

Sanne Lisborg

ET KRITISK BLIK PÅ VIRTUELLE LABORATORIERS INDREJSE I SKOLEN

Digitale læringsteknologier er i høj grad blevet del af skolens praksis. Det er derfor relevant at forholde sig til, hvordan og hvorfor disse teknologier har fundet vej til klasselokalet. Med aktørnetværksteorien (ANT) udfolder jeg historien om, hvordan en konkret læringsteknologi, virtuelle laboratorier, er blevet implementeret som en del af naturfagsundervisningen. Dette er et resultat af, at nogle aktører er lykkedes med at indrullere andre i deres handlingsprogram og promovere virtuelle laboratorier som løsningen på en revitalisering af naturfag. Det er også en historie om konkurrerende teknologiforståelser og agendaer, der udfordrer virtuelle laboratoriers rolle i skolen. Artiklen afsluttes med en diskussion af det kritiske potentiale i en aktørnetværksteoretisk teknologianalyse.

Keywords: Aktørnetværksteori, virtuelle laboratorier, digitale læringsteknologier og uddannelsespolitik

Indledning

I folkeskolen er et grundspørgsmål: Hvad skal der undervises i og hvordan? Dette spørgsmål er til kontinuerlig debat og forhandling mellem forskellige aktører med interesse i den danske skole. En (stadig) højaktuel debat i skolen er spørgsmålet om, hvilken rolle digitale læringsteknologier skal spille i skolen. Med teknologi filosof Søren Riis' ord er skolen blevet et eksperimentarium for nye teknologier, hvor det kontinuerligt bliver afprøvet, hvordan teknologier kan berige skolens praksis (Riis, 2012). Jesper Balslev (2018) har i sin ph.d.-afhandling undersøgt, hvordan digitalisering er blevet beskrevet i policy-litteraturen over en 30-årig periode. Han viser, hvordan der politisk hersker en ukritisk teknologioptimisme, hvor uddannelsesteknologier bliver udpeget som løsningen til at optimere og løfte undervisningen, omend der ofte ikke er evidens herfor. Han mener, at vi i langt højere grad bør forholde os kritisk til, *hvorfor* og *hvordan* digitale teknologier bliver en del af skolens praksis. Dette er ambitionen med artiklen.

I artiklen kaster jeg med aktørnetværksteorien (ANT) et kritisk blik på, hvordan en ny læringsteknologi, virtuelle laboratorier (VL), har fundet vej til klasselokalet. Med virtuelle laboratorier sker der en bevægelse fra det fysiske til det virtuelle læringsrum. Eleverne har nu mulighed for at lave eksperimenter i et virtuelt laboratorium og undersøge naturvidenskabelige fænomener, som ikke er mulige at undersøge i naturfagslokalet, såsom at komme ind i en celle eller eksperimenter med farlige kemikalier. Men hvordan forandrer det virtuelle laboratorium naturfagsundervisningen? Og hvilke interesser og agendaer er der på spil i processen med at gøre virtuelle laboratorier til en del af undervisningen i den danske folkeskole? Der hersker en politisk ambition om at øge brugen af VL i naturfagsundervisningen, og virtuelle laboratorier er skrevet ind i centrale policy-strategier som en teknologi, der kan revitalisere naturfagene og øge elevernes læring og motivation (Børne- og Undervisningsministeriet, 2018a; 2018b). I artiklen viser jeg, hvordan den politiske interesse er et resultat af en øget privatisering af uddannelse, hvor edtech-industrien spiller en central rolle.

Flere forskere har undersøgt, hvordan private aktører er blevet mediatører for uddannelsespolitik, der både influerer undervisningens didaktik og indhold. Player-Koro et al. (2018) viser med afsæt i en analyse af en større skandinavisk læringsteknologimesse, hvordan netværk mellem virksomheder og nationale policy-aktører spiller en afgørende rolle for, hvilke teknologier der får betydning i skolesystemet. De fremhæver, hvordan disse shows nærmere fungerer som en 'transmittering' af policy/private agendaer i stedet for en udveksling af idéer og perspektiver med undervisere. I tråd hermed viser Ramiel (2019) med sin analyse af etableringen af inkubatorcentre, hvordan der foregår en forhandling mellem edtech-industrien og uddannelsessektoren om, hvordan læring og uddannelse skal konstrueres, hvor edtech-

Sanne Lisborg

Adjunkt, ph.d.,
Læreruddannelsen,
Københavns
Professionshøjskole



sanl@kp.dk

industrien ofte bliver favoriseret, og der produceres særlige behov (der kan sælges) hos brugere (elever og lærere). Programmering i skolen er ligeledes et case-eksempel på en tværnational agenda, der ikke kun er politisk motiveret, men i høj grad er influeret af private virksomheder og ikke-statslige organisationer (Williamson et al., 2019). Williamson (2018) introducerer begrebet 'fast-policy', som refererer til en uddannelsespolitik, der er kendetegnet ved hurtige udrulninger af nye teknologiske løsninger, politiske eksperimenter og spredning af best practice-eksempler. Som den eksisterende litteratur på feltet viser, så er der sket en grænseopblødning mellem det offentlige og private i udviklingen af uddannelsespolitikken, som har en afgørende betydning for, hvilke teknologier der bliver introduceret i klasselokalet. Denne sammenfiltring af statslige og kommercielle interesser spiller netop en central rolle i implementeringen af virtuelle laboratorier i den danske folkeskole.

Det kritiske potentiale i en aktørnetværksteoretisk analyse ligger i at vise, at det ikke er en naturgiven eller uskyldig bevægelse, at virtuelle laboratorier bliver en del af skolens praksis. Det er tværtimod et resultat af forhandlinger, kampe og alliancer mellem forskellige aktører. Det er med andre ord ikke, fordi virtuelle laboratorier nødvendigvis er den optimale løsning på at optimere og løfte elevernes læring og motivation, men fordi nogle aktører er lykkedes med at skabe interesse for VL i sådan en grad, at det er blevet en tilsyneladende uomgængelig del af skolens praksis. I artiklen viser jeg, hvordan virtuelle laboratoriers indrejse i skolen er omgærdet af forskellige interesser, problematiseringer og forhåbninger, der rækker langt ud over klasselokalets vægge. Det er en historie, hvor både politiske dagsordener, producenter, digitale eksamensprøver, lærere og elever bliver involveret i en dagsorden om at stimulere brugen af VL i skolen. Historien om virtuelle laboratorier kunne være startet på mange måder, men jeg har valgt at starte den der, hvor VL bliver en del af uddannelsespolitikken. Det er et tidspunkt, hvor nogle aktører har formået at sætte sig på dagsordenen og gøre virtuelle laboratorier til et uddannelsespolitisk spørgsmål. I analysen viser jeg, hvordan interessen for

virtuelle laboratorier er blevet skabt på policy-niveau, hvor særligt en alliance mellem en privat aktør og den daværende undervisningsminister får en stor betydning på implementeringen af VL. Jeg beskriver desuden lærernes modtagelse af VL som læringsteknologi i naturfagsundervisningen og deres didaktiske overvejelser i den forbindelse. Artiklen skal hermed besvare følgende forskningsspørgsmål:

Hvilke aktørnetværk har haft succes med at stabilisere virtuelle laboratorier som en del af naturfagsundervisningen i folkeskolen?

