



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Kreative teknologier

Teknologiske trends og forretnings-
potentialer i den digitale visuelle industri

Udarbejdet for
Vision Denmark

Projektet er finansieret af Uddannelses- og Forskningsstyrelsen

Udarbejdet af
Teknologisk Institut
Analyse og Erhvervsfremme
Kongsvang Allé 29, 8000 Aarhus C

2024

Forfattere
Nikolaj Birkkjær Andersen
Andreas Bjerre Lunkeit
Pernille Bak Pedersen
Nikoline Olesen
Asbjørn Veilskov Friis

Kontaktperson
Forretningsleder Nikolaj Birkkjær Andersen,
nika@teknologisk.dk, +45 7220 1876

ISBN: 978-87-91461-71-2

Indhold

Resumé.	4
1. Indledning	7
2. Hvad er kreative teknologier?	10
3. Udviklingstrends inden for kreative teknologier.	14
Udbredelse af spilmotorer	15
3D-scanning	18
Virtuel produktion.	20
Generativ kunstig intelligens (AI).	22
Udviklingstrends i støtteteknologierne	25
4. Nye forretningspotentialer med kreative teknologier	28
Byggeri og anlæg	29
Avanceret produktion	31
Sundhedssektoren	32
Miljøteknologi.	34
Energisektoren	35
Tværgående områder	36
5. Innovationskort	40
6. Konklusion	52
Appendix	53

Resumé

Den digitale visuelle industri er i hastig udvikling, bl.a. drevet af teknologiske nybrud inden for kreative teknologier. Denne udvikling åbner nye muligheder for, hvordan industrien kan arbejde, samt hvilke produkter og ydelser den kan levere.

Kreative teknologier ligger i spændingsfeltet mellem det digitale og det æstetiske. De trækker på digitale værktøjer og er tæt knyttet til et innovativt værdisæt, men kombinerer også disse værktøjer med et grundlæggende æstetisk perspektiv, der fokuserer på det sanselige, på historiefortællingen og det engagerende. Resultatet bliver audiovisuelle produkter, der sætter brugeren i centrum.

Der er særligt fire teknologiske udviklingstrends, der kendetegner de kreative teknologier og den digitale visuelle industri. Den første er udbredelsen af spilmotorer ("game engines"), der i dag bruges som platform for produktudvikling i hele industrien, ikke blot til spil, og som samler stadig flere funktioner.

Den anden trend er udviklingen af, og inden for, teknologi til 3D-scanning, der gør det muligt at skabe stadig mere livagtige 3D-modeller på baggrund af billeder og optagelser af objekter, personer og bevægelse. Motion capture, fotogrammetri og volumetric capture er her centrale områder for teknologisk udvikling.

Den tredje er virtuel produktion, der åbner de kreative muligheder for film og tv og gør det muligt at flytte store dele af filmarbejdet fra postproduktionen til selve produktionen.

Den fjerde er introduktionen af generativ AI, hvilket kommer til udtryk på tre hovedmåder i de kreative teknologier. AI bruges som hjælperedskab i virksomhedernes interne arbejdsgange, til dataanalyse af f.eks. spillerdata og til reel indholdsproduktion – fra automatiseret generering af træer til AI-drevne "non-player characters" (NPC'er) i spil.

De teknologiske rammebetingelser for de kreative teknologier – støtteteknologierne – er også i hastig udvikling. Her er især udviklingen inden for devices og displays, 5G-internet, cloud-teknologi og distributionsplatforme afgørende.

De kreative teknologier skaber nye muligheder for den digitale visuelle industri inden for virksomhedernes velkendte produkter og ydelser, men de kan også være med til at åbne nye forretningsområder, da de kreative teknologier kan bidrage til løsning af en række udfordringer i samfundet og erhvervslivet.

Digitale tvillinger, udarbejdet i spilmotorer, kan bruges til at optimere bl.a. byggeprojekter, produktionsanlæg og energisystemer ved at skabe en samlet, realtidsopdateret model, der kan identificere effektiviseringspotentialer såvel som fejl i systemet.

XR-udstyr kan understøtte uddannelse, træning og onboarding ved at give elever mulighed for at træne med digitale kopier af eksempelvis farligt teknisk udstyr eller i omgivelser, der er svære at komme til. XR-teknologi gør det også muligt for specialister at vejlede andre på trods af afstand, hvilket kan reducere nedetid ved f.eks. nedbrud af avanceret udstyr.

AI kan bruges til at analysere data og udpege effektiviseringsmuligheder inden for materialeanvendelse og komplekse processer. Dette kan med fordel kombineres med digitale tvillinger, for at give en samlet platform for dataindsamling og analyse i realtid.

På tværs af brancher kan kreative teknologier også bruges til fortsat at skabe bedre og billigere marketing, undervisning og virtuelle oplevelser ved at kombinere nye optageteknikker med 3D-scanninger, digitale tvillinger og XR-udstyr.

Innovationen inden for kreative teknologier er i vækst, når den måles kvantitativt. Antallet af årlige patenter



ansøgt relateret til kreativ teknologi er mere end firedoblet i perioden 2010 til 2021. Selvom der er vækst inden for alle fire grene af området, tager innovationen især fart inden for spil og animation.

De førende globale virksomheder inden for kreative teknologier er de amerikanske og kinesiske techgiganter. Men japanske spil- og kameravirksomheder er også godt med. Når der tages højde for, at nogle patenter må regnes for mere værdifulde end andre, fører USA og Japan betydeligt foran Kina, Sydkorea og Europa.

Kina er den nye store spiller på markedet. Kina er på få år gået fra at være en meget lille spiller til at være det mest patentsøgende land inden for alle fire områder af kreativ teknologi.

Danmark har en særlig styrkeposition inden for spilteknologi og er det 6. mest patentsøgende land, målt på de mest værdifulde spilpatenter. Særligt virksomhederne SteelSeries, LEGO og Unity Technologies går foran i denne udvikling.

Samlet set har Danmark derfor et godt udgangspunkt for at bidrage til den teknologiske udvikling inden for kreative teknologier, især inden for spilteknologi. Dansk viden, erfaring og kompetencer kan bruges til både at skabe nye og innovative produkter inden for spilbranchen, men den kan også bidrage bredere i erhvervslivet til at skabe vækst og understøtte virksomhedernes grønne omstilling.



Den digitale visuelle industri er i rivende udvikling både i Danmark og internationalt

Kapitel 1

Indledning

Den digitale visuelle industri er i rivende udvikling – i Danmark og internationalt. Industriens virksomheder arbejder med spil, film og tv, animation og extended reality (XR) og er på mange måder foregangsvirksomheder inden for teknologianvendelse af såkaldte kreative teknologier. Kreative teknologier betragtes af og til som teknologier, der kun bruges i underholdningsindustrien og kulturen, og som derfor har begrænset relevans for det bredere erhvervsliv. Men det er en misforståelse. For selvom mange af virksomhederne i den digitale visuelle industri arbejder med kulturprodukter og underholdning, er det langt fra hele historien. Udviklingen inden for kreative teknologier er nemlig både ved at revolutionere den måde, hvorpå virksomhederne arbejder, og de produkter og ydelser, de leverer – og i det lys har den digitale visuelle industri meget at tilbyde det øvrige erhvervsliv. Der ligger kort sagt et uforløst vækstpotentiale i anvendelsen af kreative teknologier i erhvervslivets øvrige brancher.

Men hvad er det så for en udvikling, de kreative teknologier gennemgår, og hvad betyder den for teknologierne og den digitale visuelle industris potentiale for at berige andre danske sektorer og industrier? Og endnu mere grundlæggende: Hvad kendetegner de kreative teknologier og den digitale visuelle industri? For at forstå teknologierne og virksomhedernes potentiale er det vigtigt at tydeliggøre deres karakteristika og unikke placering i spændingsfeltet mellem det digitale og det æstetiske.

Denne rapport og dens bagvedliggende projekt, Krea-tek, er sat i verden af erhvervsklyngen Vision Denmark for at skabe synlighed om den teknologiske udvikling og de nye forretningspotentialer inden for klyngens område; den digitale visuelle industri. En del af denne øvelse handler om at skabe et grundlæggende sprog for, hvad der kendetegner den digitale visuelle industri med øje for dens anvendelse af kreative teknologier. Dette sprog skal hjælpe klyngens virksomheder med at

formidle, hvad de laver, og hvordan de skaber værdi, og dermed skabe viden i samfundet om kreative teknologier og deres potentiale.

Nærværende rapport rummer fire analytiske kapitler. I kapitel 2 beskrives, hvad der kendetegner de kreative teknologier og derigennem de virksomheder, der arbejder med kreative teknologier. Kapitel 3 beskrives de nyeste og vigtigste teknologiske udviklinger inden for kreative teknologier og deres støtteteknologier. Kapitel 4 beskriver nogle af de forretningspotentialer, de kreative teknologier rummer inden for en række forskellige erhvervssektorer. Kapitel 5 tegner et innovationskort over de kreative teknologier på baggrund af omfattende data om patentansøgninger inden for teknologiområdet



Figur 1. Overblik over Kreatek-projektet



Kreatek-projektet

Denne rapport er slutproduktet i projektet Kreatek, der blev udført af Teknologisk Institut fra juli 2023 til februar 2024, og som blev finansieret af Uddannelses- og Forskningsstyrelsen via klyngen Vision Denmark. Konsulenter fra Teknologisk Institut indsamlede en række forskellige typer data, som blev analyseret, og hvis fund præsenteres her.

I løbet af projektet blev der gennemført 16 digitale interviews med virksomheder i den digitale visuelle industri, 8 virksomhedsbesøg med udvidede interviews samt 3 ekspertinterviews med hhv. en udenlandsk og to danske eksperter. Derudover gennemgik konsulenterne litteraturen om kreative teknologier for relevante analyser og rapporter til inspiration for projektet. Endelig blev der udarbejdet et innovationskort ud fra et omfattende datasæt med patentansøgninger relateret til spil, film og tv, animation og XR i perioden 2010-2021.

Den del af innovationskortet, der omhandler den teknologiske udvikling inden for spilteknologi, blev præsenteret på et webinar i november 2023, hvor en række virksomheder gav feedback. Den øvrige del af analysen

blev præsenteret på to workshops i januar 2024, én i København og én i Aarhus, hvor i alt 27 deltagere fra virksomheder drøftede og kvalificerede analysen.

De fire brancher i den digitale visuelle industri

Denne rapport følger Vision Danmarks inddeling af deres medlemmer i fire kategorier, der tilsammen udgør den digitale visuelle industri i Danmark:

- Spilvirksomheder
- Film- og tv-virksomheder
- Animationsvirksomheder
- Extended Reality-virksomheder

Denne rapport konkluderer bl.a., at de fire områder er i færd med at konvergere mod nogle fælles teknologier, og at de derfor i stadig højere grad minder om hinanden. Ikke desto mindre er der betydelige forskelle på virksomhederne, deres produkter og deres typiske kunder.

Spilvirksomheder arbejder typisk på deres egne spiltitler men kan også bidrage som underleverandører på an-



dre virksomheders spilprojekter. Deres produkter ligger typisk i underholdningsindustrien, og de adskiller sig primært fra hinanden ved deres størrelse (start-ups/indievirksomheder kontra større veletablerede spilfirmaer med velkendte titler) og ved deres foretrukne platforme (mobilspil, computerspil, platformspil).

Film- og tv-virksomheder producerer enten selv filmmateriale eller er underleverandører, der f.eks. står for udstyrsleje til produktioner. Produkterne kan være hele spillefilm, tv-serier, reklamefilm eller andet filmmateriale til virksomheder (f.eks. til intern kommunikation). Fælles er, at der er tale om visuelle produkter, der typisk ikke har interaktive elementer (ulig spil). Film- og tv-virksomheder kan enten levere snævert til underholdningsindustrien, eller de kan have meget brede kontaktflader i erhvervslivet i kraft af produktion af reklamefilm mv.

Animationsvirksomheder placerer sig i spændingsfeltet mellem spilvirksomhederne og film- og tv-virksomhederne. De anvender mange af de samme teknologier som spilvirksomhederne og kan være underleverandører på spilproduktioner, hvor de står for det grafiske udtryk af spillet. Men de leverer også hele film

og tv-serier samt reklamefilm, hvor der alene er tale om animationsprodukter. Animationsvirksomhederne vil ofte falde i én af to kategorier: Virksomheder der udelukkende arbejder med underholdningsindustrien, og måske leverer grafik til store spilproduktioner, og virksomheder med en bredere kontaktflade i erhvervslivet, der leverer animerede reklamefilm og andet til virksomhedsbrug.

Extended Reality (XR)-virksomheder dækker over virksomheder, der anvender XR-teknologier (dvs. virtual reality (VR), mixed reality (MR) eller augmented reality (AR)) som en del af deres produkter eller services. XR-virksomhederne fungerer ofte som en slags systemintegratorer, der udvikler XR-løsninger til andre virksomheder og skaber produkter, der opleves i XR. XR-virksomhederne er den af de fire kategorier, der har det svageste bånd til underholdningsindustrien, da XR oftere anvendes til bl.a. træning i virksomheder. Det betyder imidlertid også, at XR-virksomhederne har en relativt bred kontaktflade i erhvervslivet.

Kapitel 2

Hvad er kreative teknologier?

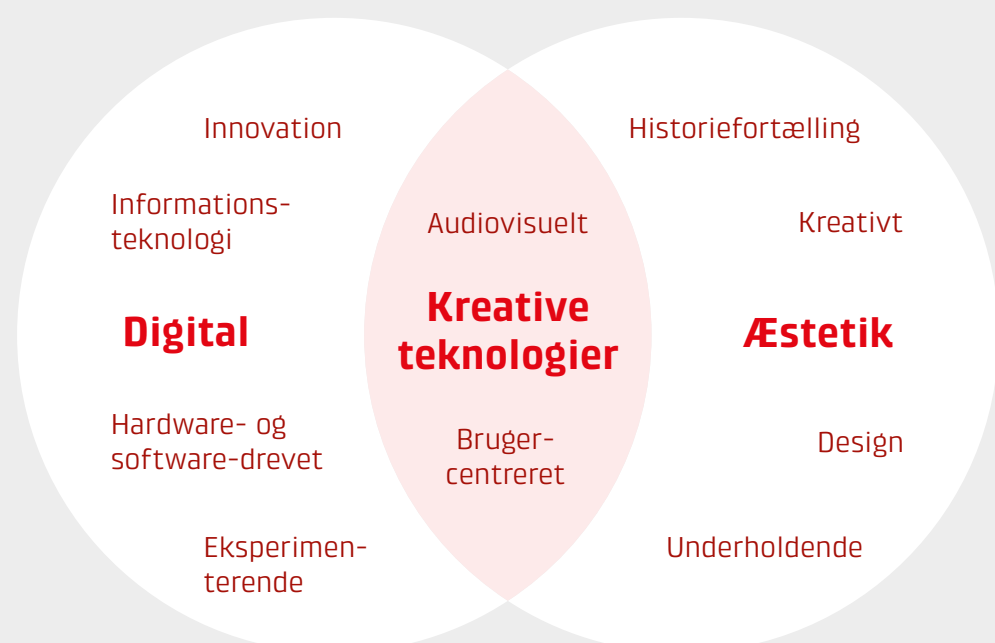
Begrebet "kreative teknologier" dækker til dels over en række konkrete stykker hardware og software, der anvendes af virksomheder i den digitale visuelle industri. Men mere grundlæggende er kreative teknologier også en betegnelse for et teknologisk univers, som er kendetegnet ved nogle særlige værdier, der også ofte kommer til udtryk i virksomhederne.

Det britiske Creative Industries Council definerer kreative teknologier – CreaTech – som der, hvor kreative kompetencer møder nye teknologier for at engagere et publikum og skabe vækst og investeringer.¹ Rapporten

her følger denne brede brug af begrebet "teknologi." Kreativ teknologi er dermed ikke blot de konkrete opfindelser, men også innovative anvendelser af eksisterende teknologi og metoder. I denne brug af begrebet er både virtuel produktion og gamification f.eks. kreative teknologier, fordi de trækker på både konkrete teknologier og en tænkning fra den digitale visuelle industri, selvom disse måske ikke er teknologier i klassisk forstand.

Igennem dialog med en række danske virksomheder i den digitale visuelle industri og eksperter samt studier

Figur 2. Kreative teknologier; når det digitale møder det æstetiske



af den eksisterende litteratur om emnet, har vi søgt at sammenfatte de forskellige tilgange til og karakteristika ved kreative teknologier til et samlet sprog eller narrativ, der beskriver de kerneværdier, der kendetegner kreative teknologier. Resultatet er illustreret i figur 2.

Digital teknologi møder æstetik

Kreative teknologier eksisterer i spændingsfeltet mellem det digitale og det æstetiske. På den ene side er kreative teknologier i høj grad kendetegnet ved deres digitale natur. I den digitale visuelle industri arbejdes der i avanceret software og med en række forskellige digitale hardware løsninger, der enten fodrer data ind i det digitale system (f.eks. kameraer, mikrofoner, 3D-scannere) eller formidler det digitale produkt til brugeren (f.eks. skærme eller XR-udstyr). Den digitale visuelle industri er dog også kendetegnet ved en særlig tilgang til den digitale teknologi. Fordi industrien går foran i innovativ anvendelse af teknologierne, eksperimenteres der i høj grad med de digitale muligheder. Det er f.eks. i høj grad spilbranchen, der understøtter det fortsatte behov for hurtigere computere med bedre grafik kort. Kreative teknologier knytter sig altså til den eksisterende digitale teknologi, men de presser også hele tiden de teknologiske grænser og udvider de digitale muligheder.

Overfor det digitale står det æstetiske. Ordet 'æstetik' kommer fra det græske ord for at sanse eller føle, og det er netop det, der sker i kreativ teknologi. Her anvendes de digitale hjælpemidler til at engagere mennesker og menneskers sanser på en måde, der fortæller en historie. Dette kan være en konkret historie, som i en film eller et spil, men det kan også være historiefortælling i bredere forstand, som når der konstrueres et narrativ i et XR-læringsforløb, eller når der udvikles fængende reklamefilm. Omdrejningspunktet er den kreative proces, hvor der skabes et produkt, der taler til og er meningsfuldt for mennesker, og heri er design-tænkning en vigtig faktor. Æstetikken bruges ofte til at underholde i ordets bredeste forstand, dvs. at engagere og motivere brugeren til interaktion.

I spændingsfeltet mellem det digitale og det æstetiske finder vi så de kreative teknologier. Disse vil oftest ligge inden for det audiovisuelle område, hvor der arbejdes med det, der ses og høres, så der skabes et oplevelsesrum for brugeren. Teknologierne har brugeren i centrum – både når det gælder produktet, der skal appellere til brugeren, men også i hele designprocessen, hvor brugeren inddrages løbende, så produktet tilpasses.

Denne konceptualisering af kreative teknologier er selvfølgelig en forsimpleset af den komplekse virkelighed i den digitale visuelle industri, men den giver et indtryk af branchens unikke arbejds- og kompetenceområde, der netop kombinerer det digitale og det æstetiske. På mange måder er kreative teknologier netop karakteriseret ved de kompetencer, der ligger i overlappet mellem det kreative og det digitale. Det er kreative mennesker med digital teknologiforståelse, der driver den digitale visuelle industri og mestrer de kreative teknologier.

Modellen formidler også noget af det, der er den digitale visuelle industris værditilbud til andre dele af erhvervslivet. Kombinationen af digital teknologi og det æstetiske er nemlig relevant langt ud over kulturproduktion og underholdningsindustri. De kreative teknologier og dertilhørende kompetencesæt kan understøtte en række andre branchers arbejde med digitale værktøjer, digitale formidling eller kunde-/brugeroplevelse. Det vender vi tilbage til i kapitel 4.

Et arnested for innovation

Den digitale visuelle industri er et knudepunkt for udvikling og innovation inden for de kreative teknologier. Det er virksomhederne her, der arbejder med og lærer at mestre de kreative teknologier, før de udbredes til andre brancher og dele af samfundet. Virksomheder, der har kreative teknologier som omdrejningspunkt, indtager dermed en særlig plads i samfundets teknologiske økosystem som "early adopters."

Et britisk studie fra 2022 fandt, at virksomheder, der arbejdede med kreative teknologier, var mere tilbøjelige end andre teknologivirksomheder til at bruge bl.a. avanceret kodning (51 % overfor 45%), kunstig intelligens og maskinlæring (46% overfor 36%), brugercentrerede designmetoder (61 % overfor 37 %) og realtids spilmotorer (37 % overfor 8 %).² Et andet britisk studie konkluderede, at virksomheder, der samarbejder med virksomheder, der gør brug af kreative teknologier, er mere innovative.³

Den digitale visuelle industri udgør en slags teknologiske arnested, der fodres rigeligt med brænde og tændvæske i form af teknologiinvesteringer fra verdens største virksomheder. Microsoft, Apple, Alphabet (Google), Amazon, Nvidia og Meta (Facebook) investerer alle i udvikling af det software og hardware, der udgør eller definerer rammerne for de kreative teknologier. Disse virksomheder er derfor ofte de vigtigste samarbejdspartnere for virksomheder i den digitale visuelle industri. Men på samme tid er techgiganterne også afhængige af de mindre virksomheder, da de afprøver og udforsker de nye teknologier, skaber indhold til techgiganternes platforme og dermed gør dem relevant for den bredere brugerskare.

På samme måde står den digitale visuelle industri for at omsætte teknologier, der i første omgang blev udviklet til underholdningsindustrien, til helt nye brancher. Det er virksomheder med kompetencer inden for kreative teknologier, der tager spilmotorer fra Unity Technologies og Epic Games og bruger dem til at skabe værdi langt uden for spilindustrien.

Væksten i den såkaldte "app economy", der uden for Kina er domineret af Apples og Googles respektive appstores, udtrykker på mange måder mødet mellem techgiganternes investeringer i digitale platforme og forretningsmulighederne for de virksomheder, der kan levere indhold til platformene. I 2022 alene blev der i Apples App Store solgt for mere end 7,6 billioner kr., og heraf gik mere end 90 % til udviklere uden for Apple selv. Økosystemet voksede desuden 30% ift. året før.⁴

Den digitale visuelle industri er altså placeret lige der, hvor techgiganternes milliardinvesteringer i digital teknologi bliver til konkrete produkter og ydelser. Virksomhederne går foran i anvendelsen af nye digitale teknologier og bygger bro mellem innovationen i Silicon Valley og andre industrier.

