

Læring i teknologifag

Opplæringen for yrker innenfor industrideknologi for å møte kravene til det 21. århundrets arbeidsliv og kompetansebehov

Anders Grydeland¹, Steinar Karstensen¹, Arne Roar Lier², Arne Ronny Sannerud²

1. OsloMet – storbyuniversitetet

2. Høyskolen for Yrkesfag

Kontakt: angry@oslomet.no

Sammendrag

I lys av den teknologiske utviklingen i Industri 4.0 har læringsfabrikker blitt en viktig arena for å utvikle teknologisk kompetanse. Men det har vært en økende bekymring for at det menneskelige aspektet og betydningen av bærekraft har blitt oversett. I denne diskusjonen har vi tatt utgangspunkt i seks ulike artikler som omhandler forskjellige aspekter av læringsfabrikker. Vi har også kritisert begrensningen som ligger i Industri 4.0 og trukket inn konseptene Industri 5.0 og Samfunn 5.0 som legger vekt på innovasjon og en mer menneskeorientert tilnærming.

Som et alternativ til den tradisjonelle definisjonen av læringsfabrikk, har vi utviklet en ny definisjon som tar hensyn til disse aspektene: «En læringsfabrikk er et læringsmiljø, hvor prosesser og teknologier er basert på et ekte industriområde som tillater en direkte tilnærming til verdikjeder, produksjons – og arbeidsprosesser. Læringen forankres i en virksomhetsorganisatorisk sammenheng og tar opp i seg skiftene i samfunn og økonomi. Bærekraft og innovasjon er sentralt, der balansering av økonomisk utvikling i lys av samfunns- og klimautfordringer er en del av læringsfabrikken kontekst. Læringsfabrikken er basert på didaktisk tenkning med vekt på erfarings – og problembasert læring. Kontinuerlige forbedringsfilosofi utvikles gjennom deltakernes egne handlinger og interaktive involvering.» Denne definisjonen er utformet for å guide vårt empiriske arbeid med læringsfabrikken på Raufoss. Intensjonen er at den kan bidra til en mer helhetlig og fremtidsrettet forståelse av læringsfabrikk som yrkesdidaktisk konsept.

Nøkkelord: Læringsfabrikk, yrkesutdanning, teknologi, Industri 4.0, Industri 5.0, organisering, teknologidrevet læring, menneskeorientert produksjon

Innledning

Denne artikkelen dokumenterer en gjennomgang av vitenskapelige artikler som omhandler læringskonseptet «Læringsfabrikken». Litteraturgjennomgangen skal være til hjelp for å definere og begrepsfeste et framtidig empirisk arbeid knyttet til prosjektet «Læringsfabrikken» som gjennomføres på Raufoss. Som det framgår av tittelen, spør vi oss om læringskonseptet «Læringsfabrikken» kan være et av flere svar på hvordan man organisere opplæringen for yrker innenfor industrideknologi for å møte kravene til det 21. århundrets arbeidsliv og kompetansebehov. Som et bakteppe og konteksten for innholdet har vi valgt å belyse hvilke trender og utvikling arbeidslivet står overfor, og hva dette kan bety for kompetanse og utdanning.

Globale trender vil ha en betydning for framtidens yrkesutdanning generelt og innenfor teknologiske fag spesielt. Vårt fokus i denne artikkelen er yrkesutdanning innenfor teknologiske fag, Industrideknologi spesielt, og hvilke innhold og læringsform som kan være et svar på fremtidige utfordringer. Forskingsspørsmålet blir som følger:

Hvordan forstås og praktiseres begrepet «læringsfabrikk» innenfor yrkesopplæring i teknologiske fag?

Forskingsspørsmålet er relativt åpent. Dette betyr at vi søkte bredt for så å avgrense til å gjelde fagopplæring på videregående - og fagbrevnivå innenfor industrideknologi.

Mål

- Bidra med innsikt i ulike forståelser og definisjoner av begrepet læringsfabrikk som et yrkesdidaktisk konsept.
- Utvikle og etablere en oppdatert og relevant definisjon av læringsfabrikk som yrkesdidaktisk konsept som kan benyttes i yrkesdidaktisk forskning.

Utvikling i arbeids- og samfunnsliv

Fordi konseptet læringsfabrikk er nær knyttet til industri og den industrielle utviklingen både nasjonalt og globalt, velger vi å redegjøre for et bakteppe som også må betraktes i lys av den samfunnsmessige utviklingen. Først vises det til noen artikler om globalisering og trender og om den teknologiske utviklingen, videre redegjøres det for noen politiske føringer knyttet kompetanse, læring og en grønnere industri. Til sist et historisk blikk på arbeidsrelatert læring.

Globalisering betyr et friflytmarked der det kan komme helt andre typer konkurrenter inn i markedet gjennom internett. En markeds kanal som ikke kjenner landegrenser. Urbanisering betyr at byer vokser og at industri og produksjon må tilpasse seg med nye produkter og tjenester de store byene krever. Den siste ubegrenset adgang til informasjon, kan bety at kompetanse kan bli «allemannseie» og at kompetanse i enda større grad blir «ferskvare». Som følge av dette vil livslang læring i det hurtige digitaliserte samfunnet være avgjørende. Det er en rekke artikler som tematiserer disse megatrendene med noe ulike perspektiver, men felles for flere av artiklene er at temaene er teknologi og det grønne skifte og sosiale endringer (Fisk, 2019; Haugland, 2017).

I artikkelen publisert av NHO i 2015, trekker president Skryseth i Kongsberg Digital (NHO,

2015) frem fem globale megatrender som eksempler på hva som er på agendaen internasjonalt. Trendene er følgende: disruptiv teknologi og nye forretningsmodeller, digitalisering, globalisering, urbanisering og ubegrenset adgang til informasjon. Disruptiv teknologi og nye forretningsmodeller innenfor vareproduserende industri kan for eksempel bety, at materialteknologi kommer til å revolusjonere produksjonen, som for eksempel 3d-printing, som ikke er noe nytt, er under utvikling og åpner for flere typer materialstrukturer. Denne type printere gjør at en i større grad kan ta risiko i produktutviklingen ved raskere og billigere teste ulike modeller. Digitalisering betyr at verdiskaping vil skje gjennom det digitale, der det digitale møter det tradisjonelle og der fagarbeideren og ingeniøren samarbeider for å finne løsninger som møter fremtidens behov. I Norge automatiseres mer og mer av produksjonen, som kan gjøre oss mer konkurransedyktige i det globale markedet og gir mulighet for å hente tilbake produksjon til Norge som tidligere ble flyttet til lavkostland (NHO, 2015).

Noe som også belyses i rapporten «Effekter av teknologiske endringer på norsk nærings- og arbeidsliv» har SINTEF belyst ulike teknologitrender og hvordan de kan endre framtidens arbeidsliv. Digitalisering og automatisering vil transformere nesten alle sektorer i arbeidslivet, men graden og takten av endringer vil variere i ulike bransjer. Markedstrender og potensialet for verdiskaping vil påvirke endringstakten, men også vilje og kompetanse til å ta i bruk ny teknologi (Carlin et al., 2015). Sentrale stikkord for denne trenden er fleksibilitet, mobilitet, automatisering, standardisering, robotisering og nye sosiale nettverk.

Et eksempel kan være Construction City (Construction City, 2022), som er en klynge og en samlokalisering av norsk bygg- og eiendomsbransje som arbeider med planer som vil påvirke fremtiden til hele bransjen. Construction City vil bli et sted der tradisjonelle konkurrenter, store entreprenører og innovative oppstartsbedrifter møtes på tvers av sektorer for rask og direkte utveksling av innsikt, samarbeid om innovative pilotprosjekter som bruk av smart teknologi, utvikle en mer bærekraftig praksis og utvikling av nye arbeidsmetoder både ved hjelp av virtuelle og fysiske arenaer.

I DNV-GL serien (DNV AS, (u.å.)) Technology Outlook 2030 diskuteres de overordnende trendene innenfor energi, matproduksjon, materialer og teknologiens betydning innenfor disse områdene. Dette gir noen perspektiver til hva som kan ventes av utvikling innenfor ulike sektorer fram mot 2030, noe som også bekreftes av Tisch, Hertle m. fl. (2016). I artiklene pekes det på utstakt bruk av digital tvilling, bruk av sensorer, avanserte algoritmer, bruk av roboter, maskinlæring, kunstig intelligens, nye reparasjonsmetoder ved bruk av 3D-printing og store endringer i energiproduksjon. Slik vi ser det, vil den teknologiske utviklingen influere yrkesutdanningen innenfor teknologiske fag.

Hvordan bør utdanning/skoler respondere på kravene i det tjuetførste århundrets arbeidsliv? Dette er et spørsmål som stilles i en artikkel i tidsskriftet Education and Employers Research (Carberry et al., 2015). Videre i artikkelen tas det opp ulike perspektiver blant annet om opplæringen/utdannings innhold og læringsform/undervisningsmetoder er relevante, og at distansen mellom klasserom og arbeidsplass må reduseres.

Nedenfor redegjøres det for noen politiske ideer og føringer som synliggjør behov for utdanning generelt og yrkesutdanning spesielt som må tilpasses stadig nye behov. Til sist et historisk bilde av arbeidsrelatert læring.

Så langt tilbake som 1972 har hurtige endringer i kunnskap, samfunns - og arbeidsliv vært

på dagsorden, som for eksempel Unesco rapporten *Learning to Be: «The world of education today and tomorrow»* (UNESCO, 1972), som tematiserte utfordringer for utdanning og læring på bakgrunn av framskrivninger. Hensikten med rapporten var å definere hvordan skolens mål burde endres som følge av raske endringer i kunnskap og samfunn, krav til utvikling, ambisjonene til den enkelte, og et overordnet behovet for internasjonal forståelse og samarbeid.

Unesco videreførte arbeidet med læring og kompetanseutvikling i rapporten *«Learning: The Treasure Within»* (UNESCO, 1996), som omhandlet utdanning for det 21. århundre. Kommisjonens arbeid var et sentralt bidrag i nytenkning om læring og kompetanseutvikling. Kommisjonen betraktet utdanning i lys av globalisering, demokratisk deltakelse og bærekraftig utvikling. Sentralt i rapporten stod livslang læring, og at utdanning i det 21. århundre skulle bringe fram potensialet til den enkelte.

Begrepet «21st Century Skills» er også på agendaen i Norge, som for eksempel Ludvigsen-utvalget (NOU 2015: 8, 2015) og i «Elevenes læring i fremtidens skole – et kunnskapsgrunnlag» (NOU 2014: 7, 2014), der det henvises til at forskerne fant at det er ti kompetanser som går igjen både i internasjonale og nasjonale sammenhenger. Det er følgende ti kompetanseområder: *Fagkompetanse, IKT-kompetanse, Kommunikasjon og samarbeid, Kreativitet og innovasjon, Kritisks tenkning og problemløsning, Metakognisjon og å lære å lære, Personlig og sosialt ansvar – etisk og emosjonell bevissthet, Kulturell bevissthet og kompetanse, Liv og karriere/jobbkompetanse og Borgerskap – lokalt og globalt*. Det kan se ut til at disse kompetansene krever nye læringsformer som strekker seg utover dagens opplæring innenfor yrkesfagene, som for eksempel sterkere kopling mellom skole og bedrift, mer «open ending» læringsoppgaver som bidrar til økende bevissthet om for eksempel eget liv knyttet til karriere og jobbmuligheter, metakognisjon og sosialt ansvar. Samtidig kan det være viktig at fokuset og omdreiningspunktet i yrkesutdanningen er yrkesutøvelse og yrkesoppgaver i en organisatorisk sammenheng.

I USA gjennomføres prosjektet *Partnership for 21st Century Skills (P21)* (Lai et al., 2017). Det er et prosjekt som ligger under det amerikanske utdanningsdepartementet. Arbeidet startet i 2002, og er et samarbeid mellom utdanningsmyndighetene og aktører fra det private næringsliv. P21 har utviklet et rammeverk som allerede brukes i flere amerikanske skoler. Begrepet «Skills for the 21th century» eller «21th century skills» er fortsatt på dagsorden, som i OECD Education Working Papers No. 166, der det rapporteres en undersøkelse om voksnes kompetanse (skills) gjennomført i en rekke land (Martin, 2018).

I gjennomgang av litteratur som omhandler «21st Century Skills», kan det være nyanser i hva denne kompetansen består av, men det handler om kompetanse som strekker seg er «forbi» tekniske og funksjonelle evner. De vanligste eksemplene på denne type kompetanse er *samarbeid, teamarbeid, kreativitet, kritisks tenkning og problemløsning* som i nyere artikler knyttes til «Industri 4.0» (Herde et al., 2019).

