

Makerspace som kollegialt og teknologisk medieret læringsmiljø: En praksisteoretisk analyse af arbejdspladsbaseret læring på en erhvervsskole

Af Morten Christensen, Dorte Moeskær Larsen, Connie Svabo & Claus Auning

Korrekt citering af denne artikel efter APA-systemet (American Psychological Association System, 7th Edition):
Christensen, M., Larsen, D. M., Svabo, C., & Auning, C. (2026). Makerspace som kollegialt og teknologisk medieret læringsmiljø: En praksisteoretisk analyse af arbejdspladsbaseret læring på en erhvervsskole. *Learning Tech - Tidsskrift for læremidler, didaktik og teknologi*, (17), 184-209. DOI: 10.7146/lt.v10i17.151691

Abstract

Nye læremidler og læringsmiljøer skaber ikke blot nye læringsmuligheder for elever, men også for lærere. Denne artikel undersøger makerspaces og tilhørende digitale teknologier som kollegiale, arbejdspladsbaserede læringsmiljøer på erhvervsskoler. Artiklen bygger på et aktionsforskningsprojekt, hvor lærere har deltaget i eksperimenterende praksisformer, hvor teknologi og håndværk integreres i relation til egen undervisningspraksis. Med afsæt i otte interviews fra projektet 'LabSTEM' identificeres forskellige erfaringer med arbejdspladsbaseret kompetenceudvikling i faglæreres arbejde i makerspace. Analysen tager udgangspunkt i en samlet praksisteoretisk ramme, hvor praksisfællesskabsteori (Wenger), kulturhistorisk aktivitetsteori (Engeström) og aktør-netværksteori (Latour) anvendes som komplementære perspektiver på læring som situeret, medieret og kollektiv praksis. Artiklen er forankret i en pragmatisk videnskabsteoretisk position, hvor teori forstås som situerede begrebslige ressourcer, anvendt generativt i analysen. Traditionerne belyser tilsammen, hvordan makerspaces skaber rum for genforhandling af faglige fællesskaber og udvikling af undervisningspraksis. Gennem interaktion i makerspace opstår kollegiale dialoger og udviklingsprocesser, hvor faglighed både forstyrres og transformeres.

New teaching materials and learning environments provide new learning opportunities, not only for students but also for teachers. This article focuses on makerspaces and associated digital technologies as collegial, workplace-based learning environments in vocational schools. Through an action research project, teachers engaged in experimental forms of practice where technology and craftsmanship were brought into play in relation to their own teaching practice. Based on eight interviews conducted in the 'LabSTEM' project, challenges in vocational teachers' work in the makerspace were identified. The analysis is grounded in an integrated practice-theoretical framework, using three complementary theoretical traditions: communities of practice theory (Wenger), cultural-historical activity theory (Engeström), and actor-network theory (Latour), which conceptualize learning as situated, mediated, and collective practice. The article is anchored in a pragmatic epistemological position, where theory is understood as situated conceptual resources used generatively in analysis. These practice-theoretical traditions serve as analytical resources that collectively demonstrate how makerspaces create spaces for the renegotiation of professional communities and the development of teaching practice. Through interaction in the makerspace, collegial dialogue and development processes emerge, where vocational domains and professional practice are disrupted and transformed.

Makerspace som kollegialt og teknologisk medieret læringsmiljø: En praksisteoretisk analyse af arbejdspladsbaseret læring på en erhvervsskole

Morten Christensen, UCL Professionshøjskole og Erhvervsakademi, Dorte Moeskær Larsen, Syddansk Universitet, Connie Svabo, Syddansk Universitet & Claus Auning, UCSYD

1. Indledning

I et makerspace på en erhvervsskole er tre faglærere i færd med at programmere en robotarm designet til brug i undervisningen. Matematiklæreren bemærker: "Hvis eleverne bliver instrueret i at flytte klodserne, lærer de vel koordinatsystemet at kende gennem programmeringen." Snedkerfaglæreren svarer: "Ja, måske, men jeg kan ikke se, hvad de skal bruge programmeringen af robotarmen til." Diskussionen fortsætter, mens opmærksomheden rettes mod en anden lærerduo: en malerfaglærer og en elektrikerfaglærer samarbejder om at få deres robotarm til præcist at placere flere runde klodser i en stabel. Efter koncentreret arbejde lykkes det dem at danne et lille tårn, hvilket udløser en spontan jubel: "Yes!" Tilfredse med resultatet vender de sig mod lederen af makerspace med spørgsmålet: "Kunne der ikke være en video til eleverne, så de kan blive instrueret, inden de går i gang?"

Vignetten er en konstrueret beskrivelse baseret på interviews og observationer fra et makerspace på en erhvervsskole. Den illustrerer, hvordan undervisere i et praksismiljø forholder sig til ny teknologi, samarbejder på tværs af fagligheder og reflekterer over didaktiske muligheder – og den peger samtidig på et underbelyst felt: undervise-

rens egen læring i teknologisk prægede læringsmiljøer.

Denne artikel undersøger, hvordan et makerspace kan fungere som et arbejdspladsbaseret læringsmiljø for undervisere på erhvervsskoler, og hvordan teknologi, kollegial interaktion og faglig refleksion indgår i udviklingen af underviserens professionelle praksis.

Formålet er at bidrage til en underbelyst diskussion om underviserens egen læring og kompetenceudvikling indenfor erhvervsuddannelseskonteksten. Vi adresserer, hvordan deltagelse i et teknologisk præget læringsmiljø, der adskiller sig fra traditionelle værksteder og klasseværelser, kan åbne for nye former for viden, praksis og professionsforståelse hos underviserne.

I vores gennemgang af litteratur om arbejdspladsbaserede læringsmiljøer har vi ikke fundet tidligere studier, der specifikt adresserer erhvervsskoleundervisere, med uddannelsesinstitutionen som arbejdsplads og faglærerne som deltagere i arbejdspladsbaseret læring. Denne mangel på forskning peger på et videnskabeligt hul, som vores artikel bidrager til at udfylde. Vi undersøger betydningen af læring på arbejdspladsen og dens potentiale for personlig og professionel udvikling for faglærere, og argumenterer for, at makerspaces kan fungere som hybride læringsmiljøer, hvor undervisere eksperimenterer, forhandler og udvikler deres praksis i samspil med teknologi og kolleger.

Makerspaces kan i denne sammenhæng forstås som læringsmiljøer præget af åben faglig klassifikation (Hersom & Koudahl, 2017), hvor eksperimenterende praksisser og nye teknologier inviterer undervisere til at udforske og udvide deres faglige horisonter. I modsætning til traditionelle værksteder og klasseværelser, hvor etablerede rutiner og kendte teknologier dominerer, tilbyder makerspace et mere åbent, uforudsigeligt og tværfagligt rum. Dette skaber læringsmuligheder ikke kun for elever, men også for underviserne, idet de forhandler teknologiens relevans og potentielle anvendelser i deres undervisningspraksis.

Set i lyset af forskningen i arbejdspladsbaseret læring (Jørgensen & Warring, 2022; Harteis & Billett, 2008) kan makerspaces betragtes som arbejdspladsbaserede læringsmiljøer, hvor professionel udvikling sker gennem deltagelse i hverdagslige praksisser snarere end via formel efteruddannelse. Denne tilgang ligger i forlængelse af nyere forståelser af læringsmiljøer som relationelle og deltagercentrerede – hvor viden, teknologi og samarbejde sameksisterer og gensidigt former hinanden.

