

Kunstig intelligens og faglig innovation

Udvikling af indhold og teknologididaktik i læreruddannelsen

Marie Falkesgaard Slot, Københavns Professionshøjskole 

Lise Dissing Møller, Københavns Professionshøjskole 

Camilla Hellsten Østergaard, Københavns Professionshøjskole 

Peter Stege Havsager, Københavns Professionshøjskole 

Sofie Ol Winkler, Københavns Professionshøjskole 

Erica Minus, Københavns Professionshøjskole 

Abstract

Dette studie undersøger, hvordan generativ kunstig intelligens og maskinlæring integreres i læreruddannelsens undervisning, specifikt inden for dansk og matematik. Gennem et designbaseret studie undersøges didaktisk transposition, dvs. processen hvor disciplinær viden omdannes til undervisningsviden af læreruddannere. Artiklen fremhæver udfordringer og potentialer ved AI-integration og understreger behovet for, at fremtidige lærere udvikler AI-literacy som en afgørende kompetence. Analysen, der er baseret på observationer og interviews, viser, at læreruddannere er pionerer i at forme komplekse undervisningsforløb ved at kombinere etiske, computationelle og praktiske perspektiver for at gøre AI tilgængeligt og meningsfuldt for studerende. Selvom processen er krævende og ofte møder didaktisk tøven, lykkes det at udvikle transformativ tilgange til AI-teknologi gennem undersøgende og afprøvende aktiviteter.

Engelsk abstract

Artificial Intelligence and Disciplinary Innovation – Developing Content and Technological Didactics in Teacher Education

This study investigates how generative artificial intelligence and machine learning are integrated into teacher education, especially in Danish and mathematics. Through a design-based study, didactic transposition is investigated, i.e. the process by which disciplinary knowledge is transformed into teaching knowledge by teacher educators. The article highlights the challenges and potentials of AI integration and emphasizes the need for future teachers to develop AI literacy as a crucial competence. The analysis, based on observations and interviews, shows that teacher educators are pioneers in shaping complex teaching processes by combining ethical, computational and practical perspectives to make AI accessible and meaningful for students. Although the process is demanding and often encounters didactic challenges, it succeeds in developing transformative approaches to AI technology through research and testing activities.

Indledning

I disse år udvikles der viden om kunstig intelligens på universiteter, hos techgiganter og andre eksterne producenter, som alle har stor kapacitet, let adgang til data og teknologier samt det økonomiske fundament til at være efterspurgt videnproducenter.

Professionsuddannelser er sjældent aktive medproducenter af viden om generative digitale teknologier som kunstig intelligens. Samtidig spiller læreruddanneres didaktiske arbejde med at udvælge og omforme viden en central rolle for, hvordan studerende og elever udvikler forståelse for og tilgange til sådanne emergierende teknologier. I Danmark indgår kunstig intelligens i undervisningen på alle niveauer af uddannelsessystemet. De uddannelsespolitiske diskussioner handler især om evaluering, plagiat og frygt for læringstab (Baker et al., 2023, Strümke, 2023). Som Holmes og kollegaer (2019) peger på, emergerer AI-teknologier hurtigere end institutioner kan nå at formulere principper og udvikle praksis for brugen af en række applikationer. For at imødegå efterspørgslen efter ny viden om teknologien tages kunstig intelligens "ned" fra en række kontekster (som fx techgiganters egne domæner) og re-designes i hurtigt producerede undervisningsmaterialer, hjemmesider og bearbejdede læringsobjekter (Holmes et al., 2019). Det efterlader undervisere i en situation, hvor de skal tilegne sig videnområder, som kræver teknisk kapacitet og indsigt, samtidig med at de skal kunne omforme denne viden uden at have systematisk afprøvede didaktiske tilgange til rådighed.

Forskning i feltet kunstig intelligens, AI-literacy og videnformer vokser altså med stor hast og bidrager med en dybere indsigt i, hvad der er nyttig og relevant viden på området (UNESCO, 2023). Samtidig peger forskningen på, at læreruddannelsen som område ligger langt nede i hierarkiet hvad angår udvikling af og forskning i kunstig intelligens som et egentligt indhold (Sperling et al., 2024), og kunstig intelligens stiller en række nye spørgsmål til pædagogisk praksis, herunder hvordan teknologien kan integreres i undervisnings- og læringsmiljøet med studerendes faglige udvikling og selvstændige tænkning i centrum. Men de grundlæggende problemstillinger, og herunder det didaktisk arbejde med at omforme og tilpasse viden fra et domæne til et andet, står tilbage. Et centralt sted at begynde er derfor i læreruddanneres didaktiske arbejde for at forstå og dokumentere, hvordan disciplinær viden kan blive til undervisningsviden på en læreruddannelse.

På den baggrund lyder forskningsspørgsmålet:

Hvad karakteriserer læreruddanneres planlægning af undervisning om kunstig intelligens i dansk og matematik på læreruddannelsen og herunder hvordan formes indhold, mål og aktiviteter i forbindelse med lærerstuderendes afprøvninger af små sprogmodeller og Meowbit?

Helt grundlæggende ved vi for lidt om, hvordan læreruddannere omformer viden om AI-teknologier i undervisningen. Studiet er derfor et empirisk bidrag til at karakterisere og analysere med henblik på at udvikle AI-literacy i læreruddannelsens undervisningsfag. Vi har fulgt to læreruddannere i deres didaktiske arbejde for at undersøge, hvordan disciplinær viden om kunstig intelligens og maskinlæring bliver til undervisningsviden på en læreruddannelse og potentielt til lærerfaglige virksomhedsformer. Gennem afprøvning har to læreruddannere udvalgt og omformet viden, som på sigt gør de studerende i stand til at varetage undervisning i kunstig intelligens og maskinlæring. Vi analyserer tre eksempler på, hvordan dette arbejde er blevet udført.

Kunstig intelligens og maskinlæring

I studiet definerer vi kunstig intelligens som:

“A branch of computer science dealing with the simulation of intelligent behavior in computers” og maskinlæring som “a sub-field of AI that covers anything that has to do with the study of learning algorithms by training with data” (Tiwarni et al., 2018, s. 1).

Eksempler på maskinlæring inkluderer bl.a. billedgenkendelse, naturlig sprogbehandling og anbefalingssystemer. Disse teknologier kaldes svag kunstig intelligens og er karakteriseret ved at være begrænsede og specialiserede (Goertzel, 2014). Udviklingen i datamængde, regnekraft og hardware har betydet, at kunstig intelligens som ChatGPT og CoPilot opleves som stærk og avanceret. Det medfører, at de store sprogmodeller ligner eller har træk af menneskelig aktivitet og identitet, nemlig sproget og sproghandlinger. Forskning på området definerer dog, at Generel Kunstig Intelligens (AGI) eller stærk kunstig intelligens endnu ikke er en realitet (Strümke, 2023). AGI refererer til en maskine, der har samme kognitive kapacitet som et menneske. Den kan løse en bred vifte af opgaver, lære nye færdigheder og forstå komplekse sammenhænge (Goertzel, 2014). Det er denne type af kunstig intelligens som vi bl.a. møder i kulturttekster som humanioide robotter, der virker mere forståelige og menneskeliggjorte end de AI-teknologier, som er tilgængelige for os (Ishiguro et al, 2001).

AI-literacy i læreruddannelsen

Udviklingen i digitale teknologier og digitalisering har medført et behov for at udvikle nye literacy-tilgange i uddannelseskontekster. Hvor literacy tidligere var stærkt forbundet til skrevet tekst er forståelse af literacy-begrebet blevet mere fleksibel og rummer både teknologiers sociale og teknologiske praksisformer: fx digital literacy, data literacy, algoritmic literacy, computationel literacy (Dohn et al, 2021; diSessa, 2000; Mills, 2015). Bhatt (2023) henviser til det postdigitale og til literacy-økologier, der betegner hvordan digital teknologi i dag er

allestedsnærværende i menneskers liv og et væsentligt træk ved hverdagens læsefærdigheder. Med opkomsten af kunstig intelligens er der opstået et behov for at definere AI-literacy. I denne artikel bruger vi en definition på AI-literacy, som ofte benyttes i både forsknings- og udviklings-kontekster: "AI-literacy er et sæt af kompetencer, der gør det muligt for individer kritisk at evaluere AI-teknologier, kommunikere og samarbejde effektivt med AI og at bruge kunstig intelligens som et værktøj online, derhjemme og på arbejdspladsen" (Long & Magerko, 2020, s 6). Vi benytter definitionen med det forbehold, at der endnu ikke findes én internationalt anerkendt definition af AI-literacy (Sperling et al, 2024). AI-literacy kan ses i direkte forlængelse af digital literacy og data-literacy (Starkey, 2019). I vores forståelse sigter AI-literacy mod at øge kritisk bevidsthed blandt studerende og elever, samtidig med at det er centralt også at kunne handle kompetent med kunstig intelligens (Long & Magerko, 2020).

