

2020

Tendenser, muligheder og barrierer i AM landskabet

Dansk AM Rapport



Dansk
AM Hub

Introduktion	s. 03
AM-teknologi – i opbrud og udvikling	s. 06
Hovedkonklusioner	s. 10
Main conclusions in English	s. 14
Globale AM-trends	s. 18
AM i Danmark	s. 22
Øget strategisk satsning på AM hos Danfoss og Grundfos	s. 22
Gode råd til SMV'er	s. 28
Hybrid fremstilling gennem 3D print	s. 35
AM bidrager til FN's verdensmål	s. 36
Next steps	s. 42
Det danske aktørlandskab	s. 44

Dansk AM Rapport 2020

Dette er den anden rapport fra Dansk AM Hub, der årligt tager pulsen på udviklingen inden for AM-teknologi med fokus på udbredelsen i Danmark og med en perspektivering til den globale udvikling på området.

Rapporten er målrettet aktører i det danske AM-økosystem samt danske fremstillingsvirksomheder, særligt små og mellemstore virksomheder (SMV'er). Dansk AM Rapport udkom første gang i januar 2019.

Dansk AM Rapport 2020 peger på fem overordnede tendenser, som du kan læse om i rapporten.

Når virksomheder skal begå sig i den globale konkurrence, stiller det store krav til, hvordan de adopterer ny teknologi.

Ofte kan man lære af sin omverden og hente erfaringer i Danmark og i udlandet. Med Dansk AM Hub har vi skabt et samlingspunkt, som hjælper virksomheder med at tage teknologi til sig og udnytte den kommercielt – og der er opbygget et stærkere økosystem med teknologien i centrum. Desuden har vi bygget bro til internationale aktører, der nu kigger på Danmark, som et land, hvor man arbejder aktivt og målrettet med ny teknologi for at styrke konkurrenceevnen. En indsats, der i de kommende år skal styrkes yderligere.

Thomas Hofman-Bang,
CEO, Industriens Fond



AM-teknologi – i opbrud og udvikling

Man skal altid være varsom med at forudsige, at en teknologi står foran et gennembrud, men for AM-teknologien tør vi godt sige, at det er tilfældet. AM har været under kraftig udvikling i de seneste tre årtier, og vi ser nu gennemgribende forandringer og kontinuerligt nye måder, hvorpå AM-teknologien bliver taget i brug.

Man kan opsummere det således, at AM i dag er modent, smart, bæredygtigt og tilgængeligt. Desuden, som vi kommer mere ind på i denne rapport, handler AM langt fra kun om nye måder at producere på. Der er tale om teknologier, som griber ind i virksomhedernes forretningsmodeller og kræver en strategisk tilgang.

AM er modent

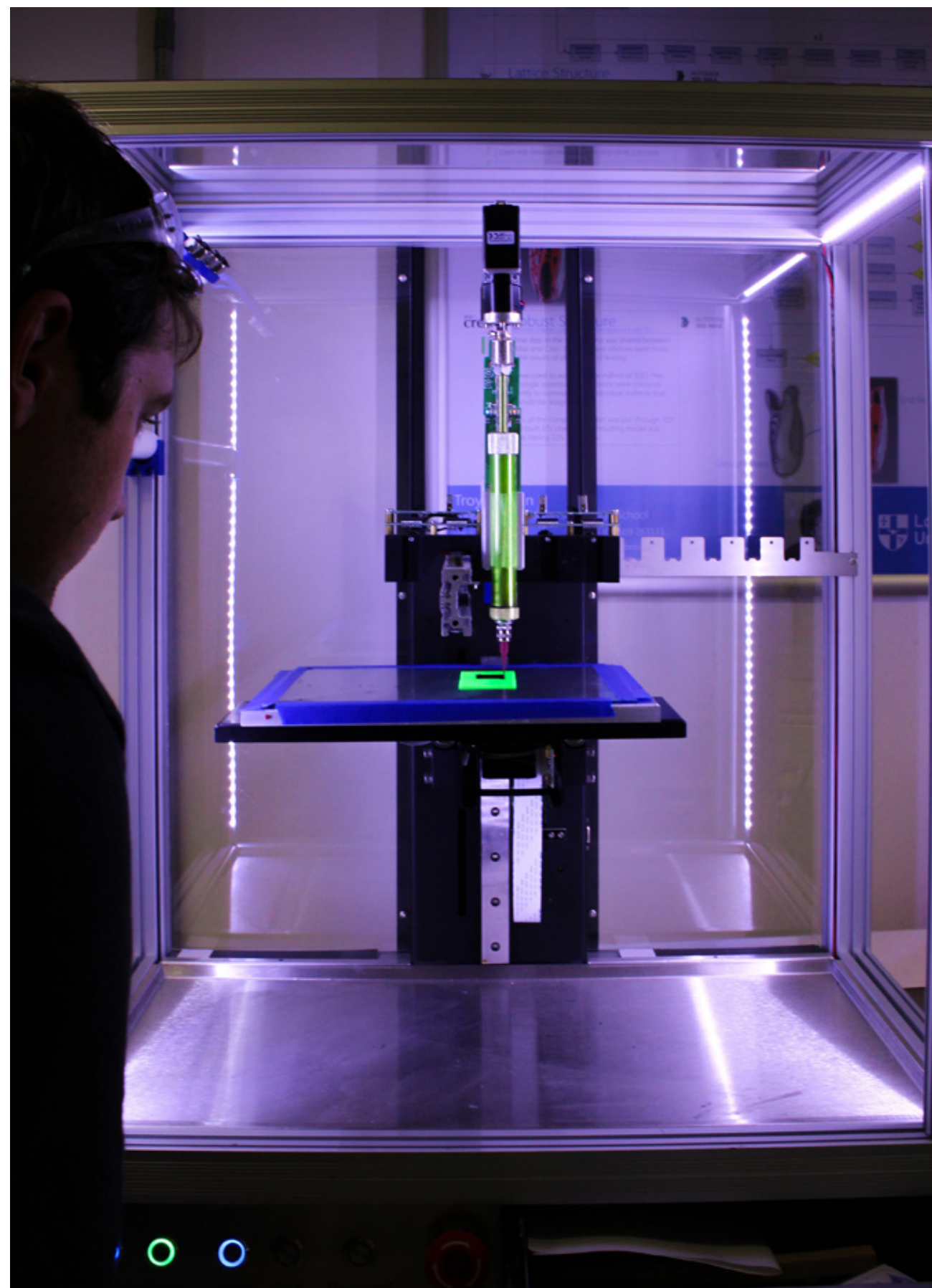
I dag er AM blevet en moden teknologi, og 3D-printere behersker rent materialemæssigt det meste af det periodiske system. Det er således muligt at printe i over 500 forskellige materialetyper i fuldskalafarver; i metaller, gummi, glas, beton, læder, chokolade og endda i organisk materiale såsom celler. Og i alle industrier fra sundhedsteknologi til byggebranchen bliver der investeret massivt i at gøre AM endnu mere modent.

AM er smart

3D-print-brugerfladen er blevet simplere at anvende og kan håndtere flere og mere komplekse designs. Emnerne bliver bygget op lag-på-lag, og derfor kræver det kun en ændring i en digital fil at tilpasse og skræddersy et emne. Designprocessen, og det at håndtere kompleksitet, var før et af de dyreste elementer i produktionsprocessen, mens det med AM-teknologier er stort set gratis. Netop i de tilfælde, hvor AM kobles med kunstig intelligens, kan der skabes en helt unik og ny værdi.

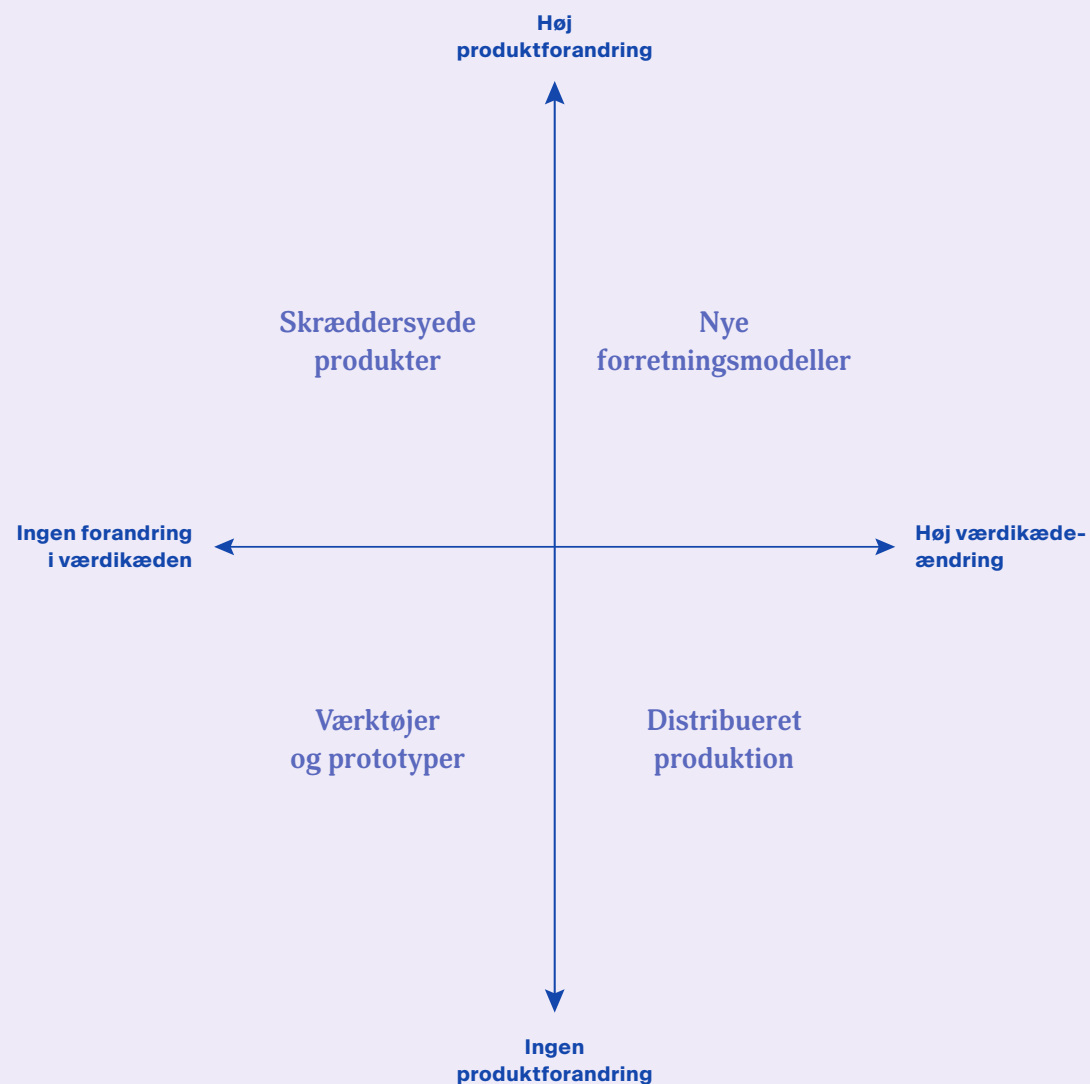
AM er bæredygtigt

Flere og flere virksomheder tager teknologien til sig og ser de mange muligheder, den rummer. Samtidig kan AM være én af nøglerne til at løse nogle af de store udfordringer inden for bæredygtighed, vi som samfund står overfor. AM kan således med mere distribueret produktion (hvor produktionen rykkes ud til kundens lokation) reducere både transport og varelager. Materialeforbruget er langt mindre, da man med AM kun tilføjer materiale og bygger op lag-på-lag (additive manufacturing) modsat traditionel produktion, hvor man skærer noget frit (subtractive manufacturing). Sammenligner man med almindelig produktion, anvender AM således kun 10 pct. af råmaterialet.