I Stortingsmeldingen «*Industrien – grønnere, smartere og mer nyskapende*» (Meld. St. 27 (2016–2017)) er Regjeringens ambisjon at Norge skal være en ledende industri- og teknologinasjon. Dette innebærer å satse grønnere, smartere og mer nyskapende for fremtidig vekst. Denne utviklingen stiller krav til økt fleksibilitet, videreutdanning og livslang læring.

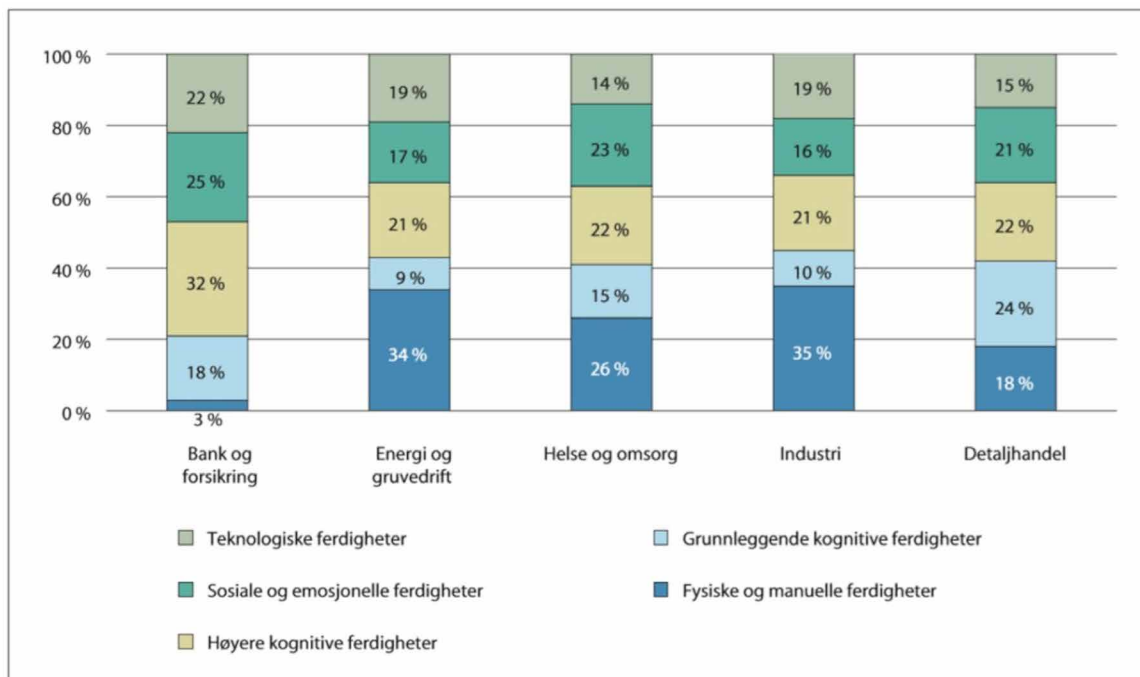
NOU-en *Fremtidige Kompetansebehov I* (NOU 2018:2, 2018), viser at bedriftene regner med en vridning i etterspørselen etter arbeidskraft. Behovet for arbeidskraft med fag- og yrkesopplæring, fagskoleutdanning, bachelornivå eller masternivå forventes å bli større, og

behovet for arbeidskraft med grunnskole eller videregående studieforbereidende forventes å bli mindre, som følge av digitalisering/automatisering.

I NOU-en Fremtidige Kompetansebehov III (NOU 2020:2, 2020) vises det til Ingelsrud og Steen (2019) som hevder at de fleste arbeidstakere mener at de vil ha behov for økt digital kompetanse for å kunne utføre sine arbeidsoppgaver. Et flertall av arbeidstakerne vurderer at de vil ha behov for mer yrkesspesifikk kompetanse og kompetanse i å håndtere mellommenneskelige forhold (NOU 2020:2, 2020). I den samme NOU-en sier 84 prosent av arbeidsgivere som har ansatt nyutdannede at IT-kompetansen deres har vært relevant for ansettelsen fagskolekandidater. NOU-en Fremtidige Kompetansebehov II (NOU 2019:2, 2019) viser til McKinsey (Bughin et al., 2018) som beskriver hvordan automatisering vil endre arbeidskraftens ferdigheter i 2030. Beregningen er gjort for USA og 14 europeiske land, Norge inkludert. McKinsey finner at arbeidskraften i 2030 vil bruke en større andel av tiden på teknologiske, sosiale, emosjonelle og høyere kognitive ferdigheter, se figur 2. McKinsey peker på at avansert teknologi krever arbeidstakere som forstår, kan anvende og utvikle teknologien.

Flere undersøkelser peker på at bedrifter og virksomheter i Norge i framtiden vil ha et stort behov for medarbeidere med yrkesutdanning (Cappelen et al., 2013; Rørstad et al., 2017, 2019).

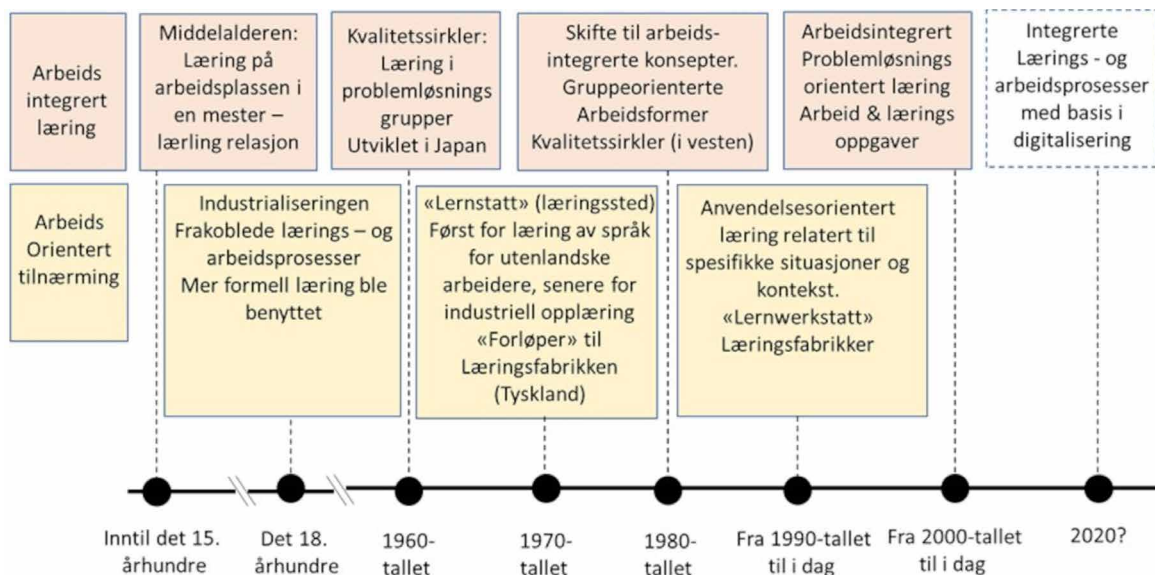
Innenfor industri, som er denne artikkelens kontekst, ser det ut til at fysiske og manuelle ferdigheter sammen med høyere kognitive ferdigheter og teknologiske ferdigheter preger kompetansebilde. Spørsmålet er hvordan dette fordeler seg mellom de ulike yrkene i industrien, figur 1 gir uansett et bilde som kan gi mening når fremtidig yrkeskompetanse skal diskuteres.



Figur 1: Tidsbruk på ferdigheter i 2030 Beregning for ulike næringer i utvalgte europeiske land.

De 14 europeiske landene inkludert er Belgia, Danmark, Finland, Frankrike, Hellas, Italia, Nederland Norge, Spania, Storbritannia, Sveits, Sverige, Tyskland og Østerrike (Bughin et al., 2018).

Det kan være relevant med historisk tilbakeblikk på konseptet læringsfabrikk, slik at en ikke oppfatter læringsfabrikk som noe helt nytt. I figur 2 visualiseres ulike former for arbeidsintegret læring (læring i arbeid) og arbeidsorientert læring (læring for å utføre arbeid). Figuren viser en utvikling både i den arbeidsintegreerte læringen og den arbeidsorienterte læringen. Fordi denne artikkelen handler om læringsfabrikker som fenomen, er det særlig utviklingen av den arbeidsorienterte læringen det er verdt å merke seg, der det første anslaget til læringsfabrikk som læringskonsept oppsto Tyskland på 1970-tallet (Abele et al., 2019a, 2019b). De historiske linjene kan dermed trekkes 50 år tilbake i tiden. I Norge benyttet vi oss av verkstedskoler og bedriftsskoler som var interne skoler for yrkesopplæring. Der foregikk det både praktisk og teoretisk opplæring (Norsk Industriarbeidermuseum, 2018).



Figur 2: Historisk utvikling av arbeidsrelatert læring Michael Tisch, Eberhard Abele & Joachim Metternich (2019)

I det pedagogiske verket *Theorie der Bildung* (Gottschaldt, 1926), kritiserte den tyske pedagogen Georg Kerschensteiner den teoretiske kunnskapsskolen og betonte isteden verdien av yrkesutdanning. Han var en pioner for arbeidsskolen, hvor manuelle aktiviteter og tegning spilte en viktig rolle. Kerschensteiner påpeker en virkelighetsnær og praktisk utdanning som viktig, noe en også finner igjen i konseptet læringsfabrikk.

Kontekstuell og konseptuell innramming

I dette avsnittet redegjøres konteksten for denne artikkelens innhold, samtidig redegjøres det for sentrale begreper og definisjoner som benyttes videre i teksten.

Kontekst

Den etablerte læringsfabrikken på Raufoss er den lokale konteksten og er forskningsobjektet som følger i etterkant av denne litteraturstudien. Litteraturstudien skal bidra til en oppdatert innsikt i forskning på feltet og en hjelp til relevant begrepsbruk. Utover den lokale konteksten er det et behov for å betrakte konseptet «læringsfabrikk» i en bredere industriell og samfunnsmessig kontekst.

Fordi denne litteraturstudien konkret er knyttet til prosjektet «Læringsfabrikken» på Raufoss, vil vi gi en kort beskrivelse initiativet basert på en presentasjon Mette Dalsegg (NCE Manufacturing, (u.å.)) fremførte for Kommunal- og distriktsdepartementet i mai 2022. Læringsfabrikken på Raufoss er etablert med følgende begrunnelser: Industribedriftene må opprettholde konkurransekraften ved økt effektivitet, mer automatisering og folk med høy kompetanse, og skal bidra med:

- Styrke rekrutteringen og synliggjøre industrifagene.
- Gjøre utdanningen i industrifagene bedre og mer relevant.
- Styrker tilbudet om etter- og videreutdanning.
- Utnytte investeringene i avansert og kostbare maskiner gjort gjennom katapultprogrammet til undervisning og opplæring.

Vi kan ikke finne en presis definisjon av læringsfabrikken på Raufoss, men de er en del av et større industrielt miljø og et katapultseter der industriell innovasjon er sentralt.



Figur 3: Skjematisk fremstilling av Læringsfabrikken på Raufoss som viser de sentrale aktivitetene

Figur 3 viser utgangspunktet for læringsfabrikken på Raufoss slik den ble skissert opp mai 2022. De hvite boksene indikerer de forskjellige labbene, manufacturing technology (produksjonsteknologiene), som samlet er en del av Norwegian Catapult Center (Norsk katapult - Siva, (u.å.)). NCC er en nasjonal industriell satsning på innovasjon med fokus på spredning hvor det en rekke interessenter er knyttet til prosjektet, både offentlige og private (fylke, utdanninger og private bedrifter). Senteret ligger i Raufoss Industripark med sterke koblinger til industrien i parken. Undervisningslokalene benyttes av både industrien og utdanninger som Raufoss videregående skole og Fagskolen Innlandet. Dette er et samspill mellom industrien og læringsfabrikken som bør skape muligheter for læring knyttet til dagsaktuell industriproduksjon. Raufoss videregående skole har flyttet deler av undervisningen og noen av sine maskiner og utstyr til Læringsfabrikken.

Læringsfabrikken på Raufoss vil operere i en lokal, nasjonal og europeisk kontekst. Derfor bringes noen sentrale begreper som benyttes i beskrivelsene av denne konteksten, begreper som benyttes i diskusjonen til slutt i artikkelen. Begrepene er Industri 4.0, Industri 5.0 og Samfunn (Society) 5.0. De to siste begrepene gjør det mulig å sette et kritisk lys på både begrepet «læringsfabrikk» og den konteksten den inngår i.

