterer Brynjolfsson og MacAfee (2014) for, at kunstig intelligens og anden software bliver bedre til at udføre komplekse og mindre rutineprægede opgaver og dermed på sigt kan erstatte læger, advokater, journalister og lignende job. På den anden side argumenterer Gordon (2018) for, at den teknologiske vækst er aftaget, og at tidligere forudsigelser om, hvor mange arbejdsopgaver ny teknologi kan overtage, har vist sig at være overvurderet.

Nye arbejdsopgaver kan modvirke langsigtede, negative effekter af automatisering

Eventuelle negative konsekvenser af automatisering på fordeling og beskæftigelse kan blive modvirket af, at den teknologiske udvikling også skaber nye arbejdsopgaver, som øger behovet for arbejdskraft, jf. Acemoglu og Restrepo (2018a) og Hémous og Olsen (2020). Dette kan f.eks. skyldes nye produkter eller serviceydelser, som er vanskelige at automatisere, herunder arbejdsopgaver relateret til vedligeholdelse, programmering og installation af de automatiserende teknologier.

Uddannelse kan modvirke effekt på ulighed og beskæftigelse, …

De langsigtede konsekvenser afhænger også af, om arbejdsstyrkens kompetencer tilpasser sig, så den bliver bedre til at varetage opgaver, der er vanskelige at automatisere. Denne tilpasning kan ske gennem uddannelse, så færre uddanner sig til job, som er nemme at automatisere, jf. Grossmann og Oberfield (2022). Her kan både være tale om ændringer i indholdet på de enkelte uddannelser og ændringer i, hvor mange personer, der læser forskellige uddannelser.

… men iboende evner og ønsker kan begrænse stigninger i uddannelsesniveau

På sigt er det dog ikke sikkert, at tilpasninger af befolkningens uddannelsesniveau fuldt ud kan modvirke konsekvenserne for ulighed, jf. Prettner og Strulik (2019). Det skyldes, der kan være forskelle i iboende evner og lyst til at tage bestemte uddannelser. Det kan afholde dele af befolkningen fra at tage en uddannelse, som svarer til de ændrede kompetencekrav, der stilles af den ny teknologi.

ER DER SAMFUNDSØKONOMISKE GEVINSTER FORBUNDET MED REGULERING AF AUTOMATISERING?

Ingen samfundsøkonomisk gevinst ved regulering i fravær af markedsfejl

I fravær af markedsfejl vil de samfundsøkonomiske gevinster ved automatisering svare til den enkelte virksomheds afkast. Dermed er der ikke samfundsøkonomiske gevinster ved regulering, som mindsker eller sænker virksomhedernes investeringerne i automatisering. Således er der ikke et samfundsøkonomisk argument for at subsidiere, beskatte eller på anden vis regulere virksomhedernes investeringer i automatiserende maskiner, omend der selvfølgelig kan være fordelingsmæssige hensyn, hvis automatisering øger uligheden, jf. Costinot og Werning (2019) og Guerreiro mfl. (2022).

Andre forvridninger i økonomien kan i princippet tilsige regulering af automatisering …

Hvis der er forvridninger i økonomien, som giver virksomhederne et for stærkt incitament til at automatisere produktionen, kan der i princippet være et argument for at begrænse automatisering. F.eks. kan fagforeninger eller offentlig understøttelse betyde, at lønniveauet er højere end i en markedsligevægt, jf. Acemoglu (2021) og Acemoglu og Restrepo (2018). Hvis lønnen er for høj i forhold til markedsligevægten, giver det virksomhederne et uhensigtsmæssigt stort incitament til at begrænse brugen af arbejdskraft for eksempel gennem automatisering.

… for eksempel imperfekte forsikringsmarkeder

En anden type af forvridning er imperfekte forsikringsmarkeder, som gør det vanskeligt for medarbejdere at forsikre mod et midlertidigt indkomsttab som følge af automatisering, jf. Beraja og Zorzis (2022). Dette indebærer et velfærdstab, som kan modvirkes med en statsstøttet forsikringsordning, såsom dagpenge.

Handel kan mindske de afbødende effekter af skatter og anden indenlandsk regulering

International handel kan betyde, at skatter og anden indenlandsk regulering ikke er et virkningsfuldt instrument til at afbøde de eventuelle negative konsekvenser af automatisering, jf. Aghion mfl. (2020). Det skyldes, at udenlandske automatiserende virksomheder, som ikke er begrænset af regulering, kan udkonkurrere indenlandske virksomheder, hvilket alt andet lige vil sænke efterspørgslen efter arbejdskraft. Dermed kan det være vanskeligt at undgå de eventuelle negative konsekvenser af automatisering udelukkende ved brug af indenlandsk regulering.

KONKLUSION

I afsnittet gennemgås teorier for, hvordan automatisering påvirker produktivitet, beskæftigelse og fordeling.

Automatisering øger produktiviteten

Når maskinerne overtager arbejdsopgaver, øges timeproduktiviteten. Automatisering indebærer også en produktivitetsgevinst i den forstand, at den samme mængde produktion kan tilvejebringes med et mindre ressourceforbrug. Det skyldes, at virksomhederne vælger at automatisere, fordi de vurderer, at maskinerne er billigere end den arbejdskraft, de erstatter. Produktivitetsgevinsten kan imidlertid være lille i forhold til omfanget af arbejdsopgaver, der erstattes.

Lønkvoten kan sænkes, hvilket kan øge ulighed og forværre den offentlige saldo

Automatisering kan også have konsekvenser for fordeling. Lønkvoten kan mindskes, fordi en større del af omsætningen går til aflønning af maskiner relativt til arbejdskraft. Dette kan øge uligheden, fordi kapitalejerne får mere indkomst relativt til lønmodtagerne. Det kan også forværre den offentlige saldo, fordi kapitalindkomst i gennemsnit er lempeligere beskattet end lønindkomst.

Automatisering kan sænke løn og beskæftigelse samt øge lønforskelle

Under visse omstændigheder kan automatisering sænke reallønnen for de grupper, som bliver erstattet af den ny teknologi. Det skyldes, at automatisering kan sænke behovet for arbejdskraft, hvilket trækker reallønnen ned. Hvis denne negative effekt overstiger gevinsten ved automatisering i form af lavere priser på varer, fordi produktiviteten er øget, kan reallønnen falde. Her adskiller automatisering sig fra anden teknologisk vækst, som øger reallønnen. En lavere realløn vil resultere i lavere beskæftigelse, hvis arbejdsudbuddet afhænger positivt af lønnen. Automatisering kan også øge lønforskellene, hvis det i højere grad er arbejdsopgaver for lavindkomstgrupper, som automatiseres.

Effekter på virksomheds-, branche- og samfundsniveau kan være forskellige

Effekterne af automatisering kan være forskellige på virksomheds-, branche- og samfundsniveau. Det skyldes, at automatisering kan påvirke den relative størrelse af virksomheder og brancher, hvilket har betydning for den samlede produktivitet, løn og beskæftigelse i økonomien. Eksempelvis er højere beskæftigelse i en automatiserende virksomhed ikke ensbetydende med større beskæftigelse på brancheniveau. Der kan således være en *business stealing* effekt, hvor virksomheden tager markedsandele fra konkurrenter i samme branche, som dermed må reducere antallet af ansatte.

Effekterne på lang sigt afhænger af, hvordan teknologien og arbejdsstyrkens kompetencer udvikler sig

De langsigtede konsekvenser af automatisering for produktivitet, fordeling og beskæftigelse afhænger af, hvorvidt den teknologiske udvikling ændrer behovet for forskellige typer af arbejdskraft, og i hvor høj grad det ændrede behov modsvares af ændringer i arbejdsstyrkens kompetencer. For det første afhænger de langsigtede effekter i høj grad af, om automatisering kan udbredes til alle dele af økonomien, eller om der er grænser for, hvilke arbejdsopgaver teknologien kan overtage. Derudover kan eventuelle negative konsekvenser for beskæftigelsen og indkomstfordelingen blive modvirket af, at den teknologiske udvikling også kan skabe nye arbejdsopgaver og dermed øge behovet for arbejdskraft. Det kan for eksempel være til produktion af nye produkter eller til installation og programmering af de automatiserende teknologier. Det kan også mindske konsekvenserne af automatisering, hvis arbejdsstyrkens kompetencer tilpasser sig, så den i højere grad kan udføre opgaver, der er vanskelige at erstatte med maskiner. Dette kan ske gennem uddannelse og efteruddannelse af arbejdsstyrken. Tilpasningen afhænger af, om arbejdsstyrken har lysten og evnerne til at tage den nødvendige uddannelse.

III.3 RESULTATER FRA LITTERATUREN

Afsnittet beskriver måling og metoder samt resultater fra litteraturen

Forrige afsnit afdækkede konsekvenserne af automatiseringen set fra et teoretisk perspektiv. Dette afsnit præsenterer resultaterne fra en række empiriske undersøgelser, som evaluerer, hvorvidt de teoretiske forudsigelser holder i virkeligheden. I afsnittet redegøres først for, hvordan automatisering måles i litteraturen. Dernæst beskrives de mest anvendte metoder til at undersøge effekterne af automatisering på produktivitet, beskæftigelse og lønkvote. Sidst i afsnittet opsummeres resultaterne fra den empiriske litteratur. Afsnittet afspejler litteraturen ved primært at have fokus på effekterne af automatisering i fremstillingssektoren.

Empiriske undersøgelser verificerer teoretiske forudsigelser

I det seneste årti er adgangen til mikrodata om automatiseringen blevet mere udbredt, jf. Raj og Seamans (2018). Det har medført et væld af studier, der analyserer, hvad der sker indenfor den enkelte virksomhed efter den begynder at anvende automatiserende teknologi. Dette afsnit har derfor særlig fokus på studier, som estimerer effekterne på virksomhedsniveau. Generelt finder litteraturen, at automatiserende fremstillingsvirksomheder øger timeproduktiviteten og beskæftigelsen, mens lønkvoten i virksomhederne falder.

MÅLING AF AUTOMATISERING

Automatiserende teknologier kan være industrirobotter og kunstig intelligens

Som nævnt i forrige afsnit er automatisering defineret som maskiners overtagelse af menneskers arbejdsopgaver. Litteraturen giver en række bud på forskellige teknologier, som har overtaget menneskers arbejdsopgaver. De fleste undersøgelser fokuserer på industrirobotter. Nyere studier anvender en bredere definition, som udover industrirobotter inkluderer andre typer af kapital, f.eks. computerstyrede produktionsmaskiner til standardiseret fremstilling af produkter i metal, træ og plastik. Der er også nyere studier, som undersøger effekterne af kunstig intelligens og anden software.

Det er et empirisk spørgsmål, om en teknologi er automatiserende

I sidste ende er det et empirisk spørgsmål, i hvor høj grad en given teknologi erstatter menneskers arbejde og dermed kan betegnes som automatiserende. Eksempelvis peger de få empiriske studier, som sammenligner robotter og kunstig intelligens, på, at de to teknologier har forskellige effekter. Robotter erstatter typisk arbejdskraft i de mest standardiserede opgaver, jf. Acemoglu mfl. (2022). Kunstig intelligens skaber i højere grad nye opgaver i virksomheden og dermed nye jobs på lang sigt. Det kan skyldes, at kunstig intelligens i visse tilfælde er et værktøj, som gør medarbejderne i stand til at udføre nye opgaver, mens robotter ikke nødvendigvis kræver menneskelig interaktion. Effekterne af kunstig intelligens på produktivitet og beskæftigelse kan desuden være tvetydige, fordi kategorien dækker over mange forskellige teknologier, som oftest er udviklet til forskellige formål, f.eks. forudsigelse, målefejlskorrektion og tekstgenkendelse, jf. Agrawal mfl. (2019).

Måling af automatisering ved spørgeskemaer eller importdata

Desværre er det sjældent, at der indsamles data, som indeholder en detaljeret beskrivelse af virksomhedernes investeringer i forskellige typer kapital, herunder automatisering. Litteraturen anvender i fraværet af detaljeret investeringsdata to forskellige typer information til at måle automatisering. Det drejer sig om henholdsvis spørgeskemaer og importdata. Ingen af tilgangene er perfekte, og der er fordele og ulemper ved dem begge.

Måling ved spørgeskemaer

Nogle studier anvender spørgeskemaer, hvor virksomhederne har svaret på, om de bruger automatiserende teknologier i produktionsprocessen. Eksempler på studier der anvender denne tilgang er Bessen mfl. (2023), Cheng mfl. (2019), Genz mfl. (2021), Koch mfl. (2021) og Acemoglu mfl. (2022). Oplysningerne er mere eller mindre detaljerede afhængig af undersøgelsen, men det er sjældent, at virksomhederne svarer på, hvor mange teknologier de har installeret, og hvor meget de har investeret i teknologierne. Svarene på spørgeskemaerne siger der-

med ikke noget om omfanget af automatisering i virksomhederne. Typisk spørges der til, om virksomheden har installeret en række specifikke teknologier: robotter, kunstig intelligens, maskinlæring (machine learning) osv. Virksomheden indikerer for hver teknologi, om den direkte bidrager til virksomhedens produktionsproces.

Måling ved importdata sætter kroner på automatisering …

Alternativt anvender litteraturen importdata til at måle automatisering. Eksempler på denne tilgang er Acemoglu mfl. (2020), Aghion mfl. (2020), Bonfiglioli mfl. (2020), Dixon mfl. (2021), Domini mfl. (2021), Humlum (2022) og Adachi mfl. (2022). Fordelen ved importdata i forhold til spørgeskemaer er, at der er data for alle importerende virksomheder, hvor spørgeskemaerne typisk omfatter et mindre antal virksomheder. Derudover giver det en indikation af, hvor meget automatisering fylder i virksomheder og samfundet målt i kr. Importdataene er meget detaljerede, hvilket muliggør identifikationen af snævre homogene grupper af forskellige automatiserende teknologier.

… men har også en række ulemper

Ulempen er, at automatiserende kapital ikke fremgår direkte af importdataene. Der observeres kun løbende investeringer, og en række antagelser om nedslidningsraterne er nødvendige, hvis investeringerne skal omregnes til et kapitalbeholdning. Desuden måler importdata ikke automatiserende teknologi købt af indenlandske producenter, hvilket kan føre til, at investeringerne undervurderes. Derudover kan det være svært at vurdere, om virksomheden bruger teknologien i produktionen eller importerer den med henblik på videresalg. Derfor har litteraturen udviklet metoder til at verificere tilgangen, så importdata mere præcist kan bruges til at identificere automatiserende kapital.

Analysen i dette kapitel benytter importdata

Analysen i afsnit III.5 benytter importdata til at måle automatisering og skelne mellem automatiserende og ikke-automatiserende virksomheder. Det vil sige, hvis en fremstillingsvirksomhed importerer en maskine, som kan bruges til at automatisere produktionsprocessen, betragtes denne virksomhed som en automatiserende virksomhed.

METODER TIL EFFEKTANALYSER AF AUTOMATISERING

Event study sammenligner automatiserende virksomheder med andre virksomheder …

Effekterne af automatisering på for eksempel produktivitet, beskæftigelse og lønkvote estimeres ved hjælp af forskellige metoder. Den mest udbredte og mindst datakrævende metode er det såkaldte *event study*. Denne tilgang anvendes blandt andet af Bessen mfl. (2023) og Domini mfl. (2021) og diskuteres i Aghion mfl. (2022). Humlum (2022) benytter tilgangen på danske data til at undersøge effekterne af automatisering på omsætning og løn, og bruger resultaterne senere som

en motivation og input for yderligere analyser. Metoden kigger på udviklingen i produktivitet og andre variable før og efter automatiseringen, idet virksomheden sammenlignes med virksomheder, som ikke automatiserer i samme periode. Tilgangen kan anvendes, fordi størstedelen af investeringerne i automatisering ofte afholdes omkring det første år, jf. afsnit III.5. Derfor kan automatisering tolkes som en enkelt diskret begivenhed, som finder sted over en kortere årrække.

… og kombineres i analysen i dette kapitel med *matching*

Som udgangspunkt tager metoden ikke højde for andre faktorer, som kan påvirke virksomhedens produktivitet, beskæftigelse og lønkvote samtidig med automatiseringen, f.eks. virksomhedens størrelse. Derfor kombinerer nogle studier event study-tilgangen med *matching,* hvor en automatiserende virksomhed sammenlignes med en ikke-automatiserende virksomhed, hvis karakteristika ligner hinanden før automatiseringen, jf. Koch mfl. (2021) og Humlum (2022). Denne tilgang anvendes i analysen af danske fremstillingsvirksomheder i afsnit III.5.

Effekter kan i nogle tilfælde estimeres ved hjælp af en instrumentvariabel

En anden metode er den såkaldte *instrumentvariabel (IV) estimation*. Med denne metode udnyttes tilfældige stød, som giver nogle virksomheder bedre mulighed for automatisering end andre. Det kan eksempelvis være et fald i priserne på import af robotter fra et bestemt land, som gør det særligt billigere at importere robotter for virksomheder, som i forvejen har gode importkontakter til det pågældende land, jf. Aghion mfl. (2020) og Bonfiglioli mfl. (2020). Udfordringen ved metoden er, at det kan være svært at finde et instrument, som er præcist nok til at estimere effekterne i et givent datasæt.

Strukturelle modeller kan give et bud på makroøkonomiske effekter

En tredje tilgang til estimation af effekter af automatisering er at bruge en strukturel model med henblik på at knytte empirisk evidens til teorien om automatisering. Dette giver sammenhængen mellem automatiseringen, produktionen og beskæftigelsen. Eksempler på denne tilgang er Adachi mfl. (2022) og Humlum (2022). Disse beregninger vil typisk afhænge af de konkrete antagelser i modellen, det undersøgte land og tidsperioden.

