



Teknologiforståelse Tandteknik

SUS, Serviceerhvervenes
Efteruddannelsesudvalg

Dirk Leonhardt

Oktober 2025



Teknologiforståelse Tandteknik

© Børne- og Undervisningsministeriet (oktober 2025). Materialet er udviklet af Serviceerhvervenes Efteruddannelsesudvalg i samarbejde med Dirk Leonhardt. Materialet kan frit kopieres med angivelse af kilde.

Foto/illustrationer er udviklerens egne.

SUS

Serviceerhvervenes Uddannelsesudvalg

Vesterbrogade 6D, 4.

1620 København V.

Tlf. 32 54 50 55

www.sus-udd.dk

sus@sus-udd.dk



Indholdsfortegnelse

Indledning	4
Ordermanageren og dens opgave	5
3D-filer	6
Laboratoriescanneren	7
Vurdering af kvaliteten af digitale aftryk (IO-scan).....	8
Designsoftware for Tandteknikere	9
Design af et diagnostisk setup på en OK-front med manglende og/eller delvis destruerede tænder ved hjælp af dental designsoftware.....	10
De grundlæggende principper for 3D-print	12
Øvelse i forbindelse med 3D-print.....	14
3D-print og arbejdsmiljø.....	15
Grundlæggende elementer i kunstig intelligens.....	15
Anvendelsen af kunstig intelligens i dentalbranchen.....	16



Indledning

Selvom du i en årrække har arbejdet i dit fag som tandtekniker og sikkert har en del erfaring, er det vigtigere end nogensinde at holde sig opdateret. Nye materialer, maskiner og ikke mindst nye teknologier har ført til en revolution inden for faget.

I dag er tandsundhedsbranchen ikke længere noget, der foregår på en tandlægeklínik og et dentallaboratorie. Vi taler om en dentalindustri, som består af store virksomheder, som tilbyder materialer, teknologier og services - ikke til dentallaboratorier, men hovedsageligt til tandlægeklínikker - for at effektivisere deres arbejde og reducere omkostningerne.

Digitaliseringen indenfor tandsundhed har gjort det nemt for tandlægen og laboratorier at sende deres arbejde til produktionssteder, som har ressourcer, midler og ikke mindst logistik, som gør det muligt at producere tandteknik fra nære og fjerne lande og i en kvalitet, som er på højde med det vi producerer på danske laboratorier.

Denne udvikling har ført til en drastisk reduktion i antallet af danske dentallaboratorier. For at vi kan bevare tandteknik som fag, er det afgørende, at der uddannes tandteknikere, som kan bevæge sig i denne nye digitale verden og at de teknikere, som har været i faget i en årrække, kan videreuddanne sig, for at skabe et solidt grundlag for fagets fremtidige eksistens.

Dette kursus vil tilbyde muligheden for at komme dybere ind i denne digitale tandverden. Alt billedmateriale i dette dokument og præsentationen tilhører forfatteren.



Ordermanageren og dens opgave

Som ordet allerede siger, drejer det sig om software, som har til opgave at skabe struktur og lagre samtlige informationer, som er knyttet til digitale arbejdsopgaver/ordrer.

1. Kunder/Tandlægeklivnikker
2. Patienter/Patient ID
3. Dato for modtagelse/oprettelse
4. Dato for aflevering
5. Kundespecifikke parameter
6. Arbejdets art
7. Billeder/Tekst
8. Intraoralscan eller laboratoriescan
9. Materialer
10. Brugere

Efter oprettelse af en ordre med de tilhørende data lukker man ordreseddelen, ved at klikke på "Next", og man er tilbage på overblikssiden. Ved at klikke på "Start" eller dobbeltklikke på selve ordren, åbner dette, det til opgaven knyttede designprogram.

Samtlige ovenfor nævnte informationer bliver gemt på computerens harddisk i en mappe med navn "3ShapeDentalSystemOrders".

Ydermere har softwaren en database, hvori samtlige parametre for design, materialer, maskiner og produktionscentre er lagret. Denne database er rygraden i alt, hvad vi vil fortage os i softwaren.

Her lagres bl.a. de såkaldte DMI-filer, som indeholder CAD- og CAM data og kontaktoplysninger til eksterne producenter. Man kan få tilgang til denne database ved at klikke på "Control Panel".

Det er vigtigt at lave en backup af denne database, før man begynder at ændre værdier, da evt. fejl under indtastning kan have fatale konsekvenser for softwarens funktion. I det hele taget kan det være en fordel at sikre disse vigtige data gennem en backup. Ved et nedbrud af arbejdscomputeren kan man spare sig for mange timers arbejde, som man ellers skal bruge for at genskabe denne database.

Det anbefales, at dette gennemføres af en erfaren servicetekniker og at man kontakter forhandleren, hvor man har købt programmet.



