KAN 3D-PRINT BETALE SIG?

- SÅDAN BEREGNER DU DET

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Indhold

INDLEDNING	3
DEN TRADITIONELLE KALKULE	4
KIG PÅ HELE VÆRDIKÆDEN MED 3D-PRINT	5
SÅDAN FINDER DU MERVÆRDIEN – VÆR KREATIV	6
MINDRE RISIKO – MEN ET NYT MINDSET	7
CASE 1: ROBOTGRIBER	8
CASE 2: DANFOSS CENTRERINGSVÆRKTØJ	9
CASE 3: FLYSPÆNDE	10
CASE 4: COVERS TIL RØNTGENUDSTYR	11
OM TEKNOLOGISK INSTITUT	12

Teknologisk Institut er en selvejende og almennyttig Institution, der blev etableret i 1906 og er godkendt som GTS-institut af Uddannelses- og Forskningsministeriet.

Hendes Majestæt Dronning Margrethe 2. er protektor for Teknologisk Institut.

Teknologisk Instituts samarbejde med erhvervslivet bygger på fortrolighed, tavshedspligt og vores brandpromise.

Læs mere på teknologisk.dk og dti.dk

Forsidefoto: Metal 3D-printer

> Hvis du kun laver en traditionel omkostningsbregning, er 3D-print sjældent en attraktiv teknologi

Indledning

Giver 3D-print mening ud fra et økonomisk perspektiv – og hvordan beregner jeg det? Hvis din virksomhed har overvejet at gå i gang med 3D-print, er spørgsmålet måske dukket op (det burde det i hvert fald) – og du har sikkert erfaret, at det er svært at besvare.

Herunder får du hjælp til at gennemskue, hvordan du beregner økonomien ved 3D-print, og vi har ligeledes inkluderet tre business cases, der hver især viser, hvordan værdien kan optræde.

For at kunne vurdere de samlede økonomiske perspektiver ved 3D-print og få et retvisende billede, er du nødt til at gå meget systematisk til værks. Det indebærer bl.a. at se på merværdien i alle trin af værdikæden, i hele den 3D-printede komponents levetid.

Normalt ville du givetvis se på omkostningerne – altså hvad det direkte koster dig at producere et emne – og så holde det op mod indtægterne. Denne traditionelle omkostningskalkule kan i sig selv kan godt vise, at 3D-print vil være fordelagtigt.

MEN: hvis du kun laver en traditionel omkostningsberegning, vil det ofte være tilfældet, at det ikke er attraktivt at 3D-printe.

For at forstå hvorfor den traditionelle omkostningskalkule er utilstrækkelig, er vi først nødt til at kigge på, hvad den egentlig tager højde for - og hvad den overser.

Den traditionelle kalkule

Hvis man skal fremstille en komponent, vil man med den traditionelle kalkule se på de forskellige omkostningsbidrag.

Det kunne fx være materialeprisen, timprisen på produktions maskinen, emballageprisen og lønnen til de personer, der er involveret i produktionsprocessen (operatører, pakkere etc.) – alt omkring selve komponenten. Derudover skal man medregne en række indirekte omkostninger, som ens komponent skal betale en del af. Det er sådan noget som husleje, forsikringer, el, strøm, vand og varme i bygningen, hvor man producerer.

Alle disse omkostninger belaster man sin producerede komponent med, og på den måde kan man udregne stykprisen for én komponent, hvis man fremstiller den inhouse – hvis man får den fremstillet hos en underleverandør, er det underleverandørens pris, der skal indregnes per styk.

Endelig beregner man, hvad man skal tjene på komponenten, og sammen med de omkostninger der skal dækkes, har man en salgspris - og kan se, om regnestykket hænger sammen. Normalt siger man jo, at en vare koster det, man kan få for den, og så kan man dernæst se, hvor meget man kan tjene.

Hvis du så vælger at bruge 3D-print som alternativ til den traditionelle fremstilling, og du kun kigger på det med ovenstående briller på, så kan du opleve, at det bliver billigere at 3D-printe – men du vil nok ofte opleve, at det bliver dyrere.