Konseptuelt

Det konseptuelle rammeverket som det redegjøres for nedenfor, har til hensikt å belyse og diskutere de ulike variantene av læringsfabrikker. Fordi læringsfabrikk som læringsarena ofte forbindes med industriell produksjon og industri 4.0, er det et behov for å sette et kritisk lys på utviklingen og praksis innenfor industri 4.0. I senere tid har det kommet kritikk av Industri 4.0 for å være for ensidig rettet mot teknologibruk og bruk av for eksempel roboter og kunstig intelligens, og mindre grad menneskelige aspekter. Derfor kan det være riktig å rette et kritisk blikk på konseptet som helhet og faren for å bli for teknologifokusert. Nedenfor presenteres noen «svar» på kritikken av Industri 4.0.

I EU-kommisjonens R&I Paper Series (2021) Industry 5.0 – Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry, presenteres et alternativ til Industri 4.0, nemlig Industri 5.0, der det hevdes følgende: I løpet av sine leveår har Industri 4.0 fokusert mindre på de opprinnelige prinsippene for sosial rettferdighet og bærekraft, og mer om digitalisering og AI-drevne teknologier for å øke effektiviteten og fleksibiliteten i produksjonen. Konseptet Industri 5.0 gir et annet fokus og fremhever viktigheten av forskning og innovasjon for å støtte industrien i en langsiktig utvikling til beste for menneskeheten og jordens ressurser. I 2016 lanserte Japan begrepet Society 5.0, som kan hevdes å rekke utover Industri 4.0 og 5.0, der det menneskelige og samfunnsmessige er fundamentalt. Begrepene Samfunn 5.0 og Industri 5.0 henger sammen i den forstand at begge begrepene refererer til et grunnleggende skifte i samfunn og økonomi, og kan betraktes som et nytt paradigme. Samfunn 5.0 forsøker å balansere økonomisk utvikling med løsningen på samfunns- og miljøproblemer. Det er ikke begrenset til produksjonssektoren, men tar opp større sosiale utfordringer basert på integrering av fysisk og virtuelle rom. Samfunn 5.0 er et samfunn der avanserte IT-teknologier, Tingens internett, roboter, kunstig intelligens og utvidet virkelighet brukes aktivt i dagliglivet, industri og helsevesen. Ikke først og fremst økonomisk fordel, men til fordel for hver enkelt innbygger. Samfunn 5.0 er også forankret i FNs bærekraftsmål (Önday, 2019).

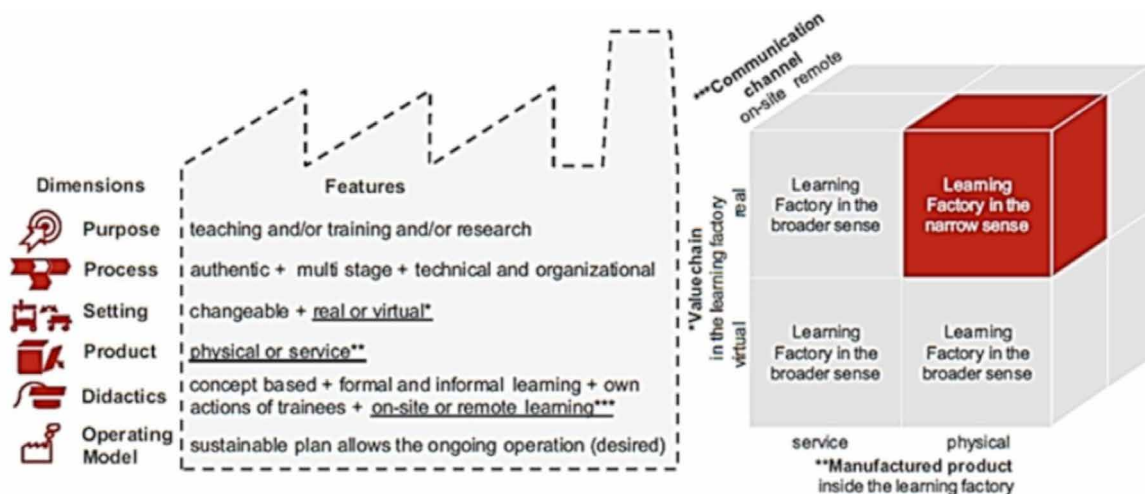
Konseptet «Læringsfabrikk – Learning Factories». En definisjon av læringsfabrikk ble i 2013 beskrevet som et initiativ fra medlemmene i europeiske læringsfabrikker enige om en bred definisjon som ofte refereres til:

En læringsfabrikk er et læringsmiljø, hvor prosesser og teknologier er basert på et ekte industriområde som tillater en direkte tilnærming til produktskapingsprosessen. Læringsfabrikker er basert på et didaktisk konsept med vekt på erfaringsmessig og problembasert læring. Den kontinuerlige forbedringsfilosofien tilrettelegges av egne handlinger og interaktive involvering av deltakerne. (Abele et al., 2015)

Abele som har arbeidet med læringsfabrikker over flere år, beskriver både en snever og bred definisjon av læringsfabrikk (vår oversettelse):

En læringsfabrikk i snever forstand er et læringsmiljø spesifisert av prosesser som er autentiske, inkluderer flere stasjoner, og omfatter tekniske så vel som organisatoriske aspekter, en setting som er foranderlig og ligner en ekte verdikjede, et fysisk produkt blir produsert, og et didaktisk konsept som omfatter formell, uformell og ikke-formell læring, muliggjort av egne handlinger av traineene i en læringstilnærming på stedet. Avhengig av formålet med læringsfabrikken, skjer læring gjennom undervisning, opplæring og/eller forskning. Følgelig kan læringsutbytte være kompetanseutvikling og/eller innovasjon. En driftsmodell som sikrer vedvarende drift av læringsfabrikk er ønskelig. I bredere forstand, læringsmiljøer som oppfyller definisjonen ovenfor, men med en innstilling som ligner en virtuell i stedet for en fysisk verdikjede, eller en tjeneste produkt i stedet for et fysisk produkt, eller et didaktisk konsept basert på fjernlæring i stedet for læring på stedet kan også betraktes som læringsfabrikker. (Abele et al., 2015)

I denne artikkelen forholder vi oss til en snever definisjon som vises i figur 4.



Figur 4: Læringsfabrikk som snever definisjon (Abele et al., 2015)

Læringsfabrikken på Raufoss ser ut til å ligge innenfor Abeles snevre definisjon, fordi den blant annet har til hensikt å beskjeftige seg med fysiske produkter i en virkelig verden. Det er denne definisjonen vi forholder oss til, til tross for noen vesentlige mangler da det gjelder menneskelige og samfunnsmessige aspekter.

Metode

Målet med en litteraturgjennomgang er å kartlegge kjernekonsepter og kunnskapshull i eksisterende forskning (Colquhoun et al., 2014). Læringsfabrikker har ulik forståelse innen ulike fagmiljøer. I denne artikkelen begrenser vi oss til fagfelleverderte artikler om læringsfabrikker som kan hjelpe oss til å forstå dette i en norsk kontekst med Raufoss som utgangspunkt, derfor kan metoden beskrives som en semistrukturert litteraturgjennomgang (Snyder, 2019). Hvordan søke- og utvalgsprosessen er gjort vil beskrives, men utvalgene vil bli veldig spisset for vårt formål. Det er derfor ikke sikkert det oppfattes som en fullstendig litteraturstudie. I utvalgsprosessen har samtlige forfattere av denne artikkelen deltatt for å motvirke bias (Lefebvre et al., 2019, s. 94-95). For å få frem systematikken i søk- og utvelgelsesprosessen er vi inspirerte av PRISMA (Moher et al., 2009).

Innledningsvis identifiserte vi ord og synonymer som kan knyttes til læringsfabrikk som konsept i en yrkesfaglig kontekst på videregående nivå. I denne innledende fasen ble det funnet lite litteratur på norsk, men noe på engelsk. Derfor valgte vi å gå videre med både norske og engelske søkeord. Deretter ble det utarbeidet kriterier for hvilke artikler som skulle inkluderes i, og ekskluderes fra, denne studien. Selv om søk ble gjort med ulike begreper og ulike kombinasjoner av begreper var det noen artikler vi fant i flere søk, såkalte duplikater. Her beholdt vi én artikkel og ekskluderte de resterende.

Flere artikler har sammendrag på engelsk mens selve artikkelen er skrevet på et språk vi ikke behersker. Ettersom vi ikke var i stand til å kontekstualisere disse artiklene, ble de ekskludert. Ved søk etter relevante artikler i flere databaser ble det indentifisert artikler som ikke var relevant for denne studien, og dermed ekskludert. Vi har valgt å inkludere artikler som ble betraktet som delvis relevante og nær relatert. De delvis relevante artiklene omhandler læringsfabrikk, men ikke knyttet til fag- og yrkesopplæring. Artikler som er nær relatert, omhandler læringsfabrikk knyttet til fag- og yrkesopplæring. Utvalget av artikler nær relatert var såpass lite at vi derfor valgte å inkludere artiklene som også var delvis relevante.

Samtlige referanser til artiklene ble lastet ned til EndNote som gjør det mulig å identifisere duplikater automatisk og gå gjennom artiklenes titler og sammendrag. De inkluderte artiklene ble lastet ned og lest i sin helhet og vurdert opp mot kriterier for inklusjon.

Tabell 1: Eksklusjons- og inklusjonskriterier for artikler funnet i litteratursøk

Eksklusjon/ Inklusjon	Kriteria	Beskrivelse
Excluders	Duplikat (DP)	Flere varianter av samme artikkel
	Språkbarriere (SB)	Artikkelen er ikke på engelsk, norsk eller annet skandinavisk språk foruten tittel, sammendrag og nøkkelord
	Ikke fullstendig tekst (IF)	Vi har ikke tilgang til fulltekstartikkel
	Ikke relevant (IR)	IR: Artikkelen er ikke en fagfelleverdert, akademisk artikkel eller knyttet til læringsfabrikk som opplæring i industrien
Inkludert	Delvis relevant (DR)	Artikkelen fokuserer på læringsfabrikk, men ikke innenfor fag- og yrkesopplæring
	Nært relatert (NR)	Artikkelen omhandler læringsfabrikk brukt innen fag- og yrkesopplæring