FIGUR 1

Forandringspotentialer med AM i virksomheder, der anvender AM-teknologi



AM er tilgængeligt

Særligt inden for de senere år er der sket en demokratisering af teknologien, som gør den tilgængelig for innovation og nytænkning i industrien. Generelt ser vi i disse år et fald i priserne på 3D-printerne, og iværksættere har succes med at skabe nye og bedre printere, der samtidig bliver et billigere alternativ til ældre modeller. På bare fem år er der opstået over 1.200 AM-iværksættere i Europa. I Danmark er vi endnu ikke fuldt ud med på at udnytte vores potentiale på området, men vi begynder at se flere og flere iværksættere, der vil gøre 3Shape kunsten efter og skabe en ny forretningsmodel baseret på AM.

AM-teknologien udfordrer således den traditionelle produktion, men markedet forandrer og udvikler sig også selv hastigt. Et voksende antal iværksættere, såvel som etablerede virksomheder, er gået ind på markedet og har gennem nye forretningsmodeller og AM-services udvidet deres rolle i værdikæden. De udfordrer den klassiske »printer og blæk«-model, hvor printerleverandører først har solgt printere og dernæst materialer i et lukket system. I stedet er AM-markedet ved at udvikle sig til et mere åbent system, hvor AM-materialer vil blive solgt direkte fra udbyder til forbruger. Det vil medføre, at priserne falder yderligere, og at antallet af brugbare materialer vil stige og generelt gøre AM endnu mere tilgængeligt og relevant for produktionsvirksomheder (AMFG 2019).

Det er vigtigt at understrege, at der stadig er udfordringer med AM-teknologien, bl.a. inden for storskalaproduktion, hvor kvalitetskontrol og efterbehandling kan være vanskeligt at håndtere. Men den dynamiske udvikling på området ser vi som tegn på et endeligt gennembrud for AM.

AM er strategi

Det er på baggrund af ovenstående nøgleegenskaber, at vi i Dansk AM Hub forsøger at udbrede budskabet om, at »AM ikke bare er en printer«, men en forretningsmæssig og transformativ strategi. Vi ser allerede i dag en række internationale eksempler på, at de egenskaber, AM besidder, bliver sat sammen på ny og spændende vis i nye forretningsmodeller.

AM kan give værdi på mange forskellige måder, men helt grundlæggende kan det forandre produktet, værdikæden eller begge ting samtidig.

Der er mange danske produktionsvirksomheder, der har taget AM til sig i forhold til værktøjer og prototyper, men der er stadig et stort uforløst potentiale, som produktionsvirksomheder kan høste. F.eks. ved at lave mere skræddersyede og bæredygtige produkter, der tilpasses de enkelte kunders behov. Et godt eksempel på moden, smart og bæredygtig anvendelse af AM er Airbus og Autodesk, der i et samarbejde har fået succes med at skabe verdens største kabinekomponent til et almindeligt passagerfly i en stærkere, men samtidig 45 pct. lettere udgave. Herved kan der skæres markant på flyenes brændstofforbrug og CO₂-udledningen.

Ved sammen at udforske muligheder ved AM er der stort potentiale for at styrke den danske konkurrencekraft. Vejen for danske fremstillingsvirksomheder er at gennemføre små eksperimenter med skræddersyede produkter eller distribueret produktion og herigennem skabe ny og forøget værdi og nye forretningsmodeller.

God læselyst!

Frank Rosengreen Lorenzen
CEO, Dansk AM Hub

Hoved- konklusioner

Danske virksomheder bruger primært AM til prototyper og som hjælpemiddel i produktionen

I Danmark anvender fortsat 25 pct. af fremstillingsvirksomhederne i dag AM-teknologier. Det er stadig primært til prototyper og til produktion af værktøjer i produktionen. Virksomheder, der får succes med at implementere AM-teknologier i deres produktionsprocesser, starter typisk med at udnævne en person, som får ansvar for at drive udviklingen. Nogle virksomheder investerer i egne 3D-printere, mens andre i højere grad eller udelukkende udnytter den underskov af serviceleverandører inden for 3D-print, der er vokset frem i Danmark.

Flere forbereder sig på at udnytte AM til fremstilling af slutprodukter

Internationalt er der en klar tendens mod også at anvende AM til produktion af slutprodukter. En tendens, man så småt også ser i Danmark. Særligt en række af de større danske fremstillingsvirksomheder satser i dag strategisk på denne udvikling. Der er imidlertid også SMV'er, der har fået øjnene op for mulighederne i at anvende AM-teknologien, herunder særligt i forhold til produktion af mindre partier specialfremstillede produkter. Freeform injection molding, som kombinerer 3D-print med traditionel sprøjttestøbningsteknologi, har i denne sammenhæng et stort potentiale. Det er desuden en fremstillingsmetode, hvor Danmark grundet fremstillingsindustriens stærke kompetencer inden for sprøjttestøbning er i en international førerposition. Danske virksomheder befinder sig således også lige nu i en unik position til at udnytte teknologien.

Internationale AM-ledere har strategiske satsninger på Industri 4.0

USA og Tyskland er i dag de globale ledere inden for anvendelse af AM-teknologi, efterfulgt af Korea, Italien og Storbritannien. Det er lande, som har en stærk tradition inden for fremstillingsindustrien, og hvor man generelt har været på forkant med udviklingen inden for Industri 4.0, som er det samlede begreb for udviklingen, hvor digitale teknologier integreres med den fysiske produktion. Desuden er disse lande karakteriseret ved, at der fra statens side satses strategisk på at skabe de rette rammevilkår, som understøtter realiseringen af Industri 4.0 i praksis. Det handler bl.a. om at skabe nye uddannelser, løse reguleringsmæssige barrierer og udvikle incitamenter for virksomheder til at udnytte AM og andre digitale teknologier i produktionen.

Behov for mere fokus på AM i uddannelsessystemet

Ifølge repræsentanter for større danske virksomheder står fremstillingsindustrien i Danmark over for en alvorlig udfordring i forhold til at opretholde international konkurrenceevne, hvis ikke industrien i højere grad tager de nye AM-teknologier til sig. De store danske virksomheder oplever dog selv udfordringer med at rekruttere medarbejdere med den nødvendige viden og kompetencer inden for AM. Grundfos og Danfoss har således hver især udviklet deres eget undervisningsmateriale for at hæve kompetenceniveauet hos deres ansatte inden for AM, men hos de store virksomheder er man bekymret for udviklingen i den danske fremstillingsindustri i øvrigt.

Udbredelse af kendskabet til AM er fortsat en vigtig opgave for økosystemet

Grunden til, at mange danske virksomheder fortsat ikke anvender AM-teknologi, skal bl.a. findes i manglende viden, enten om hvordan teknologien kan understøtte virksomheders forretningsgrundlag, eller helt grundlæggende om hvad AM-teknologi kan i dag. Heldigvis vokser og samordner det danske økosystem kontinuerligt sine indsatser for at fremme kendskabet blandt danske virksomheder. Det sker gennem internationalt samarbejde, lancering af udviklingsprojekter og kompetencegivende initiativer, der løbende bliver igangsat for at understøtte en udvikling mod større viden og udbredelse af AM.



Main conclusions in English

The Danish AM Hub published the first **Danish AM Report** in 2019. The second report provides an update on developments in AM technology, focusing on its prevalence in Denmark as well as global trends.

The report is aimed at actors in the Danish AM ecosystem, as well as Danish manufacturing companies, especially small and medium-sized enterprises (SMEs). *The Danish AM Report 2020* highlights five overall trends, which are elaborated in the following pages.

Danish companies mainly use AM for prototypes and to support production

Approximately 25% of Danish manufacturing companies now use AM technologies, mainly for prototypes and in production. Companies that successfully implement AM technologies usually start by appointing somebody to develop these processes. Some companies invest in their own 3D printers, while others prefer to partly or exclusively outsource to the growing number of third-party service providers.

More companies are preparing to leverage AM in the manufacturing of end products

Internationally, there is a clear trend toward using AM in the manufacturing of end products. This trend is increasingly apparent in Denmark, where several big manufacturing companies have made strategic investments in AM. Some SMEs have also been exploring the opportunities presented by AM technology, especially in relation to smaller batches of custom-made products. In this context, Freeform Injection Moulding (FIM), which combines 3D printing with traditional injection moulding, has huge potential. The manufacturing sector's strength in injection moulding makes Denmark an international leader and puts Danish companies in a unique position to exploit this technology.

International AM leaders' strategies for Industry 4.0

The United States of America and Germany are the global leaders in the use of AM technology, followed by South Korea, Italy and the United Kingdom. They all have strong industrial manufacturing traditions and have generally been at the forefront of developments in Industry 4.0, which is all about integrating digital technologies with physical manufacturing. They have also initiated strategic national efforts to establish frameworks for the practical implementation of Industry 4.0, including new education and training programmes, addressing regulatory barriers, and developing incentives for companies to leverage AM and other digital technologies in their production processes.

Greater emphasis needed on AM in education and training

According to representatives of major Danish companies, the nation's manufacturing industry faces serious challenges in terms of international competitiveness if it fails to embrace the new AM technologies to a greater extent. However, the large Danish companies also face challenges when it comes to recruiting employees with the necessary knowledge and skills to work with AM. Grundfos and Danfoss have both developed teaching materials for their staff, but there are concerns about developments in Danish manufacturing industry in general.

Spreading awareness of AM remains a key task for the ecosystem

Many Danish companies still do not use AM technology because they lack knowledge about how it can support their business models and about the new opportunities it provides. Fortunately, the Danish ecosystem is growing all the time, and coordinating its efforts to promote awareness in the country. International co-operation, new development projects and initiatives to enhance skills are just three of the means used to spread knowledge and use of AM.



Globale AM-trends

3D-printindustrien er i vækst og forventes på globalt plan at stige fra 9,795 mia. USD i 2018 til 35,6 mia. USD i 2024. Det forudsiger Wohlers Report, der gennem de seneste 24 år med en årlig udgivelse har skabt et indblik i den internationale udvikling inden for Additive Manufacturing (AM).

Der er særligt vækst inden for luftfart, medicinal-, dental- og bilindustrien. Desuden kan man observere vækst inden for energisektoren og forbrugsmarkeder som fodtøj og brilleindustrien, hvor kundetilpassede produkter bliver mere og mere populære. Det næste store vækstområde forventes at blive modebranchen, fødevarer og printet elektronik. Det vil imidlertid tage nogle år for de sidstnævnte områder at udvikle sig.

Generelt har AM-teknologien nået et vendepunkt, hvor udviklingen inden for materialer, printhastighed, printkvalitet og tilhørende software har skabt processer, der er klar til industriel produktion. Det gælder særligt inden for metal, hvor 3D-print allerede nu er accepteret som en omkostningseffektiv produktionsproces til mere krævende applikationer.

Tyskland og USA er førende inden for AM-teknologi

USA betragtes som global leder inden for AM, hvilket hænger sammen med landets tidlige opmærksomhed på og applikation af teknologien samt landets historiske lederrolle inden for den traditionelle fremstillingsindustri. Ifølge A. T. Kearneys 2017 "3D-printing Index" er der imidlertid risiko for, at USA mister sin lederposition til lande som Tyskland, Sydkorea, Italien og Storbritannien, hvor

regeringer i højere grad har indført strategiske satsninger på at fremme anvendelsen af AM-teknologi i fremstillingsindustrien.

