

Maskinlæring i folkeskolen

– fra tekniske til teknologikritiske kompetencer



Elisa Nadire Caeli, DPU,
Aarhus Universitet



Sine Zambach, CBS



Cecilie Svane Pedersen,
Aalborg Universitet og
DPU, Aarhus Universitet



Jeppe Bundsgaard, DPU,
Aarhus Universitet



Morten Misfeldt, IND,
Københavns Universitet

Abstract: I artiklen formidles de første resultater fra et treårigt forskningsprojekt der har til hensigt at undersøge udskolingselevens udvikling af forståelsen af kunstig intelligens. Specifikt har vi gennemført en pilotafprøvning af dele af et naturfagligt teknologiforståelsesforløb hvor elever i grupper skulle designe deres egen maskinlæringsmodel og -app. Udgangspunktet var et bredt perspektiv på teknologiforståelse som et samspil mellem tekniske kompetencer, designkompetencer og teknologikritiske kompetencer. På trods af dette peger vores første erfaringer på udfordringer i forhold til at gå fra et praksisniveau til et mere reflekterende niveau. I artiklen diskuteres denne problemstilling og hvad det betyder for fremtidig forskning.

Introduktion og baggrund

En stigende udvikling af maskinlæringsteknologier og i børns interaktion med dem fordrer at børnene som en del af deres almene uddannelse lærer at forstå hvordan teknologierne virker samt påvirker dem selv og samfundet (Caeli, 2021). En sådan forståelse anser forfatterne bag denne artikel som nødvendig i dag for at folkeskolen kan leve op til dens formål om at “forberede eleverne til deltagelse, medansvar, rettig-

heder og pligter i et samfund med frihed og folkestyre” samt give dem mulighed for at udvikle “baggrund for at tage stilling og handle” (folkeskoleloven, kapitel 1, § 1, 2024).

Den danske regering argumenterer for at børn og unge tidligt i livet skal “opbygge digitale kompetencer og forståelse for digital teknologi”, og at de skal “lære at forholde sig kritisk og konstruktivt til de digitale teknologier der fylder stadig mere i vores samfund” (Regeringen, 2022). Danmarks nyeste digitaliseringsstrategi består bl.a. også af en indsats hvor “Regeringen vil indføre teknologiforståelse som faglighed og selvstændigt valgfag i folkeskolen, så folkeskolens undervisning i højere grad kommer til at afspejle et digitaliseret samfund, som i vid udstrækning baserer sig på teknologi” (Regeringen, 2023a). På den baggrund er det i *Aftale mellem regeringen (Socialdemokratiet, Venstre og Moderaterne) og Liberal Alliance, Det Konservative Folkeparti, Radikale Venstre og Dansk Folkeparti om folkeskolens kvalitetsprogram* blevet besluttet at indføre faget som en obligatorisk del af udvalgte eksisterende fag fra 2027/28, og derudover skal det udbydes som et nyt valgfag i 7.-8. klasse (Børne- og Undervisningsministeriet, 2024). For at undervisningen i teknologiforståelse kan afspejle samfundet, involverer dette i høj grad også forståelse for maskinlæringsmodeller – et begreb, som forklares i det følgende.

Om maskinlæring

Maskinlæring er den gren af kunstig intelligens der handler om databaseret træning af modeller til bl.a. at hjælpe med at forudsige (prædiktere) udfald med klassifikation, anbefale indhold eller generere nyt indhold. Rent praktisk bruges det til bl.a. automatisk diagnosticering af hudkræft, ansigtsgenkendelse og selvkørende biler (Krizhevsky et al., 2017; Goodfellow et al., 2016) samt ikke mindst til generativ kunstig intelligens (*GenAI*) der ligger bag de sprogmodeller som fx ChatGPT bruger (Vaswani et al., 2017). Det er også maskinlæring der ligger bag anbefalingsalgoritmer på mange af de sociale medier de fleste elever bruger, herunder TikTok, Snapchat og Instagram.

Maskinlæringsmodeller er baseret på træningsdata, eksempelvis billeder, tekster eller lyd, frem for regler. Denne form kaldes subsymbolsk kunstig intelligens frem for regelbaseret eller symbolsk kunstig intelligens der var den fremherskende frem til omkring 1980'erne (Bolander, 2019; Hansen, 2021). En datatype kan også være adfærdsdata som klik, likes eller antal minutter man er på et site – fx på sociale medier som de ovennævnte. Her bruges maskinlæring således til at anbefale indhold som reklamer, videoer eller “posts” til brugeren ud fra brugerens tidligere adfærd (Hansen, 2021).

Maskinlæringsalgoritmer er typisk gode til at genkende komplicerede mønstre. Dette gør dog også at det kan være svært at gennemskue hvorfor en model netop giver dén klassifikation eller anbefaling – herunder hvorvidt en model reelt repræsenterer virkeligheden (*bias*). Mønstre i adfærd anvendes yderligere ofte af teknologivirksomheder bag sociale medier og andre digitale tjenester til at fastholde vores

opmærksomhed, præsentere os for ensidigt indhold og anspore eller manipulere os til en bestemt adfærd (Mehlsen, 2024).