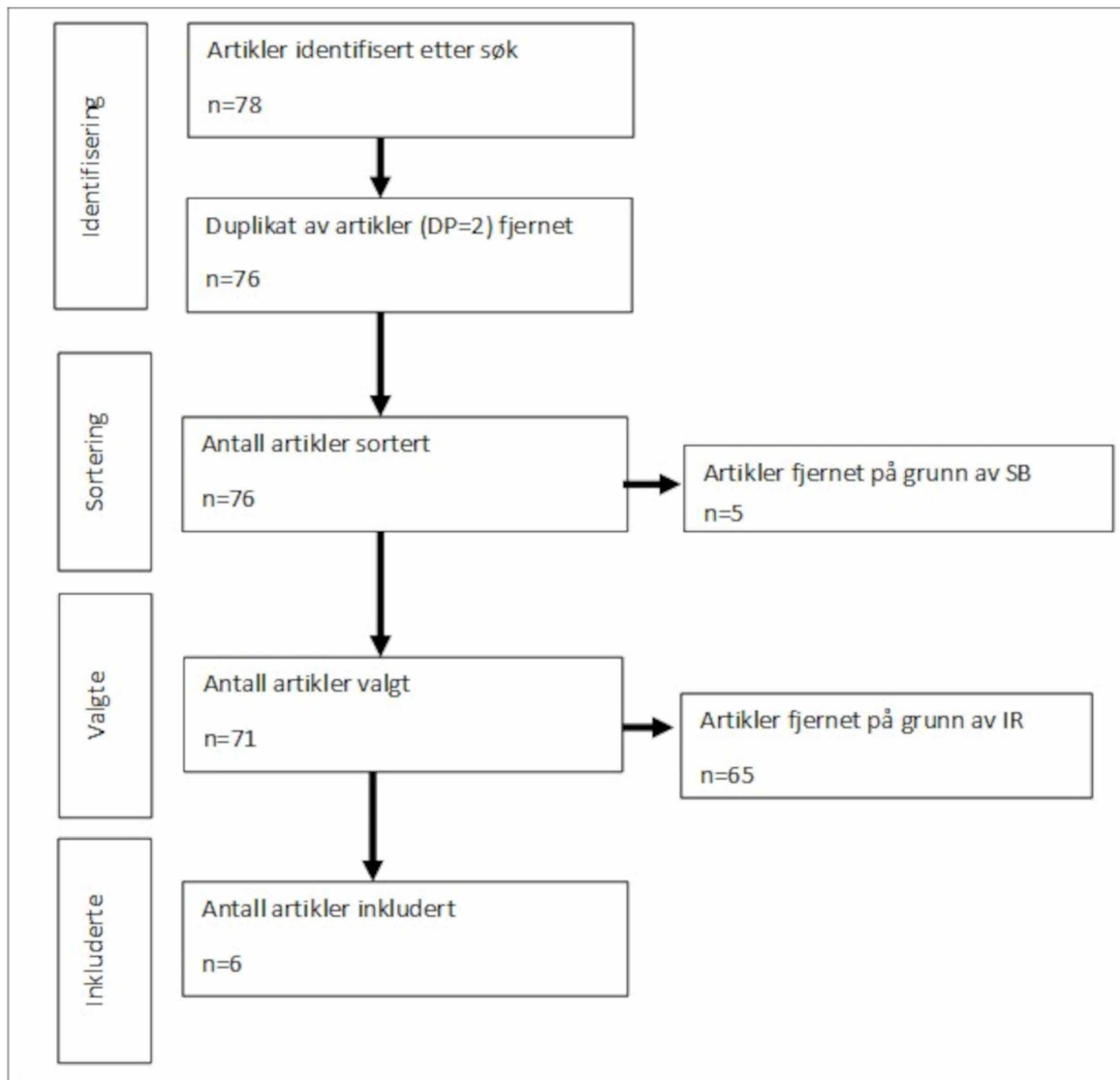
Søkestrategi

Aller først gjorde søk på kjerneord og synonymer for å få et bilde av hvilken søkestrategi som ville gi mest presise treff på vårt interessefelt uten at antall artikler ville bli av et omfang som ikke kunne håndteres. I denne fasen fant vi én bacheloroppgave og én masteroppgave ved søk på «Læringsfabrikk», noe som ikke er tilstrekkelig til å undersøke hvordan begrepet «læringsfabrikk» forstås og praktiseres innenfor yrkesopplæring i teknologiske fag. Dermed falt valget på å utvide til å søke etter internasjonale artikler ved å bruke «Learning factory», men også avgrense til artikler fra fagfelleverderte tidsskrift.

Tabell 2: Skjematisk fremstilling av søkene med søkeord og avgrensinger. De merkede søkene viser de treffene vi gikk videre med til utvelgelsesprosessen

EBSCO-host	ERIC og Education source	S1	«Learning Factory»	Peer Reviewed Full Text Publisert siste 10 år	n=20
EBSCO-host	ERIC og Education source	S2	«Learning Factories»	Peer Reviewed Full Text Publisert siste 10 år	n=20
EBSCO-host	ERIC og Education source	S3	«Learning Factory» AND Vocational	Peer Reviewed Full Text Publisert siste 10 år	n=5
Oria	Universitetsbiblioteket OloMet	S4	«Læringsfabrikk»	Fra fagfelleverderte tidsskrift Artikler Publisert siste 10 år	n=0
Oria	Universitetsbiblioteket OloMet	S5	«Learning factory»	Fra fagfelleverderte tidsskrift Artikler Publisert siste 10 år	n=429
Oria	Universitetsbiblioteket OloMet	S6	«Learning factory» OG Vocational	Fra fagfelleverderte tidsskrift Artikler Publisert siste 10 år	n=53

Som det vises tabell 2 ble det samme antall treff i søkenummer S1 og S2 og det viste seg at artiklene var identiske. I søk nummer S5 fikk vi så mange treff (n=429) at det ikke vil være håndterbart i denne studien. Dermed valgte vi å gå videre med artiklene funnet i søk nummer S1 (n=20), S3 (n=5) og S6 (n=53) og totalt ble n=78 artikler er identifisert etter søk.



Figur 5: Utvelgelse av relevante artikler

I figur 5 vises det at vi fjernet 2 duplikater fra de 78 artiklene vi identifiserte. Deretter foretok vi en sortering basert på om vi hadde tilgang til fulltekstdokumentene eller om det var språkbarrierer, her var det 5 artikler skrevet på språk vi ikke behersker og vi ikke kunne inkludere i denne studien. Vi leste sammendragene til de 71 artiklene som i figur 5 er omtalt som valgte. Her identifiserte vi 65 artikler som ikke er relevante for denne studien. Dermed satt vi igjen med 6 artikler vi inkluderte. Disse artiklene har vi lest og analysert.

Analysekategorier

Analysekategoriene det redegjøres for nedenfor har fremkommet med bakgrunn i forskningsspørsmålet og målene for denne studien. Videre er analysekategoriene basert på faglige vurderinger av hva som kan gi et helhetlig bilde av de ulike variantene av læringsfabrikker. Vi benytter også kategoriene interessenter og hvordan læringsfabrikkene er

organisert. Dette begrunnes i at leseren kan ha en mulighet til å reflektere over hvilke innflytelse interessenter kan ha i valg didaktisk tilnærming og læringssyn. Samtidig som hva organisatoriske rammer kan bety for organiseringen av læringsfabrikker.

Det ble utledet to hovedkategorier: Læringsfabrikker knyttet til høyere utdanning og forskning, og Læringsfabrikker knyttet til yrkesutdanning med følgende underkategorier: Artikkelens tema, Hensikten (med læringsfabrikken), Interessenter (hvem er involverte, hvordan), Hvordan organisert (struktur), og Didaktisk tilnærming og læringsteoretisk fundament.

Presentasjon av resultater

De utvalgte artiklene presenteres i henhold til to hovedkategorier: Læringsfabrikker knyttet til høyere utdanning og forskning og Læringsfabrikker knyttet til yrkesutdanning, med følgende underkategorier: Artikkelens tema, Hensikten (med læringsfabrikken). Interessenter (hvem er involverte, hvordan)., Hvordan organisert (struktur) og Didaktisk tilnærming og læringsteoretisk fundament. Tabell 3 viser en oversikt over utvalgte artikler.

I diskusjonskapittelet er det kun artikkelens tema, hensikten, den didaktisk tilnærming og læringsteoretisk fundament som vil bli diskutert.

Tabell 3: Oversikt over de utvalgte artiklene.

Artikkel/tema	Hensikt	Antall interesser	Organisering	Referanse
Smarte fabrikker som hybride læringsmiljøer	Utvikle et fremtidsrettet konsept for å transformere smarte fabrikker til menneskesentrerte selvlæringsfabrikker.	4	Forskningslaboratorium og demonstrasjonsfabrikk for realisering av smarte fabrikker	(Ansari et al., 2018)
Lærings- og kunnskapsformer som kan bidra til en ny generasjon produksjonssystemer.	Utvikle læringskonsepter som knytter sammen kunnskap (knowing) og å utføre noe (doing)	3	?	(Ullah, 2019)
Metoder for å vurdere erfaringslæring i en Lean-modellfabrikk.	Metodikk for å vurdere erfaringslæringsprosesser.	4	Operativt firma i liten størrelse, både strukturelt og sosialt	(De Zan et al., 2015)
Muligheter for en yrkesopplæring basert på konseptet «læringsfabrikk» med produksjon av produkter eller tjenester mot betaling.	Belyse behovet for å skape en mer virkelighetsnær yrkesopplæring.	Uklart	Læringsfabrikk med småskalaproduksjon som samsvarer med organisasjonsform som finnes i bedriften.	(Diwangkoro & Soenarto, 2020)
Kvalifisere dagens bruk av digitale teknologier i undervisning ved danske yrkesskoler og skape et kunnskapsgrunnlag på didaktiske aspekter ved ved teknologiforbedrede undervisningsmiljøer.	Etablere et læringsmiljø som er virkelighetsnært og svarer på utfordringene i dansk yrkesutdanning	2	Konkrete løsninger og produktene utvikles i en brukerinvolvert designprosess.	(Lindvig & Mathiasen, 2020)
En undersøkelse om læring i Learning Factories 4.0. Om Learning Factory 4.0 i de tekniske yrkeskolene	Kan utvikling av faglige tekniske kompetanser så vel som tverrfaglig digital kompetanse fremmes i et slikt miljø.		Organisert og strukturert etter Industri 4.0.	(Roll & Ifenthaler, 2021)

Utvalgte artikler

Her presenteres de seks utvalgte artikler, der de to første er knyttet til smarte fabrikker og behovet for læring knyttet til «nye» produksjonsformer der læring mellom mennesker, mellom mennesker og maskin og mellom maskiner. Den tredje er knyttet til læring av Lean. De tre neste artiklene er konkret knyttet til yrkesutdanning og faller inn under den originale definisjonen av læringsfabrikk som er følgende:

A learning factory is defined by processes that are authentic, include multiple stations, and comprise technical as well as organizational aspects, a setting that is changeable resembles a real value chain, a physical product being manufactured, and a didactical concept that comprises formal, informal and non-formal learning, enabled by own actions of the trainees in an on-site learning approach. (Abele et al., 2015)

Artiklene presenteres etter følgende struktur. Det er to hovedkategorier, den ene kategorien er artikler om læringsfabrikker som handler om høyere utdanning og forskning, og den andre kategorien tematiserer læringsfabrikker i innenfor yrkesutdanning. Under de to hovedkategoriene er artiklene presentert etter underkategoriene: artikkelens tema, artikkelens eller læringsfabrikkens hensikt, hvem er interessentene i prosjektet/læringsfabrikken, hvordan er læringsfabrikken organisert og sist didaktisk tilnærming og læringsteoretisk fundament.

Læringsfabrikker i høyere utdanning og forskning

Artikkel 1 - Artikkelens tema

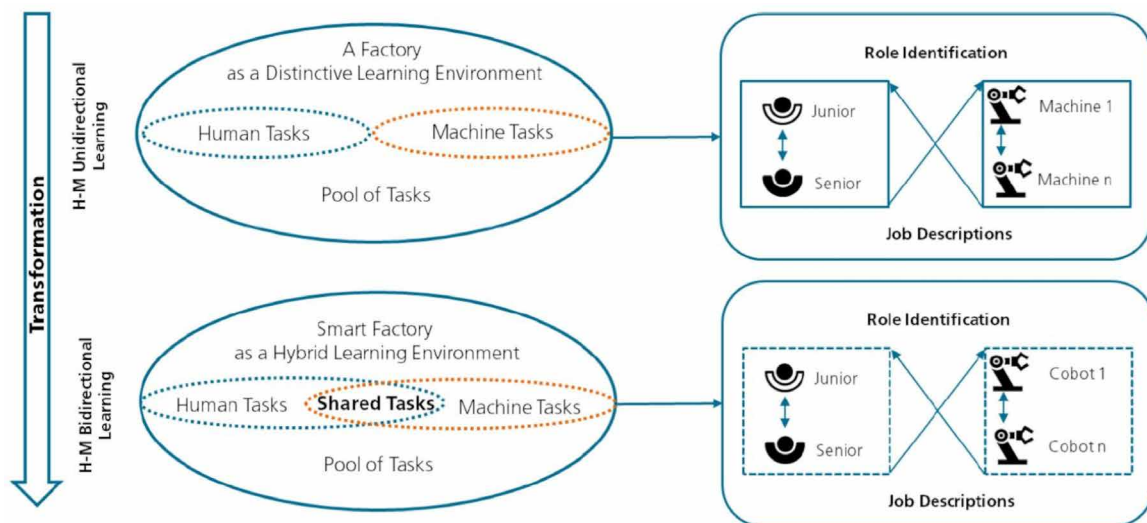
I artikkelen «Autodidact: Introduction the concept of mutual learning into a smart factory industry 4.0» (Ansari et al., 2018) diskuteres smarte fabrikker som hybride læringsmiljøer der menneske og maskin lærer sammen og hvor det foregår en arbeidsdeling mellom menneske og samarbeidende roboter (cobots – collaborative robots). Dette betyr en dynamikk der mennesker lærer av mennesker, cobots lærer av cobots, mennesker lærer av cobots og cobots lærer av mennesker.

Hensikt. Forskningsspørsmålet er: «Hvordan bygge et integrert rammeverk for menneske-maskin forhold for gjensidig læring i smarte fabrikker?» Hensikten med dette forskningsarbeidet er å utvikle et fremtidsrettet konsept for å gjøre det mulig for dagens smarte fabrikker å transformere til menneskesentrerte selvlæringsfabrikker.