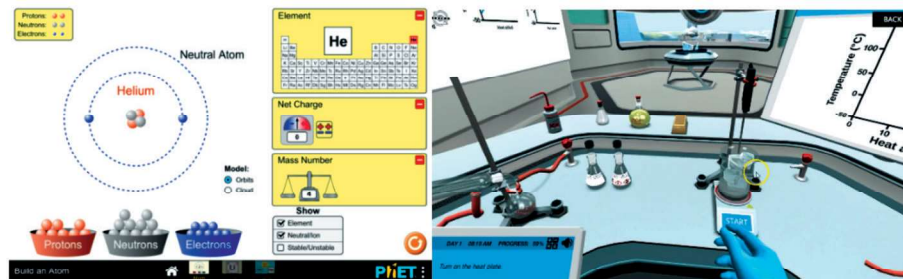
Artiklen er struktureret på følgende måde. Først giver jeg en kort introduktion til det virtuelle laboratorium. Herefter udfolder jeg begrebsapparatet fra ANT, der udgør artiklens teoretiske linse. Dette afsnit bliver efterfulgt af en beskrivelse af det empiriske og metodiske grundlag for den efterfølgende analyse. Analysen er opbygget omkring knudepunkterne for virtuelle laboratoriers indrejse i skolen samt de kontroverser, der udfordrer denne stabilisering. Afslutningsvis opsummerer jeg og diskuterer analysens kritiske potentiale.

Virtuelle laboratorier i skolen

Virtuelle laboratorier er interaktive computersimuleringer, der imiterer et naturvidenskabeligt eksperimentelt setup i bred forstand. Et virtuelt laboratorium skal ikke alene forstås som simuleringer af forsøg, men inkluderer også andre interaktive computermødelier af naturvidenskabelig relevans såsom en simulering af bølgers egenskaber eller drivhuseffekten (Interlab, 2022). Det centrale er, at eleverne har mulighed for selv at ændre på forskellige parametre og efterfølgende observere konsekvenserne af deres handlinger (Honey & Hilton, 2011). På denne måde adskiller virtuelle laboratorier sig fra statiske illustrationer, da eleverne kan interagere med dem på forskellige måder. Nogle af de mest brugte virtuelle laboratorier i skolen er PhET Interactive Simulations (PhET) og Labster (Implement, 2018). Det er ligeledes de virtuelle laboratorier, som jeg refererer til i artiklen. PhET er udviklet af undervisere på University of Colorado Boulder. Simuleringerne er gratis tilgængelige, og de fleste er oversat til dansk. De virtuelle laboratorier er udviklet med udgangspunkt i en konstruktivistisk læringsopfattelse, hvor det er elevernes egen udforskning, der er i centrum. Simuleringerne har et åbent format og kan integreres i forhold til forskellige læringsstile og mål. Labster er udviklet af et dansk firma ved samme navn. Det kræver licenser at få adgang til Labster, men Børne- og Undervisningsministeriet (BUVM) havde i perioden 2019-20 købt adgang for skolerne til udvalgte simuleringer. De fleste simuleringer er på engelsk, men enkelte er oversat til dansk. Simuleringerne bygger på et

behavioristisk læringssyn, hvor eleverne trin for trin gennemgår forskellige eksperimentelle procedurer og besvarer multiple choice-spørgsmål (Lisborg, 2021).

Figur 1: PhET (venstre) og Labster (højre)



Kilde: PhET, Byg et atom: <https://phet.colorado.edu/da/simulations/build-an-atom>
og Labster, Heating Curves and Phase Changes: Distil Ethanol

Aktørnetværksteorien som teoretisk linse

Der er flere studier inden for uddannelsesforskning, der interesserer sig for, hvordan uddannelsespolitik kan forstås som netværkskonstruktioner mellem heterogene aktører (Fenwick & Edwards, 2010; 2018). Disse studier viser, hvordan uddannelsespolitik og de afledte praksisser er et produkt af tilknytning til en lang række andre netværk. Det samme gør sig gældende for historien om, hvordan virtuelle laboratorier bliver en del af skolens praksis.

Helt centralt for aktørnetværksteorien (ANT) er *det generelle symmetriprincip* (Callon, 1986; Latour, 1996). Symmetriprincippet bliver først formuleret med teoriretningen Social Construction of Technology (SCOT), der advokerer for, at man må give de samme forklaringer på de teknologier, der bliver succesfulde, som på dem, der ikke gør. Når en teknologi lykkes, så handler det ikke nødvendigvis om, at den er den teknisk optimale eller mest brugervenlige, men om, at en række af institutioner og aktører har støttet op om den og haft en interesse heri (Blond & Olesen, 2021). ANT bygger videre på dette ræsonnement, men sidestiller desuden *humane* og *nonhumane* aktører. Det er ikke kun en politiker eller en lærer, der kan have betydning for, hvordan virtuelle laboratorier (VL) bliver *stabiliseret* i skolen, men det kan en computer, en politisk strategi eller en anden materialitet også. De aktører, som får betydning, er dem, der tilskrives *handling* eller *agens* i den konkrete kontekst (Latour, 1996; Latour & Woolgar, 1986). De processer, hvor en aktør opnår handlekraft ved at forbinde sig med andre, kaldes *translation* (Elgaard, 2003). Det generelle symmetriprincip implicerer derfor, at man ikke på forhånd kan antage, hvilke

aktører der har en betydning for stabiliseringen af VL i skolen, da dette alene er et empirisk spørgsmål. En væsentlig måde, hvorpå et aktørnetværk kan blive styrket, er ved at opstille en problematisering, som er relevant for alle i netværket, et *obligatorisk passagepunkt* (Callon, 1986). Herved arbejder aktører sammen om at opnå et fælles mål, og netværket bliver stabiliseret. En central pointe er dog, at intet netværk er stabiliseret én gang for alle. Det kræver vedvarende relationsarbejde, hvis det skal bevare sin stabilitet og styrke.