Tyskland er nummer to på listen over AM-ledere, hvor området har nationalpolitisk opmærksomhed. Forbundsministeriet for transport og digital infrastruktur har et stærkt mandat til at koordinere arbejdet med strategien for Industri 4.0. AM-teknologi spiller en stor rolle i den omfattende strategi, der både fokuserer på at løse kortsigtede udfordringer i fremstillingsindustrien og på at imødekomme langsigtede vækstmuligheder ved at sætte fokus på at udvide materialeporteføljen og maskinfunktionerne.

Sydkorea, Storbritannien og Singapore har også fokus på at udbrede AM-teknologi. Regeringen i Sydkorea har f.eks. udviklet en national F&U-handlingsplan med fokus på 3D-print. Som en del af handlingsplanen fremskynder den sydkoreanske regering bl.a. godkendelser i industrien og indfører skatteincitamenten med henblik på at fremme udbredelse af AM-teknologi. Salget af 3D-printere steg således med 51 pct. i Sydkorea i perioden 2015 til 2016. Desuden voksede antallet af 3D-print-relaterede patentansøgninger med 300 pct. på få år.

A. T. Kearney understreger, at lande med en stærk fremstillingsøkonomi hurtigt bør komme i gang med at prioritere AM-teknologi for at kunne sikre den fremtidige vækst for deres arbejdsstyrke. Det indebærer, at man prioriterer at skabe nye uddannelsesprogrammer og incitamenten for ingeniører til at lære 3D-design samt at uddanne undervisere til at undervise kommende generationer af innovatører i fremstillingsindustrien. Gennem at støtte F&U i førende uddannelsesinstitutioner kan lande fremme væksten af brede AM-kompetencer og økosystemer for derigennem at fremme landenes konkurrencedygtige positioner på det globale marked.

Additive Manufacturing Landscape

I 2019 blev den første oversigt over internationale ledere inden for AM udgivet. Oversigten, Additive Manufacturing Landscape 2019, inkluderer i alt 171 organisationer. Den er publiceret af den London-baserede konsulentvirksomhed AMFG, der selv er med på listen som en af de ledende aktører inden for softwareudvikling. Formålet med oversigten er at give fremstillingsvirksomheder på tværs af brancher en bedre forståelse af det nuværende marked for AM og fremadrettet at kunne bruge den som 'benchmark' til at sammenligne udviklingen i industrien. Danmark har endnu ikke organisationer repræsenteret på listen, men fra nabolandet Sverige er større metalleverandører repræsenteret.

De 171 organisationer, der er med i Additive Manufacturing Landscape 2019, inkluderer:

- 92 hardwareproducenter
- 32 softwareleverandører
- 29 materialeudviklere og -leverandører
- 11 forskningsinstitutioner
- 5 producenter af efterbehandlingssystemer
- 3 QA- og procesinspektionsfirmaer

Baseret på sin kortlægning peger AMFG på fem globale trends inden for AM.

TREND #1

Metal-3D-printere: Konkurrencen er stigende

Det stigende antal aktive virksomheder inden for dette segment illustrerer den høje grad og hastighed, hvor innovation opstår. De kommende år vil vise, hvilke metal-AM-teknologier og virksomheder, der vil dominere markedet i fremtiden.

TREND #2

Polymer-3D-print: Modningen fortsætter

I disse år bliver der identificeret et stigende antal industrielle applikationer inden for polymersegmentet.

TREND #3

Software bliver kritisk for industrialiseringen

I takt med at AM industrialiseres, vil software spille en stadig større rolle i forhold til at tage højde for de specifikke processer, hvormed man arbejder med AM i virksomheder.

TREND #4

Automatisering er et vigtigt fokusområde på tværs af segmenter

Aktører i AM-landskabet, herunder softwareleverandører, tilbyder i stigende grad automatiseringsløsninger for at reducere tidsforbruget i produktionen.

TREND #5

Omfanget af samarbejde, partnerskaber og opkøb stiger

AM udgør stadig en forholdsvis lille andel af fremstillingsindustrien. Det får flere virksomheder til at finde nye samarbejdsformer, hvilket der kan findes eksempler på i alle AM-kategorierne.



AM i Danmark

AM er på hastig fremmarch på den globale scene.

Men hvordan ser det ud i Danmark? På opdrag af Dansk AM Hub har Syddansk Universitet gennem en række virksomhedscases og en spørgeskemaundersøgelse taget temperaturen på anvendelsen af AM i danske virksomheder. Det følgende kapitel afdækker nærmere, hvordan såvel større danske produktionsvirksomheder som små og mellemstore virksomheder (SMV'er) i dag bruger AM-teknologier.

Øget strategisk satsning på AM hos Danfoss og Grundfos

I det følgende sættes fokus på de større danske produktionsvirksomheder Danfoss og Grundfos, som begge siden 2016 har haft en øget strategisk satsning på AM-teknologi. Begge virksomheder har tre hovedindsatser i deres strategier: 1) prototyper, 2) tooling og 3) slutkomponenter/produkter. Sidstnævnte indsatsområde er det mest krævende i form af design, materialer og kvalitetskrav, hvilket indebærer et behov for introduktion af nye kompetencer og processer.

Begge virksomheder er således også involveret i udviklingsprojektet AM Line 4.0, hvor de i regi af Center for Industriel 3D-print ved Teknologisk Institut samarbejder med en række øvrige partnere om at udnytte det store potentiale i 3D-printproduktion af metalemner. Desuden deltager både Danfoss og Grundfos aktivt i aktiviteter arrangeret i regi af MADE, hvor de bl.a. holder oplæg til arrangementer og modtager SMV'er på studiebesøg arrangeret af organisationen. De to store virksomheder bidrager på denne måde også til at udbrede kendskabet til AM blandt danske SMV'er.

Gennem interviews med Werner Stapela, Global Head of Additive Design & Manufacturing hos Danfoss, og Thorsten Brorson Otte, Additive Manufacturing Manager hos Grundfos, får vi dybere indblik i virksomhedernes interne tiltag for at fremme AM samt i deres perspektiver i forhold til udfordringer og behov i det danske AM-økosystem.

Danfoss

Danfoss har fulgt AM-teknologiens udvikling siden dens fødsel og har gennem årene i stigende grad anvendt 3D-print, først til prototyper og siden også til armaturer og værktøj i produktionen. I 2016 lancerede Danfoss en digitaliseringsstrategi, hvor AM er et prioriteret udviklingsområde.

AM kræver kompetenceudvikling både internt og hos leverandører

Danfoss' strategiske satsning på brug af AM-teknologi til slutkomponenter kræver nye kompetencer – særligt hos ingeniører og designere. Kompetencer, som Danfoss har haft vanskeligt ved at få adgang til både internt og hos leverandører.

The universities are only now starting to pay an interest in this field. Just one and a half year ago it was, for example, not possible to find newly educated mechanical engineers with knowledge on additive manufacturing. We are slowly starting to see progress.

Werner Stapela

Global Head of Additive Design & Manufacturing, Danfoss

Danfoss har derfor udviklet sit eget undervisningsmateriale og skræddersyet det til forskellige uddannelsesniveauer og jobfunktioner i virksomheden. Det er med succes blevet introduceret og anvendt i organisationen. Desuden har Danfoss valgt at tilbyde nogle af sine leverandører at tage del i undervisningsprogrammet. Det gælder særligt det strategiske fokusområde, tooling, hvor Danfoss er interesseret i, at leverandører leverer billigere, hurtigere og i bedre kvalitet. Leverandørerne får på den måde ved hjælp af Danfoss et kompetenceløft.

Det danske økosystem skal have øget fokus på internationalt samarbejde

Mens de større danske virksomheder har ressourcer til at løse udfordringer i forhold til kompetenceudvikling i deres egne organisationer, så understreger Werner Stapela, at det er vigtigt, at der bliver sat øget fokus på at udbrede

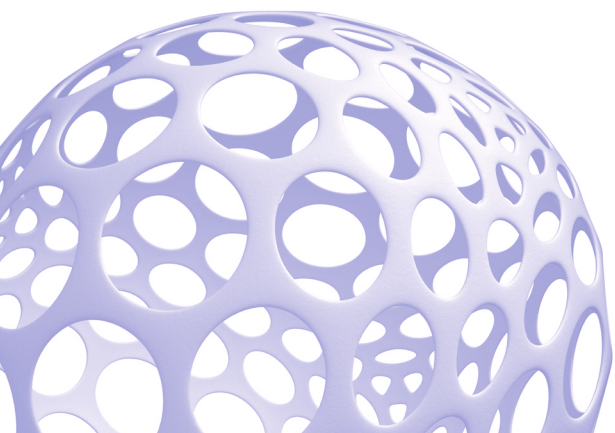


kendskabet også hos de mange SMV'er i Danmark. I den forbindelse har økosystemet en vigtig rolle i at følge med og udbrede kendskabet til udvikling og erfaringer fra andre lande.

The gap in knowledge and in the AM supply chain is a key challenge. We need to look beyond borders and keep up with changes in technologies. The universities, Danish AM Hub, DTI, MADE, they all have their roles to play.

Werner Stapela

Global Head of Additive Design & Manufacturing, Danfoss



Grundfos

Grundfos har internt siden 2005 anvendt 3D-print til prototyper i polymer og siden 2008 også anvendt 3D-print i metal til bl.a. at optimere støbeværktøj i produktionen. I 2016 initierede Grundfos et strategisk fokus for AM-teknologi og oprettede en afdeling for AM, hvor der i dag er 10 ansatte. I afdelingen har man ansvaret for at udbrede kendskabet til AM i organisationen samt for at udvikle det tredje fokusområde i strategien, som handler om at bruge AM til fremstilling af produkter. Til dette formål har man bl.a. etableret et AM-lab, hvor Grundfos har investeret i en række industrielle 3D-printere inden for både metal og polymer. Strategisk har de fokus på at skabe et godt samspil mellem design, materialer og processer. Det medfører også behov for at uddanne organisationen og medarbejderne til at udnytte mulighederne.

'Just do it'-tilgang kombineret med undervisningsmateriale

Som en del af Grundfos' AM-strategi investerede virksomheden for tre år siden i en række mindre 'desktop 3D-printere' for dermed at udbrede et 'additive mindset' i organisationen. 3D-printerne blev installeret i vedligeholdelses- og udviklingsafdelinger, hvor medarbejderne frit kan benytte dem i deres daglige arbejde eller fritid.

Det var vigtigt for os, at 3D-printerne er intuitive og lette at tilgå. Selv billige FDM-printere kan levere en hurtig prototype eller en midlertidig reservedel til produktionen. Man prøver sig frem og får en forståelse for, hvad teknologien kan, og også, hvad den ikke kan.

Thorsten Brorson Otte
Additive Manufacturing Manager, Grundfos

For fuldt ud at udnytte mulighederne med AM er der behov for kompetenceudvikling på både basis- og ekspert-niveau. Også Grundfos har set sig nødsaget til at udvikle sit eget AM-uddannelsesmateriale. Desuden tester virksomheden i øjeblikket et kursus hos MIT (Massachusetts Institute of Technology), som nogle af virksomhedens teknikere, designere og ingeniører tager online.

AM skal ind i uddannelsessystemet på alle niveauer
Hos Grundfos er man bekymret over manglende fokus på AM i det danske uddannelsessystem i forhold til højere uddannelse, men også på faguddannelser, som f.eks. industritekniker, værktøjsmager og efteruddannelsesområdet (f.eks. AMU-centrene). Det kan have alvorlige konsekvenser for fremstillingsindustrien i Danmark, hvis området ikke får højere prioritet. Ligesom Werner Staape-la hos Danfoss er det særligt i forhold til SMV'er, herunder ikke mindst Grundfos' leverandører, at Thorsten Brorson Otte er bekymret.