Der findes endnu kun få studier, som specifikt undersøger læreres kompetenceudvikling i makerspace-kontekster. Crichton (2014) og Clapp et al. (2016) viser, at undervisere kan udvikle nye pædagogiske forståelser gennem deltagelse i maker-centrerede aktiviteter, men

deres fokus ligger primært på grundskolelærere og efteruddannelse. I en dansk rapport om udvikling af STEM fag på erhvervsskoler (Andersen et al. 2022) fremhæves det, at efteruddannelse er afgørende for at styrke lærernes kompetencer i undervisning af de STEM-relaterede grundfag. Rapporten understreger, at et tæt samarbejde og fælles udvikling af undervisningsmaterialer i fagteams kan fremme en mere helhedsorienteret og praksisnær undervisning. Derudover påpeges det, at lærere bør have mulighed for at deltage i faglige efter- og videreuddannelser, som kan styrke deres forståelse af, hvordan praksis, tværfagligt samarbejde og konkrete erhvervssituationer kan integreres i undervisningen. Samtidig fremhæver Søndergaard et al. (2025), at et effektivt samarbejde mellem grundforløb- og faglærere på erhvervsskolerne er centralt for at gøre undervisningen mere relevant og praksisnær.

Artiklen bidrager med ny viden ved at undersøge, hvordan faglærere på erhvervsskoler – som både undervisere og praktikere – engagerer sig i kollegial læring og teknologiudforskning i deres eget arbejdsmiljø. Fokuseringen på underviserne frem for eleverne udgør et centralt bidrag. Vi argumenterer for, at makerspaces på erhvervsskoler kan forstås som særlige caseeksempler på arbejdspladsbaseret kompetenceudvikling og dermed som arenaer, hvor læring og praksisudvikling for undervisere kan studeres empirisk og begrebsliggøres teoretisk.

1.1 Artiklens struktur og formål

Artiklen er struktureret som følger: Først præsenteres baggrund og tidligere forskning, efterfulgt af den teoretiske ramme og metodiske tilgang. Dernæst analyseres empiri fra et kompetenceudviklingsforløb, og afslutningsvis diskuteres fundene i lyset af artiklens formål og bidrag. Formålet med artiklen er at undersøge, hvordan et makerspace kan fungere som et arbejdspladsbaseret læringsmiljø for faglærere på erhvervsskoler, og hvordan teknologi, kollegial interaktion og faglig refleksion spiller sammen i udviklingen af undervisernes professionelle praksis. Artiklen besvarer følgende spørgsmål:

Hvordan kan en samlet praksisteoretisk tilgang anvendes til at analysere faglæreres interaktion med makerspaces som arbejdspladsbaseret læringsmiljø?

Hvilken betydning har makerspace som arbejdspladsbaseret læringsmiljø for undervisernes udvikling af nye undervisningspraksisser?



1.2 Videnskabsteori og praksisteoretisk ramme

Artiklens analytiske tilgang er forankret i praksisteori (Schatzki, 2001) og bygger på en relationel forståelse af læring, viden og kollegial udvikling. Med inspiration fra antologien *Creative Pragmatics* (Shanks et al., 2025) anlægger vi en analytisk åbenhed, hvor flere praksisteoretiske tilgange aktiveres parallelt – uden at insistere på en ontologisk eller epistemologisk syntese.

De valgte praksisteoretiske tilgange er særligt relevante, fordi de tilbyder analytiske redskaber til at forstå viden og læring som situeret, kropslig og medieret handling. Læring anskues her som noget, der opstår i samspil mellem mennesker, teknologier, steder og institutionelle rammer.

Denne forståelse placerer undersøgelsen i en praksisteoretisk tradition, hvor viden anskues som kropslig, distribueret og emergent – et fænomen, der udfolder sig gennem relationer snarere end som noget, der eksisterer i individet alene (Nicolini et al., 2003; Svabo, 2009; Gherardi, 2001).

De tre teoretiske tilgange, der informerer analysen – praksisfællesskabsteori, kulturhistorisk aktivitetsteori og aktør-netværksteori – kan alle placeres inden for den brede praksisteoretiske horisont (Nicolini et al., 2003; Gherardi, 2001), samtidig med at de betoner forskellige dimensioner af praksis.

- *Praksisfællesskabsteori* (Wenger, 2004; Lave & Wenger, 1991) betoner læring som deltagelse i fællesskaber og forhandling af mening.
- *Kulturhistorisk aktivitetsteori* (CHAT; Engeström, 2001) fokuserer på kollektivt arbejde og udvikling gennem spændinger og modsætninger i aktiviteter.
- *Aktør-netværksteori* (ANT; Latour, 2005) retter opmærksomheden mod det heterogene netværk af mennesker og ikke-menneskelige aktører (f.eks. teknologier), der former praksis.

Sammen gør de tre tilgange det muligt at undersøge, hvordan kollegial læring i et makerspace fremstår som et distribueret og dynamisk fænomen, der udfolder sig gennem social deltagelse, systemiske spændinger og materiel mediering.

Vi er bevidste om, at de rummer ontologiske spændinger, eksempelvis i forståelsen af stabilitet, forandring og materialitet, men i en pragmatisk tilgang fungerer sådanne forskelle som analytisk friktion, der kan generere nye indsigter.

Ved at kombinere de tre tilgange kan vi analysere, hvordan faglæ-

rere forhandler ny viden og udvikler undervisningspraksis i kollegiale samspil med teknologier. Det muliggør en nuanceret forståelse af arbejdspladsbaseret kompetenceudvikling uden for klassiske kursusrammer og bidrager samtidig til at videreudvikle en praksisteoretisk forståelse af læring i teknologimættede miljøer.

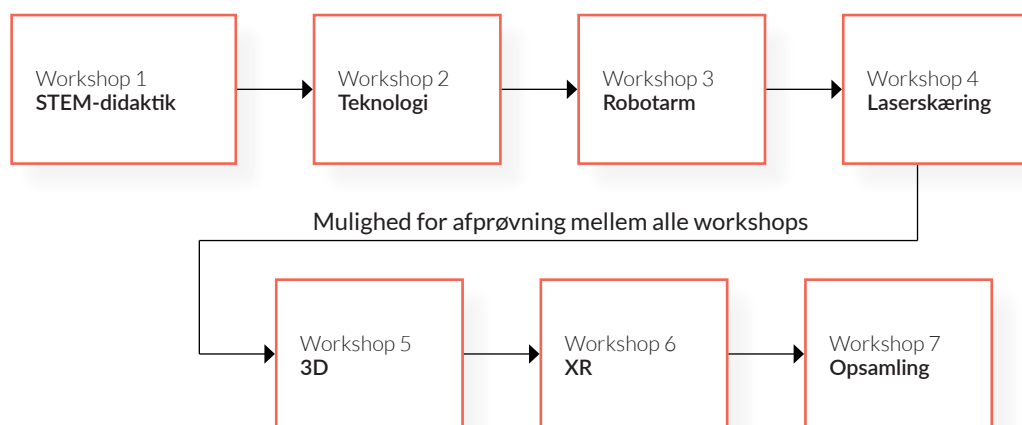
2. Metode og empiri

Artiklen bygger på empirisk materiale indsamlet i forbindelse med udviklingsprojektet LabSTEM, der har til formål at udvikle STEM-undervisning gennem en laboratiemodell (Svabo et al., 2024). Projektet sigter mod at skabe faglige udviklingslaboratorier, hvor lærere mødes i tre timers workshops på deres arbejdsplads for at diskutere og udvikle undervisning. I LabSTEM-projektet var målet at organisere udviklingsarbejdet med henblik på at opnå arbejdspladsbaseret kompetenceudvikling.

Deltagerne i LabSTEM-laboratorierne rundt om i landet var undervisere fra forskellige uddannelser. Blandt disse var der et LabSTEM-laboratorium på en erhvervsskole, hvor laboratoriet var knyttet til etableringen af et makerspace. Forløbet på denne erhvervsskole bestod af syv workshops af tre til fire timers varighed, gennemført med cirka to ugers mellemrum fra februar til maj 2022. Det omfattede en workshop med introduktion til STEM-didaktik, en workshop med fokus på begrebet teknologi og fire workshops med hver sin teknologi: robotarm-programmering, laserskæring, 3D-print og XR-teknologier (extended reality), herunder VR-briller. Den sidste workshop var en

Figur 1.