Det skyldes bl.a., at materialerne til 3D-print er relativt dyre, at 3D-print processen ofte er langsom sammenlignet med konventionelle processer, samt at investeringen i produktionsmaskiner til 3D-print er relativt høj. Så hvis du udelukkende kigger på omkostningen, vil det ofte ikke være attraktivt at 3D-printe. Hvad er det så, der gør, at 3D-print kan give rigtig god mening – også økonomisk?

> Kig på hele værdikæden og hele produktlevetiden for at få det rigtige billede - og husk merværdien

Kig på hele værdikæden med 3D-print

For at få et retvisende billede af økonomien ved 3D-print, er det afgørende at medregne den merværdi, som bliver skabt – eller som man har mulighed for at skabe med 3D-print.

For det giver ikke nødvendigvis mening at lave nøjagtig det samme som før, bare med 3D-print. For at får det optimale udbytte, skal man i stedet lave noget, der udnytter teknologiens muligheder.

Hvis man regner merværdien med, er det selvfølgelig ikke sikkert, at det altid er smartere at 3D-printe - men i rigtig mange tilfælde vil det være det.

Ved 3D-print er det derfor en god idé at opstille en komplet business case. Det er ikke det samme som en omkostningskalkule, for i business casen regnes merværdien med. Merværdien kan optræde på mange forskellige måder, mange steder i værdikæden, og på forskellige tidspunkter i produktets levetid.

Samtidig er man nødt til at kigge ud over det emne, man tænker på at 3D-printe, da merværdien godt kan være 'gemt' et andet sted end i selve den komponent, der 3D-printes.

Man skal fx også se på, hvad den printede komponent skal monteres sammen med, eller hvilken driftssituation den skal indgå i.

Skabes merværdien fx i designfasen (måske fordi udviklingstiden forkortes), som led i selve fremstillings- eller montageprocessen, under distribution og salg, ved servicering – eller når du skal genbruge eller afmontere komponenten igen? Alle disse steder kan potentielt set blive påvirket, når du begynder at 3D-printe.

Derfor er det vigtigt at sørge for at komme vidt omkring, når man beregner økonomien; kig på hele værdikæden og hele produktlevetiden for at få det rigtige billede – og husk merværdien. Og så vil vi godt lige løfte en pegefinger: Husk at vurdere kritisk, hvornår det giver mening at 3D-printe, og hvornår du skal lade være.

Som tekniker kan man let blive euforisk over de fantastiske, tekniske løsninger, man kan lave med 3D-print. Men her skal man lige huske, at selvom 3D-print teknisk set giver nogle rigtig gode løsninger, så er det ikke sikkert, at det økonomisk kan betale sig – og økonomien skal selvfølgelig også hænge sammen.

Sådan finder du merværdien - vær kreativ

Nu har vi snakket en del om merværdien, men hvordan kan den så se ud? Lad os tage et par eksempler:

Hvis du fx bruger 3D-print til at bygge flere komponenter sammen og integrere funktioner, så betyder det, at du har færre samleflader. Derfor vil din komponent være lettere at gøre ren, og dermed sparer du både tid og penge i hele den periode, du bruger komponenten.