EFFEKTER PÅ PRODUKTIVITET

Typisk findes store effekter på produktiviteten

De empiriske analyser finder, at der er en tendens til, at de automatiserende virksomheder vokser hurtigere og producerer mere efter automatisering, end de gjorde før automatisering, jf. tabel III.1.[2] Langt de

2) Tabellen viser et udvalg af studier, som har fokus på vestlige lande og illustrerer de forskellige analysetilgange.

fleste undersøgelser beskæftiger sig med industrirobotter i fremstillingsvirksomheder, som er et af de mest typiske eksempler på en automatiserende teknologi. Et studie fra Danmark finder positive effekter på omsætningen på ca. 20 pct., men estimerer ikke effekterne på produktivitet direkte, jf. Humlum (2022). I stedet beregnes effekterne på produktivitet i en strukturel model ved at gøre en række antagelser om produktionsfunktionen og faste omkostninger ved automatiseringen. I Spanien stiger virksomhedens produktion med 20-25 pct. indenfor de første fire år efter automatiseringen, jf. Koch mfl. (2021). Det skyldes blandt andet en højere totalfaktorproduktivitet, som stiger med ca. 1,3 pct. årligt. I franske fremstillingsvirksomheder stiger produktionen med ca. 30-35 pct. i løbet af de første 8 år efter automatisering, jf. Aghion mfl. (2020), og værditilvæksten er ca. 20 pct. højere, jf. Acemoglu mfl. (2020). Det sker samtidig med en ca. 4 pct. stigning i timeproduktiviteten. En række studier fra andre lande dokumenterer lignende positive effekter på produktivitet, omsætning og værditilvækst, f.eks. i USA, jf. Acemoglu mfl. (2022), Canada, jf. Dixon mfl. (2021), Kina, jf. Cheng mfl. (2019), Japan, jf. Dekle (2020), og Indonesien, jf. Ing og Zhang (2022). Uafhængig af analysetilgangen finder de fleste studier positive effekter af en automatiseringsbegivenhed på fremstillingsvirksomheders timeproduktivitet, som ligger i intervallet mellem 4-9 pct.

Resultater af forskellige studier kan ofte ikke direkte sammenlignes

Undersøgelserne er ret forskellige i forhold til identifikationsstrategi og de anvendte data. Derfor kan de kvantitative estimater ikke altid direkte sammenlignes. Eksempelvis er der forskel på opgørelsen af automatisering afhængig af hvilke spørgsmål, der anvendes i spørgeskemaet og hvilke maskiner, der indgår i de importbaserede definitioner. Desuden afhænger estimaterne af hvilket mål for produktivitet, som er anvendt i analysen. Flere af studierne anvender totalfaktorproduktivitet (TFP) som produktivitetsmål, men der er forskellige tilgange til at beregne dette, hvilket kan give forskellige resultater. Eksempelvis kan TFP beregnes ud fra omsætningen, værditilvækst eller andre mål for produktion. Det kan være svært at skelne mellem, om den estimerede effekt skyldes en forøgelse i markuppen eller i produktiviteten, hvis TFP er beregnet ud fra omsætningen eller værditilvæksten uden at kontrollere for virksomhedsspecifikke enhedspriser. Flere studier har undersøgt sammenhængen og har fundet, at automatisering fører til højere markupper, jf. Bonfiglioli mfl. (2020) og Jørgensen (2020). Det kan skyldes, at virksomheden har markedsmagt og kan holde priserne på samme niveau, selvom omkostningerne er faldet på grund af automatisering. Dermed stiger markuppen.

TABEL III.1 EFFEKTER AF AUTOMATISERING PÅ PRODUKTIVITET

Uafhængig af analysetilgangen finder de fleste studier positive effekter af en automatiseringsbegivenhed på fremstillingsvirksomheders timeproduktivitet, som ligger i intervallet mellem 4-9 pct.

Studie	Land og periode	Mål	Effekt
Event study			
Acemoglu mfl. (2020)	Frankrig (2010-2015)	Import (robotter)	+ 20 pct. BVT + 4 pct. BVT pr. time + 2,4 pct. TFP
Acemoglu mfl. (2022)	USA (2016-2018)	Spørgeskema (robotter)	+ 9,1 pct. BVT pr. time
Instrument			
Bonfiglioli mfl. (2020)	Frankrig (1994-2013)	Import (robotter)	+ 13 pct. omsætning +5,1 pct. BVT pr. time + 3 pct. TFP
Dixon mfl. (2021)	Canada (1996-2017)	Import (robotter)	+ 0,02 pct. TFP
Model			
Humlum (2022)	Danmark (1995-2015)	Import (automatisering)	+ 20 pct. omsætning + 6,8 pct. TFP
Koch mfl. (2021)	Spanien (1990-2016)	Spørgeskema (robotter)	+ 20 pct. produktion + 1,3 pct. TFP

Anm.: Tabellen viser et udvalg af studier, som har fokus på vestlige lande og illustrerer forskellige analysetilgange. Alle studier bruger en indikator for automatiseringen som forklarende variabel. Acemoglu mfl. (2022) har separate estimater for servicesektoren, som ikke er vist i tabellen. Dixon mfl. (2021) bruger dog en kontinuert variabel, som afspejler virksomhedens robotkapital. Estimatet er væsentlig mindre end i de andre studier, da det måler effekten af at øge robotkapitalen med 1 pct. Alle effekter er indenfor virksomheder. Humlum (2022) benytter event study-tilgangen til at undersøge effekten på omsætningen, mens effekten på TFP er estimeret i en strukturel model. Koch mfl. (2021) kontrollerer for virksomhedsspecifikke input og output priser, hvilket muliggør beregningen af effekten på produktionen målt i antal fysiske enheder.

Effekten er betydelig sammenlignet med forskning og udvikling

Effekten af automatisering på produktiviteten er relativt stor. For eksempel ligger det mest konventionelle estimat af effekten af forskning og udvikling på produktivitet i studier med lignende identifikationsstrategier, dvs. event study og matching, på ca. 10-20 pct., jf. Mohnen og Hall (2013). Forskning og udvikling betragtes normalt som en af de primære drivkræfter bag produktivitetsudviklingen og anvendes ofte som et benchmark. Eksempelvis finder studier, som sammenligner

produktivitetseffekter af forskning og udvikling med eksport og offshoring, at forskning og udvikling kan forklare ca. 60-70 pct. af udviklingen i produktiviteten, mens de resterende 30-40 pct. kan tilskrives de øvrige faktorer, jf. Aw mfl. (2011) og Bøler mfl. (2015). Selvom estimaterne kan være svære at fortolke, fordi de forklarende variable er defineret på forskellige måder, er det bemærkelsesværdigt, at de estimerede effekter af automatisering er på samme niveau med forskning og udvikling.

EFFEKTER PÅ BESKÆFTIGELSE

De fleste finder positiv effekt på beskæftigelsen på virksomhedsniveau

Litteraturen på virksomhedsniveau finder generelt en positiv effekt på beskæftigelsen i virksomheder, som automatiserer, jf. tabel III.2.[3] Studierne fokuserer på industrirobotter og fremstillingsvirksomheder, hvor industrirobotter er mest udbredte. Typisk øger automatiserende fremstillingsvirksomheder beskæftigelsen med mellem 2 og 10 pct. Den positive effekt på beskæftigelsen kan skyldes, at virksomhederne udvider produktionen, fordi de mindsker priserne og dermed øger omsætningen.[4] Dette lader altså til at opveje eventuelle negative effekter på virksomhedens efterspørgsel efter arbejdskraft fra, at visse medarbejdere udskiftes med maskiner.

En undersøgelse fra Danmark viser fald i antal produktionsarbejdere og deres løn

Risikoen for, at ens arbejdsopgave bliver erstattet af en automatiserende teknologi, er højere indenfor de mest standardiserede og rutineprægede opgaver, som eksempelvis montage, skæring og svejsning. Studierne finder således de største negative effekter af automatisering på blandt andet beskæftigelse, lønninger og karriereudvikling for jobfunktioner med mange rutineprægede opgaver. For eksempel viser resultater fra Danmark, at på trods af at den gennemsnitlige ansattes løn stiger med 0,8 pct. som følge af automatiseringen, falder produktionsarbejdernes lønninger med 5,4 pct., jf. Humlum (2022). Derudover viser denne strukturelle tilgang, at velfærdstabet er højest for de ældre produktionsarbejdere, mens de yngre produktionsarbejdere stadigvæk kan nå at skifte job og tilegne sig nye kompetencer.

3) Tabellen viser et udvalg af studier, som har fokus på vestlige lande og illustrerer forskellige analysetilgange.

4) Som nævnt er der også tegn på en positiv effekt på markupperne. Dette er ikke nødvendigvis i uoverensstemmelse en negativ effekt på priserne. Det er således muligt, at marginalomkostningerne reduceres mere end priserne, hvilket vil give en forøgelse i markupperne, jf. *Produktivitet, 2022.*

TABEL III.2 EFFEKTER PÅ BESKÆFTIGELSE OG LØNKVOTE

Litteraturen finder robuste negative effekter på lønkvoten i automatiserende fremstillingsvirksomheder. Et studie peger på, at robotter fører til stigende ulighed (højere variation) i lønninger.

Studie	Land og periode	Mål	Effekt
Event study			
Acemoglu mfl. (2020)	Frankrig (2010-2015)	Import (robotter)	- 4,3 pct.point lønkvote + 10,9 pct. beskæftigelse i timer + 0,9 pct. timeløn
Acemoglu mfl. (2022)	USA (2016-2018)	Spørgeskema (robotter)	- 2,7 pct.point lønkvote
Bessen mfl. (2020)	Holland (2000-2016)	Spørgeskema (automatisering)	+ 10 pct. antal ansatte - 20 pct. daglig løn
Koch mfl. (2021)	Spanien (1990-2016)	Spørgeskema (robotter)	- 5 pct.point lønkvote + 10 pct. beskæftigelse i timer
Instrument			
Bonfiglioli mfl. (2020)	Frankrig (1994-2013)	Import (robotter)	- 10 pct. antal ansatte
Dixon mfl. (2021)	Canada (1996-2017)	Import (robotter)	+ 0,015 pct. antal ansatte
Faia mfl. (2022)	Italien (1995-2017)	Antal robotter i branche	+ 0,2 pct. lønulighed
Model (kun aggregerede effekter)			
Adachi mfl. (2022)	Japan (1978-2017)	Antal robotter i branche	+ 4 pct. timeløn + 2 pct. antal ansatte - 2 pct. arbejdstimer
Humlum (2022)	Danmark (1995-2015)	Import (automatisering)	- 1,5 pct.point lønkvote

Anm.: Tabellen viser et udvalg af studier, som har fokus på vestlige lande og illustrerer forskellige analysetilgange. Alle studier bruger en indikator for automatiseringen som forklarende variabel. Acemoglu mfl. (2022) og Bessen mfl. (2020) har separate estimater for servicesektoren, som ikke er vist i tabellen. Dixon mfl. (2021) bruger dog en kontinuert variabel, som afspejler virksomhedens robotkapital. Derfor er effekten væsentlig mindre sammenlignet med andre studier. Alle *event study* og *instrumentvariabel* effekter er indenfor virksomhed. Adachi mfl. (2022) kigger kun på de aggregerede beskæftigelseseffekter på tværs af brancher. Humlum (2022) beregner kun den aggregerede effekt på lønkvoten i industrien.

Undersøgelser fra andre lande tegner ikke et entydigt billede

I en undersøgelse af canadiske fremstillingsvirksomheder øger automatisering beskæftigelsen indenfor virksomheden, mens antallet af jobs i ledelsespositioner falder, jf. Dixon mfl. (2021). Det kan være en konsekvens af, at ansvarsområdet for den enkelte leder er blevet større på grund af automatisering. Desuden er det hverken højt eller lavt kvalificeret arbejdskraft, der bliver erstattet af maskiner, men kun de mellemkvalificerede ansatte. Kvalifikationer skal i denne sammenhæng forstås som eksempelvis forskelle i uddannelse og erhvervsrelateret erfaring. I Frankrig øges beskæftigelsen af højt kvalificeret arbejdskraft ved automatiseringen, men der findes ikke nogle signifikante effekter på den gennemsnitlige løn, jf. Bonfiglioli mfl. (2020) og Acemoglu mfl. (2020). Lignende konklusioner dokumenteres i Holland, jf. Bessen mfl. (2023), Spanien, jf. Koch mfl. (2021), og Indonesien, jf. Ing og Zhang (2022). Det kan skyldes, at i modsætning til det danske studie kan lønningerne og kompetencer af de enkelte produktionsarbejdere ikke observeres i de fleste af disse undersøgelser.

Tegn på negative effekter på brancheniveau, som kan skyldes *business stealing*

Effekterne på branche- eller samfundsniveau er ikke nødvendigvis de samme, som effekterne på virksomhedsniveau, jf. afsnit III.2. Eksempelvis finder Acemoglu og Restrepo (2020) negative effekter af industrirobotter på beskæftigelsen på brancheniveau i USA. Graetz og Michaels (2018) kigger på 17 udviklede lande og finder ingen effekt af automatisering på den samlede beskæftigelse, på trods af en reduktion i beskæftigelsesandelen af arbejdere med korte uddannelser. Chiacchio mfl. (2018) undersøger automatiseringen i Finland, Frankrig, Tyskland, Italien, Spanien og Sverige og finder, at en robot erstatter op til 3-4 arbejdere på brancheniveau. I en brancheanalyse fra Frankrig finder Aghion mfl. (2019), at en robot erstatter op til 10 arbejdere. Til gengæld finder Dauth mfl. (2021) ingen beskæftigelseseffekter i Tyskland på brancheniveau. En mulig forklaring på de forskellige effekter er, at beskæftigelsen øges i automatiserende virksomheder på bekostning af beskæftigelsen i konkurrerende virksomheder, jf. Acemoglu mfl. (2020). Denne såkaldte *business stealing* effekt betyder, at den aggregerede effekt på beskæftigelsen af robotter på brancheniveau godt kan være negativ, hvis konkurrenternes beskæftigelsesnedgang overstiger stigningen i de automatiserende virksomheder.

EFFEKTER PÅ LØNKVOTEN

Der findes en negativ effekt på lønkvoten, …

De fleste undersøgelser finder en negativ effekt på lønkvoten i de automatiserende virksomheder. I Frankrig falder lønkvoten med 4,3 pct.point efter automatiseringen, jf. Acemoglu mfl. (2020). I Spanien er estimatet lidt højere og ligger på ca. 5 pct.point, jf. Koch mfl. (2021). Et studie fra USA finder et fald i lønkvoten på 1,9 pct.point, jf. Acemoglu

mfl. (2022). I en strukturel model for Danmark falder den aggregerede lønkvote med 1,5 pct.point på grund af automatiseringen, jf. Humlum (2022). Alt i alt peger den empiriske litteratur på, at andelen af lønudgifter i værditilvæksten falder efter automatiseringen.

… som er i overensstemmelse med teorien

Dette er i overensstemmelse med teorien, som siger, at automatisering leder til lavere lønkvote, fordi en større del af indkomsten går til kapital, jf. afsnit III.2. En anden mulig forklaring er, at lønkvoten falder, fordi profitten stiger. Således finder Bonfiglioli mfl. (2020) en positiv effekt på virksomhedernes markupper. Det indikerer, at virksomhederne ikke overfører hele gevinsten af automatisering og det medfølgende omkostningsfald til forbrugerne.

Svært at forudsige aggregerede effekter

Afhængigt af andelen af automatiserede virksomheder i økonomien kan den aggregerede lønkvote i fremstillingssektoren også falde. Autor og Salomons (2018) viser dog, at den aggregerede effekt er påvirket af omfanget af de produktivitetsstigninger, som kan opnås ved automatisering, samt tilblivelsen af nye opgaver, hvor arbejdskraft er mere produktivt i forhold til maskiner. Nye opgaver kan eksempelvis være computerprogrammering og laparoskopisk kirurgi, som er udført af mennesker, men ikke kunne eksistere uden den teknologiske udvikling. Det betyder, at det ikke er klart, om de makroøkonomiske effekter er lig med effekterne på virksomhedsniveau.

SAMMENFATNING

Virksomheders produktivitet og beskæftigelse stiger, mens lønkvoten falder

Bedre adgang til virksomhedsdata har medført et væld af studier, der analyserer, hvad der sker indenfor den enkelte virksomhed efter den begynder at anvende automatiserende teknologi. Generelt finder litteraturen, at automatiserende fremstillingsvirksomheder øger timeproduktiviteten og beskæftigelsen, mens lønkvoten i virksomhederne falder.

Ingen konsensus om effekten på beskæftigelse på samfundsniveau

Der findes flere empiriske undersøgelser af automatiseringseffekter på branche- og samfundsniveau. Der tegner sig dog ikke et entydigt billede af den samlede effekt på beskæftigelsen. Afhængigt af land og branche finder studierne både negative og positive effekter af automatisering på den samlede beskæftigelse, jf. Aghion mfl. (2022).

Begrænset viden om automatisering i servicesektoren

Afsnittet har fokuseret på fremstillingssektoren, men der findes enkelte studier, som undersøger effekter af automatisering i servicesektoren, jf. Bessen mfl. (2020) og Eggleston mfl. (2021). Studierne finder, at automatiserende teknologier i mindre grad erstatter arbejdskraft i servicesektoren. Det komplicerer vurderingen af de samlede effekter af

automatisering på samfundsniveau. Derudover er der tegn på, at nogle former for teknologi, især kunstig intelligens, i højere grad skaber nye opgaver til medarbejdere i stedet for at erstatte dem.

