



# Undervisere **for** synshandicappede studerende introducerer 3D-printning

## *"LÆREPLAN"*

Undervisningsplan for T4VIS-In3D-trænerkurset

Udgivet af  
T4VIS-In3D-projektkonsortium

Version 2



Projektet "T4VIS-In3D" blev medfinansieret af "ERASMUS+".  
Europa-Kommissionens program

Europa-Kommissionens støtte til produktionen af denne publikation udgør ikke en godkendelse af indholdet, som kun afspejler forfatterens egne synspunkter, og Kommissionen kan ikke holdes ansvarlig for den brug, der måtte blive gjort af de deri indeholdte oplysninger.

Denne læseplan er udgivet af T4VIS-IN3D-projektkonsortiet.

## Licensering

Trænere for synshandicappede studerende introducerer 3D-printing er licenseret under [Attribution-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-SA 4.0\)](#)



Trykt:

September 2022 af Berufsförderungswerk Düren gGmbH

## Konsortiet for T4VIS-In3D-projektet:

**Berufsförderungswerk Düren gGmbH** (projektkoordinering)

Karl-Arnold-Str. 132-134, D52349 Düren, Tyskland, <http://www.bfw-dueren.de>

**FUNDACION ASPAYM CASTILLA Y LEON**

C/ SEVERO OCHOA 33, LAS PIEDRAS 000, 47130, SIMANCAS VALLADOLID, Spanien,  
<https://www.aspaymcyll.org/>

**HILFSGEMEINSCHAFT DER BLINDEN UND SEHSCHWACHEN OSTERREICHS**

JAGERSTRASSE 36 - 1200, WIEN, Østrig, <https://www.hilfsgemeinschaft.at/>

**Instituttet for Blinde og Svagsynede, IBOS**

Rymarksvej 1 - 2900, Hellerup - Danmark, <https://www.ibos.dk>

**Istituto Regionale Rittmeyer per i ciechi di Trieste**

Viale Miramare 119, 34136 Trieste, Italien, <http://www.istitutorittmeyer.it/>

**NRCB**

24 Landos Str., Plovdiv, 4006, P. Box 11, Bulgarien, <http://www.rehcenter.org>



## Læreplan for T4VIS-In3D Trainer-kurset Inden for rammerne af T4VIS-In3D-projektet

Antal moduler	:	7 moduler
		Ca. timer: 42 I alt 42 timer (44 CU)
Gruppestørrelse	:	Instruktør: 1 Deltagere:3-10
Målgruppe		<ul style="list-style-type: none"><li>• Mobilitetstrænere til VIP</li><li>• ADL-trænere til VIP</li><li>• Fysioterapilærere til VIP</li><li>• Lærere til MINT og tekniske erhverv til VIP</li><li>• Ergoterapeuter</li></ul>
Forudsætninger for deltagerne:		<ol style="list-style-type: none"><li>1. Grundlæggende teorier om uddannelse</li><li>2. Erfaring med at arbejde med personer med synshandicap</li><li>3. Interesse for 3D-teknologi</li><li>4. Evne til at lære og udføre teknisk vedligeholdelse og mindre reparationer på de anvendte 3D-printere.</li><li>5. Ingen begrænsninger med hensyn til maskiners drift.</li><li>6. Ingen diagnosticeret plastallergi</li><li>7. Synsstyrke på 0,5 eller bedre</li></ol>

<p>Nødvendigt materiale/infrastruktur</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. For hver deltager 1 bærbar computer eller PC/MAC med mindst 12 GByte RAM og 3D-kompatibel grafikkort</li> <li>2. Internetforbindelse</li> <li>3. 1 SLA- og 1 FDM-printer til 3 deltagere</li> <li>4. Nødvendig software             <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Autodesk Fusion360 Education eller Regular Version</li> <li>+ Autodesk Meshmixer</li> <li>+ Autodesk Netfabb</li> <li>+ Ultimaker Cura eller Slicer-software understøttet af den anvendte 3D-printer</li> <li>-+ Chitobox SLA-slicer</li> </ul> </li> <li>5. Vejledninger om dette kursus for deltagere</li> <li>6. Manualer for anvendte 3D-printere</li> <li>7. 500 g PLA-filament/deltager</li> <li>8. 250 ml harpiks til hver deltager</li> <li>9. 5 l Isopropyl 99%</li> <li>10. Klæbemiddel til akryl og hård plast</li> <li>11. Afgratningsværktøj og nøglefiler</li> <li>12. Vådt sandpapir korn 500</li> <li>13. 3 Skyllebeholdere i en dimension, der er større end den anvendte SLA-printerens byggeplade</li> <li>14. 1 Sikkerhedsbriller/deltager</li> <li>15. Engangshandsker af silikone eller nitril i passende størrelser til deltagerne</li> <li>16. Arbejdssjaker til deltagerne</li> <li>17. 4 ruller papirhåndklæder</li> </ol>
---	---