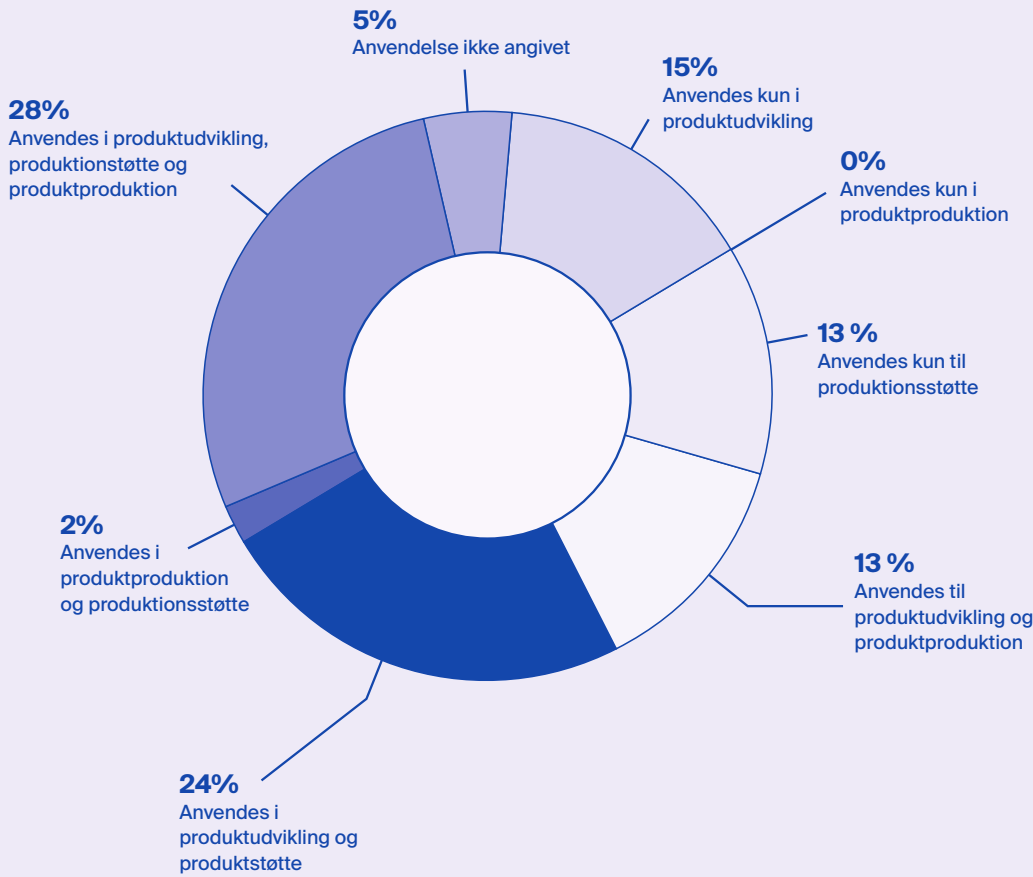
Det er vigtigt for os og for Danmarks konkurrenceevne, at SMV'erne og vores kommende medarbejdere har de rette kompetencer inden for AM. AM er nødt til at komme ind i uddannelserne nu.

Thorsten Brorson Otte
Additive Manufacturing Manager, Grundfos

Det er en udfordring, hvis leverandører i Danmark ikke er klar til at møde udviklingen, når Grundfos og andre store virksomheder begynder at sende AM-producerede produkter på markedet. Konsekvensen kan blive, at virksomhederne må finde nye leverandører i udlandet.

Danske SMV'er anvender stadig mest AM til produktudvikling og produktionsstøtte
Mens både Danfoss og Grundfos har et udtalt fokus på at øge anvendelse af AM i selve produktproduktionen, er det blandt de danske SMV'er fortsat mest udbredt at anvende AM-teknologi i forbindelse med prototyper i produktudviklingsfasen samt som støtte i produktionen.

FIGUR 2
Anvendelsesdomæner for AM i virksomheder, der anvender AM-teknologi (SDU, 2019)



Når vi ser på SMV’ers motivationsfaktorer for at anvende AM-teknologi, så fremhæves således også faktorer som ’hurtigere færdiggørelse af prototyper’, ’hurtigere validering af produkter og prototyper’, ’udvikling af nye produkter’ samt ’reduktion af time to market’.

Manglende viden om AM er den største barriere

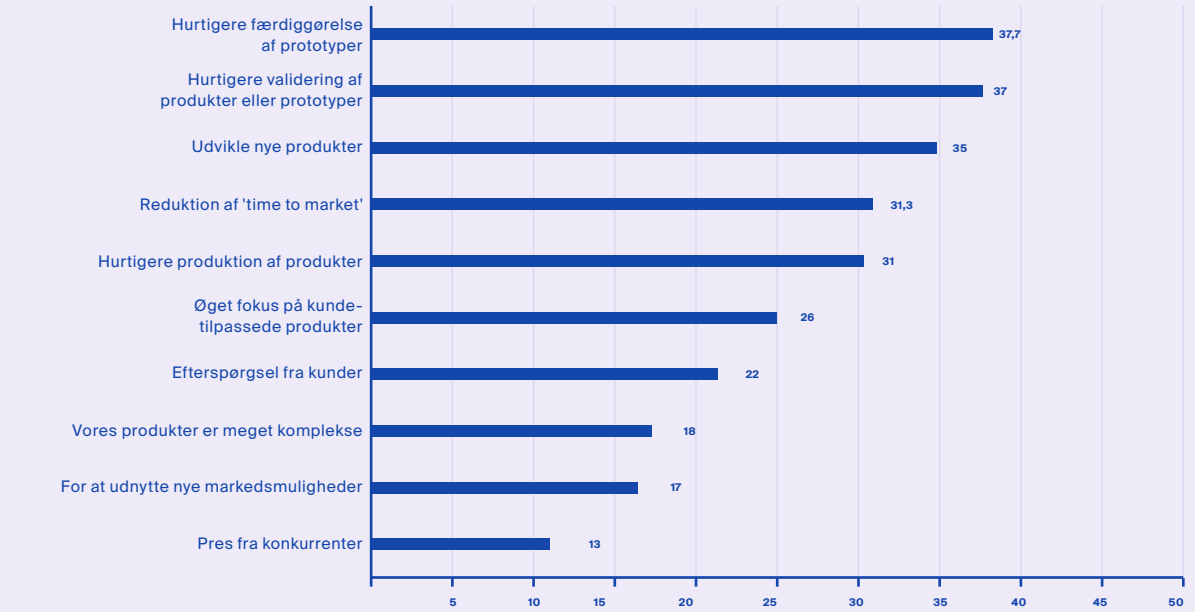
I dag benytter cirka en fjerdedel af de danske produktionsvirksomheder sig af AM-teknologi. For at forstå, hvorfor så mange produktionsvirksomheder endnu ikke har kastet sig over AM-teknologier, er det relevant at se nærmere på de barrierer, som virksomhederne oplever. Den hyppigst angivne årsag til, at virksomheder ikke anvender AM, er, at de ikke vurderer, at det har relevans for deres

nuværende forretningsområde. De tre næsthøjest frekvent angivne årsager er manglende indsigt i, hvordan AM kan anvendes inden for deres forretningsområde, samt manglende kendskab til AM-teknologier både helt generelt og i forhold til AM-teknologiers mulige anvendelse.

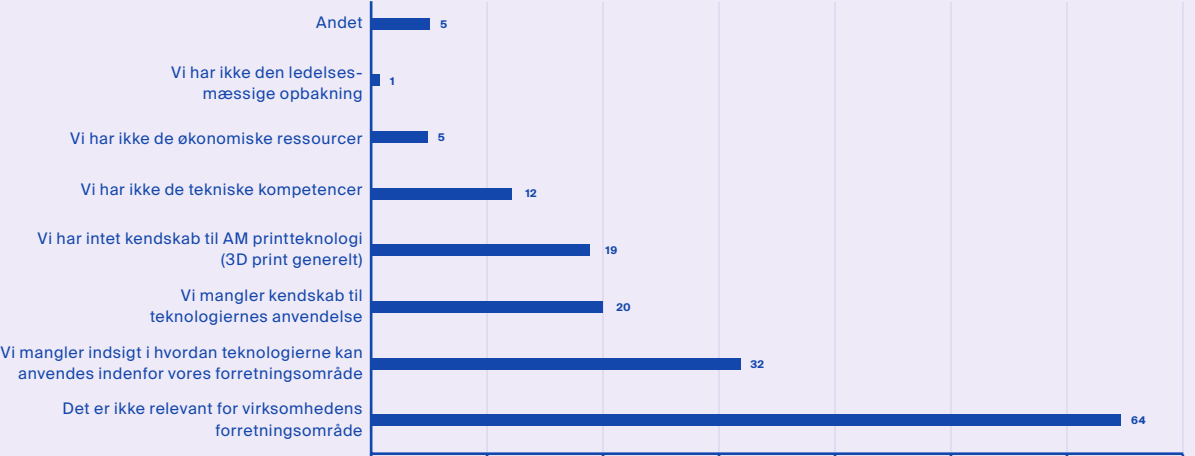
Meget tyder således på, at de væsentligste årsager til, at mange danske virksomheder stadig ikke anvender AM-teknologi, i realiteten ikke er, at AM ikke er eller kunne være relevant for dem, men snarere, at de grundlæggende mangler viden, enten om hvordan teknologien kan understøtte virksomhedernes forretningsgrundlag, eller helt grundlæggende om hvad AM-teknologier rent faktisk kan i dag.



FIGUR 3
Virksomheders motiver for anvendelse af AM-teknologi (SDU, 2019)



FIGUR 4
Væsentligste årsager til, at virksomheden ikke anvender AM i dag [%] (SDU, 2019)





Gode råd til SMV'er om, hvordan man kommer i gang med AM

Henrik Knaack fra Damvig A/S og Jeppe Byskov fra Teknologisk Institut er hver især blevet interviewet om barrierer, men også om muligheder for at fremme AM hos SMV'er.

Som såkaldte serviceudbydere er de begge specialister i branchen og har været med til at udforske de muligheder, 3D-print og AM-teknologier kan give industrien i Danmark. De understreger, at det er vigtigt ikke at se AM som en er-

statning for traditionelle fremstillingsmetoder, men snare- re som supplement til andre teknologier, der sammen skal fremme SMV'ers konkurrencedygtighed. Henrik Knaack og Jeppe Byskov giver her tre gode råd til SMV'er.

1 »Start med de lavthængende frugter«

For virksomheder, der endnu ikke har stiftet bekendtskab med AM-teknologi, anbefales det, at man starter med at undersøge muligheder, hvor det er særligt oplagt at afprøve teknologien. Den største barriere for virksomheder, der ikke før har brugt 3D-print, er en manglende viden om, hvad teknologierne kan, herunder at ingen har erfaring med den nye teknologi. Virksomheder kan her starte med at gå efter de lavthængende frugter, såsom reduktion af udviklingstid, hurtige prototyper og interne modeller. Indledningsvis kan virksomheder afprøve AM ved at bestille 3D-print hos en serviceudbyder eller ved selv at købe en billig FDM-printer og begynde at afprøve teknologien.

2 »Opbyg viden og kompetencer i virksomheden, før det næste udviklingstrin«

Der opstår ofte en barriere ved direkte sammenligning af 3D-printteknologi og standardfremstillingsmetoder (som f.eks. sprøjttestøbning). Her er det vigtigt, at virksomheder foretager en informeret afvejning. Når 3D-print sammenlignes med konventionelle fremstillingsmetoder, er omkostningsberegningen ofte vigtig og kan være en barriere, da den ofte ikke medtager mange af de besparelser, der kan opnås. Potentialet ved 3D-print medregnes ikke altid korrekt, herunder værdisættelse af f.eks. lagerbinding, time to market, reaktionstid, kundetilpasning mv.