Projektets relevans

Teknologiuddannelse har været i fokus de seneste år gennem arbejdet med forsøgsfaget teknologiforståelse, med det argument at alle elever skal udvikle forståelse for den måde digitale teknologier anvendes på i samfundet (Caeli, 2021; Undervisningsministeriet, 2019). Forskere peger på at elever i dag ikke besidder en sådan forståelse. Fx pointerer Long og Magerko (2020) at elevers forståelse for kunstig intelligens, herunder maskinlæring, ofte er begrænset. Van Mechelen et al. (2022) forklarer at nye digitale teknologier er komplekse og dermed svære at forstå. Da børns brug af og eksponering for nye teknologier er steget i de seneste år, argumenterer de for vigtigheden af at "børn bevæger sig ud over passivt forbrug for at udvikle de kompetencer og den kritiske forståelse de har brug for til at kunne maksimere de fordele og muligheder som disse teknologier tilbyder nu og i fremtiden, samtidig med at eksponeringen for risici og potentiel skade begrænses" (Van Mechelen et al., 2022, s. 5, vores oversættelse). I et review konkluderer de at nye teknologier kun indgår i en brøkdel af den undervisning der omhandler digitalisering og digital teknologi, og at en stor andel af undervisningsaktiviteterne på området for børn og unge slet ikke eller kun i utilstrækkelig grad er integreret i skolemiljøer eller curricula.

Der findes indsatser såsom onlinekurset *Elements of AI* (<https://course.elementsofai.com/da/>), men kurset er ikke målrettet folkeskoleelever, og det er ikke sat ind i en for folkeskoleelever meningsfuld didaktisk ramme. I en dansk kontekst findes på tekforsøget.dk en række forløb der blev anvendt i det nævnte forsøgsfag, men der findes kun få læremidler med fokus på maskinlæring og ingen til biologi, som er fokus for dette forløb. På baggrund af ovennævnte review konkluderer forfatterne at "der er et presserende globalt behov for forskning i tilgange til hvordan man kan lære børn om digital teknologi, digitalisering og, på det seneste, nye teknologier som AI, ML, IoT, AR og VR¹ som børn i stigende grad udsættes for" (Van Mechelen et al., 2022, s. 31, vores oversættelse).

I et andet review af undervisning i maskinlæring i grundskolen og på ungdomsuddannelserne konkluderer forfatterne (Sanusi et al., 2022, s. 5967, vores oversættelse) at "der er behov for yderligere studier af hvordan maskinlæring kan integreres i andre fag end tekniske fag". Yderligere argumenterer de for at lægge vægt på "samfundsmæssige aspekter, herunder etik" (s. 5988). De understreger vigtigheden af at børn kommer til at forstå etiske og samfundsmæssige konsekvenser ved teknologier og "ikke kun ser kunstig intelligens som et værktøj" (s. 5988). Derfor foreslår de at der

1 Forkortelserne står for artificial intelligence, machine learning, internet of things, augmented reality og virtual reality.

udvikles og udforskes flere ressourcer der giver børn mulighed for at “begynde at forstå konsekvenserne af kunstig intelligens-teknologier som de interagerer med i deres hverdag” (Sanusi et al., 2022, s. 5988).

I denne artikel formidler vi de første delresultater fra et treårigt forskningsprojekt (2023-2025) der på baggrund af ovenstående har til formål at undersøge følgende:

Hvordan kan udskolingselever udvikle forståelse for brug af kunstig intelligens i naturfaglige sammenhænge, herunder blive i stand til at forstå og tage kritisk stilling til virkelig brug af maskinlæringsmodeller samt deltage ansvarligt i udviklingen?

Specifikt præsenterer og diskuterer vi resultaterne fra et pilotforløb vi udviklede og gennemførte i foråret og sommeren 2023, herunder samspillet mellem tekniske aspekter, designaspekter og teknologikritiske aspekter af teknologiforståelse.

I det følgende afsnit redegøres for vores forskningsdesign, herunder metodiske og metodologiske valg samt fremgangsmåde.

Forskningsdesign

I nærværende pilotprojekt har vi udviklet og gennemført et forløb hvor elever i slutningen af 6. klasse i sommeren 2023 skulle lave en maskinlæringsmodel der kunne “genkende” billeder og klassificere dem. Formålet var at eleverne skulle udvikle en begyndende forståelse for kunstig intelligens, herunder hvordan maskinlæring anvendes i den virkelige verden, samt at de skulle blive i stand til at tage kritisk stilling til brugen af sådanne modeller. Forløbet præsenteres yderligere i afsnittet “Design af forløb”.

Metode

Metodisk kombinerede vi to forskellige forskningstilgange: aktionsforskning og designbaseret forskning. Med udgangspunkt i Klafki (2016) valgte vi at indtage “en position, hvor forskning og praktisk reformarbejde opbygger et umiddelbart, gensidigt samvirke”, for at skabe mindre distance til det område vi undersøger. Dermed var det “afgørende, at der udvikles et direkte samarbejde mellem forskerne og ‘praktikerne” (Klafki, 2016), i dette tilfælde lærerne.

Samtidig med at vi gjorde brug af metodiske elementer fra aktionsforskning i vores samarbejde og organisering, anvendte vi en designbaseret tilgang til at udvikle undervisningen. Barab og Squire (2004) forklarer at designbaseret forskning “indebærer fleksibel revidering af designet som indledende er foreløbigt, men som revideres afhængigt af dets succes i praksis” (s. 4, vores oversættelse). Ligeledes søger man at involvere de forskellige deltagere (i vores tilfælde lærerne og eleverne) “for at bringe

deres forskellige ekspertise ind i udviklingen og analyserne af designet” (s. 4, vores oversættelse).

Inden design af forløbet kortlagde vi elevernes kompetencer på området gennem fokusgruppeinterviews med den deltagende klasse, for på den måde at få et bedre grundlag at planlægge forløbet ud fra. Under forløbet observerede vi dele af undervisningen ved hjælp af et observationsskema inddelt i tre aspekter af teknologiforståelse: tekniske aspekter, designaspekter og teknologikritiske aspekter. Disse aspekter forklares i det følgende. Derudover tog vi noter samt havde uformelle samtaler og interviews med eleverne om deres forståelse.

Nærværende pilotforløb indeholdt delelementer af det endelige undervisningsdesign som således er blevet afprøvet i praksis og er i gang med at blive revideret til første iteration af hovedforløbet.