Liste over forkortelser:

CU: Kursusenheder (1 CU svarer til 45 min)  
VIP: synshandicappede personer

## Modul 1 - Introduktion til 3D-printing og potentielle anvendelser i forbindelse med uddannelse af VIP

<b>Mål for læring</b>	Læringsmålet for dette modul er en introduktion til emnet 3D-printning. Ved afslutningen af denne lektion skal deltagerne være i stand til at nævne de 3D-printprocesser, der er egnede til fremstilling af taktile læremidler. De skal også vide, hvilke forbrugsstoffer og værktøjer der er nødvendige hertil. De skal også kunne forklare, hvordan FDM- og SLA-printere fungerer. Under vejledning af underviseren fremstiller deltagerne en simpel komponent med en FDM-printer for at få et første praktisk indtryk.	
<b>CU's</b>	<b>Emneord</b>	<b>Bemærkninger</b>
<b>6 CU'er</b>	Introduktion - Grundlæggende om 3D-printteknologi. Tekniske principper. Passende 3D-teknologi til taktile undervisningsmaterialer.	
0,5 CU	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grundlæggende forskelle mellem de klassiske subtraktive produktionsmetoder og 3D-printteknologien</li> <li>2. Fordele og nye muligheder ved 3D-printteknologi til fremstilling af taktile undervisningsmaterialer</li> <li>3. Nødvendige typer af software</li> </ol>	Præsentation og demonstration af 3D-printede eksempler på taktile undervisningsmaterialer i forhold til klassisk producerede medier
0,5 CU	Passende 3D-printteknologi til fremstilling af taktile undervisningsmaterialer. FDM- og SLA-metoden. Fordele og forskelle med hensyn til taktil skarphed og holdbarhed. Metoder til fremskaffelse af 3D-modeller + Repositorier + 3D-scanning af eksisterende modeller + eget design med CAD + Fordele, ulemper mellem bl. a. muligheder	Præsentation af eksempler og demonstration af printere i drift  + Besøg på repositories
1 CU	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduktion i FDM- og SLA 3D-printere                          + Grundlæggende opbygning og komponenter                          + Grundlæggende funktion og krav til printbare modeller                          + Nødvendige forbrugsstoffer og materialespecifikationer</li> <li>2. Begrænsninger i den pågældende trykproces, bemærkninger om arbejdsmiljø og sikkerhed</li> </ol>	Demonstration af forskellige FDM- og SLA-printere og modeller
2 CU	Praktisk introduktion til 3D-printning + Forberedelse af printfil fra tilgængelig STL-fil + Idriftsættelse af 3D-printer + Start af udskrivningsprocessen	Der anvendes en forberedt fil, som er nem og hurtig at udskrive. Hver deltager

<b>Mål for læring</b>	Læringsmålet for dette modul er en introduktion til emnet 3D-printning. Ved afslutningen af denne lektion skal deltagerne være i stand til at nævne de 3D-printprocesser, der er egnede til fremstilling af taktile læremidler. De skal også vide, hvilke forbrugsstoffer og værktøjer der er nødvendige hertil. De skal også kunne forklare, hvordan FDM- og SLA-printere fungerer. Under vejledning af underviseren fremstiller deltagerne en simpel komponent med en FDM-printer for at få et første praktisk indtryk.	
<b>CU's</b>	<b>Emneord</b>	<b>Bemærkninger</b>
<b>6 CU'er</b>	Introduktion - Grundlæggende om 3D-printteknologi. Tekniske principper. Passende 3D-teknologi til taktile undervisningsmaterialer.	
	+ nedlukning af 3D-printeren + Efterbehandling af modellen	udskriver en model.
2 CU	Re-design med 3D-scanner + Prisbillige 3D-scanningsløsninger til smartphones (Qlone) + Scanner med struktureret lys + Løsninger baseret på fotogrammetri (3DZephyr)	Eksempel 3D-scanning af medicinske modeller