Oversigt over workshop-forløbet.



opsamling af læringsudbyttet (figur 1). Erfaringerne fra underviserne blev efterfølgende samlet i et undervisningshæfte (Christensen et al., 2023).

Strukturen for de fire teknologiworkshops bestod først af en opsamling af underviserens allerede gennemførte undervisning. Derefter arbejdede de med en ny teknologi, som de efterfølgende diskuterede i samspil med kolleger med henblik på, hvordan den kunne inddrages i deres egen undervisning. Afprøvningen af den nye teknologi i egen undervisning fandt sted mellem hver workshop. Muligheden for at anvende makerspace som klasserum indgik som en del af afprøvningsmulighederne.

Denne vekselvirkning mellem eksperimentering, refleksion og kollegial diskussion udgjorde et centralt grundlag for den læring og de forstyrrelser, der senere analyseres. Workshopforløbets struktur giver mulighed for at iagttage og analysere udviklingen af underviserens praksis i spændingsfeltet mellem teknologi, faglighed og kollegialt samspil.

2.1 Empiri og deltagere

Empiriindsamlingen til denne undersøgelse blev gennemført via semistrukturerede interviews med de deltagende undervisere (N=7) og makerspacelederen (N=1). Hvert interview varede cirka 20–30 minutter. Interviewguiden fokuserede på respondenternes forståelse af STEM-begrebet efter endt forløb, deres anvendelse af STEM i undervisningen samt deres opfattede udbytte af undervisningen i forhold til fagligt indhold, strukturen af LabSTEM-workshops og den efterfølgende anvendelse af indholdet fra workshoppen i undervisningen. Interviewene blev gennemført af underviseren på LabSTEM-forløbet (fra LabSTEM-projektet) for at sikre, at deltagerne kunne genkalde og nuancere deres erfaringer i dialog med en person, der selv havde deltaget i workshopforløbet. Interviewene blev optaget og transskriberet. Alle navne og identifikationsoplysninger er anonymiseret, og det empiriske materiale opbevares i overensstemmelse med gældende retningslinjer.

2.2 Design og caselogik

I denne artikel betragter vi vores empiri som et casestudie, da denne forskningsmetode giver mulighed for at udforske komplekse fænomener i deres naturlige kontekst. Stake (1995) argumenterer for, at når man skal forstå en case som en helhed, er det vigtigt at anvende forskellige perspektiver for at indfange kompleksiteten. Casen på erhvervsskolen betragter vi som en intrinsisk case (Stake, 1995), fordi den er af interesse i sig selv og giver mulighed for at forstå samspillet

mellem teknologi, undervisning og kollegialt samvær i en konkret kontekst.

2.3 Analytisk design og teoretisk positionering

Analysen er opbygget i tre faser: (1) induktiv, tematisk kodning, (2) udvælgelse og teoretisk fundering i tre praksisteoretiske tilgange og (3) teoretisk analyse med fokus på, hvordan de tre tilgange åbner forskellige fortolkninger af casen. Analysen er inspireret af Ramians (2012) metodiske greb og bygger på systematisk arbejde med i alt otte semistrukturerede interviews, som tre af forfatterne – herunder en af laboratorieunderviserne – har gennemført og transskriberet. I den første fase blev det empiriske materiale gennemgået induktivt med henblik på at identificere centrale temaer. På baggrund heraf anvendte vi en abduktiv (Brinkmann, 2014) analyse med flere perspektiver, hvor de tre praksisteoretiske traditioner fungerer som komplementære begrebslige ressourcer. I den indledende fase adskilte vi analyserne i tre separate spor, men ved en efterfølgende bearbejdning af materialet organiserede vi resultaterne tematisk omkring (a) kollegial deltagelse og identitet (Wenger, 2001), (b) kontradiktioner og udviklingsdynamikker (Engeström, 2001) og (c) materiel/teknologisk mediering (Latour, 2005). Dette sikrer en samlet praksisteoretisk fortolkning på tværs af materialet. Materialet er fortolket gennem drøftelser i flere runder, og skriftlige arbejdsdokumenter blev anvendt til at fastholde og udvikle fortolkningstemaer i dialog med teoretiske begreber. Brugen af begrebsapparatet har udviklet sig i skrivearbejdet og udmunder i en samlet praksisteoretisk tilgang.

2.4 Forfatterposition, etik og kvalitet

Vi indtager en dobbeltrolle som forskere og medudviklere i projektet. At være medudviklere giver en dyb indsigt i konteksten og har givet os mulighed for at følge læreprocesserne tæt og opnå en situeret forståelse (Shanks et al., 2025), men den har samtidig rejst metodiske og analytiske udfordringer. Nogle forfattere har været mere direkte involveret i det empiriske feltarbejde, mens andre har haft en mere analytisk og skrivende rolle. Dette har gjort det muligt at arbejde med både nærhed og distance i analysearbejdet. Vi har søgt at håndtere dobbeltheden ved løbende at skelne mellem empirisk deltagelse og analytisk fortolkning, blandt andet gennem fælles kodning, kollegial sparring og kritiske diskussioner i forfattergruppen. Denne refleksive praksis har været central for at sikre analytisk gennemsigtighed og troværdighed i fortolkningerne, samtidig med at vi kunne drage nytte af vores forskellige positioner i og omkring feltet. Det valgte pragmatiske og praksisteoretiske ståsted betyder, at vi anvender teorier som

situerede værktøjer til at skabe indsigt. Dette valg informerer udvælgelsen af begreber og den analytiske fremstilling.

3. Analyse

3.1 Kollegialitet, faglig identitet og teknologisk mediering i makerspace

Teorien om praksisfællesskaber (Wenger, 2004) tilbyder en forståelsesramme for, hvordan læring opstår gennem deltagelse i meningsfulde, kollektive praksisser. I makerspace-forløbet deltog lærerne ikke i ét fælles "makerfællesskab", men som repræsentanter for forskellige faglige praksisfællesskaber – f.eks. relateret til tømrer-, elektriker-, eller matematikfaglighed. Disse eksisterende fællesskaber blev aktiveret og udfordret i mødet med nye teknologier og kollegial samskabelse. Lærerne reflekterede for eksempel over, hvordan teknologier som fx 3D-print eller VR kunne oversættes til deres eget faglige sprog og praksis.

"Så det har jeg slet ikke tænkt, men det er jo stadigvæk nyt for mig, at jeg skal undervise i det her VR, jeg prøver mig stadigvæk lidt frem, og finder ud af hvad der virker. Så jeg er ikke, jeg er ikke nået til at jeg har noget, der er så gennemprøvet, at jeg kan begynde at forandre det og putte noget nyt ind i det, Jeg er stadigvæk ved at finde grundlaget for, hvad jeg skal lave."

(Hovedfagslærer 2)

Der opstod altså ikke et stabilt, fælles praksisfællesskab omkring makerspace i sig selv. I stedet fungerede makerspace som en midlertidig, kollaborativ læringsarena, hvor lærerne – i samspil med deres kolleger, teknologier og organisatoriske rammer – forhandlede betydningen og relevansen af det teknologiske indhold i lyset af deres egne faglige identiteter og elevernes behov.

"Det var meget godt at, være lidt mere sammen med de der matematik- og fysiklærere, fordi det giver mig også en indgående forståelse af. Hvad er det for nogle udfordringer, de har med mine grundforløbselever, når de kommer over til dem? Og hvordan kan jeg understøtte detovre hos mig og måske også altså bruge noget af det som de underviser i ovre hos mig?"

(Hovedfagslærer 2)

Med afsæt i praksisfællesskabsteorien kan dette forstås som en situeret læringsproces, hvor deltagerne bringer deres eksisterende praksis ind i et nyt fælles rum. Læringen, der både er situeret og erfaringsbaseret, opstår i spændingsfeltet mellem kendt faglighed og nye, potentielt transformativt teknologier. Netop i disse spændinger kan der identificeres kontradiktioner, som driver udviklingen.