Det anbefales derfor, at virksomheder, der ønsker at gå skridtet videre og trække AM-teknologien ind i produktionen, skal dedikere en medarbejder og opbygge viden og kompetencer. Det kan gøres igennem kurser og samarbejde med en serviceudbyder, hvad enten det er for at købe en mere avanceret printer eller at få emner printet eksternt. Det er vigtigt at foretage strategiske overvejelser, før man investerer i mere avancerede og dyrere 3D-printere. Det kræver bl.a. flere kompetencer inden for design og materialer samt håndtering af udstyret.

3 »Ledelsesinitiativ og strategi for AM er afgørende«

Det er vigtigt, at AM er en integreret del af virksomheders strategi og dermed er prioriteret af ledelse og bestyrelse. Det kræver ledelsesopbakning og ressourcer at indføre ny teknologi, og en klar strategisk ambition på området bidrager til at fjerne den mistillid, der kan være blandt medarbejdere over for at anvende ny teknologi. For at nedbryde barrierer er det vigtigt, at virksomhederne får deres egne 3D-print-kompetencer, som vil være en løftestang til udvikling og forståelse for, hvad teknologien kan. Det kan samtidig være relevant at samarbejde med specialister og serviceudbydere om mere avanceret brug af AM-teknologi.

Novio Packaging

Novio Packaging (tidl. Scandinavian Packaging) har i flere år anvendt AM-teknologi. Virksomheden, som producerer plastikemballage til bl.a. farmaceutiske produkter, kosmetik og fødevareindustrien, fusionerede i 2018 med en global koncern. Det har støttet en udviklingsrejse, som virksomheden allerede havde påbegyndt i forhold til yderligere at udbrede anvendelsen af AM i produktionen. Novio Packaging har to forskellige produktionsformer for plastikemballage, hvor de i dag anvender AM-teknologi:

1. Højvolumen, højt teknologisk produktion, hvor AM anvendes til prototyper og værktøjer i produktionen.
2. Mindre mængder, hvor der er fokus på 'uniqueness' i design. AM anvendes til prototyper. Ambitionen er også her at anvende AM til produktion af produkterne.

Vil vinde tabte markedsandele tilbage med AM-teknologi

Novio Packaging har i de seneste år haft vækst og har bl.a. med fokus på automatisering og robotteknologi i produktionen haft succes med at skabe flere arbejdspladser i Danmark. For cirka ti år siden mistede virksomheden imidlertid markedsandele i produktionen af mindre partier af plastikemballage, særligt til Kina. Ambitionen er nu at vinde tabte markeder tilbage gennem at printe disse mindre partier af specialudviklede emballager ved brug af AM-teknologi.



FOTO: NOVIO PACKAGING

Hos Novio Packaging forventer man inden for de kommende to år at kunne producere sine første 3D-printede produkter. Der bliver eksperimenteret med at kombinere sprøjtestøbeteknologien, som i dag anvendes i produktionen, med AM-teknologi.

Vi er i gang med at finde projekter, hvor der i forhold til både mængde, design og pris er værdi i at 3D-printe i stedet for at anvende sprøjtestøbeteknologien. Vi er tæt på at nå frem til noget. Kunderne vil ikke mærke en forskel i forhold til materialer og design, men vi kan spare den lange og høje udviklingsomkostning, som ellers ville være der.

Hanne Zinck

COO & Partner, Novio Packaging

Novio Packaging afventer, at teknologien bliver helt klar, så det vil blive tilstrækkeligt effektivt og lønsomt at investere i en bedre 3D-printer til virksomheden.

Mentorvejledning og inspiration via AM Inspire-programmet

Novio Packaging har gennem sin deltagelse i Dansk AM Hubs og Dansk Industris AM Inspire-program fået en mentor tilknyttet. Noget, som har haft en stor betydning for virksomhedens strategiske satsning på AM. Særligt input til overvejelser om den strategiske tilgang til, hvordan man vælger at anvende teknologien, var gavnlig.



FOTO: NOVIO PACKAGING



FOTO: NOVIO PACKAGING

Mentorforløbet har været afgørende. Havde vi ikke talt med nogen, som vidste bedre, var vi gået den forkerte vej. Det har gjort, at vi tænker 3D ind som et led i en større forandringsproces. Om ti år er det f.eks. ikke sikkert, at vores virksomhed støber emballager. Måske bliver vi rådgivere, som sender filer til vores kunder, som siden selv 3D-printer emballagen.

Hanne Zinck

COO & Partner, Novio Packaging

Novio Packaging blev optaget i AM Inspire og efterfølgende matchet med Klaus Vaarbroe, Global Manager hos den store danske høreapparatproducent Widex, hvor man er kommet langt med anvendelse af AM-teknologi i kundetilpasset produktion af høreapparater.

AM Inspire

AM Inspire er et initiativ udviklet af AM Hub og Dansk Industri, hvor danske virksomheder inspirerer hinanden til at udnytte AM-teknologier til udvikling og produktion for at fremme innovation, bæredygtighed og vækst i dansk erhvervsliv. Virksomheder tilbydes et sparringsforløb med en virksomhedsleder fra en virksomhed, der har haft succes med at indføre AM-teknologi. Man får mindst to møder á 2-4 timers varighed. Forløbet aftales individuelt og skræddersys, så det passer til den enkelte virksomhed.

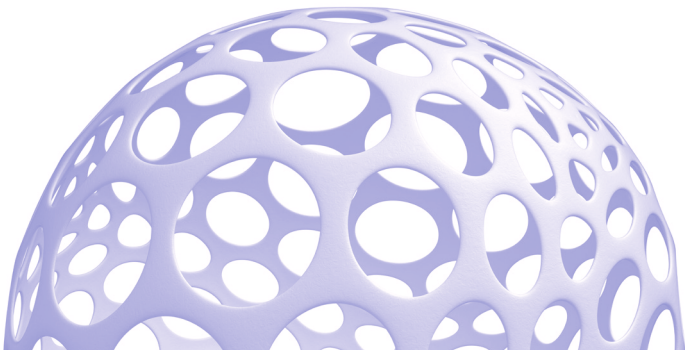
HASLE Refractories

HASLE Refractories er en ejerledet produktionsvirksomhed grundlagt i 1843. Virksomheden, der producerer ildfaste keramiske elementer til business-to-business-segmentet, startede med at bruge AM-teknologien for cirka 5 år siden, hvor ejeren blev inspireret af en artikel i Ingeniøren.

Idéen var at spare tid og penge i produktudviklingsfasen ved at anvende 3D-printede prototyper. Herved kunne man teste geometrien på nye keramiske elementer, inden man bestilte støbeforme. Leveringstiden på nye støbeforme er typisk 2 til 3 uger, når de får den fremstillet traditionelt via underleverandører, og da prisen på en form er høj, skal designet være låst, når man bestiller. HASLE Refractories etablerede derfor kontakt med en AM-serviceudbyder, som de siden har anvendt nogle gange. Selvom de ikke tidligere havde arbejdet med teknologien, har det ikke krævet kompetenceudvikling selv at tegne designet, der bliver sendt som CAD-fil til serviceudbyderen, som siden printer og sender prototypen.

Ledelsen overvejer at introducere yderligere brug af teknologien, hvor sælgere i tillæg til 3D-tegninger også fremviser 3D-printede elementer til præsentation hos kunden. Virksomheden overvejer desuden at benytte teknologien til tooling, hvor de vil benytte AM-teknologi til at fremstille selve støbeformene og ikke blot prototyper af formene.

De primære barrierer for at udbrede brugen af AM-teknologi yderligere i virksomheden er, at de mangler viden om teknologiens nuværende kvalitet – er den god nok til at fremstille støbeforme? Desuden mangler virksomheden kompetencerne til selv at printe og vil være afhængig af underleverandører. Skulle de investere i egen 3D-printer, ville de have behov for at få tilført viden og kompetencer – i hvert fald i opstartsfasen. Der er også en bekymring for, om prisen for at anskaffe sig teknologien kan stå mål med det, som de sparer i produktionsomkostninger og forberedelse ved selv at fremstille støbeforme fremfor at købe dem.



Polysan

Polysan fremstiller en lang række produkter i stærk polymerbeton til bl.a. bygge- og landbrugssektoren. Virksomheden introducerede for første gang AM-teknologi for tre år siden. Den tekniske chef besluttede at afprøve det i forbindelse med, at der skulle produceres en ny, dyr støbeform. Han kontaktede en AM-serviceudbyder, som leverede prototypen billigere og hurtigere, end det ville have været tilfældet med konventionel produktion. Det gav blod på tanden, og virksomheden har siden selv anskaffet sig to mindre 3D-printere. Nu printer Polysan selv bl.a. prototyper.

Vi har vores egen udviklingsproces og lærer stadig. Det er billigt i materialer. Før fik vi en maskinfabrik til at fræse det, men nu kan vi selv printe. Plastikaffaldet sorterer vi til genanvendelse.

Henrik Kelm
Teknisk chef, Polysan

Indtil videre er det kun den tekniske chef, der anvender printerne. Det har han til dels lært via informationssøgning på nettet og i opstarten med hjælp af printleverandøren. Han tester løbende, hvad der egner sig til 3D-print i virksomheden, og også hvad der ikke er muligt f.eks. på grund af begrænset holdbarhed. De fleste støbeforme kan printes i plastik. Dog holder de ikke så lang tid som de tidligere støbeforme af stål eller messing. Men grundet de lave produktionsomkostninger på 3D-print i plastik (1:100) betaler det sig, at virksomheden skal printe ekstra forme, når de gamle er slidt.

Johs. Pedersen A/S

Hos virksomheden Johs. Pedersen, der fremstiller reservedele til klassiske biler som Porsche, Volvo og VW er man interesseret i at udnytte potentialerne og i at være på forkant med AM-teknologien. Virksomheden eksperimenterer derfor med 3D-print til værktøjer i produktionen og til produktion af små partier. Virksomheden har en forventning om, at den ved hjælp af 3D-print f.eks. vil kunne gennemføre nogle af de projekter, som den tidligere har sagt nej til, fordi den ikke har haft de rette værktøjer, og det ikke var rentabelt at anskaffe dem.

Vi vil gerne komme lettere og hurtigere på markedet. Der mener vi, at 3D-print kan hjælpe os. Også når man vil udvikle små partier, hvor det ikke ellers ville være rentabelt. Det er der, vi er lige nu. Vi forsøger at blive kloge på teknologi og materialer. Vi eksperimenterer både med plast og metal.

Jesper Knudsen
Afdelingschef, Johs. Pedersen A/S

Lån af 3D-printer kickstartede udviklingen
Johs. Pedersen er baseret i Midtjylland og deltager løbende i aktiviteter under Center For Industri (CFI), der er en fond etableret med det formål at tilbyde et udviklingsmiljø, netværk og rådgivning til produktionsvirksomheder. Hos CFI arbejder man med at udbrede kendskabet til og fremme anvendelsen af AM-teknologi, og fonden har således også et samarbejde med Dansk AM Hub om initiativet ”3DP Try out”.

Via CFI fik Johs. Pedersen adgang til at låne en 3D-printer i en måned. Det gav anledning til at komme i gang med at teste mulighederne med AM. Samtidig havde de en løbende dialog med CFI og kunne stille spørgsmål. Virksomheden har efterfølgende selv anskaffet en 3D-printer. Der bliver stadig eksperimenteret og arbejdet med business-casen, og det, som virksomheden nu investerer i udvikling, forventer de at hente, når teknologien er klar til at møde virksomhedens behov.

3DP Try out

Dansk AM Hub og Center For Industri tilbyder danske virksomheder at låne og teste en 3D-printer i en måned.

3DP Try out er en mulighed for at tilegne sig konkret viden og erfaring i forhold til at få AM-teknologi ind i virksomheden.