Interessenter. TU Wien, Institute of Management Science, Research Group of Smart & Knowledge-Based Maintenance. TU Wien, Institute of Management Science, Research Group of Human-Machine Interaction. Theresianumgasse 27, 1040 Vienna, Austria.

Hvordan organisert (struktur). TU Wien Pilot Factory Industry 4.0 (PFI4.0) er et forskningslaboratorium og demonstrasjonsfabrikk for realisering av smarte fabrikker og teknologier for fremtidsrettede løsninger for industrien (Ansari et al., 2018a).

Didaktisk tilnærming og Læringsteoretisk fundament (læringssyn). Den didaktiske tilnærmingen er et menneske- menneske, menneske-maskin og maskin-maskin konsept, der «Smartfabrikken» beskrives som et hybrid læringsmiljø der mennesker og maskiner arbeider og lærer sammen, altså læring begge veier (bidirectional) (se figur 3).



Figur 6: Oppgavefordeling og dens innvirkning på menneske-maskin læring Kilde: Ansari et al., 2018a

Læringsstrategier refererer til erfaringsbaserte, eksperimentelle og datadrevne strategier forbedret ved maskinlæring og statistiske læringsmetoder for begge grupper av elever, dvs. mennesker eller cobots i henholdsvis ulike kompetanse- og autonomnivåer (Ansari et al., 2018). Selv om teknologien er sterkt representert, er det intensjoner om å være menneskesentret.

Artikkel 2 - Artikkelenes tema

Artikkelen «Fundamental Issues of Concept Mapping Relevant to Discipline-Based Education: A perspective of Manufacturing Engineering» (Ullah, 2019) diskuterer læring og kunnskapsformer som kan bidra til en ny generasjon produksjonssystemer som krever samarbeid mellom ulike typer maskinvare (roboter, måleinstrumenter o.l.), programvare og mennesker i et sanntid samarbeid.

Artikkelen hevder at en ny generasjons produksjonsform nødvendiggjør læringsfabrikker (menneskelig læring) og human-cyber-fysiske systemer (maskinlæring). Artikkelen er orientert mot teknologi- mennesker, der det er snakk om syntakser (maskin-til-maskin-kommunikasjon), semantikk (betydningen av innholdet), og pragmatikk (preferansene til involverte mennesker). Begrepet læringsfabrikk er knytte til nødvendigheten av læring for menneskene som er involvert i produksjonen i smarte fabrikker (Ullah, 2019).

Hensikt. I artikkelen hevdes at det ikke er nok å bare vite om et emne, men også kunne gjøre noe med det i praksis, og at dette kan forbedre læringen. Intensjonen er altså å utvikle læringskonsepter som knytter kunnskap (knowing) og å utføre noe (doing) sammen.

Interessenter. Faculty of Engineering, Kitami Institute of Technology, 165 Koen-cho, Kitami 090-8507, Japan.

Hvordan organisert (struktur). Artikkelen beskriver et konsept/metode der bruken konseptkart eller et begrepsdiagram for å utvikle kunnskap som kan benyttes i videre læring knyttet til produksjon.

Didaktisk tilnærming Læringsteoretisk fundament (læringssyn). Den didaktiske tilnærmingen bærer preg av bruk av teknologi knyttet til produksjon og læring. Det læringsteoretiske eller kunnskapsteoretiske forankringer er Immanuel Kant kjente epistemiske klassifiseringer av kunnskap som er tre hovedtyper kunnskap, analytisk a priori, syntetisk a priori og syntetisk a posteriori kunnskap. Analytisk a priori kunnskap betyr kunnskapen som oppnås ved å definere ting (f.eks. ungar er ugifte hanner; en trekant har tre sider; etc. Analytisk a priori kunnskap alltid sann. På den annen side er syntetisk a priori kunnskap kunnskapen som oppnås ved å bruke matematisk deduksjon. Et eksempel på syntetisk a priori kunnskap er som følger: $7 + 4 = 11$. Den tredje kantianske kategorien av kunnskap er syntetisk a posteriori kunnskap. Denne kategorien kunnskap utvikles i den virkelige verden gjennom erfaring eller eksperimentering. Eksempler på denne type kunnskap er ungarer er rike, appelsin er bra for helsen etc. Som et resultat kan syntetisk a posteriori kunnskap være sant, delvis sant, delvis usant og til og med usant, dvs. det er sant for en person, men ikke nødvendigvis være sant for andre (Ullah, 2019, s. 5-6).

Artikkel 3 - Artikkelen tema

Artikkelen «A methodology for the assessment of experiential learning lean. The Lean Experience Factory case study» (De Zan et al., 2015) diskuterer mulige metoder for å vurdere erfaringslæring i en Lean-modellfabrikk der det trenes praktisk på Lean produksjon. Selv om Lean-modellfabrikken ikke faller inn under definisjon av læringsfabrikk, er det likevel likheter fordi Lean er knyttet produksjon og at læringen som foregår har til hensikt å effektivisere produksjonen.

Hensikt. Formålet med artikkelen er å presentere en metodikk for å vurdere erfaringslæringsprosesser for læring av Lean produksjon i et innovativt læringsmiljø: Lean-modellfabrikk.

Interessenter. Department of Electrical, Management and Mechanical Engineering, University of Udine, Udine, Italy. Strategic Projects and Education Unit, Manufacturers' Association of Pordenone Province, Pordenone, Italy, and Faculty of Science and Technology, Free University of Bozen-Bolzano, Bolzano, Italy.

Hvordan organisert (struktur). En Lean-modellfabrikk er et sted for læring som reproducerer et ekte, operativt firma i liten størrelse miljø, både strukturelt og sosialt. Denne fabrikken tilbyr et nøytralt rom der elever kan gjøre erfaringer, prøve, mislykkes, lære av sine egne feil og til slutt forbedre (organisert som didaktisk tiltak).

Didaktisk tilnærming og læringsteoretisk fundament (læringssyn). En Lean-modellfabrikk er et sted for læring som reproducerer et ekte, operativt firma i liten størrelse miljø, både strukturelt og

sosialt. Denne fabrikken tilbyr et nøytralt rom der elever kan gjøre erfaringer, prøve, mislykkes, lære av sine egne feil og til slutt forbedre.

Lean-modellfabrikk er i hovedsak forankret i Kolb's erfaringslæringsmodell og teori, som betyr at de lærende er involvert i hele prosessen.

Læringsfabrikker innenfor yrkesutdanning

Artikkel 4 - Artikkelens tema

Artikkelen «Development of teaching factory learning models in vocational schools» (Diwangkoro & Soenarto, 2020) diskuterer mulighetene for en yrkesopplæring som baserer seg på konseptet «læringsfabrikk» der en an prinsippene er at det skal produseres produkter eller tjenester som kan selges (få betalt for). I artikkelen hevdes det at det forventes at læring i læringsfabrikk vil tette gapet mellom kompetanse oppnådd i skole og kompetansebehovet i industrien/arbeidsplassen. Det betyr at de betrakter den tradisjonelle yrkesopplæringen i skole som ikke god nok.

Hensikt. Formålet med artikkelen er å belyse behovet for er å skape en mer virkelighetsnær yrkesopplæring som et svar på arbeidslivets behov og argumentere for at konseptet «læringsfabrikk» kan være en fruktbar løsning.

Interessenter. Det er ikke helt klart i artikkelen om det er flere samarbeidspartnere. Det er kun en institusjon som nevnes konkret, og det er en yrkesutdanningsinstitusjon Vocational High School, både offentlige og private.

Hvordan organisert (struktur). Forskningen viste at ved etableringen av en læringsfabrikker av den typen som beskrives her, ble de gjennomført ved å danne en struktur for en småskala produksjonsorganisasjon som er i samsvar med den organisasjonsform som finnes i bedriften. Elevene plassert i ulike seksjoner og får tildelt egne oppgaver. Hver seksjon har en koordinator. Lærerne fungerer som konsulenter, tilretteleggere og evaluatore.

Didaktisk tilnærming og læringsteoretisk fundament (læringssyn). Hensikten med konseptet læringsfabrikk er blant annet at elevene skal lære mer enn det som «står i boka». De skal lære å jobbe i team, øve på mellommenneskelige kommunikasjon, men også få direkte erfaring og arbeidstrening for å være ansettbare i arbeidslivet. Elevene skal lære hvordan identifisere problemer, bygge prototyper, lære å lage forretningsplan og lære å presentere sine egne løsninger. Det kan se ut til at det også ligger en ide om entreprenørskap i den didaktiske tilnærmingen, selv om ikke dette kommer eksplisitt til uttrykk.

Artikkelen presentere ikke et læringsteoretisk fundament, men ut fra den didaktiske tilnærmingen kan det se ut til at konseptet hviler på et praktisk læringssyn med en helhetlig tilnærming til læringsoppgaver og læring.

Artikkel 5 - Artikkelens tema

Artikkelen «Translating the Learning Factory model to a Danish Vocational Education Setting» (Lindvig & Mathiasen, 2020) er et konferansebidrag og ikke en fagfelleurdert publikasjon slik vi

har definert det i litteratursøket. Vi tar den allikevel med på grunn av geografisk nærhet til Norge. Artikkelen omhandler hvordan danskene har tenkt å benytte den «originale» Learning Factory-modellen for å løse utfordringer i dansk yrkesopplæring. Det ble derfor besluttet å benytte Learning Factory-modellen, og den kan tilpasses den danske VET-sektoren.

Senter for bruk av digitale teknologier i undervisningen (CIU) i fag- og yrkesopplæringssektoren ble lansert i 2018. Hovedmålene til CIU er å kvalifisere dagens bruk av digitale teknologier i undervisningen ved de danske yrkesskoler og videre å skape et kunnskapsgrunnlag på didaktiske aspekter ved teknologiforbedrede undervisningsmiljøer. I artikkelen skisseres prosessen med å oversette den originale Learning Factory-modellen til en dansk yrkesutdanningssektor. Så beskrives de fem Læringsfabrikkene, inkludert deltakere fra 21 skoler, med fokus på ulike bruksområder av IT. Bruksområdene inkluderer Virtual Reality, Augmented Reality og Learning Management-systemer. Artikkelen avsluttes med en diskusjon om hvordan utvikle en Learning Factory-modell som kan produsere løsninger på lokale autentiske problemer og samtidig legge til rette for kunnskapsdeling på tvers av en stor, heterogen og kompleks dansk yrkesutdanningssektor.

Hensikt. Hensikten med prosjektet som beskrives i artikkelen er å etablere et læringsmiljø som er virkelighetsnært og svarer på utfordringene i dansk yrkesutdanning. Her gjengis noen av utfordringene:

Vansker med å finne bedrifter som er villige og i stand til å tilby læreplasser. I stedet er en stor gruppe studenter tvunget til å fullføre læretiden på skolen og manglende overføring mellom teori og praksis f.eks. de skolebaserte og arbeidsbaserte modulene. Det er behov for å tilpasse kravene fra arbeidsmarkedet og industripartnere, inkludert behov for å digitalisere yrkesutdanningen og oppdatere utdanningsprogrammene for å møte fremtidige krav i den fjerde industrielle revolusjonen (industri 4.0). I tillegg er det en utfordring i å rekruttere elever til de mer enn 100 ulike yrkesutdanningsprogrammene spredt over hele landet.

Interessenter. Senter for bruk av digitale teknologier i undervisningen (CIU) i fag- og yrkesopplæringssektoren og dansk yrkesutdanningssektor.

Mens mange av de første læringsfabrikkene beskrevet i litteraturen er lokalisert i virkelige fabrikker eller i andre industrielle omgivelser, er CIUs læringsfabrikker lokalisert i klasserom eller verksteder ved den lokale yrkesskole. Likevel beholdes fabrikkmetaforen, og terminologien som benyttes i industrien som brukes for å beskrive de ulike elementene i framstillingsprosessen.

Denne type læringsfabrikk er ganske forskjellig fra for Learning Factory 4.0 som beskrevet ovenfor. CIUs konsept er snarere en virksomhet som inviterer deltakere fra yrkesskolene (f.eks. lærere, konsulenter eller representanter fra skoleledelsen) til arbeid i læringsfabrikken. De blir utfordret til å definere utfordringer på egen skole og deretter finne løsninger som kan benyttes i f.eks. egen skole. Nedenfor presenteres noen eksempler på autentiske problemer identifisert av deltakere i de fem første læringsfabrikkene:

- Hvilket design som med suksess kan støtte kunnskapsdeling på teamnivå i organisasjonen, og hvordan innlemme asynkron del av SharePoint Modern med implementering for brukerne?
- Hvordan utvikle en læringsprosess for ledergruppen som gjør dem i stand til å motivere så vel som tilrettelegge kunnskapsdeling på tvers av skolen?