## Modul 2 - Tilgængelige værktøjer og kilder til at skabe taktile undervisningsmaterialer

<b>Mål for læring</b>	Læringsmålet med dette modul er at præsentere tilgængelige (online) værktøjer til at skabe taktile undervisningsmidler. Ved afslutningen af modulet skal deltagerne kende og være i stand til at bruge disse værktøjer på en meningsfuld måde.	
<b>Timer</b>	<b>Emneord</b>	<b>Bemærkninger</b>
<b>3,5 CU'er</b>	Tilgængelige værktøjer og kilder	
1 CU	Tilgængelige værktøjer til indlæring og udskrivning af punktskrift. Fordele ulemper, præsentation af 3D-printede eksempler	
2 CU	Muligheder for at skabe taktile kort <a href="#">Touch Mapper</a>	Afprøvning af onlineværktøjet ved at oprette STL-filer med kort over alle partnerorganisationer
0,5 CU	Gentagelse og indøvelse af læringsindholdet	Ved afslutningen af modulet

### Modul 3 - Introduktion til FDM Slicing Software (f.eks. Ultimaker Cura, Repetier Host)

<b>Mål for læring</b>	Læringsmålet med dette modul er at lære om funktionen og betydningen af disse skæremaskiner til 3D-printning. Desuden skal den korrekte betjening af denne software føre til, at deltagerne forstår, hvilke krav modellerne skal have for at blive printet korrekt. Ved afslutningen af dette modul skal deltagerne være i stand til at betjene softwaren korrekt og oprette en brugbar G-kodefil til korrekt udskrivning af en taktile situationsplan.	
<b>Timer</b>	<b>Emneord</b>	<b>Bemærkninger</b>
<b>4 CU'er</b>	Praktisk anvendelse af en pålægsmaskine	
1 CU	Funktionaliteten af en FDM-slicer. Grundlæggende omfang af funktioner og vigtige parametre. Brugergænseflade.	
2 CU	Betjening af pålægsmaskinen Software <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Placering af model(er)</li> <li>+ Indstillinger for lag</li> <li>+ Materialeindstillinger</li> <li>+ Udfyldning, vægtykkelse</li> <li>+ Typer af opbygningspladetilhæftning</li> <li>+ Support, Krav til support</li> <li>+ Udførelse af Slice-processen og fileksport</li> </ul>	Som model for dette modul anvendes STL-filen af den taktile lokalplan (modul 2).
0,5 CU	Evaluering af kvaliteten af den producerede G-kodefil <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Kontrol af lag</li> <li>+ Evaluering af Mesh-legemet med Autodesk Meshmixer</li> <li>+ Reparation og forbedring af net</li> </ul>	
0,5 CU	Gentagelse og indøvelse af læringsindholdet	Ved afslutningen af modulet