Det sidste begreb fra ANT, som er centralt for analysen, er *inskriftioner*. Inskriftioner er en særlig form for translation, hvor et ikke-skriftligt fænomen bliver katalysator for en proces, der ender med fremkomsten af en anden materialitet, såsom en visualisering eller en rapport (Elgaard, 2021). Historien om virtuelle laboratorier inkluderer flere inskriftioner, hvor eksempelvis en politisk vision om at stimulere brugen af virtuelle laboratorier bliver materialiseret i en strategi. Det smarte ved inskriftioner er, at når en vision bliver transformeret til en nedskrevet strategi, bliver det lettere for andre aktører at skabe forbindelser hertil. Hertil kommer, at inskriftioner ofte skaber nye inskriftioner (Latour & Woolgar, 1979), og en politisk strategi materialiserer sig som eksempelvis handlingsplaner, rapporter og undervisningsmaterialer. I fortællingen om det virtuelle laboratorium er der et helt apparat af inskriftioner, der knytter an til hinanden og er med til at stabilisere netværk på bestemte måder og gøre nogle aktører stærkere end andre.

Opsamlende tilbyder ANT en terminologi til at beskrive de processer, der finder sted, når en ny teknologi som virtuelle laboratorier bliver sat i relation til folkeskolen. Disse processer bunder i en problematisering af eksisterende praksis, etablering af et obligatorisk passagepunkt, inskriftioner og alliancer mellem forskellige aktører.

Metode

Det empiriske grundlag for analysen er dokumentanalyse og interviews. Dokumentanalysen indbefatter analyse af policy-dokumenter, der omhandler virtuelle laboratorier i skolen i perioden 2018-2022. De dokumenter, som er blevet indsamlet og analyseret, er: nationale strategier og handlingsplaner, undersøgelser og rapporter, udbudsmateriale og pressemeddelelser fra Børne- og Undervisningsministeriet. Som Justesen (2005) skriver, så er det empiriske materiale altid et produkt af en *partikulær konstruktionsproces*, som forskeren foretager sig, og som det er centralt at redegøre for. Jeg har gjort brug af sneboldsmetoden, hvor læsningen af et dokument eller et interview har ført mig på sporet af andre relevante dokumenter. Det er derfor ikke en udtømmende analyse af samtlige dokumenter på området, men de dokumenter, som er inkluderet i analysen, er dem, der har vist sig betydningsfulde i

etableringen af aktørnetværket omkring VL. Policy-dokumenter er inskriptioner af politiske visioner og agendaer, der legitimerer, problematiserer eller kategoriserer på bestemte måder, men et dokumentets betydning eller handlekraft afhænger af, hvilke konkrete relationer det indgår i (ibid.). I analysen undersøger jeg, hvilke relationer dokumenterne indgår i med andre aktører, og hvordan disse relationer bliver betydningsfulde for forståelsen og stabiliseringen af VL i skolen.

Jeg har desuden lavet interviews med aktører på feltet. Hvor de klassiske ANT-studier sjældent inkluderer interviewmateriale, så er der kommet en bred accept af, at forskelligartede metoder er anvendelige til at belyse den komplekse og mangefacetterede virkelighed (Demant & Ravn, 2017; Law, 2014). Demant og Ravn (2017) peger på, at når man bruger interviews i en aktørnetværksteoretisk analyse, så er det vigtigt, at interviewformen er afsøgende og åben, så informanten kan formulere de aspekter i et aktørnetværk, som er væsentlige for vedkommende. I forlængelse heraf har jeg gjort brug af en semistruktureret interviewform, hvor man som interviewer er sensitiv over for de perspektiver, som den interviewede bringer på banen (Kvale & Brinkmann, 2009). Konkret har jeg udarbejdet en interviewguide med overordnede temaer, men har ladet interviewet være en åben dialog, hvor informanternes forståelse og perspektiv på aktørnetværket omkring virtuelle laboratorier har været det styrende element.

De aktører, som jeg har interviewet, kan groft inddeles i to kategorier. Den ene gruppe af informanter er en del af det politiske embedsværk. I denne gruppe har jeg interviewet to embedsmænd i Styrelsen for IT og Læring (STIL) under Børne- og Undervisningsministeriet. De to embedsmænd har på forskellige tidspunkter i perioden 2018-2022 været projektledere for Børne- og Undervisningsministeriets indsatser omkring virtuelle laboratorier. Jeg har desuden interviewet kommissionsformanden for de skriftlige prøver i biologi, der er med til at udvikle og afvikle forsøgsprøver, hvor virtuelle laboratorier indgår. Den anden gruppe af informanter er aktører uden for embedsværket. Her har jeg interviewet en konsulent fra det nationale naturfagscenter (Astra) samt en simuleringsudvikler fra Labster. Endelig har jeg, som en del af et større feltarbejde på tre skoler, interviewet naturfagslærere om deres erfaringer med og forståelse af det virtuelle laboratorium. Der er indhentet informeret samtykke fra samtlige informanter. Alle informanter er anonymiseret (velvidende at nogle informanter er lettere at identificere end andre), og de har haft mulighed for at få citater til gennemsyn og godkendelse inden publicering. I tabellen nedenfor kan ses en oversigt over de centrale dokumenter og interviews i analysen:

Tabel 1: Oversigt over dokumenter og interviews

Dokumenter	Interviews
'Handlingsplan for teknologi i undervisning' (Børne- og Undervisningsministeriet, 2018a)	Interviews med embedsfolk • Embedsmand A, Styrelsen for It og Læring (STIL), 05.01.22 • Embedsmand B, Styrelsen for It og Læring (STIL), 11.10.19
'National Naturvidenskabsstrategi' (Børne- og Undervisningsministeriet, 2018b)	Simuleringsudvikler fra Labster, 03.01.20
'Forundersøgelse til indsats vedr. understøttelse af elevers adgang til virtuelle laboratorier' (Implement, 2018)	Interviews med lærere • Nikolaj, lærer, 11.02.21 • Sigurd, lærer, 13.01.21
'Udviklingsprojekt om interaktive laboratorier Bilag 4A: Opgavebeskrivelse.' (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019b)	Formand for opgavekommissionen i biologi, 05.01.22
'Interaktive laboratorier, rapport – februar 2022' (Interlab, 2022)	Konsulent, det nationale naturfagscenter (Astra), 07.12.21

Optakt til analysen

I analysen fortæller jeg historien om, hvilke relationer, forhandlinger og agendaer der har stabiliseret virtuelle laboratorier som en aktør i skolen. En ofte fremført kritik af ANT er, at historien er skrevet fra den vindende aktørs perspektiv (Lee & Brown, 1994). Med John Laws ord er det derfor vigtigt at fremvise, *hvad det nutidige gør fraværende* (Law, 2004). Det er således ikke kun de *handlingsprogrammer* og *translationer*, der har været succesfulde i forhold til at stabilisere virtuelle laboratorier som aktør i skolen, der er interessante, men også de *kontroverser* og *antiprogrammer* (Latour 1996), der udfordrer denne stabilisering. I analysen viser jeg, hvordan feltet for virtuelle laboratorier er et felt med konkurrerende agendaer og forståelser.