I et review fra 2024 undersøges AI-literacy i relation til læreruddanneres teoretisk-videnskabelige viden, deres praktiske kunnen og professionelle dømmekraft, begrebsliggjort gennem Aristoteles' klassiske videnformer: episteme, techne og phronesis (Sperling et al., 2024). Studiet afdækker fundet af 34 internationale artikler med fokus på, hvordan AI-literacy, relevant for læreruddannelsen, er repræsenteret i den videnskabelige litteratur. Baseret på en screening af mere end 500 artikler konkluderer reviewet, at AI-literacy ikke har nået området for læreruddannelse (Sperling et al, 2024). Reviewet peger på to centrale fund; 1) at etiske spørgsmål overvejende behandles som spørgsmål, der handler om at forstå tekniske konfigurationer og herunder datadrevne AI-teknologier og 2) at lærernes viden udmøntes i brugen af digitale undervisningsressourcer til undervisning om AI (Sperling et al., 2024). Reviewet peger herefter på tre mulige veje at gå: 1) at forskere med pædagogisk erfaring engagerer sig i og definerer AI-kompetencer i læreruddannelsen, 2) at lærere selv skal være med til at udvikle indholdet og undervisningsmetoder i AI-literacy-forløb, og endelig 3) at der skal flere empiriske in-situ studier til at indfange, analysere og videreudvikle lærernes praktiske og etiske viden om kunstig intelligens (Sperling et al, 2024).

I pædagogiske og dannelsesorienterede uddannelser knytter emnet kunstig intelligens sig ofte til etiske, eksistentielle og teknologifilosofiske spørgsmål om forskelle og ligheder mellem menneske og maskine (Baker et al., 2023; Dakers 2016; Akgun & Greenhow, 2022). Studierne peger på, at kunstig intelligens rækker ved forestillingen om "det menneskelige" og behovet for at udvikle ressourcer til undervisning, som peger på de etiske aspekter ved brug af kunstig intelligens (Druga, Otero & Ko, 2022). I en teknologifaglig diskurs forbindes begrebet kunstig intelligens med design, formgivning og teknologisk handleevne og bidrager både til begrebsdannelse, analytiske perspektiver og en didaktisk handlingsrettet praksis med teknologi (Jespersen et al., 2024). En vigtig skelnen er imidlertid den grundlæggende forskel mellem intelligens og

bevidsthed, hvor sidstnævnte er kendetegnende for den menneskelige tilstand (Strümke, 2023). Kunstig intelligens nævnes ikke som et decideret indhold i læreruddannelsens bekendtgørelse og det er derfor op til de lokale studieordninger, faggrupper og den enkelte underviser at beslutte, om de studerende skal arbejde med AI (Studieordning. Læreruddannelsen, 2023). I danskfaget udvikles skriftsproget i stigende grad i samspil med generative teknologier. Der arbejdes med kunstig intelligens på et eksperimentelt niveau, hvor store sprogmodeller fra f.eks. OpenAI og Google udvider repertoiret for tekst-produktion og introducerer et bredere multimodalt tekstsyn. Dette tekstsyn har i teorien dannet grundlag for danskfagets literacy-opfattelse i de seneste 10–15 år (Kress, 2010; Mills, 2015). Danskfaglige domæner som multimodalitet, skriftsprog og pragmatik er fortsat centrale inden for kompetenceområderne læsning, fremstilling og kommunikation. Samtidig møder denne literacy-forståelse nu teknologifaglighedens begreber om computationel literacy og tænkning (Chongtay, 2018; diSessa, 2001). I den matematik-didaktiske forskning er der tilsvarende fokus på computationel tænkning og på, hvordan dette danner afsæt for undervisning med og i AI-teknologier (Shamir & Levin, 2020). Flere studier peger på, at kunstig intelligens med fordel kan anvendes af selv de yngste elever gennem interaktive og praksisnære aktiviteter (Williams et al., 2019).

Udvikling af indhold i en læreruddannelseskontekst

Der findes få empiriske studier af, hvordan studerende på videregående uddannelser anvender generativ AI, og hvordan læreruddannere og andre undervisere på videregående uddannelser konkret planlægger undervisning med kunstig intelligens som indhold (Hasse et al., 2019). Videnskloften betyder, at den systematiske udvikling af tilpasset indhold til læreruddannelsens fag er op til underviserne selv, og at de ofte må udvikle indhold forfra. I lyset af dette er der brug for viden om, hvordan læreruddannere kan transformere viden-objekter fra fx posthumane, datalogiske og teknologi-filosofiske domæner til et teknologifagligt indhold, som kan sætte lærerstuderende i stand til at tilegne sig både humanistisk kritisk tænkning og matematisk/tekniske kompetencer (Dianova & Schultz, 2023). Læreruddannelsen er samtidig med sit fokus på 2. ordens viden (Lund & Aagaard, 2020) forpligtet på både den studerendes egen faglige udvikling inden for det digitale område, og at den studerende lærer at undervise elever med både forståelse og brug af kunstig intelligens for øje, som en del af deres digitale dannelse (Slot, Rasmussen & Kjærgaard, 2023). Et andet centralt element på uddannelsen er inddragelse af en socio-kulturel læringsforståelse, som præger tilgangen til forholdet mellem individ og fællesskab. Med afsæt i Vygotskys (1978) teori forstås læring som en socialt medieret proces, hvor sprog og andre kulturelle værktøjer spiller en afgørende rolle for den studerendes udvikling og deltagelse i praksisfællesskaber. Lærere og herunder læreruddannere træffer derudover beslutninger i komplekse situationer:

“The decisions that teachers make are not formulaic and repetitive, but highly ‘in-the’ and responsive to the ‘always new, unique and concrete situations’ that they face” (Biesta 2015, s. 79, citeret efter Selwyn et al, s. 319, 2025).

I de analyserede cases kommer både et medieret læringssyn og udvisning af pædagogisk dømmekraft til udtryk i refleksioner over transpositionsprocessen, ofte som en ”didaktisk tøven”, hvor den lærende ”kommer til syne”, og hvor der skabes rum for den studerendes selvstændige tænkning og faglige dømmekraft (Biesta, 2015).

Didaktisk transposition

I studiet anvender vi begrebet didaktisk transposition (Chevallard, 2019, 1989; Schneuwly, 2023), som betegnelse for de processer, hvor viden bevæger sig fra et eksternt domæne til undervisning. Chevallard skelner mellem ekstern transposition, hvor viden frigøres fra sin oprindelige kontekst og didaktiseres, og intern transposition, hvor viden videreudvikles inden for rammerne af selve undervisningen. Denne ramme viser, hvordan undervisningsindhold formes og omformes gennem valg, fravalg og fortolkning – både før undervisningen og i mødet med den. I Danmark kendes didaktisk transposition og den antropologiske teori om didaktik særligt fra forskningen i matematik og naturfag og fra studier af indhold i skolefagene (Winsløv 2012; Østergaard, 2022). Didaktisk transposition understreger samtidig idéen om, at det undervisningsindhold, der undervises i på fx læreruddannelsen, stammer fra eksterne kilder så som andre akademiske institutioner (Schneuwly, 2023). Når man transponerer viden fra disciplinære kontekster til undervisningsmiljøer, udvikler og tilpasser man “activities aimed at making this knowledge teachable, meaningful, and useful” (Chevallard & Bosch, 2020, s. 214). Ved at bruge betegnelsen omforme viden afviger vi samtidig fra den franske sprogbrug, som anvender omsætte (Chevallard, 1989). I en dansk kontekst kritiseres tilgangen for at fungere som en pipeline-model, der fremmer forståelsen af, at viden transponeres i lukkede faglige arenaer, som udelukkende har til formål at sikre, at fagene læres som selvstændige enheder (Dolin, 2018).