3.2 Kontradiktioner og kollegial læring i aktivitetssystemet

I kulturhistorisk aktivitetsteori (CHAT) beskrives udvikling som et resultat af forstyrrelser i aktivitetssystemer (Engeström, 2001, 2014). Et aktivitetssystem forstås som en samling af elementer, der tilsammen udgør et lærende fællesskab. Forstyrrelserne – eller kontradiktionerne – fungerer som drivkraft for udvikling, fordi de synliggør systemiske spændinger og uoverensstemmelser (Engeström, 2001). Det er netop disse spændinger, der driver forandring: “Contradictions are historically accumulating structural tensions within and between activity systems” (Engeström, 2001, s. 137).

Vores case viser, at kontradiktioner opstod i mødet mellem lærere fra forskellige praksisfællesskaber og aktivitetssystemer. Makerspace-forløbet introducerede nye teknologier og samarbejdsformer i lærernes praksis, hvilket skabte spændinger i forhold til faglige traditioner, undervisningsmål og organisatoriske strukturer. Teknologierne blev oplevet som både inspirerende og vanskelige at integrere i eksisterende undervisningsformer.

Når faglærere med håndværksmæssig baggrund og grundfagslærere med skolefaglig baggrund samles i makerspace, mødes to forskellige historiske og kulturelle forståelser af undervisning og læring. Dette skaber et spændingsfelt – og en mulighed – hvor etablerede roller, regler og objekter genforhandles.

Analysen af de kontradiktioner, som lærerne beskriver i interviews, viser, at faglærere og grundfagslærere mødes i makerspace som en del af et arbejdspladsbaseret læringsmiljø, hvor de bringer forskellige historiske og kulturelle baggrunde med sig. Disse møder skaber spændinger mellem deres pædagogiske tilgange og praksisser.

På værkstederne opfattes underviserne typisk som mesterlærere, der instruerer eleverne i, hvad de skal gøre, hvorefter eleverne reproducerer dette – en ofte stærkt styret proces. Grundfagslærerne tænker derimod mere som klassiske lærere, der formidler et skolefagligt indhold.

3.2.1 Kontradiktion i arbejdsdeling og roller

I makerspace oplever faglærerne, at de ikke længere er de fagligt dygtigste inden for de nye teknologier. Dette kræver, at de indtager

nye positioner, hvor de selv lærer. En hovedfagslærer (1) beskriver det således: *“Virtual Reality: Jeg prøver mig stadigvæk lidt frem og finder ud af, hvordan det virker.”* En anden hovedfagslærer (3) forklarer, at denne nye rolle ændrer dynamikken: *“altså man kan spørge ind til hinanden i øjenhøjde... man tør godt udstille sin uvidenhed og sige: Hvad betyder det, og hvorfor er det sådan?”*

Denne ændrede positionering peger på en forskydning fra mesterlære til kollaborativ læring, hvor både lærere og elever indgår i mere symmetriske roller. En grundfagslærer (1) bemærker: *“[I makerspace]... der bliver jeg mere en vejleder... der er jeg på sidelinjen og vejleder lige og hjælper dem...”*

Denne nye rolle er dog ikke uden udfordringer, som en af hovedfagslærerne (3) påpeger: *“... så burde man måske også vide noget mere, og den måde skal lige brydes ned.”*

En anden hovedfagslærer (1) beskriver ligeledes denne kontradiktion således: *“Det gav mig en øjenåbner om, at jeg skal være mere åben over for, at vi skal prøve nogle ting, som ikke er helt styret.”* Denne tilgang opleves som både både anderledes og udfordrende for lærerne.

Lederen af makerspace opsummerer sit perspektiv på forandringen således:

“[...] fra at være den instruerende lærer til at være den faciliterende, guidende lærer [...] så er det ikke lærerne, der står og laver instruktionen, men de er efterfølgende hjælpere og opmuntrer eleverne i deres robotprogrammering.”

(Makerspace leder)

Denne bevægelse skaber en kontradiktion mellem traditionelle lærerroller og nye læringsformer, men åbner samtidig op for et nyt læringsmiljø, hvor både lærere og elever deltager i en mere ligeværdig læringsproces.

3.2.2 Regler og normer

En anden kontradiktion, der bliver tydelig i makerspace, angår forskelle i regler og normer i forhold til lærerens egen undervisning, især i forhold til det at begå fejl. I erhvervsskolernes fagværksteder er normen, at eleverne skal minimere fejl, da det er en integreret del af fagkulturen, hvor fejl “handler både om sikkerhed og økonomi” (Hovedfagslærer 1). Makerspace-lederen uddyber: *“Det er svært som håndværker, fordi som tømrer er det jo dyrt, hvis man laver fejl på en kundes hus. Så det er dén kultur, de skal have ude i deres eget værksted.”*

I makerspace ses fejl derimod som en central del af læreprocessen.

En faglærer forklarer: *“At man gerne må fejle... man kan godt lave fejl, og det er ikke altid, tingene virker, men så prøver vi bare igen,”* og Hovedfagslærer 3 beskriver det som *“en slags legestue.”* Hovedfagslærer 1 omtaler også denne anderledes norm: *“Ja, så sad vi og legede... og der skete ikke noget ved, at man lavede fejl, som man er vant til. Det er en safebase... jamen, så prøver jeg lige igen.”*

Det tyder ikke på, at grundforløbslærerne ser dette som en kontradiktion i undervisningen i fag som fysik og matematik, hvilket heller ikke nævnes i interviewene.

Lederen af makerspace understreger også betydningen af en fejlmodig kultur: *“... det her med at fremdyrke en kultur, hvor man gerne må lave fejl. Og fejl er faktisk vigtige i forhold til den læringsproces, man har her [i makerspace, red.]”* Han påpeger dog, at det er en udfordring for faglærerne at ændre denne norm: *“Det er rigtig svært at komme ud over som faglærer [...] det er fuldstændig indarbejdet.”*

Denne forskel i normer skaber en spænding mellem produktionsorienterede og læringsorienterede kulturer. I makerspace bliver fejl en accepteret del af læringsprocessen. Det er en kulturforhandling, hvor etablerede faglige værdier og selvforståelser udfordres.

3.2.3 Målet

En sidste kontradiktion, vi fandt, handler om målet, som deltagerne arbejder mod – det, der i aktivitetssystemet kaldes objektet. I lærernes traditionelle værksteder og klasserum er målet for undervisningen ofte klart defineret og fastsat. Teknologier bruges som midler til at opnå et konkret produkt eller udvikle en specifik færdighed, som at lære en bestemt maleteknik eller forstå et matematisk begreb. I makerspace er tilgangen derimod mere åben og undersøgende. Målet er ikke nødvendigvis fastlagt på forhånd, og teknologierne betragtes mere som læringsredskaber, der skal mestres, så de efterfølgende kan anvendes i andre sammenhænge. Som en faglærer udtrykker det: *“Det kan godt være, at målet var forskelligt [for os undervisere], men midlerne, vi når dertil med, var måske de samme, men selvfølgelig med hver sin faglighed, og det synes jeg var rigtig godt.”* (Hovedfagslærer). Makerspace-lederen uddyber også denne kontrast i tilgangen til målet:

“Når de kommer i MakerLab, jamen, så har de der mulighed for at være nysgerrige sammen med eleverne. Så der er ikke et færdigt produkt eller et færdigt program, de skal [følge], men eleverne er med til selv at sætte fokus på, jamen, hvad er det, de gerne vil med den her robotarm? Eller hvilket udtryk vil de gerne have, når de skal lave et 3D-printet hus? Eller, hvordan skal et billede graves på laserskæreren? Hvor mørkt skal det være?”

(Makerspace-leder)

Dette skift mod åbne, eksperimenterende undersøgelsesprocesser udgør en læringsmulighed, men også en udfordring, for det kræver at lærerne omdefinerer undervisningens formål og deres egen rolle som eksperter.