III.4 AUTOMATISERING I DANMARK

Kortlægning af automatisering i fremstillings-sektoren

I dette afsnit beskrives udviklingen i omfanget af automatisering i fremstillingssektoren i Danmark. Afsnittet fokuserer på investeringer i industrirobotter og andre automatiserende maskiner, som i litteraturen forbindes med automatisering i fremstillingssektoren, jf. afsnit III.3. Desuden anvendes et mål for, om den enkelte virksomhed anvender automatiserende maskiner til at belyse udbredelsen af automatisering på tværs af virksomheder. Der er ikke tale om en udtømmende beskrivelse af alle slags automatiserende teknologier. Derfor er det opgjorte omfang af automatisering formentlig et underkantsskøn.

Investeringer i automatiserende teknologier er begrænsede, …

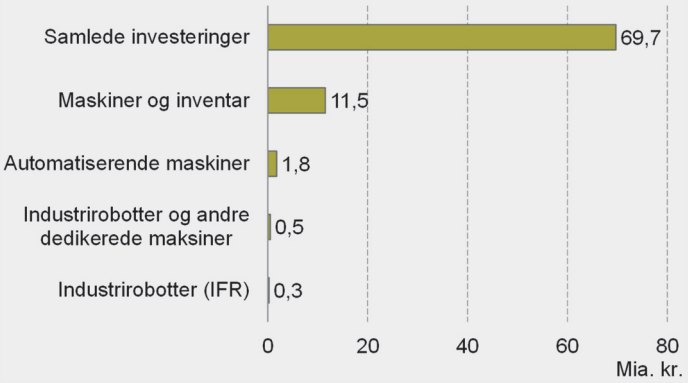
Der anvendes tre forskellige mål for omfanget af investeringerne i automatiserende kapital i fremstillingssektoren: 1) automatiserende maskiner, 2) industrirobotter og dedikerede maskiner og 3) alene industrirobotter. Fælles for de tre mål er, at investeringerne i automatisering er begrænsede relativt til det samlede investeringsomfang og de samlede investeringer i maskiner og inventar i fremstillingssektoren, jf. figur III.1. I 2019 var der således samlet set investeringer for ca. 70 mia. kr. i fremstillingssektoren. Heraf udgjorde investeringer i maskiner og inventar små 12 mia. kroner. Ud af disse investeringer udgjorde investeringer i alle automatiserende maskiner små 2 mia. kr., investeringer i industrirobotter og dedikerede maskiner 0,5 mia. kr. og investeringer i industrirobotter alene 0,3 mia. kr. Disse beløb svarer til henholdsvis 2,5, 0,7 og 0,4 pct. af fremstillingssektorens samlede investeringer.

… men mange virksomheder anvender dem

I afsnittet undersøges også, hvor udbredt brugen af automatiserende maskiner er på tværs af virksomheder. Konklusionen er, at mange især store virksomheder har påbegyndt automatisering. Med andre ord er der mange fremstillingsvirksomheder, som investerer i automatiserende kapital, men omfanget af automatiserende investeringer i den gennemsnitlige virksomhed lader til at være begrænset set i forhold til investeringer i andre typer af kapital.

FIGUR III.1 INVESTERINGER I AUTOMATISERING

I afsnittet anvendes forskellige mål for investeringerne i automatisering i fremstillingssektoren: *Automatiserende maskiner*, *Industrirobotter og andre dedikerede maskiner* og *Industrirobotter (IFR)*. Målt på alle tre måder udgør investeringerne i automatisering en lille andel af de samlede investeringer og investeringerne i maskiner og inventar.



Anm.: Figuren viser skøn over fremstillingssektorens investeringer i forskellige typer kapital i 2019 i løbende priser. Investeringerne i industrirobotter (IFR) er beregnet ud fra antallet af købte robotter og et skøn for den gennemsnitlige robotpris og omfatter også køb af industrirobotter i andre sektorer, omend omfanget af dette vurderes at være begrænset.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af nationalregnskabet, DIRA (2021) og International Federation of Robotics.

Afsnittets opbygning

Afsnittet indledes med en kortlægning af den overordnede udvikling i investeringerne i fremstillingssektoren. Herefter undersøges udbredelsen af robotter og andre typer af automatiserende maskiner i fremstillingssektoren. Endelig opgøres omfanget af virksomheder, der har påbegyndt automatisering.

UDVIKLINGEN I DE SAMLEDE INVESTERINGER

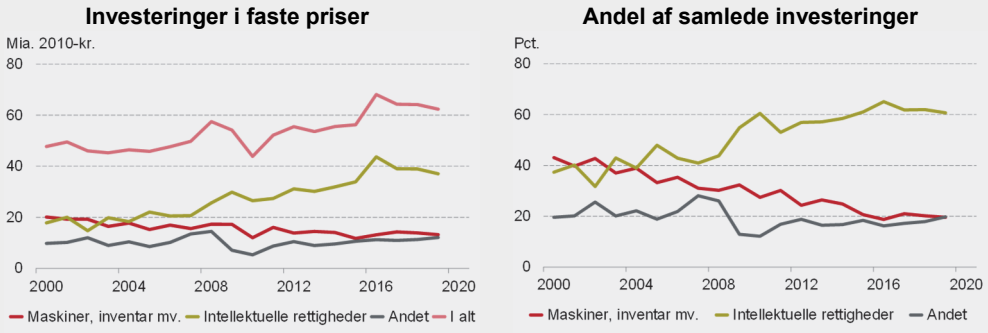
Stigende investeringsomfang i Danmark

De samlede investeringer i fremstillingssektoren i Danmark er steget fra 48 mia. kr. i 2000 til 62 mia. kr. i 2019, jf. figur III.2. Det svarer til en stigning på 30 pct. i perioden. Beregningerne er foretaget i kædede

2010-priser, hvorfor fremgangen kan fortolkes som en fremgang i den fysiske mængde af investeringer. Når investeringsomfanget stiger, bliver der mere produktiv kapital i produktionen, hvilket bidrager til at øge arbejdskraftens timeproduktivitet.

FIGUR III.2 INVESTERINGER I FREMSTILLINGSSEKTOREN

Fremstillingssektorens investeringer i maskiner, inventar mv. er faldet både i mængder (venstre figur) og som andel af de samlede investeringer (højre figur).



Anm.: Alle værdier er opgjort i kædede 2010-priser og skal fortolkes som mængder. Andele er beregnet i løbende priser.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af nationalregnskabet.

Intellektuelle rettigheder bliver mere vigtige relativt til fysisk kapital

Siden 2000 er de årlige investeringer i *intellektuelle rettigheder* steget mere end de øvrige investeringer, så investeringer i intellektuelle rettigheder er steget fra at udgøre 37 pct. af de samlede investeringer i fremstillingssektoren i år 2000 til at udgøre 60 pct. af de samlede investeringer i år 2019. I samme periode er andelen af investeringerne i *maskiner, inventar mv*. faldet fra 42 pct. til 21 pct. af de samlede investeringer.

Omstillingen kan mindske potentialet for automatisering af fysisk produktion

Denne udvikling peger i retning af et skifte fra fysisk til en højere grad af immateriel produktion. Dette skifte kan mindske potentialet for automatisering af fysisk produktion gennem robotter og andre maskiner i forhold til automatisering gennem software. Når andelen af fysiske investeringer falder, er det således et tegn på, at fysiske investeringer betyder relativt mindre for produktionen, jf. boks III.2. De fysiske investeringer udgør fortsat en væsentlig del af økonomien, men hvis udviklingen fortsætter, kan automatisering gennem software potentielt få

større betydning fremover. Resten af afsnittet har dog fokus på automatisering af fysiske arbejdsopgaver gennem maskiner, som også har fået mest fokus i litteraturen, jf. afsnit III.3.

BOKS III.2 ELASTICITET OG OMKOSTNINGER

Givet nogle relativt generelle antagelser kan det vises, at der er en lineær sammenhæng mellem, hvor stor en andel af omkostningerne et input udgør og samme inputs elasticitet i produktionsfunktionen, jf. De Loecker og Warzynski (2012). Først antages, at produktionen Q er givet ved en funktion $Q(X)$, hvor X er en vektor af variable input, som indeholder forskellige typer af kapital og arbejdskraft. Dernæst antages, at $Q(X)$ er kontinuert og dobbelt differentiabel. Hvis virksomheden omkostningsminimerer, kan det vises, at elasticiteten af input x_i er givet ved:

$$\frac{\partial Q(X)}{\partial x_i} \cdot \frac{x_i}{Q} = \frac{x_i p_i}{Q p_Q} / markup$$

Her er p_i prisen på inputfaktoren og p_Q prisen på output, så $x_i p_i / Q p_Q$ er omkostningerne til det pågældende input relativt til omsætningen. Hvis der samtidig antages konstant skalaafkast, vil det gælde, at $markup = Q p_Q / C$, hvor C er de samlede omkostninger, jf. De Økonomiske Råd (2022). Dermed kan elasticiteten skrives som

$$\frac{\partial Q(X)}{\partial x_i} \cdot \frac{x_i}{Q} = \frac{x_i p_i}{C}.$$

Med andre ord vil elasticiteten være lig omkostningsandelen. Hvis x_i er et kapitalgode, er $x_i p_i$ de samlede brugeromkostninger ved kapitalen, som bl.a. inkluderer nedslidning, skat og renteudgifter.

INVESTERINGER I AUTOMATISERENDE MASKINER

Afsnittet anvender detaljeret investeringsdata

De ovenfor anvendte opgørelser af investeringer giver et overordnet billede af udviklingen i forskellige investeringstyper. I det følgende ses nærmere på udbredelsen af automatiserende maskiner i fremstillingssektoren, herunder industrirobotter. Derfor anvendes detaljeret information om investeringer på brancheniveau fra nationalregnskabet til at opgøre omfanget af investeringer i automatiserende maskiner.

Definition af automatiserende maskiner

Definitionen af hvilke typer maskiner, som er automatiserende, er baseret på Acemoglu og Restrepo (2021). Det drejer sig eksempelvis om køb af industrirobotter og computerstyrede værktøjer, som kan bore, svejse, fræse, hamre og på anden vis bearbejde metal og træ. Derudover indgår forskellige slags måleinstrumenter, såsom termometre og

hygrometre, som kan anvendes som et led i en automatiseringsproces til eksempelvis temperaturstyring, jf. boks III.3.

BOKS III.3 AUTOMATISERENDE MASKINER

Acemoglu og Restrepo (2022a) opdeler import og eksport af maskiner efter, om de virker automatiserende. Inddelingen bygger ikke på tal, men på forfatternes opfattelse af, om de pågældende maskiner potentielt kan overtage arbejdsopgaver. Automatiserende kapital deles op i en række undergrupper. Tabel A beskriver grupperne og giver nogle eksempler på maskiner i hver gruppe.

TABEL A GRUPPER AF AUTOMATISERENDE MASKINER

Gruppe	Eksempler
Dedikerede maskiner	Robotter og andre maskiner, der kan fungere selvstændigt
Numerisk kontrollerede maskiner:	Computerstyrede gevindskæremaskiner og fræsere
Automatiske værktøjsmaskiner	Automatiserede maskiner til at bore, høvle, hamre, bukke eller presse
Automatiske svejsemaskiner	Maskiner til lodning og svejsning med laser
Kontrolinstrumenter	Termometre og hygrometer
Maskiner til vævning og tekstiler	Vævemaskiner og symaskiner
Transportører	Samlebånd

Kilde: Acemoglu og Restrepo (2022a).

Koblingen til investeringsdata fra nationalregnskabet

Acemoglu og Restrepos (2022a) kategorisering bygger på de såkaldte HS-koder, som er en international klassifikation af toldvarer, der også anvendes i danske import- og eksportopgørelser. Hver HS-kode kategoriseres som enten automatiserende eller anden maskinkapital. HS-koderne anvendes til at beregne investeringer i automatiserende kapital på et mere aggregeret niveau. Udgangspunktet er data fra Nationalregnskabets investeringsmatricer, som beskriver køb af maskiner og anden kapital fordelt på brancher og på investeringsgrupper. Grupperne er relativt grove og dækker typisk over en række HS-koder, hvoraf nogle kan være automatiserende og andre ikke. Derfor er det nødvendigt at splitte investeringerne i hver gruppe op på HS-koder. Det gøres ved at anvende importandelene fra tolddata, som er tilgængelige på det mere detaljerede HS-kodeniveau. Denne inddeling giver anledning til usikkerhed, og der skal tages højde for dette i fortolkningen af resultaterne i indeværende afsnit.

BOKS III.3 AUTOMATISERENDE MASKINER, FORTSAT

Koblingen til registerbaseret virksomhedsdata

Klassificeringen fra Acemoglu og Restrepos (2022a) kan også anvendes på virksomhedsniveau ved brug HS-koder i udenrigshandelsregistret (UHDI). Dette register opgører virksomhedernes import og eksport af forskellige varer fra 1995 og frem. Det antages, at en virksomhed har påbegyndt automatisering, hvis den har importeret en maskine, der hører under Acemoglu og Restrepos (2022a) definition af automatiserende maskiner. En lignende tilgang har været anvendt i en dansk kontekst af Humlum (2022). Oplysningerne fra udenrigshandelsregistret kombineres med regnskabsstatistikken (FIRE) i årene 2000-18, og der fokuseres alene på virksomheder med mere end en beskæftiget, hvor regnskabsdata kommer fra skatteoplysninger eller indberettede regnskabsoplysninger. I analysen i afsnit III.5 fokuseres der alene på virksomheder i årene 2005-18, da skatteoplysningerne i denne periode er tilstrækkelige til at lave et præcist mål for værditilvæksten. Yderligere detaljer om udvælgelseskriterier findes i *Baggrundsnotat til kapitel III, Produktivitet 2023*.

For at frasortere virksomheder i brancher, hvor der er høj sandsynlighed for videresalg, anvendes andelen af eksport i underbrancherne som mål for videresalg. Derfor frasorteres virksomheder indenfor underbrancher med en høj eksportandel af automatiserende maskiner. I praksis frasorteres DB2007-brancher, hvor eksportandelen af automatiserende maskiner overstiger 5 pct., mens der i gennemsnit er mindst en eksportbegivenhed om året. Det sidste krav sikrer, at brancher, hvor en enkelt virksomhed på et tidspunkt har afhændet sit kapitalapparat ikke frasorteres, men at brancher med kontinuert videresalg bliver frasorteret. De frasorterede brancher er eksempelvis 262000 *Fremstilling af computere og ydre enheder,* 265100 *Fremstilling af udstyr til måling, afprøvning, navigation og kontrol* og 289900 *Fremstilling af øvrige maskiner med specielle formål i.a.n.* I alt frasorteres virksomheder fra 11 underbrancher i fremstillingssektoren. I analysen i afsnit III.5 anvendes samme metode til at afgøre, om en virksomhed er automatiserende.

Humlum (2022) frasorterer underbrancher, hvor der er stor sandsynlighed for videresalg på baggrund af en liste af virksomheder, der er såkaldte *robotintegratorer*. Da analyserne i nærværende kapitel fokuserer på automatiserende maskiner i en bredere forstand – og ikke blot robotter – er listen ikke anvendt til indeværende analyse.

Automatiserende maskiner udgør en lille andel af de samlede investeringer

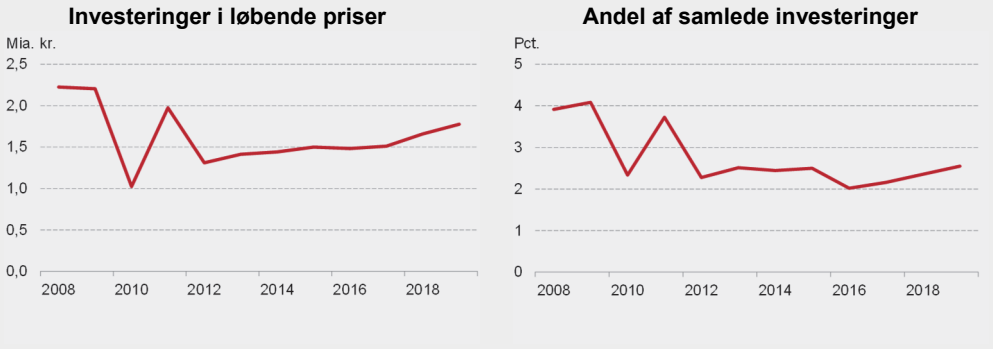
Investeringer i automatiserende maskiner i fremstillingssektoren beløber sig årligt til ca. 1,5 mia. kr. i løbende priser, jf. figur III.3.[5] I perioden 2008-19 er der ingen tegn på stigninger i investeringer i automatiserende maskiner. Tværtimod falder andelen af virksomhedernes investeringer i automatiserende maskiner som andel af virksomhedernes samlede investeringer fra 4 pct. i 2008 til 2,5 pct. i 2019. En del af

5) Beløbene er opgjort i løbende priser, da der ikke er et tilstrækkelig detaljerede prisoplysninger i de tilgængelige data fra Danmarks Statistik til at beløbene kan beregnes i faste priser.

forklaringen på dette kan være, at produktionen, som nævnt ovenfor, er blevet mindre fysisk, så de immaterielle aktiver i stigende grad fylder mere relativt til de materielle. Selvom investeringerne i løbende priser er faldet, kan brugen af automatiserende maskiner godt være steget, hvis priserne på disse maskiner er faldet. Opgørelser tyder således på, at der historisk har været et fald i priserne på nogle typer automatiserende maskiner, jf. Graetz og Michaels (2018) og Adachi mfl. (2022).