Et afgørende møde mellem en minister og Labster

En vigtig alliance i fortællingen om, hvordan virtuelle laboratorier er blevet en del af folkeskolens praksis, er det møde, der fandt sted mellem den daværende Børne- og Undervisningsminister Merete Riisager og den danske virksomhed Labster. Ministeren havde i perioden 2018-2019 nedsat en rådgivningsgruppe for teknologi i undervisning, der bestod af forskere, erhvervsfolk og praktikere. Gruppens opdrag var at sparre med ministeren om *en langsigtet handlingsplan for digital læring* (Børne- og Undervisningsministeriet, 2017). Daværende direktør for forskningspartnerskaber i Labster sad med

i denne rådgivningsgruppe. Som leverandør af virtuelle laboratorier (VL) har Labster en naturlig interesse i at påvirke den politiske beslutningsproces i deres favør og gøre ministeriet interesseret i VL. At sidde med i en ministeriel rådgivningsgruppe styrker herved Labster som aktør og øger deres muligheder for at gøre ministeriet interesseret i deres agenda om at få flere skoler til at bruge Labster. En embedsmand i Styrelsen for It og Læring (STIL) fortæller, at det var med kontakten til Labster, at ministeren og ministeriet begyndte at interessere sig for virtuelle laboratorier:

Jeg ved ikke, om hun [ministeren] har tænkt over det før, eller om det først var, da hun mødte ham [repræsentant for Labster] i det regi. Men set fra ministeriets side, så var det der, at hun og vi for alvor fik øjnene op for, at det her er et spændende felt. Og fra da af havde vi tilfældigvis kontakt med nogle, som er nogle af de førende på det her område (Embedsmand A, STIL, 05.01.22).

Mødet mellem ministeren og edtech-virksomheden Labster er et afgørende *knudepunkt* i fortællingen om stabiliseringen af virtuelle laboratorier i skolen. Som embedsmanden siger, var det i rådgivningsgruppen, at ministeren og ministeriet fik øjnene op for, at det her er et spændende felt. Med andre ord har Labster succes med at skabe interesse i virtuelle laboratorier og *indrullere* ministeren og ministeriet i deres handlingsprogram. Det er som beskrevet ikke nyt, at edtech-industrien spiller en markant rolle i uddannelsespolitik. Den øgede privatisering af uddannelse gør sig også gældende i den danske uddannelsessektor, hvor staten og kommuner har investeret massivt i kommercielle infrastrukturer og uddannelsesteknologier, yderligere stimuleret af covid-19-pandemien. Grænserne mellem offentlig uddannelse og erhvervslivets interesser er blevet mere udviskede i uddannelsespolitikken (Cone & Moos, 2022; Cone et al., 2021). Når repræsentanter fra erhvervslivet sidder med i en rådgivningsgruppe omkring den fremtidige uddannelsespolitiske digitaliseringsindsats, bliver sammenfiltningen af industriens og politiske interesser tydelig. Med Player-Koro et al. (2018) kan man tale om, at det bliver en 'transmittering' af politiske og kommercielle interesser i stedet for en dialog med skolens egne aktører om deres visioner for digitaliseringen af skolen. Den nyvundne politiske interesse materialiserer sig også konkret ved, at virtuelle laboratorier bliver skrevet ind i to nationale uddannelsespolitiske strategier som et middel til at øge elevers læring og motivation i naturfag. De to strategier er 'Handlingsplan for teknologi i undervisning' (Børne- og Undervisningsministeriet, 2018a) og 'Den nationale naturvidenskabsstrategi' (Børne- og Undervisningsministeriet, 2018b). Denne hurtige udrulning af virtuelle laboratorier kan ses som et udtryk for den 'fast-policy', som Williamson (2018) beskriver kendetegner digitaliseringen på uddannelsesområdet, hvor teknologier afprøves i skolen, før der er formuleret en egentlig didaktik på området.

Første gang virtuelle laboratorier bliver nævnt i en policy-strategi, er med 'Handlingsplan for teknologi i undervisning', der har til formål at styrke *børn, unge og voksnes teknologiforståelse og digitale kompetencer* på tværs af alle uddannelsesniveauer (Børne- og Undervisningsministeriet, 2018a). Et af initiativerne i handlingsplanen er at *understøtte elevers adgang til virtuelle laboratorier i naturvidenskab*. Her står der:

Virtuelle simulationer kan øge elevernes motivation og læring i naturvidenskab. De kan indgå som et supplement til det traditionelle (fysiske) udstyr til gennemførelse af undersøgelser og eksperimenter, som ellers ikke er mulige (ibid.: 18).

Som det fremgår af citatet, er der en formodning om, at introduktionen af virtuelle laboratorier *kan øge elevernes motivation og læring* samt udvide handlingsrummet for, hvad eleverne kan arbejde med i naturfag. Alliancen mellem Labster og ministeren bliver således *inskriberet* med handlingsplanen, og virtuelle laboratorier bliver en del af den politiske ambition om at revitalisere naturfagsundervisningen. Denne alliance knytter an til et bredere aktørnetværk omkring digitalisering på uddannelsesområdet, der siden 2010'erne har været en central agenda. Et eksempel herpå er det store projekt 'IT i folkeskolen' fra 2011, hvor regeringen og KL (Kommunernes Landsforening) tilsammen afsatte 1 mia. kr. til en bred vifte af initiativer, der skulle styrke brugen af it (Rambøll, 2018). Dette har været et af de største it-projekter i skolen, der ifølge en embedsmand fra STIL har været afgørende for, at digitalisering har fået så meget opmærksomhed i skolen. Dertil kommer et pres fra erhvervslivet om, at skolerne opgraderer brugen af it (Embedsmand A, STIL, 05.02.22). Virtuelle laboratorier knytter således også an til en fortløbende historie omkring digitalisering i skolen, hvor en række af andre aktørnetværk har været med til at stabilisere en politisk interesse for digitale teknologier i uddannelsessektoren.