- Hvordan transformere tankesettet til 'superbrukere' fra teknikere til didaktiske tenkere – og hvordan kan vi forberede oss dem når det gjelder kunnskapsdeling?
- Hvordan formidle en realistisk forståelse til studentene av hvordan det er jobbe som kokk på et travelt restaurantkjøkken?

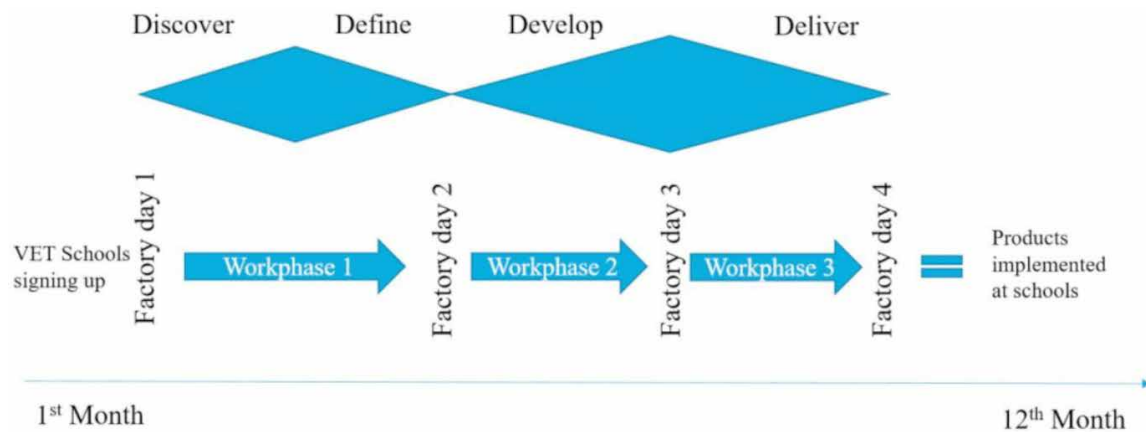
Til forskjell fra de tradisjonelle læringsfabrikkene, så er det ikke «industrielle» produkter som skal utvikles og produseres, men snarere løsninger knytte til læring og utvikling i skolens virksomhet.

Yrkeskolene melder seg på Læringsfabrikken med 2-3 deltakere som da deltar på fabrikkdagene og har ansvar for utfylling av et sertifiseringssett under arbeidsfasene samt lede prosessen med å utvikle en løsning/produkt. Dette er ifølge Abeles (2015) definisjon og struktur slik matrisen i tabell 4 viser.

Tabell 4: Komponenter i definisjoner Abeles (2015) Learning Factory vs komponenter CIU's Læringsfabrikk

Components of the Learning Factory definition	Components in a CIU Learning Factory
Authentic processes	The participants work to find solutions to authentic problems from their home school e.g. personalisation of teaching and learning, student dropout, misalignment between theory and practice, lack of digital strategy etc.
Multiple stations	A combination of 'factory days', work phases and workshops tailor-made to fit the needs of the participants.
Technical/organisational aspects	The participants work with topics such as Virtual Reality, knowledge sharing, implementing a digital strategy, transfer of knowledge between school and apprenticeship.
Changeable setting	The factory days take place at the participant's schools and the workphases in between are adjusted to fit the individual participants.
Resembles a value chain	In the process of developing their solutions (products), the participants involve colleagues and management at their schools.
A physical product being manufactured	A product can span from implementing a digital strategy, developing an 'ICT-drivers license', adding plugins to the local LMS system of formulating intended learnings outcomes for using a digital technology in teaching. The product is physical in the sense that it has to leave a visible mark on the school and for the benefit of the students.
Didactical concept comprising formal, informal and non-formal learning	Participatory action learning/research as the foundation combined with a work process heavily inspired by design thinking and research circles.
Enabled by own actions of the trainees in an on-site learning approach	The participants carry out the man work at the individual VET schools.

Hvordan organisert (struktur). Programmet og prosessen for CIU Learning-fabrikk er strukturert rundt den doble diamantinnovasjonsmodellen og inspirert av forskningssirkelprosessen (figur 7).



Figur 7: Den doble diamantinnovasjonen modellen (Lindvig & Mathiasen, 2020)

En CIU Learning Factory-prosess tar et år, inkluderer fire fabrikkdager og tre arbeidsfaser, og spenner over de fire distinkte fasene av dobbel diamantdesignprosess. Fasene er illustrert i figur 7 og inkluderer problemanalyser (Discover and Define) som utgangspunkt for design av løsninger og produkter (Utvikle og levere), som kan brukes i undervisnings- og læringsmiljø. Poenget er at de konkrete løsningene og produktene utvikles i en bruker involvert designprosess (arbeidsfase 1-3).

Sammen med forskere tilknyttet CIU, er deltakerne med på å utvikle og iterere Learning Factory-konseptet og formidling resultatene til yrkesutdanningssektoren. Dette er avgjørende for å løse utfordringene i sektoren, og for å utvikle en kunnskapsdelingsstruktur på tvers av sektoren, og til slutt for å forankre kunnskapen og løsningene i forskningslitteraturen.

Didaktisk tilnærming og læringsteoretisk fundament (læringssyn). Det didaktiske grunnlaget for CIU Learning Factories er deltakende aksjonslæring. De hevdes at deltakende aksjonslæring er en tilnærming som er godt egnet til å tenke nytt og utvikle undervisnings- og læringsmiljøer med fokus på både deltakelse av lærere, ledere og elever. Alle tre kategoriene er avgjørende for å sikre motivasjon og overføring av kunnskap. I CIU Learning-fabrikkene skal deltakerne (f.eks. lærere, studenter og ledelse), delta aktivt i å identifisere og løse autentiske problemer i deres skoler.

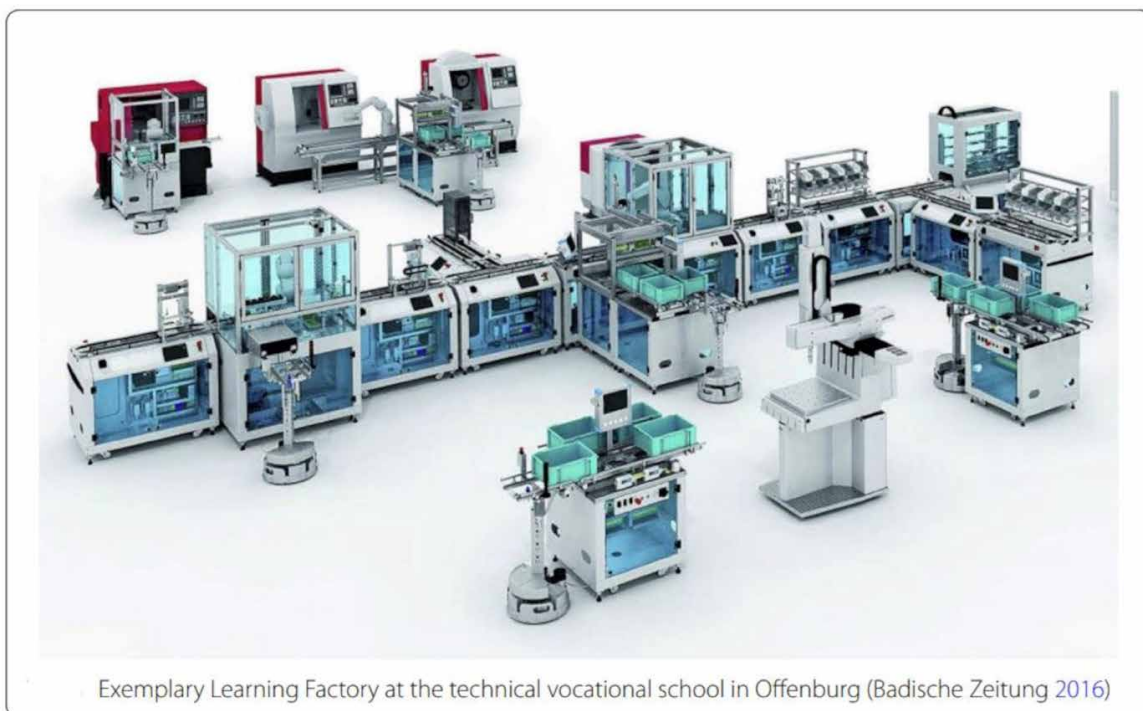
Artikkel 6 - Artikkelen tema

Tittel: Learning Factories 4.0 in technical vocational schools: can they foster competence development? (Roll & Ifenthaler, 2021). Artikkelen presenterer en undersøkelse om læring i Learning Factories 4.0. Om Learning Factory 4.0 i de tekniske yrkesskolene kan fremme utvikling av faglige tekniske kompetanser så vel som tverrfaglig digital kompetanse. Funn indikerer fordelene ved å innlemme Learning Factories 4.0 for å utvikle fagrelatert kompetanse i yrkesutdanningen. Studien kunne ikke identifisere en positiv utvikling av tverrfaglig digital kompetanse.

Hensikt. Konseptet Learning Factories 4.0 har til hensikt å forberede yrkesfagelever på utfordringene i industri 4.0. Studiens/artikkelens hensikt var å undersøke om konseptet Learning Factory 4.0 kan fremme utvikling av faglige tekniske kompetanser og tverrfaglig digital kompetanse.

Interessenter. Forfatterne av artikkelen representerer University of Mannheim og Curtin University, Tyskland, og studien er gjennomført blant yrkesskoler med tillatelse fra Ministry of Education, Youth and Sports in Baden-Württemberg, Tyskland.

Hvordan organisert (struktur). Learning Factories 4.0 er organisert og strukturert etter Industri 4.0 ide og produksjonsform. Figur 8 viser et typisk oppsett på Learning Factories 4.0.



Figur 8: Typisk oppsett for læringsfabrikk innenfor Industri 4.0 konseptet

Didaktisk tilnærming og læringsteoretisk fundament (læringssyn). Learning Factories 4.0 er didaktiske simuleringer av smarte fabrikker (smart factories) og skal hjelpe elever med å utvikle nødvendig kompetanse som kreves i industrien (Abele et al., 2017; Abele et al., 2015). Det vil si bidra til å utvikle yrkesfagelevens kompetanse, enten knyttet til de faglige og tekniske disiplinene eller til den digitale kompetansen som er nødvendig innenfor flere disipliner, er målet med Learning Factories 4.0 (Scheid, 2018). Learning Factories 4.0 i yrkesskoler er vanligvis utformet for å fremme de fagrelaterte tekniske kompetansene i moderne produksjonsteknologier som automasjonsteknologi, elektroteknikk og mekatronikk (Scheid, 2018). Det hevdes at Industri 4.0 kan føre til endringer i yrkesutdanningskulturen (Belinski et al., 2020; Ifenthaler, 2018). For å effektivisere kompetanseheving og utviklingstrender av selvstyrt, handlingsbasert og praktisk læring (Abele et al., 2015; Belinski et al., 2020), bør dette være en tilnærming som lærere bør bidra med innenfor rammen av Learning Factories 4.0.

Diskusjon

Diskusjonen disponeres under kategoriene: artikkelens tema, hensikten med prosjektet som artikkelen handler om, og didaktisk tilnærming og læringsteoretisk fundament (læringssyn). Til slutt diskuteres de utvalgte artiklene i lys av læringsfabrikken på Raufoss.

Artiklenes tema

De tre første artiklene (1, 2 og 3) er sterkt knyttet til høyere utdanning og forskning, til industri 4.0 og smart production. To av de omhandler «menneske – maskin», altså en interaksjon mellom menneske – robot, mellom mennesker og mellom roboter der læring ser ut være et sentralt element i disse samarbeidsprosessene. Til tross for en ambisjon om læring for alle involverte (mennesker og roboter), er disse læringsfabrikkene sterkt rotfestet i teknologidreven produksjon og kompetansebehov knyttet til dette.

De neste artiklene (4, 5 og 6) har et yrkesutdannings – eller yrkespedagogisk fokus, der artikkel 4 og 6 kan sies å ligge innenfor Abeles (2016) definisjon av læringsfabrikk. Artikkel 5 beskriver en spesiell form for læringsfabrikk som ikke er knyttet til produksjon av produkter som kan selges, og som ligner en virkelig verdikjede. Selv om denne læringsfabrikken ikke har et produksjonsfokus, legges likevel Abeles (2016) definisjon til grunn. Artikkelen beskriver nærmest et prosjekt eller et konsept som har til hensikt forbedre yrkesopplæringen i danske skoler. Dette blir på en måte en pedagogisk tilnærming der aksjonslæring (Revans, 2011) gjennom ulike tiltak skal føre til en mer virkelighetsnær yrkesutdanning.