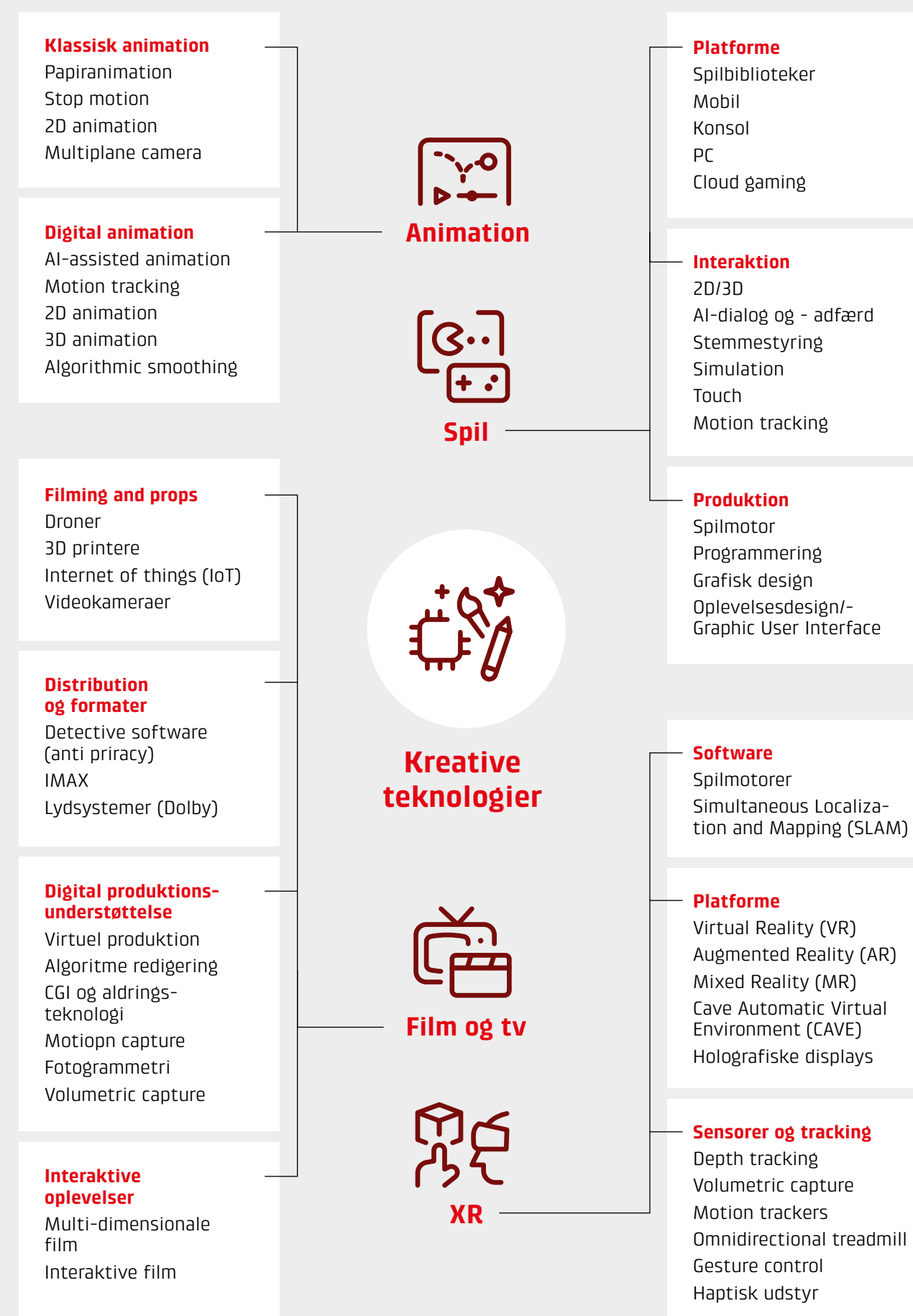
Et kort over kreative teknologier

Det er en lang række specifikke teknologier, der anvendes inden for den digitale visuelle industri og udgør de centrale kreative teknologier. Her er tale om konkret hardware, som kameraer eller VR-headsets, men også forskellige typer software, der understøtter det digitale arbejde med kreative emner. Nogle af teknologierne er nye opfindelser og teknikker, andre er velkendte metoder, der har eksisteret i branchen i mange år.

Figur 3 er en samlet kortlægning af de kreative teknologier, baseret på omfattende litteraturstudier og dialog med danske virksomheder og eksperter. Figuren er selvsagt ikke udtømmende, da området er under konstant udvikling, men den giver et indtryk af de teknologiske kerneområder, der arbejdes med i virksomheder. I figuren er de kreative teknologier inddelt i fire underbrancher, men det er vigtigt at understrege, at de forskellige brancher i meget høj grad trækker på nogle af de samme teknologier. Figuren kunne derfor have været udbygget med mange streger på kryds og tværs af brancherne.

Foruden disse kreative teknologier er området selvsagt afhængigt af en række andre teknologier, så som udviklingen inden for computer- og mobilhardware, hurtigt internet og andet. Disse "støtte-teknologier" udgør forudsætningen for kreative teknologier, da de på mange måder sætter rammerne for de digitale redskaber. Udviklingen inden for støtteteknologierne er dermed også med til definere, hvad der kan lade sig gøre inden for de kreative teknologier. Vi vender tilbage til nogle af disse udviklingstrends i slutningen af kapitel 3.

Figur 3. Kort over kreative teknologier



Kapitel 3

Udviklingstrends inden for kreative teknologier

I dette kapitel gennemgås nogle af de teknologiske strømninger, der i dag definerer brugen af de kreative teknologier. Her er tale om trends, der definerer måden, der arbejdes på, de kompetencer og profiler der er behov for i virksomhederne, samt de produkter der lanceres. Analysen fokuserer på de teknologier, der allerede er i anvendelse i virksomhederne, men som forventes at få en endnu vigtigere rolle i fremtiden. På den måde udgør analysen altså både en kortlægning af eksisterende teknologiske nybrud og et teknologisk perspektiv ind i den forventede fremtid for virksomheder i spil, film og tv, animation og XR. Fokus er på de teknologitrends, der kvalitativt ændrer muligheder og perspektiver for virksomhederne.

På de følgende sider behandles fire teknologitrends:

- Udbredelsen af spilmotorer
- 3D-scanning
- Virtuel produktion
- Generativ kunstig intelligens (AI)

Som afslutning på kapitlet beskrives udviklingstrends i fire af de støtteteknologier, der er med til at sætte rammerne for de kreative teknologier. Her beskrives udviklingen inden for devices og displays, 5G-internet, cloud-teknologi og distributionsplatforme.



Udbredelse af spilmotorer

Udbredelsen af spilmotorer – game engines – er den teknologitrend, der har den mest fundamentale indvirkning på den digitale visuelle industri i dag. Udbredelsen af spilmotorer skaber nye rammer om udviklingen af digitale produkter, som spil og film, og er i dag med til at demokratisere branchen, da mindre virksomheder får adgang til sofistikerede redskaber, der før kun var de større virksomheder forundt. Derudover markerer udbredelsen af de bredt anvendte spilmotorer Unity og Unreal Engine en generel teknologisk konvergens imod de samme platforme på tværs af virksomheder og brancher.

En spilmotor er det skelet, som et spil bygges op om og i, og som indeholder de vigtigste elementer for at opbygge et spil. Selvom spilmotorer oftest omtales i ental, består en enkelt spilmotor som regel af mange spilmotorer, der håndterer forskellige elementer af spilproduktionen, f.eks. spillets fysik, rendering, lyd, håndtering af input, netværkssystemer til håndtering af multiplayer, den konkrete world-building mv. Udbredte spilmotorer som Unity og Unreal Engine rummer en lang

række af disse systemer, og de giver brugeren mulighed for selv at tilpasse og sammensætte sin spilmotor efter behov. Ved at bruge en eksisterende spilmotor, når der f.eks. skal designes computerspil, slipper producenten for at starte forfra, men kan i stedet genbruge rammeværket og de konkrete spilmotorelementer, der er relevante i det pågældende projekt.

Spilmotorer er som sådan ikke noget nyt. Store spilvirksomheder har brugt og udviklet deres egne spilmotorer igennem mange år. Det nye er udbredelsen af særligt de to spilmotorer, Unreal Engine, udviklet af Epic Games, og Unity, udviklet af Unity Technologies, der er designet til at blive brugt af forskellige spiludviklere. Disse motorer har gjort teknologien tilgængelig for virksomheder, der ikke havde deres egen spilmotor i forvejen, og de har dermed udbredt et kraftfuldt værktøj i spiludviklingen.

Både Unity og Unreal Engine understøtter mange forskellige platforme som konsoller, PC, mobiltelefoner og



Fordelene ved at have sin egen spilmotor

Hos IO Interactive (IOI) har man i mange år brugt virksomhedens egen spilmotor Glacier. Da Glacier blev udviklet, fandtes der ikke udbredte og tilgængelige spilmotorer som Unreal Engine på markedet, og der var derfor reelt ikke noget alternativ til at opbygge sin egen spilmotor, hvis man som virksomhed gerne ville arbejde videre i samme værktøj fra projekt til projekt. Men hvorfor holder IOI stadig fast i at bruge Glacier, når Unreal Engine er så meget mere udbredt på markedet? Det er der særligt tre grunde til.

Den første er kontrol. Som ejer af spilmotoren kan IOI tilpasse motoren til projekter og behov, præcist som de vil, og de er dermed ikke afhængige af plug-ins til Unreal, der løbende skal opdateres for at fungere. De kan kort sagt få produktet præcist, som de vil have det og med de funktioner, der er relevante for dem. Heri ligger også, at IOI via Glacier kan lave et produkt, der er helt unikt, fordi det ikke er udviklet på en bredere anvendt platform.

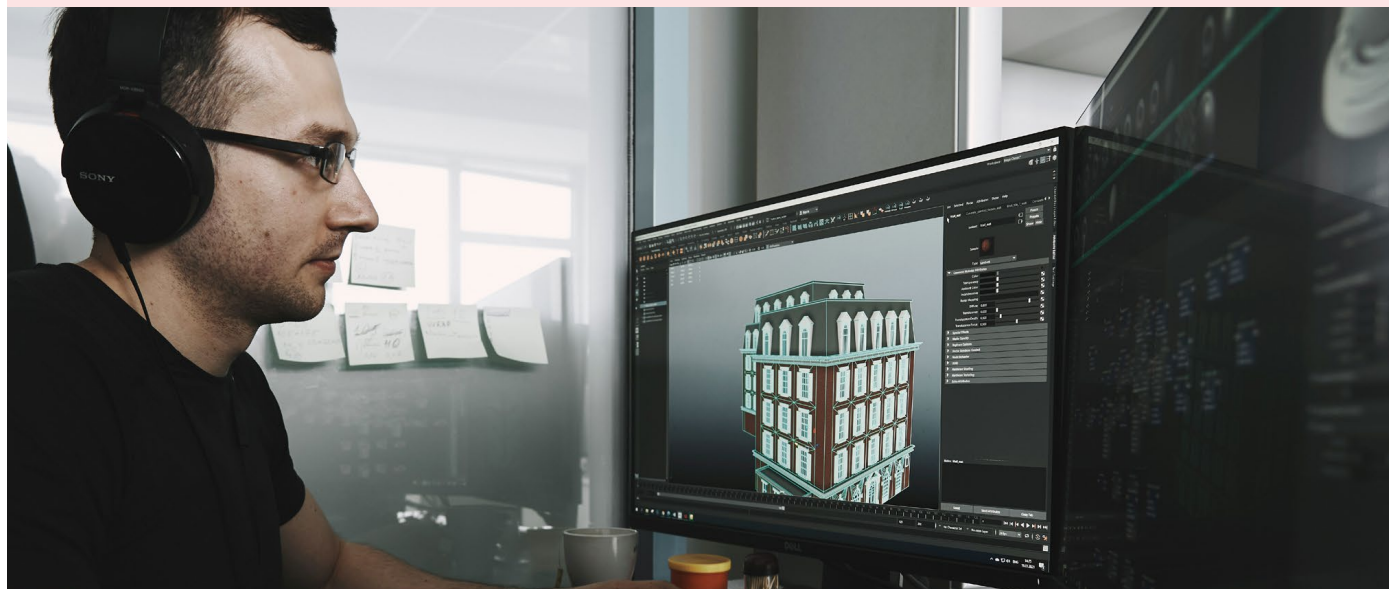
Den anden grund er minimering af risiko. For IOI er det vigtigt, at de selv er herre over, og har den fulde kontrol med, deres værktøjer, så de ikke er afhængige af eksterne leverandører. Ved at bruge f.eks. Unreal Engine og forskellige plug-ins dertil bliver spilproducenter afhængige af beslutninger, der tages af en anden part såvel som af udviklerne af de enkelte plug-ins, og de kan derfor komme til at stå i en ubehagelig situation, hvor et spils

produktion afhænger af faktorer, spiludvikleren ikke selv kan styre. Ved i stedet at bruge sin egen spilmotor kan IOI gennemføre opdateringer til motoren, når det passer dem, og de skal ikke frygte pludselig at blive ramt af f.eks. betalingsmure på anvendte tjenester.

Den tredje er økonomisk. Fordi IOI bruger Glacier, fremfor den mere udbredte Unreal Engine, skal nye ansatte oftest omskoles for at vænne sig til systemet. Det er en ekstra omkostning. Men Glacier bliver hurtigt intuitiv for udviklerne, og IOI bruger da også Glacier som et selvstændigt argument for at tiltrække nye talenter til virksomheden, der gerne vil prøve kræfter med spilmotoren.

At udvikle sin egen spilmotor er omkostningstung, og netop derfor giver det ofte mening for nyere spiludviklere at tegne abonnement på en eksisterende motor som f.eks. Unreal. Men når først motoren er udviklet, er omkostningerne forbundet med driften langt mindre, og derfor kan der for en virksomhed som IOI også være en økonomisk besparelse ved at bruge Glacier fremfor at betale for en Unreal-licens.

Der er dermed både fordele og ulemper forbundet med at bruge sin egen spilmotor. Men for IOI er det en strategisk beslutning, der både understøtter virksomhedens kreative udtryk i spil og giver forretningsmæssig autonomi.



XR-udstyr. Unity Technologies' spilmotor er særligt populær blandt indie-udviklere og mindre virksomheder. Unreal Engine anvendes i højere grad til grafisk krævende opgaver og til store spil- og animationstitler.

Selvom mange af industriens største spillere stadig sværger til deres egne spilmotorer, der er skræddersyet til deres unikke behov, giver demokratiseringen af Unreal Engine og Unity mindre virksomheder mulighed for at producere spil af høj kvalitet uden at skulle betale de omfattende omkostninger, der ligger i at bygge egne spilmotorer. Mindre udviklere kan nu via en spilmotor-licens producere spil, der før ville ligge langt uden for deres økonomiske rækkevidde. Både Unity og Unreal Engine er også designet med brugervenlighed for øje med henblik på at gøre dem endnu mere tilgængelige på tværs af kompetenceniveauer.

Meget mere end spil

Selvom spilmotorer udspringer af spil, hvilket også ligger i navnet "game engine", bruges de i tiltagende grad også i andre områder af den digitale visuelle industri. Især Unreal Engine bruges også til film og animation, bl.a. i virtuel produktion, som vi vender tilbage til. Unitys spilmotor er populær blandt virksomheder, der arbejder med XR til andre formål end spil. Her giver spilmotoren igen mulighed for at sammensætte et audiovisuelt produkt, der kan formidles på XR-platformer.

Spilmotorer er især relevante, når der skal udvikles såkaldte digitale tvillinger af eksisterende bygninger eller områder. Via en world-building motor kan man skabe en 3D-model, på samme måde som man ville bygge en bane eller en verden til et spil, og denne model kan så manipuleres på forskellige måder. Den digitale tvilling kan alene bruges som en 3D-repræsentation, men tvillingen kan også kobles på datapunkter i den fysiske lokation, så den opdateres med data i realtid. Denne brug af spilmotorer har særligt stort forretningspotentiale i det bredere erhvervsliv, som vi skal se i kapitel 4.

Teknologisk konvergens imod spilmotorer

Fordi Unity og Unreal Engine er blevet så udbredte på tværs af spilproduktion, animation, XR og filmproduk-

tion har det medført en generel bevægelse imod færre digitale systemer og mere ensartede kompetencer i den digitale visuelle industri. Stadig flere virksomheder anvender de samme platforme i branchen, og det har en række konsekvenser.

For det første skaber det større jobmobilitet og forenkler rekruttering, idet f.eks. Unreal-kompetencer erhvervet i en virksomhed vil kunne bruges direkte i en anden virksomhed, der anvender samme spilmotor. I takt med at teknologierne vinder indpas uden for den digitale visuelle industri, som drøftes i næste kapitel, vil disse kompetencer også åbne stadig flere muligheder i andre brancher.

For det andet åbner udbredelsen af spilmotorer, der kan understøtte både spilproduktion, film og tv, animation og XR, muligheden for, at virksomheder kan tilbyde flere forskellige typer produkter med de samme værktøjer. En animationsvirksomhed, der bygger en filmverden op i Unreal Engine, vil have lettere ved efterfølgende at designe computerspil, der udfolder sig i samme digitale verden, eller lade brugere udforske denne verden via et VR-headset. På den måde nedbryder spilmotorer grænseskellene mellem brancherne i den digitale visuelle industri og skaber mulighed for nye synergier og digitalt genbrug på tværs af produkter.

For det tredje skaber udviklingen en større teknologisk afhængighed af leverandørerne af spilmotorer, da forandringer i f.eks. deres forretningsmodel nu har omfattende konsekvenser i hele branchen. Dette sås tydeligt i 2023, da Unity Technologies annoncerede en ny prismodel, hvilket skabte usikkerhed blandt mange af de virksomheder, der brugte Unitys spilmotor. Selvom udbredelsen af de to spilmotorer har en demokratiserende virkning, ved at gøre teknologien tilgængelig for mindre spillere på markedet, vil der derfor stadig være et stort skel mellem de store virksomheder, der har råd til og mulighed for at bruge deres egen spilmotor, og dem, der må forlade sig på en ekstern leverandør.

3D-scanning

I takt med at spilmotorer hjælper virksomheder med at skabe digitale verdener til deres spil, animationer, film eller XR-oplevelser, sker der en sideløbende udvikling inden for 3D-scanning, der gør det muligt at integrere objekter, landskaber eller personer fra den virkelige verden i den digitale. Disse kreative teknologier understøtter på forskellig vis datainput i de spilmotorer og det øvrige software, der arbejdes med i den digitale visuelle industri.

Motion capture

3D-scanninger kendes måske allerbedst fra motion capture i film, hvor en skuespillers bevægelser af krop og/eller ansigt optages og importeres i et digitalt system, hvor de kan kobles til en animeret figur. Konkret foregår det ved, at kameraet opfanger en række "punkter", som bevæger sig. Des flere punkter der måles, des mere præcist bliver resultatet. Hermed kan film eller animationer gøre brug af rigtige skuespillere til at skabe livagtige animationer i film, uanset om det er et computeranimeret input i en spillefilm (som karakteren Gollum i Ringenes Herre-trilogien) eller en hel animationsfilm (som filmen The Adventures of Tintin).

Med udviklingen og udbredelsen af motion capture bliver skellet mellem animationsfilm og spillefilm sværere at fastholde, idet spillefilm i stadig højere grad bruger animerede elementer. Dette skyldes især, at kvaliteten af både animation og motion capture er steget betydeligt over de seneste mange år. Og så er det, ligesom flere af de andre kreative teknologier, blevet billigere og dermed mere tilgængeligt at bruge. Det skyldes ikke mindst udviklingen inden for maskinlæring og AI mere generelt, som betyder, at software kan forudse bevægelser med færre datapunkter.

Selvom teknologien gøres tilgængelig, så flere kan prøve kræfter med den, vil flere scanningspunkter alt andet lige stadig give højere kvalitet, og de dyrere produktioner vil derfor fortsat bruge heldragter til motion capture. Kvaliteten følger altså stadig prisen, forskellen er blot, at den økonomiske barriere for at komme i gang er væsentlig

Fotogrammetri

Fotogrammetri er en 3D-scanningsteknik til at lave 3D-modeller ud fra en række stillbilleder, typisk af objekter. Her kombineres billeder af et givent objekt – enten taget med et enkelt kamera eller med flere – til en slags 3D-puslespil på baggrund af algoritmer, der kortlægger kameraernes placering i forhold til hinanden og objektet. Resultatet er fotorealistiske digitale 3D-modeller. Teknikken anvendes primært til immobile objekter, hvor der ønskes detaljerede 3D-modeller, men den kan også bruges på hele landskaber, hvor der tages billeder fra droner.

De detaljerede 3D-modeller kan importeres i digitale verdener som virkelighedstro objekter og manipuleres efterfølgende. Det kan være i spil eller animationsfilm, hvor man ønsker en nøjagtig replikation af en historisk genstand eller f.eks. realistiske skydevåben. 3D-landskabsmodellerne kan udgøre digitale tvillinger, der kan bruges til simuleringer af forandringer i landskabet eller til at importere landskabet i en animation.

En af de nyere udviklinger inden for fotogrammetri er brugen af AI til såkaldte "neural radiance fields", hvor den kunstige intelligens bruges til at udfylde de huller, der måtte være imellem billederne, der er taget af et objekt. AI kan altså understøtte udarbejdelsen af 3D-modellen.

Volumetric capture

Volumetric capture minder om fotogrammetri, men her er det ikke enkeltstående billeder, der kombineres, men hele billedsekvenser i form af videooptagelser af samme motiv. Dette kræver en sceneopsætning med mange videokameraer, der alle kan optage f.eks. en filmscene fra hver deres vinkel. De mange filmoptagelser kan så importeres ind i en samlet 3D-model, som man efterfølgende kan manipulere.

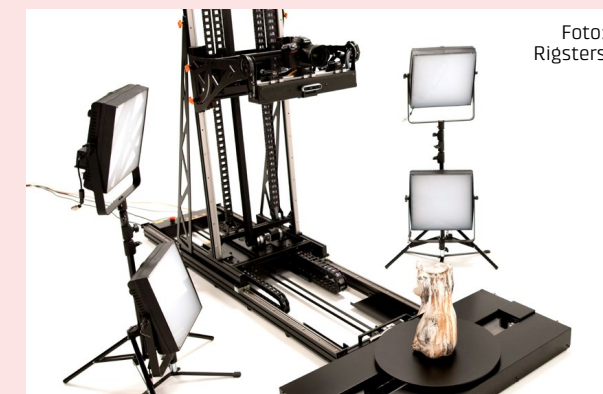
3D-modellen gør det blandt andet muligt at bevæge sig rundt i filmoptagelsen ved at tegne en rute i den digitale model, så det ser ud som om, "kameramanden" har fløjet rundt omkring skuespillerne på scenen. På denne måde

Automatiser fotogrammetri

Virksomheden Rigsters arbejder med at lave fotogrammetriske 3D-modeller til spil- og filmproduktioner, men også til bl.a. museer. Via fotogrammetri kan museerne gøre hele deres samling tilgængelig for offentligheden – ikke kun de dele, der er plads til i udstillingerne.

Som noget nyt kombinerer Rigsters fotogrammetriteknologien med en robot, der automatiserer fotograferingen. Fotogrammetri udføres traditionelt manuelt, hvilket er en meget tidskrævende og nøjagtig proces. Ved at bruge en robot kan Rigsters spare tid i fotograferingsprocessen og levere et mere standardiseret produkt til kunden.

Rigsters udfører både fotogrammetri på bestilling for kunder, og sælger nu også fotogrammetri-robotter til kunder med et stort behov.



kan man filme i vinkler og bevægelser, der ellers ville være umulige eller kræve en kompliceret opsætning. Dette skaber muligheder for mere dynamiske filmoplevelser.

Derudover indrettes hele scenen, hvorpå volumetric capture bruges, ofte som en green eller white screen, så hele optagelsen kan overføres til andre landskaber med mulighed for forskellige lysindstillinger. På denne måde kan man f.eks. optage en hel kampscene i et studie og efterfølgende flytte den til en bjergtop eller en anden farlig lokation. Ved at bruge volumetric capture fremfor en traditionel green screen, kan hele scenen flyttes ind i 3D omgivelser, der er skabt i en spilmotor, og som dermed kan manipuleres i realtid.

Alternativt kan den optagede scene flyttes til en konkret fysisk lokation, der filmes på et kamera i realtid, så det ligner, at scenen udspiller sig live. Realtidsfilmoptagelser kan altså kombineres med tidligere optagelser, der er foretaget med volumetric capture. Teknikken kan bl.a. bruges til at kombinere volumetric capture med augmented reality, så tidligere optagelser afspilles i det landskab, bæreren af AR-udstyret befinder sig i. På den måde kan AR-udviklere kombinere elementer, der er optaget på forhånd, med de fysiske rammer, en person står i. Princippet er her det samme som ved spilhittet Pokemon GO, men mulighederne er mere omfattende, da man kan optage hele scener, som en person vil kunne bevæge sig rundt.

Motion capture på telefonen

Virksomheden Marionette arbejder for at gøre motion capture-teknologi mere tilgængelig for flere. De har udviklet en software, hvor brugeren, med bare en iPhone, kan lave motion capture uden en fysisk dragt. Denne teknologi tilbyder særligt to fordele.