FIGUR III.3 INVESTERINGER I AUTOMATISERENDE MASKINER

Udgiften til investeringer i automatiserende maskiner udgør en lille andel af de samlede investeringer i fremstillingssektoren, og andelen er ikke steget over tid.



Anm.: Figuren til venstre viser de samlede beregnede investeringer i automatiserende maskiner i løbende priser. Figuren til højre viser investeringerne i automatiserende maskiner som andel af de samlede investeringer i løbende priser.

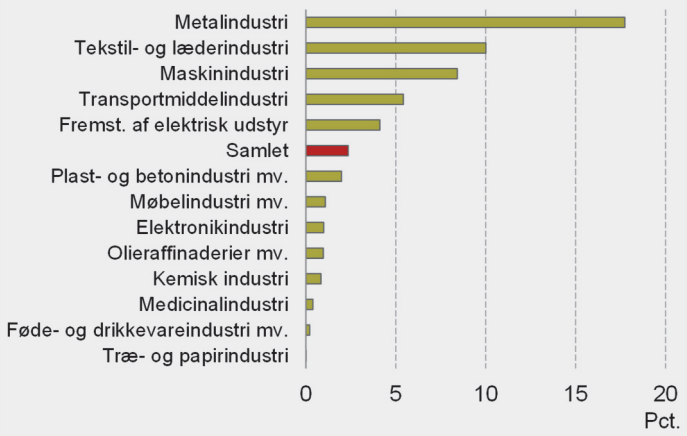
Kilde: Egne beregninger på baggrund af data fra nationalregnskabet.

Store brancheforskelle i investeringsomfang

Der er stor forskel på omfanget af investeringer i automatiserende maskiner i de forskellige brancher i fremstillingssektoren, jf. figur III.4. I branchen *metalindustri* udgør investeringer i automatiserende maskiner 17 pct. af de samlede investeringer i 2018, mens de i flere brancher i fremstillingssektoren udgør brancher udgør under 1 pct. af de samlede investeringer. Der kan altså være store forskelle i forhold til, hvor automatiseringsegnede fremstillingsprocessen er i forskellige brancher.

FIGUR III.4 BRANCHERNES INVESTERINGER I AUTOMATISERENDE MASKINER

Investeringer i automatiserende maskiner udgør 17 pct. af de samlede investeringer i metalindustri, men i mange brancher udgør disse investeringer under 1 pct. af de samlede investeringer.



Anm.: Figuren viser investeringerne i automatiserende maskiner som andel af de samlede investeringer i brancher i fremstillingssektoren målt i løbende priser. Bemærk at andelen er opgjort i 2018 fremfor 2019, da de samlede bruttoinvesteringer i branchen *kemisk industri* er negative i 2019.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af nationalregnskabet.

DETALJEREDE MÅL FOR INDUSTRIROBOTTER

Industrirobotter er et populært mål for automatisering

Et af de mest udbredte mål for automatisering i litteraturen er brugen af industrirobotter, som er en undergruppe af de automatiserede maskiner beskrevet i forrige afsnit. I dette afsnit beskrives udviklingen i investeringerne i industrirobotter i Danmark i forhold til andre lande. Der anvendes to tilgange: For det første udnyttes et mere detaljeret mål for automatiserende maskiner nemlig *dedikerede maskiner og industrirobotter* med baggrund i samme metode som i foregående afsnit. Det gør det muligt at sammenligne brugen af henholdsvis *dedikerede maskiner og industrirobotter* og automatiserende maskiner generelt i Danmark. For det andet anvendes opgørelsen over antallet af industrirobotter i forskellige lande fra International Federation of Robotics

(IFR). Opgørelsen er baseret på salgsdata fra forskellige robotproducenter, og gør det muligt at følge investeringerne og beholdningen af industrirobotter på brancheniveau i en række lande.

INDUSTRIROBOT

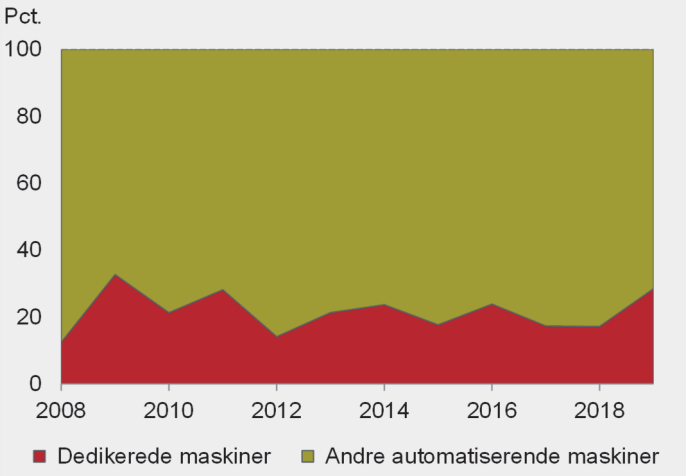
International Organization of Standardization definerer en industrirobot som en automatisk styret, omprogrammerbar manipulator, til flere formål og programmerbar i tre eller flere akser. Denne definition anvendes af IFR til at opgøre antallet af industrirobotter i en række lande.

Investeringer i robotter udgør en femtedel af automatiserende investeringer

En del af de automatiserende maskiner er, som nævnt, industrirobotter og beslægtede maskiner, der samlet set betegnes som *dedikerede maskiner*, jf. boks III.3. Denne gruppe udgør ca. en femtedel af de samlede investeringer i automatiserende maskiner i perioden 2008-19, jf. figur III.5. Gruppen har desuden ikke været i vækst, hverken relativt til den brede kategori af automatiserende maskiner eller i forhold til de samlede investeringer.

FIGUR III.5 INVESTERINGER I AUTOMATISERENDE MASKINER

Dedikerede maskiner, herunder industrirobotter, udgør i gennem-snit lidt over en femtedel af investeringerne i automatiserende maskiner i perioden 2008-19.



Anm.: Figuren viser, hvor stor en andel af investeringerne i automatiserende maskiner, der kommer fra investeringer i dedikerede maskiner og industrirobotter.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af tal fra Danmarks Statistik.

Stigning i antal robotter i Danmark

Med baggrund i data fra IFR ses det, at beholdningen af industrirobotter er steget i Danmark siden 2000, jf. figur III.6. Investeringerne steg fra 2008 til 2016, men har efterfølgende ligget på et konstant niveau. Til sammenligning er robotinvesteringerne i gennemsnit steget med 6 pct. årligt i vesteuropæiske lande fra 2016 til 2021, jf. DIRA (2021). Når beholdningen stiger, på trods af konstante investeringer, skyldes det, at investeringerne overstiger afskrivningerne. Investeringerne i industrirobotter er steget kraftigt på verdensplan og er mere en tredoblet fra 2011 til 2021. To tredjedele af de nye robotter er blevet installeret i Asien, hvor Kina udgør mere end halvdelen af alle nye installationer, jf. IFR (2022). En af årsagerne til forøgelsen i antallet af robotter er, at prisen er faldet.[6]

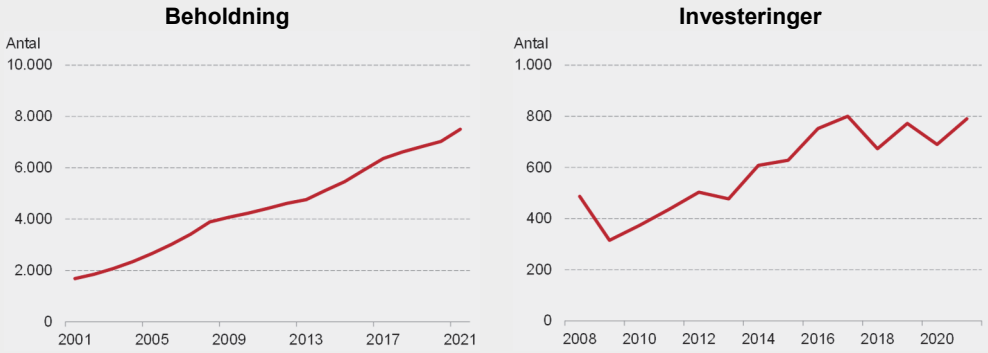
6) For eksempel var de reale priser på en robot allerede i 2005 fem gange lavere end i 1990, jf. Graetz og Michaels (2018). Et fald på 1 pct. i den gennemsnitlige robotpris har medført en ca. 1,5 pct. stigning i antallet af robotter i industrien i Japan, jf. Adachi mfl.

Den gennemsnitlige robot er blevet bedre

Opgørelser af antallet af robotter tager ikke højde for ændringer i sammensætningen af robotter. Kvaliteten af robotter er generelt set blevet bedre, hvilket taler for, at udviklingen i antallet af robotter undervurderer den reelle stigning i deres produktive effekt.[7]

FIGUR III.6 UDVIKLINGEN I ANTAL INDUSTRIROBOTTER I DANMARK

Beholdningen af robotter er steget siden 2000, mens investeringerne i robotter er steget fra 2008 til 2016 og derefter ligget på et nogenlunde konstant niveau.



Anm.: Figuren til venstre viser antallet af installerede industrirobotter i Danmark. Figuren til højre viser de årlige investeringer i industrirobotter.

Kilde: Dansk Metal (2022), DIRA (2021) og International Federation of Robotics.

Robottætheden i Danmark er høj sammenlignet med andre lande

Danmark er et af de lande, hvor antallet af industrirobotter pr. beskæftiget i fremstillingssektoren er højest, jf. figur III.7.[8] Danmark ligger på en 12. plads på listen, og i den henseende er fremstillingssektoren i Danmark altså mere automatiseret end andre lande. Den internationale rangering er blandt andet påvirket af, at landene har forskellig

(2022). Samme studie viser, at priserne på forskellige typer robotter udvikler sig forskelligt. En svejsningsrobot er næsten to gange billigere i 2012-2017 i forhold til 1992-1996 og koster ca. 30.000 dollars i 2012-2017. Imidlertid blev en materialehåndteringsrobot ca. dobbelt så dyr i 2012-2017 i forhold til 1992-1996 og koster omkring 40.000 dollars i 2012-2017.

7) I 1975 havde en gennemsnitlig robot 5 akser, en kapacitet på 6 kg og en rækkevidde på 1 meter. Disse tal var steget til 21 akser, en kapacitet på mere end 120 kg og en rækkevidde på 2 meter i 1995 og til 32 akser, en kapacitet på mere end 1.000 kg og en rækkevidde på mindst 3 meter i 2015, jf. Tilley (2017) og Kromann mfl. (2020). Det betyder, at maskiner installeret i 2015 i gennemsnit kan udføre flere og mere krævende opgaver end maskiner installeret i 1995.

8) Industrirobotter anvendes også i andre sektorer end fremstillingssektoren, men i betydeligt mindre omfang, jf. Erhvervsministeriet (2021).

branchesammensætning. Eksempelvis har Danmark ingen bilindustri, som internationalt set har en høj robottæthed. Til gengæld har Danmark en stor maskin- og metalindustri, som også typisk hører til blandt de mere automatiserede brancher. Det er derfor umiddelbart ikke muligt at sige, hvordan branchesammensætningen påvirker Danmarks placering.

FIGUR III.7 TOP 15: ROBOTTER PR. BESKÆFTIGET

Danmark ligger på en 12. plads, hvad angår antallet af industrirobotter pr. 10.000 beskæftigede i fremstillingssektoren.



Anm.: International top 15, hvad angår beholdningen af industrirobotter pr. 10.000 beskæftiget i fremstillingssektoren i 2021. Danmark er markeret med rød, mens gennemsnittet på verdensplan er markeret med grå.

Kilde: Dansk Metal (2022) og International Federation of Robotics.

Omregning indikerer, at investeringerne i industrirobotter er små

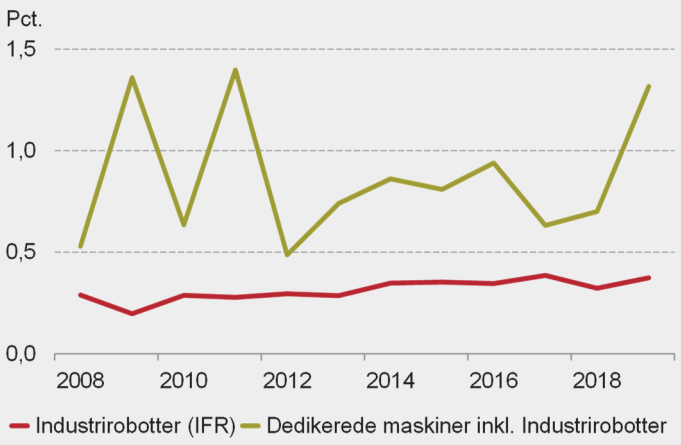
Benmelech og Zator (2022) omregner antallet af købte robotter til et beløb og finder, at de i gennemsnit udgør 0,5 pct. af de samlede investeringer i maskiner og udstyr i en række udviklede lande i 1995 til 2015, jf. boks III.4.[9] Hvis den samme metode anvendes på danske tal, fås, at investeringerne i industrirobotter fra 2008 til 2019 udgør ca. 0,3

9) Forfatterne anvender en konstant pris i beregningen, da de ikke har fundet brugbare tidsserier for den gennemsnitlige pris. Som nævnt tidligere i indeværende afsnit er robotpriserne imidlertid faldet. Når investeringerne i antallet af industrirobotter har været konstant siden 2016, tyder det derfor på, at de nominelle investeringer er faldet.

pct. af de samlede investeringer i fremstillingssektoren samme periode, jf. figur III.8. Det indikerer, at investeringerne i robotter i både Danmark og andre lande er små.[10] Investeringer i industrirobotter udgør en relativt begrænset andel af de samlede investeringer, både når disse omgøres med data fra IFR og med baggrund i nationalregnskabet, jf. figur III.8. Investeringsandelen baseret på nationalregnskabet er højere, hvilket skyldes at gruppen af dedikerede maskiner indeholder andre maskiner end industrirobotter.

FIGUR III.8 INVESTERINGER I IDUSTRIROBOTTER

Investeringerne i industrirobotter udgør en lille andel af de samlede investeringer ved forskellige opgørelser.



Anm.: Investeringsandelen for industrirobotter (IFR) er beregnet med baggrund i installationsdata fra IFR og en fast pris pr. industrirobot. Dedikerede maskiner er beregnet med bagrund i nationalregnskabets detaljerede investeringsdata.

Kilde: Beregninger baseret på data fra DIRA (2021), International Federation of Robotics. og Danmarks Statistik.

10) Den lavere andel i Danmark, skal ses i sammenhæng med et generelt højt investeringsniveau. Derfor kan Danmark godt have mange industrirobotter pr. beskæftiget i en international sammenhæng, og samtidig have en lavere investeringsandel af industrirobotter.

BOKS III.4 HVOR STORE ER INVESTERINGERNE I ROBOTTER I ANDRE LANDE?

Benmelech og Zalor (2022) anslår ved hjælp af data fra International Federation of Robotics, at den gennemsnitlige pris på industrirobotter er 45.000 euro. Denne pris anvendes til at omregne antallet af robotter til en købesum i årene fra 1995 til 2015. Der anvendes en konstant pris henover årene, idet det ikke har været muligt at finde pålidelige data for udviklingen i priserne over tid.

De finder, at for 23 europæiske lande og i perioden 2013-2015 udgør robotkøbene under 0,5 pct. af maskininvesteringerne mv. indenfor de lette fremstillingsbrancher (fødevarer, tekstiler, træ, papir og kemisk industri). For de tunge fremstillingsbrancher (metal, elektronik og maskiner) er andelen 1 pct., mens den for bilindustrien er knap 4 pct. Opgjort for hele økonomien er tallene noget mindre, da industrirobotterne stort set kun findes indenfor fremstillingsbrancherne.

Opgørelsen baseret på metoden fra Benmelech og Zalor (2022) er formentlig ikke præcis, da den antager en konstant pris over tid. Men udviklingen i andelen af investeringerne baseret på salgsdata fra IFR er faktisk formentligt et overkantsskøn over de faktiske investeringer i selve robotterne, hvis prisen er faldet i perioden.

De samlede udgifter til investeringer i industrirobotter kan overstige købsprisen

Ud over udgifterne til køb af maskinerne kan der også være udgifter til installation, oplæring af medarbejdere og vedligeholdelse. Sirkin mfl. (2015) undersøger svejserobotter i den amerikanske bilindustri og finder, at selve maskinen kun udgør en tredjedel af de samlede omkostninger forbundet med installationen og vedligeholdelse. Selv hvis noget lignende skulle gøre sig gældende i Danmark, vil investeringerne i industrirobotter dog forsat udgøre en begrænset andel af de samlede investeringer.

VIRKSOMHEDERNES BRUG AF AUTOMATISERENDE MASKINER

Automatisering på den intensive …

Den foregående del af afsnittet har fokuseret på at finde aggregerede mål for de investeringer, der kan klassificeres som automatiserende maskiner. Opgørelsen belyser udbredelsen af automatisering gennem intensiteten af automatisering i fremstillingssektoren, men siger ikke noget om hvor mange virksomheder, der anvender automatisering.