Tilbuddet skal hjælpe til med at afdække muligheder og skabe afklaring i virksomhederne forud for et videre beslutningsgrundlag for tilkøb og anvendelse af 3D-print i egen forretning. Samtidig er der fokus på at afprøve 3D-print internt i virksomheden.

Målet er at bringe danske SMV’er et stort skridt videre i deres overvejelser om at anvende 3D-print-teknologi.

Indhenter viden og påvirker ’AM-mindset’
Hos Johs. Pedersen sætter man i dag fokus på 3D-print ved et ugentligt tavlemøde, hvor medarbejdere skiftes til at finde og præsentere ’ugens 3D-print’. På den måde arbejder de med at ændre mindsettet internt og hente inspiration udefra. Desuden gør afdelingschefen en kontinuerlig indsats for at udvide sit netværk og indhente viden om AM, bl.a. ved at følge ledende virksomhedsrepræsentanter på området og organisationer som CFI, MADE og Dansk AM Hub.

Danmark er førende i hybridfremstilling – en mulighed for SMV’er

Hybridfremstilling er en samlebetegnelse for en række metoder, der kombinerer 3D-print og konventionelle fremstillingsmetoder. Freeform Injection Molding (FIM) er en af disse og kombinerer 3D-print med traditionel sprøtestøbning. FIM giver en unik mulighed for at reducere ’time-to-market’ ved at kunne gå direkte fra prototype til produktion. Herunder giver teknikken virksomheder mulighed for at gøre det lønsomt at producere mindre partier af specialfremstillede produkter, som for flere SMV’er i

dag er en udfordring. Kombinationen af 3D-print og sprøjtestøb kan imidlertid også anvendes til højvolumenproduktion, hvor LEGO – med anvendelse af metalprintede støbeforme – er et eksempel på en større dansk virksomhed, der har taget teknologien til sig. Danmarks Tekniske Universitet (DTU) udgør desuden det internationalt ledende forskningsmiljø inden for området.

Baggrunden for den danske førerposition inden for kombinationer af 3D-print og sprøjtestøb er, at fremstillingsindustrien har en lang tradition og har oparbejdet en styrkeposition inden for sprøjtestøbeteknologi. AddiFab er en af de få danske virksomheder, der i dag har taget hybridfremstillingsprincippet til sig. Virksomheden udvikler 3D-printere, software og materialer til brug for fremstillingsvirksomheder, der arbejder med sprøjtestøb i plast og andre sprøjtestøbematerialer. Lasse Staal, adm. direktør ved AddiFab, understreger vigtigheden af, at den danske fremstillingsindustri udnytter potentialerne.

Sprøjtestøbeindustrien er en dansk styrkeposition, der er sat under pres, i takt med at danske fremstillingsvirksomheder har flyttet produktion til udlandet. Hybridfremstilling er interessant, fordi teknologien medvirker til, at man kan udvikle og kommercialisere produkter hurtigere og mere effektivt og dermed konkurrere og modvirke outsourcing. Danske SMV'er er dygtige til nicheproduktion, men det er dyrt at lave sprøjtestøbeforme, hvis den årlige produktion måske kun er på få hundrede produkter. Når sprøjtestøbeteknologi får hjælp af 3D-print, ser forretningsmodellen anderledes ud.

Lasse Staal

Adm. direktør, AddiFab ApS

Selvom det i dag er en lille andel af danske virksomheder, der har taget hybridfremstilling til sig, er Danmark inden for 3D-printer-understøttet sprøjtestøb kompetencemæssigt blandt de absolut førende i verden. Det er derfor et opmærksomhedspunkt for det danske AM-økosystem at udbrede kendskabet til og fremme udbredelsen af denne nyskabende teknologi, hvor Danmark lige nu har et internationalt forspring.

Teknikken kort fortalt

Traditionelt produceres sprøjtestøbeforme af metal, hvilket giver en form, der kan bruges til at støbe 100.000-vis af emner. Til gengæld er formene relativt dyre og tager typisk 10-12 uger at fremstille. Ved hybridfremstilling 3D-printes sprøjtestøbeformen, hvilket gør fremstillingen både billigere og hurtigere. De funktionelle prototyper bliver fremstillet i det ægte materiale, så risikoen for at fejlbedømme produktets egenskaber minimeres. Da sprøjtestøbeformene kan produceres i takt med 3D-printerens hastighed, opnår man også, at man kan teste mange flere designs af, inden man bestemmer sig for, hvilket der er det helt rigtige til produktet. Kort fortalt kan man lave et bedre produkt, billigere og hurtigere.

AM Hybrid

Hybridfremstilling gennem 3D-print og nye samarbejdsformer

I AM Hybrid-projektet vil Teknologisk Institut, på vegne af Dansk AM Hub, gennem et antal virksomhedscases demonstrere værdien ved at implementere 3D-print i deres produktudviklingsfase. Der er således fokus på at lave støbeforme i 3D-print.

Virksomheder i AM Hybrid

- **Krebs & Co**, en sprøjtestøbevirksomhed, vil bruge 3D-printede forme som del af deres forretning som bl.a. underleverandører til store danske virksomheder.
- **Daniamant**, som har adskillige produkter inden for sikkerhed til søs, vil satse på et design-for-disassembly-produkt, hvor 3D-print bliver essentielt.
- **Blue Tip Tools**, en mindre virksomhed, der fører dyser til fugepistoler, ønsker at teste en idé af om et potentielt banebrydende produkt i deres branche.
- **Mikkel Huse Studio**, designvirksomhed, som anvender traditionel 3D-print til at lave fysiske modeller af designs.
- **SolarSack**, en iværksættervirksomheder, der har udviklet vandbeholder i plastik og bruger AM til at videreudvikle en særlig lukke-mekanisme.
- **Vanquish Innovation**, en nyopstartet virksomhed, der har taget udgangspunkt i banebrydende research fra Nottingham University om accelereret sårheling. Virksomheden arbejder med at udvikle et medico-produkt.

AM bidrager til implementering af FN's verdensmål

Danske fremstillingsvirksomheder forholder sig i stigende grad til, hvordan de bidrager til en bæredygtig udvikling, og herunder hvordan de forholder sig til FN's verdensmål (sustainable development goals). Partner i Monitor Deloitte, Bahare Haghsheenas, som i de seneste år har hjulpet SMV'er med at bruge verdensmålene som en løftestang for innovation og vækst, understreger, at verdensmålene fungerer som en vejviser for fremtidens markedsbegreb. De er desuden retningsgivende for, hvordan man gør bæredygtighed til forretning. Deloitte driver i samarbejde med Dansk AM Hub et innovationsforløb for SMV'er, hvor der bliver arbejdet med at omsætte idéer til strategi og handling, som giver både et forretningsmæssigt afkast og en miljømæssig gevinst. AM er et element i denne proces.

Der er ingen tvivl om, at verdensmålene har en enorm effekt, når det gælder om at finde nye løsninger på problemer. Flere og flere begynder at se målene ikke bare som visioner for fremtiden, men også som konkrete løftestænger for nytænkning og innovation. Særligt inden for de mål, der handler om produktion og cirkularitet, ser vi en interessant udvikling. Mange virksomheder kaster sig lige nu ind i kampen.

Bahare Haghsheenas
Partner i Monitor Deloitte

AM har potentiale til at bidrage til flere af de globale mål. F.eks. kan AM bidrage til:

- Lavere fremstillingsomkostninger ved komplekse produkter, hvilket giver bedre muligheder for småskalaproducenter.
- Mere fleksibel fremstilling, hvor der ikke er brug for dyre støbeforme, flere/forskellige produktionslinjer og tidskrævende værktøjsskift.
- CO₂-besparelser i transportsektoren ved at varer fremstilles lokalt.
- Billigere, hurtigere og mere bæredygtig produktion af materialer, bygninger og forbrugsvarer.
- Effektiv brug af ressourcer ved at reducere mængden af affald og bruge genanvendelige materialer til produktion.
- At begrænse forbruget af materialer og ressourcer ved at fremstille reservedele og produkter i forbindelse med efterspørgsel og ikke til varelager.

AM Sustain

AM Sustain er et innovationsprogram for små og mellemstore virksomheder med fokus på AM-teknologi/3D-print og bæredygtighed under Dansk AM Hub. Programmet implementeres i samarbejde med Deloitte.

AM Sustain kombinerer 3D-prints store forretningspotentiale med verdensmålenes strategiske fokus på fremtidens markedsbegreb i et nyt innovationsprogram for SMV'er.

Igennem programmet får de deltagende virksomheder hjælp og en solid metode til at udvikle og accelerere bæredygtige forretningsløsninger, der tager afsæt i AM-teknologi og 3D-print og har potentiale til at drive vækst, konkurrenceevne og reduktion af omkostninger. De deltagende virksomheder kan forvente at udvikle nye, værdiskabende løsninger med indflydelse på flere led i værdikæden.

Et spirende iværksættermiljø udnytter potentialerne i AM

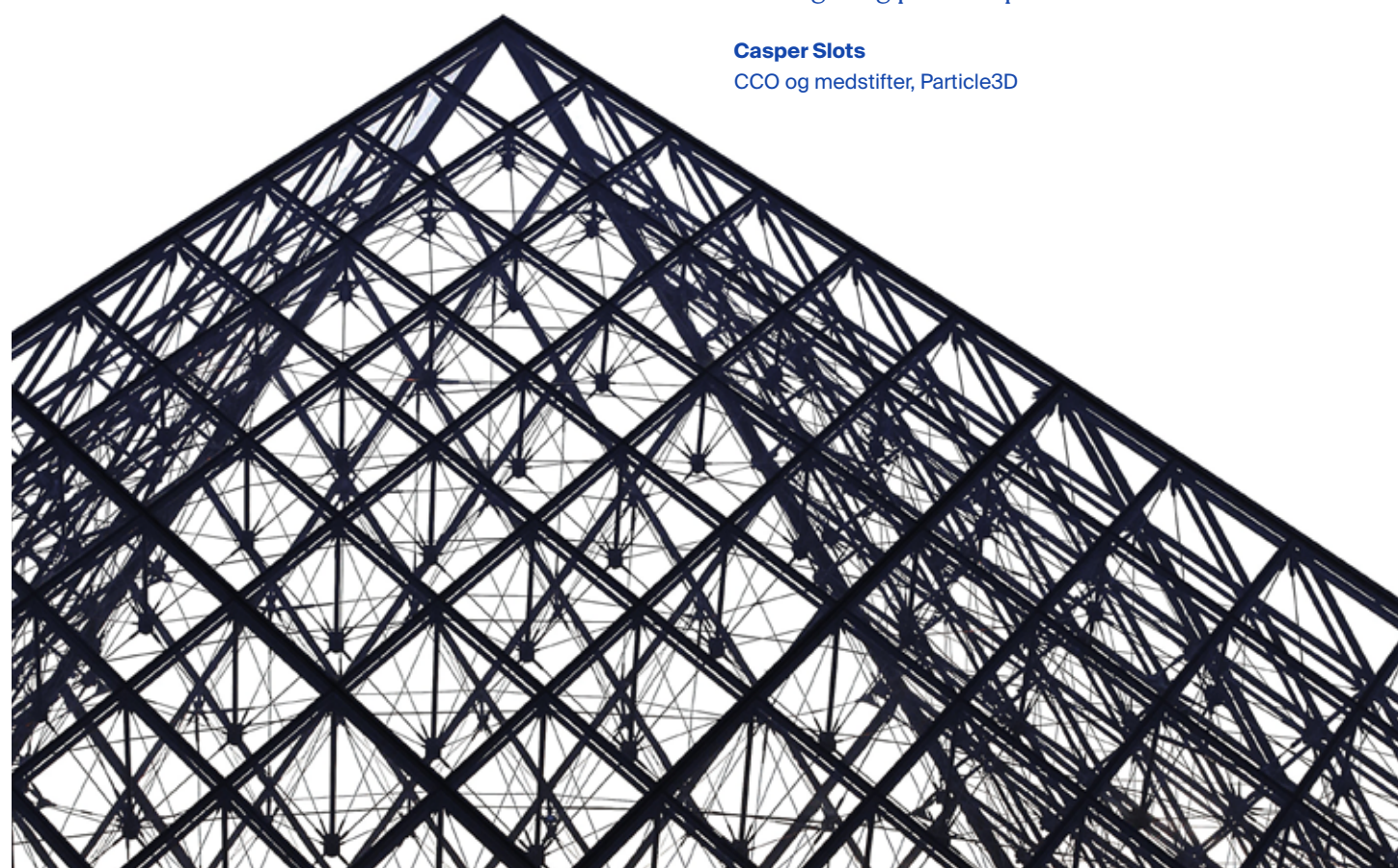
Den voksende efterspørgsel efter AM-baserede løsninger og AM-teknologiernes øgede modenhed har internationalt set givet grobund for en voksende underskov af nye AM-baserede iværksættelsesvirksomheder. I Danmark udnyttes potentialet for at udvikle nye virksomheder omkring AM-teknologier endnu ikke fuldt ud. Der eksisterer dog enkelte danske iværksættelsesvirksomheder, der har AM-teknologi som en central del af deres forretningsmodel, og der er så småt begyndt at spire et AM-iværksættermiljø frem i Danmark. Særligt inden for tre områder kan vi se en stigende iværksætteraktivitet: 1) printtydelser, 2) udviklere og leverandører af AM-teknologier samt 3) virksomheder, der anvender AM i deres produktfremstilling. Som et eksempel på sidstnævnte findes iværksættelsesvirksomheden Particle3D, der er udsprunget af et universitetsmiljø, og som i dag er tæt på at lancere sit produkt på markedet.