For det første og mest oplagt gør det motion capture langt mindre omkostningskrævende for brugeren, der nu ikke skal skaffe nyt udstyr til optagelse. For det andet giver softwaren kunden kontrol over egne data, da disse ikke skal uploades til en ekstern partner. Dette kan være vigtigt for virksomheder af sikkerhedsmæssige årsager.



Virtuel produktion

En anden måde hvorpå man kan integrere brugen af spilmotorer i film- og tv-produktion er virtuel produktion. Virtuel produktion er en samlebetegnelse for en række digitale teknologier, der kombinerer live-action optagelser med computer-genererede omgivelser og elementer i realtid. Denne tilgang giver filmskabere og indholdsproducenter mulighed for at se og interagere med digitale elementer på sættet, hvilket fører til mere dynamiske produktionsprocesser. Virtuel produktion spænder over præproduktion, produktion og postproduktion og kan indebære flere teknologier:

- Der kan bruges store LED-skærme eller -paneler, der omgiver et fysisk film set, hvor computergenererede baggrunde vises. Disse LED-skærme giver mulighed for at skabe realistiske baggrunde, der kan tilpasses i realtid.
- Der bruges realtidsrendering, hvilket gør det muligt at generere computergrafik i realtid via spilmotorer som Unreal Engine, der kan håndtere detaljerede 3D-modeller og avancerede lysberegninger.
- Kamera-tracking systemer registrerer præcist kameraernes positioner og bevægelse i tre dimensioner, hvilket gør det muligt at tilføje computer-generere-



de elementer præcist i forhold til live-action optagelser. Simulcam-teknologien muliggør den direkte visning af disse integrerede scener gennem kameraets søger i realtid.

- Virtual scouting giver produktionsteams mulighed for virtuelt at udforske og planlægge optagelser i detaljerede 3D-miljøer.

Modsat volumetric capture, hvor der optages i en kunstig ramme, og motivet importeres i softwaren til bearbejdning, er der i virtuel produktion fokus på realtidsrendering af omgivelser og effekter, så de vises på skærmen under optagelse og er synlige for skuespillerne, der nemmere kan interagere med det virtuelle miljø i realtid.

Det har en række fordele at optage film med virtuel produktion. For det første, og mest oplagt, giver teknologien mulighed for at skyde film i alle slags landskaber – mondæne, eksotiske eller fiktive – og den kan derfor spare produktioner for store udgifter til logistik o.l. sammenlignet med at skyde scener i andre lande og klimaer.

For det andet er det en hjælp til skuespillerne, der nu kan se det miljø og de eventuelle computereffekter, de skal spille i og overfor. Dette giver dem en mere virkelighedstro oplevelse, sammenlignet med at spille foran en green screen.

For det tredje giver teknologien instruktøren, fotografen og andre på sættet et langt bedre billede af, hvordan scenen kommer til at se ud i sin færdige form i realtid. Med traditionel green screen teknologi, hvor effekter og landskab tilføjes til optagelsen i postproduktion, er det en stor udfordring, når det endelige resultatet ikke er tilfredsstillende, da det er dyrt at gå tilbage og skyde scenen forfra. Det kan nemt føre til mange dyre postproduktionstimer. Med virtual produktion kan man opnå In-Camera Visual Effects (ICVFX), hvilket vil sige at de visuelle effekter renderes og integreres med liveoptagelserne i realtid. Der-

med kan instruktøren lave de nødvendige justeringer allerede under optagelsen, så usikkerheden begrænses, og postproduktionstiden nedbringes. Hermed får instruktøren bedre forudsætninger for at skabe den film, han/hun havde forestillet sig, og der kan spares udgifter ift. postproduktion. Denne fordel ved virtuel produktion er også relevant ift. kunderelationen, f.eks. ved reklamefilm, da teknologien gør det nemmere at give kunden et indtryk af det færdige produkt allerede under optagelserne, og dermed understøttes den gode dialog mellem kunde og instruktør.

Virtuel produktion medfører dog også udfordringer. For det første er den nødvendige hardware til virtuel produktion en stor investering for et studie, så det kræver en betydelig startkapital at komme i gang – hertil kommer behovet for nye tekniske kompetencer, der følger med. For det andet kræver hele tilgangen, at filmproduktionen tidligt har en klar idé om, hvilke baggrunde og effekter der skal bruges i hver scene, da disse skal være klar allerede ved optagelse og ikke først i postproduktionen. Dette kræver mere planlægning sammenlignet med traditionelle green screen-optagelser.

Virtuel produktion slipper fantasien løs i filmproduktionen

Virksomheden FilmGEAR udlejer udstyr og lokaler til, og rådgiver ift., optagelse af primært film og tv. I deres lokaler i Skovlunde har FilmGEAR filmstudier, hvor der kan opstilles kulisser og skydes film. Det er også her, FilmGEAR har deres set til virtuel produktion, hvor film skydes foran en række LED-skærme.

Virtuel produktion lader FilmGEARs kunder optage scener fra alle slags landskaber, i alle typer belysning og med forskellige kulisser. Hos FilmGEAR er teknologien bl.a. blevet brugt til produktion af en julekalender, en dansk tv-serie fra et hospital og en anden dansk tv-serie med scener fra Grønland.

FilmGEAR har været nogle af frontløberne inden for virtuel produktion i Danmark. De har investeret i udstyr og oparbejdet kompetencer i at anvende og rådgive i anvendelse af teknologien. Direktøren hos FilmGEAR, Ole Bendixen, beskriver, hvordan de med virtuel produktion i højere grad er blevet en rådgivende partner i produktionen af film og tv, da de med deres erfaring kan vejlede kunder i muligheder og begrænsninger i virtuel produktion.

Med virtuel produktion hjælper FilmGEAR deres kunder til at slippe fantasien løs. Det kan både være ift. de store linjer, f.eks. ved at gøre det muligt at skyde film i vidt forskellige klimaer uden de omfattende rejseomkostninger, der ellers følger med. Og det kan også være ift. mindre detaljer ved en scene: Hvordan ville scenen se ud i rødtligt morgenlys i stedet for dagslys? Hvad hvis væggene var gule i stedet for hvide? Den slags detaljer kan nu justeres digitalt, fremfor at skulle vente på den rigtige naturlige belysning eller ændre i de fysiske kulisser.

Når FilmGEAR er tilknyttet film- og tv-produktioner, oplever Ole Bendixen, at de både kan bidrage til at reducere omkostninger, forbedre de grønne regnskaber og skabe højere kvalitet ved brug af virtuel produktion.



Generativ kunstig intelligens (AI)

Generativ kunstig intelligens (AI) er en teknologi, der er i fuld gang med at forandre mange aspekter af samfundet – fra hvordan vi arbejder og kommunikerer, til hvordan vi underholder os selv og lærer. Dette har betydelige implikationer for spil, film og tv, animationsbranchen og XR. Som et fundamentalt digitalt fænomen har AI et unikt potentiale i forhold til kreative teknologier, der i forvejen er kendetegnet ved digitalisering. I det følgende præsenteres tre forskellige måder, hvorpå AI påvirker arbejdet med kreative teknologier.

Det skal bemærkes, at nærværende rapport primært behandler generativ AI og ikke den bredere forståelse af AI i computerspil. Udtrykket AI har i mange år været brugt til at beskrive de komplekse beslutningstræer, som computeren agerer ud fra i spil. Lige så længe man har kunnet spille imod en computerstyret modstander, har computeren skullet træffe beslutninger ud fra en række variable. Dette er der som sådan intet nyt i, selvom algoritmerne bliver mere komplekse, og antallet af variable bliver større. Det nye i den generative AI er brugen af maskinlæring på store datamængder til at genere nyt indhold.

AI som hjælperedskab

Som redskab i det daglige arbejde har den generative AI for alvor gjort sit indtog i erhvervslivet – herunder også inden for den digitale visuelle industri. Her er der tale om AI-understøttede funktioner, der ikke indgår direkte i det færdige produkt, men snarere understøtter virksomhedernes arbejde og processer. Det er altså alle de AI-opgaver, slutbrugeren ikke ser.

Især som kodningsassistent og sparringspartner kan AI styrke produktiviteten i arbejdet med de digitale kreative teknologier, da AI kan hjælpe med at finde fejl eller redundans i kodelinjer eller skrive en helt ny kode. AI er især en hjælp til de mindre erfarne kolleger, der kan støtte sig til sprogmodellernes adgang til gigantiske mængder data om, hvordan man løser specifikke opgaver i et givent program.

Også inden for billedproduktion kan generativ AI understøtte interne processer i virksomheder. Det kan f.eks. være i forbindelse med udarbejdelse af storyboards til film og tv. Billedgenererende AI kan hurtigt lave en skitse, der kan anvendes som udgangspunkt for det videre arbejde. AI kan også bruges til at lave hurtige udkast til en kunde ifm. grafik, hvor der f.eks. skal vælges en stil eller stemning til en større animationsopgave. AI-genererede billeder kan give et godt grundlag for, at kunden kan vælge stilen for produktet, og dermed understøtte en konstruktiv forventningsafstemning tidligt i processen.

Endelig kan tekstgenererende AI bruges i meget af det daglige arbejde med at skrive mailudkast, mødereferater, læse korrektur og lignende mundtlige opgaver, der kan frigøre tid i virksomhederne.

AI til dataanalyse

Et af de definerende karakteristika ved kreative teknologier er, at de er brugercentrerede. Spil- og XR-udviklere får løbende feedback fra testere, der viser, hvor oplevelsen skal justeres, og streamingtjenester kan bruge streamingdata til at se, hvornår seerne slukker for tv-serierne. Alle disse former for data skal analyseres for at skabe værdi for virksomhederne, og AI kan være en stor hjælp i dette arbejde.

Ved f.eks. at fodre en AI med kvantitative data fra spil vil den kunne spore mønstre i, hvad der engagerer spillere, og hvad der ikke gør; mønstre der vil være så godt som usynlige for det menneskelige øje. Denne type analyse kan være et godt supplement til kvalitative analyser af brugeroplevelsen, som spilvirksomheder i forvejen laver, ved at tilvejebringe mere kvantitative og generelle data. Dette kan være hensigtsmæssigt i udviklings- og testfasen på et spil, men eftersom mange spil i dag har en lang levetid og løbende udbygges med mere indhold, kan spilvirksomhederne også bruge de store datamængder til løbende at justere deres produkter. Dette er især relevant inden for kompetitive spil, hvor forskellige spille-



menter løbende skal balanceres for at spillet holdes interessant og fair for spillerne.

AI til indholdsproduktion

Der, hvor AI for alvor kan dele vandene i branchen, er, når den bruges til produktion af decideret indhold. Dette kan være kontroversielt, fordi AI dermed overtager kreative opgaver for mennesker. Men generativ AI har store potentialer ift. at øge produktiviteten og skabe oplevelser, der er unikke for hver enkelt bruger.

Når det kommer til AI-genereret indhold, kan man med fordel forestille sig et spektrum. På den ene side har vi de opgaver, der er rutineprægede og dermed særligt velegnede til automatisering, og som desuden ikke har stor betydning for produktets overordnede udtryk. På den anden side har vi AI-generet indhold, der er helt definerende for produktet og brugerens oplevelse.

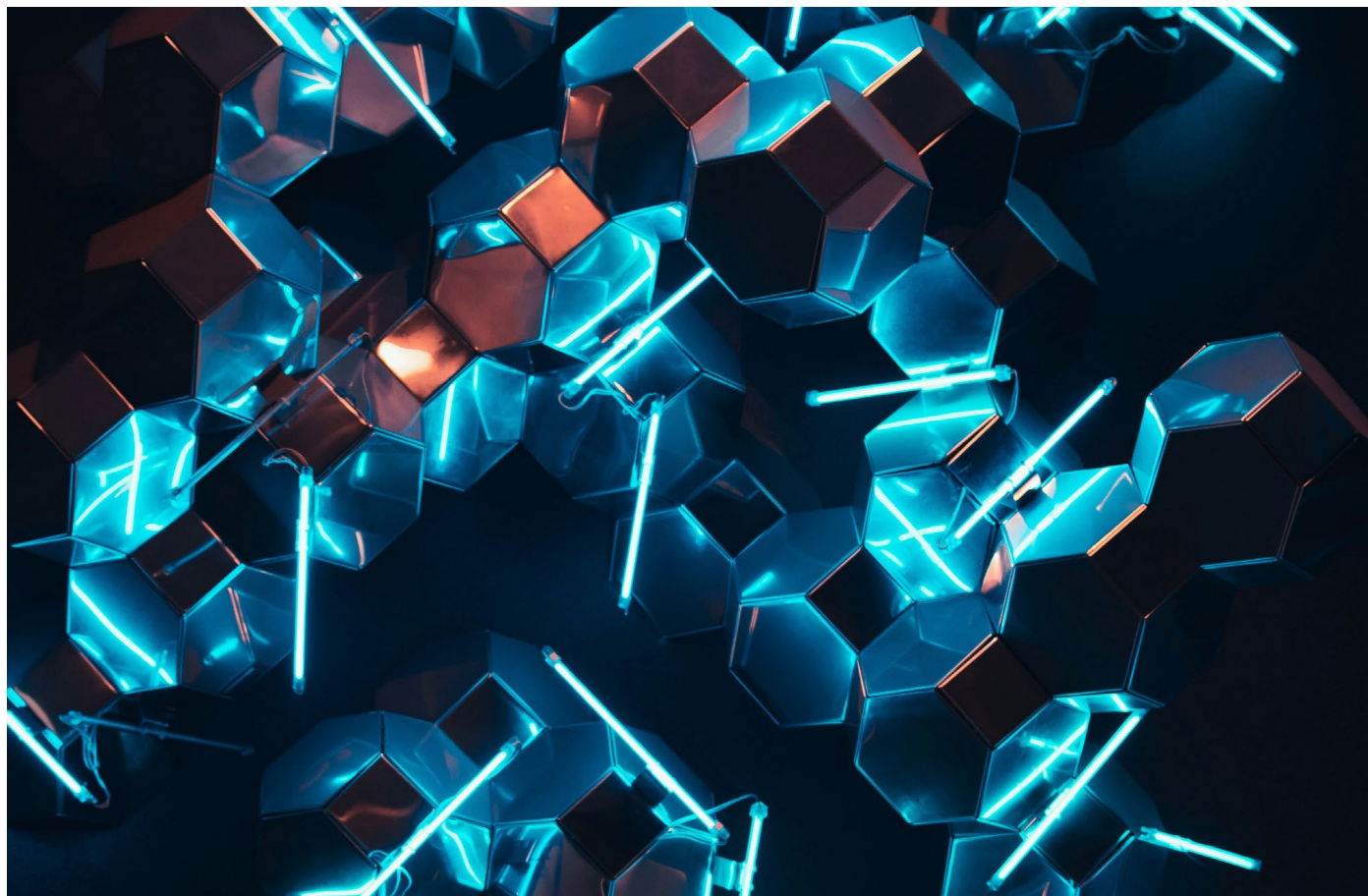
På den mindre indgribende del af spektret kan generativ AI anvendes til at understøtte rendering af animationer, autogenerering af bevægelser, visuelle effekter og lyd samt mundtlige objekter, så som træer o.l. i digitale verdener. Det vil især kunne spare ressourcer der, hvor der er mange elementer i spil, og hvor brugeren derfor næppe nærstuderer hver enkelt detalje, som f.eks. træerne i en skov. Der vil også være potentielt omfattende besparelser, når der udgives flere titler i samme serie, da AI her vil have mere omfattende datamateriale at bygge på, når den skal generere nyt. Der er altså tale om stordriftsfordele ved brugen af generativ AI.

I den mere indgribende del af spektret kan generativ AI slippes løs i spil og XR-oplevelser, så de computerstyrede karakterer (NPC'er), spilleren møder, har AI-gene-

rerede stemmer, personligheder og baggrundshistorier. Her vil AI kunne gives fri til at fortælle sin egen historie, fremfor at følge et forudbestemt manuskript eller beslutningstræ. Denne type teknologi har især potentiale i rollespil, hvor det er de personlige historier, der driver handlingen. I disse spil vil AI potentielt kunne øge realismen og spillerengagementet ved at skabe mere sofistikerede NPC'er, der kan reagere på spillernes handlinger på mere nuancerede og overbevisende måder, fremfor at være begrænset til foruddefinerede udfald. Denne type AI kan desuden kombineres med en dataanalyserende AI, så oplevelsen tilpasses og individualiseres i takt med, at der indsamles data om spillernes adfærd.

Der er særligt to potentielle gevinster ved at bruge generativ AI til indholdsproduktion. For det første kan det spare omkostninger for udvikleren og dermed gøre det muligt for f.eks. mindre produktionsselskaber og uafhængige filmskabere at producere indhold af høj kvalitet med færre ressourcer. For det andet kan AI bruges til at skabe individualiserede og unikke oplevelser, der er skræddersyet til den enkelte brugers præferencer. I AI-drevne rollespil vil to gennemspilninger sjældent være ens.

Som nævnt er denne type AI også den mest kontroversielle i branchen. På tværs af spil-, film og tv-, animations- og XR-virksomheder er der en skepsis overfor AI's evne til reelt at skabe spændende oplevelser, der er nytænkende og sjove for brugeren. Det herskende synspunkt er stadig, at virksomhederne ikke vil sende et AI-genereret produkt på gaden med deres navn på.



Augmented Reality og AI smelter sammen

Superposition er en projektbaseret virksomhed, der skaber narrative VR-oplevelser med fokus på lydsiden. De har bl.a. lavet en VR-opera og det prisvindende projekt A Vocal Landscape. I dag arbejder Superposition på projektet Tuner, som er en ny form for interaktiv historieformidling med AR.

Interaktiv historiefortælling via XR udføres ofte som en filmagtig historie, hvor brugeren træffer nogle spillignende valg undervejs, der resulterer i nogle prædefinerede udfald. Tuner adskiller sig fra denne model ved at integrere AI i historieudviklingen og ved at lade historien interagere med brugerens oplevelser.

Det sker i to trin. Først scannes brugerens omgivelser, imens denne er i gang med oplevelsen. Derefter genererer en AI et visuelt output baseret på scanningen og inkorporerer det i fortællingen. Det betyder, at den visuelle oplevelse bliver individuelt tilpasset brugeren.

I Tuner oplever man derfor et omskifteligt narrativ, hvor man igennem interaktioner med sit AR-udstyr kan "tune" ind på forskellige "virkeligheder". Selve fortællingen bliver også delvist påvirket af omgivelserne, men den kunstige intelligens får skarpe restriktioner, så historien stadig giver mening og har samme budskab for alle.

Ud over skepsis ift. AI-produkternes kvalitet, fylder spørgsmål om ophavsret og datasikkerhed også meget for virksomhederne. Ophavsret er en udfordring på to måder: Hvorfra stammer de data, der er brugt af AI'en, og hvor ender virksomhedens egne data, når de fodres til en AI? Der er også usikkerhed ift. datasikkerheden. Flere virksomheder i den digitale visuelle industri har

enten deres egne værdifulde intellektuelle ejendomme (IP), eller fungerer som underleverandører til virksomheder, der har behov for at beskytte deres IP mod hackerangreb o.l. Nogle IP-indehavere, der f.eks. kan være store udenlandske virksomheder, kræver ligefrem, at leverandøren ikke bruger AI-tjenester af frygt for tab af kontrol over deres materiale.

Udviklingstrends i støtteteknologierne

Udviklingen inden for kreative teknologier afhænger i høj grad af de støtteteknologier, der faciliterer den digitale udvikling i samfundet og erhvervslivet. Her ligger noget af det teknologiske fundament, hvorpå den digitale visuelle industri står, men som sjældent udvikles direkte af virksomhederne inden for industrien.

I det følgende gennemgås fire af disse støtteteknologier: forbedringer inden for devices og displays, udrulning af 5G-internet, udbredelse af cloud-teknologi og distributionsplatformenes dominerende rolle. Disse er nogle af de vigtigste temaer for virksomheder, der arbejder med kreative teknologier, da de både definerer rammerne for brugen og formidlingen af produkter og services.

Devices og displays

Udviklingen inden for de devices, der skal køre spil og XR-oplevelser eller vise film, skaber de teknologiske rammer for brugerens oplevelse og definerer derfor f.eks. også de minimumskrav, et spil skal leve op til, og den øverste grænse for, hvor flot en spilgrafik kan være. De kreative teknologier skal altså hele tiden anvendes med øje for den type af enhed, et produkt skal bruges på. Det samme gør sig gældende for displayteknologi, der definerer de visuelle muligheder. Dette er især centralt for XR-teknologi, hvor teknologien flytter sig hurtigt, men også i relation til film og tv, uanset om det ses hjemme eller i biografen.

Udviklingen inden for mobiltelefoner er særligt vigtig her, da det er den type device, der har udviklet sig mest voldsomt på kortest tid. Og brugerne er fulgt med. Ifølge Newzoo's Global Games Study 2023 Spiller 79 % af de voksne, der begår sig online, videospil,⁵ og 79 % af denne gruppe spiller på en telefon. (Til sammenligning spiller 43 % på en PC og 41 % på en konsol⁶) Mobilspil forventes i 2023 at have omsat for over 600 milliarder kroner.⁷

For spiludviklere betyder den hastige udvikling inden for mobiltelefoner, at de kan skabe mere og mere avan-

cerede og krævende spil til platformen. De kan dermed nærme sig den type spil, der før var forbeholdt konsoller eller PC'er i kompleksitet og opløsning.

Stærkere devices betyder også, at komplekse digitale produkter, som f.eks. digitale tvillinger, i højere grad kan vises og anvendes på mobiltelefoner, hvilket gør teknologien mere tilgængelig og anvendelige på tværs af brancher. Udviklingen i mobiltelefoner gør det dermed nemmere for virksomheder at tilpasse de kreative teknologier til anvendelser i andre brancher, som næste kapitel uddyber. I takt med at flere programmer får deres egne mobilapplikationer, bliver der stadig større behov for teknologiske kompetencer til at udvikle disse – kompetencer som spiludviklere i høj grad besidder.

Når mobiltelefoner får bedre hardware, vil de også i endnu højere grad kunne understøtte den demokratisering af kreative teknologier, der finder sted. Mobilkameraer er nok det bedste eksempel på dette, da mobilen allerede har udkonkurreret det klassiske fotografiapparat på mange familieferier. På samme måde vil forbedringer i telefoners kamerateknologi gøre dem endnu mere relevante ift. fotogrammetri og motion capture – i hvert fald for mindre studier og amatører, der ikke har mulighed for at investere i avanceret hardware.

Det er også displays og AR/VR/MR-devices der i dag er med til at sætte begrænsningerne for XR-teknologi. I takt med, at disse bliver bedre, vil det være muligt at skabe mere interessante og livagtige XR-oplevelser, uanset om der er tale om spil eller andre tjenester.

5G-internet

Internethastighed er med til at definere, hvordan virksomheder arbejder internt, og hvordan deres produkter kan (og bør) trække på online data. Derfor kan udrulningen af 5G-internet også skabe nye muligheder for kreative teknologier, der kommer til at kunne operere hurtigere og med større dataoverførsler end tidligere. Dette påvirker de kreative teknologier på forskellige måder.

Inden for spil skaber højere internetforbindelse bedre mulighed for multiplayer spil og matching af spillere online. Høj internethastighed er en nødvendighed for realtidsspil (ulig turbaserede spil, som skak), da spillerne gerne skal opleve, at de kan reagere på hinandens handlinger præcist, når de udføres og uden ventetid. Des flere spillere i et spil, des større udfordring bliver dette. Med 5G får spiludviklerne derfor mulighed for at lave mere komplekse spil for flere spillere. Derudover er hurtig dataoverførsel en kritisk nødvendighed for cloud gaming, som beskrevet nedenfor.

5G vil også gøre det muligt at streame film og tv i højere opløsning, hvilket kan åbne nye produktmuligheder inden for både realfilmoptagelse og animation.