3D-filer

For at få en mere grundlæggende forståelse for, hvad det er man arbejder med, når man håndterer digitale aftryk, designer i software og printer med en 3D-printer, følger her en kort introduktion. 3D-filer kommer i forskellige formater, afhængig af hvad de skal bruges til og i hvilken software de er lavet.

- **STL** (Standard Triangle/Tessellation Languageuniversalformat) er en gengivelse af en tredimensionel overflade som kan åbnes i alle 3D-viewer.
- **OBJ** indeholder farver, tekstur og 3D-data og bruges meget i spilleindustrien.
- **STEP** indeholder højere grad af præcision, anvendes mest i industrien, hvor den kan bruges på tværs af forskellige programmer og maskiner.
- **PLY** indeholder ud over 3D-overfladen også farve og tekstur.

Derudover har de fleste softwareproducenter i dag deres egne filformater, som kun kan åbnes i deres respektive software. F.eks. 3Shapes DMI-format, som kun kan åbnes i deres viewer og designprogrammer.



Laboratoriescanneren

Et meget vigtigt redskab for at kunne arbejde digitalt på laboratoriet er scanneren. I dag findes der en del maskiner på markedet, som alle har den funktion, at overføre et fysisk objekts overflade og farve, f.eks. en gipsmodel, en protese eller et aftryk - til et for computerprogrammet forståeligt dataset, som dermed kan vises i 3D på skærmen.

Her er navne på nogle producenter:

- Shining 3D
- Medit
- BL.Z Dental
- 3Shape
- Exocad
- Zirkonzahn
- Imes-icore
- Dentsply-Sirona
-

Samtlige scannere arbejder med en tilstrækkelig præcision til vores arbejde og kommer med deres respektive software.



Vurdering af kvaliteten af digitale aftryk (IO-scan)

Som erfaren og kritisk tandtekniker er man vant til at kigge nøje på silikoneaftryk. Det kræver en del erfaring, for at kunne bedømme, om et aftryk er godt nok til at fremstille noget protetik.

I forhold til et digitalt aftryk har silikoneaftrykket den store fordel, at:

1. Man kan se, hvor der er præpareret, pga. præparationsspor fra bor.
2. Man kan se, om der er trækninger, eller om silikone ikke har haft kontakt til præparationsoverfladen pga. fugt.
3. Silikonematerialet kan gå ind mellem præparation og tandkød, der hvor præparationsgrænsen ligger under gingivaniveauet.
4. Man kan kigge med lup eller mikroskop i et silikoneaftryk, og man ser mere. Det kan man ikke med et digitalt aftryk. Jo mere man zoomer ind, desto mindre ser man.

En anden fordel er, at når der er lavet en gipsmodel, kan teknikeren på grundlag af sin erfaring foretage mindre korrektioner på gipsstampen ved at fjerne småfejl med et dertil egnet værktøj. Som regel en skalpel.

Alt dette kan ikke lade sig at gøre på et digitalt aftryk, eller kun i meget begrænset omfang. Derfor er det vigtigt at tandlægen har kontrol over forholdene under scanning af præparationer.

De mindste fejl under scanningsprocessen kan føre til, at aftrykket ikke kan bruges eller at arbejdet ikke kommer til at passe i patientens mund. Manglende kanttilslutning eller overmodellering er ofte resultatet ([billede 1 på side 17 og PowerPoint](#)).

Også den digitale bidregistrering kan være fejlbehæftet og det kan være svært til umuligt at rette op på i dentalsoftware.

Her er et godt samarbejde mellem tandlæge og laboratoriet en forudsætning for, at en høj kvalitetsstandard kan opretholdes. Dialog, gensidig respekt og viljen til at arbejde med patientens vel for øjet er nøgleordene.



Designsoftware for Tandteknikere

Alt efter opgaven findes der software, som tandteknikeren kan benytte sig af, for at komme i mål. Ofte bliver disse produkter solgt som en pakke, sammen med en laboratoriescanner. Her kan der nævnes 3Shape, Zikon Zahn, Exocad og Sirona Dentsply, som tilbyder komplet løsninger.

Det er også muligt at købe designprogrammer uden scannere, dog kræver det at man har en licens, så man kan importere scandata fra en fremmed scanner.

Fordelen ved en komplet løsning er, at scanner og software arbejder sammen fra starten.

Ulempen er at man som udgangspunkt arbejder i et lukket system og det kræver lidt mere kendskab, hvis man f.eks. vil eller skal arbejde i forskellige 3D-programmer.