Undersøgellesdesign og metode

Forskningsdesignet er et designbaseret studie (DBR), hvor kvalitative data er indsamlet med henblik på at besvare forskningsspørgsmålet. Den designbaserede tilgang er valgt fordi den både muliggør udvikling af undervisning og samtidig genererer viden om denne (Amiel & Reeves, 2008). Gennem samarbejde med aktører fra praksis udvikles og afprøves didaktiske designs i konkrete undervisningsforløb i fagene dansk og matematik. Studiet involverer læreruddannere og lærerstuderende. Forskere bidrager med teoretiske og metodiske perspektiver samt innovationsforslag, mens læreruddannere bringer praksisnære erfaringer og faglig viden i

spil. De deltagende læreruddannere har indgående kendskab til undervisningsfag, teknologi-forståelse og teknologididaktik. De lærerstuderende, der deltager, har valgt en teknologifaglig profil, hvor digital didaktik og teknologiforståelse er i fokus. Det betyder, at de gennem deres uddannelse arbejder målrettet med at udvikle, anvende og transformere digitale teknologier i skolens fag. Formålet med det didaktiske design har været at kombinere symboler og abstrakte koncepter fra de to domæner, fagene dansk og matematik, suppleret med computationelle begreber hentet fra teorier om computationel tænkning (Christensen, 2024). En central udfordring i designarbejdet har været, at kunstig intelligens repræsenterer forskellige faglige objekter og læres forskelligt i de to faglige kontekster. I arbejdet med at udvikle fælles løsninger på tværfaglige problemstillinger og undgå såkaldte “stand alone activities”, opstår en række velbeskrevne designmæssige udfordringer (Caeli & Yadav, 2020; Christensen, 2024). Forskning i designbaseret udvikling med fokus på computationel tænkning fremhæver vigtigheden af et tæt samarbejde mellem udviklerne, og at afprøvning og justering sker med respekt for de enkelte fag. Det udviklede design i dette studie bidrager med ny viden om, hvordan begreber fra computationel tænkning og kunstig intelligens kan omsættes til undervisningsindhold gennem praksisudvikling, refleksion og konkret afprøvning. Målet er både at producere undervisningsforløb og formulere generelle designprincipper, der kan anvendes i lignende kontekster.

I den første iterationsfase (Reeves, 2006) udviklede gruppen fire teoridrevne design-principper som guidelines for planlægning af forløb i dansk og matematik:

1. Indstigning i fænomenet kunstig intelligens skal ske oplevelsesbaseret og med eksistentiel undren.
2. Flerfaglige og tværfaglige begreber skal understøtte forståelse af etiske og computationelle problemstillinger.
3. Aktiviteter skal tilrettelægges, så studerende kan undersøge og afprøve teknologier.
4. Teknologier skal positioneres, så de potentielt kan transformere didaktiske og pædagogiske problemer gennem refleksion og handling.

Efter hver planlægningsfase reflekterer læreruddannerne over deres arbejde gennem de fire designprincipper. Principperne har været tænkt som en støtte til læreruddannere i omformning af viden til meningsfuld undervisning i dansk og matematik – og har samtidig åbnet for lærerfaglige problemstillinger omhandlende etiske/eksistentielle overvejelser. Principperne er genbesøgt af læreruddannere i 2. iteration af DBR-projektet, hvor læreruddannere og lærerstuderende underviser elever i kunstig intelligens med baggrund i de fire udviklede principper. Data-materialet fra 2. iteration er medtaget i dette studie, men i diskussionen er de fire designprincipper og deres anvendelighed lagt til grund for en problematisering af transformationsbegrebet som fremtidig guideline for udvikling af kunstig intelligens i uddannelse og forskning.

Data er indsamlet gennem et semester i efteråret 2024 og dækker planlægning og gennemførelse af undervisning i dansk og matematik. Planlægningsaktiviteter, herunder drøftelser, refleksioner og præsentationer af indhold er dokumenteret ligesom undervisning, gruppearbejde og studerendes præsentationer er blevet videofilmet gennem et halvt år. Derudover består datamaterialet også af feltnoter, fotos og in situ-interviews med læreruddannere og studerende.

Tabel 1: Oversigt over datatyper

DATATYPER	MATEMATIK	DANSK
Optagelse med læreruddannere (interview)	Seks unikke optagelser af en times varighed	Seks unikke optagelser af en times varighed
Videoobservation af holdundervisning	10 timer	10 timer
Aktiviteter med små sprogmodeller	5 gruppearbejder	5 gruppearbejder
Foto fra undervisning	20	20
Foto af power point	10	10
Noter, power point undervisningsplan fra undervisningsplanlægning	10	10
Produkter fra undervisning	Fire præsentationer af "Race to 20" (gruppearbejde)	Fire præsentationer af sproglig analyse (gruppearbejde)

Undersøgelsen inkluderer ikke data fra studerendes undervisning af skoleelever og analyserer ikke studerendes læringsudbytte eller undervisningens virkninger eller betydning for skolens praksis.

Analysebegreber

Analysen fokuserer på situationer, hvor læreruddannerne har skullet træffe valg og balancere faglige og pædagogiske hensyn i planlægningen. Gennem anvendelsen af designprincipperne undersøger vi, hvordan didaktisk transposition fra AI-stoffet som et disciplinært fænomen integreres i læreruddannelseskonteksten og bliver til ny praksisnær viden. Analysen er afgrænset til planlægnings- og refleksionsprocesser og belyser tvivl og den didaktiske tøven som opstår i arbejdet med at udvikle nyt indhold i læreruddannelsen. I den første analyse benytter vi tre greb fra teorien om ekstern didaktisk transponering:

- 1) Viden adskilles fra sin oprindelige kontekst og ændrer derved betydning (desynkretisering).
- 2) Viden omformes og modelleres, objekter opdeles i elementære enheder og organiseres i en logisk rækkefølge.
- 3) Undervisningens mål gøres eksplicit og offentlig.

I det følgende afsnit præsenteres analysen af læreruddannernes arbejde med at transponere viden (Eksempel 1). Efterfølgende præsenteres to analyser fra dansk og matematik (Eksempel 2 og 3), som viser, hvordan didaktisk transposition udfolder sig i undervisningens praksis (intern transposition).

Fund

For at skabe et overblik over eksterne transpositionsprocesser præsenterer figuren nedenfor fem kategorier, der udgør fundamentet for didaktisk planlægning af AI-undervisning i studiet. Virksomhedsformer refererer til den type af virksomhed, der arbejdes med og som danner grundlag for undervisningens indhold og tilgang (Hansen, 2020). Designprincipper beskriver de pædagogiske tilgange og metoder, som er valgt i studiet, og som anvendes for at engagere de studerende, såsom fokus på tværfaglighed og eksperimenterende arbejdsformer. Indholdsbegrundelser angiver, hvorfor visse emner og tilgange vælges, ofte med vægt på relevans, etiske overvejelser og faglige mål. Elementer i didaktiske designs omfatter de konkrete undervisningsaktiviteter, materialer og øvelser, der udformes for at realisere læringsmålene. Endelig adresserer didaktisk tøven, pædagogisk dømmekraft og refleksion de overvejelser og udfordringer, undervisere møder i praksis, herunder sikring af faglig dybde i undervisningen og differentiering. Samlet set giver disse fem kategorier et nuanceret billede af kompleksiteten i planlægning af AI-undervisning og understøtter en balanceret integration af etiske, teknologiske og didaktiske perspektiver.

Tabel 2: Oversigt over virksomhedsformer, designprincipper og pædagogisk refleksion i AI-undervisning

Virksomhedsformer	Designprincip	Indholdsbegrundelser	Elementer i didaktiske designs	Pædagogisk dømme-kraft/refleksion
Æstetisk Oplevelse og udtryk Kulturelle repræsentationer	Indstigning med fokus på fænomenets betydning i verden	Kunstig intelligens som kulturelt fænomen; etiske overvejelser	Blade Runner som åbning; etiske og eksistentielle spørgsmål om menneske vs. maskine	Er der risiko for overeksposering? Hvordan tydeliggøres historicitet og dybde? Er det for "camp"?
Analytisk Computationale, sproglige og matematiske tankegange	Tværfaglighed i undervisning med klare tekniske begreber	Alle studerende skal kunne engagere sig i og forstå de datalogiske grundbegreber	Begreber som supervised learning, black-boxing, sandsynlighed, NLP, hallucination	Er aktiviteterne tilpasset til alle niveauer? Kan begreberne gøres tilpas tilgængelige?
Håndværksmæssig lagttagelse af teknologi	Praktisk anvendelse af AI-teknologier i faglige kontekster	Læring gennem praksis og refleksion skaber dybere indsigt og transformation	Matematik: øvelser som "Race to 20" med AI, Dansk: pragmatik og socialsemiotik i kommunikationssituationer	Kan alle studerende deltage i matematiske og sproglige ræsonnementer?
Kommunikativ Refleksion og omskabelse gennem skabelse og afprøvning	Undervisning skal rumme transformativt potentiale ved eksperimenter	Læring gennem praksis og refleksion som integrerer flere perspektiver og færdigheder og transformation	Små afprøvnings- og eksperimenter med teknologi, der fremmer forståelse og kritisk tænkning	Oplever og erfarer de studerende, at små afprøvnings- og eksperimenter er væsentlige og ser de sammenhængen mellem faglige elementer?