Når der til tider spekuleres i et fremtidigt metaverse, hvor enkeltpersoner kan kommunikere digitalt via XR-udstyr i gnidningsløs realtid, er høj internethastighed også en kernekomponent. Så længe der er ventetid på internetforbindelsen, vil den digitale oplevelse aldrig føles helt livagtig. Vi vender tilbage til spørgsmålet om metaverset i slutningen af kapitel 4.

Cloud-teknologi

I familie med udrulning af 5G-internet finder vi den tiltagende brug af cloud-teknologi i virksomhederne. Cloud-teknologi handler i sin essens om at gemme data eller lave databeregninger via servere og computerkraft, der ikke er lokal, men tilgås over internettet. Fremfor at gemme en fil på sin lokale server, gemmer man den i "skyen", hvilket vil sige på en serverfarm, der formentligt er ejet af en af de internationale techgiganter, som Amazon, Microsoft eller Alphabet. Hermed begrænses behovet for lokal serverkraft og -sikkerhed. Derudover kan cloud-løsninger ofte drage fordel af en række nyttige funktioner, der faciliteres af den pågældende cloud-udbyder. Cloud-teknologi indebærer omfattende datatransmission til og fra de eksterne servere, og teknologien påvirkes derfor i høj grad af internettets hastighed.

Cloud-teknologi anvendes især i virksomhedernes interne processer. Som så mange andre brancher har den

digitale visuelle industri i højere grad taget hjemmearbejde til sig efter covid19-pandemien, og cloud-platformer gør denne type samarbejde nemmere. Den samme teknologi anvendes, når medarbejdergrupper sidder forskellige steder i verden og arbejder på samme projekter. Dette er især relevant for den digitale visuelle industri, fordi den er så internationalt forankret.

Til gengæld er flere virksomheder i den digitale visuelle industri begrænset i deres mulighed for at bruge cloud-teknologi, fordi de arbejder med værdifulde IP'er, eget af kunder, der ikke tillader brugen af eksterne cloud-servere af frygt for datalæk. Her kan de høje sikkerhedskrav altså stå i vejen for brugen af cloud. Omvendt kan cloud-teknologi for mindre virksomheder tilbyde større datasikkerhed, end de ellers ville have adgang til.

Cloud computing indebærer, at man ikke blot opbevarer filer på en server i skyen, men udfører sine databehandlingsprocesser i dér. Hermed kan virksomheder trække på den langt mere omfattende processorkraft i skyen til at løse komplekse opgaver, fremfor at skulle gøre det lokalt. Cloud computing anvendes bredt på tværs af kreative teknologier, men det har særligt potentiale for XR-udstyr og for små devices, som mobiltelefoner, der netop er begrænset af deres størrelse. Ved at flytte en større del af databehandlingen til skyen, kan de mindre devices formidle krævende produkter uden selv at skulle indeholde den nødvendige processorkraft. Cloud computing kan dermed være med til at løse en af de store udfordringer for XR-teknologi: Hvordan bygger man en tilstrækkeligt stærk computer, uden at den bliver for tung til, at brugeren kan have den spændt på sit hoved?

Cloud computing er særligt relevant i form af cloud gaming. Ved de fleste spil i dag bruger computeren eller mobilen i høj grad lokale data, sit eget grafikkort og sin egen processor, og spiloplevelsen er derfor begrænset af det device, der spilles på. Men med cloud gaming er brugeren næsten kun afhængig af internethastigheden. Her kommunikerer det lokale device med processorer og grafikkort på en serverfarm, der sender billeder

tilbage til skærmen. På den måde skal brugerens egen computer eller device i praksis blot streame et spil, der reelt kører på en computer i skyen, samt modtage input fra brugeren. Grafikkortproducenten Nvidia har tilbudt denne type cloud gaming service i flere år.

Cloud gaming har flere fordele. Det første og mest oplagte er, at det fjerner behovet for, at hver enkelt spiller har et dyrt gaming device med stor processor og stærkt grafikkort. Det gør altså store spiloplevelser tilgængelig for flere. En anden fordel er, at cloud gaming gør det nemmere for spiludviklere at optimere deres spil til specifikke grafikkort, idet de blot kan fokusere på de mest udbredte grafikkort på de computere, der står i cloud-farmene, fremfor de mange forskellige typer grafikkort, brugerne måtte have på deres forskellige devices. For det tredje gør cloud gaming det sværere at piratkopiere spil, da brugeren ikke selv har lokale filer, der kan kopieres – ligesom det er svært at piratkopiere en film på Netflix.

Distributionsplatforme

I 2023 udgjorde streaming af tv og video 28 % af danskernes medieforbrug og var dermed den mest udbredte form for medieforbrug, efterfulgt af traditionelt tv (18 %) og radio (14 %). I gennemsnit streamede danskerne cirka to timers indhold dagligt.⁸ Store distributionsplatforme spiller tydeligvis i dag en vigtig rolle som bindeled mellem producenter og forbrugere i den digitale visuelle industri. Det drejer sig om abonnementsplatforme som Netflix, HBO og Disney+ – og i en dansk kontekst, TV 2 Play, Viaplay og DRTV. Størst af alle er dog YouTube.

Det samme mønster ses inden for spilverdenen. For PC-spil er Steam den absolut største platform. I modsætning til abonnementstjenester som Netflix, er Steam dog ikke en streamingplatform men en spilbutik og -bibliotek. Spillere kan gå på opdagelse i Steams enorme udvalg, købe titler, downloade dem og opbevarer deres filer i Steams spilbibliotek. Herigennem kan spillere desuden downloade og administrere modifikationer på spillene, der er udviklet af andre spillere (såkaldte "mods"), opnå point for forskellige bedrifter, "achie-

vements," i spillene mm. Store computerspilproducenter har ofte deres egen spilplatform (f.eks. Activision Blizzards Battle.net eller Ubisoft Connect), men flere af disse udgiver også deres titler på Steam.

For mobilspil er Apples og Googles respektive appstore de dominerende platforme, i stil med Steam. Apple har også udviklet Apple Arcade, der fungerer som en abonnementsordning à la Netflix for spil til Apple-devices, hvor abonnenter har adgang til alt indholdet.

Det har især to konsekvenser på virksomhederne, at distributionsplatformene har sat sig på markedet. For det første betyder det, at producenter er nødt til at orientere sig mod den eller de udvalgte distributionsplatforme. Så hvis en mobilspilproducent vil udgive sit spil på Apple Arcade, skal dette spil tilpasses de specifikke krav dér. Dette gør den pågældende platform til en vigtig samarbejdspartner for spilproducenten, men det gør også producenten mere sårbar over leverandørens handlinger, f.eks. ved ændring af priser eller vilkår, som tidligere drøftet ift. spilmotorer.

For det andet bliver leverandørernes adgang til data om seer- eller spilleradfærd begrænset, da disse data skal udleveres af distributionsplatformene. Her må leverandører tage til takke med den standardiserede type brugerdata, som platformen udbyder, eller gå i dialog med dem. Dette er også en af grundene til, at mange store spiludviklere bruger deres egen platform til distribution af spil, da brugerdata er en nøgle til at forbedre spilleroplevelsen.

Ift. film og tv samt animation har "Netflix-ficeringen" af branchen ændret hele indtægtsstrukturen for indholdsproducenter og udfordret reklamebranchen indtægtsgrundlag ved at flytte mange seere til reklamefri abonnementsordninger. Animationsvirksomheder kan til gengæld i dag finde nye projekter som indholdsproducenter for IP-ejere med egen streamingtjeneste. Danske M2 Film leverer f.eks. animation sat i Warhammer-universet til britiske Games Workshop, der udgiver animationsserier på deres egen abonnementsplatform Warhammer+.

Kapitel 4

Nye forretningspotentialer med kreative teknologier

Kreative teknologier rummer et betydeligt uudnyttet potentiale uden for den digitale visuelle industri. Selvom teknologierne er udviklet med spil, film og tv, animation og XR for øje, er deres brugbarhed ikke begrænset til blot kulturen eller underholdningsindustrien. Tværtimod kan teknologierne være med til at løse problemer og skabe vækst i en række andre samfundssektorer.

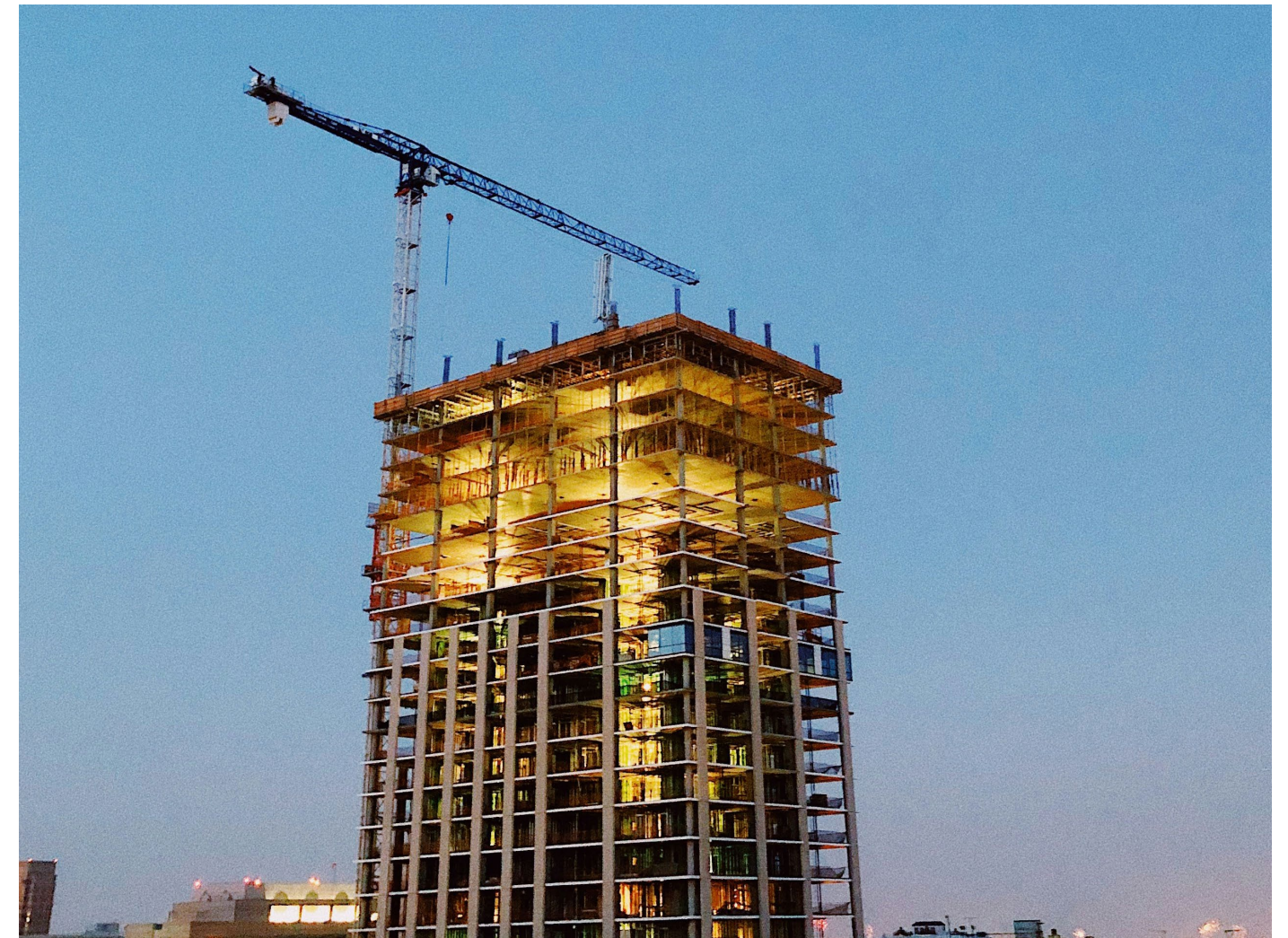
De kreative teknologier kobler sig til den generelle digitalisering af samfundet og erhvervslivet, der finder sted. Den fysiske virkelighed er i stadig højere grad indkapslet i et digitalt lag, der skaber nye muligheder for bl.a. dataindsamling og -analyse, der kan give ny viden om og optimere de fysiske processer. Internet of Things (IoT)-devices er et godt eksempel på dette, da de netop skaber en række kontaktpunkter mellem fysiske lokationer og internettet, der repræsenterer det digitale lag. Mange af de kreative teknologier placerer sig også i dette spændingsfelt mellem det fysiske og det digitale, og de kan derfor understøtte virksomheders konkrete, fysiske arbejde, ved at styrke koblingen til det digitale og hjælpe med at realisere gevinsterne ved denne digitalisering.



Dette kapitel udforsker de nye forretningspotentialer for kreative teknologier. Vi gennemgår nogle af de vigtigste styrkepositioner i Danmarks erhvervsliv – byggeri og anlæg, avanceret produktion, sundhedssektoren, miljøteknologi og energisektoren – og drøfter, hvordan kreative teknologier kan spille en positiv rolle i brancherne. De fem brancher er valgt ud fra deres størrelse, og fordi de blev fremhævet af virksomheder i både interviews og workshops som områder, hvor kreative teknologier har potentiale. Efterfølgende gennemgås en række tværgående områder – marketing og service, undervisning og træning samt virtuelle events og oplevelse – hvor kreative teknologier også kan skabe værdi. Der præsenteres løbende eksempler på områder, hvor kreative teknologier allerede prøves af, men hvor der samtidig er et stort uforløst potentiale for produktivitetstørelser og kvalitetsforbedringer i brancherne.

Hermed kobler rapporten sig også på det nationale mål om at styrke produktiviteten, konkurrenceevnen og internationaliseringen i danske virksomheder, blandt andet via innovation og ved at udnytte digitale og teknologiske muligheder. På de følgende sider vil statistik, der ikke er udstyret med en fodnote, også være hentet fra Erhvervsfremmebestyrelsens strategi Erhvervsfremme i Danmark 2020-2023.⁹

Fokus vil i det følgende særligt være på brugen af digitale tvillinger, XR og AI på tværs af brancherne. Disse tre blev oftest nævnt af virksomheder i interviews og til workshops, og de demonstrerer da også forskellige aspekter af koblingen mellem det fysiske og det digitale. Digitale tvillinger udgør digitale afspejlinger af konkrete objekter eller faciliteter. XR-teknologi gør personer i stand til at se og interagere med det digitale lag. Og AI gør brug af datamulighederne i det digitale og realiserer meget af det digitales potentiale.



Byggeri og anlæg

Byggeri- og anlægsbranchen står overfor udfordringer med bl.a. optimering og cirkularitet i ressourceforbrug, procesoptimering og produktivitet, samt implementering af digitalisering og automatisering.

Kreative teknologier har potentiale til at bidrage til løsningen af disse problemstillinger ved at integrere udarbejdelsen af **digitale tvillinger som en del af større byggeprojekter**. De digitale tvillinger kan udarbejdes i en spillemotor og bidrage til alle byggeriets faser, fra projektid til udførelse. Allerede ved projekteringen vil en digital tvilling kunne skabe en interaktiv model over byggeriet, der kan opgøre, hvilke og hvor mange materialer, der skal bruges – og hvornår i byggeprocessen. På den måde kan der mere præcist indkøbes byggematerialer i overensstemmelse med byggeplanen. Dette vil samlet set kunne resultere i en mere effektiv byggeproces og mindre spild, hvilket udgør op imod 12 % af byggesagers samlede omkostninger og medfører betydelig CO₂-udledning.¹⁰

Der hvor de digitale tvillinger for alvor kan blive værdifulde for sektoren, er, når de kombineres med **AI**, der kan analysere data fra byggeriet, foreslå alternative materialer, udføre dokumentation og skabe en mere effektiv arbejdsplan.¹¹ F.eks. kan spildtid i byggeprojekter udgøre op imod to tredjedele af håndværkeres arbejdstid.¹² En AI med overblik over hele projektet og dets arbejdskraft vil være i stand til løbende at identificere opgaver, som håndværkere kan kaste sig over, når der er ophold i en anden aktivitet. Dette vil potentielt både kunne nedbringe projekttiden og omkostningerne. Usikkerheder om, hvordan en del af byggeriet skal se ud, vil også kunne afklares hurtigere ved brug af **XR-udstyr, som giver håndværkeren mulighed for at se en digital udgave af det færdige produkt**. Kan kreative teknologier afhjælpe blot en tredjedel af dette problem, vil det kunne spare ca. 10 % af håndværkertimerne.

Digitale tvillinger kan tages skridtet videre og **inkorporere automatiseringsteknologier i projektet**. Her kan en

digital tvilling, understøttet af AI, holde overblik over robotter på byggepladsen ved at samle styringen af dem i spilmotoren. Denne logik er ikke så fjern fra spille-sign, hvor spilmotorer bruges til at koordinere en række automatiserede processer i forhold til hinanden og til spillerens handlinger. Redskaberne fra spilmotoren kan med andre ord lave en digital verden, der ligner bygge-

pladsen på en prik, befolke denne med automatiserede løsninger og facilitere flådestyring af dem.

På den måde kan kreative teknologier faktisk være med til at understøtte hele den bredere digitaliseringsagen-da, der længe har været for bygge- og anlægsområdet, og skabe værdi både før og under byggeprocessen.



Digitale tvillinger til visualisering af bygge- og anlægsprojekter

KLOKVisuals bruger droner og spilmotorer til at skabe digitale tvillinger af bygninger. Disse teknologier kan skabe værdi både før og efter, en bygning overhovedet er opført.

Ved bygge- og anlægsprojekter kan en digital tvilling, konstrueret ud fra arkitekttegningerne, fungere som en interaktiv bygningsmodel eller bruges til at lave videoer, der præsenterer det færdige projekt. Fordi tvillingen kan laves, inden byggeprojektet er sat i gang, kan den bruges i beslutningsprocessen og i dialogen mellem arkitekt og bygherre, der får nemmere ved at se det færdige

produkt for sig og lave justeringer i planen.

Den digitale tvilling kan også laves, efter bygningen står færdig, bl.a. med hjælp fra droneoptagelser. Her kan tvillingen åbne muligheden for virtuelle besøg for dem, der ikke har mulighed for fysisk at besøge stedet. Derudover kan tvillingen danne rammen om mixed reality-oplevelser for de fysisk besøgende, hvor der foretages modifikation af bygningen, så gamle bygninger f.eks. kan besøges, som de så ud mange hundrede år tidligere, eller så renovationer og ombygninger kan prævisualiseres af besøgende.

Avanceret produktion

Betegnelsen "avanceret produktion" dækker over en række forskellige produktionsteknikker, der sigter mod at forbedre effektivitet, produktkvalitet og produktivitet. Centrale temaer i den danske produktionsindustri er implementeringen af digitale løsninger til automatisering og dataanvendelse, det såkaldte "Industri 4.0," samt introduktionen af grønnere materialer og produktionsformer.

Digitaliseringsdagsordenen er et oplagt bindeled til de kreative teknologier. En holistisk implementering af **Industri 4.0 vil med fordel kunne ske med udgangspunkt i en digital tvilling** til et givent produktionsanlæg,¹³ hvilket kan udarbejdes i en spilmotor. De digitale tvillinger giver mulighed for at monitorere produktionsprocessen ved at koble dem til datakilder, der fodrer modellen med data i realtid og kan detektere fejl og uregelmæssigheder. I kombination med AI kan disse data også analyseres og visualiseres, så de kan komme med optimeringsforslag til hele produktionsmodellen.

Ved **etablering eller ombygning af produktionsanlæg** vil digitale tvillinger også kunne udgøre et nyttigt udgangspunkt, hvor forskellige produktionsopsætninger kan simuleres og afprøves, før de bygges fysisk. Digitalt avancerede industrivirksomheder vokser i gennemsnit 1,8 procentpoint hurtigere end andre industrivirksomheder, og digitale tvillinger kan hjælpe flere virksomheder til at nyde godt af denne produktivitetsgevinst. I kombination med XR-teknologi vil virksomheder også være i stand til at foretage virtuelle besøg på fabrikgulvet, før fabrikkens overhovedet er bygget. Dette giver igen et bedre beslutningsgrundlag for store investeringer i bygninger. Via **volumetric capture** vil man også kunne optage strukturen og bevægelserne i eksisterende produktionsanlæg, f.eks. et samlebåndssystem, og afspille disse optagelser, som om de skete på en anden lokation. På denne måde kan man sætte en digital udgave af et eksisterende produktionsanlæg op i en ny lokation før en fysisk flytning.

Foruden produktivitetsstigninger kan de **digitale tvillinger hjælpe virksomheder med at reducere deres klima-**

aftryk. I takt med at de digitale tvillinger understøtter mere effektive produktionsprocesser, vil de også kunne hjælpe virksomheder med at reducere deres energiforbrug, vandforbrug, affald og emissioner. Dette er godt for virksomhedens økonomi og godt for klimaet.

World Economic Forum rapporterer, at en LG Electronics fabrik i Sydkorea lykkedes med at forøge deres produktivitet med 17 %, deres produktkvalitet med 70 % samt at reducere deres energiforbrug med 30 % igennem implementeringen af en digital tvilling, der blev fodret med data fra produktionen hver 30. sekund.¹⁴ I kombination med øget automatisering og robotteknologi vil digitale tvillinger desuden kunne understøtte produktiviteten af danske produktionsvirksomheder gennem flådestyring i spilmotorer.



Sundhedssektoren

Sundhedsområdet er et globalt vækstmarked, hvor danske virksomheder potentielt kan imødekomme en stigende efterspørgsel. Det er også et område, der i Danmark mangler hænder til både højt specialiserede funktioner og til plejearbejdet.

Psyriske lidelser er en enorm omkostning for samfundet. Depression alene koster årligt samfundet 9,7 mia. kr. til behandling, pleje og medicin samt 25,7 mia. kr. i ekstra omkostninger til tabt produktion på grund af fravær fra arbejdsmarkedet og tidlig død. Angst koster ligeledes et samlet årligt beløb på ca. 14 mia. kroner, og skizofreni 6,5 mia. kr.¹⁵ **XR-teknologi kan skabe nye behandlingsmuligheder** via eksponeringsterapi og dermed være et kvalitativt nyt redskab for behandlere af disse lidelser. Hvis XR-teknologi kan hjælpe blot 5 % af angstramte til bedring, vil det give en samfunds-mæssig besparelse på 700 mio. kr. om året.



Kreative Teknologier kan også udføre funktioner inden for sundheds- og velfærdsområdet, f.eks. i form af **XR-velfærdsteknologi til ældreområdet**. Audiovisuelle stimuli kan være med til at hjælpe især demensramte borgere med at huske steder og stemninger fra deres liv og dermed skabe rammen om samtale med plejepersonalet. Det kan være med til at understøtte borgerens kognitive funktionsniveau. Ved at bruge XR-udstyr kan en enkelt SOSU-medarbejder også meningsfuldt aktivere flere borgere på samme tid. Virksomheden Takeawalk har arbejdet med denne brug af virtual reality siden 2016.¹⁶

Inden for fysioterapi og ergoterapi, f.eks. i forbindelse med genoptræning eller fastholdelse af funktionsniveauet hos ældre, **kan gamification skabe motivation og oplevelsen af fremgang**. Pointsystemer og lignende fra spil kan implementeres i det udstyr, der bruges til genoptræning, og dermed gøre det sjovere for borgeren at fastholde sit træningsprogram. Spillogikken fra kreative teknologier kan bringes i samspil med fysisk genoptræningsudstyr eller blot apps, hvor borgeren eller terapeuten kan følge indsatsen. Dette kan øge livskvaliteten for borgeren og spare plejeresressourcer, idet højere funktionsniveauer mindsker plejebehovet.

Kreative teknologier kan også bringes helt ind i operationsstuerne. **Fotogrammetri kan bruges til at skabe 3D-modeller af patienter**, der kan gøres til genstand for lægers diagnosticering. Fotogrammetri-metoden kan også anvendes til at producere digitale modeller med røntgen eller infrarød optagelse.¹⁷ Med XR-udstyr vil det blive nemmere for læger at rådgive eller ligefrem operere uden at være fysisk til stede. Sidstnævnte er ikke så fjernt fra virkeligheden, da læger allerede udfører præcisionskirurgi via f.eks. da Vinci-robotten.

