



Foto: MADEs hjemmeside

VIAs arbejde og erfaringer med at etablere en digital læringsfabrik

Thomas Bjørnsten, thbj@via.dk og Rickard Lindquist, rl@via.dk

Indledning og formålet med VIA's digitale læringsfabrik

I 2021 lanceredes MADE Fast, som er MADEs tredje satsning på fremtidens produktion i Danmark. Udover at fokusere på forskning og innovation blev der også etableret et forløb omkring læring

Der etableredes tre læringsfabrikker, som fik til formål at udvikle læringsforløb, der primært henvendte sig til små og mellemstore virksomheder. Samtidig blev der etableret forskningsforløb, som fulgte udviklingen af de tre læringsfabrikker, der blev etableret hos University College Nordjylland (UCN), Københavns erhvervsakademi (KEA) og VIA University College (VIA)

I forbindelse med opstarten blev der enighed om, at de tre læringsfabrikker skulle fokusere på tre forskellige områder. UCN fokuserede på et simuleret forløb inden for produktionsoptimering og KEA fokuserede på 3-D print. VIA fokuserede på at etablere et virtuelt læringsmiljø inden for produktionsoptimering.

I takt med den stigende digitalisering af industrielle processer har også teknologier som Virtual Reality (VR) og Augmented Reality (AR) fået en mere fremtrædende rolle i oplæring og produktionsoptimering. Disse teknologier giver mulighed for at simulere komplekse produktionsmiljøer og træne medarbejdere i realistiske scenarier uden risiko for fejl. I MADE Learning Factory projektet har VIA eksperimenteret med forskellige læringsteknologier for at forbedre oplæring i produktionsmiljøer. Projektet har - udover VR-simuleringer med fokus på OEE (Overall Equipment Efficiency) beregninger - også omfattet en række andre læringsformer og teknologier.

VIA's primære undersøgelse fokuserede på at udvikle og teste et onlineforløb, som kan afholdes i den enkelte virksomhed frem for at invitere virksomhederne til kurser hos uddannelsesinstitutionen. VIA valgte at tage udgangspunkt i Festos digitale produktionsfabrik til selve læringsforløbet.

Project plan for digital learningplatforms, an overview

Projektets forskellige aktiviteter

Projektet blev udviklet som illustreret ved figur 1 og beskrevet nedenfor.

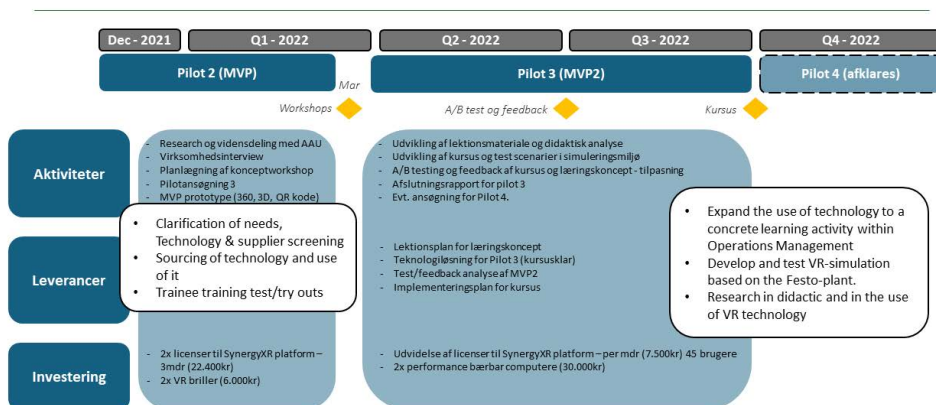


Fig. 1. Overordnet projektplan

Første fase (som ikke er med i figuren) var en indledende analyse af modenheden inden for brugen af digitale læringsværktøjer i danske virksomheder. Fase 2 testede forskellige læringsformer og teknologier. Vi undersøgte her:

1. Indlæring ved hjælp af skriftlige instruktioner
2. Indlæring ved hjælp af instruktioner på video
3. Indlæring ved hjælp af AR (real ware)
4. Indlæring ved hjælp af VR
5. Indlæring ved hjælp af Hololens

Hver af de 5 indlæringsteknologier blev testet af 12 studerende. Baseret på resultaterne besluttede vi at fortsætte med at etablere en læringsplatform baseret på tilstedeværelses-undervisning, online undervisning og undervisning ved hjælp af VR.