Deltagere

Oprindeligt var der planlagt to iterationer af forløbet (forløb 1 og forløb 2). Nærværende pilotforløb opstod således som en ekstra mulighed tidligt i projektperioden for at afprøve dele af de elementer vi påtænkte skulle indgå i vores forløb 1.

Muligheden opstod i en 6.-klasse hvor målgruppen for forløbet er udskoling, dvs. 7.-9. klasse. Det betød også at forløbet blev gennemført i natur/teknologi frem for biologi, som eleverne først får i 7. klasse. Vi valgte faget biologi (og altså her natur/teknologi) da maskinlæring har været anvendt i mange år i naturfaglige kontekster – fx inden for sundhed og miljø. Derfor så vi muligheder for at arbejde med virkelighedsrelaterede emner og meningsfulde visuelle klassificeringer – frem for eksempelvis at lære en model at kende forskel på en cykel og en bil uden yderligere mening end dét. Forløbet vil dog også kunne relateres til andre fag.

På trods af en let afvigelse i målgruppe og fag vurderede vi alligevel at det ville kvalitetsforbedre forløbet at gribe muligheden for en ekstra afprøvning af elementer i forløbet, frem for ikke at gøre det. Med en gennemførelse i foråret/sommeren var der desuden blot få måneder til at eleverne reelt var udskolingselever.

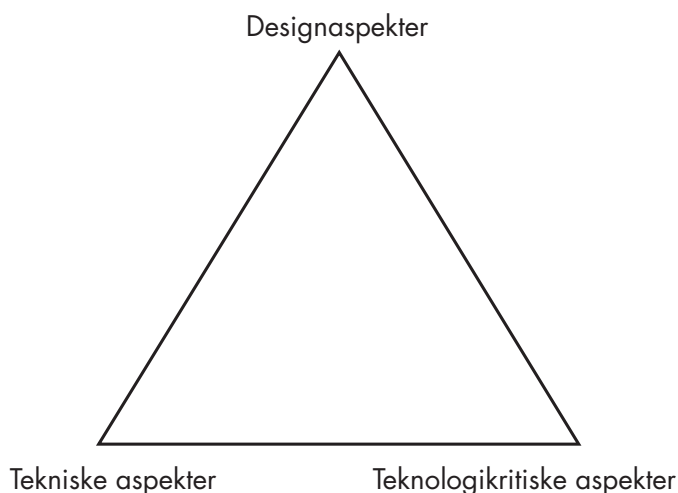
Undervisningen blev delvist varetaget af klassens egne lærere, delvist af os som forskere. For at tydeliggøre pilotforløbets rolle betegner vi denne iteration som forløb 0.

Design af forløb

Didaktiske overvejelser

Som en væsentlig del af forløbet var det formålet at eleverne skulle udvikle forståelse og kritisk stillingtagen, specifikt beskrevet som “blive i stand til at forstå og tage kritisk stilling til virkelig brug af maskinlæringsmodeller samt deltage ansvarligt i udviklingen”. Med andre ord ønskede vi at bevæge os videre fra et rent teknisk og

praktisk niveau til et refleksionsniveau. Vi byggede forløbet på argumenter for at teknologiforståelse består af både tekniske kompetencer, designkompetencer og teknologikritiske kompetencer (Caeli & Bundsgaard, 2020), illustreret nedenfor.



Figur 1. Tre aspekter af teknologiforståelse (revideret ud fra Caeli & Bundsgaard, 2020).

Modellen er revideret ud fra Caeli & Bundsgaard (2020) der argumenterer for at design- og programmeringsinitiativer som hidtil har fyldt mest i skolen på teknologiforståelsesområdet, ikke er nok. Eleverne skal også blive i stand til “at tage stilling til både de muligheder og de farer, der er ved automatisering ...” De “skal udvikle forståelse for, hvordan systemer virker, og blive i stand til i et større perspektiv at diskutere moralske dilemmaer og konsekvenser ved de valg, en designer træffer i udarbejdelsen af en algoritme” (Caeli & Bundsgaard, 2020, s. 324).

Yderligere byggede vi vores forløb på en teori om at eleverne skulle arbejde med autentiske problemstillinger for på den måde at få begyndende erfaringer med hvordan man designer software i virkeligheden. De skulle udvikle tekniske kompetencer som en del af deres designproces når det gav mening i konteksten. Vi havde en hypotese om at denne form for undervisning ville gøre det nemmere at udvikle teknologikritiske kompetencer, dvs. fx tale om etiske dilemmaer, eftersom eleverne på den måde havde en konkret kontekst at tale ud fra. Derfor gjorde vi brug af elementer fra en scenariedidaktisk tilgang hvor eleverne skulle løse et reelt samfundsrelevant problem og derigennem blev introduceret til “videns- og praksisformer, som udfolder sig i relevante domæner uden for skolen” (Hanghøj m.fl. (red.), 2017, s. 55), og “som samtidig lever op til de faglige mål for det pågældende fag” (Hanghøj m.fl. (red.), 2017, s. 16) – i denne kontekst naturfag.

Scenariedidaktik beskrives som “omverdenens praksisformer i undervisning” (Hanghøj m.fl. (red.), 2017). Tanken er bl.a. at scenarier i undervisningen kan støtte eleverne i at

koble praksisser i skolen med virkelige praksisser. Læringsteoretisk bygger scenariedidaktik bl.a. på Dewey der beskriver hvordan vi mennesker i vores bevidsthed gennemløber dramatiske gennemspilninger når vi træffer komplekse beslutninger (Hanghøj m.fl. (red.), 2017, med reference til Dewey, 1922; Hanghøj, 2008). Skole og samfund er i denne tænkning ikke adskilte modsætninger: Skolen bør derimod være en del af samfundet. Scenariebegrebet tager teoretisk "afsæt i, at scenarier kan forstås som *narrativer*" (Hanghøj m.fl. (red.), 2017, s. 12), og at narrative virkemidler kan anvendes til at skabe meningsfulde sammenhænge der kan inddrages i skolen. I udviklingen af undervisning vil man fra et scenariedidaktisk perspektiv tage udgangspunkt i et eller flere dannelsesorienterede mål og derefter "undersøge, hvilke konkrete typiske situationer, eller scenarier, vi møder, hvor disse dannelsesmål er aktuelle" (Hanghøj m.fl. (red.), 2017, s. 13).