## Modul 4 - Autonom udnyttelse af FDM-printere

<b>Mål for læring</b>	I dette modul lærer deltagerne den selvstændige og omfattende drift af en FDM-printer. Ved afslutningen af dette modul skal deltagerne selvstændigt kunne sende, justere, idriftsætte og afvikle en FDM-printer.	
<b>Timer</b>	<b>Emneord</b>	<b>Bemærkninger</b>
<b>4 CU'er</b>	Betjening af en FDM-printer	
3 CU	Kontrol af brugbarhed <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Overførsel af udskriftsfilen</li> <li>+ Kontrol af justeringen af byggepladen</li> <li>+ Justering af byggepladen</li> <li>+ Justering af maskinparametre til påfyldning af filamentet</li> <li>+ Start af udskrift</li> <li>+ Kontrol af udskrift</li> <li>+ korrekt fjernelse af konstruktionsdelen</li> <li>+ Fjernelse af glødetråd</li> <li>+ Nødvendigt rengørings- og vedligeholdelsesarbejde</li> </ul>	Den model, der blev skåret i skiver i modul 3, udskrives som øvelsesobjekt.
1 CU	Fejlfinding og problemløsning <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Ingen fasthæftning af byggeplade</li> <li>+ Vridning</li> <li>+ "Elefantfødder" (Deformation på komponentens bund)</li> <li>+ Afvigelser i de konstruktionsmæssige dimensioner</li> <li>+ Under-/Overextrusion</li> <li>+ Forkert dysetemperatur</li> <li>+ Tilstopning</li> </ul>	Forklaring ved hjælp af problemer eller eksempeludskrifter



## Modul 5 - Introduktion til CAD-software Autodesk Fusion360

<b>Mål for læring</b>		I dette modul lærer deltagerne den grundlæggende betjening af Fusion 360, og hvordan man skaber taktile modeller. Ved slutningen af denne lektion vil deltagerne være i stand til at oprette enkle taktile modeller fra solids og eksportere dem som STL-filer.	
<b>Timer</b>		<b>Emneord</b>	<b>Bemærkninger</b>
<b>Nej</b>	<b>19 CU'er</b>	<b>Brug af Fusin360</b>	
1	0,5	Autodesk Fusion360-designsoftware 1. Autodesk Fusion360 adskiller sig fra andre velkendte CAD-produkter + AutoCAD + Inventor + FreeCAD + OpenSCAD + Rhino 2. Tekniske forudsætninger, licensmodel for uddannelsescentre, installation og cloud-struktur	Hver deltager får en bærbar computer eller en arbejdsstation med Fusion360
2	0,5	Brugergrænsefladen (GUI) i Fusion360 + Projekter og filer, cloud-system + DeepL Adgangslinje, værktøjslinje, + Arbejdsområde + Browserpalet, perspektivvisning, tidslinje + Navigationsrude, kommentarfelt + Kontekstmenu + Tidslinje	
3	3	Skitsering. Oprettelse, redigering og flytning af skitser + Menuen Sketch + Indstillinger for gitter + Måleenheder + Valg og sletning af skitser + Oprette udvælgelsessæt + Rediger, flyt, roter og kopier skitser Kopier + Oprettelse af skitser fra fotos med indsætnings- og visningsområde	Skitse ud fra billede af partnerinstitut

<b>Mål for læring</b>		I dette modul lærer deltagerne den grundlæggende betjening af Fusion 360, og hvordan man skaber taktile modeller. Ved slutningen af denne lektion vil deltagerne være i stand til at oprette enkle taktile modeller fra solids og eksportere dem som STL-filer.	
<b>Timer</b>		<b>Emneord</b>	<b>Bemærkninger</b>
<b>Nej</b>	<b>19 CU'er</b>	<b>Brug af Fusin360</b>	
4	5 CU	Opret krop med menuen "Opret" <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Forskellen mellem direkte og parametrisk modellering</li> <li>+ Arbejdsområdet "Model"</li> <li>+ Kombinationsorganer</li> <li>+ Fremstilling af kroppe med konstruktionsværktøj</li> <li>+ Ekstrudering</li> <li>+ Fejning</li> <li>+ Roterende</li> <li>+ Arranger</li> <li>+ Skabelse af taktile overflader</li>   <li>+ Brug af Braille Addin "Braille Creator"</li> </ul>	Oprettelse af enkle modeller <ul style="list-style-type: none"> <li>- Token til indkøbskurv</li> <li>- Udarbejdelse af taktil situationsplan ud fra kortskitse</li> <li>- Oprettelse af taktile modeller af en menneskelig cellestruktur</li> </ul>
5	1 CU	Arbejde med STL-filer i Fusion360 <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Redigering af STL-filer med Fusion 360</li> <li>+ Indsæt STL-filer</li> <li>+ Konverter STL-filer</li> <li>+ Redigering af konverterede STL-filer</li> </ul>	
6	1 CU	Eksport af oprettede konstruktioner som STL-fil <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Via menuen Filer</li> <li>+ Via "Workbench"-opsætning</li> <li>+ Evaluering af STL-filen</li> </ul>	
7	1 CU	Oprettelse af punktskrift med Braille Add In Braille Creator <ul style="list-style-type: none"> <li>- Installation af tilføjelse</li> <li>- Oprettelse af Braille-etiketter</li> <li>- Flytning af Braille-etiketter</li> </ul>	Oprettelse af Braille-etiketter