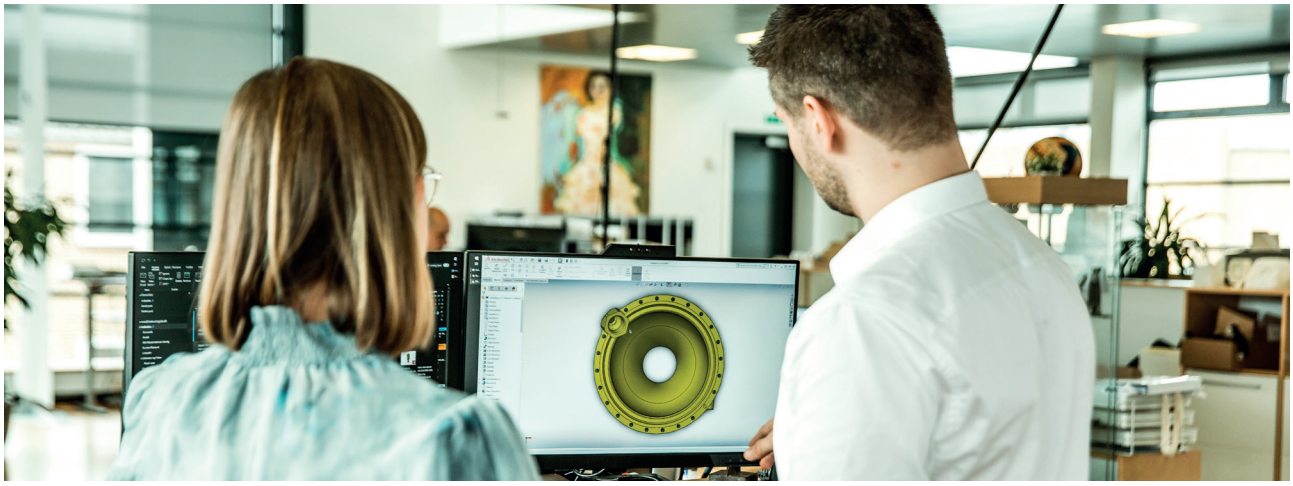
Den slags er fx meget værd i fødevareindustrien. Hvis vi tager eksemplet et skridt videre, så viser det sig måske, at det godt nok er dyrere lige nu, hvis vi 3D-printer. Men hvis komponenten fx skal serviceres hvert andet år i de næste 20 år, og servicebesøget nu kan klares på en time i stedet for fire timer, fordi der kun er én del, der skal skiftes ud, og ikke flere dele, der skal skilles ad fra hinanden og skiftes ud hver for sig, så er det jo også noget værd. De tre timers besparelse over de næste 20 år skal derfor også med i regnestykket.

Et andet eksempel kunne være, at du optimerer flowet gennem en ventil eller en hydraulikblok. Her er det ikke komponenten alene, du skal kigge på. For hvis du optimerer flowet, kan du måske gå ned i størrelse på den pumpe, der skal pumpe væsken igennem. Det betyder, at du skal 1) betale mindre for pumpen og 2) betale mindre i driftsomkostninger, fordi den mindre pumpe bruger mindre strøm – og det er i hele levetiden.

Denne form for merværdi og besparelser skal også tages med i det store regnestykke. Det er eksempler på, at du henter nogle penge et andet sted end i selve den 3D-printede komponent – og at du derfor er nødt til også at kigge på funktionen og de tilgrænsende flader.

Derfor skal du tænke lidt ud ad boksen, være kreativ og vurdere økonomien på en ny og mere holistisk måde, når du arbejder med 3D-print. Det kræver noget tilvænning at lære at regne på den måde, men hvis du ikke gør det, vil du ofte se et for snævert billede, som ikke taler til fordel for 3D-print – og så risikerer du at gå glip af merværdien.

Derfor skal du også huske at spørge dig selv, **HVORFOR** du vil 3D-printe – hvad kan 3D-print teknologien gøre for dig, og hvilken merværdi er det, du kan opnå?



Mindre risiko med 3D-print – men et nyt mindset

Ud over merværdien på den lange bane, kan du også få ROI på den korte bane med 3D-print - og du kan producere billigere og med mindre risiko.

Fx investerer du ikke i dyre værktøjer, og du kan nøjes med at printe det præcise antal komponenter, når du skal bruge dem, så du ikke har en stor lagerbinding. Som i andre sammenhænge behøver du ikke nødvendigvis selv at investere i 3D-printeren men kan i stedet benytte dig af eksterne 3D-print leverandører, som har de nødvendige maskiner og den rigtige knowhow.

Til gengæld kræver omstillingen til 3D-print, at du ændrer dit mindset, og der er måske en længere indlæringskurve, inden det sker.

Derfor skal du starte med at investere i uddannelse og læring – så høster du gevinsterne efterfølgende.

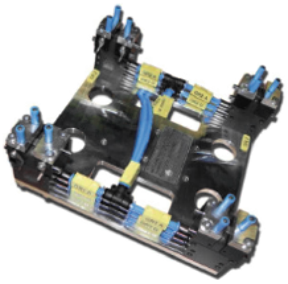
Som vi allerede har nævnt, kan gevinsterne optræde i forskellige former, forskellige steder i værdikæden og forskellige steder i produktets livscyklus. Men derudover kan gevinsterne også opdeles i økonomisk let kvantificerbare og svært kvantificerbare – de svært kvantificerbare er dem, der er svære at sætte kroner og øre på, og dem har vi også givet eksempler på i de nedenstående cases.