Undervisningsforløbet

Overordnet designede vi et forløb hvor eleverne skulle udvikle en maskinlæringsmodel der kunne "genkende" billeder og klassificere dem i programmet Machine Learning for Kids (<https://machinelearningforkids.co.uk>). Eleverne skulle selv hente data, dvs. i dette tilfælde tage en række billeder som en maskine kunne "lære" at genkende, og de skulle arbejde med forskellige samfundsrelevante naturfaglige scenarier. Fx skulle de i grupper arbejde med at lave en maskinlæringsteknologi der kunne klassificere affald. Med billeder af affald kunne de fx arbejde med at lave en model der ville kunne hjælpe med affaldssortering. I vores planlægningsfase havde vi mange idéer oppe at vende i forhold til scenarier der ville kunne danne grobund for elevernes teknologikritiske refleksioner, herunder identifikation og klassifikation af hudtype gennem billeder af hud (fx til anbefaling af tilstrækkelig solfaktor), identifikation af rygere gennem billeder af fingre og/eller tænder (fx til forsikringssekskabers beregning af pris på sundhedsforsikring) samt identifikation af kropsstilling gennem billeder af den måde man sidder og går på (fx til at anbefale mere hensigtsmæssige kropsstillinger). Fælles for disse eksempler var at de rejste nogle etiske spørgsmål hvis eleverne skulle tage billeder af sig selv og/eller andre til en maskinlæringsmodel med disse formål. Eksemplerne ville dog godt kunne bruges til at samtale teknologikritisk med eleverne om netop problematisk brug af data.

I forløbet skabte vi grundlag for debatter om etik, databeskyttelse, fejl i algoritmen, overtræning osv. Undervejs havde vi en hypotese om at eleverne ville støde på former for problemer vi også finder i virkeligheden i dag – fx biased data hvis de eksempelvis kun tog billeder af bestemte former for affald. Dette ville i så fald kunne anvendes i diskussioner om etisk ansvarlig udvikling hvor eleverne således ville have konkrete erfaringer at relatere til.

Målet var at elevernes arbejde skulle danne grundlag for en forståelse der kunne perspektiveres til omverdenen (jf. naturfagenes kompetenceområde perspektivering), herunder hvordan software bygget på maskinlæring virker i samfundet. Det kunne

fx være en forståelse for hvordan maskinlæring kan hjælpe med at identificere sygdomme i tidligere stadier end uden denne teknologi eller hjælpe landmænd til at vurdere deres jords egnethed til bestemte afgrøder.

Eleverne skulle udbygge deres model ved at programmere en app ved brug af MIT App Inventor som er et visuelt programmeringsmiljø der giver mulighed for at bygge fuldt funktionelle apps (<https://appinventor.mit.edu/about-us>). På den måde formodede vi at eleverne ville komme dybere i deres tekniske forståelse, da programmeringselementer ville blive inddraget.

Som udgangspunkt for elevernes arbejde ville vi bl.a. aktivere deres forståelse for maskinlæring gennem dialog om maskinlærings-apps de selv bruger – fx hvordan apps som TikTok og Instagram anvender maskinlæring til at udvælge det der bliver vist i deres feed. Og i den mere naturfaglige ende: hvordan apps som fx PictureThis gør det muligt nemt at skelne mellem forskellige planter.

Læringsmål

Før forløbet kortlagde vi elevernes kompetencer på området gennem to fokusgruppeinterviews med i alt seks elever fra den deltagende klasse med udgangspunkt i tre temaer: 1) forståelse for hvad maskinlæring er, 2) forståelse for samspillet mellem natur/teknologi og maskinlæring og 3) kritisk stillingtagen til brug og ansvarlig udvikling af maskinlæring i samfundet. Formålet var at få et bedre grundlag at planlægge forløbet ud fra. Vi fandt ud af at de deltagende elever generelt ikke tænkte i særlig høj grad over hvad deres data bliver brugt til, men de syntes det er "sygt" at nogle programmer ved så meget om dem som de gør, fx hvor de befinder sig. De ville gerne vide hvordan programmerne virker, fx hvordan TikTok ved hvad man ikke gider at se. Samtidig med at de syntes målrettet indhold er smart, havde de også en fornemmelse af at det ikke er så smart, og de syntes ikke det er okay hvis de tager ens oplysninger. I den mere naturfaglige ende udviste eleverne ingen viden om hvordan eller om maskinlæring bliver anvendt i samfundet.

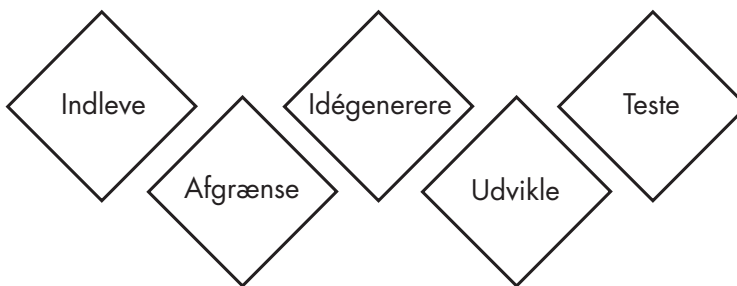
Med baggrund i projektets formål samt elevernes begrænsede forhåndsviden om temaet udviklede vi følgende læringsmål:

- I ved hvad maskinlæring er.
- I ved hvordan maskinlæring kan anvendes i virkeligheden.
- I kender både muligheder og konsekvenser ved brug af maskinlæring i virkeligheden.
- I kan tage stilling til nogle af de etiske dilemmaer der kan være forbundet med brug af maskinlæring.
- I har udviklet og testet jeres egen maskinlærings-app der kan løse et virkeligt problem for mennesker.