Her er en liste over fri software, som kan være til nytte i det daglige arbejde:

- **MeshMixer** Anses som schweizerkniv for STL-filer (gratis)
- **Blender** 3D-designsoftware (gratis)
- **Blender4Dental** Baseret på Blender, udviklet til tandteknik (engangslicens)
- **Slicer** Til CBCT-scans, for at generere printbare filer (gratis)

For at kunne benytte sig af de ovenfor nævnte programmer, er det vigtigt, at man kan eksportere de normalt lukkede filer fra et system til det åbne STL-format, som derefter kan importeres til den ønskede software.



Design af et diagnostisk setup på en OK-front med manglende og/eller delvis destruerede tænder ved hjælp af dental designsoftware.

En af de store fordele ved digital tandteknik er muligheden for at skabe tredimensionelle billeder, som kan visualisere et muligt resultat af en behandling, uden at behandleren behøver at foretage mere end at tage intraorale scans.

Der findes software, som ved hjælp af AI kan generere et æstetisk resultat allerede mens, patienten sidder i klinikstolen.

Men i nogle tilfælde kræves der lidt mere og tandlægen sender scanningerne til teknikeren med ønsket om, at der skal laves et diagnostisk setup. Eventuelt skal dette setup printes som en model eller printes således, at det kan indsættes i patientens mund, for at give patienten en tydelig fornemmelse af, hvordan en behandling kan komme til at se ud.

Fremgangsmåde:

1. Oprettelse af ordren i Ordermanageren.

- Navn
- Klinik
- Arbejdets art (**temporary on prepared model**)
- Markering af printmodel
- Markering af tænder som indgår i processen
- Valg af bro (**bridge**) eller enkelte tænder
- Valg af materiale
- Valg af farve

2. Åbne designprogrammet

- Klargøring af aftrykkene
- Bestemmelse af indskudsretning
- Evt. korrektion af bidhøjde iht. tandlægens ordre
- Import af tænder fra databasen
- Evt. ændring af tandform fra Smile Design-databasen
- Placering af tænder iht. eksisterende tænder fra okklusal
- Placering af tænder iht. resttandsættet
- Tilretning af de enkelte tænder ved hjælp af designværktøjer
- Kontrol af artikulation og okklusion (virtuel artikulator)
- Kontrol af approksimale kontaktpunkter
- Evt. skabelse af kontakter mellem tænder
- Endelige designtilpasninger
- Fremstilling af model eller



- Subtraktion af det digitale aftryk ud af designet
- Generate Cam output

3. Klargøring til print

Afhængig af det arbejde, tandlægen har bestil, skal det designede setup viderebehandles.

- Print som kiggemodell

Efter designprocessen er afsluttet, er næste trin åbning af Modelbuilder-programmet. Her er der mulighed for at vælge forskellige versioner af modelsokler, med eller uden mulighed for montage af okkludatorer eller artikulatorer, udhulede eller massive modeller og valget om det designede setup skal være en del af modellen eller ej.

Her vælges "combine design" som en del af modellen. Hermed bliver setup og model printet i et stykke.

- Print af design

Ved print af et design i tandfarvet materiale, som selvfølgelig skal være godkendt til brug i patientens mund, benytter man sig af funktionen "generate visuel output" i ordermanageren.

Højreklik på ordren og **vælg** funktionen fra rullemenuen. **Åbn** folderen "visuel output" hvor 3D-filerne til det respektive arbejde ligger, og kopiér derfra setup`et til printprogrammet.



De grundlæggende principper for 3D-print

3D-print er en teknologi, som ved hjælp af data og en 3D-printer, bygger fysiske emner i forskellige materialer.

Data:

For at skabe data, som senere kan printes med en 3D-printer, er det nødvendigt at råde over software til formålet. Hertil findes der programmer til forskellige opgaver.

Om det er design af maskiner, huse, møbler, tøj, biler, fly, sko og værktøj eller medicinsk udstyr som implantater, operationsskinner, proteser til kropsdele, som f.eks. tænder, så findes der software til formålet. Disse programmer sælges med licenser og priserne kan være meget høje.

Men der findes også en del gratis software, som kan downloades og man kan blive overrasket, hvor meget man kan udrette med denne. Her kan nævnes programmer som Blender (**Blender 4 Dental**, som dog koster et engangsbeløb), Meshmixer, Tinkercad, Womp, Open Scad og flere andre.

Her et link til download af Meshmixer, som skal bruges i det videre forløb.

<https://download.cnet.com/download/meshmixer/3000-windows-meshmixer.html>

Men man kan forvente en forholdsvis stejl læringskurve.

Uanset hvilken software man arbejder med, så ender arbejdet med en tredimensionel struktur, som enten kan printes eller fræses. Ved 3D-print er filformatet som udgangspunkt **STL**. Forkortelsen står for **Stereolithography, Standard Triangle Language** eller **Standard Tessellation Language** og er en industristandard.

Hvordan ser sådan en fil ud?