Det vigtigste er, at du husker alle de ekstra værdier, der bliver skabt, netop fordi du bruger 3D-print – det er typisk dem, der afgør, om det er rentabelt at 3D-printe.

ROBOTGRIBER

Denne case med en 3D-printet robotgriber har vi lånt fra 3D-printerproducenten EOS, som har lavet den sammen med virksomhederne Kuhnstoff og Wittmann. Udfordringen lød på at bygge et letvægts-gribesystem med integreret funktionalitet, som kunne at flytte de krævede belastninger gennem mindst 5 millioner driftscyklusser.

Herunder kan du se fakta om casen – vi kan deværre ikke afsløre de korrekte tal, men opstillingen af regnestykket giver en god ide om måden at beregne gevinsterne på.



Oprindelig griber

3D-printet griber

Fakta og økonomi ved redesign til 3D-print

- Markant simplificering af griberen med færre komponenter – fra 21 til 2
- Alle komponenter er designet til 3D-print
- Teknologi er SLS med PA12 nylonpulver
- En vægtreduktion på 86 %, halvvering af fremstillingsprisen og 75 % kortere produktionstid – nu kun 3 dage

Afledte gevinster

- Med vægtreduktion kunne man bruge en mindre og billigere robot
- Lavere byggehøjde gav en kortere cyklustid
- Simplificeringen af griberen gjorde fejlfinding lettere
- Lettere bortskaffelse med kun ét materiale og ingen de-montage

	DKK	DKK
Konventionel fremstilling - omkostninger		
Fremstilling **i alt:**	**4.000**	
Industriel 3D-print - omkostninger		
Designomkostning, afskrivning per griber ved 100 gribere/ robotinstallationer	800	
Fremstilling i alt	2.000	
I alt:	**2.800**	
Meromkostning / besparelse ved 3D-print	**1.200**	
Let kvantificerbare gevinster		
Mindre robot:		50.000
Mindre byggehøjde giver kortere cyklustid (form-åbning):		70.000
I alt:		**120.000**
Benefits - svært kvantificerbare gevinster		Leveringstid 3 dage (tidligere 12 dage), Lettere fejlfinding, Mere simpel skrotning og genbrug, Robust design med øget levetid
Samlet effekt pr. robotinstallation		**DKK 121.200 + Benefits**

DANFOSS CENTRERINGSVÆRKTØJ

Denne case er fra Danmark, hvor Danfoss er begyndt at 3D-printe et centreringsværktøj, der anvendes til at samle en elektrisk motor i en af virksomhedens kompressorer.

Værktøjet er på størrelse med en halv liters vandflaske, og baggrunden for at 3D-printe det var et ønske om at fjerne al unødvendigt materiale for at reducere vægt og pris - men samtidig beholde nok masse til, at værktøjet var tilpas robust.

Takket være nye materialer og en unik gitterstruktur er værktøjets vægt formindsket med hele to tredjedele – fra 1.100 g. til 382 g. En vægtreducering på to tredjedele har en stor betydning for operatørerne, når de skal løfte værktøjet 180 gange om dagen, og samtidig blev værktøjet også stærkere og bedre med 3D-print.

- Før anvendte vi fx en særlig slags aluminium, og så skiftede vi til 3D-printet titanium, der er meget stærkere. Med traditionelle fremstillingsmetoder er det ikke muligt at skabe den komplekse geometri, der er afgørende for vægtreduceringen, fortæller Niklas Franke, Head of Additive Design and Manufacturing hos Danfoss Heating.

Indledningsvis var prisen for 3D-print næsten dobbelt så høj, men på grund af øget styrke og dermed længere levetid ender værktøjet alligevel med at blive billigere. Det understreger, at vi er nødt til at kigge på hele produktets levetid, når vi beregner økonomien. Og så er der den svært kvantificerbare gevinst, at værktøjet bliver væsentlig lettere for operatøren at betjene.