Undervisningen planlægges

Analysen af viden-omformning er baseret på refleksion, analyse af planlægningsdokumenter og fotos. Planlægningsprocesser dokumenteres med de fire designprincipper som strukturerende princip:

- Fase 1: Indstigning/anslag og introduktion til undersøgelse af etiske og eksistentielle forhold mellem menneske og maskine
- Fase 2: Indholdet vælges, diskuteres og tilrettelægges
- Fase 3: matematiske og tekniske begreber begrundes fx. Supervised; unsupervised og re-inforced learning; black-boxing; sandsynlighed, natural language programming; hallucinationer
- Fase 4: Planlægning af aktiviteter og præsentationer for hhv. matematik- og danskstuderende.

En tilbagevendende refleksion i planlægningsarbejdet er, at lærerstuderende ikke nødvendigvis kender til den teknologihistoriske kontekst bag kunstig intelligens og maskinlæring, hvorfor læreruddannerne beslutter sig for nogle korte nedslag i opkomsten af kunstig intelligens og siger i interviewet:

”Vi skal have den massive udvikling i kunstig intelligens fra 50’erne og frem til i dag på plads, det handler blandt andet om maskiner, der kan handle: fra at regulere handlinger til automatisering, og det at maskiner kan gøre noget selv uden at blive explicit programmeret dvs. deep learning og det ikke at kunne se hvad maskiner har gang i”.

Samtidig problematiserer de, at sprogmodeller ser lettilgængelige ud, og at den komplicerede matematiske viden kamufleres bag en kommunikerende teknologi (Selwin, 2025). De studerende kender heller ikke nødvendigvis til, hvordan kunstig intelligens virker, og hvad det betyder, når de bruger kunstig intelligens. Og det bliver tydeligvis et mål for læreruddannerne, at de

“studerende skal kende til teknologien for at kunne bruge teknologien”.

En undersøgende tilgang træder også tydeligt frem; underviserne vil ikke holde oplæg om det, de selv ved, men vil gennem eksperimenterede og analyserende videnformer sætter teknologi-brugen i spil hos de studerende. Det kræver en dybdegående omformning af viden at gøre deep learning, algoritmisk uigennemsigtighed og black-box tilgængelig for studerende, fordi de matematiske indsigter ikke er nemme at abstrahere. Derfor bliver det at skabe, at bruge og at afsløre en central nøgle i transpositionsprocessen:

“I matematik står vi midt i den matematiske model og arbejder med delene for at skabe forståelse for maskinelæring, i dansk ser vi på en færdig model, og det er kun gennem brugen, vi ser, hvad den kan, og kan afsløre den, i matematik arbejder vi med modellen, i dansk arbejder vi med brugen af modellen. Vi kan sætte en algoritme op, men vi kan ikke gennemskue det algoritmisk, vi kan ikke kortlægge, hvad der sker i maskinen (...)”

”Noget af det centrale er, at vi skaber sprog i sociale relationer. Vi skal tale om, hvordan vi får et sprog for dette indhold. I undervisningen ser vi fx blokprogrammering men for at forstå, hvad programmer som scratch er, må vi arbejde med deep learning, vi starter der! Vi kan arbejde med teknologien, det er de rigtige sprogmodeller, som vi bruger, og som har accelereret vores forhold og forståelse af kunstig intelligens.” (Interview med dansk og matematikunderviser).

Den centrale pointe i begge udsagn er, at viden må omformes (de-synkretisering) når målet er at undersøge teknologien både som en beregningsmodel og som en kommunikativ praksis. Begreber til forståelse af hvordan teknologien virker, omformes og gennemarbejdes, så de kan fungere i den nye kontekst. Begreberne er valgt med henvisning til danske universitetsforskeres arbejde med datalogiske modeller (Bundsgaard et al., 2019), begreber for teknologiforståelse (Iversen et al, 2018), som igen er omformninger af internationalt anerkendte forskeres arbejde, f.eks. Turing-testen (Turing, 1950), didaktiske refleksioner over computationel tænkning (Chongtay 2018), socialsemiotik og multimodalitet (Kress, 2010). I planlægningsprocessen lader det dog ikke til, at den vigtigste videnomformning sker gennem begrebers ændrede betydning eller dybde. Snarere er det afprøvningerne, som omformer og skaber nye tilgange til det lærerfaglige ”kunstig-intelligens”-indhold. Den eksplorative og undersøgende tilgang til stoffet virker i det hele taget ret afgørende for, om læreruddannerne synes de-synkretiseringen lykkes for dem, når de udvælger og omformer disciplinær viden til undervisningsindhold.

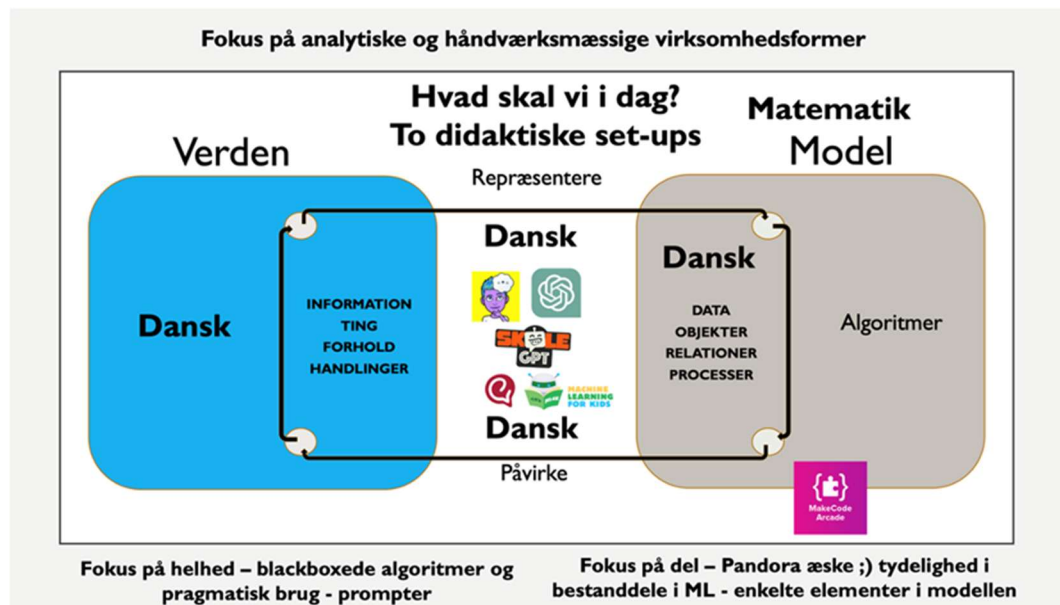
Didaktisk modellering som videnomformning

Et centralt eksempel på videnomformning i AI-undervisning er, når komplekse undervisningsobjekter opdeles i elementære enheder og organiseres i en progressiv og logisk rækkefølge. Dette muliggør en trinvis opbygning af forståelse, hvor undervisningen i dette studie bevæger sig fra etiske og eksistentielle perspektiver over datalogiske begreber til handleorienteret, håndværksmæssig viden. Ved at modellere indholdet på denne måde understøttes både tilegnelse og anvendelse, samtidig med at læringsobjektet gøres mere tilgængeligt for studerende med forskellige forudsætninger.