	<b>Mål for læring</b>	I dette modul lærer deltagerne den grundlæggende betjening af Fusion 360, og hvordan man skaber taktile modeller. Ved slutningen af denne lektion vil deltagerne være i stand til at oprette enkle taktile modeller fra solids og eksportere dem som STL-filer.	
	<b>Timer</b>	<b>Emneord</b>	<b>Bemærkninger</b>
<b>Nej</b>	<b>19 CU'er</b>	Brug af Fusing360	
8	7 CU	Gentagelse og indøvelse af læringsindholdet	1 CU hver i slutningen af nr. 3 - 6, 2 CU for nr. 7

## Modul 6 - Introduktion til SLA Slicing Software (f.eks. ChituBox, Lychee)

<b>Mål for læring</b>	Læringsmålet med dette modul er at lære om funktionen og betydningen af disse skæremaskiner til SLA 3D-printning. Desuden skal den korrekte betjening af denne software føre til, at deltagerne forstår, hvilke krav modellerne skal have for at blive printet korrekt. Ved afslutningen af dette modul skal deltagerne være i stand til at betjene softwaren korrekt og oprette en brugbar fil til korrekt udskrivning af en Braille-etiket.	
<b>Timer</b>	<b>Emneord</b>	<b>Bemærkninger</b>
<b>4 CU'er</b>	Praktisk anvendelse af en SLA Slicer	
1 CU	Principper for modelplacering i SLA-printere. Forskelle mellem FDM-slicere	
2,5 CU	Betjening af pålægsmaskinen Software <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Korrekt placering af model(er)</li> <li>+ Indstillinger for lag, printer og materiale</li> <li>+ Udfyldning, vægtykkelse</li> <li>+ Typer af opbygningspladetilhæftning</li> <li>+ Støtte, støttekrav og styrke og støtteplacering</li> <li>+ Manuel fjernelse og oprettelse af støtte</li> <li>+ Oprettelse af hule modeller og placering af drænhuller</li> <li>+ Udførelse af Slice-processen og fileksport</li> </ul>	Som model for dette modul anvendes STL-filen af Braille-etiketten fra modul 5.
0,5 CU	Gentagelse og indøvelse af læringsindholdet	Ved afslutningen af modulet

## Modul 7 - Autonom drift af SLA-printere

<b>Mål for læring</b>	I dette modul lærer deltagerne den autonome og omfattende drift af en SLA-printer. Ved afslutningen af dette modul skal deltagerne selvstændigt kunne sende, justere, idriftsætte og afvikle en SLA-printer.	
<b>Timer</b>	<b>Emneord</b>	<b>Bemærkninger</b>
<b>4 CU'er</b>	Betjening af en SLA-printer	
1 CU	Kontrol af brugbarhed <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Overførsel af udskriftsfilen</li> <li>+ Justering og nivellering af byggepladen</li> <li>+ Påfyldning af harpiks</li> <li>+ Start af udskrift</li> <li>+ Kontrol af udskrift</li> <li>+ korrekt fjernelse af den trykte del</li> <li>+ Korrekt og sikker fjernelse af harpiksen</li> <li>+ Nødvendigt rengørings- og vedligeholdelsesarbejde</li> </ul>	Braille-etiketten fra modul 5 udskrives som øvelsesobjekt.
1 CU	Fejlfinding og problemløsning <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Ingen fasthæftning af byggeplade</li> <li>+ Ulige overflader, vægge og kanter</li> <li>+ Afvigelser i konstruktionen</li> </ul>	Forklaring ved hjælp af problemer eller eksempeludskrifter
1 CU	Efterbehandling af trykte dele <ul style="list-style-type: none"> <li>- Skylning og rengøring af modellen</li> <li>- UV-hærdning af modeller</li> <li>- Påføring af holdbar UV-beskyttelse gennem lakering</li> <li>- Muligheder for klæbning og lakering</li> </ul>	