Endelig vil digitale tvillinger af hospitaler potentielt kunne afhjælpe et nyere problem på hospitalerne med **flådestyring** af de forskellige robotløsninger, der i dag afprøves flere steder.¹⁸



VR til behandling af fobier og skizofreni

Khora har udviklet en platform til sundhedssektoren, som kan anvendes af psykologer til behandling af fobier eller angst ved hjælp af eksponeringsterapi. Hvis en patient f.eks. lider af social angst, kan platformen tage patienten med på en virtuel indkøbstur, hvor eksponeringen stiger undervejs. Først er patienten måske alene. Senere står han/hun i en kø omgivet af mennesker. Og senere igen bliver patientens dankort afvist, og fremmede henvender sig uopfordret.

Antallet og diversiteten af scenarier på Khoras platform vokser stødt i takt med efterspørgslen. Hospitaler og andre sundhedsinstitutioner kan abonnere på scenarierne, og de får dermed adgang til de udbudte scenarier. Platformen kan i dag anvendes til at behandle angsten for at flyve, angst for edderkopper eller angst for at tale foran mennesker.

Teknologien kan især hjælpe i de tidlige stadier af et behandlingsforløb, inden patienten er klar til at

udfordre sig selv i den virkelige verden. Fordelen er, at behandleren kan styre intensiteten, at scenariet altid kan sættes på pause, og patienten kan tage headsettet af, hvis det bliver for meget.

VR-redskaber kan i nogle tilfælde også være nyttige i behandlingen af skizofreni, hvor en patient f.eks. hører stemmer. Her kan der konstrueres en VR-formidlet udgave af stemmen, der efterfølger de kan anvendes i behandlingen. Khora har udviklet en simulering, hvor terapeuten i dialog med patienten designer en avatar, der repræsenterer "stemmen". Her designes både, hvordan avataren ser ud, og hvordan stemmen lyder.

Ifølge Khora hjælper VR-værktøjet i behandlingen af patienter, da det hjælper både patient og terapeut til at tale om de specifikke vrangforestillinger. Efter flere rollespilsessioner, hvor terapeuten antager rollen som "stemmen", kan patienten nå til et punkt, hvor vedkommende konfronterer avataren og tager afstand fra den.



Miljøteknologi

Det miljøteknologiske område dækker i denne sammenhæng over virksomheder, der arbejder med teknologier til vand-, jord- og luftrensning, vandforsyning og spildevand, kemikalier og affaldshåndtering samt bredere dagsordener som cirkulær økonomi og ressourceeffektivitet. Centrale prioriteter for branchen er digitalisering og integration af hele økosystemet af aktører, der har en aktie i området.

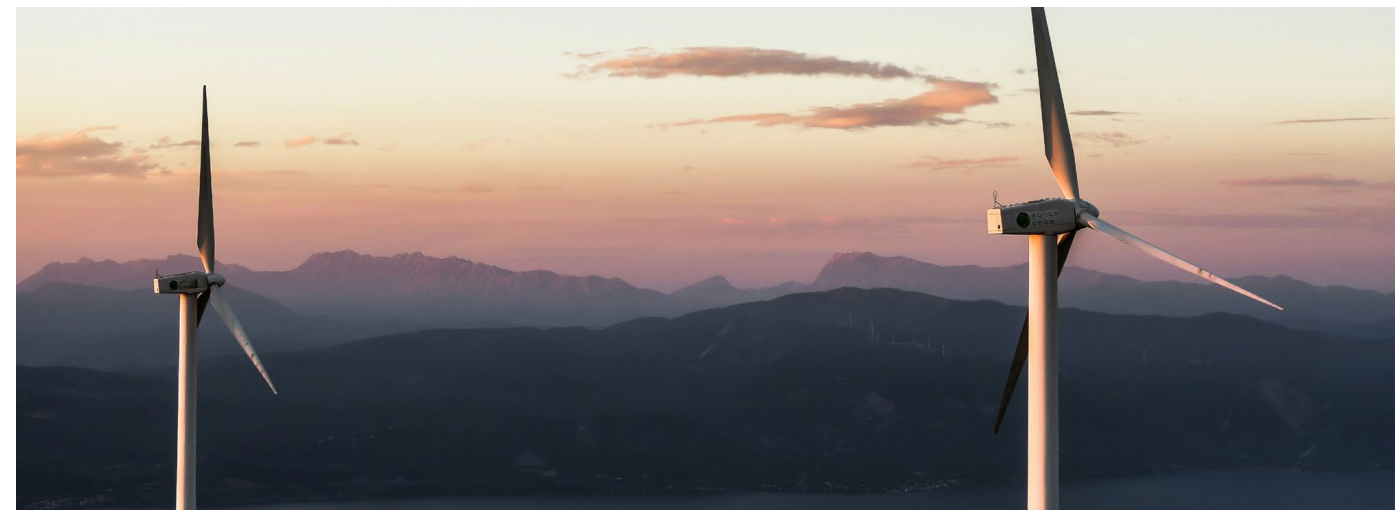
Der er allerede blevet eksperimenteret med digitale vandværksprojekter, hvor **digitale tvillinger af vandværker** bl.a. er blevet brugt til test af funktioner samt til personaleuddannelse i kombination med XR-teknologi.¹⁹ De digitale tvillinger kan bruges til at monitorere bevægelser i vandværkernes forskellige dele og, især i samarbejde med en AI, til at detektere uregelmæssigheder i data, så personalet kan gribe ind tidligt. Omfattende dataopsamling kan også bruges til at monitorere de forskellige rensetrin i renseanlæg, så der tilvejebringes data om restprodukter i vandet.

Og digitaliseringen kan række langt ud over det enkelte vandværk eller renseanlæg. **Igenom Internet of Things (IoT)-enheder kan hele forsyningsnettet monitoreres i**

en digital tvilling, der får datainput i realtid. Et sådant system vil blandt andet kunne identificere lækager tidligt eller potentielt hjælpe til at spore punktkilder for forurening.²⁰

Digitale tvillinger kan også bruges til realtidssimulationer i tilfælde, hvor det ville være omkostningsfuldt at sætte sensorer op, f.eks. ved **luftmålinger i byområder**. Det er dyrt at sætte avanceret måleudstyr op på hvert gadehjørne for at monitorere luftkvaliteten. Det er til gengæld nemmere at skaffe data på trafikforhold i realtid. Disse data kan bruges til at udregne antallet af forskellige partikeltyper i luften ud fra viden om fartøjers gennemsnitlige partikeludledning. Resultatet kan samles i en digital tvilling af trafiksystemet, der løbende indhenter data om luftforurening uden behov for opsætning af utallige partikelmålere.²¹

Dette taler ind i den bredere **smart city**-agenda, hvor hele bybilledet i højere grad skal digitaliseres med henblik på monitorering og effektivisering af bl.a. trafikforhold. Digitale tvillinger skabt i spilmotorer kan udgøre skelettet for denne type teknologi og dermed hjælpe med at understøtte renere og mere behagelige byer.



Energisektoren

Energisektoren dækker bl.a. energiproduktion og -infrastruktur, elektrificering, samt rådgivning og integration af systemer. Nogle af branchens hovedudfordringer er mangel på kvalificeret arbejdskraft og manglende udnyttelse af data og digitale løsninger.

XR-teknologi kan understøtte træning af medarbejdere i energisektoren. Via XR-udstyr kan reparatører træne komplekse processer uden at skulle fragtes op i et vindmølleårn eller ud på en boreplatform. Teknologien kan også skabe en tryk ramme for, at reparatører kan øve sig på teknisk farligt udstyr uden frygt for at gøre skade på sig selv eller det dyre udstyr. Ved at bygge digitale tvillinger af komplekst maskineri kan virksomheder altså både accelerere træning af nye medarbejdere samt øge sikkerheden.

På grund af den manglende specialiserede arbejdskraft kan energivirksomheder også befinde sig i situationer, hvor nyt udstyr skal monteres eller en maskine er brudt sammen, og det vil tage flere dage at få den rette specialist fløjet ind fra udlandet. Den type udfordringer er særligt dyr for virksomheder, når det medfører, at produktionen går i stå i flere dage. **XR-teknologi kan give specialisterne rækkevidde**, idet de i samarbejde med en person på lokationen kan vejlede i opsætning eller fjerndiagnosticere et problem og guide til, hvordan det kan afhjælpes. F.eks. brugte Nærenergi AR-briller ved opsætningen af biogas fyldestationer under Coronakrisen, hvor det var umuligt for dem at få fløjet montører ind fra Sydkorea, som ellers var standardproceduren.²² Virksomheder kan altså spare både rejseomkostninger og, hvad ofte er langt vigtigere, reducere nedetiden på kritisk udstyr via kreative teknologier.

En vigtig del af energisektorens virke er at formidle data om energiforbrug mv. til kunder. **Kreative teknologier kan understøtte intuitiv datavisualisering**, der kan hjælpe kunden med at forstå sit eget forbrug. Disse data kan også, i kombination med en AI til at identificere komplekse mønstre i kunders energiforbrug og komme med optimeringsforslag. Dette vil i sidste ende kunne føre til mere energivenlige forbrugsmønstre.

Den danske energisektor står også overfor en stor udfordring med etableringen af produktions- og distributionsfaciliteter til Power-to-X (PtX), der skal muliggøre produktionen af grønt brændstof, så som brint, ved hjælp af bæredygtigt produceret elektricitet. Dette samfundsprojekt kommer til at kræve omfattende koordinering af de faciliteter, der producerer den grønne strøm, PtX-anlæggene og den energiinfrastruktur, der skal transportere f.eks. brint.²³ Det er oplagt allerede i anlægsfasen at eksperimentere med **digitale tvillinger af PtX-infrastrukturen**, da disse kan danne grundlag for beregninger af, hvor og hvordan infrastrukturen mest effektivt kan etableres. En digital tvilling vil potentielt kunne spare hele PtX-agendaen for nogle omkostningsfulde fejlbeslutninger ved at tilvejebringe et langt bedre datagrundlag for beslutninger. Når infrastrukturen er etableret, vil en digital tvilling med realtidsdata kunne understøtte overvågning og løbende optimering af hele netværket, og den vil kunne kombineres med realtidsdata på grøn energiproduktion og elnettets aktuelle belastning. Specifikke digitale tvillinger af anlæg kan evt. ud fra et 3D-scan af det geografiske område, anlægget skal lægge i, hvilket kan laves med drone-monteret fotogrammetri.

Tværgående områder

I det følgende drøftes nogle yderligere områder, hvor kreative teknologier kan hjælpe virksomhederne, højne produktkvalitet og understøtte både vækst og større bæredygtighed i erhvervslivet.

Marketing og service på tværs af brancher

Salg og marketing er vigtigt for de fleste virksomheder, og både film- og animationsbranchen er allerede vigtige leverandører af reklamefilm på tværs af brancher. Denne rolle vil de fortsat kunne spille i fremtiden, og nye kreative teknologier giver blot virksomhederne flere værktøjer at arbejde med. Virtuel produktion åbner f.eks. for en række nye kreative muligheder for reklameproduktioner.

For virksomheder der sælger store og tunge produkter, som f.eks. maskineri eller fartøjer, vil digitale tvillinger og fremvisning via XR-udstyr være en måde at præsentere produkter, der ellers er både økonomisk og klimamæssigt omkostningsfulde at transportere. Den samme type teknologi kan efterfølgende anvendes til servicering af produkter. Producenten kan potentielt fjerndiagnosticere et produkt via XR-udstyr som beskrevet i energifasnittet.

I tøjbranchen har nethandlen også i betydelig grad overtaget salget fra fysiske butikker, og det medfører en forbrugerudfordring ift. at prøve tøjet på. Denne udfordring løses i dag ved, at mange virksomheder

Metaverset der blev væk?

Flere af teknologierne i dette afsnit beskrives til tider med en samlet betegnelse som "metaverset"; et fremtidsscenario kendetegnet ved sammensmeltning af det digitale og det fysiske, hvor en langt større del af livet leves igennem digitale simulationer og opleves igennem XR-udstyr.²⁵ I denne digitale virkelighed optræder forbrugeren via sin digitale avatar og kan deltage i arbejds møder eller købe tøj uden at bevæge sig fysisk. I metaverset smelter computerspil sammen med det øvrige liv, da det hele i stigende grad udfolder sig i den samme digitale hverdag.

Hele metaverset er bygget op om kreative teknologier.²⁶ Metaverset konstrueres i spilmotorer, hvor selve den digitale verden skabes, og metaverset formidles til brugeren via virtual reality-headset og eventuelt haptiske dragter, der kan stimulere brugerens sanser. Metaverset forudsætter uanede mængder animationer og 3D-scanninger af produkter og objekter, som skal befolke den digitale verden.

Visionen for og hypen om metaverset har muligvis allerede toppet, da Facebook tog navneforandring til Meta i 2021 og investerede stort i udviklingen af XR-udstyr. Begrebets brug er allerede dalet, hvilket muligvis skyldes, at virksomhederne er ved at indse de enorme hardware- og softwareudfordringer forbundet med virkeliggørelsen af en altomfattende, digital realtidsoplevelse for milliarder af brugere. Meta har da også selv skruet ned for deres XR-investeringer. Det er derfor for tidligt at udråbe metaversets uundgåelighed såvel som dets død.

Tilbage står ikke desto mindre, at kreative teknologier vil spille en central rolle i den tiltagende digitalisering af forbrug, kommunikation og menneskeligt samvær i det hele taget.



Filmindustrien giver stemme til alle slags virksomheder

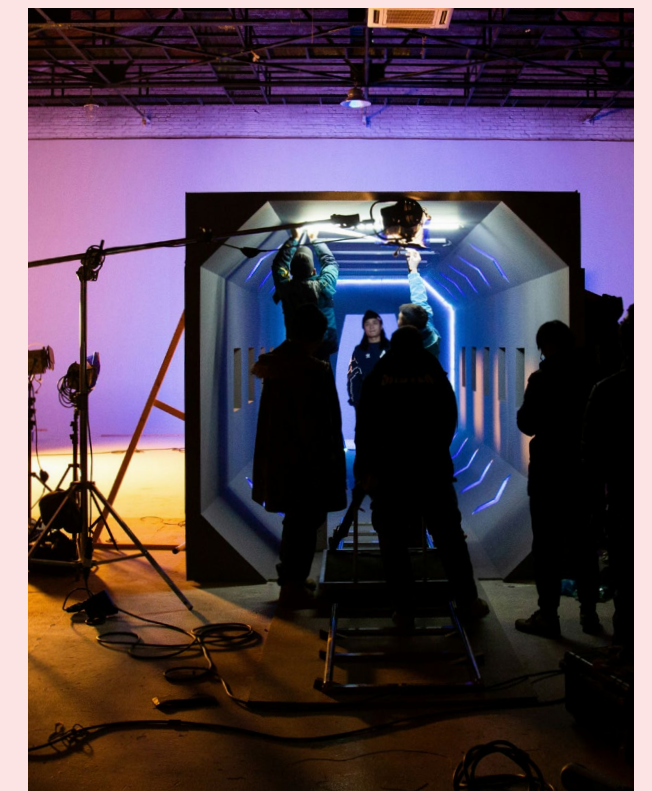
De danske film- og animationsvirksomheder er allerede i tæt samarbejde med det danske erhvervsliv i bredeste forstand. M2Film er et godt eksempel på dette.

M2Film leverer alt fra SoMe-indhold til animationsserier af filmlængde baseret på virksomheders IP og universer. De spiller derfor en vigtig rolle i at understøtte virksomhederne med at finde deres stemme og at blive hørt. Dette kan se ud på mange forskellige måder.

Filmindustrien har altid været en vigtig spiller, når det kommer til marketing. I dag foregår marketing dog på mange forskellige kanaler og med indhold af meget forskellig karakter. Her er især animation begyndt at vinde mere indpas i takt med udbredelsen af spilmotorer, der gør det hurtigere at producere animationsindhold til marketing, hvor deadlines ofte er stramme. Hos M2Film bruger de Unreal Engine til prævisualiseringer, hvilket tidligt i forløbet giver kunden et indtryk af, hvordan en animeret reklamefilm kunne se ud, og kunden bliver således inddraget igennem hele processen.

M2Film hjælper også danske virksomheder med deres interne kommunikation. Det kan f.eks. være til undervisning, videoer om virksomheden eller annonceringer. Her kan filmindustrien hjælpe virksomhederne til at kommunikere deres budskaber på skarpere og mere fængende vis, så det skaber større medarbejderengagement eller mere flydende onboarding.

Så selvom brug af filmteknologi og -selskaber ikke er noget nyt i det øvrige erhvervsliv, især ikke til marketing, udvider den teknologiske udvikling hele tiden film- og animationsbranchens mulighed for at skabe vækst i det øvrige erhvervsliv. Det handler ikke kun om at lave flottere reklamefilm, men også om at kunne skræddersy indhold til forskellige platforme og narrativer. Virksomhederne får dermed langt bedre muligheder for at præsentere deres produkter og sig selv, på den måde de ønsker, overfor både medarbejdere, forbrugere og den brede offentlighed.



tilbyder gratis forsendelse og returnering, og at store mængder tøj sendes både frem og tilbage. Dette er en omkostning for virksomhederne, der betaler fragten, men koster også forbrugeren tid, og medfører en klimamæssig ekstraregning i form af transport- og emballageomkostninger.

Kreative teknologier kan potentielt gøre det nemmere for forbrugeren at prøve tøj online, så der foretages færre fejlkøb, der skal returneres. Forbrugeren kan bru-

ge en online avatar, der kan prøve tøjet på, så det bliver som at se sig selv i spejlet. Data om tøjet kan være genereret via fotogrammetri, så det bliver så virkelighedstro som muligt for forbrugeren. Nogle virksomheder er allerede i gang med at udvikle denne type service,²⁴ men de nuværende løsninger baserer sig på, at man måler sig selv og laver en online avatar. Fremtiden byder måske på en enkel og hurtig 3D scanning af sig selv.

Undervisning og træning

Kreative teknologier kan også bidrage til uddannelsesområdet. XR-udstyr kan skabe spændende oplevelser for elever, der f.eks. gør historiefaget mere levende, ved at lade eleven gå en tur i en vikingelandsby. Som drøftet er potentialet særligt stort inden for de tekniske fag, hvor XR-undervisning gør det muligt for elever at prøve kræfter med dyrt, farligt eller på anden vis utilgængeligt teknisk udstyr. Digitale simuleringer kendes allerede fra piloter og astronauter, men i fremtiden kan tilgangen blive langt mere udbredt på tværs af fag.

XR-undervisning vil også være relevant i forbindelse med træning og oplæring i store virksomheder. Igennem XR kan deltagerne mødes og interagere med kolleger overalt i verden og få en interaktiv oplevelse med virksomhedens faciliteter på forskellige kontinenter, uden de ellers medfølgende rejseomkostninger. Dette kan både være i forbindelse med generel onboarding i globale virksomheder, men det kan også være specialiseret træning, hvor en specialist i et land underviser kolleger andre steder igennem XR-udstyr og evt. med brug af en digital tvilling.

Mere grundlæggende vil kendskab til gamification, der ofte anvendes i de kreative teknologier, kunne bruges til at skabe mere motiverende undervisning og træning for børn og voksne. Læring kan gøres mere engagerende

ved at introducere pointsystemer eller andre mekanikker fra spil. Denne tilgang er kendt fra appen Duolingo, hvor brugeren kan øve sig på fremmede sprog og løbende akkumulerer point for sin indsats. Det storhittende spil Minecraft har også etableret et helt brand, Minecraft Education, der skal engagere studerende i læring på tværs af platforme.

Virtuelle events og oplevelser

Det udstyr og den ekspertise, der anvendes til at lave film og tv, kan potentielt også anvendes til at skabe virtuelle events for virksomheder. Det kan være i forbindelse med produktlanceringer, direktørens hilsen til medarbejdere, debatarrangementer og virtuelle konferencer. Her kan man f.eks. tage nyere teknologier i brug, som virtuel produktion, til at skabe imponerende videomateriale.

Hele oplevelsesøkonomien er ligeledes i tiltagende grad ved at blive digitaliseret, hvilket blandt andet ses hos museerne, der i mange år har forsøgt at diversificere de medier, de formidler oplevelser til besøgende igennem. Bl.a. via fotogrammetri kan museer digitalisere deres samling og gøre den tilgængelig for flere. Videoer og VR-oplevelser på museerne har i årevis været en del af denne digitalisering, men i fremtiden vil den digitale oplevelse kunne suppleres med bl.a. generativ AI, der

gør det muligt for besøgende at tale med historiske personer og høre om deres hverdag, som var de NPC'er i et computerspil.

Den samme brug af kreative teknologier kan anvendes inden for turismeindustrien, hvor teknologierne kan skabe spændende interaktive oplevelser for turister, eller hvor generativ AI kan integreres i den digitalisere-

de formidling, så den kan overvinde sprogbarrierer. Man kunne også udvikle en mere generel AI-rejseledsager fodret med data om Danmark og diverse praktiske informationer til turister. Så har turisterne altid en guide, og evt. konsulær rådgiver ved hånden, der kan hjælpe med alt fra historieundervisning til programlægning af turen, praktisk info om kronekursen og beliggenheden på den relevante ambassade.

Visualiseringer hjælper børn med autisme

Klokvisuals har i samarbejde med specialpædagoger og Stenomuseet lavet en XR-oplevelse, der kan forberede børn med f.eks. autisme på, hvordan museet ser ud. Dette kan skabe tryghed forud for et besøg, idet barnet på forhånd ved, hvor der er toiletter, hvilke udstillinger der er, osv. Fordi børnene er forberedte og kender museet på forhånd, er det erfaringen, at flere børn kan deltage på turen, at turen derhen går lettere, og at børnene får mere

ud af besøget. Samtidig har børnene efter besøget mulighed for at genbesøge udstillinger, de gerne vil se igen.

Eksemplet her er også relevant udenfor museer og oplevelsesindustri, da samme logik og teknologi kan anvendes på andre lokaliteter, der kan være ukendte og dermed utrygge.



Kapitel 5

Innovationskort

Innovationen inden for kreative teknologier er i vækst. Indtil nu har vi primært beskæftiget os kvalitativt med den teknologiske udvikling, men det er også muligt at måle innovationen rent kvantitativt via patentdata. I det følgende præsenteres et innovationskort, der skildrer udviklingen inden for kreative teknologier – både som samlet teknologiområde og opdelt i de fire hovedkategorier: spil, animation, film og tv og XR. Vi analyserer hastigheden af den teknologiske udvikling samt identificerer centrale aktører og geografiske knudepunkter. Endelig vurderer vi Danmarks placering i den globale innovation, og om der er tale om en decideret dansk styrkeposition.

Formålet med innovationskortet er at tydeliggøre og kvantificere den teknologiske udvikling, som ellers kan være en kompleks størrelse. Udover at belyse den

tidligere udvikling retter kortet også blikket mod fremtiden ved at visualisere udviklingen over tid. Innovationskortet kan være en hjælp til aktørerne inden for et teknologiområde eller en branche, da det viser, hvor den teknologiske udvikling sker, hvilke virksomheder der går i front, og dermed hvor og hvem man bør holde øje med.

Patentansøgninger er ikke et perfekt mål for innovation. Der sker meget vigtig og kreativ innovation, der aldrig patenteres. Dette er især tilfældet inden for kreativ teknologi, hvor meget af innovationen netop handler om at gøre ting på en ny måde eller om intellektuel ejendom, snarere end at opfinde en konkret, patentérbar teknologi. Derfor vil antallet af patenter, der er søgt af virksomheder i den digitale visuelle industri, ofte være lavere, end i andre brancher, der er

mere orienteret mod håndfaste opfindelser. Ikke desto mindre giver en analyse af patenter et indtryk af, hvilke virksomheder der udvikler nye teknologier, som de regner for værdifulde nok til, at de vil bruge tid og penge på at søge patenter.