Particle3D »printer knogler«

Particle3D er udsprunget af et bachelorprojekt på Syddansk Universitet (SDU), hvor Casper og Martin, civilingeniørstuderende i velfærdsteknologi, syntes, at 3D-print var et spændende område. Med det udgangspunkt fandt de frem til en aktuell problemstilling, som de kunne arbejde med.

Vi kontaktede Odense Universitetshospital for at finde et reelt problem, der kunne løses. Her blev vi henvist til en kæbekirurg, som ønskede ændringer i den måde, man indopererer knogleimplantater i dag, hvor man først høster et knoglestykke et sted fra patienten og derefter forsøger at tilpasse det og indsætter det et andet sted i patienten. Det optimale ville være at designe og printe implantater i 3D.

Casper Slots
CCO og medstifter, Particle3D



Litteraturen viste, at det ofte er materialerne til 3D-printede medicinske produkter, der skaber vanskeligheder. Der blev derfor under projektet sat fokus på at teste materialer.

På universitetet havde vi adgang til FDM-printere og en Makerbot. Vi lærte at printe på dem. Vi lavede afbildninger fra det anatomiske skelet og printede kæben, og så forskede vi i materialerne. Vi forsøgte at genskabe knogler ved at anvende naturligt mineral fra knogler og udviklede på den baggrund en ny måde at 3D-printe knogleimplantater.

Casper Slots

CCO og medstifter, Particle3D

En ny opfindelse så derfor dagens lys, og tech-trans-afdelingen på universitetet blev derfor involveret. De hjalp med at gennemføre markedsanalyser, som siden ledte til, at der blev udarbejdet og indleveret en patentansøgning. Casper og Martin blev i en periode ansat af SDU til at lave yderligere forsøg med produktet, hvor de indgik samarbejde med deres tidligere vejleder, Morten Østergaard Andersen.

Den spirende startup blev i 2017 anerkendt for sin innovation som vinder af den årlige startup-event Venture Cup, hvilket i tillæg til øget opmærksomhed i iværksætttermiljøet også medførte en pris på 100.000 kr. Efterfølgende blev virksomheden Particle3D etableret og flyttede ud af universitetet, og de blev optaget på Accelerace/NOME-programmet, der er et trænings- og udviklingsforløb for iværksættere, hvilket ledte til den første investering i 2018.

I forlængelse af en del tests på mus i de første udviklingsår gennemførtes i 2018-2019 et større studie på 8 grise, hvilket har vist meget lovende resultater og tegner godt for den fremtidige anvendelse af implantaterne P3D Bone i mennesker.

I 2019 har Particle3D ansat en ny administrerende direktør, der bl.a. skal hjælpe med at kommercialisere opfindelsen. På baggrund af nuværende regulatoriske barrierer i EU påbegynder Particle3D den regulatoriske proces i USA. Der er i forbindelse med plan og proces for lancering på det amerikanske marked tilknyttet et amerikansk konsulentfirma.

I 2019 har Particle3D senest vundet AM Hubs iværksætterpris. Denne fortsatte PR og anerkendelse er vigtig i en tid, hvor virksomheden er ude at søge ny kapital for at kunne fortsætte med at realisere planerne om at tilpasse knogleimplantater til mennesker – i stedet for at tilpasse patienten til implantatet.

TIDSLINJE

Dec. 2014

Casper og Martin starter projektet på SDU.

Okt. 2015

Første patentansøgning indleveres.

Juni 2017

Vinder af Venture Cup.

Aug. 2017

Selskabet Particle3D etableres og optages i Accelerace og NOME.

Aug. 2018

Første investering (DKK 5,2 mio.).

2018-2019

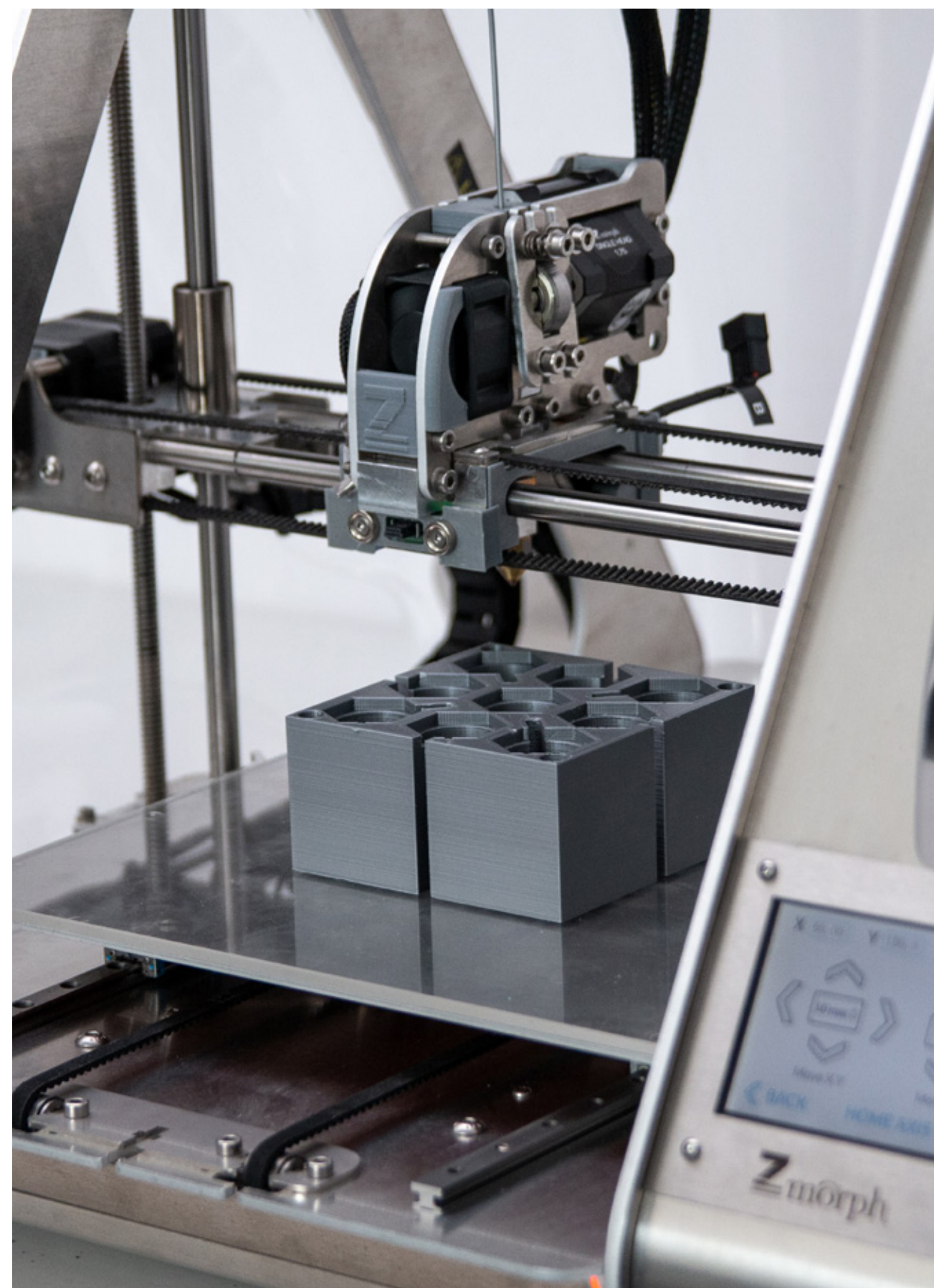
Kliniske forsøg på grise.

2019

Ny administrerende direktør ansættes.

2019

Vinder Dansk AM Hubs iværksætterpris.





Next steps

Dansk AM Hub beskæftiger sig sammen med øvrige aktører i det danske AM-økosystem allerede med og vil fortsat holde fokus på arbejdet med at adressere reguleringsmæssige barrierer for udbredelse af AM, bl.a. ved at bidrage til udvikling af standarder.

Reguleringsmæssige barrierer

Reguleringen, der sætter rammerne for brug af 3D-print-teknologien, kan være én af de barrierer, der har betydning for udbredelsen af teknologien, især blandt mindre virksomheder. Hvis reguleringen f.eks. er uklar, skaber usikkerhed eller medfører betydelige omkostninger for virksomheder, kan det lægge en dæmper på, at de vil investere i teknologien. På den baggrund gennemførte Deloitte på vegne af Erhvervsstyrelsen i 2018 en kortlægning af, hvilke reguleringsområder der sætter rammerne for 3D-print, og hvilke konkrete barrierer der eksisterer og eventuelt hæmmer udbredelsen af AM blandt virksomheder.

Kortlægningen viste, at fire generelle reguleringsområder sætter rammerne for brugen af 3D-printteknologien:

- Intellektuelle ejendomsrettigheder
- Produktansvar
- Produktsikkerhed
- Arbejdsmiljø

Derudover stiller industrispecifik regulering, bl.a. vedrørende medicinsk udstyr og fødevarer sikkerhed, yderligere krav til brugen af 3D-print.

Potentielt eksisterer der barrierer på tre af de fire generelle reguleringsområder samt aktuelt også i den gældende industrispecifikke regulering vedrørende medicinsk udstyr.

Med hensyn til løsningsmuligheder vurderede Deloitte, at konkrete tiltag skal adressere barrierer på de specifikke reguleringsområder, herunder tage højde for, at der i bl.a. EU-regi og i det internationale standardiseringsarbejde på flere områder er igangsat initiativer.

3DP-udvalg bidrager til standardiseringsarbejde

Dansk Standard har nedsat et dansk udvalg, bestående af fremtrædende aktører inden for AM i Danmark, der bidrager til at udvikle internationale 3D-print-standarder. Udvalget for 3D-print følger det internationale og europæiske standardiseringsarbejde inden for AM. I det internationale standardiseringsarbejde bliver der fokuseret på terminologien omkring 3D-print, processer, materialer, testmetode, kvalitetsspecifikationer, data, design, miljø, sundhed og sikkerhed.