Disse mål var sat ind i en naturfaglig ramme i kraft af de scenarier eleverne arbejdede med.

Designmodel

Forløbet blev som nævnt planlagt som en designproces. Vi tog udgangspunkt i følgende designmodel, udviklet på innovationsenhederne Katapult og TEACH på Københavns Universitet, som vi har erfaring med fra et tidligere designforløb (Caeli & Dybdal, 2020).



Figur 2. Designmodel fra <https://innovation.sites.ku.dk/model/design-thinking/> – egen oversættelse.

Designmodellens faser præsenterede vi for eleverne på følgende måde:

- **Indleve:** I denne fase skal I sætte jer ind i det problem I skal løse, og forsøge at forstå brugernes hverdag. Hvad kan hjælpe brugerne af jeres løsning?
- **Afgrænse:** I denne fase skal I afgrænse jeres problem ud fra den viden I fik fra indlevelsfasen. Hvad skal jeres app præcis kunne (og ikke kunne)?
- **Idégenerere:** I denne fase skal I komme med idéer til løsningen på jeres problem. Hvilke funktioner skal jeres app have?
- **Udvikle:** I denne fase skal I udvikle jeres app. Først skal I udvikle jeres maskinlæringsmodel i Machine Learning for Kids og træne modellen. Dernæst skal I udvikle jeres app i MIT App Inventor.
- **Teste:** I denne fase skal I teste – gerne med rigtige brugere – om jeres app virker som den skal. Det kan lede til at I skal tilbage til nogle af de tidligere faser og justere disse. Herefter tester I appen igen. I bliver ved med at bevæge jer gennem de forskellige faser indtil appen virker som tiltænkt.

Overordnet undervisningsplan

Forløbet blev gennemført over fire dage og i alt 18 lektioner. Dag 1 og dag 2 blev gennemført af klassens egne lærere og bestod af fire lektioner med introduktion til

forløbet og øvelser i Machine Learning for Kids samt fire lektioner med øvelser i MIT App Inventor. Lærerne havde ikke kendskab til de to programmer på forhånd og var forud for forløbet blevet undervist i denne del af os, bl.a. gennem onlineundervisning og gennem videotutorials. Som nævnt havde vi i dette pilotforløb ikke mulighed for i så høj grad som ønsket at udvikle undervisningsdesignet med lærerne, så vi introducerede dem i højere grad til undervisningsplan og -slides frem for at inddrage dem.

Dag 3 og dag 4 blev gennemført og observeret af os og bestod dels af seks lektioner med videre introduktion, diskussion samt øvelser, dels af fire lektioner med træning af deres maskinlærings-apps og præsentation til et event.

Resultater og analyser

Det overordnede mål med forløbet var at eleverne skulle udvikle en begyndende forståelse for kunstig intelligens i naturfaglige sammenhænge, herunder brugen af maskinlæring i verden, og at de skulle blive i stand til at tage kritisk stilling til brugen af maskinlæring. Dette planlagde vi at gøre gennem et forløb i faget biologi² hvor eleverne skulle designe løsninger på virkelighedsnære problemer såsom sortering af affald. De skulle udvikle kompetencer i et samspil mellem tekniske aspekter, designaspekter og teknologikritiske aspekter, jf. figur 1.

På trods af vores fokus på dette i både planlægningen og gennemførelsen af projektet udeblev refleksionsniveauet i høj grad. Eleverne udviklede begyndende tekniske kompetencer og til dels designkompetencer, men de udviklede kun i ringe grad refleksionskompetencer, herunder det vi i figur 1 benævner teknologikritiske kompetencer. Dette udledte vi af tre forskellige datakilder³: 1) observationer af undervisningen i kombination med feltnoter, 2) samtaler og interviews med elevgrupper samt 3) evaluering af forløbet med lærerne. Resultaterne uddybes i det følgende.

Observationer og feltnoter

Af praktiske årsager observerede vi kun på dag 3 og dag 4 hvor vi også selv stod for undervisningen. Vi var to til stede i undervisningen: En af os underviste, og den anden observerede med udgangspunkt i et observationsskema inddelt i de tre fokusområder: tekniske aspekter, designaspekter og teknologikritiske aspekter.

Tabel 1 viser skemaet med eksempler på udfyldte felter.

2 I nærværende pilotforløb dog i natur/teknologi som tidligere beskrevet. Da forløbet er designet til at kunne omfatte forskellige problemstillinger, har dette ikke betydning for vores resultater og brug til videreudvikling.

3 I det følgende gengiver vi ikke data i deres fuldstændige form. Data fra observationer og elevsamtaler samt evaluering med lærerne er skrevet i noteform og efterfølgende diskuteret i forskergruppen op mod de tre kategorier af teknologiforståelsesaspekter samt formålet med forskningsforløbet. Vi giver derfor blot eksempler på datakilderne.

Tabel 1. *Observationsskema med eksempler på udfyldte felter.*

Tekniske aspekter	Designaspekter	Teknologikritiske aspekter
En elev opdager en fejl i koden og relaterer det til noget han også har prøvet i et computerspil han spiller.	Affaldssortering – har lavet grupper af forskelligt affald (tekstiler, farligt affald, mad, papir, pap, glas, metal, mad/drikkekartoner, plast)	Vi når aldrig ind på nogle af de emner der findes inden for det teknologikritiske. Alt fokus er på det tekniske og designfasen, og det er tydeligt at det kræver meget tid at få alle grupper med. Både rent teknisk og også i forhold til elevernes forståelse.