På baggrund af vores erfaringer fra fase 2 blev VR efterfølgende valgt som den primære teknologi i fase 3, da den tilbyder en immersiv og engagerende læringsoplevelse. VR gør det grundlæggende muligt for studerende at træne i realistiske, risikofrie miljøer, hvilket er særlig vigtigt i komplekse produktionsscenerier. Forskning og en lang række forsøg peger på VRs evne til at simulere virkelige scenarier realistisk, og det rummer derfor et stort potentiale til at understøtte undervisning i

nøglebegreber inden for driftsstyring såsom produktionsflow, flaskehalse, og Overall Equipment Efficiency (OEE).

I fase 3 fokuserede vi på at udvikle didaktisk materiale og på at udarbejde et egentligt læringsforløb inden for dele af operations management konceptet (jf. fig. 2).

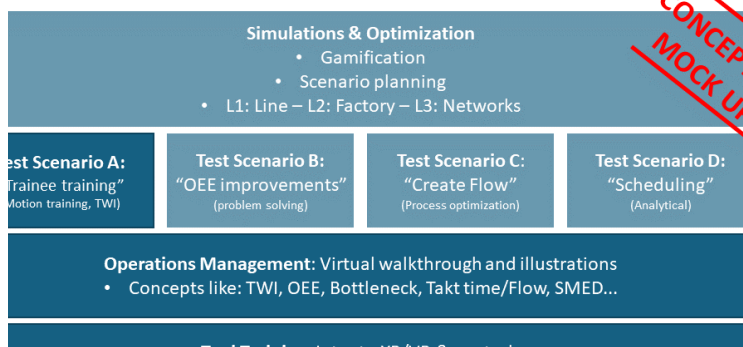


Fig. 2. J. Rex Justesen 2022

Kursusforløbet indeholder en egentlig lektionsplan for forløbet (jf. fig. 3), materiale til de enkelte delforløb, en teknologiløsning for kurset samt en implementeringsplan.

Content	Bemærkning
Intro til Lean	Læringsst
Intro bæredygtighed i produktion	Læringsst
De 8 spildtyper	Læringsst
Intro til 5S	Læringsst
Lean spil (5S)	Læringsst
Gennemgang af KPI'er	Læringsst

Fig. 3. Lektionsplan

Læringsforløbet blev dermed struktureret på en måde, så kursisterne fik viden og færdigheder inden for Lean og Operations Management, før de deltog i VR-simulationen. Det var for at sikre, at det nødvendige teoretiske fundament var på plads inden selve VR-oplevelsen.

VR-løsningen i kursusforløbet

I projektet blev simulationen designet ud fra det didaktiske baggrundsmateriale med det formål at skabe en realistisk og lærerig oplevelse for kursisterne. VIA University Colleges fysiske læringsfabrik er et FESTO industri 4.0 træningsanlæg, hvor kursister trænes i at optimere produktionsprocesser ved hjælp af bl.a. Lean-principper. Læringsfabrikken

tilbyder grundlæggende hands-on læring, der kombinerer teoretisk viden med praktiske færdigheder. Fremfor at lave en virtuel digital udgave af hele FESTO anlægget, var simulationen baseret på en udvalgt del af setup'et med fokus på at lære kursister om OEE-beregninger. OEE måler effektiviteten af produktionsudstyr baseret på tre faktorer: tilgængelighed, ydeevne og kvalitet. Simulationen blev udviklet i et samarbejde med XR-virksomheden Collective Flow for at skabe en tilpasset repræsentation med delvist interaktive elementer, der afspejlede udvalgte funktioner i den fysiske læringsfabrik. F.eks. muligheden for at operere med forskellige indstillinger af en Kuka robot, hvor kursisten tager stilling til, om robotten er udstyret med det optimale værktøj, der passer til produktionens takt.