Sammenfattende viser denne første del af analysen, at makerspace fungerer som et forstyrrelsesproducerende og kollaborativt læringsmiljø, hvor lærernes roller, brugen af teknologier samt normer og mål bliver genforhandlet. De praksisfællesskaber, som lærerne bringer med sig, indgår dermed i en kollektiv proces, hvor nye fagpersonlige positioner og læringsformer gradvist skabes gennem spændingerne mellem faglighed, teknologi og samarbejde.

3.3 Teknologier som aktører og medierende elementer i kollegial læring

Det er tydeligt i vores interviews, at de tilstedeværende teknologier spiller en væsentlig rolle i underviserens udvikling af nye perspektiver på deres praksis. I løbet af LabSTEM-forløbet har underviserne arbejdet med forskellige teknologier som 3D-print, laserskæring, en kollaborativ robotarm og VR-teknologi. Hver teknologi har påvirket, hvordan underviserne potentielt ser udviklingen i deres fag og undervisningspraksis.

I kulturhistorisk aktivitetsteori (CHAT) forstås artefakter og værktøjer som medier, der former handlinger og praksisser (Engeström, 2001). Teknologierne i makerspace fungerer derfor ikke blot som redskaber, men som medierende elementer, der påvirker relationer, roller og forståelser i læringsfællesskabet.

Denne forståelse af teknologi som medierende leder videre til en tilgang inspireret af aktør-netværksteori (ANT) (Latour, 2005), hvor teknologier og materialitet ses som aktive medspillere i et netværk af tilblivende relationer og processer.

I ANT spiller artefakterne centrale roller. Menneskelige og ikke-menneskelige aktører behandles *symmetrisk* i undersøgelser af, hvordan videhandling opstår. Som Nicolini et al. (2003, p.22) beskriver det *“Unlike in other approaches, here these artifacts do not play a merely background role. On the contrary, they participate actively in the stories, carry history, embody social relationships, distribute power, and provide points of resistance”*.

I makerspaceforløbet kan dette ses i, hvordan teknologierne deltager i etableringen af et læringsrum, hvor både lærere, teknologier, materialer og fagmål spiller sammen i 'oversættelser' af hinandens interesser.

3.3.1 Makerspace som et 'tredje sted'

I LabSTEM-projektet kan erhvervsskoleforløbet forstås som forhandlede 'oversættelser', hvor udvikling af undervisningspraksis fremkommer og forhandles i kæder af handling og modhandling mellem en række heterogene entiteter. En vigtig aktør ser ud til at være makerspacet selv. Makerspacelederen fungerer som en central initiativtager og fortaler for dette makerspace:

" (...) her får vi det her fælles tredje sted, som ikke er et sted, hvor tømreren skal over til snedkeren og spørge om hjælp eller bruge nogle af deres maskiner. ... Så vi nedbryder de her faglige skel ved at bevæge os fysisk hen et tredje sted, som ikke er det ene eller det andet."

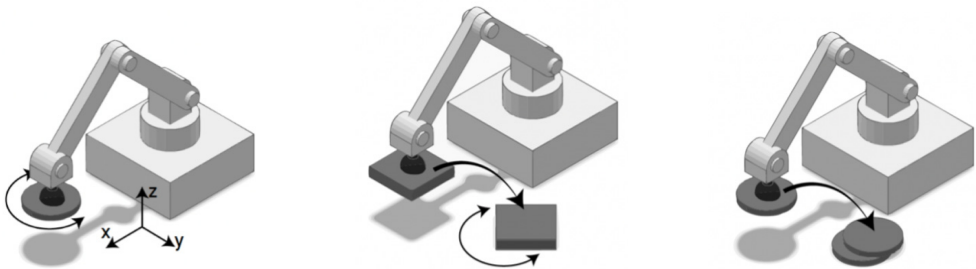
(Makerspaceleder)

Når underviserne opholder sig i makerspace, fremstår det tydeligt, at fagligheden ikke er fastlagt. Den forhandles og udfordres i mødet med rummet, som fungerer som et materielt-semiotisk sted for oversættelse mellem forskellige praksisser. Dette muliggør en midlertidig suspension af hierarkier og faggrænser, hvor lærerne mødes som kolleger og medundersøgere.

Den kollaborative robot (se figur 2) i makerspacet illustrerer dette tydeligt. Matematikunderviserne anvender robotarmen til at arbejde med kartesiske og polære koordinatsystemer gennem nye, praktiske øvelser. Samtidig udtrykker fagunderviserne et behov for konkrete eksempler på teknologiens anvendelse i erhvervsrettet praksis, før de vurderer den som relevant i undervisningen.

Figur 2.

En kollaborativ robotarm giver eleverne mulighed for at arbejde med placering og rotation i et koordinatsystem i softwaren og få umiddelbar feedback gennem fysisk at programmere robotten.



Overordnet skaber makerspace en ramme for dialog mellem underviserne om didaktiske overvejelser knyttet til undervisningspraksis og robotarmen som relevant læremiddel. Hovedfaglærer 4 fremhæver f.eks., at robotarmen giver eleverne hurtig feedback:

”(...) og så får de hurtigt feedback på tingene. De får feedback ud fra det de gør. For eksempel, hvis de får robotarmen til at hente en ting inde i punkt A, men så kørte den sgu for langt, nå men så har jeg nok sat den skulle køre lidt for langt så kan man gå ind og rette på det og få den til at køre kortere, eller justere punktet”

(Hovedfaglærer 4)

Her fungerer teknologien som en aktør, der medierer og translaterer mellem abstrakt og praktisk viden, og som forbinder forskellige aktivitetssystemer.

3.3.2 Humane og non-humane aktører i samspil

To hovedfagsunderviserne har tidligere erfaring med makerspace og fungerer som semi-eksperter, mens de øvrige lærere deltager som novicer. Dette skaber en dynamik, hvor roller og aktørstatus forskydes løbende – ikke blot mellem mennesker, men også mellem teknologierne, som i nogle situationer fungerer som læringspartnere, og i andre som barrierer.

De fire teknologiorienterede workshops viste, at faglærernes engagement i høj grad afhænger af, hvor tæt teknologien er på undervisernes faglige mål og materialer: Hovedfaglærerne interesserede sig primært for teknologier med direkte anvendelse i erhvervsrettet praksis, mens grundfaglærerne fokuserede på teknologiens potentiale som didaktisk redskab i fag som matematik, fysik og kemi.

Teknologiens rolle som aktør synes at afhænge af, om konteksten er undervisningspraksis eller erhvervsrettet praksis. Robotarmen (figur 2) illustrerer denne forskel: Matematikunderviserne anvender den til arbejde med koordinatsystemer, mens hovedfaglærerne søger relevans gennem industriel anvendelse. I denne sammenhæng kan definitionerne af åben og lukket klassifikation (Hersom & Koudahl, 2017) bidrage til at forstå, hvilke aktiviteter faglærerne forbinder med teknologien—enten en lukket klassifikation, hvor teknologien afspejler eksisterende erhvervspraksis, eller en åben klassifikation, hvor praksis udfordres gennem nye faglige fortolkninger.

Forskellen bliver tydelig i arbejdet med 3D-print og laserskæring, begge med potentiale til at transformere dele af den erhvervsrettede praksis. Laserskæreren placerer sig mellem praksisanvisende og

praksisrelateret læring. For nogle undervisere er teknikken ny, men workshoppen viste hurtigt, at flere hovedfagsundervisere med erfaring i træ- og metalarbejde genkender den som en CNC-fræser, der præcist skærer elementer ud af 2D-materialer som træ- eller metalplader. I stedet for at teknologien fremstår som en 'black box' bliver de genkendelige elementer en hurtig vej til at translaterer teknologiens muligheder.