## Tidsplan

Lektion	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
1.	Passende 3D-printteknologi til fremstilling af taktile undervisningsmaterialer. FDM- og SLA-metoden. Fordele og forskelle med hensyn til taktil skarphed og holdbarhed. Metoder til fremstilling af 3D-modeller  Fordele og nye muligheder ved 3D-printteknologi til fremstilling af taktile undervisningsmaterialer	Gentagelse og øvelse af læringsindholdet fra den foregående dag	Gentagelse og øvelse af læringsindholdet fra den foregående dag	Gentagelse og øvelse af læringsindholdet fra den foregående dag	Gentagelse og øvelse af læringsindholdet fra den foregående dag
2.	Introduktion i FDM- og SLA 3D-printere	Funktionaliteten af en FDM-slicer. Grundlæggende omfang af funktioner og vigtige parametre. Brugergænseflade	Gentagelse og øvelse af læringsindholdet fra den foregående dag	Arbejde med STL-filer i Fusion360	Gentagelse og øvelse af læringsindholdet fra den foregående dag
3.	Praktisk introduktion til 3D-printning + Forberedelse af printfil fra tilgængelig STL-fil + Idriftsættelse af 3D-printer + Start af udskrivningsprocessen	Evaluering af kvaliteten af den producerede G-kodefil	Skitsering. Oprettelse, redigering og flytning af skitser	Eksport af oprettede konstruktioner som STL-fil	Praktisk anvendelse af en SLA Slicer Efterbehandling af trykte dele
4.	Praktisk introduktion til 3D-printning + nedlukning af 3D-printeren + Efterbehandling af modellen	Betjening af en FDM-printer + Overførsel af den trykte fil + Kontrol af justeringen af byggepladen + Justering af byggepladen	Skitsering. Oprettelse, redigering og flytning af skitser	Oprettelse af punktskrift med Braille Add In Braille Creator	Re-design med 3D-scanner Prisbillige 3D-scanningsløsninger til smartphones (Qlone)
5.	Tilgængelige værktøjer til indlæring og udskrivning af punktskrift	Betjening af en FDM-printer + Justering af maskinens parametre til påfyldning af filamentet + Start af udskrift + Kontrol af udskrift	Opret krop med menuen "Opret"	Praktisk anvendelse af en SLA Slicer Principper for modelplacering i SLA-printere	Re-design med 3D-scanner + Scanner med struktureret lys + løsninger baseret på fotogrammetri (3DZephyr)



Lektion	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
6.	Muligheder for at skabe taktile kort Touch Mapper	Betjening af en FDM-printer + korrekt fjernelse af konstruktionsdelen + Fjernelse af glødetråd + Nødvendigt rengørings- og vedligeholdelsesarbejde	Opret krop med menuen "Opret"	Betjening af SLA-sliceren Software + Korrekt placering af model(er) + Indstillinger for lag, printer og materiale + Udfyldning, vægtykkelse + Typer af opbygningspladetilhæftning	Slut på kurset Feedback fra deltagerne Udlevering af certifikater
7.	Muligheder for at skabe taktile kort Touch Mapper	Betjening af en FDM-printer Fejlfinding og problemløsning	Opret krop med menuen "Opret"	Betjening af SLA-sliceren Software + Støtte, støttekrav og styrke og støtteplacering + Manuel fjernelse og oprettelse af støtte + Opret hule modeller og placering af drænhuller + Udførelse af Slice- processen og fileksport	
8.	Funktionaliteten af en FDM-slicer. Grundlæggende omfang af funktioner og vigtige parametre. Brugergrænseflade	Brug af Fusin360 Autodesk Fusion360- designsoftware Brugergrænsefladen i Fusion360	Opret krop med menuen "Opret"	Betjening af en SLA-printer Kontrol af brugbarhed	
9.	Betjening af FDM-sliceren Software	Skitsering. Oprettelse, redigering og flytning af skitser	Opret krop med menuen "Opret"	Fejlfinding og problemløsning	