En beskrivelse af metoden bag innovationskortet kan findes i rapportens appendiks.

Kreative teknologier

Innovationen inden for de kreative teknologier (alle fire brancher) har som helhed været i vækst i perioden 2010-2021 (figur 4). Især fra 2016 tager udviklingen i patentansøgninger fart. Dette hænger sammen med, at især Kina begynder at røre mere på sig i takt med, at deres økonomi og prioritering af teknologiudvikling

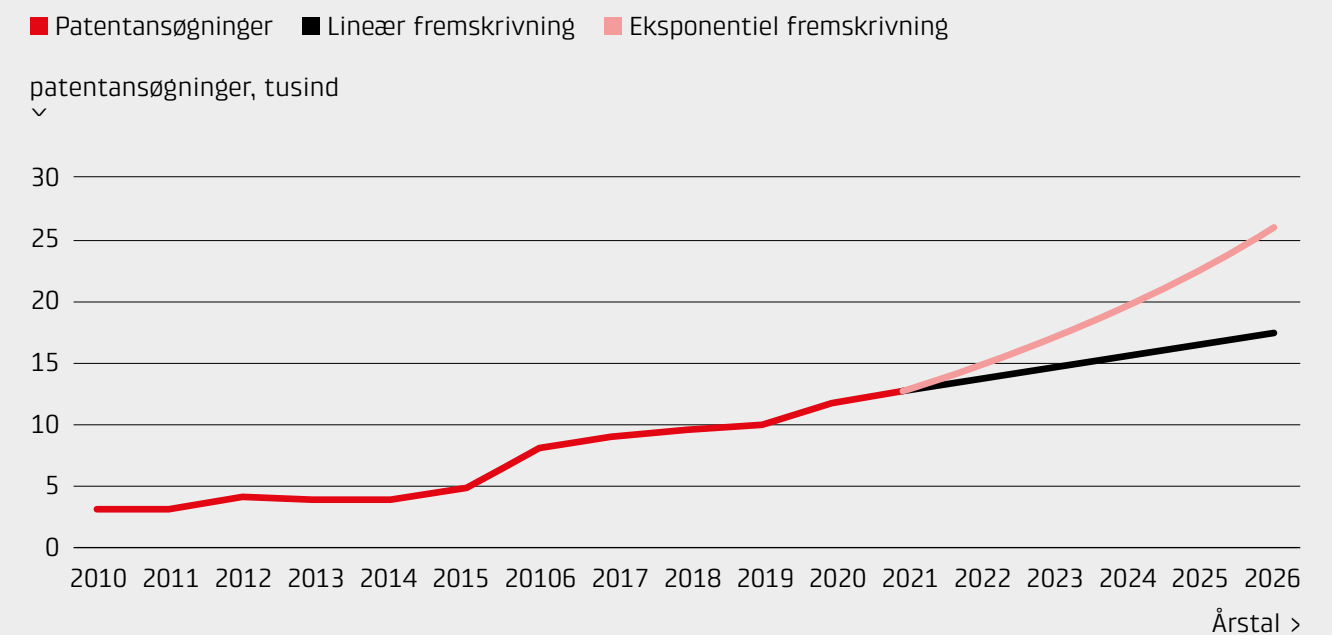
er i stor vækst i denne periode. Samlet set ser vi en stigning i patentansøgninger fra knap 3.000 om året i 2010 til omkring 12.600 om året i 2021, mere end en 4-dobling.

En lineær fremskrivning af data fra 2010 til 2021 forventer 17.300 ansøgte patenter i 2026; næsten en 6-dobling siden 2010. Fremskrives data derimod eksponentielt, forventes en stigning på ca. 15 % om året, hvilket resulterer i 25.813 ansøgte patenter om året i 2026, mere end en 8-dobling i forhold til 2010. Innovationen inden for kreative teknologier er altså i rivende global udvikling.

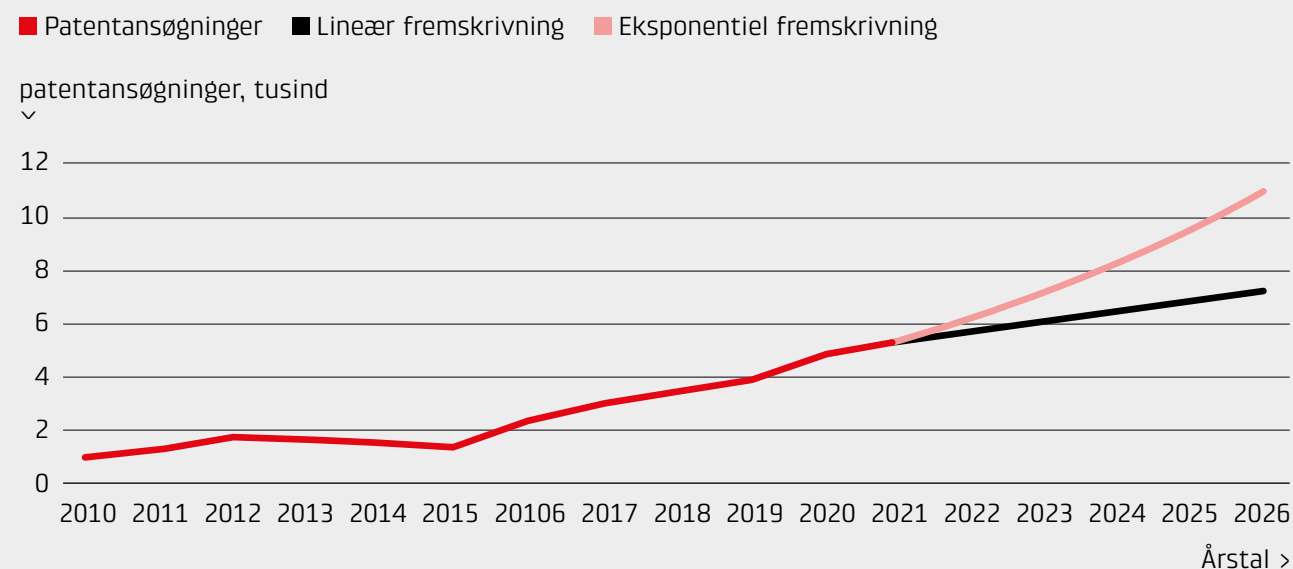
Ser man på de fire underkategorier spil, animation, film og tv og XR har alle teknologiområder været i vækst i perioden 2010-2021 omend i varierende grader og i forskellige perioder.



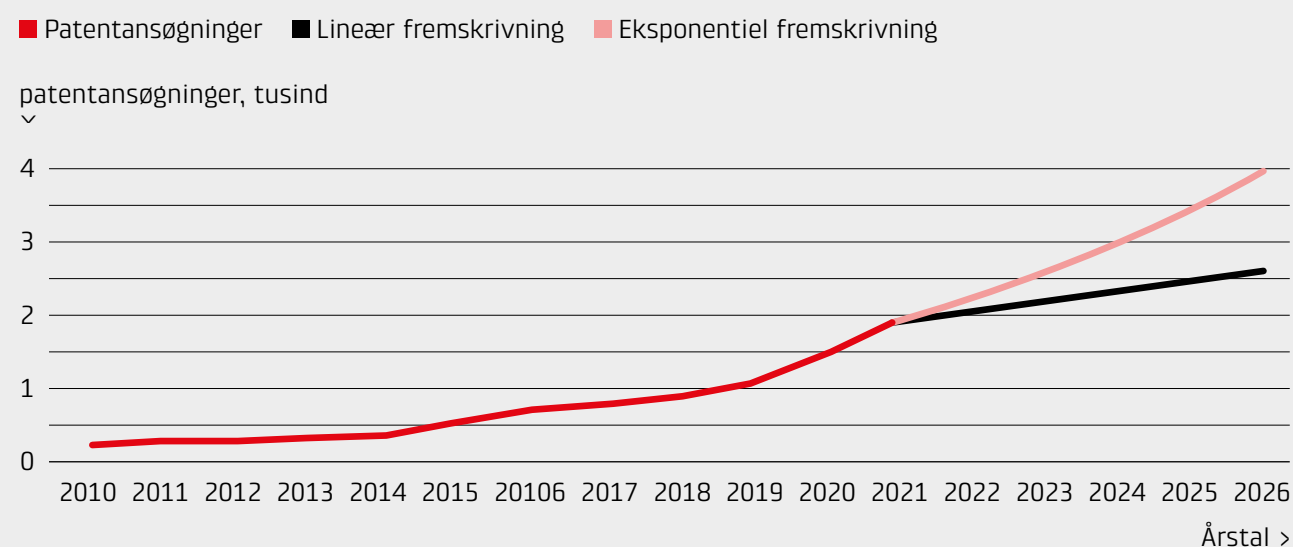
Figur 4. Patentansøgninger inden for kreative teknologier per år



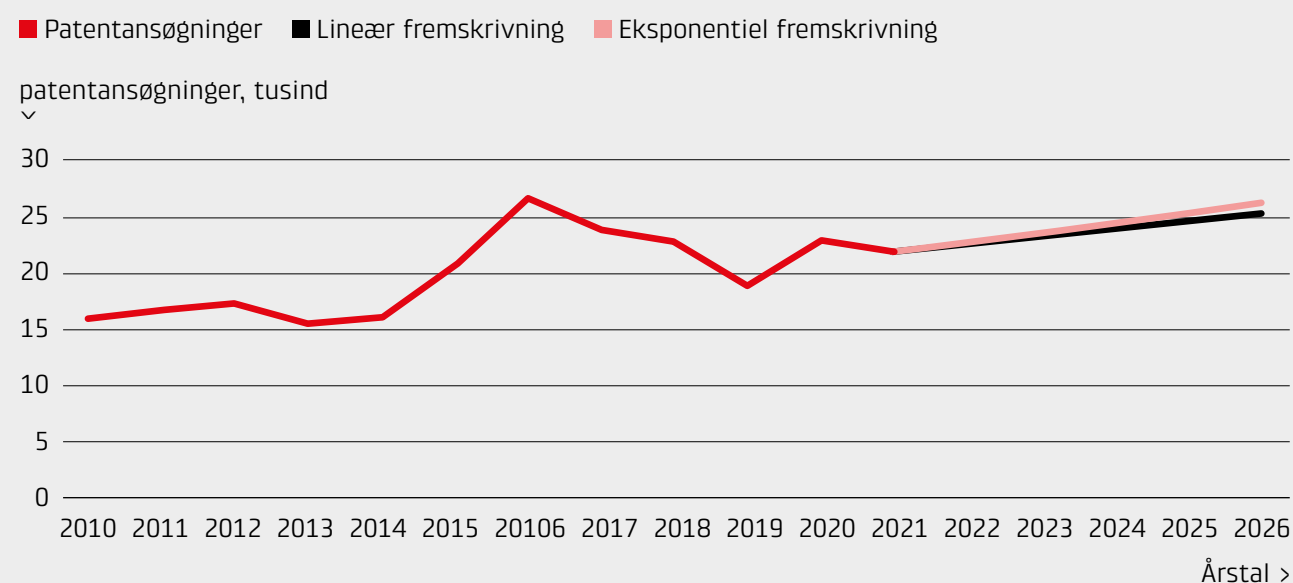
Figur 5. Patentansøgninger inden for spil per år



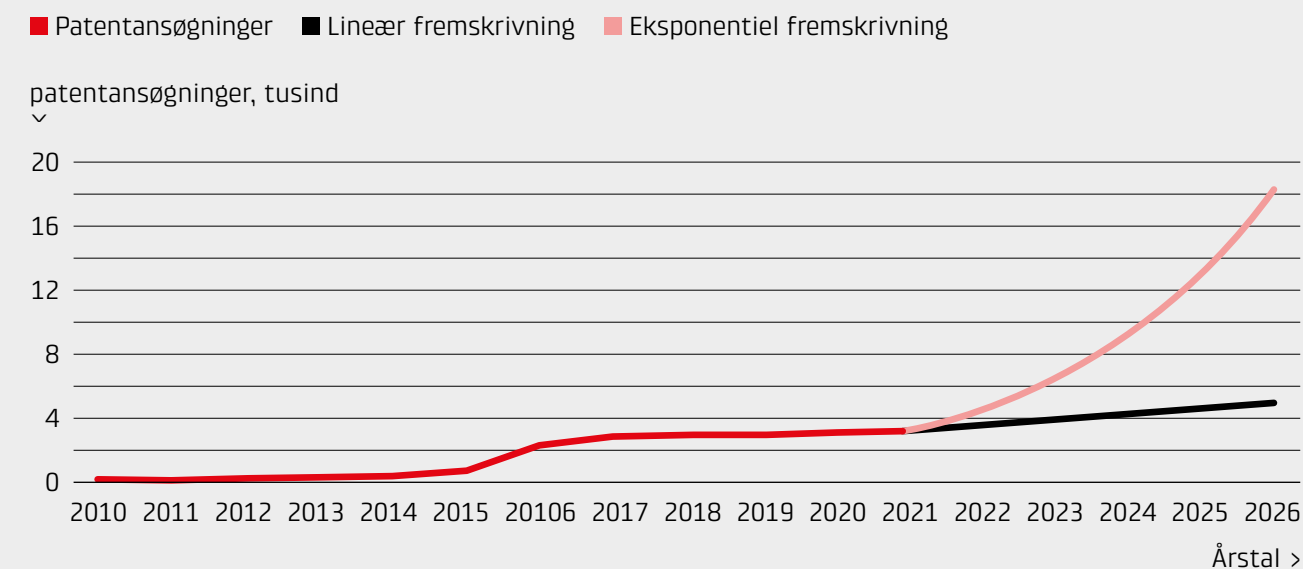
Figur 6. Patentansøgninger inden for animation per år



Figur 7. Patentansøgninger inden for film og tv per år



Figur 8. Patentansøgninger inden for XR per år



Spilområdet har samlet set været i vækst, selvom væksten især har fundet sted siden 2015, hvor antallet af patentansøgninger er mere end 3-doblet. Inden for spil forventes antallet af patentansøgninger pr. år at overstige 7.000 i 2026 ud fra en lineær forventning. Det er en årlig vækst i patentansøgninger på ca. 10 % i perioden 2021-2026. Hvis udviklingen derimod er eksponentiel, vil der i 2026 blive ansøgt ca. 11.000 patenter; næsten en fordobling siden 2021.

Animationsområdet har set en lignende vækst igennem hele perioden, men her er især sket en acceleration mellem 2019 og 2021, hvor antallet af ansøgte patenter fordobledes. En lineær fremskrivning forudsiger, at antallet af animationspatentansøgninger vil nå 2.600 i 2026, hvilket udgør en årlig stigning på ca. 7 % i perioden 2021-2026. En eksponentiel vækst vil derimod bringe antallet op på næsten 7.000 patentansøgninger i 2026; en vækst på mere end 300 % i forhold til 2021.

For film og tv har der både været perioder med acceleration (2015-2016) og deceleration (2017-2019), og det årlige antal patentansøgninger er vokset med ca. 38 % for hele perioden 2010-2021. Selvom fremskrivninger også forudsiger en positiv innovationstendens i film og tv-industrien, er væksten relativt beskeden sammenlignet med de andre tre teknologiområder. En lineær og en eksponentiel fremskrivning af data forudsiger næsten samme årlige vækst på ca. 3-4 %, hvilket resulterer i ca. 2.500-2.600 nye patentansøgninger i 2026.

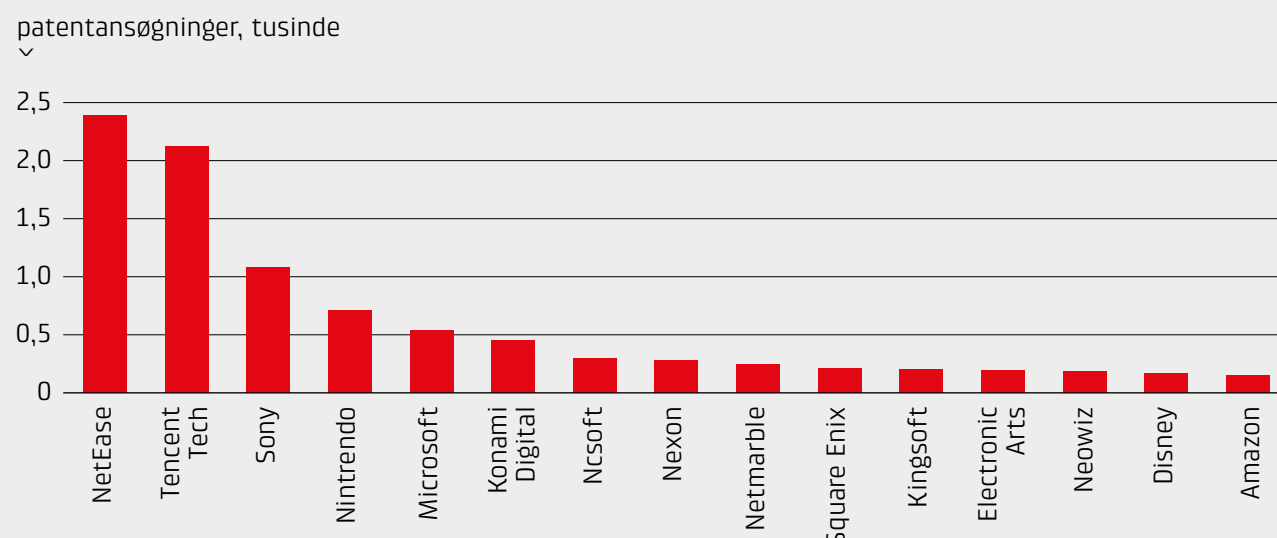
På XR-området tog innovationen et kvantespring fra 2015 til 2016, hvor området gik fra at have kun 683 ansøgte patenter til 2.280 på blot et år; næsten en 4-dobling, og året efter steg antallet med yderligere 23 %. I perioden både før 2015 og efter 2017 var væksten dog relativt beskeden. En lineær fremskrivning af XR-området forventer ca. 4.900 nye patentansøgninger i 2026, en samlet vækst på ca. 55 % siden 2021. En eksponentiel fremskrivning forventer derimod ca. 18.000 patentansøgninger i 2026, en vækst på næsten 500 % i forhold til 2021. Denne prognose er dog formentligt den mest usikre af de fire, da den er baseret på relativt få år med eksplosiv vækst fremfor en mere generel tendens i perioden.

De førende virksomheder

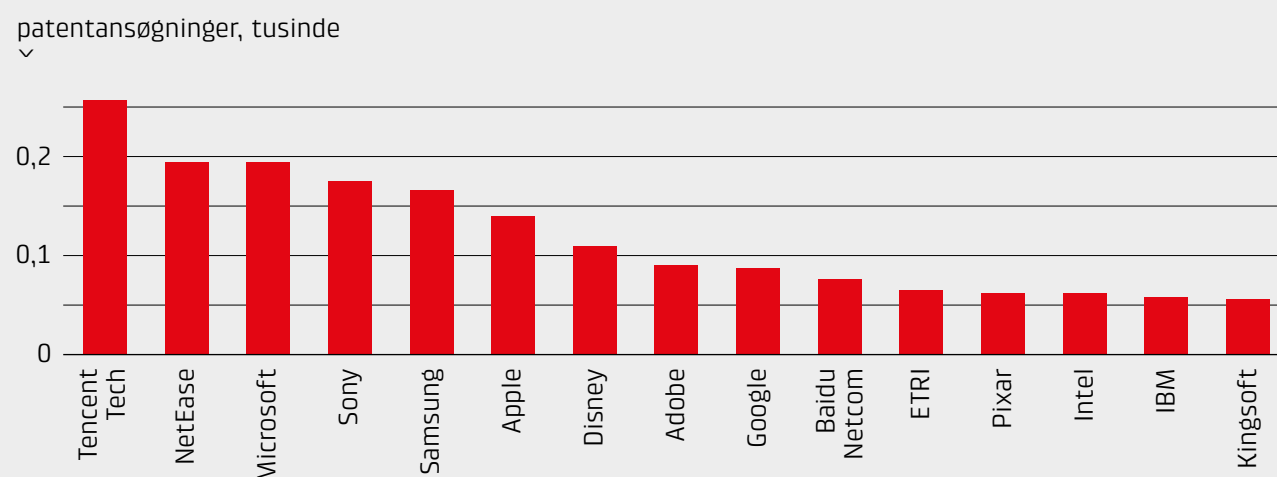
De 15 mest patentsøgende virksomheder inden for de fire teknologiområder i perioden 2010-2021 fremgår af figurerne 9-12. Her ser vi både store teknologivirksomheder med en bred portefølje af produkter, som Sony, Microsoft og Tencent, men vi ser også flere virksomheder med et mere specifikt teknologisk fokus. Både Sony og Tencent Tech er i top-15 inden for alle fire teknologiområder.

Ser vi på de specialiserede virksomheder inden for en bestemt teknologi, er der mere variation. Inden for spiludvikling er det virksomheder som Nintendo, NetEase og Electronic Arts. Inden for animation figurerer f.eks.

Figur 9. De mest patentsøgende virksomheder inden for spil, 2010-2021



Figur 10. De mest patentsøgende virksomheder inden for animation, 2010-2021



Disney og Pixar, mens film og tv domineres af virksomheder som Canon, Panasonic og LG. For XR dominerer primært teknologivirksomheder, hvor XR udgør en mindre del af porteføljen af produkter, som Microsoft, Samsung, Meta og LG, men vi ser også enkelte virksomheder, hvor XR udgør en stor del af deres arbejde, som Magic Leap og Snap.

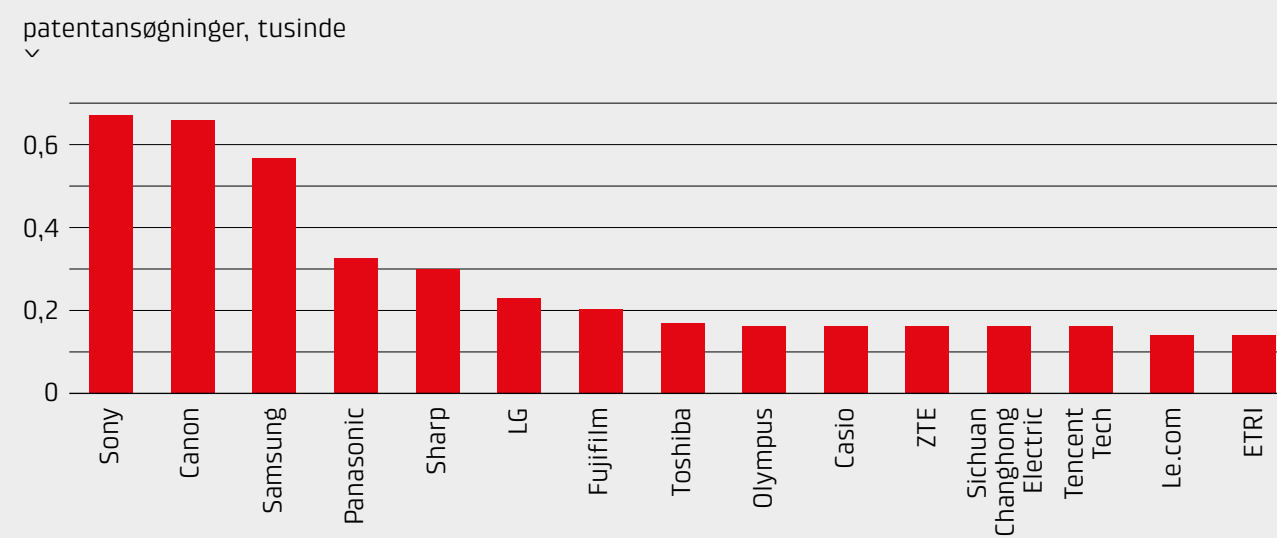
Inden for spil og animation sidder kinesiske og japanske virksomheder på en stor del af innovationsaktiviteten i perioden 2010-2021. De to absolut mest patentsøgende virksomheder for begge teknologiområder er kinesiske NetEase og Tencent Tech. Inden for spil efterfølges de kinesiske giganter af japanske Sony og Nintendo, og længere nede på listen finder vi Konami Digital og Square Enix. For animati-

on er hele 7 ud af 10 af animationsvirksomhederne på listen fra USA.