Hovedfagsundviserne ser hurtigt et potentiale for at integrere teknologien i deres eksisterende praksis, mens grundfagslærerne oplever helt nye muligheder for at anvende laserskæreren som læremiddel. F.eks. har nogle matematikundervisere eksperimenteret med at fremstille små kasser og cylindre for at beregne rumfang og overfladeareal.

3D-printeren repræsenterer en åben klassifikation, idet den for nogle faglærere rummer potentiale til at ændre både materialeanvendelse og produktionsteknik. Grundfagslærerne ser muligheder for at fremstille modeller til undervisning i f.eks. fysik/kemi eller matematik, mens hovedfagslærerne anvender den til at producere miniaturemodeller til projekter.

3.4 Materialer som medierende

Materialerne, som teknologierne bearbejder, har afgørende betydning for, om de opleves som meningsfulde. Hovedfagslærere med erfaring i træ og metal genkender laserskæreren som en videreudvikling af CNC-fræseren, hvilket åbner for integration i eksisterende praksis. Snedkerfaglæreren interesserer sig for fordele og ulemper ved de brændemærker, der opstår på træet under skæring, mens industriteknikeren efterspørger en version med skærehoved til metal. Grundfagslærerne har ikke samme materialemæssige udgangspunkt, men ser laserskæreren som en ny mulighed for at visualisere matematiske begreber gennem fysisk produktion.

3D-printeren skaber derimod større afstand til håndværksfagene. Dens materialitet – plastik – forbindes ikke direkte med de tilstedeværende håndværkspraksisser og positioneres derfor som læremiddel snarere end fagteknologi. Printereren anvender primært PLA (Polylactic acid eller polymælkesyre på dansk), et materiale, som de deltagende faglærere ikke genkender fra deres eksisterende praksis. Dette understreger, at materialet selv fungerer som aktør i forhandlingen om relevans og legitimitet. Materialet bliver en kommunikerende og differentierende kraft i læringsnetværket, der enten skaber forbindelser til eller afstand fra lærernes faglige verdener og dermed påvirker, hvilke teknologier opleves som meningsfulde.

3.4.1 Teknologier som medier for oversættelse og læring

Når lærerne interagerer med teknologierne, opstår oversættelsesprocesser - både mellem fag og mellem mennesker og ting. På tværs af empirien ses, at teknologierne ikke blot muliggør læring, men også stiller betingelser for den: de organiserer kroppene i rummet, fordeler opmærksomhed og definerer, hvad der tæller som viden.

Makerspace bliver dermed et miljø for 'teknologisk mediering' – et sted, hvor læring opstår gennem oversættelser mellem mennesker, teknologier, materialer og institutionelle mål.

Mange teknologier fremstår som 'black boxes', der producerer bestemte produkter, og det er først, når teknologien bliver 'un-boxed', at grundfagslæreren kan identificere det matematiske eller naturfaglige indhold i teknologien. Gennem 'un-boxing' bliver teknologien i højere grad en legitim aktør. Dette er f.eks. tydeligt i den ene hovedfagslærers genkendelse af funktionerne i laserskæreren i makerspace som genkendelige fra CNC-fræseren eller det kartesiske system i robotarmen.

Fælles for mange teknologier i makerspace er, at de tydeligt kommunikerer det materiale, de bearbejder. Snedker- og industriteknikerfagslærerne ser straks muligheder, når teknologien kan anvendes på materialer, der kendetegner deres fag. Materialet udgør en central del af fagets identitet, og så snart teknologien signalerer en mulighed for at bearbejde fagets materialer – f.eks. metal eller træ – opleves den som meningsfuld for hovedfagslærerne.

Som tidligere nævnt har 3D-print i PLA vanskeligere ved at kommunikere sit faglige potentiale i forhold til materialitet. Teknologien anvendes oftere til fremstilling af komponenter til værktøj, såsom holdere, eller som metode til at producere forme.

Makerspace udgør et nyt arbejdspladsbaseret læringsrum for underviserne på erhvervsskolen, hvor der opstår et dynamisk netværk af relationer mellem humane og non-humane aktører – herunder makerspace selv, materialiteter, fagidentiteter og de teknologier, der er placeret i rummet. LabSTEM-forløbet, som dette makerspace indgår i, har tydeliggjort, at sådanne aktører kan træde frem og identificeres. Derfor er det centralt at fokusere på, hvordan aktører bringes sammen, og hvordan oversættelsesprocesser (translation) mellem dem finder sted. Dette indebærer, at interesser, intentioner og handlinger fra forskellige aktører gøres kompatible, så samarbejde bliver muligt. Eksempelvis kan laserskærere, grundfagslærere, hovedfagslærere og teknologier forbindes, så de forstår hinandens interesser, muligheder og begrænsninger.

3.5 Delkonklusion

Set i lyset af både CHAT og ANT bliver makerspace et hybridt lærings-

økosystem, hvor teknologier og materialer optræder som forstyrrende, medierende og medskabende aktører. Lærerne udvikler nye forståelser af deres fag, roller og kollegiale relationer gennem de netværk, der dannes i mødet mellem humane- og non-humane aktører.

Denne analyse peger på, at læring i teknologisk medierede miljøer ikke blot handler om tilegnelse af nye færdigheder, men om transformationen af relationer – mellem faglighed, teknologi, materiale og kollegial kultur.

3.6 Syntese: Kollegial læring som teknologisk medieret praksis

Analyserne viser, at læring i makerspace er en kollektiv, materielt medieret proces. De tre praksisteoretiske tilgange tilbyder komplementære perspektiver på den samme dynamik: læring opstår i spændingsfeltet mellem kollegiale relationer, institutionelle strukturer og teknologiske aktører. Hos Wenger hentes forståelsen af læring som deltagelse og meningsforhandling i fællesskaber. Engestrøm bidrager med et blik for de kontradiktioner og spændinger, der driver udvikling, når nye teknologier og roller udfordrer etablerede arbejdsdelinger og normer. Latour retter opmærksomheden mod de ikke-menneskelige aktører – teknologier, materialer og rum – der ikke blot medierer, men aktivt indgår i læringsprocessen.

Når disse tre tilgange kombineres, fremtræder makerspace som et kollegialt læringsøkosystem, hvor teknologi fungerer som katalysator for både faglig, social og kulturel forhandling. Mødet med nye teknologier åbner for refleksion over egen praksis og de grænser, der normalt definerer fagene. Samtidig skaber teknologierne konkrete forstyrrelser i arbejdsdeling og lærerrolle, hvilket initierer processer af kollektiv refleksion og re-konfiguration.

Syntesen peger på, at arbejdspladsbaseret kompetenceudvikling i teknologimættede miljøer bør forstås som en form for 'teknologisk mediering', hvor læring sker gennem oversættelser mellem mennesker, teknologier og institutionelle praksisser. Læring bliver her et fænomen, der udspiller sig *mellem* aktører, *gennem* materielle medier og *på tværs* af organisatoriske strukturer.

Empirien viser samtidig, at teknologierne ikke blot medierer viden, men også kultiverer bestemte former for fællesskab, kollegialitet og lærerkultur. Makerspace muliggør nye måder at være kollega på – mere undersøgende, eksperimenterende og dialogiske – hvor fejl og usikkerhed forstås som produktive vilkår for læring. Analysen kan derfor ses som et argument for at betragte makerspace-baseret udvikling som et laboratorium, hvor kollegial læring opstår gennem teknologisk mediering.

4. Diskussion

De tre praksisteoretiske tilgange viser tilsammen, hvordan læring i makerspace udfolder sig som en kollektiv, teknologisk medieret og situeret proces. Analysen peger på, at læring opstår gennem kollektive forhandlinger af faglighed, teknologi og identitet. Makerspace fremstår som et eksperimenterende læringsøkosystem, hvor kollegialitet, teknologi og rum forbindes i nye mønstre af samarbejde og refleksion. Denne syntese danner grundlag for Tabel 1, der sammenfatter hovedpointerne fra de tre praksisteoretiske perspektiver.

Tabel 1.