Fakta og økonomi ved redesign til 3D-print

- Via 3D-print blev værktøjet meget lettere: Fra 1.100 g (Aluminium) til 382 g. (Titanium)
- Designet med kompleks geometri, der muliggør vægtreducering
- 3D-printet med SLM-teknologi i titaniumpulver
- Oprindelig pris: 5.500 kr. 3D-print pris: 10.200 kr. Med produktets markant længere levetid, så er prisen per år reduceret med 63 procent.
- Den reducerede vægt gør værktøjet lettere at betjene for operatører, der løfter det 180 gange om dagen

FLYSPÆNDE

Som nævnt skal du måske grave lidt dybere for at finde den økonomiske gevinst ved 3D-print – men så kan gevinsten til gengæld også være stor. Det er dette 3D-printede bæltespænde til flyindustrien et fremragende eksempel på – det kommer fra SAVING projektet.

Det 3D-printede spænde til en Airbus A380 er topologioptimeret og 3D-printet i titanium, og det koster 16-17 gange mere at fremstille end et traditionelt spænde. Hvorfor så overhovedet overveje det?

Jo, målet var at reducere vægten på spændet, og dermed reducere CO2-udledningen. Vægtbesparelsen på det 3D-printede spænde betød samtidig, at der var en enorm brændstofbesparelse set over hele flyets levetid. Dermed er meromkostningen for 3D-print inklusive udviklingsprojektet rigeligt betalt tilbage over hele flyets levetid. Denne case viser tydeligt, hvorfor vi er nødt til at se på hele værdikæden over hele produktets levetid.

Oprindeligt spænde

3D-printet spænde

Fakta og økonomi ved redesign til 3D-print

Vægtreduktion ved hjælp af topologi optimering - desuden færre dele, integration af bevægelige dele og eliminering af montagetid

Spændet er optimeret og designet til 3D-print

3D-printet med SLM-teknologi i titaniumpulver

Vægtreduktion på 85 g per spænde. Airbus A380 har 853 sæder, så en samlet vægtreduktion på 72,5 kg. 1 kg vægtreduktion sparer op til 45.000 liter brændstof i flyets levetid. Besparelsen per fly er 3,3 mio. liter brændstof - eller ca. 2 mio. £

Afledte gevinster

- Forøget styrke takket være optimering og integration af flere elementer
- Lettere bortskaffelse - kun ét materiale og ingen de-montage

	GBP	GBP
Konventionel fremstilling - omkostninger		
Fremstilling **i alt** pr. A380 fly, skøn (marginal betydning):	**10.000**	
Industriel 3D-print - omkostninger		
Total projektinvestering (afskrives over første fly):	1.456.211	
Fremstilling i alt, pr. fly (A380):	165.000	
I alt:	**1.621.211**	
Meromkostning / besparelse ved 3D-print - første fly	**-1.611.211**	
Let kvantificerbare gevinster		
Brændstofbesparelse i flyets levetid:		**2.000.000**
Benefits - svært kvantificerbare gevinster		Forøget styrke samt simplere skrotning og genbrug
Samlet effekt, første fly:		**388.789 GBP + Benefits**
Samlet effekt, følgende fly (pr. fly)		**1.845.000 GBP + Benefits**

COVERS TIL RØNTGENUDSTYR

Den sidste case er en af vores fra Teknologisk Institut, for lidt ananas i egen juice skal vi da have.

Den Aarhus-baserede virksomhed NRT X-Ray laver røntgenudstyr til hospitaler. I den forbindelse får de 3D-printet de store covers, der bruges til afskærmning af elektronik og andre komponenter i røntgenudstyret. I mange år fik NRT X-Ray produceret disse covers ved vakuumformgivning med efterfølgende bearbejdning, men ensartetheden på emnerne var ikke optimal. Ved at benytte 3D-print til produktionen kan virksomheden nu designe og få printet covers, som ikke var mulige at lave før.

- Vores kunder har specialiserede krav og med 3D-print kan vi tilpasse vores produkter til dem. En vakuumform tager meget lang tid at udvikle, for at man opnår den helt rette form, mens udviklingen går meget hurtigere med 3D-print, siger Jimmy Obel, Purchasing & Production Manager hos NRT X-Ray.

Desværre har vi ikke mulighed for at dele de økonomiske tal på casen, men den handler også i høj grad om de svært kvantificerbare gevinster.