… og ekstensive margin

Det er dog også muligt at lave klassificeringen af automatisering på virksomhedsniveau. Ved brug af importdata betegnes virksomheder på et givent tidspunkt som automatiserende, hvis de i perioden fra 1995 og frem til tidspunktet har importeret automatiserende maskiner, jf. boks. III.3. Denne tilgang benyttes også i analysen i afsnit III.5, hvor

tilgangen er nærmere beskrevet. I dette afsnit anvendes den til at undersøge omfanget af automatisering på den ekstensive margin i økonomien. Tilgangen bidrager ikke til kvantificere graden af automatisering i den enkelte virksomhed, men kan belyse, hvor stor en del af virksomhederne, hvor automatiserende teknologier anvendes i et eller andet omfang.[11]

Flere virksomheder automatiserer, …

Andelen af automatiserende virksomheder stiger fra under 20 pct. i 2000 til ca. 32 pct. i 2018, jf. figur III.9.[12] Dermed udgøres fremstillingsbranchen i stigende grad af virksomheder, der i et vist omfang har påbegyndt en automatiseringsproces. Andelen af beskæftigelsen, der arbejder i automatiserede virksomheder, stiger i samme periode fra ca. 60 pct. til 82 pct. Figuren skal dog tolkes med det forbehold, at der ikke er informationer om, hvorvidt virksomheder holder op med at anvende automatiserende maskiner – eksempelvis fordi de automatiserede dele af produktionen nedlægges eller udflyttes til andre lande. I den forstand er opgørelsen af automatiserende virksomheder et overkantsskøn.

… og det er især de store

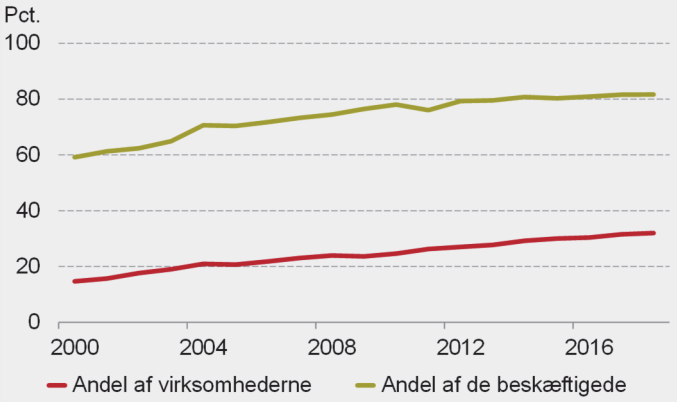
Forskellen mellem andelen af automatiserende virksomheder og andelen af de beskæftigede, der arbejder i automatiserende virksomheder, understreger, at det især er de store virksomheder, der automatiserer. Forskellene er dog i et vist omfang forventede, da større virksomheder, alt andet lige, har en større sandsynlighed for at anvende en given teknologi et eller andet sted i produktionen, alene fordi den er større.

11) Det skyldes, at importen er et relativt støjfuldt mål for investeringerne. Dels kan virksomhederne importere med henblik på videresalg, og dels kan virksomhederne investere gennem danske udbydere. Det kan give anledning til hhv. ekstremt høje og ekstremt lave mål for investeringer på virksomhedsniveau. Det kan også føre til misklassificering af om virksomhederne overhovedet er automatiserede, men kun hvis nogle virksomheder enten *udelukkende* importerer til videresalg eller *udelukkende* investerer gennem danske udbydere.

12) Til sammenligning finder Erhvervsministeriet (2021) ved brug af en spørgeskemaundersøgelse, at omkring 40 pct. af fremstillingsvirksomhederne anvender fysiske robotter. Når dette tal er lidt højere end de 32 pct. i nærværende opgørelse, kan det eksempelvis skyldes forskelle i, hvilke virksomheder der indgår i de to opgørelser eller, at den nærværende opgørelse er baseret på importdata, og derfor, som nævnt ovenfor, kan være et underkantsskøn.

FIGUR III.9 FREMSTILLINGSVIRKSOMHEDERNES AUTOMATISERING OVER TID

Andelen af automatiserende virksomheder i fremstillingssektoren stiger over tid, det samme gælder andelen af de beskæftigede, der arbejder i en automatiserende virksomhed.



Anm.: Figuren angiver andelen af virksomheder, der har påbegyndt automatisering, og andelen af de beskæftigede, der arbejder i virksomheder, som har påbegyndt automatisering.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik.

Datagrundlag dækker 83 pct. af beskæftigelsen

I denne opgørelse indgår virksomheder med regnskabsoplysninger fra skatteindberetninger eller årsregnskaber. Virksomhederne opererer desuden ikke i underbrancher, hvor der er stor sandsynlighed for videresalg, jf. boks III.3. I 2018 drejer det sig samlet set om 5.484 virksomheder, der tilsammen udgør ca. 83 pct. af beskæftigelsen i fremstillingssektoren. Udvælgelsen betyder, at der er en overrepræsentation af store virksomheder, hvilket betyder, at andelen af automatiserende virksomheder er et overkantsskøn, fordi store virksomheder oftere er automatiserende. En del af de udeladte virksomheder er dog reelt ikke økonomisk aktive og bør ikke medregnes.

SAMMENFATNING

Investeringer i automatisering udgør knap 3 pct.

Investeringer i automatiserende maskiner har i perioden 2008 til 2019 udgjort knap 3 pct. af alle investeringer i fremstillingssektoren. Heraf udgør investeringer i industrirobotter og andre maskiner, der kan fungere selvstændigt ca. en femtedel. Der er ikke tegn på, at andelen af investeringer i automatiserede maskiner har været dramatisk stigende i Danmark. Det samme gælder for investeringer i industrirobotter.

Betydning af fysisk kapital er aftaget

Denne udvikling skal ses i lyset af, at investeringer i fysisk kapitel generelt udgør en faldende andel af alle investeringer i fremstillingssektoren, mens investeringer i immaterielle kapitalformer, som eksempelvis forskning og software, har været stigende i Danmark. Det tyder på, at fysiske investeringer generelt set er blevet mindre vigtige for produktionen.

Men flere virksomheder påbegynder automatisering, …

Der er dog samtidig indikationer af, at stadig flere fremstillingsvirksomheder har påbegyndt automatisering. Sammenholdes dette med det begrænsede investeringsomfang, betyder det, at de automatiserende teknologier anvendes i flere virksomheder, men at udgifterne til investeringer i den gennemsnitlige virksomhed er lave.

… og antallet af industrirobotter er i steget

Derudover er der sket en stigning i beholdningen af installerede industrirobotter. De årlige investeringer i antallet af industrirobotter er desuden vokset fra 2008 og frem, men har ligget konstant de senere år.

Samlet set bliver automatisering mere udbredt, men der er ikke tale om en dramatisk udvikling

Samlet set er der altså tegn på en stigende udbredelse af robotter og andre automatiserende maskiner, men der er næppe tale om et dramatisk skift i produktionsformer. Der er således ikke tegn på, at de automatiserende maskiner er blevet markant vigtigere i produktionen relativt til andre typer af kapital, idet de automatiserende maskiner udgør en lille og ikke stigende andel af de samlede investeringer.

Andre typer automatisering kan også være vigtig

Afsnittet har et snævert fokus på automatisering gennem fysiske maskiner i fremstillingssektoren, som eksempelvis industrirobotter. Men det er meget muligt, at der er tale om et underkantsskøn, i den forstand at der kan være maskiner, der virker automatiserende, men som ikke indgår i den anvendte definition. Derudover kan en del automatisering både historisk og i fremtiden ske ved eksempelvis anvendelsen af *softwarerobotter* og kunstig intelligens eller gennem automatisering i servicesektoren. Der er fortsat ikke en udbredt empirisk litteratur disse emner, men de forskellige teknologier kan blive vigtige for fremtidig produktivitetsudvikling og fremtidens arbejdsmarked.

III.5 ANALYSE AF FREMSTILLINGS-VIRKSOMHEDER

I afsnittet estimeres effekten af automatisering i danske fremstillings-virksomheder

I dette afsnit foretages en empirisk analyse af konsekvenserne for produktivitet, beskæftigelse og lønkvote af automatisering i fremstillingssektoren. Automatisering defineres som anvendelsen af automatiserende maskiner, der erstatter fysiske arbejdsopgaver. I analysen indgår industrirobotter, som overtager opgaver med eksempelvis svejsning eller pakning, men også andre typer af automatiserende maskiner, såsom computerstyrede maskiner til forarbejdning af metal, træ og tekstiler.

Analysens hovedbidrag: Effekt på både lønkvote og produktivitet med bredt mål

Analysen har to primære bidrag i forhold til den eksisterende litteratur, jf. gennemgangen i afsnit III.3. For det første påvises for første gang effekter af automatisering på henholdsvis lønkvoten og timeproduktiviteten for danske fremstillingsvirksomheder. For det andet anvendes et bredt mål for automatiserende maskiner, som ikke har været anvendt før til at undersøge effekter af automatisering på virksomhedsniveau. En tidligere undersøgelse af automatisering i Danmark har anvendt smallere mål for automatisering, som omfatter industrirobotter og relaterede maskiner med selvstændig funktion, jf. Humlum (2022). Men nærværende analyse anvender et bredere mål og viser, at automatisering dækker over flere forskellige slags maskiner, der samlet set udgør en større del af investeringerne i Danmark, jf. afsnit III.4.

Automatisering er forbundet med øget produktivitet og beskæftigelse …

Analysen viser, at timeproduktiviteten stiger samtidig med beskæftigelsen i de automatiserende virksomheder. Det indikerer, at automatiseringen har øget disse virksomheders produktivitet. Når antallet af ansatte i virksomhederne også stiger, skyldes det givetvis, at den højere produktivitet betyder, at virksomhederne kan sænke prisen og derved øge salget og produktionen.

… og en lavere lønkvote

Samtidig med at timeproduktivitet og beskæftigelsen stiger, falder lønkvoten i de automatiserende virksomheder. Det stemmer overens med den forventede effekt af automatisering, hvor kapital overtager arbejdsopgaver fra lønmodtagerne, så disse udgør en mindre del af produktionen.

Afsnittets indhold

Afsnittet indledes med en beskrivelse af datagrundlag og metode. Herefter følger analysen af effekterne af automatisering samt en diskussion af effektstørrelser og investeringsomfang.

DATAGRUNDLAG OG METODE

Dette underafsnit gennemgår det anvendte mål for automatisering, datagrundlaget og den anvendte metode.

Mål for automatisering

Import af automatiserende maskiner anvendes som mål

I denne analyse anvendes import af robotter og andre automatiserende maskiner som mål for, om virksomheden har investeret i automatiserende teknologier. Konkret betegnes en virksomhed som automatiserende fra det tidspunkt i perioden 1995 til 2018, hvor den første gang har importeret en maskine, der er kategoriseret som automatiserende. Kategoriseringen følger Acemoglu og Restrepo (2022a) og er beskrevet i nærmere detaljer i afsnit III.4.

Fordele og ulemper ved at anvende importdata

En fordel ved at anvende importen af maskiner som mål for automatisering er, at det er muligt at få viden om automatisering i de fleste virksomheder, hvorimod data fra spørgeskemaer typisk kun dækker over et mindre antal virksomheder. Derfor er denne tilgang udbredt i litteraturen. Ulempen er, at importen af automatiserende maskiner ikke i alle tilfælde er et præcist mål for, om en virksomhed faktisk investerer i automatiserende maskiner. For det første kan virksomhederne også investere i automatisering gennem køb fra danske virksomheder. I det tilfælde bliver nogle virksomheder, som faktisk er automatiserende, fejlklassificeret som ikke-automatiserende. For det andet er det muligt, at virksomhederne ikke importerer automatiserende maskiner med det formål af anvende dem som kapital i produktionen, men snarere importerer maskinerne til videresalg. I det tilfælde er virksomhederne muligvis slet ikke automatiserende, selvom de importerer automatiserende maskiner. Derfor ser analysen bort fra underbrancher i fremstillingssektoren, hvor der er en indikation af et betydeligt omfang af videresalg, jf. boks III.3 i afsnit III.4.

Datagrundlag

For at undersøge effekten af automatisering på fremstillingsvirksomhedernes produktivitet og lønkvote fokuserer analysen på 167 virksomheder, der på et tidspunkt i perioden 2008-15 begynder at automatisere, jf. boks. III.5. Det vil sige, at virksomhederne i perioden fra 1995-2007 ikke har importeret automatiserende maskiner, men importerer første gang på et tidspunkt i perioden 2008-15. For at isolere effekten af automatisering sammenlignes virksomhederne, der automatiserer, med en kontrolgruppe af virksomheder, som ikke har importeret automatiserende maskiner fra 1995 og frem til det sidste år, de observeres.

BOKS III.5 DATAGRUNDLAG

Analysen fokuserer på virksomheder, der automatiserer på et tidspunkt i perioden 2005-18. Disse sammenlignes med virksomheder, der aldrig automatiserer. Udgangspunktet for analysen er de virksomheder med gyldige regnskabsoplysninger beskrevet i boks III.3 i afsnit III.4. Men der stilles to yderligere krav.

1. For virksomheder, der faktisk automatiserer, kræves det, at de observeres i mindst tre år inden og efter året med den første investering, altså i alt syv sammenhængende år. For virksomheder, der aldrig automatiserer, kræves det, at disse observeres i minimum syv sammenhængende år, da de dermed kan parres med en virksomhed, som automatiserer i midten af syvårs perioden.
2. For virksomheder, der automatiserer, kræves det, at de har mindst 10 årsværk i året inden den første investering. For virksomheder, der aldrig automatiserer, kræves det, at de har mindst én observation med 10 årsværk, der har tre års tilgængeligt data både før og efter. Hvis en virksomhed har flere observationer, der lever op til dette, kan den indgå flere gange i analysen, jf. boks. III.3.

Disse kriterier giver et balanceret panel med 167 automatiserende virksomheder og 935 potentielle kontrolvirksomheder, der i alt har 3.338 sammenhængende forløb af syv års gyldige observationer.

Automatiserende virksomheder er større …

De automatiserende fremstillingsvirksomheder er i udgangspunktet større målt på beskæftigelse, omsætning og værditilvækst kontrolgruppen, jf. tabel III.3. Den gennemsnitlige automatiserende virksomhed har for eksempel ansat 56 årsværk året inden den første automatisering mod 32 årsværk i kontrolgruppen. Automatiserende virksomheder er også væsentligt større målt på omsætning og værditilvækst.

… og mere produktive end kontrolgruppen

De automatiserende virksomheder har desuden en markant højere timeproduktivitet i gennemsnit. Den gennemsnitlige værditilvækst i automatiserende virksomheder er 600.000 kr. pr. beskæftiget mod 502.000 kr. i kontrolgruppen. Det betyder, at den værditilvækst, der skabes pr. time, er ca. 20 pct. større i de virksomheder, der investerer i automatiserende maskiner. For at estimere effekten af automatisering er det nødvendigt at tage højde for disse eksisterende forskelle.

TABEL III.3 AUTOMATISERENDE VIRKSOMHEDER OG KONTROLGRUPPEN

Automatiserende virksomheder er større og mere produktive end kontrolgruppen, før den gen-vægtes.

	Automatiserende virksomheder	Kontrolgruppe *uvægtet*	Kontrolgruppe *vægtet*
Beskæftigelse (årsværk)	56	32	56
Omsætning (1.000 2010-kr.)	110.983	50.104	112.701
Værditilvækst (1.000 2010-kr.)	32.476	17.048	31.568
- pr. beskæftiget (1.000 2010-kr.)	600	502	600
Lønkvote (pct.)	73	77	72
Produktionsarbejderes lønandel (pct.)	52	56	52
Antal begivenheder	167	3.338	3.338
Antal unikke virksomheder	167	935	935

Anm.: Tabellen angiver gennemsnittet af en række variable for hhv. automatiserende virksomheder og kontrolgruppen opgjort året inden automatisering. Alle monetære beløb er målt i 1000 kr. i faste 2010-priser. For kontrolgruppen opgøres både de uvægtede og vægtede gennemsnit, hvor vægtene er beskrevet i boks. III.6.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik.

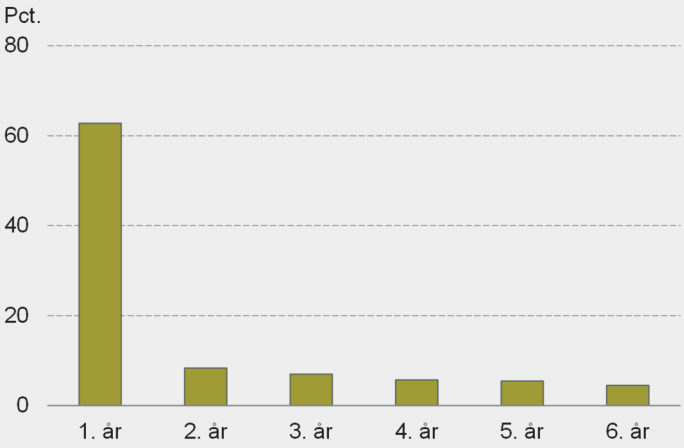
Metode

Fokus på diskret investeringsbeslutning

Analysen er et såkaldt *event study* og undersøger effekten af den diskrete beslutning om at automatisere, hvilket er en udbredt tilgang i litteraturen, jf. afsnit III.3. Selvom der kan være forskelle i investeringsomfanget, er dette fokus attraktivt, fordi virksomhedernes investeringer i automatiserende kapital er tidsmæssigt sammenklumpede. Når virksomhederne påbegynder automatisering, foretager de i gennemsnit mere end 60 pct. af den samlede investering allerede i det første år, jf. figur III.10. I årene efter foretages følgeinvesteringer, der øger det samlede investeringsomfang, men omfanget af følgeinvesteringerne er begrænset i forhold til den initiale investering. Det understreger, at beslutningen om at automatisere i høj grad er en diskret beslutning for de danske fremstillingsvirksomheder. En lignende konklusion finder Humlum (2022) for industrirobotter.

FIGUR III.10 INVESTERINGSFORLØB OMKRING AUTOMATISERING

Virksomheder, der automatiserer, foretager ca. 60 pct. af den samlede investering allerede i det første år.