Overblik over teoretisk bidrag og påvirkning fra makerspace

	Praksisfællesskaber	Kulturhistorisk aktivitetsteori (CHAT)	Aktør-netværks-teori (ANT)
Bidrag til at forstå makerspace som kollegialt læringsrum	Makerspace fungerer som et situeret læringsmiljø, hvor faglærere indgår i nye praksisfællesskaber. Deltagelsen skaber mulighed for gensidigt engagement og fælles meningskabelse, hvor lærerne orienterer sig mod hinandens praksis og udvikler fælles forståelser af faglighed og teknologi.	Makerspace udfordrer lærernes eksisterende aktivitetssystemer og fungerer som et system, der skaber forstyrrelser. Arbejdsdelingen ændres, idet deltagerne bliver medundersøgere – både kollegialt og i relationen mellem lærer og elev. Regler og normer omkring fejl forskydes, så fejl opfattes som en naturlig del af læringsprocessen. Teknologierne går fra at være rene værktøjer til at blive undervisningens mål, hvilket åbner for refleksion og forandring af praksis.	Makerspace fungerer som et midlertidigt, kollaborativt rum, der fremmer ligeværd og eksperimentering. Rum, teknologier og materialer agerer som aktører i læringsnetværket og påvirker, hvordan lærerne samarbejder og forhandler faglige grænser. Rummet bidrager til at nedbryde faggrænser og understøtter en fejkultur, hvor fokus er på ligeværdig vidensdeling og samskabende læring.
Hvilken påvirkning har rummet og teknologierne for underviserne	Deltagelse i makerspace fremmer kollegialitet, fejltolerance og en undersøgende praksis. Teknologierne bliver en del af det fælles kollegiale repertoire, som lærerne orienterer sig imod.	Kontradiktioner mellem faglige kulturer fungerer som drivkraft for refleksion, læring og udvikling. Den undersøgende arbejdsform skaber rum for didaktisk innovation	Udvikling sker gennem samspil mellem menneskelige og ikke-menneskelige aktører, hvor teknologiernes materialitet påvirker deres legitimitet. Rummets åbenhed understøtter udforskning og udpakning af teknologiens potentialer, herunder læring gennem fejl og etablering af nye forbindelser mellem fag.

4.1 Kollegialitet og ligeværd som læringsdrivere

Som analysen viser, fungerer makerspace som et tredje sted, hvor ejerskabet ikke på forhånd er knyttet eller 'låst' til et bestemt fag. Denne neutralitet skaber mulighed for ligeværdig, kollegial læring. Analysen peger på, at makerspace i kombination med undervisningsforløb kan fremme nye rum for kollegial erfaringsudveksling. Mange undervisere udtrykker, at de normalt færdes i egne klasserum og værksteder, mens makerspace repræsenterer et læringsmiljø, der ikke "ejes" af nogen faglighed. Dette ser ud til at styrke oplevelsen af ligeværd i den fælles udforskning af rummet. I Wengers optik kan denne bevægelse forstås som forhandling af mening og identitet på tværs af praksisfællesskaber.

Der eksisterer ikke et etableret fællesskab centreret om rummet; i stedet opstår midlertidige, kollaborative fællesskaber, der kan danne grobund for mere varige former for kollegialt samarbejde.

4.2 Fra mesterlære til samskabelse: en ny form for arbejdspladsbaseret læring

I et kulturhistorisk (CHAT) perspektiv kan makerspace forstås som et miljø, der skaber forstyrrelser/kontradiktioner i eksisterende arbejdsdelinger, normer og objekter – og dermed åbner for læring.

I makerspace blev der konstrueret flere forskellige forstyrrelser og kontradiktioner, hvilket medførte, at lærerne oplevede nye måder at undervise på. Mange erhvervsfagsundervisere kom fra en kultur præget af mesterlære, hvor de selv var eksperter i deres undervisningsværksted – en rolle, der eksemplarisk illustrerer principperne fra praksisfællesskaber. I makerspace erfarede flere en anderledes tilgang, som i interviewene blev omtalt som både interessant og udfordrende. Flere undervisere gennemførte forløb i makerspace uden at være eksperter i indholdet, hvilket repræsenterer en undervisningspraksis, de ikke var vant til. Denne rolleforskydning – fra ekspert til medundersøger – ændrer relationerne mellem lærerne og giver plads til fælles udforskning, fejltolerance og refleksion over egen praksis. Undervisningen i makerspace kan med sin anderledes tilgang bidrage til at rammesætte nye kollegiale dialoger, idet der opstår brydninger i randzonerne mellem de allerede etablerede systemer og de emergente undervisningspraksisser. Dette kan skabe nye kollegiale læringsrum samt rum for didaktisk erfaringsudveksling.

4.3 Teknologier som aktører og katalysatorer for refleksion

Med et ANT-perspektiv træder teknologier og materialer frem som medskabende aktører i læringsprocessen. De fungerer som aktører, der åbner for repositionering, nye opmærksomheder og samtalefor-

mer. Vores observationer viser tydeligt, at underviserne i erhvervsfaget går i dialog med teknologierne, som indgår som ligeværdige aktører og dermed udvider undervisernes muligheder i deres undervisningspraksis.

I translationsprocessen spiller materialitet en afgørende rolle for oplevet relevans og legitimitet. For erhvervsfagsundervisere synes det essentielt at kunne genfinde elementer af de teknologier eller den materialitet, de finder i deres fag, for at finde mening i teknologierne. I nogle tilfælde udvider teknologierne mulighedsrummet, f.eks. når snedkeren ser laserskæreren som en mulighed for en ny type materialitet i faget. Omvendt anvendes teknologier som 3D-print i højere grad til at producere værktøjsholdere og modeller, men tilbyder i mindre grad en materialitet, der umiddelbart udvider erhvervsfaglærerens mulighedsrum i faget.

Teknologierne medierer samtidig oversættelser mellem fag. Nogle teknologiers genkendelighed i relation til digitale kompetencer – eksempelvis laserskærer og 3D-print, der kræver kendskab til digitalt design – gør, at visse faggrupper, som industriteknikere, genkender teknologien som beslægtet med CNC-fræsning. Dette gør, at de hurtigt overskrider læringsbarrieren og i stedet ser teknologien som en mulighed for at arbejde med nye materialer.

Som analysen viser, fungerer teknologierne som samlingspunkt for dialog mellem underviserne, hvor der blandt andet diskuteres, hvilke fag der kan anvende den pågældende teknologi, og hvilke håndværksmæssige praksisser der potentielt overflødiggøres. Teknologierne skaber en legitim ramme for i fællesskab at 'unboxe' teknologiens indhold – matematisk, naturfagligt og håndværksmæssigt. Samtidig giver rummet og teknologierne mulighed for, at faglærere med vidt forskellige undervisningspraksisser kan observere hinanden undervise, uden at en bestemt undervisningsform på forhånd er etableret i makerspace.

4.3 Makerspace som laboratorium for "næste praksis"

Skiftet fra branchestyrede praksisser til undersøgende samskabelse rejser et strategisk spørgsmål for erhvervsskolerne. Faglærernes undervisning er typisk rettet mod specifikke brancher, hvilket ofte indebærer et fokus på den nuværende og fremherskende praksis. Det rejser spørgsmålet, om et makerspace som arbejdspladsbaseret læringsmiljø med nye teknologier kan fungere som platform for en mere åben faglig klassifikation og muliggøre undervisning i teknologier, der understøtter fremtidige praksisser – praksisser, som endnu ikke er etablerede eller evaluerede for deres anvendelighed. I den forstand kan makerspace fungere som et laboratorium for 'næste praksis': et

sted, hvor mulige fremtider for fagene afsøges og forhandles, før de er fuldt integreret i brancherne.