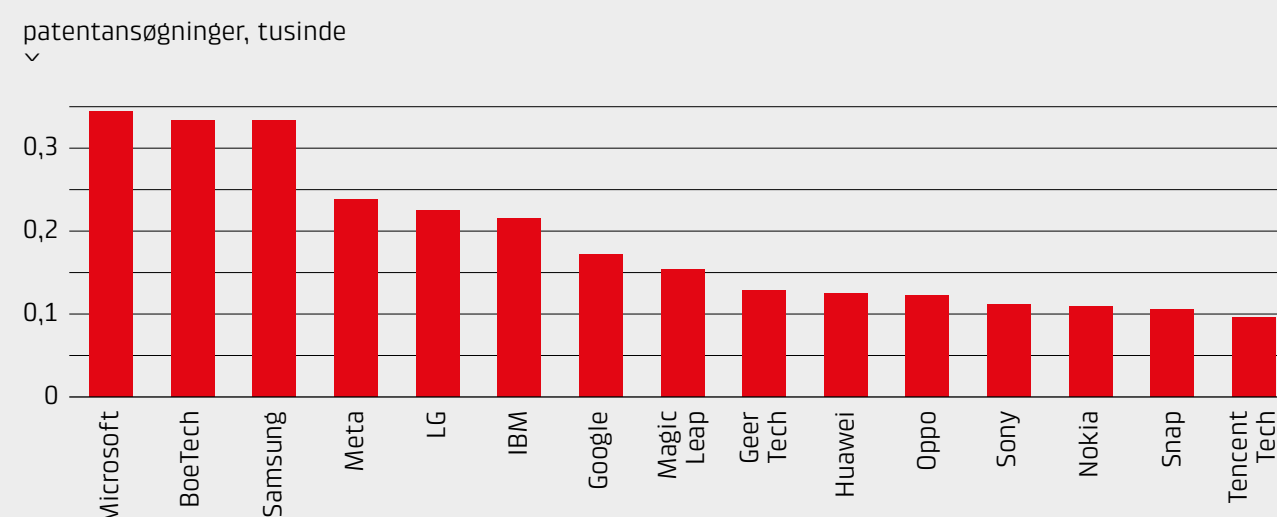
For film og tv sidder japanske virksomheder på en stor del af innovationsaktiviteten i 2010-2021. De to mest patentsøgende virksomheder er japanske Sony og Canon. De efterfølges af sydkoreanske Samsung. Herefter består listen af yderligere seks japanske virksomheder: Panasonic, Sharp, Fujifilm, Toshiba, Olympus og Casio. Der er fire kinesiske virksomheder: ZTE, Sichuan Changhong Electric, Tencent Tech og Le.com. Sydkorea repræsenteres af tre virksomheder: Samsung på 3. pladsen samt LG og ETRI.

Inden for XR domineres innovationsaktiviteten af kinesiske og amerikanske virksomheder, selvom

Figur 11. De mest patentsøgende virksomheder inden for film og tv, 2010-2021



Figur 12. De mest patentsøgende virksomheder inden for XR, 2010-2021



sydkoreanske Samsung også er at finde blandt de mest innovative virksomheder. Foruden Microsoft på førstepladsen, tæller listen amerikanske Meta, IBM, Google, Magic Leap og Snap. Af kinesiske virksomheder tæller listen Boe Tech, Geer Tech, Huawei, Oppo og Tencent Tech.

Den geografiske fordeling

I perioden 2010-2021 sker der en bemærkelsesværdig geografisk udvikling i patentansøgninger inden for alle fire teknologiområder. I første del af perioden (2010-2015) dominerer USA og Sydkorea inden for alle fire teknologiområder, mens Japan også er med som en stor spiller inden for spil samt film og tv. Men efter 2015

forvandles billedet helt med Kinas indtog i innovationsudviklingen. Kinas andel af ansøgte patenter stiger fra mellem 0 % og 7 % i 2010 afhængigt af teknologiområdet til mellem 48 % og 61 % i 2021.

Ser man på perioden 2010-2021 samlet er det også Kina, der totalt har søgt om flest patenter inden for alle fire teknologiområder. Inden for spil har kinesiske virksomheder og organisationer søgt 12.436 patenter, inden for animation 3.629 patenter, inden for film og tv 9.141 patenter og inden for XR 9.150 patenter.

Efter Kina kæmper USA, Japan og Sydkorea om 2., 3. og 4. pladserne. USA er dog forrest blandt de tre med en 2. plads inden for alle teknologiområderne på nær XR, hvor de indtager en 4. plads.

Kinas digitale visuelle industri

Kinas økonomiske udvikling og digitalisering har forvandlet den globale industri for kreative teknologier. Udviklingen hænger tæt sammen med væksten i Kinas middelklasse, der efterspørger underholdning.²⁷

Specifikt er Kinas spilmarked i rivende udvikling, og kineserne var i 2014 den befolkning, der spillede mest digitalt.²⁸ Det er især en række globalt populære spil som PUBG Mobile, Arena of Valour, Piano Tiles og Mobile Legends: Bang Bang, der satte Kina i en prominent position på spilmarkedet.

Kinas animationsindustri har historisk set stået i skyggen af Hollywood og japansk anime. Dette er dog ved at ændre sig, med titler som Quanzhi Fashi, Monkey King: Hero is Back og Big Fish.

Inden for film og tv gør Kina også sit indtog. Filmindustriens omsætning forventes at vokse med 9,7 %

årligt.²⁹ I 2023 voksede antallet af solgte biografbilletter med 83 % i Kina, og de 10 film, der omsatte for mest, var alle kinesisk produceret. Her er det titler som Full River Red og The Wandering Earth 2, der topper listen.³⁰

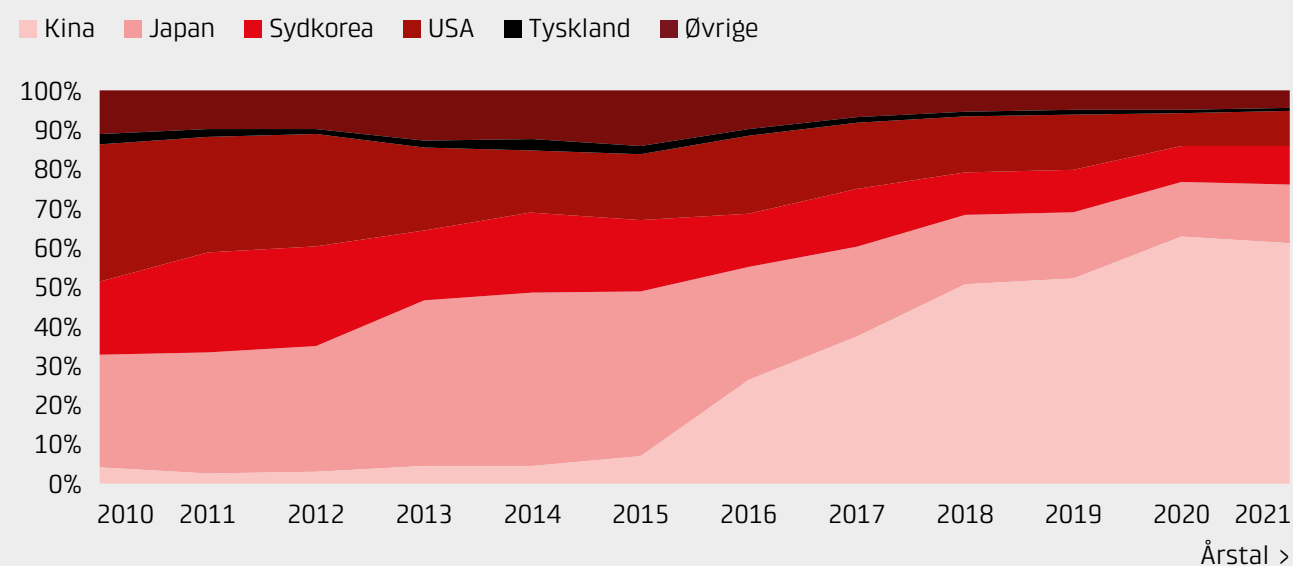


Inden for XR kan Kinas udvikling forklares med, at der bliver investeret massivt i XR-teknologi – både statsligt og på det private marked. XR-industrien i Kina oplever den største procentvise investeringsvækst i øjeblikket med en vækstrate på 544 %.³¹ XR er også en del af Kinas femårige nationale plan om at bygge "Digital China" i perioden 2021-2025.

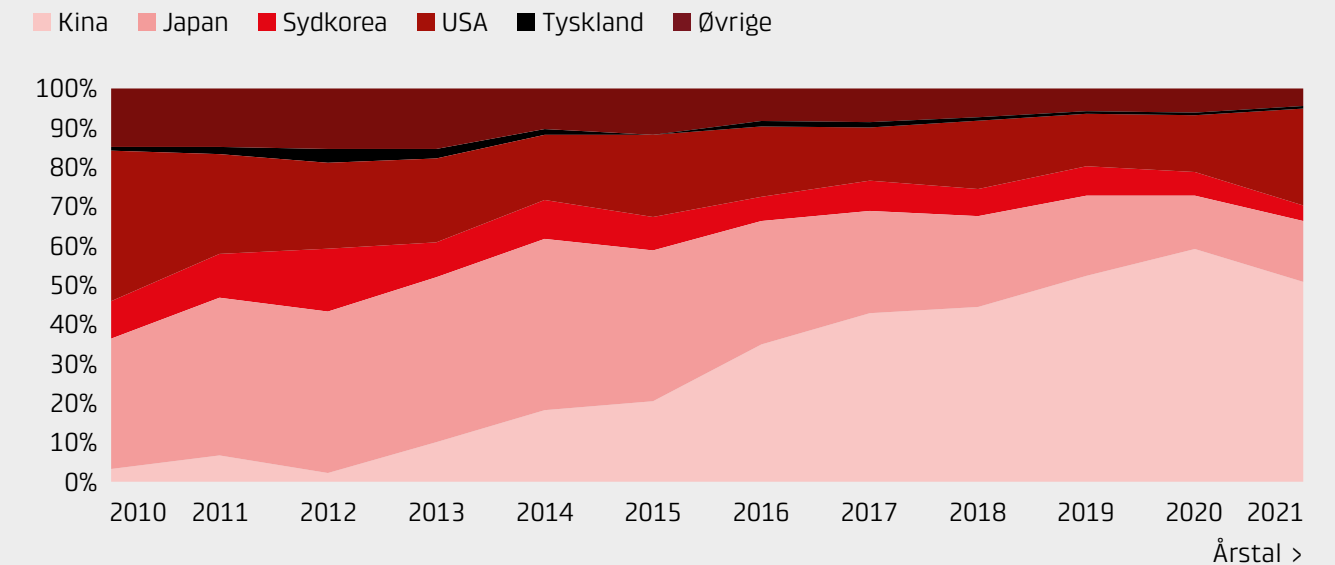
Alle teknologiområder bærer også præg af, at der et stort gab imellem aktivitetsniveauet blandt de førende lande – Kina, USA, Japan og Sydkorea – og resten. Kigger vi på kategorien "Øvrige" er deres andel også blevet mindre over tid på alle teknologiområderne. Denne

kategori består primært af europæiske lande. Vi kan derfor konkludere, at den patenterede innovation inden for de kreative teknologier i meget høj grad drives af nogle få lande.

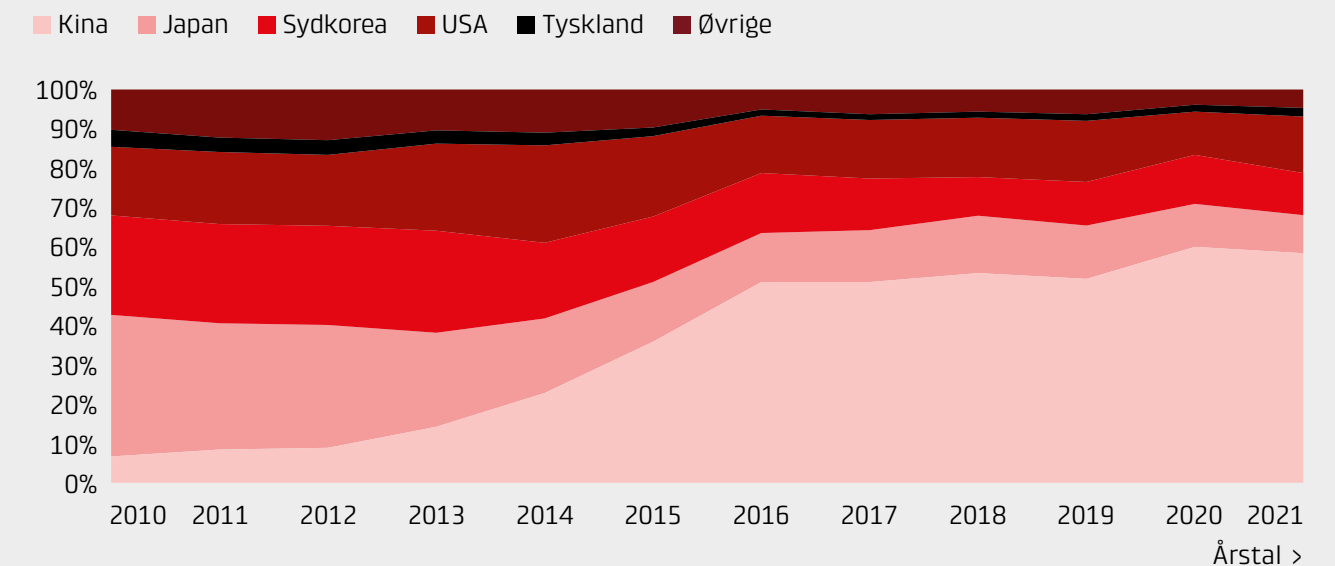
Figur 13. Patentansøgninger fordelt på de førende lande inden for spil



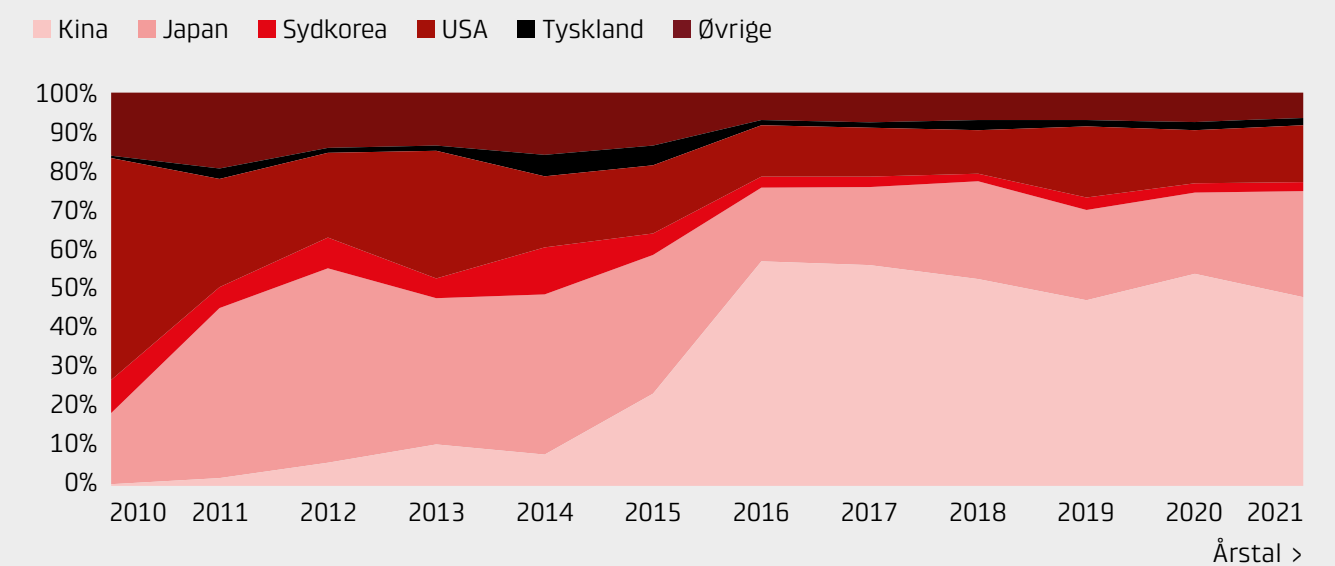
Figur 14. Patentansøgninger fordelt på de førende lande inden for animation



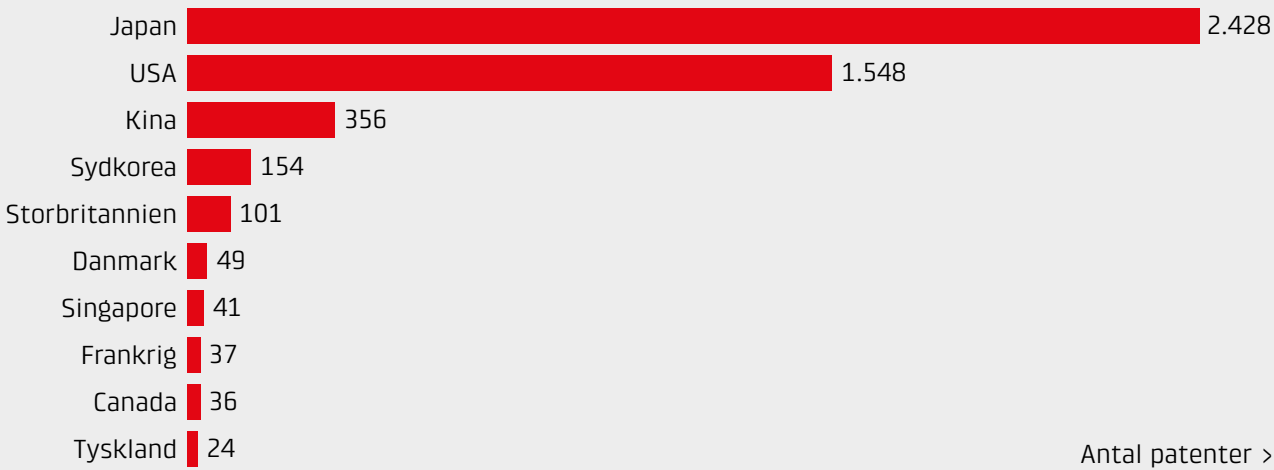
Figur 15. Patentansøgninger fordelt på de førende lande inden for film og tv



Figur 16. Patentansøgninger fordelt på de førende lande inden for XR



Figur 17. Patentansøgninger inden for spil med en anslået værdi over 300.000 USD fordelt på de førende lande, 2010-2021



Antal patenter >

Fordelingen af den mest værdifulde innovation

Indtil nu har vi i analysen regnet alle patenter for lige værdifulde. Der kan dog være stor forskel på, hvor betydningsfuldt et patent er, og derfor hvor stor en værdi et patent kan tilskrives. Patentdatabasen PatSnap, som har leveret data til denne analyse, bruger en algoritme til at vurdere patenter og patentansøgningers værdi på baggrund af en række indikatorer, heriblandt om paten- tet er blevet bevilliget eller ej, om det snart udløber, om det citeres hyppigt, og om det har ført til licenser. PatSnap sammenregner og vægter disse og andre indi- katorer til et mål for patenters anslåede værdi, hvilket kan bruges til at sondre mellem de mest værdifulde og de mindre værdifulde patenter.³²

Kigger vi derfor på patenter med en anslået værdi på over 300.000 USD tegner sig et noget andet billede, end vi hidtil har set. Inden for alle fire teknologiområder mister Kina pladsen som det samlet set mest patent- søgende land og ryger ned på enten en 2. eller 3. plads overhalet af USA og Japan. Spændet mellem antallet af værdifulde patenter bliver også stort. For eksempel har Kina inden for spil kun 356 værdifulde patenter, mens Japan kan bryste sig af 2.428 patenter og USA af 1.548 patenter. Denne tendens gør sig i højere eller mindre grad også gældende inden for de andre teknologiområ- der. Der er med andre ord stor forskel på kvantitet og kvalitet for innovationen i de kreative teknologier.

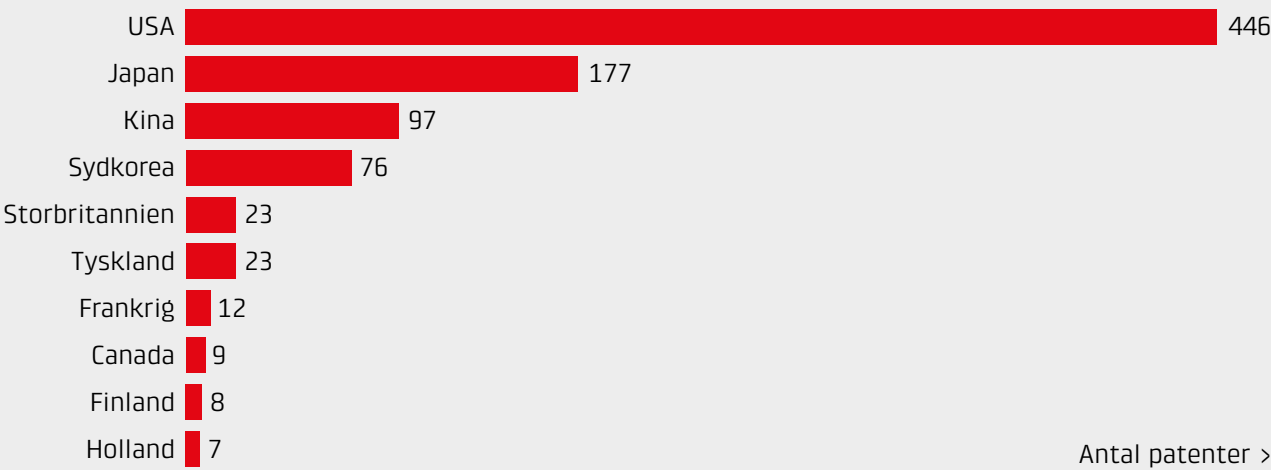
Det er værd at bemærke, at Sydkorea også har bety- deligt færre værdifulde patenter end Japan og USA, på trods af at Sydkorea er foran Japan inden for spil og foran både USA og Japan inden for XR, når der ikke tages højde for patentværdi. Derfor kan samme konklu- sion drages om forskellen på kvantitet og kvalitet ift. sydkoreansk innovation, der øjensynligt minder mere om den kinesiske end den japanske.

Det er også værd at bemærke, at Danmark er det sjette mest patentsøgende land inden for spilområdet, når kun værdifulde patenter medregnes. Dette er impone- rende i forhold til det relativt lille danske marked.

Vi kan på baggrund af data konstatere, at de værdiful- de og stærke innovationer inden for spil primært finder sted i Japan og USA. På globalt plan er de mest købte spil da også amerikanske og japanske, og de inklude- rer titler som Grandt Theft Auto V, Tetris, Wii Sports, Pokémon og Super Mario Bros.³³ Innovationen inden for animation finder primært sted i USA, hvilket også afspejles i store animationsvirksomheder som Dis- ney og Pixar. Også inden for XR står USA for den mest værdifulde innovation. Japan er derimod førende inden for film og tv, når der tages højde for patenters værdi. Dette understreger bl.a. japanske kameraproducenters store succes.