Med afsæt i et ikonisk filmklip fra *Bladerunner* (Scott, 1982) skal introduktionen til kunstig intelligens være ”flammende og stemningsskabende”, og ”det er risikabelt”, siger læreruddanneren, inden undervisningen skal foregå:

”Stemninger er sårbare i undervisning, når man sætter noget fortællende og eksistentielt i spil. De er svære at skabe. De der stemninger. Det er ligesom musik.” (Interview med læreruddanner).

De studerende skal diskutere fænomenet kunstig intelligens som et kulturelt fænomen op mod et etisk grundtema om forholdet mellem menneske og maskine. Et andet modelleringselement (elementær enhed) er begrebet begribelighed. For indholdet om kunstig intelligens kræver afgrænsning og grundlæggende omformning af, hvordan der kan undervises i fænomenet, og hvordan meningsfulde betydninger og forestillinger kan modelleres, så kunstig intelligens ikke bare supplerer etiske diskussioner om menneske-maskine relationen, men også griber ind og forstår, hvori den matematiske beregning består. I undervisningen vil følgende spørgsmål derfor blive stillet til de studerende: ”Hvordan lærer maskiner?”, ”Hvordan kender vi forskel på Terminator og på vores lommeregner?” ”Hvem skal lære børn at være kritiske overfor kunstig intelligens, hvis ikke i skolen, hvor så?”. Med tydelig henvisning til digital dannelse som et vigtigt formål, organiserer underviserne deres elementer i en rækkefølge, hvor overgange markerer forskellige videnformer; fra humanistisk-eksistentielle diskussioner i introduktionen til den computationelle begribelighed, som vil sætte de studerende i stand til at forstå grader af kunstig intelligens og forskelle mellem fænomenet og dets objekter. Dernæst kobler de til begreber hentet fra en antologi om computationel tænkning (Dohn et al., 2021). De studerende skal tilægge sig en mindre del af et komplekst, matematisk videndomæne, som her får mærkaten ”black-box”.



Figur 1: Model over data-repræsentation og virksomhedsformer (slide fra undervisningen)

Modellen er en bestemmelse af computationel tæknings begreber og afgrænsning til andre it-betegnelser. Her bliver skelnen mellem tilegnelse af fænomenet kunstig intelligens gennem brug og gennem kodning to vigtige veje i transpositionsprocessen. Modellens fokus omformes, så opmærksomheden rettes mod den del som er relevant for de studerende. Dermed får de studerende mulighed for at se såvel et elementært objekt i dets komplekse system igennem brug, samt relevansen i at kunne kode gennem små programmeringsprogrammer. Selvom de studerende ikke skal lære et programmeringssprog i dybden, så sker videnomformningen på baggrund af komplekse forståelser af kunstig intelligens og maskinlæring, så de studerende får forståelse for begrebets placering i et transdisciplinært landskab. I visualiseringen bliver det tydeligt, hvilken omformning af viden, som sker, og som alt andet lige også ændrer måden at tale om programmering på.

Med udgangspunkt i en omformulering af en klassisk datalogisk model (Madsen et al., 1993) peger underviseren på, at teknologiens model (Figur 2; her sprogmodellen og maskinkoden) bygger på og forholder sig til en verden. De studerende kan fordybe sig i modellen og dens algoritmer gennem programmering for at opnå en dybere indsigt i de algoritmer, der driver maskinlæring. Her betegnes den "del" og med et didaktisk fokus som 'delen' og programmering. De studerende kan også orientere sig gennem modellen om tilstedeværelse i verden. Her betegner underviserne dette som "helhed" og viser, hvordan modellen bruges i verden. Begge tilgange giver et indblik i teknologien kunstig intelligens og udgør to veje i transponeringsprocessen. Dernæst kobler læreruddannerne til begreber hentet fra en antologi om computationel tænkning (Dohn et al., 2021). De studerende skal tilegne sig en mindre del af et komplekst, tematisk videndomæne.

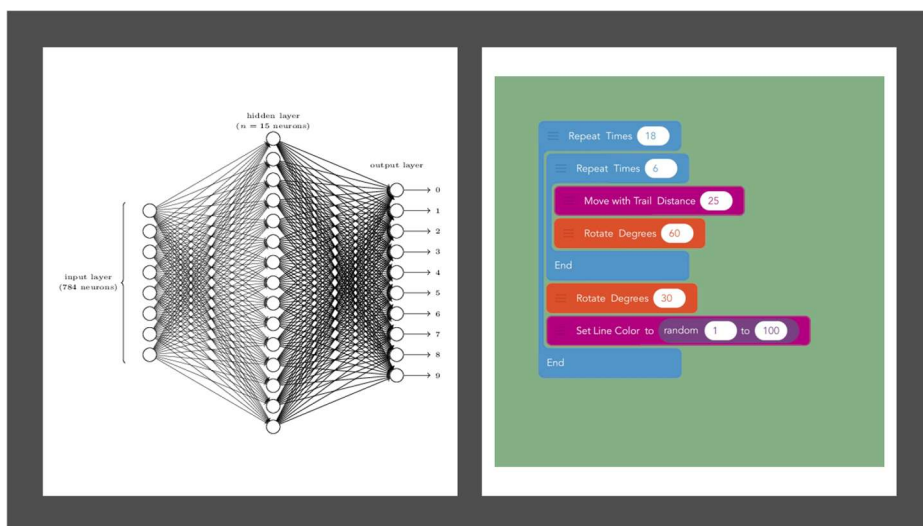
Kontraktskabelse om undervisnings mål

Læreruddannerne formulerer sig afslutningsvist om, hvad der er undervisnings mål; gennem afprøvning at tilegne sig viden om, at kunstig intelligens ikke er magi, men matematik og beregninger. Gennem datalogiske videndomæner og virksomhedsformer skal de studerende arbejde med de grundlæggende elementer bag maskinlæring, en proces, som underviseren i sin forberedelse støtter med at sige:

"det er jo bare en masse beregninger og sandsynlighed, en masse tal nede i maskinen, som vi ikke skal være bange for... et Terminator scenarie? Nej. Måske bliver indholdet "overloaded" men forskellige typer af maskinlæring ER vigtige". Og fortsætter: "black-box kan ikke didaktiseres. De grundlæggende beregningsprocesser kan ikke re-didaktiseres, så de giver mening, man må til

kilderne, og så forstår man stadig ikke helt, hvordan maskinen arbejder” (interview med læreruddanner).

Det er et innovativt mål at kommende lærere skal have indsigt i dette element ved maskinlæring for at bruge teknologien relevant. I planlægningen er læreruddanneren ikke i tvivl: hun vælger en illustration (Figur 3), der skal hjælpe de studerende til at forstå, hvordan den computationelle del af store sprogmodeller er så kompleks, at den ikke kan kortlægges som gængs programmeringsprog.



Figur 2: Illustration af den computationelle del af store sprogmodeller (slides fra undervisningen)

Undervisningens gennemførelse

Eksempel 2 og 3 giver indblik i, hvordan det didaktiske system udfoldes i undervisningens praksis og i de studerendes afprøvning af et undervisningsobjekt og betydning af dette.

De studerende sidder klar, lyset er dæmpet, den ikoniske afslutningsscene i science fiction-filmen *Blade Runner* (Scott, 1982) blafrer blåhvidt på storskærm. Et stort billede af Roy (robotten) møder de studerende som et næsten overvældende anslag, der sætter retning for den fascination af kunstig intelligens, som utallige kulturprodukter har skabt. Stemningen er intens og fortættet, og efterfølgende siger en studerende spontant:

”Jeg har set stærk kunstig intelligens” og griner forlegent. Læreruddanner: ”Ja, her er en situation, hvor robotten reelt set redder mennesket, og som du siger, jamen, vi ser stærk kunstig intelligens, ja og hvor har vi det fra?” (undervisningsobservation)

Scenen afføder en drøftelse af filmens etiske potentiale i mødet mellem menneske og maskine. De studerende drøfter indgående, på hvilket niveau det er nødvendigt at forstå robotten som kulturprodukt og forstå robotten som produkt af matematiske beregninger bag maskinlæring. Underviserne viser modellen (figur 3) for at støtte de studerende i at forstå forskellen mellem et traditionelt it-system og en sprogmodel, hvor datapunkter interagerer, og hvordan systemet er "black-boxet", fordi det reelt ikke kan beskrives, hvordan maskinlæring fungerer. Han peger på modellen om neurale netværk og dét punkt, hvor maskiner lærer maskiner og siger:

"Det her kan ikke didaktiseres. Her støder vi på deep learning, vi kan ikke trævle det op! Vi skal forestille os, at vi ikke har adgang til, hvad der foregår, det hele er filtret sammen i nogle processer, hvor datapunkter agerer i flere lag, og derfor er det "black-boxet" [...] vi kan simpelthen ikke komme til det. Vi arbejder med, hvordan maskinen fungerer, vi ved godt, det ikke har noget at gøre med robotten "Roy" (Bladerunner)". (Undervisningsobservation)

Underviserne drøfter afslutningsvis med de studerede, hvordan data repræsenterer noget i verden med henblik på, at de skal opnå en dybere forståelse af de processer og abstraktionsniveauer, der ligger til grund for maskinlæring og neurale netværk.