Som navnet allerede antyder, beskriver formatet en samling af trekanter, en såkaldt polygon med 3 kanter og 3 vinkler, som kan have forskellige kantlængder og vinkler. En samling af 2 trekanter, hvor 2 punkter af den ene trekant deles med 2 af punkterne af en tilstødende trekant, kan allerede danne en tredimensionel overflade.

Når antallet af trekanterne vokser, dannes der en figur, som kan vises på computerskærmen fra alle sider. Dette kaldes et ”**Mesh**”. Man kan f.eks. forestille sig en pyramide bestående af 4 lige trekanter (**STL** ”åben pyramide”).

Antallet af trekanter i en tredimensionel form kan være enorme og jo flere trekanter en form indeholder, desto mere detaljeret vil denne se ud ([billedet 2 på side 17](#) og eksempler i MeshMixer). Det er lidt ligesom ved 2D-billeder, som man tager med sit kamera. Jo flere pixels, desto højere er opløsningen i billedet, og desto flere detaljer vil man kunne se.



Man skal huske at sådan et design, bestående af x-antal trekanter, er ikke andet end en gengivelse af en overflade uden at være en printbar figur. For at den kan printes, skal den være lukket.

Dette betyder, at figurens trekanter skal dække samtlige sider af objektet og der må ikke være nogen huller i overfladen. Man kalder det, at designet skal være ”vandtæt”. For den tidligere nævnte pyramide betyder dette, at den skal have en bund (STL ”lukket pyramide”).

Der kan være fejl i et ”Mesh”, som forhindrer at et design af et objekt kan printes. En fin forklaring findes på linket nedenfor:

<https://www.impactlabs.tech/the-complete-guide-to-3d-printing-ch-9/?lang=en>

Nu har vi et tredimensionelt objekt, som kan printes.

Print:

Der findes i dag et utal af 3D-printere til forskellige formål og materialer. De kommer med deres egne softwareprogrammer, som åbner STL-filer og forbereder selve printprocessen. Uanset materialet eller printertype fungerer alle 3D-printer efter samme princip.

- Objektet som skal printes analyseres for at vurdere printbarheden:
 1. Er objektet vandtæt?
 2. Er der fejl i anordningen af trekanterne?
 3. Er objektet samlet korrekt?

- Objektet skal orienteres iht. dens geometri og den ønskede funktion:
 1. Hvor skal supportelementerne være?
 2. Hvorledes opnår man et hurtigere resultat?
 3. Hvorledes opnår man den bedste præcision/pasform?

Efter disse trin i printerprogrammet er gennemført, ser man på skærmen objektet placeret på printplatformen sammen med de genererede supports. ([billede 3 på side 18](#))

I det efterfølgende trin tager printsoftwaren hele datasættet, dvs. design inklusive support, og skærer dette op i tynde lag. Skæringen sker parallelt til selve printplatformen og tykkelsen af de enkelte snit definerer opløsningen eller finhedsgraden af det printede objekt i Z-aksen, samt hvor lang tid det vil tage at printe emnet. ([billede 4 på side 18](#))

Opløsning af X- og Y-aksen defineres af den benyttede projektionsteknologi i printerens og beskrives med **DPI** ”dots per inch”. Man kan forestille sig, at X- og Y-aksen repræsenterer opløsningen på en almindelig printer til papir. ([billede 5 på side 19](#))



En beskrivelse af de forskellige printteknologier og en liste over forskellige dental-3D-printere findes ved klik på de nedenfor tilføjede links.

<https://print24.com/dk/journal/grundlaeggende-print/3d-print> (God overblik over teknologier)

<https://www.medicalexpo.com/medical-manufacturer/dental-3d-printer-26323.html> (aktuel liste dentalprinter)

Øvelse i forbindelse med 3D-print

- Installation af MeshMixer.
- Design af et objekt baseret på importerede ”primitives” med efterfølgende bearbejdning ved hjælp af designværktøjer og funktioner i programmet. Objektet skal have nogle faste kontrollerbare mål.
- Analyse af design.
- Reduktion af datamængden af design med efterfølgende eksport i STL-format.
- Import af objektet i printersoftware.
- Valg af printmaterialet og forberedelse af materialet. (sikkerhed!)
- Analyse
- Setup af print med placering af objektet i forskellige vinkler og generering af support.
- Datatransfer til printer (netværk/USB)
- Start af printproces.
- Fjernelse af print fra printer. (sikkerhed!)
- Rensning i IPA eller hospitalsprit i ultralyd. (sikkerhed!)
- Endelig lyshærdning
- Kontrol af det printede emne.



3D-print og arbejdsmiljø

Uanset printermodel arbejder man med materialer, som er klassificeret som højrisiko. Som udgangspunkt skal der altid følge et sikkerhedsdatablad med, når man modtager en ny levering af resin fra leverandøren.