Hensikt

Hvis en betrakter de tre første artiklene beskriver de læringsfabrikker som ikke har et yrkesdidaktisk fundament. En felles hensikt med læringsfabrikkene som presenteres i artikkel 1, 2 og 3 er at de er fremtidsorientert gjennom ulike tilnærminger. Hensikten med læringsfabrikken som beskrives i artikkel 1, er å utvikle et fremtidsrettet konsept for å gjøre det mulig for dagens smarte fabrikker å transformere til menneskesentrerte selvlæringsfabrikker. Altså en ambisjon om å tone ned det teknologiske og fokusere mer på å være menneskeorientert (Industri 5.0). I artikkel 2 presenteres et prosjekt med intensjonen om å utvikle læringskonseppter som knytter kunnskap (knowing) og å utføre noe (doing) sammen. Dette prosjektet ser også ut til å være menneskeorientert gjennom koblingen kunnskap og det å utføre, som kanskje kan betraktes som et forsøk på å koble teori og praksis. Formålet med læringsfabrikken som tematiseres i den tredje artikkelen, er å presentere en metodikk for å vurdere erfaringslæringsprosesser for læring av Lean-produksjon i et innovativt læringsmiljø. Denne tilnærmingen kan inspirere til aktiv læring gjennom erfaring og erfaringsprosesser som er i tråd med Lean-filosofien med blant annet sterk involvering av deltakerne i prosessene (Modig & Åhlström, 2012).

De tre neste artiklene har et yrkesdidaktisk perspektiv. I artikkel 4 belyses behovet for å skape en mer virkelighetsnær yrkesopplæring som et svar på arbeidslivets behov og argumenterer for at konseptet «læringsfabrikk» kan være en fruktbar løsning. Denne læringsfabrikken har en tydelig yrkesdidaktisk tilnærming der det er fokus på det virkelighetsnære læringsoppgaver med utgangspunkt i arbeidslivets kompetansebehov. Samfunnspektivet kunne vært mer tydelig, for eksempel med henvisninger til Samfunn

5.0 (Önday, Ö. 2019). Hensikten med prosjektet som beskrives i artikkel 5 er å etablere et læringsmiljø som er virkelighetsnært og svarer på utfordringene i dansk yrkesutdanning. Det argumenteres for å møte fremtidige krav i den fjerde industrielle revolusjonen (Industri 4.0). Å henvise til Industri 4.0 kan være et for snevert fordi det ser ut til at Industri 5.0 tar mer og mer plass i denne diskursen. Altså et sterkt ønske om å fremme en menneskeorientert produksjon (EU-kommisjonens R&I Paper Series (2021)). Konseptet Learning Factories 4.0 som det redegjøres for i artikkel 6, har til hensikt å forberede yrkesfagelever på utfordringene i industri 4.0. Denne læringsfabrikken har også, i likhet med konseptet som beskrives i artikkel 5, en tilnærming som mangler den menneskelige orienteringen (EU-kommisjonens R&I Paper Series (2021)). Alle de tre artiklene som er knyttet yrkesutdanning har hensikt om å fremme virkelighetsnær yrkesopplæring, men har produksjonsorientert logikk med en ganske stor oppmerksomhet på arbeidslivets behov (produksjon) der det henvises til Industri 4.0.

Didaktisk tilnærming og læringsteoretisk fundament (læringssyn)

Artikkel 1 og 3 er forankret i erfaringslæringsteorier, der det i en av dem vises til Kolb (1974). I artikkel 2 vises det til en kunnskapsteoretisk tilnærming i Kants epistemiske klassifisering av kunnskap. Dette betyr en vitenskapelig og analytisk forankring snarere enn en typisk læringsteoretisk base. Til tross for ulike tilnærminger har alle de tre omtalte læringsfabrikkene ambisjoner om menneskeorientert produksjon. Det menneskeorienterte aspektet ser imidlertid ut til å kunne bli overskygget av teknologisk fokus som er typisk i artikkel 1 og 3, til tross for at det i artikkel 3 benytter erfaringslæring (Kolb) som læringsteoretisk rammeverk. I artikkel 2 redegjøres det for et nokså omfattende vitenskapelig og kunnskapsteoretisk rammeverk, likevel blir det et sterkt fokus på teknologi der det diskuteres læring og samarbeid mellom mennesker, roboter og sensorer.

Artiklene 4 og 6 er ganske like som konsepter, mens læringsfabrikken som beskrives i artikkel 5 er noe ganske annet. Alle tre artiklene har likevel et yrkesdidaktisk fundament. Hvis en betrakter læringsfabrikken som er under etablering og utvikling på Raufoss, ligger den innenfor Abeles definisjon og har dermed stor likhet med forståelsen og praktiseringen av læringsfabrikk som presenteres i artikkel 4 og 6, altså et yrkesdidaktisk konsept. Fordi det i de senere årene har kommet kritikk av Industri 4.0 for å være teknologioorientert og har lite oppmerksomhet på menneske, kan det være fruktbart å diskutere Industri 4.0 i lys av denne kritikken som blant annet fremmes i EU-kommisjonens R&I Paper Series (2021). Ved å påpeke negative sidene, både sett i lys av læring og yrkesutdanning og den svake menneskeorienteringen, introduserte vi konseptene Industri 5.0 og Samfunn 5.0 (se ovenfor). Disse to begrepene tar vi opp igjen her, og setter søkelys på Industri 4.0 for å være både instrumentell og lite menneskeorientert, og Læringsfabrikker som i stor grad har blitt et svar på kompetansebehovene innenfor Industri 4.0. Derfor må læringsfabrikk-konseptet tydeliggjøre perspektivene som lanseres i Industri 5.0 og Samfunn 5.0 hvis yrkesutdanningen skal være i tråd med Fagfornyelsen (Utdanningsdirektoratet, (u.å.)) og arbeidslivets framtidige kompetansebehov. Med bakgrunn i kritikken som er fremført ovenfor, og med et ønske om en forståelse og praktisering av læringsfabrikk-konseptet som en helhetlig didaktisk tilnærming, vil det være naturlig å trekke med intensjonene som ligger industri 5.0 og Samfunn 5.0 i en «ny» forståelse av begrepet læringsfabrikk som yrkesdidaktisk konsept.

Vi har valgt å belyse artikkel 5, «Translating the Learning Factory model to a Danish Vocational Education Setting» fordi den tar utgangspunkt i Abeles definisjon og transformerer/tilpasser den inn i en annen forståelse av hva en læringsfabrikk tradisjonelt blir definert og praktisert som. Selv om artikkelen redegjør for transformasjonen på en tilfredsstillende måte, er det noe tvilsomt bruk av betegnelsen læringsfabrikk på dette konseptet. Begrepet læringsfabrikk blir på en måte vannet ut til å bli en pedagogisk tilnærming for yrkespedagogisk utviklingsarbeid. Begrunnelsen for å være kritisk til at læringsfabrikk blir noe annet enn det den har ment å være, er følgende: Selv om Abele også har et bredere definisjon der han sier: «*læringsmiljøer som oppfyller definisjonen ovenfor, men med en tilnærming som ligner en virtuell i stedet for en fysisk verdikjede, eller en tjeneste produkt i stedet for et fysisk produkt, eller et didaktisk konsept basert på fjernlæring i stedet for læring på stedet kan også betraktes som læringsfabrikker*» (Abele et al., 2016). Selv med denne forståelsen, strekker artikkelen «Translating the Learning Factory model to a Danish Vocational Education» begrepet langt utover også en bred forståelse av begrepet læringsfabrikk og fjerner det fra den direkte og konkrete yrkesutdanningen.

Selv med et nokså beskjedent antall artikler som tematiserer «Læringsfabrikk», mener vi likevel at vi en tilstrekkelig innsikt i ulike forståelser av det didaktiske konseptet. Med bakgrunn i et kritisk blikk på Industri 4.0 som i store trekk dreier seg om digitalisering og robotisering, samt våre kritiske påpekninger av Læringsfabrikk som yrkesdidaktisk konsept, presenterer vi en definisjon som rommer menneskeorientering (Industri 5.0) og samfunnskontekst, og tar hensyn til norsk yrkesutdanning og i tråd med Fagfornyelsen (LK20) (Utdanningsdirektoratet, (u.å.)). Vårt forslag til definisjon av læringsfabrikk:

En læringsfabrikk er et læringsmiljø, hvor prosesser og teknologier er basert på et ekte industriområde som tillater en direkte tilnærming til verdikjeder, produksjons – og arbeidsprosesser. Læringen forankres i en virksomhetsorganisatorisk sammenheng og tar opp i seg skiftene i samfunn og økonomi. Bærekraft og innovasjon er sentralt, der balansering av økonomisk utvikling i lys av samfunns- og klimautfordringer er en del av læringsfabrikkens kontekst. Læringsfabrikken er basert på didaktisk tenkning med vekt på erfarings – og problembasert læring. Kontinuerlige forbedringsfilosofi utvikles gjennom deltakernes egne handlinger og interaktive involvering.

Læringsfabrikken på Raufoss

Fordi en av intensjonene med denne artikkelen er et forsøk på å betrakte Læringsfabrikken på Raufoss i lys av ulike definisjoner og forståelse av konseptet læringsfabrikk, vil den påfølgende diskusjonen sentreres omkring initiativtakernes intensjoner og motivasjon for å etablere læringsfabrikken på Raufoss. Selv om vi ikke kan finne en presis definisjon av læringsfabrikken på Raufoss, ser det ut til at ved å være en del av et større industrielt miljø og et katapultseter der industriell innovasjon er sentralt, kan dette være et svar på kritikken av industri 4.0 og som fremheves i Industri 5.0. Likevel kan det se ut til at hovedargumentene for etableringen er forankret i et behov for digital kompetanse og effektiv produksjon. Samtidig ser det ut til at det ligger et livslangt læringsperspektiv der det er et ønske om å styrke etter – og videreutdanning.

Betraktet i lys av industri 5.0 og samfunn 5.0 kan det se ut til at samfunnsperspektivet er noe svakt eksplisitt representert. Likevel skinner det gjennom intensjoner om rekruttering til, og synliggjøring av industrifagene som kan tjene både samfunnet og enkeltmennesker.

Oppsummering

Ut fra artiklenes innhold, kan det se ut til at alle har til hensikt å svare på krav til framtidig industriell kompetanse knyttet til industri 4.0 og behovet for teknologisk kompetanse der kunnskaper om sensorer, roboter og Internet of Things (IoT) er sentralt. Det betyr en sterk betoning av teknologi og i mindre grad ivaretar de menneskelige aspekter. Derfor har vi i denne artikkelen fremført kritikk av den snevre bakteppe som ligger i industri 4.0, og introdusert industri 5.0 som ivaretar innovasjon og er menneskeorientering i sin tilnærming. Som et alternativ til den «tradisjonelle» definisjon av læringsfabrikk, har vi forsøkt å utarbeide en definisjon som vil være førende for vårt empiriske arbeid med læringsfabrikken på Raufoss.

Forfatterbiografi

Anders Grydeland er universitetslektor ved OsloMet – storbyuniversitetet, Institutt for yrkesfaglærerutdanning (YLU) hvor han underviser og veileder ved den treårige yrkesfaglærerutdanningen (YFL). Han underviser også ved videreutdanningsstudier for yrkesfaglærere og for bedrifter og virksomheter. Gjennom forskergruppen bærekraft og teknologi i arbeid og læring (BTAL) har Grydeland deltatt i ulike FoU-prosjekter, særlig knyttet til skjæringspunktet læring i skole og læring i bedrift.

Steinar Karstensen er førstelektor ved OsloMet – storbyuniversitetet, Institutt for yrkesfaglærerutdanning (YLU). Han underviser og veileder ved den treårige yrkesfaglærerutdanningen (YFL) og masterutdanningen i yrkespedagogikk (MAYP). Han er også leder for forskergruppen bærekraft og teknologi i arbeid og læring (BTAL). For tiden forsker han på hvordan digitalisering og raske teknologiske endringer påvirker fag- og yrkesopplæringen, samt betydningen av innovasjon, teknologi og bærekraft «twin transition» (CEDEFOP 2022) for yrkene og utdanningen. Kunstig intelligens, AI, både i yrkesutøvelsen, i utdanningen og som verktøy i forskningen er aktuelle fokusområder.