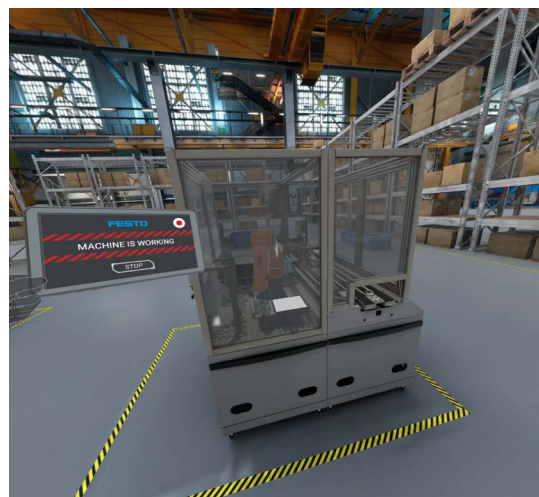
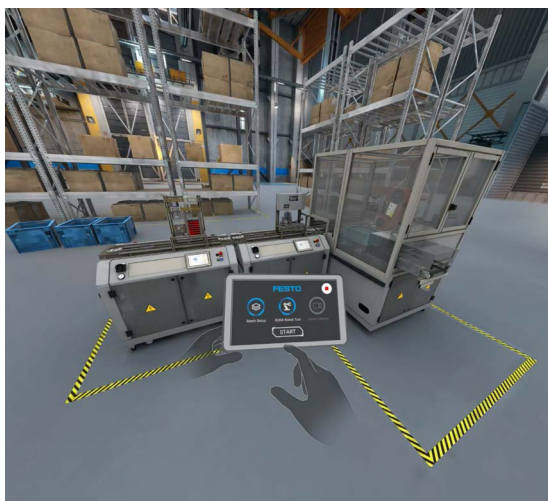


Fig. 4. VR-version af Festos produktionsanlæg

I det digitale miljø får deltagerne mulighed for at arbejde med manglende opfyldelse af efterspørgsel, manglende OEE, produktion i store serier eller i enkeltstyk produktion. Der etableres et scoreboard, hvor de valgte løsnings betydning for overskud, lagerstørrelse, leveringsservice og lead time vises.

I forbindelse med testforløbet af kurset blev 4 forskellige digitale scenarier afprøvet:

1. Simulation uden tidsbegrænsning
2. Simulation med tidsbegrænsning
3. Simulation med tidsbegrænsning og forstyrrelser
4. Kognitiv udmattelse

Alle 4 scenarier blev observeret ved hjælp af eye tracking software for på denne måde at kunne se deltageres evne til at fokusere i et virtuelt miljø.

Simulationen indeholdt dermed forskellige elementer, der gjorde det muligt for kursisterne at træne specifikke færdigheder og udføre handlinger, ligesom i en reel produktionssituation. Det foregik f.eks. via en virtuel kontrolpanel, hvor kursisterne kunne justere produktionsparametre som hastighed, seriestørrelse og maskinkonfiguration. Tablet'en blev i øvrigt betjent uden brug af kontrollere, men via håndbevægelser registreret af VR headsettets kameraer. Derudover rummede simulationen forskellige feedbackmekanismer, der gjorde det muligt for kursisterne at

modtage øjeblikkelig feedback på deres præstationer. Her anvendte vi et Scoreboard, hvor kursisterne kunne se deres OEE-målinger og produktionsresultater. Intentionen var, at det skulle gøre det muligt at identificere de områder, der krævede forbedring.

Følgforskning og resultater

For at evaluere kursisternes interaktion med simulationen anvendte VIA eye-tracking teknologi som del af den tilknyttede følgforskning. Gennem kombinationen af VR og eye-tracking i produktionssimulerings-situationen kunne vi præcist registrere hvilke elementer i VR-miljøet, der optog kursisternes visuelle opmærksomhed i højere grad end andre elementer i simulationen. Ved hjælp af dataanalyse gav dette os indsigt i den gennemsnitlige brugers/kursists adfærd. Metoden kan bl.a. bidrage til at identificere de objekter og funktioner, som er centrale for en opgave og evt. hvilke justeringer og lærings-aspekter, der kan optimeres særligt.

Brugen af eye-tracking benyttede vi desuden til at identificere deltagerens tidsallokering til de forskellige dele af opgaverne i selve læringssituationen. Således kunne vi sammenligne forskellige deltageres formåen i forhold til de aktiviteter, der defineredes som tilsigtede, herunder læsning af en opgaves instrukser, løbende orientering på scoreboard/feedback og udførelse af produktionssimulerings centrale opgaver. Derved dannede vi os et detaljeret overblik over den gennemsnitlige tidsallokering og deltagerens individuelle tidsallokeringer.