Derudover skrev vi overordnede feltnoter på baggrund af observationer af henholdsvis gruppearbejde og diskussioner i plenum.

Eksempelvis skrev vi feltnoter på baggrund af observationer af grupperne hvor vi fx noterede os følgende: “To tremandsdrengegrupper er lidt bagud og viser ikke den store interesse. Vi får dem i gang med et emne, men de har svært ved at forstå hvilket emne de kan bruge, og hvilket emne de ikke kan bruge.” Og vi skrev noter der havde mere fokus på forståelse af maskinlæring, fx: “Eleverne forstår sammenhængen når de forbinder til AI Companion – det er dér det går op for dem at det de har lavet på computeren, kan fungere på telefonen.”

Gennem data fra observationsskemaet samt feltnoter kunne vi udlede at tekniske aspekter og designaspekter tids- og indholdsmæssigt fyldte mere i undervisningen end teknologikritiske aspekter. Således havde eleverne fx tekniske udfordringer med adgang til deres Machine Learning for Kids-kontoer og udfordringer med fejl i deres koder samt med antal kategorier i deres modeller. Generelt brugte de også forholdsvis meget tid på at lære at bruge værktøjerne, dvs. Machine Learning for Kids og MIT App Inventor.

Nogle designfaser fik mere opmærksomhed end andre. Mest tid gik med teknisk udvikling. Testfasen havde overvejende et teknisk perspektiv (“Virker vores app?”) frem for et eksempelvis brugerinteragerende perspektiv der kunne have skabt mere kritiske refleksioner (“Vil og kan brugere anvende vores app?”).

Selvom vi snakkede med eleverne om teknologikritiske elementer, var hovedfokus på at bygge koderne. Vi anså det for vigtigt at eleverne forstod kodeelementerne og hvad de hver især kunne, hvilket var både tidskrævende og udfordrende.

På trods af vores holistiske tilgang til forløbet, herunder en bred tilgang til teknologiforståelse som mere end tekniske kompetencer, kan vi udlede at det ikke lykkedes os at skabe det ønskede samspil mellem de tre aspekter: teknik, design og teknologikritik.

Samtaler og interviews med eleverne

I samtaler og interviews med eleverne blev en manglende forståelse for deres modeller også tydelig. Begge dele foregik ustruktureret, men udgangspunktet var følgende spørgsmål:

- Hvordan forstår I maskinlæring?
- Hvad kan jeres model?
- Hvordan tror I programmet lykkedes med det?
- Var der nogle problematikker undervejs? Hvilke?
- Har I nogle tanker om de data I har givet programmet?
- Var der noget af det I lavede, som fik jer til at tænke på det på en anden måde?
- Tænker I at I kan bruge maskinlæring til noget i den virkelige verden?

På spørgsmålet om hvordan en gruppe troede at deres model kunne sortere (i deres tilfælde tøj), svarede de: "Det gør den vel bare, det er jo en app." En anden gruppe, hvis model kunne sortere skrald, var mere reflekterede i deres svar. De forstod at appen virkede fordi de havde trænet den, og at den ikke vidste noget hvis ikke de havde gjort det. Det var altså ikke magi. De manglede dog perspektiv i forhold til at det ville kunne bruges til noget i den virkelige verden, da alle jo godt ved hvad affald er: "Man kan jo godt se forskel på skrald." Dog reflekterede de over at skraldemænd måske ville kunne bruge det. Det manglende perspektiv fremgik også af præsentationen af deres app hvor et af gruppemedlemmerne forklarede: "Min gruppes app kan kende forskel på skrald. Jeg er ikke helt sikker på hvor den kan bruges endnu." En tredje gruppe demonstrerede på lignende måde at de godt vidste at det var dem der havde fået deres app til at virke: at mennesket skal til før teknologien kan virke.

I forhold til de teknologikritiske aspekter befandt eleverne sig overvejende på et niveau hvor de kunne reflektere over de apps vi gennem indledende samtale havde diskuteret med dem. En elev pointerede fx: "Snapchat kan finde hvor jeg bor – det er lidt mærkeligt. [...] Jeg synes det er mærkeligt at den ved hvor jeg bor, og irriterende at My AI [Snapchats forholdsvis nye AI-chatbot] ikke kan slettes." En anden udtalte i relation til TikTok at "det er ubehageligt hvis der er nogle der følger med". Når de blev spurgt til det, reflekterede de en anelse over de data de havde givet til deres egen app: "Man skal nok tænke over det – men hvis det ligger på nettet, fx et billede, er det vel for alle."

Overordnet viste eleverne i meget lav grad tegn på at have udviklet teknologikritiske kompetencer i relation til den app de havde lavet. Deres refleksioner var løsrevne fra konteksten. De refererede til eksempler vi havde givet dem og talt med dem om, som eksempelvis TikToks brug af data, og dermed var de heller ikke naturfaglige, hvilket ellers var formålet.

Evaluerings med lærerne

I vores afsluttende evaluering med lærerne diskuterede vi hvordan man kunne hæve niveauet fra teknik til teknologikritik. Deres opfattelse var at eleverne var hurtige til at bruge teknologien og forstå hvad de skulle, men at de samtidig var ubevidste om

hvad de satte i værk. De lavede “mere eller mindre bevidstløst” opgaverne uden at tænke nærmere over hvad det var de var i gang med, og hvad det kunne bruges til. Mange accepterede blot opgaverne uden at stille spørgsmål. Det ville ifølge lærerne kræve meget arbejde med dem at nå refleksionsniveauet – også i lærergruppen hvor de så det som en stor opgave også at klæde underviserne på. I nærværende forløb kom de i situationer også selv til kort. Specifikt var Machine Learning for Kids ikke problematisk, og kodesproget til MIT App Inventor var ikke svært at forstå, men det var svært for dem at få det sat rigtigt sammen teknisk så det kom til at fungere med den vejledning de havde fået af os. I relation hertil nævnte de at det måske kunne være givende for samspillet mellem teknik og refleksioner hvis en naturfaglig lærer (fx matematiklæreren) arbejdede sammen med en humanistisk lærer (fx dansklæreren).