Den skal være på dansk og beskrive risici ved arbejdet med materialet og de nødvendige sikkerhedsforanstaltninger for at undgå skade på mennesker og miljøet.

Det anbefales kraftigt at læse sikkerhedsdatabladet og forholde sig kritisk til opbevaring og håndtering af 3D-printmaterialer på arbejdspladsen.

Ifølge arbejdsmiljøstyrelsen skal sikkerhedsdatabladene og tilhørende arbejdspladsbrugsanvisninger opbevares tilgængeligt på arbejdspladsen og medarbejderne skal være bekendt med disse.

Grundlæggende elementer i kunstig intelligens

Kunstig intelligens (AI) er maskiner og computersystemer, som er udviklet til at efterligne menneskelig intelligens. Ved hjælp af matematiske modeller og avancerede algoritmer har den bl.a. evnen til at lære, ræsonnere, løse problemer, genkende mønstre og forstå sprog. AI bruges til at automatisere opgaver, som ellers kræver menneskets viden, erfaring, manuelle evner til at udføre en opgave.

Hvordan fungerer det?

Kunstig intelligens er baseret på enormt store mængder af data, som den finder ved at gennemsnøge internettet. Man kan også sige data stammer fra viden fra mennesker, som har uploadet den. Disse data analyseres ved hjælp af algoritmer og der dannes mønstre og forbindelser.

Ved at en bruger f.eks. indtaster ord eller uploader et billede - det kaldes at prompte - begynder den kunstige intelligens at skabe forbindelser mellem de indtastede informationer og de informationer, der er gemt i dens datalager, og leverer resultatet tilbage som en sætning. Man kan sige, der opstår en form for dialog.

Ved at brugeren går dybere ind i den kunstige intelligens' svar og skriver mere og mere præcise informationer, vil denne blive i stand til at ende med en omfattende tekst, som indeholder ikke kun en opsummering af de informationer, der ligger i dens datalager, men også en sammenstilling af dem.



Den skaber forbindelser mellem dem, som om den reflekterer over et emne. Men denne sprogmodel af kunstig intelligens gør i princippet ikke andet end at skabe et passende resultat, som er baseret på rene statistiske data. Man kan ikke sige, at den er intelligent. Den kan ikke se meningen med hverken det man har uploadet eller det den selv har skrevet. Den kan endda komme til at finde på ting, bare for at komme med et resultat.

Anvendelsen af kunstig intelligens i dentalbranchen

Kunstig intelligens er ved at finde større og større indpas i både tandlægens og tandteknikerens arbejde:

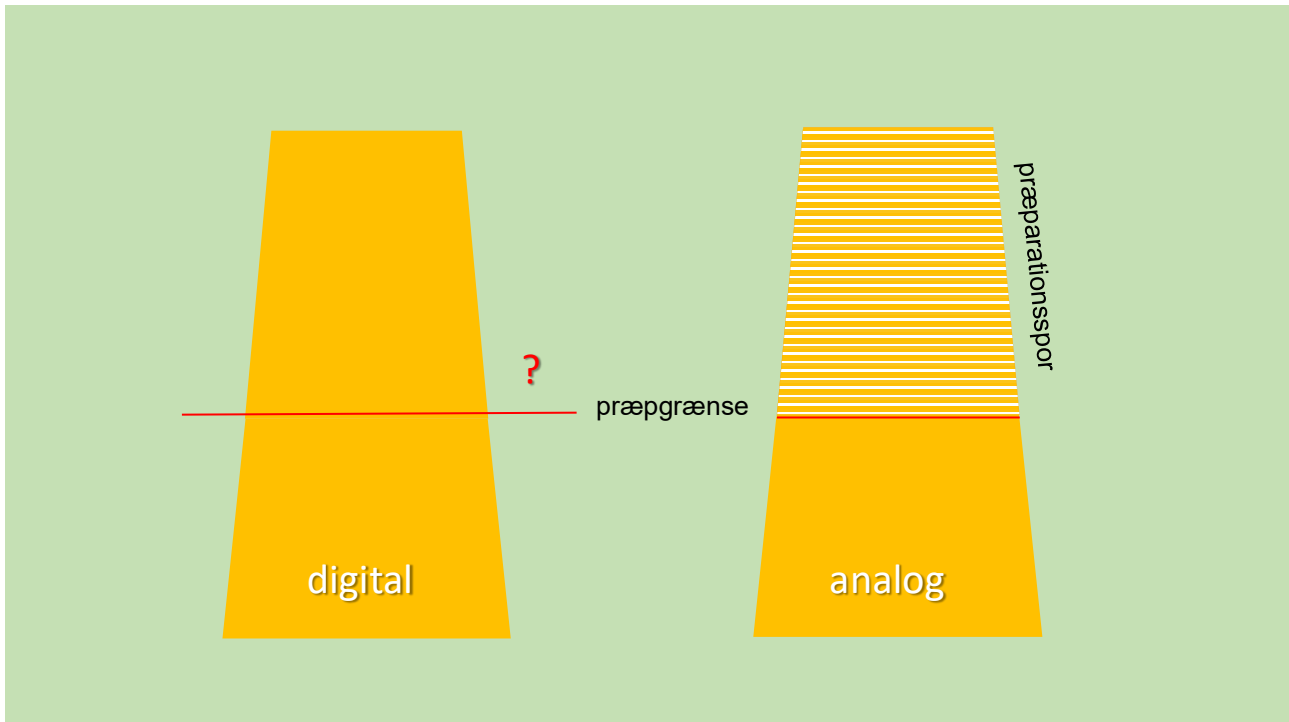
- Diagnosticering af røntgenbilleder*
- Detektering af karies*
- Analyse til ortodontiske behandlinger
- Planlægning ifm. implantatindsættelse
- Planlægning ifm. større kirurgiske indgreb
- Smiledesign*
- Definition af præparationsgrænsen*
- Design af protetik*
- Definition af tandfarver*
- Design af modeller baseret på IO- og laboratoriescanninger*
- Design af guideskinner i Implant Studio®*
-?