Anm.: Figuren angiver den gennemsnitlige andel på tværs af virksomheder af den samlede import af automatiserende maskiner det første år, samt de følgende år efter at automatiseringen er påbegyndt.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik.

Der bruges *matching* til at konstruere en kontrolgruppe, …

Det er nødvendigt at kontrollere for eksisterende forskelle mellem virksomhederne for at isolere effekten af automatisering, da automatiserende og ikke-automatiserende virksomheder er forskellige i udgangspunktet, jf. tabel III.3. Konkret anvendes *entropy balancing*, der er en type *matching* og fungerer ved at finde en kontrolgruppe af virksomheder, som aldrig har automatiseret, men som ligner de automatiserende virksomheder, jf. boks III.6. Metoden indebærer, at nogle virksomheder vejer tungere end andre i kontrolgruppen. Hvis kontrolgruppen eksempelvis indeholder for mange små virksomheder relativt til gruppen af automatiserende virksomheder, vil en lille virksomhed i kontrolgruppen tælle mindre end en mellemstor og stor virksomhed.

… og efter matching ligner kontrolgruppen de automatiserende virksomheder

Kontrolgruppen genvægtes, så gennemsnit og spredning af en række variable svarer til gennemsnit og spredning for automatiserende virksomheder. Det gælder logaritmen til omsætning, værditilvækst, beskæftigelse, timeproduktivitet og lønkvote samt lønandelen for produktionsarbejdere. Der er ingen betydelige forskelle mellem de to grupper,

når de beregnede vægte anvendes, jf. tabel III.3. Tilgangen sikrer desuden, at den branchemæssige fordeling af virksomheder i kontrolgruppen ligner brancheforde lingen i de automatiserende virksomheder indenfor hvert enkelt kalenderår. Disse resultater, samt resultaterne for spredningen, er ikke vist i tabellen, men kan findes i *baggrundsnotat til kapitel III i Produktivitet, 2023.* [13]

BOKS III.6 ANALYSE AF EFFEKTEN AF AUTOMATISERING

I analysen antages det, at det er muligt at konstruere en relevant kontrolgruppe for de automatiserende virksomheder ved at kombinere alle virksomheder, der aldrig automatiserer. Antagelsen er, at de automatiserende virksomheder ville have udviklet sig som kontrolgruppen, hvis de ikke havde automatiseret.

En udfordring er, at der ikke findes et naturligt referencetidspunkt for virksomhederne, der aldrig automatiserer. Tag to virksomheder, der observeres i perioden 2010 til 2018. Den ene af dem automatiserer i 2015. Det giver et naturligt referencetidspunkt. Den anden automatiserer aldrig. Dermed er der intet naturligt referencetidspunkt. Løsningen er at sammenligne virksomhederne, der automatiserer i 2015, med alle virksomheder, der observeres i både 2014 og 2015, men som aldrig automatiserer. Det samme gøres i de øvrige år i perioden 2008-15. Dermed indgår de automatiserende virksomheder kun en gang i samplet, mens de ikke-automatiserende virksomheder kan indgå flere gange. I praksis kræves det, at virksomhederne observeres i tre år før og efter automatiseringsbegivenheden, så det er muligt at beregne effekter på længere sigt i en balanceret stikprøve. For en virksomhed, der aldrig automatiserer, betyder det, at den skal observeres i minimum syv sammenhængende år for at være med i kontrolgruppen. Hvis den derimod observeres i otte sammenhængende år, kan den anvendes som kontrol to gange, osv. Tag eksempelvis en virksomhed, der aldrig automatiserer, men som observeres i perioden 2010-18. Den vil indgå i kontrolgruppen tre gange med tre referencetidspunkter: 2013, 2014 og 2015. Derfor laves tre kopier af virksomheden med forskellige referencetidspunkter. I analysen antages det, at effekten af at automatisere i gennemsnit er den samme på tværs af brancher og over tid. Derfor samles alle virksomhederne i en beregning, hvor effekterne beregnes relativt til referenceåret, f.eks. 2015.

Analysen anvender en type matching kaldet *entropy balancing* til at kontrollere for observerbare forskelle, jf. Hainmueller (2012). Metoden går ud på at genvægte alle de ikke-automatiserende virksomheder, så gruppen ligner automatiserende virksomhederne på en række momenter, f.eks. gennemsnittet af logaritmen til omsætning.

13) I praksis vægtes så gennemsnittet og spredningen af *logaritmen* til variablene er ens. I tabellen vises imidlertid gennemsnit af niveauerne (uden logaritmer), og det fremgår at forskellene er små. I baggrundsnotatet fremgår, at forskellene til logaritmen af variablene er endnu mindre.

BOKS III.6 ANALYSE AF EFFEKTEN AF AUTOMATISERING, FORTSAT

Metoden garanterer, at alle de valgte momenter balancerer i de to grupper. Metoden forsøger dog samtidigt at opnå denne balancering ved at sprede vægtene ud på så mange kontrolobservationer som muligt. På den måde anvendes mest muligt information, hvilket giver mest mulig præcision i den videre analyse.

Metoden består i at minimere en funktion, der straffer for at samle vægtene ved en enkelt observation under betingelse af, at hver de vægtede momenter i kontrolgruppen svarer til de tilsvarende momenter i gruppen af automatiserende virksomheder. Hvis $m_j(X)$ er et givet moment i gruppen af automatiserende virksomheder, der er beregnet som $\sum_{i \in auto} a_{ij}(X)\,/N$, hvor N er antallet af automatiserende virksomheder, så er $m_j^k(X)$ der tilsvarende vægtede moment i kontrolgruppen beregnet som $\sum_{i \in kontrol} w_i a_{ij}(X)/N$, hvor w_i er vægten.

Hvis momentet eksempelvis er gennemsnittet af omsætning, bliver $a_{ij}(X) = oms_i$. Hvis der derimod er tale om variansen af omsætning, bliver $a_{ij}(X) = (oms_i - \overline{oms})^2$, hvor $\overline{oms}$ er (det vægtede) gennemsnit af omsætning. Det giver anledning til minimeringsproblemet:

$$\min_{\{w_i\}} w_i \log\left(\frac{w_i}{q_i}\right) \; s.t. \; m_j^k(X) = m_j(X) \;\; for\ alle\ momenter\ j$$

Der stilles desuden krav til, at alle vægte er positive, og at de summer til antallet automatiserende virksomheder (N). q_i er en på forhånd valgt referencevægt, der sættes til 1. Kontrolvirksomheder, der indgår som kopier med flere referencetidspunkter, vægtes mindre, så kopierne samlet set indgår med vægt 1. Dermed straffer minimeringsproblemet løsninger, der lægger meget vægt på forskellige kopier af den samme kontrolvirksomhed, hvilket minimerer standardfejlene, da der i analysen clustres på virksomhedsniveau.

Valget af momenter er beskrevet i hovedteksten. Tabel III.3 og *Baggrundsnotat til kapitel III i Produktivitet, 2023* viser, at momenterne i kontrolgruppen og gruppen af automatiserende virksomheder er ens i reference året, når de beregnede kontrolvægte anvendes.

Med baggrund i de beregnede kontrolvægte (w_i), beregnes effekten af automatisering på logaritmen til en given variabel (y) p år efter automatisering som

$$Effekt\ i\ år\ p = \sum_{i \in auto} \frac{y_{i,p} - y_{i,-1}}{N} - \sum_{i \in kontrol} w_i \frac{y_{i,p} - y_{i,-1}}{N}$$

Den umiddelbare effekt i året for automatisering findes ved at sætte $p = 0$, men det er også muligt at beregne effekten i perioder, der ligger før kontroltidspunktet ($p = -1$), hvilket gør det muligt vurdere, om der er forskelle i udviklingen mellem grupperne i årene før automatisering.

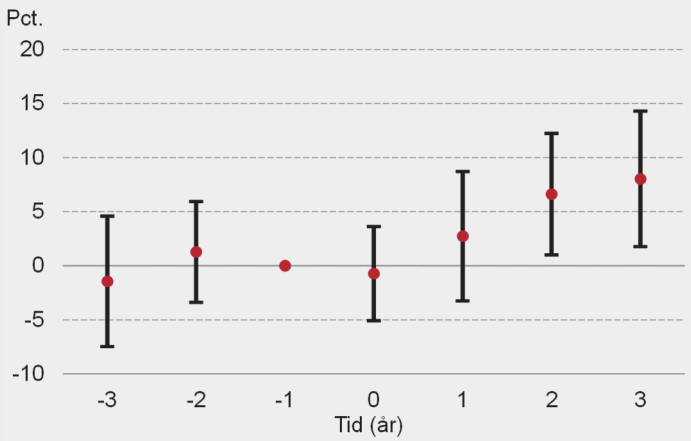
RESULTATER

Efter automatisering øger virksomhederne timeproduktiviteten med ca. 7 pct.

Når virksomhederne automatiserer, øges timeproduktiviteten i årene efter med ca. 7 pct. i forhold til et scenarie uden automatisering, jf. figur III.11. Tilpasningen sker gradvist, men stabiliseres omkring på ca. 5-10 pct. to år efter beslutningen om at automatisere. Den gradvise tilpasning kan eksempelvis skyldes, at der de første år efter automatiseringen sker træning af medarbejdere og omstrukturering af produktionsprocessen, som øger omkostningerne og forsinker produktionsstigningen. Den kan dog også skyldes, at der er følgeinvesteringer i årene efter den første investering, der dog må antages at være af begrænset betydning, jf. figur III.10.

FIGUR III.11 EFFEKT PÅ TIMEPRODUKTIVITET

Virksomheder, der automatiserer, øger timeproduktiviteten med ca. 7 pct. i forhold til en situation uden automatisering.



Anm.: Figuren viser de estimerede effekter på timeproduktiviteten af at automatisere målt i årene før og efter automatisering. De røde cirkler angiver effektestimater, mens pindene angiver den statistiske usikkerhed målt ved 95 pct. konfidensintervaller.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik.

Ingen tegn på forskelle inden automatisering

Der er ingen tegn på, at virksomheder, som automatiserer, har større stigninger i timeproduktiviteten i årene inden automatisering, hvilket ses af, at estimaterne inden automatiseringen er tæt på nul, jf. figur III.11. Det bestyrker fortolkningen af, at de estimerede effekter faktisk

skyldes automatisering og ikke eksempelvis, at automatiserende virksomheder i forvejen var i vækst af andre årsager.

Lignende resultater i litteraturen

Resultatet stemmer overens med lignende studier fra andre lande, jf. afsnit III.3. Acemoglu mfl. (2020) finder stigninger i timeproduktiviteten på 4 pct. i Frankrig, og Acemoglu mfl. (2022) finder stigninger i timeproduktivteten på 9 pct. i USA. Endelig finder Bonfiglioli mfl. (2020) en effekt på timeproduktivitet på ca. 5 pct. Derfor er resultaterne fra indeværende analyse ikke overraskende, men bekræfter, at den positive produktivitetseffekt også gør sig gældende i Danmark. Desuden udbreder analysen resultatet til en bredere gruppe af automatiserende maskiner, der udgør en større andel af de samlede investeringer, jf. afsnit III.4.

Automatiserende virksomheder øger beskæftigelsen

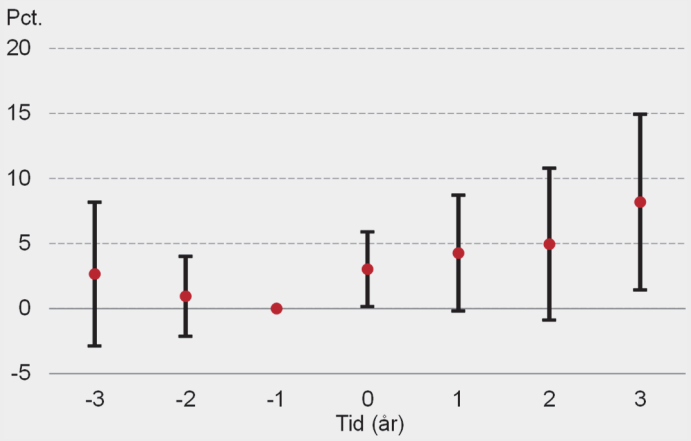
På trods af at virksomhederne investerer i automatiserende maskiner, er der ikke tegn på at beskæftigelsen falder i årene efter den første investering, jf. figur III.12. Tværtimod stiger beskæftigelsen med mere end 5 pct. i virksomhederne, der automatiserer.

Effekten på beskæftigelsen på samfundsniveau er ukendt

De positive effekter på beskæftigelsen findes også i eksisterende undersøgelser af virksomheder i andre lande. Eksempelvis finder Acemoglu mfl. (2020) at beskæftigelsen stiger med 11 pct. i Frankrig efter automatisering. Estimaterne af effekterne på virksomhedsniveau er dog svære at overføre til samfundsniveau på grund af sammensætningseffekter, der teoretisk set opstår som følge af *business stealing*, jf. afsnit III.2.

FIGUR III.12 EFFEKT PÅ BESKÆFTIGELSE

Beskæftigelsen stiger med mere end 5 pct. årene efter virksomheden automatiserer.



Anm.: Figuren viser effekterne på beskæftigelsen målt i årsværk af at automatisere målt i årene før og efter automatisering. De røde cirkler angiver effektestimater, mens pindene angiver konfidensintervaller på 95 pct.

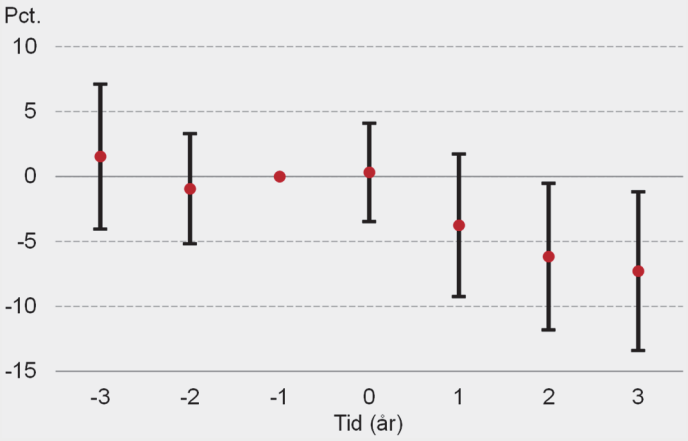
Kilde: Egne beregninger på baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik.

Lønkvoten mindskes med mere end 5 pct. efter automatisering

Efter virksomhederne automatiserer, sker der et fald i lønkvoten, og tre år efter er den faldet med ca. 7 pct. i forhold til en situation, hvor virksomhederne ikke havde automatiseret, jf. figur III.13. Omregnet til pct.point betyder det, at automatisering isoleret set bidrager med et fald i lønkvoten på ca. 5 pct.point i den gennemsnitlige virksomhed, hvor lønkvoten i året før automatisering er ca. 73 pct. Dermed kan automatisering have bidraget til at reducere lønkvoten generelt. Som i tilfældet med timeproduktiviteten, er der ingen tegn på effekter, der opstår før automatisering, hvilket styrker tilliden til, at effekterne skyldes automatisering.

FIGUR III.13 EFFEKT PÅ LØNKVOTEN

Lønkvoten mindskes på sigt med mere end 5 pct. i de automatiserende virksomheder i forhold til situationen, hvor de ikke havde automatiseret.



Anm.: Figuren viser effekterne på lønkvoten af at automatisere målt i årene før og efter automatisering. De røde cirkler angiver effektestimater, mens pindene angiver konfidensintervaller på 95 pct.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik.

Effekter på lønkvote som i andre lande

De beregnede effekter på lønkvoten stemmer overens med estimater fra lignende studier i andre lande. Acemoglu mfl. (2020) finder et fald i lønkvoten på 4,3 pct.point i Frankrig, Acemoglu mfl. (2022) finder et fald i lønkvoten på 2,7 pct.point i USA, og endelig finder Koch mfl. (2021) et fald i lønkvoten på 5 pct.point i Spanien. Den beregnede effekt på lønkvoten er lidt større, end den effekt Humlum (2022) beregner i en strukturel model for Danmark. Humlum (2022) anvender dog en generel ligevægtsmodel, og det er muligt, at ligevægtseffekterne på den aggregerede lønkvote er anderledes.

Resultaterne stemmer overens med teorien om automatisering

Kombinationen af stigende timeproduktivitet og faldende lønkvote stemmer overens med den forventede effekt af automatisering, jf. afsnit III.2. Det må forventes, at timeproduktiviteten stiger, da automatiseringen kun foretages, hvis virksomheden finder det omkostningseffektivt. Samtidig betyder automatisering, at færre arbejdsopgaver nu løses af medarbejderne og flere af maskiner. Det mindsker andelen af værditilvæksten, som tilfalder arbejdskraften, og øger andelen, der tilfalder kapitalen.

Faldende lønkvote kan også skyldes stigende markupper

Udover egentlig automatisering af arbejdsopgaver kan lønkvoten også være faldet, fordi de automatiserende virksomheder har fået en konkurrencefordel gennem produktivitetsstigninger og dermed øget markedsmagt. Hvis automatiserende virksomheder udnytter denne markedsmagt til at øge deres markupper, vil det i sig selv medføre, at lønkvoten falder, jf. *Produktivitet 2022*. I det tilfælde vil selv en lille grad af automatisering give anledning til store fald i lønkvoten, uden at kapitalens aflønning stiger markant.