Der er indtil videre udgivet 9 standarder inden for 3D-print. 25 er undervejs, og der er 20 nye forslag til standarder ude. I det internationale standardiseringsarbejde bliver der bl.a. sat fokus på terminologien omkring 3D-print, processer, materialer, testmetode, kvalitetsspecifikationer, data, design, miljø, sundhed og sikkerhed. Der er altså en lang række områder, hvor danske virksomheder er med til at styre innovationen og påvirke de krav, der skal stilles til 3D-print i fremtiden.

Der mangler fælles testmetoder

Noget af det, der er brug for i de kommende standarder, er retningslinjer for testmetoder og kontrol samt klassificerings- eller gradueringsmuligheder, f.eks. for styrkeniveauet. I traditionelle støbninger kan der, som med brug af AM, opstå fejl, der bliver accepteret til en vis grænse. Der er behov for noget tilsvarende på 3D-print-området. På samme måde er der brug for nye testmetoder til at detektere typer af fejl eller en kobling til eksisterende standarder, der hvor de kan finde gyldig anvendelse.

Der mangler kort fortalt stadig nogle rammer for, hvornår noget er godt nok, og fælles retningslinjer og metoder til at udføre test og kontrol. Et område, hvor man kan få gavn af brugen af standarder, er ISO-9001 i samspil med de gældende standarder for 3D-print, herunder særligt ISO-17296. Det meget fine pulver, som benyttes til metal-3D-print, skal man have respekt for, og det er derfor vigtigt at sikre et godt og sikkert arbejdsmiljø og de korrekte arbejdsprocedurer. Det er også vigtigt i forhold til at kunne arbejde videre frem mod de standarder, der er og kommer inden for 3D-print til medicinalindustrien.

Det danske aktørlandskab

Stærke aktører og flere nationale indsatser skal styrke AM indsatsen

Oversigten over aktørerne på det danske AM-marked viser, hvilke områder de opererer indenfor. Herudover fortæller landskabet også en historie om udviklingen på markedet både generelt og indenfor de specifikke områder.

Det samlede aktørlandskab består i Danmark af leverandører, udviklere, rådgivere, netværk, uddannelsesinstitutioner samt brugere af AM-teknologien. Aktørlandskabets vigtigste opgave er at sikre, at viden om og brugen af AM udbredes i industrien og adopteres af virksomhederne i det omfang dette måtte være relevant.

I tabel 1 er de forskellige aktører defineret. Oversigten er udarbejdet med input fra aktørerne selv. De forskellige aktører kan godt have snitflader til nogle af de andre kategorier. I sådanne tilfælde falder aktøren indunder dets hovedaktivitet. Ligesom de enkelte aktører ikke er vægtet op imod hinanden i forhold til omfanget af deres AM-aktiviteter.

Oversigten skal forstås som et øjebliksbillede og er nødvendigvis ikke udtømmende.

Aktør	Definition
Leverandører	Forhandlere af hardware, software, materialer, scannere m.v. til 3D print.
Udviklere	Udviklere af hardware, software, materialer til 3D print.
Rådgivning og Ydelser	Printservicevirksomheder og konsulenter, der både kan have AM som en central eller perifer del af deres forretning.
Viden, Forskning & Uddannelse	Universiteter, uddannelsesinstitutioner og andre læringsmiljøer, der har forskningsaktiviteter, værksteder, udbyder kurser eller lignende.
Organisationer / Netværk	Organisationer, foreninger og/eller online platforme der enten har 3D print som sit absolutte fokus eller som har en vigtig rolle i forhold til at udbrede anvendelsesorienteret viden til industrien.
Brugere	Virksomheder hvor AM-teknologien er en essentiel del af deres forretningsgrundlag og bidrager til deres konkurrenceevne.

Tabel 1: Definition af aktører.

AM Aktørlandskab



Mangler der virksomheder, eller er din virksomhed placeret forkert, så kontakt Dansk AM Hub: info@am-hub.dk

Et landskab i fremgang

Tidligere har AM-området og aktørerne i Danmark været spredt, og der har ikke været etableret stærke netværk, hverken på tværs af forskningsmiljøerne eller blandt de øvrige aktører, der arbejder inden for AM.

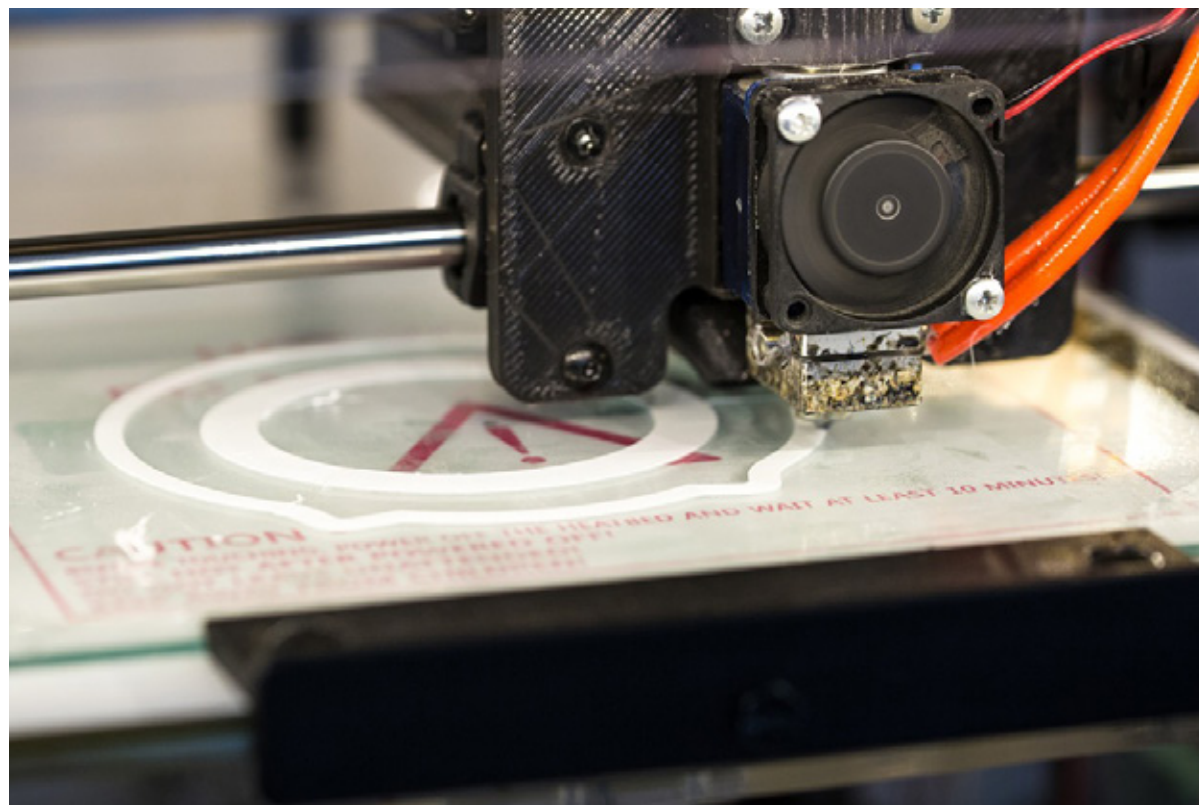
Igenem de senere år har billedet dog ændret sig. Flere aktører er kommet til i og samtidig er dialogen og samarbejdet på tværs af disse blevet styrket markant. Tilblivelsen af Nordic AM Group med formålet om at etablere et økosystem blandt de nordiske aktører inden for 3D print eksemplificerer netop denne udvikling. Et andet eksempel på en generel fremgang og stigende interesse for teknologien ses i udviklingsvirksomheden AddiFab, som har etableret et salgskontor i USA med henblik på at få adgang til det store amerikanske AM marked.

Endelig har flere nationale initiativer og projekter også taget fart. Erhvervsuddannelserne er siden 2017 blevet rustet til den hastige teknologiske udvikling med cirka 110 millioner til oprettelsen af otte videncentre. Heraf to

specifikt inden for automation og robotteknologi, hvor der nu også er særligt fokus på AM og 3D-Print på erhvervsuddannelserne. Innovationsfonden støttede i 2019 blandt andet Aage Vestergaard Larsen A/S med 700.000 kr. til innovation af bæredygtigt filament til 3D print.

Endvidere påviser aktørsegment "brugere" også, at teknologien bruges som en decideret konkurrencefordel og skaber arbejdspladser på tværs af mange brancher. Blandt flere kan nævnes Monoqool og Particle3D, der netop udnytter teknologien og dets muligheder til at skabe en bæredygtig forretning inden for deres respektive industrier.

Igen i år har der været afholdt flere arrangementer med fokus på AM-teknologien og dets forretningsmæssige potentiale. Blandt mange er AM Summit 2019, hvor temaet i år var "Changing Paradigms". Der var stor tilslutning fra det danske økosystem på dette års Formnext 2019 i Frankfurt, ligesom der var et særligt fokus på 3D print på HI Messen i Herning i år.



Internationalt

Nordic AM Group vil skabe et større nordisk AM-marked

Dansk AM Hub indgår i Nordic AM Group, der er et netværk etableret af nationale AM-centre, hubs og fonde i Danmark, Sverige, Norge og Finland. Initiativet, som nu har eksisteret i et år, vil skabe et større og mere attraktivt fællesnordisk AM-marked. Med udgangspunkt i, at de nationale markeder på den ene side er for små og på den anden side minder meget om hinanden, vil Nordic AM Group medvirke til, at Norden opfattes som ét stort marked til gavn for branchens aktører og små og mellemstore virksomheder.

Det er første gang, der igangsættes et nordisk samarbejde inden for AM. Det handler dels om at skabe fokus på, hvad de nordiske aktører kan, dels om hvordan teknologien integreres i virksomhederne, og hvordan det påvirker dem. Desuden skal Nordic AM Group have fokus på at knytte små og større virksomheder sammen med uddannelsesinstitutioner og udenlandske spillere inden for området.

Nordic AM Group tilbyder således en platform, hvor viden, samarbejde og åbenhed skal tiltrække talent, investeringer og vækst til regionen. Industrien, SMV'er, universiteter og andre interesserede har adgang til:

- En åben platform for videndeling og en indgang til de forskellige økosystemer i Norden
- Årlige events i hvert af de fire lande
- Inspirationscases
- Overblik over AM-økosystemet i Norden.

Blandt partnerne i Nordic AM Group er Alfred Nobel Science Park, SINTEF, Amexci, VTT, Ideascout og Dansk AM Hub.

World Economic Forum – Copenhagen Advanced Manufacturing Hub

I 2019 er Dansk AM Hub blevet udnævnt som Skandinaviens hub for avanceret produktion af W.E.F. Det vil sige, at Dansk AM Hub er blevet en del af et globalt økosystem igangsat af World Economic Forum (WEF). De såkaldte World Economic Forum Advanced Manufacturing Hubs er etableret med den mission at understøtte og accelerere fremstillingsvirksomheders evne til at konkurrere mere effektivt inden for avanceret produktion, hvor AM-teknologi spiller en vigtig rolle. Hubberne er placeret rundt omkring i verden, bl.a. i USA, Australien og flere steder i Europa.

Copenhagen Advanced Manufacturing Hub skal, via Dansk AM Hub, arbejde for at understøtte teknologiudvikling og kompetenceudvikling, fremme bæredygtighed og adressere specifikke udfordringer for regionen. Samtidig er Dansk AM Hub blevet en del af et globalt netværk med mulighed for at løfte udfordringer i Norden til et internationalt niveau, lære af andre regionale hubber og etablere nye internationale partnerskaber.