Afprøvning i dansk

Efter den fælles opstart skal de studerende i grupper arbejde med forskellige platforme, hhv. chatbotter (Engati), billedgenkendelsessoftware (Teachable Machine) og maskinlæring/kodning (Machine Learning for Kids). Mange blev opslugt af at skrive sammen med maskinen. Grupperne har nu en time til at undersøge deres maskinsystemer. Maskinen åbner sig med pragmatiske begreber og gennem de studerendes brug. De lærer at prompte maskinen som en kodning, forstået som skriftsproget for at undersøge, hvordan sprogmodeller er bygget op. "Vejen går igennem jeres brug", siger underviseren.

I de studerendes afprøvninger af de små sprogmodeller træder den interne transponering frem. Undervisernes præsentation af undervisningsobjektet står sin prøve i de studerendes modtagelse eller afvisning af, at dette er undervisning og læring, som de kan genkende og internalisere (Schneuwly, 2023). En gruppe, der har arbejdet med Engati, præsenterer deres arbejde: en maskine de selv har programmeret, som kan svare på spørgsmål om julesmåkager, skrevet i et slang-lignende gangstersprog (vanillakranz for vaniljekrans, peppernutz for pebernødder). Efter en indledende diskussion spørger danskunderviseren de studerende til deres forståelse af maskinlæring:

Læreruddanner: Nu skal vi tale om, hvad der skete i denne her proces inden for kunstig intelligens eller maskinlæring. Hvordan lærer maskinen?

Studerende 1: Den lærer jo ikke noget.

Underviseren: Jo. Den var ikke til, før du skabte den....

Studerende 2: Den laver præcis det, du siger. Al den læring er de user-spørgsmål I har. [Små-snak følger blandt de studerende om hvilke input gruppen har givet maskinen.]

Læreruddanner: Dette er supervised learning, dvs. I har et fuldstændigt eksempel på maskinlæring. Det er dig, der koder den. Du koder den med sprog i en supersimpel model, så du har lige lavet noget maskinlæring nu!

Studerende: [...] men kan maskinen "digte videre", eller er der kun DETTE svar jeg kan få, det forstår jeg ikke?" (observation fra undervisning)

De studerende er endnu ikke helt fortrolige med, hvad der reelt sker, når de programmerer, hvorfor maskinen er programmeret af dem selv, og hvorfor den ikke er intelligent. De har vanskeligheder med at forstå forskellen mellem kommercielle, store sprogmodeller (helheden), som ligger over motorhjælmen, og de algoritmiske prøvehandlinger i de mindre programmeringsprogrammer som dele i modellen under motorhjælmen, og får hjælp af underviseren til at komme det sidste stykke frem til en løsning. De studerende går videre i samtalen og taler om, at det er i afprøvningen, at chatbotten står sin prøve. Underviser samler op: "ja, det kan næsten ikke blive mere tydeligt". Samme studerende igen: "ja, det er meget tydeligt, at vi åbner motorhjælmen" (undervisningsobservation). Undervisningen afsluttes med en opsamling.

Afprøvning i matematik

De matematikstuderende arbejder i lokalet ved siden af med spillet "Race to 20" (Brousseau, 1998). De løber også ind i problemer. Målet med spillet er oprindeligt ikke alene at vinde spillet, men at udvikle vindende strategier og udforme argumenter for, hvorfor strategien er den rigtige. I dag er målet med "Race to 20" anderledes. De studerende arbejder med at forstå, hvad kunstig intelligens er, og de skal gennem aktiviteten udvikle "teknologisk handleevne, afprøve og undersøge en model af kunstig intelligens" (fra interview med læreruddanner). Race to 20 skal spilles på et digitalt device, Meowbit, herigennem skal de studerende finde frem til "hvad tænker maskinen?":

Studerende 1: Den [Meowbit] lærer af, hvilke input vi giver den?

Læreruddanner: Ja, den lærer udelukkende af, hvilke input vi giver. Yes.

Studerende 1: Så trykker vi 2, så trykker vi 1.

Læreruddanner: Er I enige i den måde, den lærer på?

Studerende 2: Vi snakker om at finjustere, som er et step af re-inforcement learning ...

Læreruddanner: Jeg vil ikke kalde det re-inforcement learning ... Det er supervised learning, for det er jer, der giver den input. Og det er det, den lærer på baggrund af ...

Studerende 1: Det er os, der giver den data!

Studerende1: Jeg tror ikke nødvendigvis den ved, at vi skal op på 20.

Studerende 2: Hvorfor synes den så, at den ene er bedre end den anden? At den ene rute er bedre end den anden? Hvis den ikke går efter at vinde?

Læreruddanner: Det er et godt spørgsmål!

Studerende 1: Jeg tror, du har ret i, den kan vinde, jeg tror bare ikke den lærer, altså, for at vinde. Den lærer ikke nye kombinationer i sit mål for at vinde ... På den måde så tror jeg ikke ... Jeg tror ikke, at den er interesseret i at vinde!”

I den samlede overvejelse omkring læringsalgoritmen tegner de studerende en model af, hvordan maskinen lærer i forhold til de data de fodrer den med. De markerer læring med en stiplede linje, men ekspliciterer ikke, at det netop er data, som er den egentlige anledning til dette. Teknologien bruges som et værktøj, og de studerende viser en bevidsthed om, at der udspiller sig en særlig kontekst knyttet til kunstig intelligens. Denne dobbelthed peger direkte ind i forskellen mellem know how og know why. På den ene side udvikler de en praktisk kunnen gennem arbejdet med spillet og Meowbit – de prøver sig frem, træner AI'en og ser, hvordan input genererer bestemte outputs. På den anden side åbner aktiviteten for en mere teoretisk refleksion, hvor de studerende drøfter, hvordan maskinen egentlig lærer, og hvad det betyder at tale om læring i en AI-kontekst. Det kommer f.eks. til udtryk i udsagn som: “Jeg tror ikke, den er interesseret i at vinde”, “den kigger bare på den mest brugte rute” og “den kigger bare på, hvad det er mest sandsynligt”. Her bevæger de sig fra den praktiske erfaring med spillet til et mere begrebsligt niveau, hvor de forsøger at forstå og sætte ord på maskinens funktion. Denne spænding mellem handling og forståelse udgør et centralt aspekt i forløbet, idet de både anvender teknikker og samtidig forsøger at begrunde og modellere. Eksemplet med Race to 20 viser, at underviserne opbygger en AI-literacy og en AI-didaktik, som stammer fra eksterne kilder, og samtidig transponerer denne viden, så de kan undervise i “de usynlige algoritmer”:

“Vi kan sætte en algoritme op, men vi kan ikke gennemskue det algoritmiske, vi kan ikke kortlægge, hvad der sker i maskinen” (undervisnings-observation).

Erkendelsesprocesser i AI-undervisning: Fra frustration til faglig forståelse

Fælles for alle studerende er i første omgang oplevelsen af ikke helt at have forstået, hvad der er foregået, når teknologien inddrages i både dansk og matematik, hvilket kan iagttages gennem de studerendes udbrud: Kan den digte, kan den lære og vil den vinde? Samspillet mellem de analytiske perspektiver og den håndværksmæssige/teknologiske handleevne er svær for de studerende. Det vi ser i eksempel 2 og 3 er, hvordan den realiserede undervisning er i forandring (Schneuwly, 2023). De studerende bliver frustrerede over, at deres chatbot ikke er en flydende tekstproducent, og at chatbotten ikke lærer noget eller vil vinde. De forsøger at forstå og undrer sig over, hvad kunstig intelligens er drevet af, og om de kan blive herre over dette. Deres forståelse er rodfæstet i teknologier som SnapAI, SkoleGPT og ChatGPT. Deres konklusion er, at de nu arbejder med en sprogmodel, som kan skubbe dem videre i forholdet til en dybere forståelse af, at datasæt er skriftsprogligt eller talbaseret, og at de selv har indleveret data til maskinen. Her ser man, hvordan brugen af og erfaringen med teknologi i know how nødvendigvis er filtret ind og danner et refleksivt grundlag for know why. Det er også gennem konkrete erfaringer og til dels skuffede forventninger, at de vigtige refleksioner omkring hvad der kan ligge til grund for, at deres sprogmodel ikke blev bedre, reelt starter.