Stigende timeproduktivitet kan have flere årsager

Det er teoretisk muligt, at automatisering kan have store negative konsekvenser for beskæftigelsen, uden at den samlede produktion i virksomheden stiger nævneværdigt. Det sker, hvis de automatiserende maskiner kun er marginalt mere omkostningseffektive, end den arbejdskraft der erstattes, jf. Acemoglu og Restrepo (2022b). I det tilfælde vil timeproduktiviteten stige, men omkostningsbesparelsen og dermed den målte TFP-gevinst vil være lille, da virksomhedens omkostninger blot forskydes fra aflønning af ansatte til aflønning af kapital. Hvis der derimod opnås store omkostningsreduktioner pr. produceret enhed i forbindelse med automatiseringen, vil virksomheden kunne reducere sine priser mere end konkurrenterne og dermed vinde markedsandele. I det tilfælde modvirkes den direkte negative effekt på beskæftigelsen fra automatiseringen af arbejdsopgaver, fordi virksomheden øger produktionen og dermed beskæftigelsen generelt.

Analysen peger på lavere omkostninger og priser

I analysen stammer effekten på timeproduktiviteten fra, at værditilvæksten stiger mere end beskæftigelsen. Det ses ved, at automatisering faktisk øger beskæftigelsen. Det indikerer, at automatisering er forbundet med egentlige produktivitetsgevinster, altså en sænkning af de samlede omkostninger, og ikke blot en flytning af omkostninger fra ansatte til kapital. Det ville nemlig ikke påvirke virksomhedens priser og dermed produktion, hvis de samlede omkostninger var upåvirkede. Når den samlede produktion og beskæftigelse stiger, indikerer det tværtimod, at virksomheden har sænket priserne og øget afsætningen, hvilket igen er tegn på, at de samlede omkostninger er faldet.

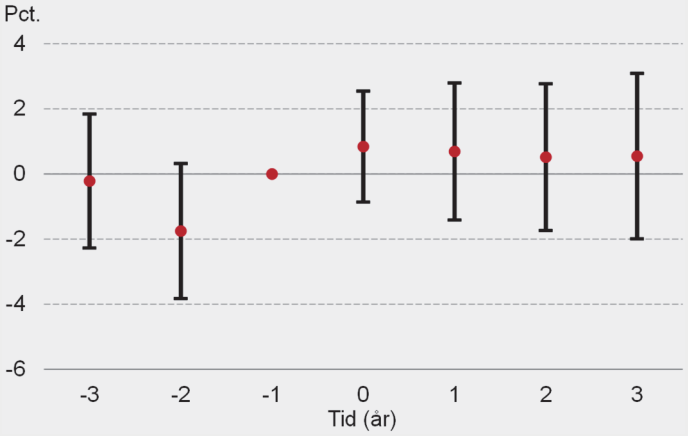
Ikke tegn på ændret beskæftigelses-sammensætning

Der er ingen umiddelbare indikationer af, at beskæftigelsessammensætningen ændres i de automatiserende virksomheder, jf. figur III.14. Der er således ikke tegn på, at den andel af den samlede løn, der tilfalder produktionsarbejdere i forhold til andre beskæftigede, mindskes i årene efter automatisering. Humlum (2022) finder til gengæld effekter på beskæftigelsessammensætningen af industrirobotter og beslægtede maskiner i Danmark ved en lignende analyse. Denne forskel kan skyldes, at der i nærværende analyse anvendes et bredere mål for automatisering, som omfatter flere forskellige slags maskiner. En anden

mulig forklaring er usikkerhed forbundet med medarbejdernes stillingsbetegnelser eller forskelle i den anvendte metode.

FIGUR III.14 LØNANDEL TIL PRODUKTIONSARBEJDERE

Ingen tegn på, at andelen af lønnen, der går til produktionsarbejdere, falder i årene efter automatisering.



Anm.: Figuren viser effekterne på produktionsarbejdernes andel af den samlede løn af at automatisere målt i årene før og efter automatisering. De røde cirkler angiver effektestimater, mens pindene angiver konfidensintervaller på 95 pct.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik.

STØRRELSEN AF EFFEKTERNE AF AUTOMATISERING

Estimerede effekter som i litteraturen

I det foregående underafsnit blev effekterne af automatisering på en række variable beregnet. Effekterne på timeproduktivitet, beskæftigelse og lønkvoten er, som beskrevet, i overensstemmelse med den eksisterende litteratur, og i den forstand er effekterne ikke store relativt set.

Litteraturen sammenholder ikke investeringer og gevinster

Litteraturen diskuterer generelt set ikke effekternes størrelse relativt til de påkrævede investeringer. Det kan skyldes, at en del undersøgelser baserer sig på spørgeskemaer, der ikke indeholder information om in-

vesteringsomfang, men kun en indikator for, om virksomheden anvender robotter. I det følgende sammenlignes effekternes størrelse med de observerede investeringer.

Tre år efter automatisering opnås gevinst på 2,7 mio. kr., …

Tre år efter automatisering kan de akkumulerede forøgelser i værditilvækst, som tilfalder ejerne i en gennemsnitlig virksomhed, opgøres til 2,7 mio. kr., jf. tabel III.4. Først beregnes effekten på værditilvækst i procent som summen af effekten på timeproduktiviteten og effekten på beskæftigelsen. Alternativt kan effekten på værditilvækst estimeres direkte, hvilket giver samme resultat, jf. *Baggrundsnotat til kapitel III i Produktivitet, 2023*. Herefter omregnes effekten i procent til et kronebeløb ved at tage udgangspunkt i en gennemsnitlig værditilvækst på 32 mio. kr. Det giver en stigning på 0,7 mio. kr. i automatiseringsåret og 5,2 mio. kr. tre år efter automatisering. For at finde den akkumulerede gevinst på et givent tidspunkt fraregnes den del af værditilvæksten, der tilfalder lønmodtagerne, altså lønkvoten. I automatiseringsåret giver det ejerne en gevinst på 0,2 mio. kr., og i det tredje år fås en gevinst på 1,1 mio. kr. Samlet set giver det en akkumuleret gevinst på 2,7 mio. kr. tre år efter automatisering.

… hvilket er 10 gange større end den samlede investering

Virksomhedsejernes estimerede gevinster sammenlignes med den samlede akkumulerede investering i automatiserende kapital for den gennemsnitlige virksomhed, som efter tre år er på 255.000 kr. Dermed er gevinsten efter tre år ca. 10 gange større end den rene investering, og allerede efter et år overstiger den samlede gevinst den samlede investering. Selv med udgifter til at finansiere investeringen og med diskontering af fremtidige indtægter, må dette betegnes som en stor effekt, også set i lyset af, at de automatiserende maskiner ikke er fuldt afskrevet efter tre år og kan forventes at give et afkast igennem en længere periode.

TABEL III.4 EFFEKTER AF AUTOMATISERING

Tre år efter automatisering er den samlede gevinst for virksomhedsejerne 2,7 mio. kr. af den gennemsnitlige virksomhed. De samlede investeringer er 255.000 kr.

	Gennemsnit	Efter 0 år	Efter 1 år	Efter 2 år	Efter 3 år
			Pct.point		
Lønkvote	72,7	0,2	-2,7	-4,5	-5,3
			1.000 2010-kr.		
Værditilvækst	32.475,7	695,7	2.206,7	3.684,1	5.188,9
Akkumuleret gevinst		191,3	732,8	1.572,2	2.712,3
Akkumuleret investering		117,3	136,9	215,8	255,1

Anm.: Tabellen angiver ændringen i værditilvækst og lønkvoten for den gennemsnitlige virksomhed i 0 til 3 år efter automatisering. Desuden angives den gennemsnitlige akkumulerede investering og gevinst. Gevinsten er defineret som kapitalens andel af værditilvæksten ganget med ændringen i værditilvæksten. Alle monetære beløb er deflateret med forbrugerprisindeksen og målt i 1000 kr. i 2010. Estimaterne af effekterne på værditilvækst og de tilhørende standardfejl er ikke vist i de ovenstående figurer, men kan findes i *baggrundsnotat til kapitel III i Produktivitet 2023*.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik.

Der er flere mulige forklaringer på at de målte investeringer er små relativt til effekterne.

Investeringer i automatiserende maskiner kan være undervurderet

For det første er investeringerne i automatisering formentlig undervurderede, da de alene er beregnet på baggrund af importen. Det er således muligt, at virksomhederne køber flere automatiserende maskinerne gennem danske importører, og at de reelle investeringers størrelse dermed er større. Derudover kan der være omkostninger til installation og konsulentbistand, som ikke er inkluderet i købsprisen – en amerikansk undersøgelse konkluderer således, at købsprisen kun udgør omkring 1/3 af de samlede investeringsudgifter, jf. Sirkin mfl. (2015).

Automatisering kan kræve komplementære investeringer

For det andet kan de automatiserende virksomheder have investeret i komplementære input, som skal være til stede, for at få det fulde udbytte af automatisering. Det kan eksempelvis være andre maskiner, en bestemt ledelsesform, organisering, forskellige typer af software og kunstig intelligens eller medarbejdere med særlige kompetencer til at

bruge maskinerne. Det kan betyde, at de reelle omkostninger ved automatisering er større end observeret.

Automatisering er ikke egnet til alle slags produktion

For det tredje er der den mulighed, at der reelt er tale om et stort afkast af automatisering. Når de direkte investeringsudgifter i automatiserende maskiner ikke fylder mere i virksomhederne, kan det skyldes, at det kun er bestemte produktionsprocesser, som er egnet til automatisering. Det kan begrænse mulighederne for udbredelsen af automatisering både indenfor og mellem virksomheder. Denne tolkning underbygges af, at der er store forskelle på, hvor meget der investeres i automatisering i forskellige brancher, jf. afsnit III.4.

SAMMENFATNING

I afsnittet analyseres effekten af automatisering på produktivitet, beskæftigelse og lønkvote på virksomhedsniveau.

Produktiviteten øges og lønkvoten mindskes ved automatisering

Ved at fokusere på virksomheder, der påbegynder deres automatisering, er det muligt at afdække effekten af at automatisere på virksomhedens produktivitet, beskæftigelse og lønkvote. Analysen viser, at danske fremstillingsvirksomheder samtidigt øger deres produktivitet og beskæftigelse, men mindsker deres lønkvote, når de automatiserer. Disse resultater er både i overensstemmelse med resultater fra andre lande og teorien om automatisering.

Effekterne gælder for en bred gruppe automatiserende maskiner

I analysen anvendes et bredt mål for automatiserende maskiner, der ikke tidligere har været anvendt i studier af effekter på virksomhedsniveau. Det brede mål for automatiserende maskiner udgør en større andel af de samlede investeringer i maskiner end eksempelvis industrirobotter alene. Dermed udbreder analysen den eksisterende viden om effekterne af automatisering på virksomhedsniveau til en bredere gruppe kapital.

III.6 SAMMENFATNING

Automatiserende teknologier i fremvækst

En række nyere, internationale undersøgelser peger i retning af, at automatisering af produktionen har taget fart de senere årtier. Automatisering er, når teknologier, såsom robotter, computerstyrede maskiner og kunstig intelligens, erstatter menneskers arbejdsopgaver. I modsætning til andre teknologiske fremskridt er automatisering kendetegnet ved at erstatte arbejdsfunktioner, og derved kan det potentielt betyde lønfald for de berørte medarbejdergrupper, som mister arbejdsopgaver.

Kapitlet undersøger effekterne af automatisering

Kapitlet gennemgår resultater fra den internationale litteratur om konsekvenserne af automatisering og beskriver udviklingen i automatisering i fremstillingssektoren i Danmark. Endvidere er der udført en empirisk analyse af, hvad der sker med f.eks. produktivitet og beskæftigelse i de danske fremstillingsvirksomheder, som har automatiseret dele af produktionen.

Automatisering øger produktiviteten

Først i kapitlet gennemgås effekterne af automatisering med afsæt i økonomisk teori. Når maskinerne overtager arbejdsopgaver, øges timeproduktiviteten. Samtidig øges den såkaldte totalfaktorproduktivitet i den forstand, at den samme mængde produktion kan tilvejebringes med et mindre samlet ressourceforbrug til kapital og arbejdskraft. Det skyldes, at virksomhederne vælger at automatisere, fordi de vurderer, at maskinerne er billigere end den arbejdskraft, de erstatter. Derfor øger automatisering som udgangspunkt den samfundsøkonomiske effektivitet.

Men det kan også øge uligheden …

Automatisering kan imidlertid også have konsekvenser for indkomstfordelingen, fordi en større del af omsætningen går til aflønning af kapital relativt til arbejdskraft. Dermed falder lønkvoten, hvilket kan øge uligheden, fordi kapitalejerne får mere indkomst relativt til lønmodtagerne. Automatisering kan også øge lønforskellene mellem forskellige grupper på arbejdsmarkedet. Da robotter og lignende maskiner har lettere ved at udføre rutinepræget arbejde, som typisk udføres af personer med kortere uddannelse, kan det i særlig grad være denne gruppe, som oplever en ufordelagtig lønudvikling. Under visse omstændigheder kan automatisering ligefrem sænke reallønnen for de grupper, som bliver erstattet af den nye teknologi. Her adskiller automatisering sig fra anden teknologisk vækst, som øger reallønnen.

… og forværre den offentlige saldo

Når en større del af indkomsten tilfalder kapitalejerne frem for lønmodtagerne kan det forværre den offentlige saldo, fordi kapitalindkomst i gennemsnit er lempeligere beskattet end lønindkomst.

Negative effekter kan blive modvirket, hvis der skabes nye arbejdsopgaver og gennem uddannelse

På sigt kan de negative konsekvenser af automatisering blive begrænset af, at der skabes nye arbejdsopgaver i økonomien, som ikke er automatisérbare. De nye opgaver vil øge behovet for arbejdskraft, hvilket vil modvirke tabet af arbejdsopgaver grundet automatisering. Konsekvenserne kan også blive begrænset af, at arbejdsstyrkens kompetencer ændres gennem uddannelse og efteruddannelse, så de i højere grad kan udføre opgaver, som er vanskelige for teknologien at erstatte.

Empiriske undersøgelser fokuserer på industrirobotter, …

De fleste empiriske undersøgelser af automatisering beskæftiger sig med effekten af industrirobotter og lignende maskiner, der typisk anvendes i fremstillingssektoren. Det er muligt, at der kan være andre teknologier, såsom kunstig intelligens og anden software, der også kan overtage arbejdsopgaver inden for fremstilling, men dette er der begrænset viden om i litteraturen.

… og resultaterne er i tråd med den teoretiske forventning

De empiriske undersøgelser finder typisk, at automatisering øger produktiviteten og mindsker lønkvoten både på virksomhedsniveau og samfundsniveau, hvilket er i overensstemmelse med den teoretiske forventning. De fleste studier undersøger effekten af at påbegynde automatisering, eksempelvis målt ved købet af den første robot. Derimod er der mindre viden om, hvordan intensiteten af automatisering, eksempelvis målt ved antallet af robotter, påvirker de enkelte virksomheder.

Effekt på beskæftigelse på samfundsniveau er usikker

Mens der typisk findes positive effekter af automatisering på antallet af ansatte i automatiserede virksomheder, er det ikke sikkert, at dette resulterer i øget beskæftigelse på branche- eller samfundsniveau. Effekterne kan være forskellige, fordi en forøgelse i beskæftigelsen i de automatiserende virksomheder kan ske på bekostning af fald i beskæftigelsen andre steder i økonomien. Den samlede effekt på beskæftigelsen er derfor usikker og vanskelig at afgøre rent empirisk.

Automatiserende maskiner er blevet mere udbredte, …

I kapitlet opgøres investeringerne i robotter og andre automatiserende maskiner, såsom automatiske fræse-, skære- og svejsemaskiner i danske fremstillingsvirksomheder. Antallet af fremstillingsvirksomheder, som investerer i disse maskiner, er i vækst. Samtidig er der også sket en forøgelse i antallet af installerede industrirobotter.

… men der er ikke tale om en dramatisk udvikling

Der er imidlertid ikke tegn på, at de automatiserende maskiner i et betydeligt omfang har vundet indpas relativt til andre produktionsteknologier. Således udgør investeringer i de målte automatisende maskiner

en nogenlunde konstant andel på knap 3 pct. af de samlede investeringer i fremstillingssektoren i perioden 2008-19. En af forklaringerne på, at andelene ikke er i stigning, kan være, at maskiner i det hele taget fylder mindre i fremstillingssektoren. Således er der de seneste årtier sket en vækst i immaterielle investeringer, navnlig i software samt i forskning og udvikling, på bekostning af de materielle investeringer. Det kan afspejle en omstilling af fremstillingssektoren fra traditionel produktion til et øget fokus på forskning, design og andet kontorarbejde.

Analyse om effekter af automatiserende maskiner på virksomheder

I kapitlet er fortaget en analyse af effekterne af automatisering på produktiviteten, beskæftigelsen og lønkvoten i danske fremstillingsvirksomheder. I analysen ses på automatiserende investeringer for både robotter og computerstyrede maskiner, hvor de eksisterende udenlandske studier anvender et snævrere mål ved kun at se på robotter.

Produktivitet og antal ansatte stiger, lønkvoten falder

I analysen findes, at virksomhedernes timeproduktivitet øges med ca. 7 pct., efter at de begynder at investere i automatiserende teknologier. Samtidig øges antallet af ansatte og lønkvoten falder. Dermed er resultaterne i tråd med, hvad der findes i litteraturen fra andre lande.