Naturvidenskabsstrategien er en central aktør

Det er som nævnt ikke kun i handlingsplanen, at virtuelle laboratorier bliver udpeget som løsningen på en optimering af naturfagsundervisningen. I februar 2018 lancerer regeringen den 'Nationale naturvidenskabsstrategi'. Målet med strategien ligger i forlængelse af Teknologipagtens vision om at få flere børn og unge til at uddanne sig inden for STEM-fag. Arbejdet med naturfagsstrategien startede, før Merete Riisager tiltrådte som minister. I det oplæg, der lå på daværende tidspunkt, var virtuelle laboratorier ikke indtænkt som en del af naturvidenskabsstrategien. Men med ministerens interesse for virtuelle laboratorier (VL) bliver VL skrevet ind i strategien (Embedsmand A, STIL, 05.02.22). I tråd med handlingsplanen bliver virtuelle laboratorier ud-

peget som et middel til at styrke og understøtte det eksperimentelle arbejde og øge danske skoleelevers lyst til at forfølge en STEM-karriere. Virtuelle laboratorier bliver desuden udpeget som en løsning på nogle økonomiske og strukturelle problemer i skolen. Som det fremgår af strategien, er det *dyrt for den enkelte skole at købe og vedligeholde moderne og opdateret udstyr*, og VL tilbyder en *virtuel udstyrsbase* (Børne- og Undervisningsministeriet, 2018b: 19), der ikke kræver indkøb og vedligeholdelse af dyre materialer. Hertil kommer, at virtuelle laboratorier kan være med til at afhjælpe manglen på naturfagslokaliteter på flere skoler (Embedsmand B, STIL, 11.10.19). Opsummerende bliver virtuelle laboratorier set som løsningen på både læringsmæssige, didaktiske, strukturelle og økonomiske udfordringer i naturfagsundervisningen, hvilket er med til at styrke virtuelle laboratoriers position som en attraktiv alliancepartner og aktør i skolen.

Med naturfagsstrategien bliver der tildelt 4,5 mio. kr. til at styrke brugen af VL i skolen og på ungdomsuddannelserne. Allokeringen af økonomiske ressourcer er en afgørende begivenhed for stabiliseringen af aktørnetværket omkring VL i skolen. I det følgende udfolder jeg beslutningsprocessen omkring, hvilke initiativer der bliver igangsat på området.

Det virtuelle laboratorium som det obligatoriske passagepunkt

Med 'Handlingsplan for teknologi i undervisning' og 'Naturvidenskabsstrategien' bliver virtuelle laboratorier (VL) udpeget som et værktøj til at styrke elevernes motivation og læring i naturfag. VL konstrueres som en del af løsningen på den politisk problematisering af, at der er behov for at revitalisere naturfagsundervisningen, så flere elever får interesse for naturfag. Det virtuelle laboratorium bliver *det obligatoriske passagepunkt*, som man politisk forsøger at få aktører i skolen til at se, at de har en interesse i, og der iværksættes forskellige initiativer på området.

Som grundlag for den politiske beslutningsproces om, hvilke initiativer der skal igangsættes, får UVM udarbejdet en *Forundersøgelse til indsats vedr. understøttelse af elevers adgang til virtuelle laboratorier* (Implement, 2018). I forundersøgelsen bliver leverandører, universiteter, professionshøjskoler, videnscentre, foreninger, lærere og skoleledere inddraget på forskellig vis. Inddragelse af aktører på feltet er med til at stabilisere rapporten som et legitimt vidensgrundlag for den politiske beslutningsproces. I forundersøgelsen bliver der opstillet ti forslag til initiativer, der kan styrke integrationen af virtuelle laboratorier (Ibid.).

På baggrund af undersøgelsen lancerer UVM i april 2019 tre initiativer, som skal stimulere brugen af VL. Disse er: 1) en materialepakke på læringsplatformen emu.dk, 2) et udviklingsprojekt med skoler, gymnasier og erhvervsskoler og 3) gratis adgang til udvalgte simuleringer fra Labster i pe-

rioden 2019-2020 (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019a). De to første initiativer er udpeget i forundersøgelsen som nogle af dem, der vil have den største langsigtede effekt. Køb af licenser er derimod vurderet til at være både investeringstungt og have en forholdsvis lav effekt, da adgangen til virtuelle laboratorier ikke i sig selv sikrer anvendelse. Anbefalingen er derfor, at hvis man politisk ønsker at købe licenser, bør der følges op med kompetenceudvikling af undervisere (Implement, 2018). Embedsmand A fra STIL fortæller, at begrundelsen for at frikøbe licenser på trods af vurderingen i forundersøgelsen var, at ministeren insisterede på, at det skulle være en del af initiativerne, så eleverne kunne prøve det bedste på markedet (Embedsmand A, STIL, 05.01.22). Associationen mellem ministeren og Labster bliver således en magtfuld relation i den konkrete politiske beslutningsproces, hvor ministerens ønske om at frikøbe Labster-licenser får en afgørende betydning. Dette overlap mellem kommercielle og politiske interesser vidner ikke alene om en udviskning af grænser mellem privat/offentlig, men snarere en egentlig sammenfletning af interesser. Frikøbet af licenser bliver desuden koblet med kompetence- og materialeudvikling, som det anbefales i forundersøgelsen, og undersøgelsen bliver således en alliancepartner for ministeriet, der er med til at legitimere den politiske beslutning. I den næste del af analysen undersøger jeg, hvordan aktører i og omkring skolen knytter an til den politiske ambition om at styrke brugen af VL i undervisningen.

Skolen skal tilpasses virtuelle laboratorier og vice versa

Det politiske udviklingsprojekt (døbt Interlab), der skal kompetenceudvikle undervisere og udvikle materialer til området, bliver en central aktør i forsøget på at stabilisere virtuelle laboratorier som en del af skolens praksis. Interlab-projektet blev varetaget af konsulentfirmaet Epinion, Aarhus Universitet og Københavns Universitet. I udbudsmaterialet fra Børne- og Undervisningsministeriet (UVM) er der lagt vægt på, at projektet skal være med til at skabe viden om, hvordan virtuelle laboratorier (VL) kan blive brugt i en dansk skolekontekst. Ambitionen er desuden, at projektet kan være et:

(...) udviklingsværksted, der kan inspirere producenter i deres udvikling af produkter, så de er anvendelige i en undervisningssammenhæng, hvor de understøtter faglige mål samt er tilpasset didaktikken i en dansk skolekontekst (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019b: 3).