Underviserne demonstrerer i begge eksempler, at et veludbygget datasæt er afgørende for, hvor godt deres AI fungerer. Det er en vigtig kompetence i arbejdet med kunstig intelligens at kunne prompte og kode meningsfulde ytringer, så de studerende giver en retning for deres AI. De studerende ser på maskinens standardsvar og sættes i en stemning af at have en levende og fleksibel konversation. På overfladen programmeres maskinen gennem skriftsproglige spørgsmål, men under overfladen driver algoritmer selvfølgelig stadig deres output. Komplexitet i omformning af viden og kontrakten om undervisningens relevans er afgørende for, at de studerende fortsætter, selvom det er vanskeligt for dem. Det at de studerende er i stand til at styre sproget og lave meningsfulde sproglige ytringer i den kontekst, de har sat for deres chatbot, bliver dobbeltbundet. Der er både tale om de studerendes egen sproglige udvikling i arbejdsprocessen, men også den konkrete sproglige udvikling indbygget i selve teknologien, hvor de lærer deres machine learning-model sprog i brug i den givne kontekst. Der er tale om en stærk interaktion mellem know how og know why gennem opbygning og træning af maskinens literacy og opbygning af de studerendes AI-literacy.

I matematikeksemplet gælder det samme. De studerende forstår, at maskinen ikke tænker selv, og at de selv har leveret data. De arbejder med at gøre teknologien til et værktøj samtidig med at de personificerer den; de kommer selv ind på, at maskinen tænker og forstår noget, som de skal have forklaret hvad er. De knokler med at transformere deres forståelse af ikke bare

hvad kunstig intelligens er, men også hvad kunstig intelligens kan hjælpe dem med i matematik. De didaktiske tilgange til arbejdet med kunstig intelligens er tydelige balancer mellem forståelse og afprøvning. Maskinen svarer med tal eller producerer sprog gennem data, og det er den centrale erkendelse for alle lærerstuderende. De får erfaringer med, at maskinen ikke forstår eller erfarer noget - den ved ikke noget. Det sker ved, at de prøver af og gennem brug forstår, at kunstig intelligens ikke kigger på noget, ikke antager noget eller laver hypoteser. Det er ganske vist basal maskinlæring, men også en helt central forståelse for at komme videre med at udvikle AI-literacy.

Konklusion

I dette studie har vi analyseret læreruddanneres omformning af viden gennem tre begreber: omformning/transposition, didaktisk modellering og kontraktskabelse. I eksempel 2 og 3 har vi analyseret undervisning og undervisningsobjekter, som de studerende har afprøvet og givet eksempler på faglige frustrationer, som kommer til udtryk i de studerendes tilegnelse og arbejde med indholdet. Hovedkonklusionen er, at læreruddannerne omformer kompleks, disciplinær viden om kunstig intelligens og maskinlæring fra datalogiske, matematiske og humanistiske domæner til meningsfuldt undervisningsindhold for lærerstuderende. Dette didaktiske arbejde muliggør, at studerende gennem udfoldede teknologididaktiske elementer opnår en begyndende AI-literacy, hvor de kan handle kompetent med AI-teknologier. Studiet viser, at dette lykkes gennem et didaktisk system, der kombinerer analytiske og håndværksmæssige virksomhedsformer med undersøgende og afprøvende designprincipper (jf. figur 1). Studerende engageres i praktiske eksperimenter med små sprogmodeller og teknologier som Meowbit, hvilket bidrager til en forståelse af, at AI bygger på beregninger og sandsynlighed. Studiet viser samtidig at der er udfordringer i arbejdet med kunstig intelligens. Studerendes forventninger er ofte rod-fæstet i mere avancerede kommercielle AI-systemer som ChatGPT, hvilket fører til frustration over de mere enkle modellers begrænsninger. Med det planlagte og afprøvede didaktiske system bliver teknologien tilgængelig for de studerende gennem teknologianvendelse. Det vil på den baggrund være nærliggende at konkludere, at det lykkes at skabe en transformativ tilgang til AI-teknologi. Det perspektiv vil vi drøfte i diskussionen, ligesom vi vil afslutte med en drøftelse af grænserne for didaktisk transponering.

Diskussion

Studiet viser, hvordan læreruddannerne agerer som pionerer og medproducenter af ny viden i arbejdet med kunstig intelligens som indhold. Didaktisk transposition kræver betydelig faglig og tværfaglig viden og indsigt, som ikke kan karakteriseres som omsætning eller tilpasning af

viden, og som er krævende at skulle sætte sig ind i, omforme og videreformidle. Det understøtter kritikken af den såkaldte nedsivnings- eller pipeline-model, som peger på, at der er grænser for transposition, fordi ekstern viden ikke bare siver uproblematisk ned gennem systemer og ind i institutioner, uddannelser og undervisningskontekster (Dolin, 2018). Studiet har vist, at undervisere former en kompleks undervisning, som retter blikket mod forståelse af teknologien gennem kunst, algoritmer, data og sprogmodellernes logikker som et eksempel på, hvordan en teknologididaktik om kunstig intelligens og maskinlæring kan formes. De færdiguddannede lærere skal i fremtiden arbejde med komplekse teknologiske udfordringer og får behov for transformativ kompetencer, så de ikke kun kan bruge kunstig intelligens, men også konstruere viden i samarbejde med maskiner. Udvikling af indhold i dette studie er derfor et bud på undervisning, som kan bidrage til transformation med fokus på virksomhedsformer, designprincipper og et handlende og håndværksmæssigt aspekt. Studiet viser samtidig, at der er grænser for handlende videnformer. Måske kan lærerstuderende ikke kun handle sig til en dybere forståelse af, hvad kunstig intelligens er, måske ligger det transformative potentiale også i at acceptere, at der er grænser for hvilke begreber, der kan abstraheres på en ikke-teknisk uddannelse som læreruddannelsen. Studiet peger derfor på, at der er brug for mere viden om transpositionsprocesser som bidrag til, hvordan kunstig intelligens og maskinlæring kan omformes til god undervisning, så lærerstuderende lærer at undervise i disse vigtige fænomener i skolen.

Referencer

- Akgun, S., & Greenhow, C. (2022). Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings. *AI and Ethics*, 2(3), 431–440. <https://doi.org/10.1007/s43681-021-00096-7>.
- Amiel, T., & Reeves, T. C. (2008). Design-Based Research and Educational Technology: Rethinking Technology and the Research Agenda. *Educational Technology & Society*, 11 (4), 29–40.
- Baker, B., Mills, K. A., McDonald, P., & Wang, L. (2023). AI, Concepts of Intelligence, and Chatbots: The “Figure of Man,” the Rise of Emotion, and Future Visions of Education. *Teachers College Record*, 125(6), 60–84. <https://doi.org/10.1177/01614681231191291>.
- Biesta, G. 2015. What is Education for? On Good Education, Teacher Judgement, and Educational Professionalism. *European Journal of Education*, 50 (1): 75–87. <https://doi.org/10.1111/ejed.12109>
- Bundsgaard, J., Bindlev, S., Caeli, E. N., Pettersson, M., & Rusmann, A. (2019). *Danske elevers teknologiforståelse: Resultater fra ICILS-undersøgelsen 2018*. Aarhus Universitetsforlag. https://unipress.dk/media/16852/9788772190938_danske-elevers-teknologiforstaelse.pdf
- Brousseau, G. (1998) *Theory of didactical situations in mathematics*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