Arne Roar Lier er førsteamanuensis ved Høyskolen for Yrkesfag (HØFY). Han har undervisningserfaring fra OsloMet knyttet til bachelor og master innenfor yrkespedagogikk, yrkesdidaktikk, fagopplæring og forskning innenfor feltet. Har en doktorgrad fra Roskilde Universitetscenter. De siste fem årene har han vært knyttet til bachelorutdanningen i byggeplassledelse ved HØFY.

Arne Ronny Sannerud er professor ved Høyskolen for Yrkesfag (HØFY). Han har undervisningserfaring innenfor yrkespedagogikk, og yrkesdidaktikk på bachelor, master og PhD nivå gjennom sitt arbeid på OsloMet. Han har ledet flere nasjonale og internasjonale FoU-prosjekter, representert Norge i Unesco - UNEVOC og har i en årrekke vært gjesteprofessor ved Kyambogo University – Uganda.

Referanser

- Abele, E., Chryssolouris, G., Sihm, W., Metternich, J., ElMaraghy, H., Seliger, G., Sivard, G., ElMaraghy, W., Hummel, V., Tisch, M. & Seifermann, S. (2017). Learning factories for future oriented research and education in manufacturing. *CIRP Annals*, 66(2), 803-826. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.05.005>
- Abele, E., Metternich, J. & Tisch, M. (2019a). Historical Development, Terminology, and Definition of Learning Factories. I *Learning Factories: Concepts, Guidelines, Best-Practice Examples* (s. 81-97). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92261-4_4
- Abele, E., Metternich, J. & Tisch, M. (2019b). *Learning Factories: Concepts, Guidelines, Best-Practice Examples* (1. utg.). Springer International Publishing : Imprint: Springer.
- Abele, E., Metternich, J., Tisch, M., Chryssolouris, G., Sihm, W., Elmaraghy, H., Hummel, V. & Ranz, F. (2015). Learning Factories for Research, Education, and Training. I(Bd. 32, s. 1-6).
- Abele, E., Tisch, M., Hertle, C., Metternich, J. & Tenberg, R. (2016). Learning factory design: a competency-oriented approach integrating three design levels. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 29(12), 1355-1375. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2015.1033017>
- Ansari, F., Hold, P., Mayrhofer, W., Schlund, S. & Sihm, W. (2018). AUTODIDACT: Introducing the Concept of Mutual Learning into a Smart Factory Industry 4.0. I. International Association for Development of the Information Society. <https://login.ezproxy.hioa.no/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=ED600612&site=ehost-live>
- Belinski, R., Peixe, A. M. M., Frederico, G. F. & Garza-Reyes, J. A. (2020). Organizational learning and Industry 4.0: findings from a systematic literature review and research agenda. *Benchmarking: An International Journal*, 27(8), 2435-2457. <https://doi.org/10.1108/BIJ-04-2020-0158>
- Bughin, J., Hazan, E., Lund, S., Dahlström, P., Wiesinger, A. & Subramaniam, A. (2018). Skill shift: Automation and the future of the workforce. *McKinsey Global Institute*, 1. <http://hdl.voced.edu.au/10707/456560>
- Cappelen, Å., Gjefsen, H. M., Gjelsvik, M. L., Holm, I. & Stølen, N. M. (2013). *Forecasting demand and supply of labour by education* (Bd. 48/2013). Statistics Norway. <https://www.ssb.no/en/arbeid-og-lonn/artikler-og-publikasjoner/attachment/144096?ts=141cb387d78>
- Carberry, K., Cheese, P., Husbands, C., Keep, E., Lauder, H., Pollard, D. & Unwin, L. (2015). How should our schools respond to the demands of the twenty first century labour market? Eight perspectives. *Education & employers research: Occasional taskforce research paper*, 1-33.
- Carlin, M. S., Skjellaug, B., Nygaard, S., Vermesan, O., Svagård, I. S., Andreassen, T. W., Knutstad, G. A. J., Gran, I. R., Andresen, I., Røhne, M., Aussen, D. & Boysen, E. S. (2015). *Effekter av teknologiske endringer på norsk nærings- og arbeidsliv*. <http://hdl.handle.net/11250/2378812>
- Colquhoun, H. L., Levac, D., O'Brien, K. K., Straus, S., Tricco, A. C., Perrier, L., Kastner, M. & Moher, D. (2014). Scoping reviews: time for clarity in definition, methods, and reporting. *Journal of Clinical Epidemiology*, 67(12), 1291-1294. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2014.03.013>
- Construction City. (2022). *Construction City*. <https://constructioncity.no/nb/>
- De Zan, G., De Toni, A. F., Fornasier, A. & Battistella, C. (2015). A Methodology for the Assessment of Experiential Learning Lean: The Lean Experience Factory Study. *European Journal of Training and Development*, 39(4), 332-354. <https://login.ezproxy.hioa.no/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1059469&site=ehost-live>
<http://dx.doi.org/10.1108/EJTD-05-2014-0040>
- Diwanggoro, E. & Soenarto. (2020). Development of teaching factory learning models in vocational schools. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 1456(1), 12046. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1456/1/012046>

- DNV AS. ((u.å.), (u.å.)). *Technology Outlook 2030*. Hentet 21. juni fra <https://www.dnv.com/to2030/overview/index.html>
- European, C., Directorate-General for, R., Innovation, Breque, M., De Nul, L. & Petridis, A. (2021). *Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. Publications Office. <https://doi.org/doi/10.2777/308407>
- Fisk, P. (2019, 6. desember). *Megatrends 2020-2030... what they mean for you and your business, and how to seize the new opportunities for innovation and growth*. Peter Fisk. . <https://www.peterfisk.com/2019/12/mega-trends-with-mega-impacts-embracing-the-forces-of-change-to-seize-the-best-future-opportunities/>
- Gottschaldt, K. (1926). Über den Einfluß der Erfahrung auf die Wahrnehmung von Figuren - I. Über den Einfluß gehäufte Einprägung von Figuren auf ihre Sichtbarkeit in umfassenden Konfigurationen. *Psychological research*, 8(1), 261-317. <https://doi.org/10.1007/BF02411523>
- Haugland, B. K. (2017, 5. februar). *15 globale trender å være oppmerksom på i 2017*. Teknisk Ukeblad Media AS. <https://www.tu.no/artikler/15-globale-trender-a-vaere-oppmerksom-pa-i-2017/376069>
- Herde, C. N., Lievens, F., Solberg, E. G., Harbaugh, J. L., Strong, M. H. & J. Burkholder, G. (2019). Situational Judgment Tests as Measures of 21st Century Skills: Evidence across Europe and Latin America. *Revista de psicología del trabajo y de las organizaciones*, 35(2), 65-74. <https://doi.org/10.5093/jwop2019a8>
- Holm Ingelsrud, M. & Steen, A. H. (2019). *YS arbeidslivsbarometer. Norsk arbeidsliv 2019*.
- Kompetanse i det digitale arbeidslivet, Arbeidsforskningsinstituttet AFI. OsloMet. https://s32603.pcdn.co/wp-content/uploads/2019/08/Rapport-Arbeidslivsbarometer_2019.pdf
- Ifenthaler, D. (2018). *Digital Workplace Learning: Bridging Formal and Informal Learning with Digital Technologies*. Cham: Springer International Publishing AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-46215-8>
- Kolb, D. A., Rubin, I. M. & McIntyre, J. M. (1974). *Organizational psychology: an experiential approach* (2nd. utg.). Prentice-Hall.
- Lai, E., DiCerbo, K. & Foltz, P. (2017). Skills for Today: What We Know about Teaching and Assessing Collaboration. Pearson. <https://www.pearson.com/content/dam/one-dot-com/one-dot-com/global/Files/efficacy-and-research/skills-for-today/Collaboration-FullReport.pdf>
- Lefebvre, C., Glanville, J., Briscoe, S., Littlewood, A., Marshall, C., Metzendorf, M.-I., Noel-Storr, A., Rader, T., Shokraneh, F., Thomas, J., Wieland, L. S. & Group, o. b. o. t. C. I. R. M. (2019). Searching for and selecting studies. I *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* (s. 67-107). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781119536604.ch4>
- Lindvig, K. & Mathiasen, H. (2020). Translating the Learning Factory model to a Danish Vocational Education Setting. *Procedia manufacturing*, 45, 90-95. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.077>
- Martin, J. P. (2018). Skills for the 21st century. <https://doi.org/doi:https://doi.org/10.1787/96e69229-en>
- Meld. St. 27 (2016–2017). *Industrien – grønnere, smartere og mer nyskapende*. Nærings- og fiskeridepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-27-20162017/id2546209/>
- Modig, N. & Åhlström, P. (2012). *Dette er Lean: løsningen på effektivitetsparadokset*. Rheologica Publ.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *BMJ*, 339, b2535. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2535>
- NCE Manufacturing. ((u.å.)). *NCE Manufacturing*. <https://ncemanufacturing.no/hjem>
- NHO. (2015, 25. september). *Digitalisering: Slik møter du de globale megatrendene*. <https://www.nho.no/tema/teknologi-og-forskning/artikler/digitalisering-slik-moter-du-de-globale-megatrendene/>

- Norsk Industriarbeidermuseum. (2018). *Bedriftsskolen, sveisearbeider*. <https://digitaltmuseum.no/021018030032/bedriftsskolen-sveisearbeider>
- Norsk katapult - Siva. ((u.å.)). *Norsk katapult*. <https://norskkatapult.no/>
- NOU 2014: 7. (2014). *Elevenes læring i fremtidens skole — Et kunnskapsgrunnlag*. Kunnskapsdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/NOU-2014-7/id766593/>
- NOU 2015: 8. (2015). *Fremtidens skole : fornyelse av fag og kompetanser*. Departementenes sikkerhets- og serviceorganisasjon, Informasjonsforvaltning. <http://nettsteder.regjeringen.no/fremtidensskole/files/2015/06/NOU201520150008000DDDPDF5.pdf>
- NOU 2018:2. (2018). *Fremtidige kompetansebehov I — Kunnskapsgrunnlaget*. Kunnskapsdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2018-2/id2588070/>
- NOU 2019:2. (2019). *Fremtidige kompetansebehov II — Utfordringer for kompetansepolitikken*. Kunnskapsdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2019-2/id2627309/>
- NOU 2020:2. (2020). *Fremtidige kompetansebehov III — Læring og kompetanse i alle ledd*. Kunnskapsdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2020-2/id2689744/>
- Revans, R. (2011). *ABC of Action Learning* (1. utg.). Farnham: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315263533>
- Roll, M. & Ifenthaler, D. (2021). Learning Factories 4.0 in technical vocational schools: can they foster competence development? *Empirical Research in Vocational Education & Training*, 13(1), 1-23. <https://doi.org/10.1186/s40461-021-00124-0>
- Rørstad, K., Børing, P., Solberg, E. & Carlsten, T. C. (2017). NHOs Kompetansebarometer 2017 : Hovedresultater fra en undersøkelse om kompetansebehov blant NHOs medlemsbedrifter i 2017. I. Nordisk institutt for studier av innovasjon, forskning og utdanning NIFU. <http://hdl.handle.net/11250/2451954>
- Rørstad, K., Børing, P., Solberg, E. & Carlsten, T. C. (2019). *NHOs kompetansebarometer 2019 : Resultater fra en undersøkelse om kompetansebehov blant NHOs medlemsbedrifter i 2019*. Nordisk institutt for studier av innovasjon, forskning og utdanning NIFU. <http://hdl.handle.net/11250/2618581>
- Scheid, R. (2018). Learning Factories in Vocational Schools. I D. Ifenthaler (Red.), *Digital Workplace Learning: Bridging Formal and Informal Learning with Digital Technologies* (s. 271-289). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46215-8_15
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333-339. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Ullah, A. M. M. S. (2019). Fundamental Issues of Concept Mapping Relevant to Discipline-Based Education: A Perspective of Manufacturing Engineering. *Education sciences*, 9(3), 228. <https://doi.org/10.3390/educsci9030228>
- UNESCO. (1972). *Learning to be The world of education today and tomorrow*. I. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000001801>
- UNESCO. (1996). *Learning: The treasure within*. Unesco. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000109590>
- Utdanningsdirektoratet. ((u.å.)). *Fagfornyelsen*. <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/fagfornyelsen/>
- Önday, Ö. (2019). Japan's Society 5.0: Going Beyond Industry 4.0. *Business Economics*. <https://doi.org/10.4172/2151-6219.1000389>