UVM har således en forhåbning om, at producenter vil knytte an til projektet og have en interesse i at udvikle virtuelle laboratorier, der er tilpasset en dansk skoledidaktik. De nuværende virtuelle laboratorier på markedet, såsom Labster og PhET, er ikke udviklet specifikt til at understøtte de faglige

mål og læringsforståelser i den danske skole, men til en bredere international skoledidaktik. Projektet har således et dobbeltsigte, da det både skal skabe interesse hos skolens aktører samt leverandører. Det viser sig imidlertid ikke let at få leverandørerne til at knytte an til ambitionen om at designe virtuelle laboratorier tilpasset den danske skole. En simuleringsudvikler fra Labster fortæller, at det er for omkostningstungt for dem at udvikle simuleringer udelukkende til danske skoler, da markedet er for lille, at det er rentabelt (Simuleringsudvikler, 03.01.20). Der er heller ikke andre aktører, der binder an til ministeriets ambition om at udvikle simuleringer skræddersyet til en dansk skoledidaktik på baggrund af projektet. Men netop manglen på virtuelle laboratorier, der er tilpasset folkeskolens niveau og didaktik, peger lærerne på som en central barriere i evalueringsrapporten fra projektet (Interlab, 2022). At det ikke lykkes at få leverandørerne til at udvikle virtuelle laboratorier, der er kompatible med en dansk didaktik, er således en destabiliserende faktor i forhold til at få læreren til at se et potentiale i at bruge VL som læremiddel.

I forhold til de virtuelle laboratorier, der er tilgængelige på markedet, erfarer lærerne, at nogle er mere kompatible med en dansk skoledidaktik end andre. Det er særligt de virtuelle laboratorier, der er designet mere åbent og eksplorativt, såsom PhET, som lærerne anvender og ser muligheder i, da de kan bruges på forskellige måder i undervisningen. Flere mener derimod, at de virtuelle laboratorier, såsom Labster, der har et mere instruerende format, hvor eleverne skal gennemgå et prædefineret og langt læringsforløb, er for ufleksible og tidskrævende i forhold til de læringsmål og rammer, der er i skolen (Interlab, 2022). En lærer fortæller herom:

(...) Labster, det er meget låst til et specifikt forløb, og der kræver det, at man opbygger hele sit forløb omkring det. Og det er sådan lidt modsætningen her [med PhET], for der vil jeg gerne have, at materialet understøtter det, som jeg gerne vil undervise i. Og hvis jeg skal bruge Labster, så skal jeg understøtte Labster i min undervisning, som ikke nødvendigvis peger på de samme ting, som jeg synes er relevante (Nikolaj, lærer, 11.02.2021).

I citatet fortæller læreren Nikolaj om, hvordan den instruerende og fastlagte form, som Labster er designet på baggrund af, står i modsætning til muligheden for selv at tilrettelægge undervisningen. Han mener derimod, at det åbne format hos PhET gør, at teknologien kan understøtte hans mål med undervisningen og ikke omvendt. I modsætning til den politiske forståelse af Labster *som det bedste på markedet* viser lærernes erfaringer, at Labster ikke stemmer overens med den didaktik og kultur, der er i den danske skole, såsom ønsket om metodefrihed. Med andre ord sker der et skifte i Labsters ontologiske status; hvor de i policy-udviklingen bliver italesat som de bedste på markedet, viser de sig i den konkrete undervisningspraksis ikke at være

kompatible med den danske undervisningsform. Lærerens erfaringer tydeliggør implikationerne af den særlige form for materialitet, som det virtuelle laboratorium tilbyder, herunder det læringssyn, der ligger til grund herfor. Den instrumentelle eller behavioristiske læringsforståelse, som Labster er designet på baggrund af, står i modsætning til den undersøgelsesbaserede og mere konstruktivistiske didaktik, der præger den danske folkeskole. Der foregår således ikke kun en kamp om, hvilken rolle virtuelle laboratorier skal spille i skolen, men også om, hvilke læringsforståelser der skal præge naturfagsundervisningen.

Virtuelle laboratorier som en (mulig) del af afgangsprøven

Med naturfagsstrategien bliver der igangsat et andet initiativ, der yderligere er med til at stabilisere virtuelle laboratorier (VL) som aktør i skolen. I strategien fremgår det, at de digitale prøver i naturfag skal styrkes, så eleverne bliver prøvet mere både i dybden og bredden (Børne- og Undervisningsministeriet, 2018b). Styrelsen for Undervisning og Kvalitet (STUK) igangsætter et toårigt forsøg med de skriftlige prøver i naturfag (2021-2023), hvor man tester brugen af virtuelle laboratorier². Hvis udfaldet af forsøget bliver, at virtuelle laboratorier bliver en del af prøveformen, så vil VL blive skrevet ind i fagets læringsmål og få en central rolle i naturfagsundervisningen. Hvor udviklingsprojektet, materialeudviklingen og frikøb af licenser er mere indirekte måder at få aktører i skolen til at implementere virtuelle laboratorier, så vil en integration af VL i afgangsprøven være en stærk stabiliseringsfaktor.

Formanden for opgavekommissionen i biologi fortæller, at de virtuelle laboratorier særligt giver mulighed for at teste eleverne i dybden, da eleverne bedre kan blive prøvet i deres modelleringskompetencer³. Kommissionsformanden fortæller videre, at erfaringerne fra pilotprøverne viser, at simuleringerne er for komplekse for mange elever, og at de forsøger at reducere kompleksiteten ved at indarbejde stilladsering:

Det, der i hvert fald har vist sig vigtigt, er at stilladsere det meget tydeligt, hvad eleverne skal gøre for at svare på den her opgave, og meget tydeligt i en progression, så man starter relativt simpelt, så man bygger det op, så det bliver mere og mere komplekst (Formand for opgavekommissionen, 05.01.22).

Hertil kommer, at eleverne ikke er vant til at arbejde med VL i undervisningen. Ligesom med Labster-simuleringerne viser det sig, at der sker noget andet i praksis, end man politisk havde forudset, da det er langt sværere for eleverne at afkode simuleringerne. En anden destabiliserende faktor i forhold til at få elever til at knytte an til VL er, at der kun er få på markedet, der

er brugbare i skolen. I opgavekommissionen har man derfor udviklet egne simuleringer til prøven i samarbejde med et eksternt konsulentfirma, hvilket er både en dyr og ressourcekrævende affære. I lighed med lærerne peger kommissionsformanden på, at der er behov for, at der bliver udviklet flere virtuelle laboratorier til den danske skole (Formand for opgavekommissionen, 05.01.22). Forsøget på at integrere virtuelle laboratorier i naturfagsprøven møder således modstand i mødet med praksis på forskellig vis, hvilket er med til at udfordre stabiliseringen af VL. I det næste afsnit viser jeg, hvordan introduktionen af virtuelle laboratorier i skolen skaber et modprogram eller et forsvar for den praktiske og taktile erfaring, som eleverne får, når de laver fysiske undersøgelser og eksperimenter.