Nogle af de ovenfor listede punkter ”*” er allerede integreret i vores daglige arbejde. Andre er under udvikling og der forskes intenst på AI-modeller til dentalbranchen.



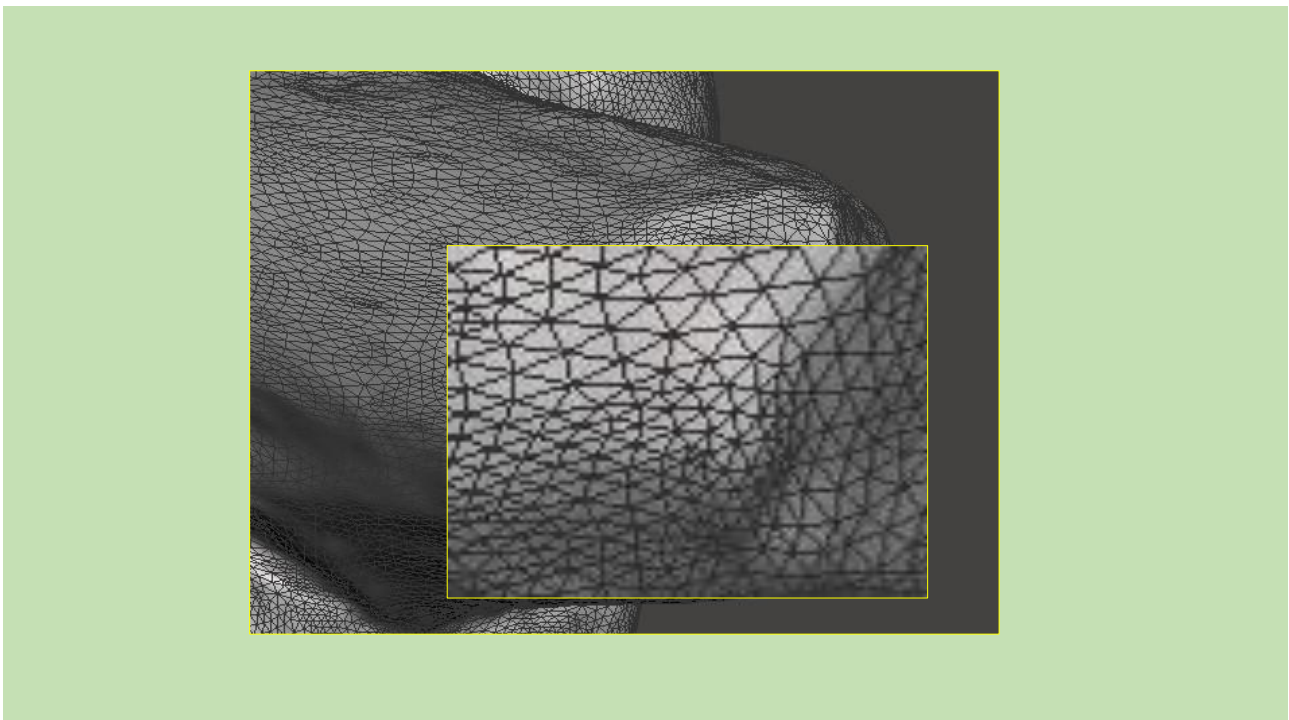
Billede 1 til side 8:

Billede 1



Billede 2 til side 17:

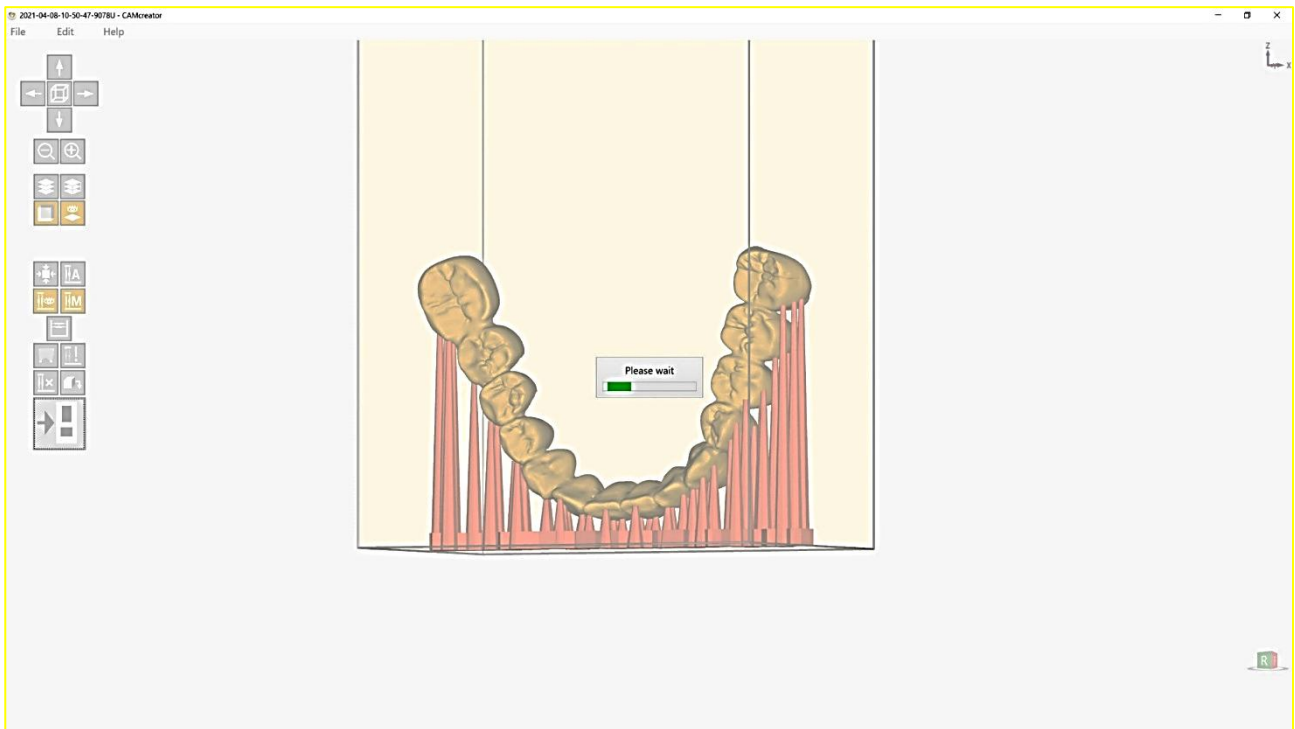
Billede 2





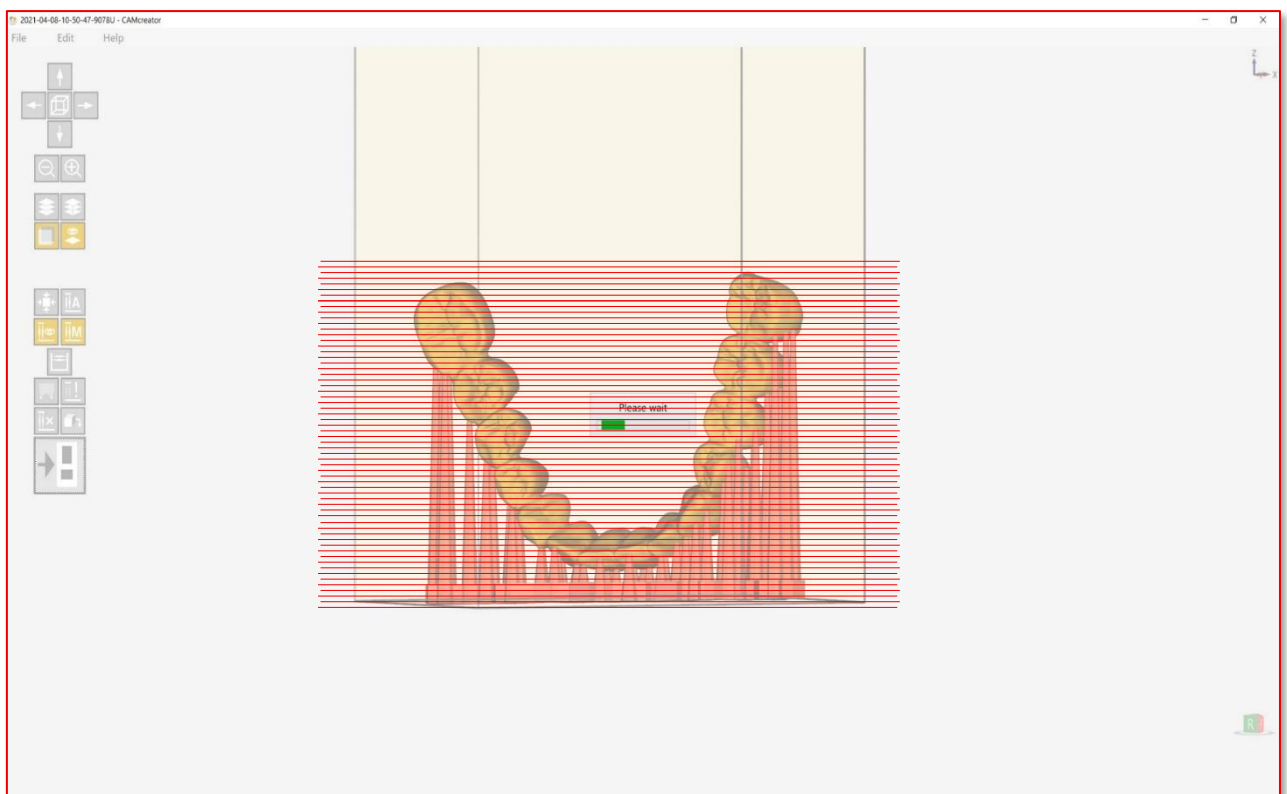
Billede 3 til side 13:

Billede 3



Billede 4 på side 13:

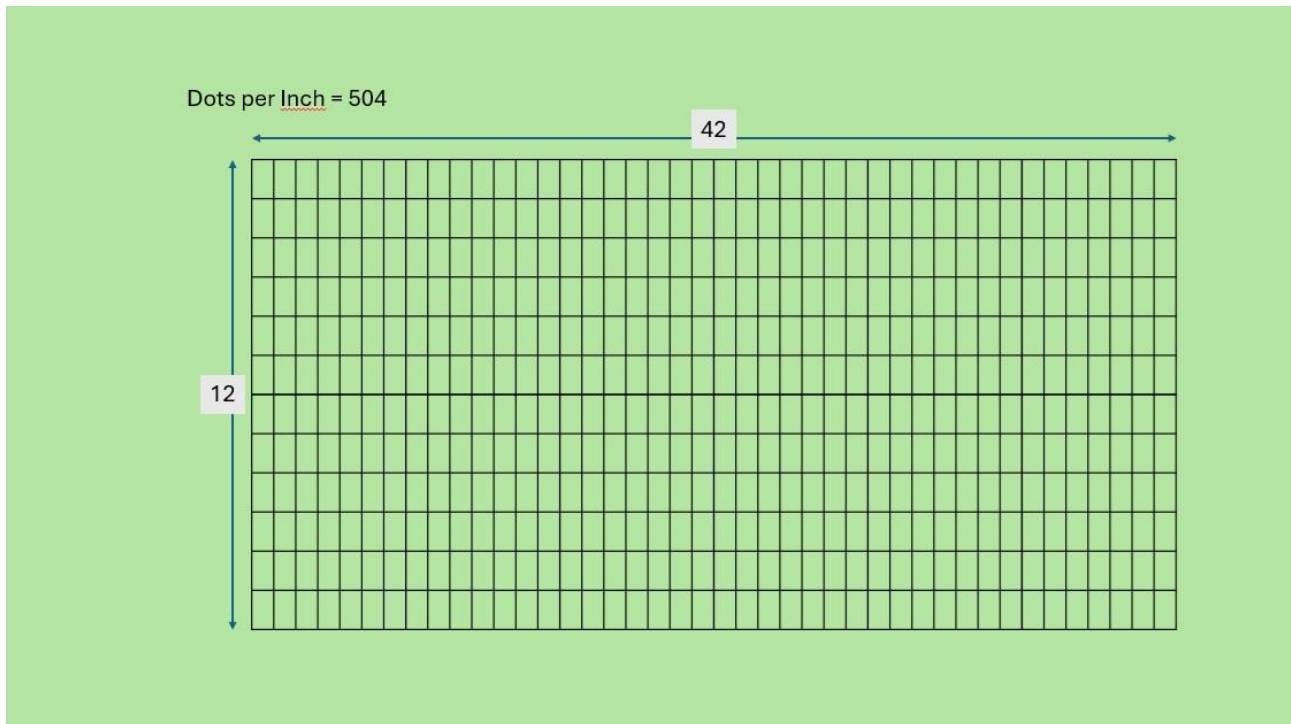
Billede 4





Billede 5 på side 13:

Billede 5



Der findes 3D eksempler i Mappen STL-filer.