Forløbet syntes de overordnet var godt “skruet sammen”, og det scenariedidaktiske gav god mening. Der var noget godt i at de “selv fik fingrene relativt hurtigt ned i bolledejen” for på den måde at kunne danne god grobund for at kunne tage næste skridt og snakke om sammenhænge. I den forbindelse savnede de flere eksempler på hvor disse teknologier er – og hvor de er relevante – i deres liv. De foreslog at gøre mere ud af at finde virkelige paralleller til det samme som eleverne arbejdede med, for at sænke abstraktionsniveauet. Derudover foreslog de at lave en lettere overgang til MIT App Inventor-delen (eksempelvis færdige kodesnippets) så der blev frigivet tid fra det tekniske til det teknologikritiske.

Konklusion

I dette projekt har vi præsenteret design og analyser af et forløb der havde som formål at eleverne udviklede en begyndende forståelse for kunstig intelligens, herunder hvordan maskinlæring anvendes i virkeligheden i verden, samt at de blev i stand til at tage kritisk stilling til brugen af sådanne modeller.

Vi designede delvist forløbet med udgangspunkt i scenariedidaktik og med et bredt syn på teknologiforståelse som et samspil mellem udvikling af tekniske kompetencer, designkompetencer og teknologikritiske kompetencer. Eleverne skulle udvikle og teste deres egen maskinlærings-app som kunne løse et virkeligt problem for mennesker. Vi havde en hypotese om at arbejdet med et virkelighedsnært scenarie ville bidrage til at eleverne bedre kunne udvikle deres teknologikritiske kompetencer med en reel kontekst at reflektere med udgangspunkt i.

Dette skete dog kun i lav grad. Godt nok kunne eleverne tale en smule med om behandlingen af deres data på eksempelvis TikTok og Snapchat – de syntes fx det var irriterende at appsene kunne “følge med” – men de manglede perspektiv i forhold til de projekter de var i gang med. De tekniske kompetencer og designkompetencer de udviklede, blev ikke koblet sammen med teknologikritiske kompetencer. Både fordi

abstraktionsniveauet syntes for højt for målgruppen, og fordi forståelsen for deres problemstilling manglede. Derfor nåede vi ikke op på et refleksionsniveau, og de tekniske aspekter kom til at fylde.

På denne baggrund kan vi altså konkludere at eleverne *ikke* udviklede den form for forståelse for brug af kunstig intelligens som var hensigten. Alligevel (og måske netop derfor) ser vi erfaringerne, formidlet gennem nærværende artikel, som et vigtigt bidrag til den didaktiske forskning på feltet – specifikt *hvordan* elever i udkolingen kan udvikle en kritisk teknologiforståelse for maskinlæring i tværfaglige sammenhænge – ligesom vi gennem et iterativt forskningsdesign nu har mulighed for at videreudvikle og altså forbedre forløbet. Mere herom i det følgende.

Videre forskning

Erfaringerne fra forløb 0 tages med over i designet af forløb 1 som forventes gennemført i foråret 2024 i to udkolingsklasser. De foreløbige overvejelser går på at fokusere skarpere på det aspekt af teknologiforståelse vi i figur 1 benævner teknologikritik, eftersom målet med forløbet er forståelse. Det betyder at vi vil skære ned på den tekniske del.

Konkret planlægger vi således at eleverne skal bruge færdig kode til at overføre deres maskinlæringsmodel til en app i MIT App Inventor – dog under den forudsætning at de på forhånd har arbejdet med mindre øvelser i MIT App Inventor for at opnå en vis forståelse for hvordan de selv kan programmere en app til at virke på bestemte måder. Det betyder også at vi planlægger at nedtone designaspektet, herunder farverne i designmodellen. For i højere grad at anspore eleverne til at samtale om reelle teknologikritiske problemstillinger planlægger vi at inddrage en række arbejdsark.

I forhold til lærerkvalifikationer gælder det også at vi i forløb 0 underfokuserede på teknologikritiske aspekter. Vi antog at lærerne kunne iværksætte teknologikritiske diskussioner med eleverne uden vejledning, og således omhandlede lærervejledningen overvejende teknisk “uddannelse”. Vi anser det fortsat for vigtigt at lærerne teknisk kender og kan anvende de værktøjer eleverne skal anvende i forløbet, men på baggrund af vores erfaringer vil der i forløb 1 yderligere indgå vejledning i teknologikritiske diskussioner, ligesom vi vil være til stede og observere de indledende undervisningsgange, også for at kunne vurdere det samlede forløb og ikke kun elementer af det.

Endelig planlægger vi en grundigere og mere solid scenariedidaktisk ramme hvor vi arbejder med de aktuelle dannelsesmål gennem en konkret simulering af en meningsfuld omverdenspraksis der gør brug af narrative virkemidler. Dette forventer vi i højere grad vil gøre eleverne i stand til at forstå undervisningens sammenhæng med virkeligheden.