I direkte sammenligning er de 3D-printede skaller dyrere per styk, end hvis man fik dem vakuumformgivet, men for NRT X-Ray giver det i udviklingsfasen frihed til at lave det perfekte cover med mange kurver og bagkanter, som ikke er muligt med et vakuumformet cover.

Desuden laver NRT X-Ray af og til nogle designændringer på skallerne, og det er ikke altid, at disse ændringer sidder lige i skabet første gang. Ved vakuumformgivning ville hver designændring kræve en ny (dyr) form, men med 3D-print er der ingen ekstra investeringer i værktøj.

Med 3D-print har de derimod stor fleksibilitet, og det var en af bevæggrundene for at vælge teknologien – på den måde kompenserer produktionsfleksibiliteten for den usikkerhed, der er i forhold til designet.

Samtidig kan NRT X-Ray få leveret covers med kort varsel, da der ikke skal bruges tid på at lave en form – og fordi produktionen sker tæt på. Så i begge tilfælde er der tale om svært kvantificerbare gevinster – øget fleksibilitet og kortere leveringstid – som er svære at sætte kroner og øre på.

Et godt sted at starte

Denne case vil også kunne overføres til andre eksempler, hvor der skal støbes eller vakuumformgives. Begge dele kræver en indledende investering i dyre værktøjer, og her kan 3D-print være et godt sted at starte, hvis du er usikker på designet eller det endelige styktal.

Du kan fx få 3D-printet hos en ekstern leverandør, så du ikke selv skal investere i maskinen, og du betaler kun for det antal, du skal bruge – ikke for en forventning om, at der en dag skal laves 100.000 styk. På den måde ændrer du en fast omkostning til en variabel omkostning.

Om Teknologisk Institut

Teknologisk Institut har siden grundlæggelsen i 1906 arbejdet innovativt for at forbedre erhvervslivets konkurrenceevne, samfundets velstand og menneskers liv.

TEKNOLOGI ER MIDLET – FREMSKRIDT MÅLET

Vi tror på, at teknologi kan forbedre erhvervsliv, samfund og menneskers liv. Vi udvikler, anvender og formidler forsknings- og teknologibaseret viden til dansk erhvervsliv.

Teknologisk Instituts vigtigste opgave er at sikre, at ny viden og teknologi hurtigt kan omsættes til værdi for vores kunder i form af nye eller forbedrede produkter, materialer, processer, metoder og organisationsformer.

Instituttet samarbejder med eksisterende og nye virksomheder enkeltvis og i grupper om teknologisk og ledelsesmæssig fornyelse og effektivisering, såvel bredt som på avancerede områder.

Vores værdier er kendetegnet ved:

- Vi har stor faglig bredde inden for tekniske og ledelsesmæssige discipliner - det åbner for helhedsprægede og tværfaglige løsninger
- Vi arbejder uvildigt og fortroligt med faglig integritet - det giver tillid og loyalitet
- Vi udforsker nye teknologier og udvikler ny viden - det skaber innovation og nye løsninger
- Vi kombinerer avanceret viden med praktisk erfaring - det sikrer anvendelige løsninger, der er tilpasset kundens behov
- Vi er handlingsorienterede og taler et sprog, der er til at forstå - det giver kontante resultater
- Vi er effektive og tænker forretningsmæssigt - det betyder 'value for money'
- Vi er veluddannede og engagerede - det sikrer kvalitet og hurtighed

Læs mere om Teknologisk Institut og 3D-print

TEKNOLOGISK INSTITUTS BRAND PROMISE

EKSPERTISE

Vi kombinerer avanceret viden med praktisk erfaring.

Vores ydelser bygger på specialiseret faglighed og state-of-the-art udstyr.

INTEGRITET

Vi indgår åbent og engageret i samarbejdsrelationer.

Vores troværdighed hviler på redelighed, transparens og uvildighed.

RESULTATSKABENDE

Vi leverer løsninger, der skaber værdi for vores kunder.

Vores engagement og indsigt driver os til resultater af høj kvalitet.

BANEBRYDENDE

Vi bringer morgendagens teknologi i anvendelse.

Vi sætter retningen for anvendelse af teknologi i dansk erhvervsliv.