- Caeli, E. N., & Yadav, A. (2020). Unplugged Approaches to Computational Thinking: A Historical Perspective. *TechTrends*, 64(1), 29-36. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00410-5>
- Chevallard, Y. (1989). On didactic transposition theory: Some introductory notes. In HG Steiner & M. Hejny (Eds.), *In Proceedings of the international symposium on selected domains of research and development in mathematics education*, 1, 51-62).
- Chevallard, Y. (2019). Introducing the anthropological theory of the didactic: an attempt at a principled approach. *Hiroshima Journal of Mathematics Education*, 12, 71-114.
- Chevallard, Y. & Bosch, M. (2020). A short (and somewhat subjective) glossary of the ATD. In M. Bosch, Y. Chevallard, F. J. Garcia, & J. Monaghan (Eds.) *Working with the anthropological theory of the didactic in mathematics education: A comprehensive casebook* Routledge.
- Chongtay R. (2018). Computational Literacy skill set - An incremental approach in N. B. Dohn (Eds.), *Designing for learning in a networked world*. Routledge.
- Christensen. I.M.F. Design Principles for integrating computational tools in humanistic subjects. In: Christensen, I.-M.F., Markauskaite, L., Bonderup Dohn, N., Ripley, D., & Hachmann, R. (Eds.). (2024). *Creating Design Knowledge in Educational Innovation: Theory, Methods, and Practice* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003391432>
- Bhatt, I. (2023). Postdigital Literacies. In P. Jandrić (ed.), *Encyclopedia of Postdigital Science and Education*, https://doi.org/10.1007/978-3-031-35469-4_15-1.
- Dakers. J. R. (2016). *Defining Technological Literacy: Towards an Epistemological Framework*. Palgrave-Macmillan.
- Dianova, Vera & Schultz, Mario. (2023). Discussing ChatGPT's implications for industry and higher education: The case for transdisciplinarity and digital humanities. *Industry and Higher Education*. 10.1177/09504222231199989.
- diSessa. A. (2000). *Changing Minds: Computer, Learning and Literacy*. Cambridge Massachusetts: MIT Press.
- Dohn, N. B., Mitchell, R., & Chongtay, R. (red.) (2021). *Computational thinking: Teoretiske, empiriske og didaktiske perspektiver*. Samfundslitteratur. Medier, Kommunikation, Journalistik Nr. 18.
- Dolin, J. (2018). Enkeltfag eller fagintegration i naturfagene? *MONA - Matematik- Og Naturfagsdidaktik*. (4), 7–27. <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/111324>.
- Druga, S., Otero, N., & Ko, A. J. (2022). The Landscape of Teaching Resources for AI Education. In *Proceedings of the 27th ACM Conference on on Innovation and Technology in Computer Science Education*, Vol. 1, pp. 96–102.
- Forsknings- og Undervisningsministeriet. (2023) *Studieordning. Læreruddannelsen*. <https://www.laer Ruddannelsesnet.dk/wp-content/uploads/Studieordning-2023-Faellesdel-15.11.2023.pdf>.
- Goertzel, B. (2014). Artificial general intelligence: Concept, state of the art, and future prospects. *Journal of Artificial General Intelligence*, 5(1).
- Hansen, T. I. (2020). Teknologiforståelse som praktisk klogskab: Om variation og virksomhedsformer i teknologiforståelse som fag. *Unge Paedagoger*, 1(1), 64-73.

- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C., (2019). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Boston, MA: Center for Curriculum Redesign. URL: <http://udaeducation.com/wp-content/uploads/2019/05>
- Ishiguro. K. (2021). *Klara og Solen*. Gyldendal.
- Ishiguro, H., Ono, T., Imai, M., Maeda, T., Kanda, T., & Nakatsu, R. (2001). Robovie: An interactive humanoid robot. *Industrial robot: An international journal*, 28(6), 498–504.
- Iversen, O. S., Smith, R. C., & Dindler, C. (2018). From computational thinking to computational empowerment: A 21st century PD agenda. In *Proceedings of the 15th participatory design conference*. Volume 1 (pp. 1-11).
- Jespersen, M. B., Lorentzen, R. F., P. H. Madsen, Møller. L. D. & Schou. D. V. (2024) *Teknologiforståelse i dansk*. Hans Reitzels Forlag.
- Kress, G.R. (2010). *Multimodality: A social semiotic approach to contemporary communication*. London: Routledge.
- Long, D. & Magerko, B. (2020) What is AI literacy? Competencies and design considerations. In *Proceedings of the CHI conference on human factors in computing systems*. P. 1–16. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>.
- Madsen, O., Møller Pedersen, B og Nygaard, K. (1993) *Object-oriented programming in the beta-programming language*. The Mjølner Systems. Books.
- Lund, A., & Aagaard, T. (2020). Digitalization of teacher education: Are we prepared for epistemic change? *Nordic Journal of Comparative and International Education (NJCIE)*, 4(3-4), 56–71. <https://doi.org/10.7577/njcie.3751>.
- Mills, K. A. (2015). Literacy theories for the digital age: Social, critical, multimodal, spatial, material and sensory lenses. *Multilingual Matters*. (Vol. 45).
- Reeves, T. (2006). Design research from a technology perspective. *Educational Design Research*. 52-66.
- Scott. R. (Instruktør). (1982). *Bladerunner* [Film]. Warner Bros.
- Schneuwly. B., (2023). Non-affirmative school didactics and life-world phenomenology: Conceptualising missing links. In Krogh, E., Qvortrup, A., & Graf, S. T. (2021). *Didaktik and Curriculum in Ongoing Dialogue* (1st udg.). Routledge.
- Selwyn, N., Ljungqvist, M., & Sonesson, A. (2025). When the prompting stops: exploring teachers' work around the educational frailties of generative AI tools. *Learning, Media and Technology*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/17439884.2025.2537959>
- Shamir, G., & Levin, I. (2020). Transformations of computational thinking practices in elementary school on the base of artificial intelligence technologies. In *EDULEARN 20 Proceedings* (pp. 1596-1605).
- Slot, M. F., Rasmussen, H. F., & Kjærgaard, T. (2023). Teknologiforstyrrelser i læreruddannelsens danskfag: - på vej med danskfaglige teknologiforståelser i læreruddannelse. *Tidsskriftet Læring Og Medier (LOM)*, 16 (28). <https://doi.org/10.7146/lom.v16i28.136093>
- Sperling, K., Stenberg, C.-J., Mcgrath, C., Akerfeldt, A., Heintz, F., & Stenliden, L. (2024). In search of artificial intelligence (AI) literacy in teacher education: A scoping review. *Computers and Education*. Published. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100169>. (u.å.).

- Starkey, L. (2019). A review of research exploring teacher preparation for the digital age. *Cambridge Journal of Education*, 50(1), 37–56.
<https://doi.org/10.1080/0305764X.2019.1625867>.
- Strümke, I. (2023). *Maskiner der tænker: Algoritmernes hemmeligheder og vejen til kunstig intelligens*. Politikens Forlag.
- Tiwari, T., Tiwari, T., & Tiwari, S. (2018). How are Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning Radically Different? *International Journals of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*. ISSN: 2277-128X (Volume-8, Issue-2).
- Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59. (236); 433-460.
- UNESCO (2023). *UNESCO AI Competency Framework for Teachers and School Students: A Work in Progress*. Available online: https://liveuclac-my.sharepoint.com/:w:/g/personal/nvmcu_ucl_ac_uk/Ebcn9V8JR8pCrZqm7RJAHAEBVKO9gkp6GpEtXu3uWGJtKw?rtim e=Y9mExmvB20g (accessed on 17 August 2023).
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Williams, R., Park, H. W., Oh, L., & Breazeal, C. (2019). PopBots: Designing an Artificial Intelligence Curriculum for Early Childhood Education. In *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 33(01), 9729-9736. <https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.33019729>
- Winsløw, C. (2012). Matematiklærerprofessionen i et institutionelt perspektiv. *MONA-Matematik-og Naturfagsdidaktik*, (4). 7-22
- Østergaard, C. H. (2022). An inquiry perspective on statistics in lower secondary school in Denmark and Japan—An elaboration and modelling of the anthropological theory of the didactic through two statistics classrooms. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 10(4), 529-546.

Marie Falkesgaard Slot

Docent

Program for læreruddannelsesdidaktik

Institut for Læreruddannelse, KP



Lise Dissing Møller

Lektor

Institut for Læreruddannelse, KP



Camilla Hellsten Østergaard

Lektor, Ph.d.

Institut for Læreruddannelse, KP



Peter Stege Havsager

Lektor, Ph.d.-studerende

Institut for Læreruddannelse, KP



Erica Minuz

Adjunkt, Ph.d.

Institut for Læreruddannelse, KP



Sofie Ol Winkler

Lektor

Institut for Læreruddannelse, KP