Et forsvar for hands-on erfaring

Et modprogram til ambitionen om at stimulere brugen af virtuelle laboratorier (VL) i skolen er et forsvar for hands-on erfaring, som flere aktører knytter an til. Astra, det nationale naturfagscenter, er en af de aktører, der mener, at det er vigtigt, at virtuelle laboratorier ikke kommer til at vinde indpas på bekostning af det fysiske, undersøgende arbejde. En konsulent fra Astra fortæller, at de har forsøgt at definere, hvad en naturfaglig undersøgelse er. Et af de parametre, som de opstiller, er, at der skal indgå praktisk eller fysisk arbejde. Konsulenten uddyber, at det betyder, at: *'eleverne udfører noget taktilt, dvs. de ikke alene taler, lytter eller håndterer papirer. Praktisk arbejde er synonymt med hands-on'* (Konsulent, Astra, 07.12.21). Hun siger, at et virtuelt laboratorium godt kan understøtte en naturfaglig undersøgelse: *'(...) men det er ikke den naturfaglige undersøgelse i sig selv. Der er de nødt til at arbejde med det i virkeligheden for at få noget ud af det'* (ibid.). Konsulenten mener, at det er centralt at lave denne sondring, så virtuelle laboratorier ikke kommer til at erstatte det fysiske eksperimentelle arbejde i skolen. Det er ikke kun Astra, der udtrykker en bekymring for, om det virtuelle laboratorium kommer til at erstatte det fysiske arbejde. Det samme gør flere naturfagslærere. En biologilærer skriver følgende på folkeskolen.dk som reaktion på naturvidenskabsstrategiens fokus på at styrke brugen af virtuelle laboratorier:

Men der er altså også bare ting, som jeg er ret sikker på, man ikke kan med et virtuelt laboratorium, nemlig den direkte erfaring med ting og materialer. Som alle biologilærere ved, går det ikke altid, som man havde planlagt i ens undervisning. Men selv når alt går mere eller mindre 'i kage', erfarer eleverne noget, som de (...) ikke kunne have oplevet virtuelt (Olsen, 2018).

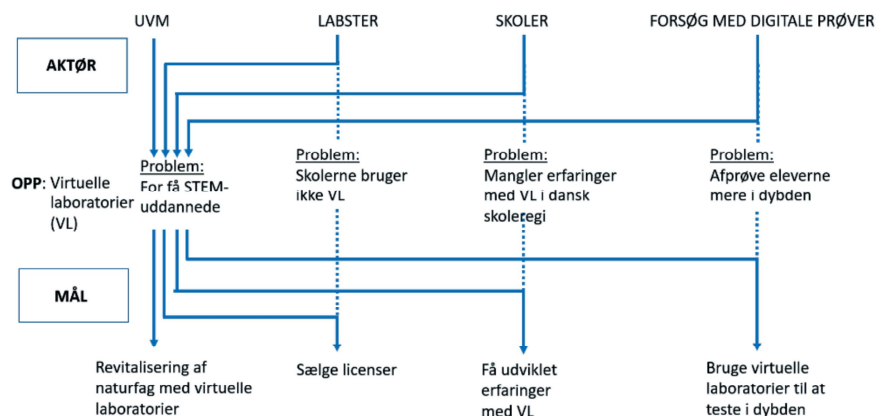
I citatet peger biologilæreren på vigtigheden af fysisk materialeerfaring for elevernes læring, og hvordan denne multisensoriske og kropslige erfaring ikke kan blive simuleret virtuelt. En lærer fra mit feltarbejde siger i tråd hermed: *'(...) den bedste måde at lære fysik på, det er ved at sætte ledningerne sammen og finde ud af, at hvis jeg sætter den der, så virker det'* (Sigurd, lærer, 13.01.21). Det er ikke kun lærerne, der har en forståelse af, at fysisk eksperimentelt arbejde er centralt for naturfagsundervisningen. Flere elever mener, at det har en betydning for deres læring, at de fysisk kan interagere med materialerne. Hertil kommer, at de oplever at være mere koncentreret i det fysiske laboratorium, da det ofte ikke er muligt at lave et forsøg om. I de virtuelle laboratorier kan eleverne gentage et forsøg utallige gange, og de oplever, at deres handlinger bliver risikofrie og hermed konsekvensfrie (Lisborg, 2022). Både lærere og elever peger således på, at der i et virtuelt laboratorium er erfaringer, som man ikke kan gøre sig qua den teknologiske medierede oplevelse.

Når det virtuelle laboratorium bliver en del af naturfagsundervisningen, afføder det en diskussion af, hvad det virtuelle laboratorium kan og ikke kan i forhold til et fysisk laboratorium: Hvilke dele af naturfagsundervisningen kan foregå i et virtuelt læringsmiljø, og hvilke kan ikke? Som både lærere og elever påpeger, så har den taktile og direkte interaktion med materialerne en læringsmæssig værdi, som ikke kan blive simuleret virtuelt. Det virtuelle laboratorium giver således anledning til at diskutere og eksplicite, hvad naturfag er: Handler det om den fysiske håndtering af pipetter, opstilling af eksperimenter eller om interaktion med visuelle simuleringer? Jeg udfolder denne argumentation i diskussionen.

Konklusion og diskussion

Historien om, hvordan virtuelle laboratorier (VL) bliver stabiliseret som en del af naturfagsundervisningen i skolen, involverer alliancer mellem aktører både i og uden for skolen. Det er associationen mellem Børne- og Undervisningsministeriet (BUVM) og Labster, der bliver katalysator for en politisk interesse for virtuelle laboratorier, hvor VL bliver udråbt som et vigtigt redskab i en revitalisering af naturfagsundervisningen. Det virtuelle laboratorium bliver etableret som det obligatoriske passagepunkt, som en række af aktører har en interesse i at knytte an til. Denne interesse bliver stimuleret gennem konkrete policy-initiativer såsom Interlab-projektet, frikøb af licenser og forsøget med brug af simuleringer i afgangsprøven. Figuren nedenfor illustrerer de forskellige aktørers interesse i og mål med at binde an til det virtuelle laboratorium.