5. Konklusion

Artiklen har vist, hvordan makerspaces kan fungere som kollegiale læringsrum, hvor undervisere udvikler ny praksis i samspil med teknologi, kolleger og materialitet. Gennem et praksisteoretisk blik har vi peget på, at læring på arbejdspladsen ikke blot handler om tilegnelse af teknologiske færdigheder, men om forhandlinger af faglig identitet og pædagogisk rolle i mødet med nye teknologier.

Opsummerende peger vores undersøgelse på, at makerspaces har potentialet til at transformere erhvervsskolernes læringsmiljø ved at introducere en praksis, der endnu ikke er fuldt etablerede. Dette skaber et rum hvor lærere kan udvikle nye undervisningsmetoder, som muligvis bedre kan imødekomme fremtidige – og endnu ukendte – behov i forskellige brancher. Denne dynamik rejser yderligere spørgsmål om, hvordan erhvervsskoler kan understøtte en sådan udvikling, samt hvilken rolle lærernes faglighed spiller i forhold til at integrere nye teknologier i undervisningspraksis.

Selvom artiklen bygger på et konkret udviklingsprojekt, er formålet med analysen forskningsmæssigt. Hvor projektet som helhed havde til formål at fremme teknologiforståelse og innovation i undervisningen, har vi i artiklen undersøgt, hvordan faglæreres kompetenceudvikling udfolder sig i spændingsfeltet mellem nye teknologier og eksisterende fagidentiteter.

Ved at anvende tre praksisteoretiske tilgange viser vi, hvordan læring på arbejdspladsen kan være situeret, præget af modsætninger og materielt medieret – og hvordan lærere ikke blot tilegner sig nye færdigheder, men deltager i komplekse forhandlinger af faglighed og teknologi. Artiklen bidrager dermed til forskningsfeltet om professionelle læringsmiljøer i erhvervsuddannelserne ved at kvalificere forståelsen af, hvordan kompetenceudvikling finder sted i teknologimættede og praksisnære undervisningsmiljøer.

Makerspaces udfordrer erhvervsskolernes eksisterende undervisningskulturer ved at skabe nye former for kollegialitet og eksperimenterende praksisser. Dette peger på behovet for, at erhvervsskoler aktivt understøtter læringsmiljøer, hvor teknologier og mennesker indgår i ligeværdige, samarbejder om at udforske fremtidens faglighed.

Sammenfattende peger artiklen på, at kompetenceudvikling i erhvervsuddannelser ikke alene handler om at mestre nye teknologier, men om at skabe miljøer, hvor lærere, teknologier og rum indgår i fælles eksperimenter. Denne forståelse placerer makerspace-tilgangen som et konkret bud på, hvordan arbejdspladsbaseret læring kan nytænkes i en tid, hvor teknologisk forandring og bæredygtig praksis kræver kollektiv kreativitet.

Acknowledgements

Vi vil gerne takke Novo Nordisk Fonden for deres støtte til vores projekt LabSTEM. Deres bidrag har været afgørende for projektets gennemførelse, og vi er meget taknemmelige for deres støtte. Grantsnummer NNF22SA0081124.

Om LabSTEM- projektet:

LabSTEM (sammensat af ordene Laboratorium og STEM) er et praksisnært og forskningsbaseret projekt, gennemført af Laboratorium for STEM Uddannelse og Læring, som er et samarbejde mellem SDU, UCL og UC Syd. Laboratorierne i LabSTEM-sammenhæng er en række workshops, hvor fagprofessionelle, forskere og studerende mødes og sammen udvikler, afprøver og evaluerer STEM-forløb og STEM-undervisning. Et af målene med LabSTEM er at udvikle en STEM-didaktik og stille den til rådighed for undervisnings- og læringspraksis i dagtilbud, grundskolen og ungdomsuddannelserne.

Referencer

- Christensen, M., Svabo, C. Larsen, D. (2023).** *STEM i erhvervsskolen: aktiviteter og ideer*. Odense: Syddansk universitet. Laboratorium for STEM Uddannelse og læring. Forskningscenter for Naturvidenskabelig Uddannelse og Formidling.
- Andersen, O. D., Benthien, F. L., Hersom, H., & Hjeremov, P. (2022).** *STEM-relaterede grundfag i erhvervsuddannelserne: En undersøgelse af motiverende, helhedsorienteret undervisning*. Københavns Professionshøjskole.

- Brinkmann, S.** (2014). Doing Without Data. *Qualitative Inquiry*, 20(6), 720–725. <https://doi.org/10.1177/1077800414530254>
- Clapp, E. P., Ross, J., Ryan, J. O., & Tishman, S.** (2016). *Maker-centered learning: Empowering young people to shape their worlds*. John Wiley & Sons.
- Crichton, S.** (2014). Leapfrogging pedagogy: A design approach to making change in challenging contexts. *Electronic Journal of E-Learning*, 12(1), 3-13.
- Engeström, Y.** (2001). Expansive Learning at Work: Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(1), 133-156. <https://doi.org/10.1080/13639080020028747>
- Engeström, Y.** (2014). Activity Theory and Learning at Work. In Deinet, U., Reutlinger, C. (Eds.), *Tätigkeit - Aneignung - Bildung. (Sozialraumforschung und Sozialraumarbeit*, vol. 15). Springer VS. Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-02120-7>
- Gherardi, S.** (2001). From Organizational learning to practice-based knowing, *Human Relations*, 54(1), 131-139. <https://doi.org/10.1177/0018726701541016>
- Harteis, C., & Billett, S.** (2008). The workplace as learning environment: Introduction. *International Journal of Educational Research*, 47(4), 209-212. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2008.07.002>
- Hersom, H., & Koudahl, P.** (2017). *Ind i praksis: praksisinddragelse og differentiering i erhvervsuddannelserne*. Praxis.
- Jørgensen, C. H., & Warring, N.** (2022). Arbejdslivets læringsmiljøer. *Tidsskrift for Arbejdsliv*, 24(1), 25-38. <https://doi.org/10.7146/tfa.v24i1.132593>
- Latour, B.** (2005). *En ny sociologi for et nyt samfund – introduktion til Aktør-Netværk-Teori*. København. Akademisk Forlag.
- Lave, J., & Wenger, E.** (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge university press.
- Nicolini, D., Gherardi, S., Yanow, D., (Eds.)**. (2003). *Knowing in Organizations: A Practice-based Approach*. Armonk, NY: ME Sharpe
- Ramian, K** (2012). *Casestudiet i praksis*. (2. udg.). København. Hans Reitzel.
- Shanks, M., Svabo, C., Zhou, C., & Carleton, T.** (2025). Creative Pragmatics: Situated Performances of Knowing. In C. Svabo, M. Shanks, C. Zhou, & T. Carleton (Eds.), *Creative Pragmatics through Active Learning in STEM Education* (pp. 29-48). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-78720-1_2
- Schatzki, T. R., Knorr-Cetina, K., & Von Savigny, E.** (2001). *The practice turn in contemporary theory* (Vol. 44). Routledge London.
- Stake, R. E.** (1995). *The art of case study research*. Sage.
- Svabo, C.** (2009) Materiality in a practice-based approach. *The Learning Organization*, 16(2) 360-370. <https://doi.org/10.1108/09696470910974153>
- Svabo, C., Larsen, D. M., Borch, K. B., Svendsen, M. W. H., & Kristensen, M. A.** (2024). *STEM-didaktik: Med fokus på matematik til grundskole, gymnasie og dagtilbud*. Forskningscenter for Naturvidenskabelig Uddannelse og Formidling, Syddansk Universitet.

- Søndergaard, B.D., Lindenskov, L. Schaarup, J., Justesen, F. & Hansen, S. (2025).** *At skabe broer Matematiklærere og faglærere på erhvervsskolerne samarbejder om at udvikle undervisningsmateriale.* Aalborg universitet. <https://doi.org/10.54337/aau9788789383712>
- Wenger, E. (2004).** *Praksisfællesskaber. [Communities of Practice].* Hans Reitzels Forlag.

Nøgleord

Erhvervsskole, Makerspace, Læringsrum, Teknologi