Samfundsøkonomiske hensyn kan ikke begrunde støtte eller anden regulering af automatisering

Regulering af automatisering kan i princippet begrundes ud fra samfundsøkonomiske hensyn, hvis der er markedsfejl, som betyder, at den enkelte virksomhed ikke indregner den fulde gevinst eller omkostning for samfundet ved at investere. Der er ikke nogen oplagte principielle argumenter for, at automatisering indebærer gevinster for samfundet ud over de enkelte virksomheders og dermed heller ingen begrundelse for at støtte automatisering. Under visse omstændigheder kan der imidlertid være samfundsøkonomiske omkostninger ved automatisering, som kan begrunde, at omfanget begrænses gennem regulering. Det kan eksempelvis skyldes fagforeninger eller andre forhold, som presser lønnen op og giver en uhensigtsmæssig stærk tilskyndelse til at automatisere og dermed et uhensigtsmæssigt stort fald i beskæftigelsen, som udgør et samfundsøkonomisk tab. Der er imidlertid ikke sikre tegn på, at automatisering forårsager et fald i beskæftigelsen, hverken i analysen i kapitlet eller i undersøgelser fra andre lande. Dermed er der hverken overbevisende samfundsøkonomiske argumenter for at øge eller begrænse omfanget af automatisering gennem subsider, afgifter eller anden regulering.

LITTERATUR

Acemoglu, D., G.W. Anderson, D.N. Beede, C. Buffington, E.E. Childress, E. Dinlersoz, L.S. Foster, N. Goldschlag, J.C. Haltiwanger, Z. Kroff, P. Restrepo og N. Zolas (2022): Automation and the workforce: A firm-level view from the 2019 Annual Business Survey (No. w30659). National Bureau of Economic Research.

Acemoglu, D., C. Lelarge og P. Restrepo (2020): Competing with robots: Firm-level evidence from France. *AEA Papers and Proceedings,* 110, s. 383-388.

Acemoglu, D. og P. Restrepo (2020): Robots and jobs: Evidence from US labor markets. *Journal of Political Economy,* 128 (6), s. 2188-2244.

Acemoglu, D. og P. Restrepo (2022a): Demographics and Automation, *The Review of Economic Studies*, 89 (1), January 2022, s. 1–44.

Acemoglu, D. og P. Restrepo (2022b): Tasks, Automation, and the Rise in U.S. Wage Inequality. *Econometrica*, 90, s. 1973-2016.

Adachi, D., D. Kawaguchi og Y.P. Saito (2022): Robots and Employment: Evidence from Japan, 1978-2017. Arbejdspapir. Udkommer i: *Journal of Labor Economics*.

Aghion, P., B.F. Jones og C.I. Jones (2018): Artificial intelligence and economic growth. *The economics of artificial intelligence: An agenda*. s. 237-282. University of Chicago Press.

Aghion, P., C. Antonin og S. Bunel (2019): Artificial intelligence, growth and employment: The role of policy. *Economie et Statistique,* 510 (1), s. 149-164.

Aghion, P., C. Antonin, S. Bunel og X. Jaravel (2020): What are the labor and product market effects of automation? New evidence from France. Arbejdspapir.

Aghion, P., C. Antonin, S. Bunel og X. Jaravel (2022): The Effects of Automation on Labor Demand. I Ing, L.Y. og G.M. Grossman (red.): *Robots and AI: A New Economic Era*. Routledge-ERIA Studies in Development Economics.

Agrawal, A., J.S. Gans og A. Goldfarb (2019): Artificial intelligence: the ambiguous labor market impact of automating prediction. *Journal of Economic Perspectives,* 33 (2), s. 31-50.

Allen, R.C. (2009): Engels' pause: Technical change, capital accumulation, and inequality in the british industrial revolution. *Explorations in Economic History*, 46 (4), s. 418-435.

Autor, D. og A. Salomons (2018): Is Automation Labor-Displacing? Productivity Growth, Employment, and the Labor Share*. Brookings Papers on Economic Activity*, 49 (1), s. 1-87.

Autor, D., F. Levy og R. Murnane (2003): The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *The Quarterly Journal of Economics,* 118 (4), s. 1279-1333.

Aw, B.Y., M.J. Roberts og D.Y. Xu (2011): R&D investment, exporting, and productivity dynamics. *American Economic Review,* 101 (4), s. 1312-1344.

Benmelech, E. og M. Zator (2022): Robots and Firm Investment (No. w29676). National Bureau of Economic Research.

Bessen, J., M. Goos, A. Salomons og W. Van den Berge (2020): Firm-level automation: Evidence from the Netherlands. *AEA Papers and Proceedings,* 110, s. 389-93.

Bessen, J., M. Goos, A. Salomons og W. Van den Berge (2023): What Happens to Workers at Firms that Automate? Arbejdspapir. Udkommer i: *The Review of Economics and Statistics.*

Brynjolfsson, E., og A. McAfee (2014): *The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies.* New York, W.W. Norton & Company.

Bonfiglioli, A., R. Crinò, H. Fadinger og G. Gancia (2020): Robot imports and firm-level outcomes. CEPR Discussion Paper, 14593.

Bøler, E.A., A. Moxnes og K.H. Ulltveit-Moe (2015): R&D, international sourcing, and the joint impact on firm performance. *American Economic Review,* 105 (12), s. 3704-3739.

Caprettini, B. og H. Voth (2020): Rage against the machines: Labor-saving technology and unrest in industrializing England. *American Economic Review: Insights,* 2 (3) s. 305-320.

Cheng, H., R. Jia, D. Li og H. Li (2019): The rise of robots in China. *Journal of Economic Perspectives*, 33 (2), s. 71-88.

Chiacchio, F., G. Petropoulos og D. Pichler (2018): The impact of industrial robots on EU employment and wages: A local labour market approach (No. 2018/02). Bruegel working paper.

Dansk Metal (2022): Industrien i sløj udvikling - Danmark investerer mere i robotter.

Dauth, W., S. Findeisen, J. Suedekum og N. Woessner (2021): The adjustment of labor markets to robots. *Journal of the European Economic Association,* 19 (6), s. 3104-3153.

Dekle, R. (2020). Robots and industrial labor: Evidence from Japan. *Journal of the Japanese and International Economies*, 58, 101108.

De Loecker, J. og F. Warzynski (2012): Markups and firm-level export status, *American Economic Review*, 102(6), s. 2437-71.

De Økonomiske Råds Formandskab (2022): *Produktivitet, 2022.*

DIRA (2021). Dansk Robot Netværks (DIRA) vidensbank – Statistik fra 2021.

Dixon, J., B. Hong og L. Wu (2021): The robot revolution: Managerial and employment consequences for firms. *Management Science*, 67 (9), s. 5586-5605.

Domini, G., M. Grazzi, D. Moschella og T. Treibich (2021): Threats and opportunities in the digital era: automation spikes and employment dynamics. *Research Policy*, 50 (7), 104137.

Eggleston, K., Y.S. Lee og T. Iizuka (2021): Robots and labor in the service sector: Evidence from nursing homes (No. w28322). National Bureau of Economic Research.

Erhvervsministeriet (2021): Robotter, automatisering og kompetencer.

Faia, E., G. Ottaviano og S. Spinella (2022): Robot Adoption, Worker-Firm Sorting and Wage Inequality: Evidence from Administrative Panel Data. CEPR Discussion Paper No. 17451.

Genz, S., T. Gregory, M. Janser, F. Lehmer og B. Matthes (2021): How Do Workers Adjust When Firms Adopt New Technologies? Arbejdspapir, IZA DP No. 14626.

Goos, M., A. Manning og A. Salomons (2014): Explaining job polarization: Routine-biased technological change and offshoring. *American Economic Review*, 104 (8), s. 2509-2526.

Gordon, R.J. (2018): Declining American economic growth despite ongoing innovation, *Explorations in Economic History*, 69 (C), s. 1-12.

Graetz, G. og G. Michaels (2018): Robots at work. *Review of Economics and Statistics,* 100 (5), s. 753-768.

Grossman, G. og E. Oberfield (2022): The elusive explanation for the declining labor share, *Annual Review of Economics,* 14, s. 93-124.

Guerreiro, J., S. Rebelo, og P. Teles (2022): Should robots be taxed? *The Review of Economic Studies*, 89 (1), s. 279-311.

Hainmueller , J. (2012): Entropy Balancing for Causal Effects: A Multivariate Reweighting Method to Produce Balanced Samples in Observational Studies, *Political Analysis*, 20 (1), s. 25-46.

Hémous, D. og M. Olsen (2022): The rise of the machines: Automation, horizontal innovation, and income inequality, *American Economic Journal: Macroeconomics,* 14 (1) s. 179-223.

Hobsbawm, E.J. (1952). The Machine Breakers. *Past & Present*, *1*, 57–70

Humlum, A. (2022). Robot Adoption and Labor Market Dynamics. The ROCKWOOL Foundation Research Unit, Study Paper No. 175.

Ing, L.Y. og R. Zhang (2022): Automation in Indonesia: Productivity, Quality, and Employment. I Ing, L.Y. og G.M. Grossman (red.): *Robots and AI: A New Economic Era*. Routledge-ERIA Studies in Development Economics.

International Federation of Robotics (2022): Executive Summary World Robotics 2022 – Industrial Robots.

Jørgensen, P.P. (2020): Automation, Productivity and Markups – Evidence from Danish Manufacturing Firms. Speciale.

Koch, M., I. Manuylov og M. Smolka (2021): Robots and firms. *The Economic Journal*, 131 (638), s. 2553-2584.

Kromann, L., N. Malchow-Møller, J.R. Skaksen og A. Sørensen (2020): Automation and productivity – a cross-country, cross-industry comparision. *Industrial and Corporate Change,* 29 (2), 265-287.

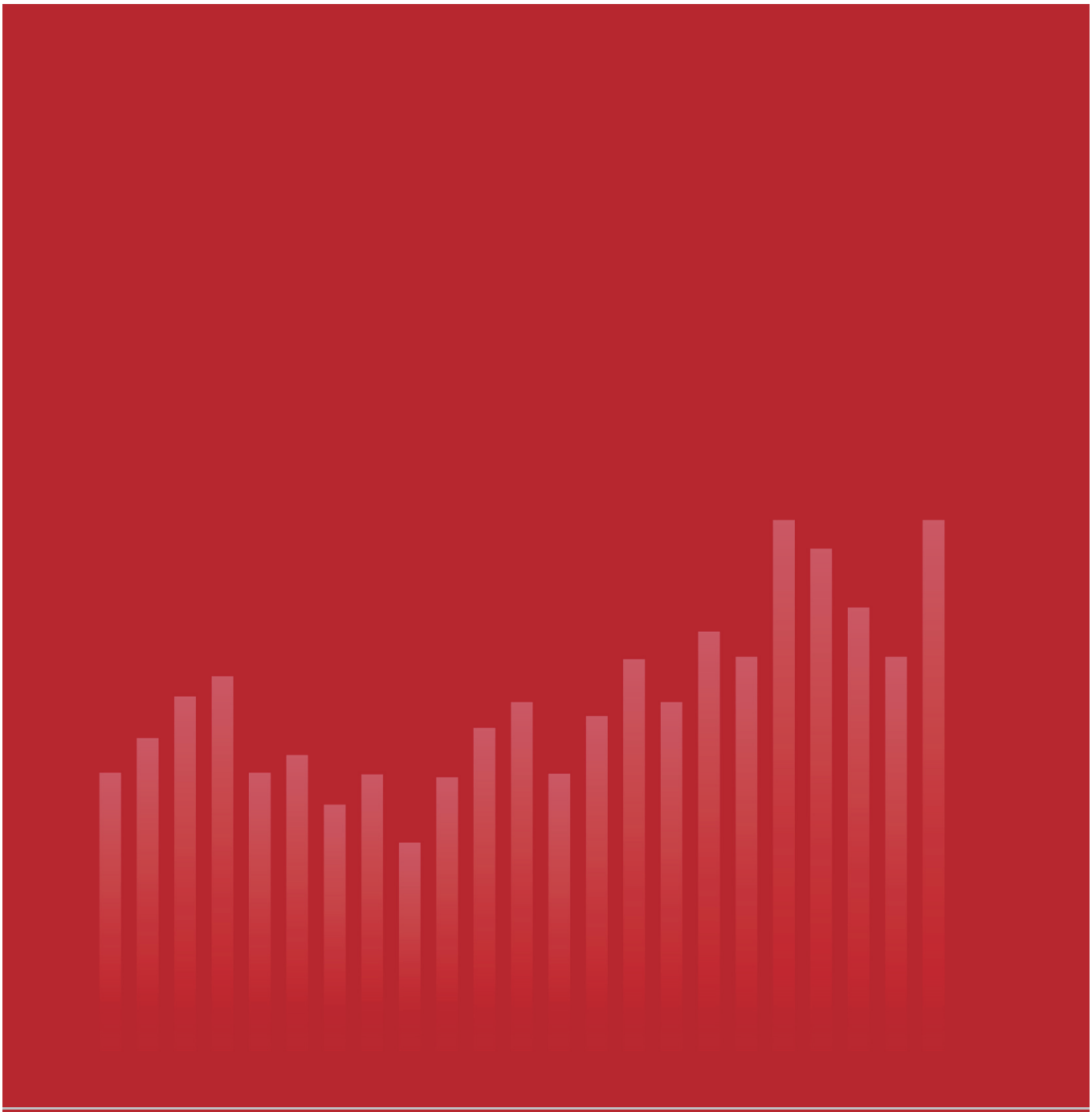
Mohnen, P. og B.H. Hall (2013): Innovation and productivity: An update. *Eurasian Business Review,* 3 (1), s. 47-65.

Prettner, K. og H. Strulik (2020): Innovation, automation, and inequality: Policy challenges in the race against the machine, *Journal of Monetary Economics,* 116 (C), s. 249-265.

Raj, M. og R. Seamans (2018): Artificial intelligence, labor, productivity, and the need for firm-level data. I Agrawal, A., J.S. Gans og A. Goldfarb (red.): *The economics of artificial intelligence: An agenda*. University of Chicago Press.

Sirkin, H.L., M. Zinser og J.R. Rose (2015): The Robotics Revolution – The Next Great Leap in Manufacturing. The Boston Consulting Group.

Tilley, J. (2017): Automation, robotics, and the factory of the future. McKinsey Insights.



Produktivitet, 2023

FORMANDSKABETS REDEGØRELSER

124. Økonomi og Miljø, 2018. Regulering af landbrugets udledning af drivhusgasser. Reduktion af CO2 fra personbiler. Klimapolitik frem mod 2030. 175 kr.
125. Dansk Økonomi, forår 2018. Konjunktur og offentlige finanser, Finanspolitisk holdbarhed, Uddannelsesstøtte på de videregående uddannelser. 175 kr.
126. Produktivitet, 2019. Udviklingen i produktiviteten. Et nyt mål for produktiviteten i grundskolen. Produktivitet og ressourcer i det almene gymnasium. 175 kr.
127. Dansk Økonomi, efterår 2018. Konjunkturvurdering og offentlige finanser. Skat og arbejdsudbud. Ufaglærtes tilknytning til arbejdsmarkedet. 175 kr.
128. Økonomi og Miljø, 2019. Miljøpåvirkning og fordeling. Lækage af drivhusgasudledninger og dansk klimapolitik. 175 kr.
129. Dansk Økonomi, forår 2019. Konjunktur og offentlige finanser. Kapitalindkomstbeskatning. 175 kr.
130. Dansk Økonomi, efterår 2019. Konjunktur og offentlige finanser. Finanspolitisk holdbarhed. Budgetloven og finanspolitiske rammer. Omkostninger ved konjunkturudsving. 175 kr.
131. Produktivitet, 2020. Udviklingen i produktiviteten. Investeringer i infrastruktur. 175 kr.
132. Dansk Økonomi, efterår 2020. Aktuel økonomisk politik. Konjunktur og offentlige finanser. Finanspolitisk holdbarhed. Konjunkturudsving og finanspolitik. Epidemiologi og økonomi. 175 kr.
133. Økonomi og Miljø, 2020. Dansk klimapolitik frem med 2030. 175 kr.
134. Produktivitet, 2021. Aktuel økonomisk politik. Udviklingen i produktiviteten. Langvarige effekter af coronakrisen. Byer og produktivitet. 175 kr.
135. Dansk Økonomi, forår 2021. Aktuel økonomisk politik. Konjunktur og offentlige finanser. Tilbagetrækningsaftalen. Tidlig indsats. 175 kr.
136. Dansk Økonomi, efterår 2021. Aktuel økonomisk politik. Konjunktur og offentlige finanser. Finanspolitisk holdbarhed. Helbred og ældres beskæftigelse. Regneprincipper og konsekvensvurderinger. 175 kr.
137. Økonomi og Miljø, 2021. Beskatning af privatbilisme. Beskæftigelseseffekter af drivhusgasbeskatning. 175 kr.
138. Produktivitet, 2022. Aktuel økonomisk politik. Udviklingen i produktiviteten. Udviklingen i danske virksomheders markedsmagt. Forklaringer på udviklingen i virksomhedernes markedsmagt. 175 kr.
139. Dansk Økonomi, forår 2022. Aktuel økonomisk politik. Konjunktur og offentlige finanser. Lånereguleringer på boligmarkedet. Tilgangseffekter ved ændrede dagpengeregler. 175 kr.
140. Dansk Økonomi, efterår 2022. Aktuel økonomisk politik. Konjunktur og offentlige finanser. Finanspolitisk holdbarhed. Lærerbidrag i folkeskolen. 200 kr.
141. Økonomi og Miljø, 2022. Aktuelle miljøøkonomiske problemstillinger. Klimaregnskaber i landbruget. Fremstillingsvirksomheder og energipriser. 200 kr.
142. Produktivitet, 2023. Aktuel økonomisk politik. Udviklingen i produktiviteten. Automatisering i fremstillingssektoren. 200 kr.

De Økonomiske Råd
Formandskabet