Ovenstående indikerer, at man i fremtiden bør skele til USA og Japan ift. de nyeste udviklinger inden for

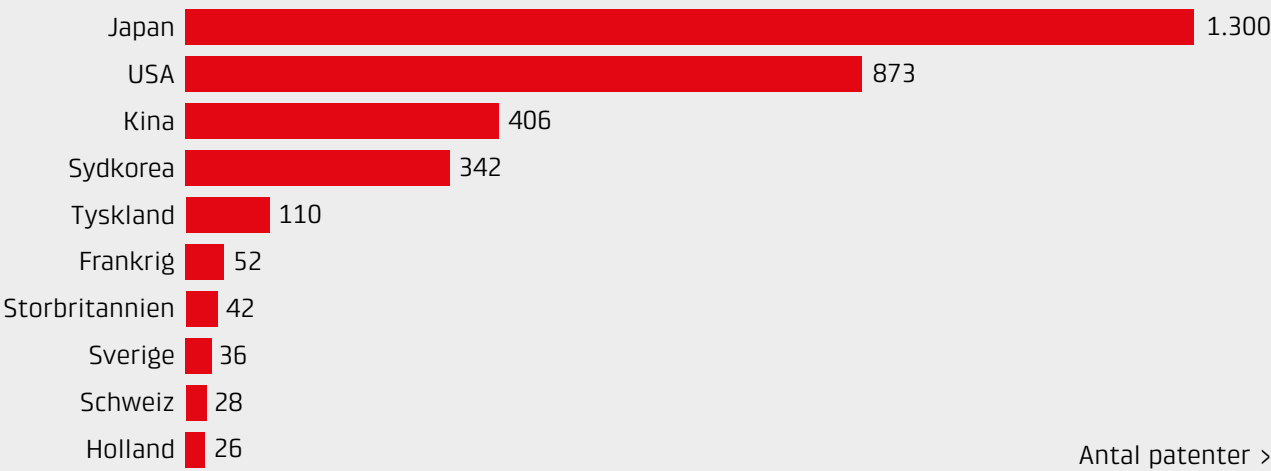
Figur 18. Patentansøgninger inden for animation med en anslået værdi over 300.000 USD fordelt på de førende lande, 2010-2021



Antal patenter >

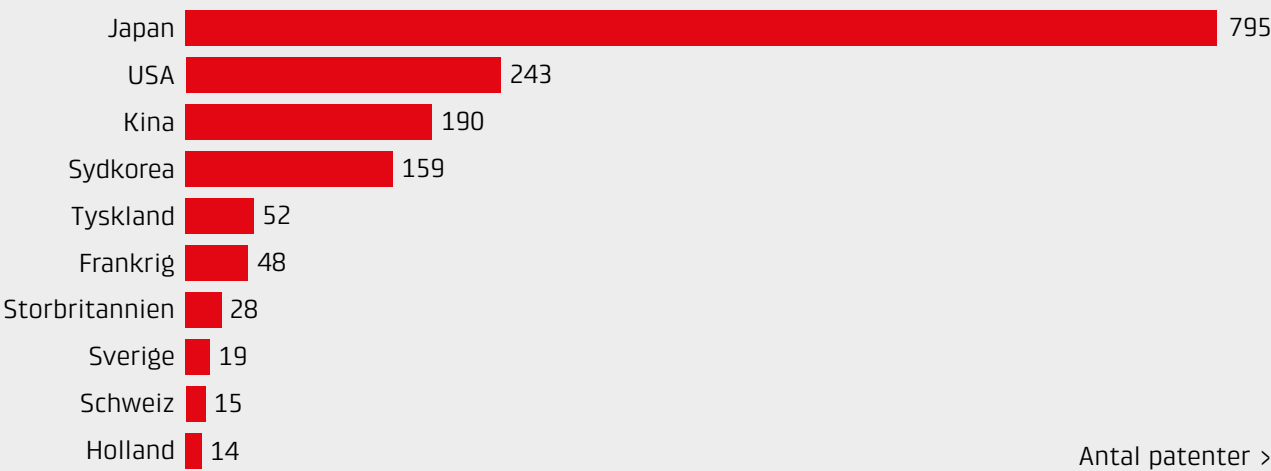
Note: Cayman Islands fjernet fra oversigten.

Figur 19. Patentansøgninger inden for film og tv med en anslået værdi over 300.000 USD fordelt på de førende lande, 2010-2021



Antal patenter >

Figur 20. Patentansøgninger inden for XR med en anslået værdi over 300.000 USD fordelt på de førende lande, 2010-2021



Antal patenter >

kreativ teknologi, da mange af de centrale innovationer sker her. Der er derfor også god grund til at holde øje med det amerikanske og japanske marked, og hvordan de kreative teknologier implementeres på tværs af andre industrier. Kinas udvikling vil sandsynligvis fortsætte og med årene kaste flere værdifulde patenter af sig. Der er derfor også god grund til at holde øje med det kinesiske marked.

Er spil en dansk styrkeposition?

Blandt de fire grene af kreativ teknologi finder vi Danmark på top-10 listen over de mest innovative lande inden for spilteknologi, når der tages højde for patentansøgningers værdi. Det er derfor værd at spørge, om spil reelt er en international styrkeposition for Danmark?

Tabel 1 viser alle danske virksomheder, der har søgt mere end ét patent relateret til spil. Listen består primært af spiludviklende virksomheder, men øverst finder vi SteelSeries, der producerer tilbehør til spil som mus, headsets, tastaturer og højttalere. LEGO har også søgt hele 30 spilrelaterede patenter og er dermed den næstmest innovative spilvirksomhed i Danmark målt på patentansøgninger.

I figur 21 kan man se Danmarks andel af globale spilpatenter både for alle patenter (farvet rød) og for paten-

ter, der vurderes som værdifulde (med en værdi over 300.000 USD) (farvet blå). Søjlerne viser forholdet år for år, og kurverne viser tendensen på tværs af årene.

I 2021 udgjorde Danmarks andel af akkumulerede værdifulde patenter knap 1 % af globale patenter. Dette er meget givet, at Danmarks økonomi i 2021 kun udgjorde ca. 4 promille af den samlede globale økonomi.

Danmark tager også markedsandele i den globale innovation i perioden, både samlet set og blandt de værdifulde patenter. Akkumuleret går Danmark fra ca. 0,2 % af alle patentansøgninger i 2010 og 0,09 % i 2011 til ca. 0,3 % i 2021. Det kan synes af lidt, men der er reelt tale om en vækst i markedsandele på 50 % eller mere end 200 %, alt efter om man sammenligner med 2010 eller 2011. Blandt de værdifulde patenter er den akkumulerede markedsvækst ligeledes på 60 % eller ca. 420 %, alt efter hvilket år man sammenligner med. Selvom den danske markedsandel af den globale innovation altså stadig er ydmyg, er den vokset betydeligt siden 2010.

Danmark er for lille et land til at dominere et globalt teknologiområde som spil. Alligevel er Danmark i den globale top, når det kommer til udtagning af værdifulde patenter relateret til spil, og den globale andel af patenter, der kommer fra danske ansøgere, er vokset igennem perioden 2010 til 2021. Danmark står derfor stærkt inden for spilområdet, og danske virk-

Tabel 1. De mest patentsøgende virksomheder inden for spil i Danmark, 2010-2021

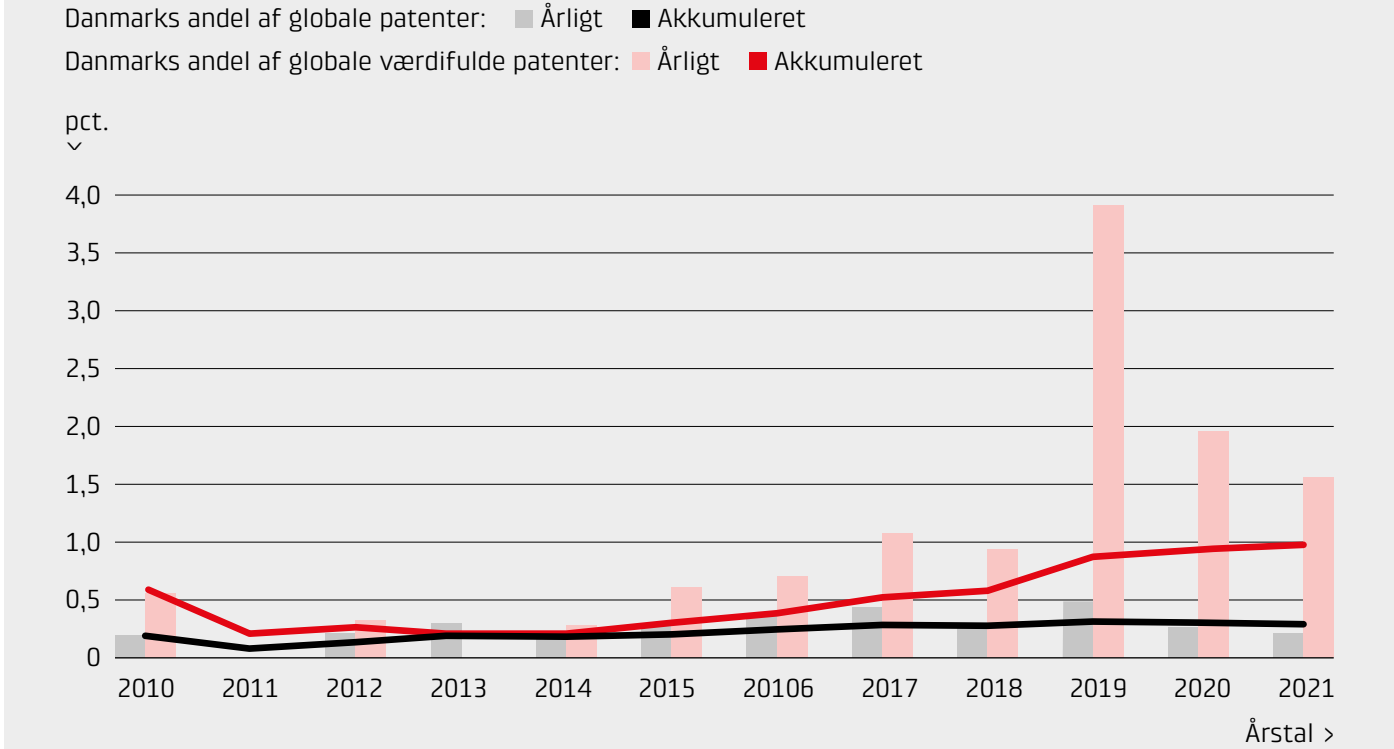
Virksomhed	Produkter	Patenter
SteelSeries	Gaming tilbehør	47
LEGO	LEGO Spil	30
Unity Technologies	Spilmaskine og VR-indhold	25
modl.ai	AI test maskine	7
IO Interactive	Spil (f.eks. Hitman)	3
Asetek	Kølesystemer og gaming tilbehør	3
Bright Star Studios	Spil (f.eks. Ember Sword)	2
KOMPAN	Legepladser (patenter består af digitalt indhold til legepladser)	2

somheder bliver stadig vigtigere inden for den globale spilinnovation.

Til sammenligning udgør hverken animation, XR eller film og tv en styrkeposition i Danmark, når der tælles patentansøgninger. I perioden 2010-2021 er der kun søgt 10 animationsrelaterede patenter i Danmark, hvoraf 6 er ansøgt af virksomheden Unity. Der er søgt 12 patenter inden for film og tv, men her har ingen virksomheder søgt mere end ét patent. Og for XR er der kun søgt 29 patenter i Danmark, hvoraf 10 også er søgt af virksomheden Unity. Danmark står en smule stærkere, når man kun kigger på værdifulde patenter, men det er stadig ikke nok til at bringe danske virksomheder i front.



Figur 21. Danmarks andel af globale patenter inden for spil, årligt og akkumuleret



Kapitel 6

Konklusion

Kreative teknologier er et område i vækst, og virksomhederne i den digitale visuelle industri har gode forudsætninger for at bruge disse teknologier til at skabe nye typer produkter og ydelser på velkendte såvel som nye markeder.

Virksomheder med kendskab til f.eks. spilmotorer har unikke forudsætninger for at understøtte den generelle digitalisering af erhvervslivet, implementeringen af digitale tvillinger, automatisering, generativ AI, bedre dataanvendelse – og meget andet. Disse og andre teknologier kan til gengæld være med til at styrke virksomhedernes effektivitet og reducere ressourceforbrug – til gavn for både bundlinje og de grønne regnskaber.

De kreative teknologier knytter bånd mellem det danske erhvervsliv og de innovative miljøer omkring de store techgiganter, og er dermed med til at sætte retning for og forme den teknologiske udvikling, der i høj grad drives af investeringer fra virksomheder som Microsoft, Alphabet, Apple og Meta. Der er via de kreative teknologier meget af denne teknologiske innovation når danskerne og de danske virksomheder.

XR-teknologierne udgør på mange måder det led, der binder de digitale tvillinger og 3D-scanninger sammen med de audiovisuelle oplevelser for brugeren, der kan skabe konkret værdi i både salg, servicering, træning og på andre områder. XR-området er da også den af de fire kreative teknologier, der i dag har størst fokus på andre brancher og dermed størst erfaring med at formidle værdien af kreative teknologier til andre sektorer.

Forbedringer i 3D-scanningsteknologi, i form af motion capture, fotogrammetri og volumetric capture, skaber større filmoplevelser og understøtter bevægelsen imod metaverset, også selvom dette kun realiseres i brudstykker og ikke som en samlet digitaliseret verden. Uanset om det er til online tøjsalg, digitale museumsbesøg eller digital diagnosticering af 3D-scannede



patienter leverer de nye teknologier input til en stadig mere digitaliseret verden.

Demokratisering er et nøgleord på tværs af flere af teknologierne. Både spilmotorer, motion capture og AI bliver konstant billigere og mere brugervenligt, og det gør det nemmere for virksomheder at prøve kræfter med teknologierne. Det hæver det teknologiske niveau, og giver især mindre virksomheder mulighed for også at være med.

Danmark har samlet set et godt udgangspunkt for at få stor værdi ud af den teknologiske udvikling inden for kreative teknologier, især inden for spilteknologi. Dansk viden, erfaring og kompetencer kan bruges til at skabe nye og innovative produkter inden for spilbranchen, men det kan også bringes i spil i det øvrige erhvervsliv til at skabe vækst og understøtte virksomhedernes grønne omstilling.

I takt med at de kreative teknologier spiller mere og mere sammen, typisk med spilmotorer som samlende platform, vil den digitale visuelle industri og dens medarbejdere besidde kompetencer, der er stadig mere bredt anvendelige i erhvervslivet og på tværs af industrien.

Appendix

Datagrundlag for innovationskort

Innovationskortet i kapitel 5 bygger på data fra patentregistreringer. Ved hjælp af databasen PatSnap, der indeholder data om alle patenter, der er mindst 18 måneder gamle (hvoraf der er mere end 130 millioner), har vi identificeret relevante patenter og analyseret dem. Identifikationen af de relevante patenter blev udført ved at udvælge patentkoder relateret til kreative teknologier (CPC-koder) og derefter indsamle alle patenter, der anvender disse koder.

Søgningen inkluderede yderligere to selektionskriterier. For det første skulle et patent være ansøgt i perioden fra 2010 til 2021. Dette blev gjort for at fjerne ældre data og for at undlade at inkludere patentansøgninger lavet efter 2021, hvor datasættet ikke er komplet. Denne søgemetode resulterede i identificering af 47.983 patentfamilier for spil (i alt 156.897 patenter), 13.984 patentfamilier for animation (i alt 41.320 patenter), 62.711 patentfamilier for film og tv (i alt 172.334 patenter) og 26.633 patentfamilier for XR (i alt 57.382 patenter).

Når en idé patenteres, kan dette ske i flere forskellige lande samtidig. Dette medfører, at der opstår flere patenter, udstedt af forskellige myndigheder, der tilsammen udgør en enkelt patentfamilie. Når en person tager patent på den samme idé i fem forskellige lande, tager denne teknisk set fem separate patenter. Fordi de fem patenter omhandler samme idé, kan de fælles betegnes som en patentfamilie. For at forenkle analysen anvender vi patentfamilier som enhed, men omtaler dem som patenter.

Litteratur

- ¹ Creative Industries Council (n.d.). CreaTech. www.thecreativeindustries.co.uk/createch
- ² PEC. Siepel, J., Bakhshi, H., Bloom, M., Valez Ospinal, J., (2022). Understanding Createch R&D. pec.ac.uk/assets/images/PEC-Understanding-Createch-RD-December-2022.pdf
- ³ Department of Culture, Media & Sport (2023). Research and analysis: Creative spillovers: do the creative industries benefit firms in the wider economy? www.gov.uk/government/publications/creative-spillovers-do-the-creative-industries-benefit-firms-in-the-wider-economy/creative-spillovers-do-the-creative-industries-benefit-firms-in-the-wider-economy

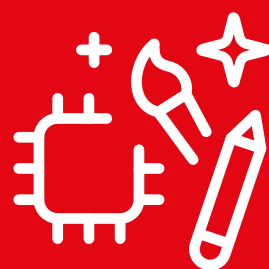
spillovers-do-the-creative-industries-benefit-firms-in-the-wider-economy

- ⁴ Apple. (2023, 5. maj). One point one trillion generated in App Store ecosystem in 2022. Apple Newsroom. www.apple.com/cm/newsroom/2023/05/one-point-one-trillion-generated-in-app-store-ecosystem-in-2022/
- ⁵ Newzoo. (2023). Global Gamer Study: Free Report 2023. newzoo.com/resources/trend-reports/global-gamer-study-free-report-2023?utm_campaign=2023-06-GGS-GGS%202023%20launch%20report&utm_source=Press
- ⁶ Steel Media Ltd. (2023). 79% of all gamers play on their phones, with 35% only gaming on mobile devices. Pocket Gamer.biz. www.pocketgamer.biz/news/81792/79-of-all-gamers-play-on-their-phones-with-35-only-gaming-on-mobile-devices/
- ⁷ SVT Nyheter (2024). Från "Snake" till miljonsatsningar – Så blev mobilen världens största spelplattform. www.svt.se/kultur/fran-snake-till-miljonsatsningar-sa-blev-mobilen-varldens-storsta-spelplattform
- ⁸ DR Analyse (2024). Medieudviklingen 2023: Den årlige rapport om udviklingen i danskernes medievaner. www.dr.dk/om-dr/fakta-om-dr/medieforskning
- ⁹ Erhvervsfremmebestyrelsen. (2020). Erhvervsfremme i Danmark: Strategi 2020-2023. erhvervsfremmebestyrelsen.dk/sites/default/files/2020-03/Erhvervsfremme-i-Danmark-2020-2023_Strategi.pdf
- ¹⁰ Aalborg Universitet. (n.d.). Spild i byggeriet. vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/427538034/Spild_i_byggeriet_1_.pdf; Building Tech. (n.d.). Spild i byggeriet er enormt. pro.ing.dk/buildingtech/holdning/spild-i-byggeriet-er-enormt
- ¹¹ NIRAS (2023). Softwareroboter tjekker bygningsmodeller hurtigt og sikkert. www.niras.dk/projekter/rpa-udviklingsprojekt-med-molio-contechlab
- ¹² NG Zink. (n.d.). 66 pct af arbejdsdagen på byggepladsen er spildtid. ng-zink.dk/artikler/66-pct-af-arbejdsdagen-paa-byggepladsen-er-spildtid
- ¹³ Stavropoulos, P., & Mourtzis, D. (2022). Digital twins in industry 4.0. I D. Mourtzis (Red.), Design and Operation of Production Networks for Mass Personalization in the Era of Cloud Technology (s. 277-316). Elsevier. doi.org/10.1016/B978-0-12-823657-4.00010-5
- ¹⁴ World Economic Forum. (2023). Digital twins: manufacturing sustainability. www.weforum.org/agenda/2023/05/digital-twins-manufacturing-sustainability

- ¹⁵ Bedre Psykiatri. (2023). SYGDOMSBYRDEN: sygdomme (s. 194, 218, 242). bedrepsykiatri.dk/wp-content/uploads/2023/03/SYGDOMSBYRDEN_sygdomme.pdf
- ¹⁶ Takeawalk. (n.d.). Ældre borgere genoplever ellers glemte minder. www.vrplatformen.dk/dn/work/mihano-momosa/#%C3%A6ldrease
- ¹⁷ Ey-Chmielewska, H., Chruściel-Nogalska, M., & Frączak, B. (2015). Photogrammetry and Its Potential Application in Medical Science on the Basis of Selected Literature. *Adv Clin Exp Med*, 24(4), 737–741. doi:10.17219/acem/33860. pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26469121
- ¹⁸ Region Syddanmark. (2023). Det syddanske økosystem for robotteknologi til sundhedssektoren (s. 37). regionsyddanmark.dk/media/v0gh45Ik/det-syddanske-%C3%B8kosystem-for-robotteknologi-til-sundhedssektoren-rapport-dansk-april-2023.pdf
- ¹⁹ COWI. (n.d.). Virtual reality kan medføre besparelser i kompleks infrastruktur og konstruktion. www.cowi.dk/insights/virtual-reality-kan-medfoere-besparelser-i-kompleks-infrastruktur-og-konstruktion
- ²⁰ AVK Ventiler. (n.d.). Digitalisering af forsyningsnettet. www.avkventiler.dk/da-dk/indblik/avk-smart-water/digitalisering-af-forsyningsnettet
- ²¹ Holm, J., Pourhomayoun, M., Comer, D., Nagrecha, K., & Muthukumar, P. (2023). Creating a Digital Twin for Transportation and Air Quality. Præsentation ved AI Agora, City of Los Angeles, California State University Los Angeles
- ²² Dansk Industri. (2020). Smarte briller på montør sparer indflyvning fra Sydkorea. www.danskindustri.dk/di-business/arkiv/nyheder/2020/5/smart-briller-pa-montor-sparer-indflyvning-fra-sydkorea
- ²³ GTS-Net. (2023). PtX Erhvervsøkonomisk analyse. gts-net.dk/wp-content/uploads/2023/11/PtX-Erhvervsøkonomisk_analyse-2-21-11-2023.pdf
- ²⁴ Style.me. (n.d.). Virtual fitting. style.me/virtual-fitting
- ²⁵ Deloitte. (2022). Metaverse report – Future is here: Global XR industry insight. www2.deloitte.com/cn/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/metaverse-whitepaper.html
- ²⁶ Se f.eks. Matthew Ball (2022). *The Metaverse And How It Will Revolutionize Everything*, New York: Liveright Publishing Corporation
- ²⁷ Coward, R. (2023, November 18). How China's Film Industry Developing? China Admissions. www.china-admissions.com/blog/how-chinas-film-industry-developing
- ²⁸ Nakamura, A. & Wirman, H. (2021). *The Development of Greater China's Games Industry: From Copying to Imitation to Innovation*. I Sotamaa, O. & Švelch, J. (red.), *Game Production Studies*. Amsterdam: Amsterdam University Press
- ²⁹ Research and Markets. (2023, April 24). China Movie Market Report 2023-2028: A \$4.65 Billion Market in 2022 - Domestic Chinese Movies will Capture More Revenues. *GlobeNewswire*. www.globenewswire.com/en/news-release/2023/04/24/2652794/28124/en/China-Movie-Market-Report-2023-2028-A-4-65-Billion-Market-in-2022-Domestic-Chinese-Movies-will-Capture-More-Revenues.html
- ³⁰ Frater, P. (2024, January 3). China Box Office Surges by Annual 83% in 2023 to \$7.73 Billion. *Variety*. variety.com/2024/film/news/china-box-office-2023-surge-1235860299
- ³¹ Intralink. (2022, September 29). Extended reality in China – big opportunities for global tech firms. www.intralinkgroup.com/en-GB/Latest/Blog/September-2022/Extended-reality-in-China-big-opportunities
- ³² Du kan læse mere om PatSnaps algoritme til udregning af patentværdi her: PatSnap. (n.d.). Patent valuation. www.patsnap.com/glossary/patent-valuation
- ³³ James, P. (2023, November 16). Top 200 most played & popular games in the world. *Gamer Tweak*. gamertweak.com/most-played-popular-games



TEKNOLOGISK
INSTITUT



www.teknologisk.dk