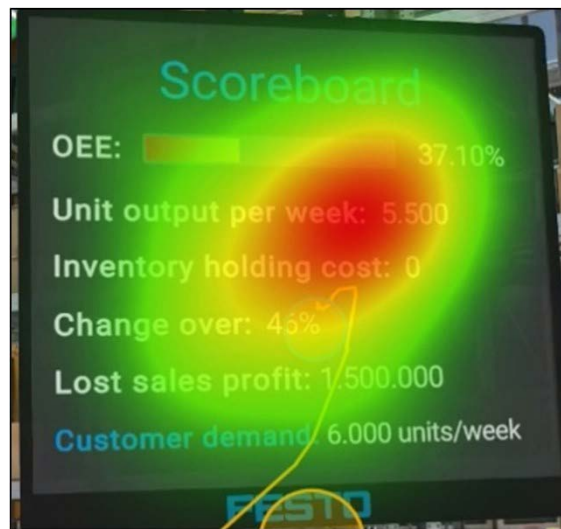
Fig. 5. Brug af eye-tracking til registrering af brugeroplevelse i VR

Et andet aspekt af følgeforskningen vedrørte effektiviteten af brugerens navigation i VR-simuleringen uden brug af hardware kontrollere. Som et bevidst valg benyttede VR-løsningen hand-tracking og gesture control, hvor brugerens håndbevægelser registreres af indbyggede kameraer i det anvendte VR-headset. Dette er stadig en teknologi i udvikling, og vi fandt det derfor værdifuldt at undersøge funktionen, dels ved brug af eye-tracking metoden, dels via spørgeskemaer udleveret til deltagerne efter gennemførelse af VR-simuleringen. På trods af, at det var nyt for samtlige deltagere i undersøgelsen at navigere i VR uden brug af hardware controller, blev gesture control-formatet vurderet som et godt brugerinterface med en acceptabel funktionalitet.

Som en sidste komponent i undersøgelsen blev kursisterne bedt om at vurdere, hvor realistisk de oplevede simuleringen. Et centralt aspekt af en brugers oplevelse af VR-simuleringer er detaljeringsgraden i det grafiske design af VR-miljøet, hvilket også har været en konkret design-overvejelse for Pilot 3-simuleringen med henblik på at etablere 'genkendelse' af produktionsmiljøet. Man antager typisk, at en høj grad af detaljer vil blive opfattet som en mere realistisk repræsentation af et virkeligt scenarie, i dette tilfælde af et fysisk læringsfabrik-setup. Her er det imidlertid vigtigt at være opmærksom på, at 'realismen' i en produktionskontekst også rækker ud over den umiddelbare grafiske kvalitet. Den omfatter bl.a. nøjagtigheden af fabrikkens driftsdynamik, autenticiteten af interaktioner med maskiner eller komponenter og kongruensen mellem årsag og virkning i simuleringen.

Fremtidige perspektiver

I VIAs arbejde med etableringen af en digital læringsfabrik under MADE Fast-rammen var vores overordnede erfaring, at anvendelsen af digitale teknologier som Virtual Reality (VR) i undervisningsmiljøer kan have en positiv indflydelse på læringsresultater inden for produktionsoptimering. Men først og fremmest demonstrerede projektet, at VR bør fungere som et effektivt supplement til mere traditionelle undervisningsformer. Bl.a. står det klart, at integrationen af VR-simulerede læringsmiljøer kræver nøje overvejelser omkring didaktisk design og teknologivalg for at sikre, at det rent faktisk bidrager konstruktivt til læringsmålene.

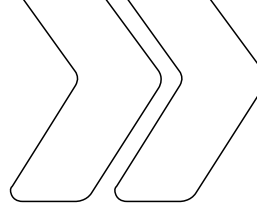


Erfaringerne fra projektet peger på, at en kombination af teoretisk undervisning og praktiske VR-simulationer kan styrke kursisternes forståelse og anvendelse af komplekse koncepter som Overall Equipment Efficiency (OEE). Det er dog også vigtigt at erkende, at udviklingen og implementeringen af en teknologi som VR typisk vil være forbundet med en række udfordringer, især i relation til at sikre, at teknologien fungerer stabilt og er tilgængelig for brugere på forskellige niveauer. Udviklingen af skræddersyede VR-scenarier kræver ofte en betydelig investering og jævnlige teknologiske opdateringer, der sikrer, at læringsmiljøerne forbliver aktuelle og relevante. Dette medfører yderligere omkostninger og tekniske udfordringer.

For at imødegå disse udfordringer kan det være væsentligt at tage afsæt i tidligere resultater fra baggrundsforskning inden for feltet. For VIAs vedkommende gav følgeforskningens arbejde med eye-tracking metoden stor værdi i forhold til at forstå brugernes direkte interaktioner i VR-miljøet. Det har VIA i forlængelse af projektet undersøgt yderligere i samarbejde med forskere fra UCN, hvor vi bl.a. blev særligt opmærksom på det uudnyttede potentiale, der ligger i læringen mellem brugere, som aktivt agerer i et simuleret VR-miljø og de 'passive' observatører, der ofte blot kigger på, hvad der sker i simulationen.