Referencer

- Barab, S. & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1-14. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1
- Bolander, T. (2019). What do we lose when machines take the decisions? *Journal of Management and Governance*, 23, 849-867. <https://doi.org/10.1007/s10997-019-09493-x>
- Børne- og Undervisningsministeriet. (2019). *Biologi – Fælles Mål*. https://emu.dk/sites/default/files/2020-09/GSK_F%C3%A6llesM%C3%A5l_Biologi.pdf
- Børne- og Undervisningsministeriet. (2024). *Aftale om Folkeskolens Kvalitetsprogram – Frihed og Fordybelse*. <https://www.uvm.dk/-/media/filer/uvm/aktuelt/pdf24/mar/240320-aftale-om-folkeskolens-kvalitetsprogram-%E2%80%93-frihed-og-fordybelse.pdf>
- Folkeskoleloven. (2024, LBK nr 989 af 27/08/2024). *Bekendtgørelse af lov om folkeskolen*. Børne- og Undervisningsministeriet. <https://www.retsinformation.dk/eli/ta/2024/989>
- Hanghøj, T.; Misfeldt, M.; Bundsgaard, J.; Foug, S.S.; & Hetmar, V. (red.) (2017). *Hvad er scenariedidaktik?* Aarhus Universitetsforlag.
- Caeli, E.N. & Dybdal, M. (2020). Teknologiforståelse i skolens praksis. Datalogisk design til autentisk problemløsning. *Tidsskriftet Læring Og Medier (LOM)*, 12(22). <https://doi.org/10.7146/lom.v12i22.115613>
- Caeli, E.N. (2021). *Computational Thinking in Compulsory Education: Why, What, and How? A Societal and Democratic Perspective*. Ph.d.-afhandling. Graduate School Arts, Aarhus Universitet.
- Caeli, E.N. & Bundsgaard, J. (2020). Teknologikritik i skolen – et demokratisk perspektiv på teknologiforståelse. I Haas, C. & Matthiesen, C. (red.): *Fagdidaktik og demokrati*. Samfundslitteratur.
- Dewey, J. (1922). "Human Nature and Conduct", i J.A. Boydston (red.). *An Introduction to Social Psychology*. John Dewey. The Middle Works bind 14. Carbondale, IL: Southern Illinois University Press.
- Goodfellow, I., Bengio, Y. & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.
- Hanghøj, T. (2008). *Playful Knowledge: An Explorative Study of Educational Gaming*. Ph.d.-afhandling. Odense: University of Southern Denmark.
- Hansen, J.U. (2021). En introduktion til kunstig intelligens og maskinlæring. I: Yde, T.G. Nielsen & R. Dahlberg (red.), *Smart krig – militær anvendelse af kunstig intelligens* (s. 21-57). Djøf Forlag.
- Klafki, W. (2016). *Dannelsesteori og didaktik – nye studier* (3. udgave). Forlaget Klim.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I. & Hinton, G.E. (2012). ImageNet classification with deep convolutional networks. I F. Pereira, C.J. Burges, L. Bottou & K.Q. Weinberger (red.), *Advances in neural information processing systems 25 (NIPS 2012)* (s. 1097-1105).
- Long, D. & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. I *Proceedings of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems* (s. 1-16). <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>
- Mehlsen, C. (2024). *Opmærksomhedstyveriet – hvordan vores børn blev forsøgskaniner i techeksperimentet, og hvad vi gør nu*. Informations Forlag.

- Regeringen. (2022). *Danmarks digitaliseringsstrategi – sammen om den digitale udvikling*. Finansministeriet. https://fm.dk/media/25912/danmarks-digitaliseringsstrategi_sammen-om-den-digitale-udvikling_web_a.pdf
- Regeringen. (2023a). *Danmarks digitaliseringsstrategi – ansvar for den digitale udvikling*. Digitaliserings- og Ligestillingsministeriet. [https://digmin.dk/Media/638357207253210400/SVM%20regeringen_Danmarks%20digitaliseringsstrategi_2023_V9_Online_Final%20\(1\)-a.pdf](https://digmin.dk/Media/638357207253210400/SVM%20regeringen_Danmarks%20digitaliseringsstrategi_2023_V9_Online_Final%20(1)-a.pdf)
- Regeringen. (2023b). *Forberedt på fremtiden II. Frihed og fordybelse – et kvalitetsprogram for folkeskolen*. Børne- og Undervisningsministeriet. <https://www.uvm.dk/-/media/filer/uvm/aktuelt/pdf23/okt/231011-forberedt-pa%CC%8A-fremtiden-2-web.pdf>
- Sanusi, I.T., Oyelere, S.S., Vartiainen, H., Suhonen, J. & Tukiainen, M. (2022). A systematic review of teaching and learning machine learning in K-12 education. *Education and Information Technologies*, 28, 5967-5997. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11416-7>
- Undervisningsministeriet. (2019). *Teknologiforståelse – måloversigt*. <https://emu.dk/sites/default/files/2019-02/GSK.%20F%C3%A6lles%20M%C3%A5l.%20Til%20Tilg%C3%A6ngelig.%20Teknologiforst%C3%A5else.pdf>
- Van Mechelen, M., Smith, R.C., Tamashiro, M., Schaper, M.M., Bilstrup, K.E., Lunding, M.S., Petersen, M.G. & Iversen, O.S. (2022). Emerging technologies in K-12 education: A future HCI research agenda. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 30(3), 1-40. <https://doi.org/10.1145/3569897>
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A.N., Kaiser, Ł. & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems*, 6000-6010. Curran Associates, Inc.

English abstract

In this article, first results are presented from a three-year research project that aims to investigate how secondary school students develop an understanding of artificial intelligence in science contexts. Specifically, we have conducted a pilot test of parts of a technology comprehension course in the spring-summer of 2023, where students in groups should design their own machine learning model and app. Our approach was based on a broad perspective of technology comprehension as an interconnection between technical competences, design competences and technology-critical competences. Despite this, our initial experiences point to challenges in progressing from a practical level to a more reflective level. The article discusses this issue and what it means for future research.