Projektet har derudover vist en række udfordringer og muligheder for videreudvikling. Det gælder for eksempel for den nævnte gesture control-teknologi, som blev brugt i VR-simulationen. Her er der plads til forbedringer, især hvad angår præcision og intuitiv brug. Projektet rejste også spørgsmål om, hvor realistisk en VR-simulation skal være for at opnå det ønskede læringsudbytte. Det har lært os, at fremtidige VR- og XR-projekter kan have gavn af at undersøge balancen mellem grafisk detaljeringsgrad og andre faktorer, der bidrager til oplevet realisme i simulerede miljøer. I en specifik læringsfabrik-kontekst mangler vi fortsat mere dybdegående viden, forskning og evidens for, hvordan dette potentielt kan gøre udviklingen af VR-miljøer mere effektiv og kostbesparende.

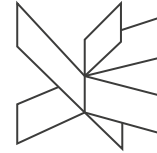
Ser man generelt fremad, er der flere perspektiver for udviklingen af virtuelle læringsfabrikker. En oplagt fremtidig retning vil være at skabe mere adaptive læringsmiljøer, hvor VR-simulationer kan tilpasses den enkelte brugers læringsstil og behov. Her forventer vi, at integrationen af kunstig



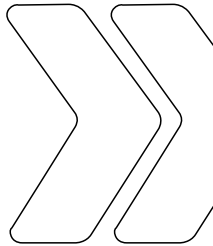
intelligens (AI) i disse systemer vil muliggøre en mere dynamisk feedback og præcis justering af læringsforløb i realtid. En anden mulighed er at udvide anvendelsesområdet for virtuelle læringsfabrikker til at inkludere mere komplekse og tværfaglige scenarier, der kan forberede kursister på at håndtere de stigende krav til fleksibilitet og innovation i moderne produktionsmiljøer.

Afslutningsvis er her VIAs bud på tre centrale punkter, man bør overveje, når man arbejder med VR-simulerede miljøer i en læringsfabrik-sammenhæng:

- Investering i digitale læringsfabrikker kan føre til forbedret læring og produktionsoptimering, men det kræver omhyggelig planlægning og tilpasning.
- Teknologiens succes afhænger af dens integration i undervisningsplaner, og den kræver en løbende opdatering for at forblive aktuel og relevant.
- VR og andre digitale læringsteknologier har potentiale, men de bør anvendes målrettet og tage afsæt i fokuserede forskningsresultater for at give reel værdi og effektivitet.



VIA University
College



Yderligere ressourcer og læsestof om læringsfabrikker, virtuelle miljøer og produktionsoptimering

Abele, E., Metternich, J., Tisch, M., & Kreß, A. (2024). Overview on Learning Factory Topics. In *Learning Factories: Featuring New Concepts, Guidelines, Worldwide Best-Practice Examples* (pp. 287-325). Cham: Springer International Publishing.

Bjørnsten, T. B., Wade, T. J., Nellemann, C., & Christiansen, L. (2024). Extending the Learning Factory Through Virtual Reality. 79-86.

Christiansen, L., Nellemann, C., Frendrup, J., Zhang, Y., Bøgevald Bjørnsten, T., & Heidemann Lassen, A. (2023, May 12). Didactical considerations for further education learning factories: A three case study. 13th Conference on Learning Factories (CLF 2023). Conference of Learning Factories 2023, Reutlingen. <https://papers.ssrn.com/abstract=4469259>



Forfatter: Thomas Bøgevald Bjørnsten

Thomas Bøgevald Bjørnsten, PhD. Leder af Forskningsprogram for digitale og bæredygtige processer på VIA University College. Ekspertise i digital kommunikation og transformation, herunder informationsvisualisering og XR.



Forfatter: Rickard Lindquist

Rickard Lindquist, koordinator Value Chain Management uddannelsen VIA University College. Cand Oecon og SCOR professionel.

Erfaring fra flere roller i det private erhvervsliv indenfor Supply Chain Management, logistik, produktion, planlægning, digitalisering og ledelse hos Danfoss, Danisco og LEGO.

Blev ansat hos VIA University College i 2002 med et formål at udvikle og starte Value Chain Management uddannelsen op. Har derefter arbejdet som underviser, uddannelseschef, udviklet en produktionsingeniør uddannelse og udviklet en SCM uddannelse i Kina i samarbejde med Damco og Sichuan College of Architectural Technology. Derudover erfaring fra nationale og internationale F&U projekter. Fokus er på optimering af forretnings- og produktionsprocesser og digitalisering af disse. www.linkedin.com/in/rickardlindquist.