Figur 2: Aktørers problematisering og mål med virtuelle laboratorier⁴



Virtuelle laboratoriers indrejse i skolen er et eksempel på, hvordan sammenfletningen af kommercielle og politiske interesser får en afgørende betydning for, hvad der bliver konstrueret som skolens genstandsfelt. Samtidig viser analysen, at stabiliseringen af virtuelle laboratorier bliver udfordret af forskellige antiprogrammer, der både handler om, hvilken rolle VL skal spille i naturfag, og hvilken type af virtuelle laboratorier der er egnet til den danske folkeskole. Aktørnetværksteoriens kritiske potentiale ligger i at udfolde den kompleksitet, der ofte overses, når en teknologi bliver en del af en praksis (Elmholt & Ratner, 2021). Sagt på en anden måde sker der en afnaturalisering af læringsteknologiers indrejse i skolen. Som historien om virtuelle laboratorier illustrerer, er der ikke noget naturgivet ved, at VL bliver en aktør i skolen. Det er derimod et resultat af, at nogle aktører har haft succes med at indrullere andre i deres handlingsprogram. Hermed er det også muligt at forestille sig andre scenarier. I casen med virtuelle laboratorier kunne man eksempelvis forestille sig en digitalisering i skolen, der var mindre motiveret af edtech-industrien og politiske interesser, og at det i højere grad var en bottom-up-agenda, der lå til grund for uddannelsespolitikken. Hvis digitaliseringen i skolen startede med ønsker og behov formuleret af skolens egne aktører, i stedet for den ukritiske politiske teknologioptimisme, som præger uddannelsespolitikken (jf. Balslev, 2018), ville teknologierne måske i højere grad være med til at understøtte undervisningen, i stedet for at undervisningen skal understøtte teknologien, som læreren fra tidligere påpeger.

Historien om virtuelle laboratorier viser, at skolen er en kampplads for forskellige forståelser af læring og naturfag. Virtuelle laboratorier (re)aktiverer en diskussion af, hvad naturvidenskab er, hvad den fysiske og multisensoriske adgang til materialer betyder, og hvad der udgør og bør udgøre den danske skoledidaktik. Som jeg viser i analysen, medfører introduktionen af virtuelle laboratorier et forsvar for hands-on erfaring hos flere aktører. Når

virtuelle laboratorier bliver en del af undervisningen, har det en betydning for, hvordan vi konstruerer naturfag i skolen. Det har med andre ord en betydning, om eleverne lærer selv at håndtere en fysisk pipette og et reagensglas eller arbejder med virtuelle instrumenter, og om de selv opstiller et forsøg eller bliver guidet trin for trin gennem den eksperimentelle proces. Som Latour formulerer det: *'Technology is society made durable'* (1990). Hermed peger han på, at den måde, hvorpå vi indretter verden sociomaterielt via teknologier og inskriptioner, bliver konstituerende for bestemte forståelser og brugspraksisser. Det er derfor ikke uskyldigt, når vi implementerer en teknologi som virtuelle laboratorier i undervisningen, da dette får betydning for, hvilke didaktiske og faglige tilgange der bliver mulige, og hvad der bliver konstrueret og virkeliggjort som naturfag i skolen. Det, der grundlæggende er på spil, når en læringsteknologi som virtuelle laboratorier bliver indoptaget som en del af skolens praksis, er en kamp om, hvad skolens anliggende er og bør være. Hvordan denne kamp fortsat udvikler sig, er endnu uvist. Måske vil forsøget på at forandre naturfag med virtuelle laboratorier medføre en yderligere stabilisering af fysiske forsøg, da lærerne med kontrasten til VL får øje på kvaliteter ved hands-on erfaringen, som de før tog for givet. Eller måske vil virtuelle simuleringer blive implementeret som en del af afgangsprøven, så alle lærere og elever i den danske folkeskole bliver nødt til at gøre sig erfaringer med virtuelle laboratorier? Implementeringen af VL i skolen er således ikke stabiliseret, men er derimod en fortløbende kamp om konstruktionen af naturfag i skolen. I artiklen har jeg skrevet en del af denne kamp frem med en forhåbning om at vise, hvilke relationer, agendaer og naturfagsforståelser der knytter sig til virtuelle laboratoriers indrejse i skolen.

Noter

- 1 Teknologipagten blev oprettet i 2018 af Erhvervsministeriet, Uddannelses- og Forskningsministeriet, Børne- og Undervisningsministeriet og Beskæftigelsesministeriet for at samle og intensivere indsatsen på området. Det overordnede formål med Teknologipagten er, at flere skal uddanne sig indenfor og beskæftige sig med STEM (Science, Technology, Engineering og Mathematics) (<https://www.teknologipagten.dk/om-teknologipagten/>).
- 2 I forsøgsprøven bruger de betegnelsen virtuelle simuleringer. I artiklen bruger jeg, som nævnt, virtuelle laboratorier som en samlet betegnelse for interaktive naturvidenskabelige computermodeller.
- 3 Læringsmålene for naturfag er baseret på fire naturfaglige kompetencer: undersøgelses-, modellerings-, perspektiverings- og kommunikationskompetencen (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019c).
- 4 Figuren er inspireret af Callons illustration af det obligatoriske passagepunkt i artiklen *Some elements in a sociology of translation: Domestication of the scallops and fishermen of St. Brieuc Bay* (1987).

Referencer

- Balslev, J. 2018: *Kritik af den digitale fornuft*. Frederiksberg: Høgrete.
- Blond, L. & Olesen, F. 2021. Den sociale konstruktion af videnskabelig viden og teknologi. I: *Videnskab, teknologi og samfund: en introduktion til STS*. Danholt, P & Gad, C. Hans Reitzels Forlag.
- Børne- og Undervisningsministeriet 2018a: *Handlingsplan for teknologi i undervisningen*. København: Undervisningsministeriet.
- Børne- og Undervisningsministeriet 2018b: *National Naturvidenskabsstrategi*. København: Undervisningsministeriet.
- Børne- og Undervisningsministeriet 2019a: *Frikøb af licenser og en række andre initiativer skal styrke anvendelsen af interaktive laboratorier i naturfagsundervisningen*, 25. april.
- Børne- og Undervisningsministeriet 2019b: *Udviklingsprojekt om interaktive laboratorier Bilag 4A: Opgavebeskrivelse*. København: Undervisningsministeriet.
- Børne- og Undervisningsministeriet 2019c: *Natur/teknologi Læseplan*. København: Undervisningsministeriet.
- Callon, M. 1986: Some elements in a sociology of translation: Domestication of the scallops and fishermen of St. Brieuc Bay. I: *Power, Action and Belief*. Law, J., London: Routledge and Kegan Paul, 196-233.
- Cone, L. & Moos, L. 2022: Introduction: mapping commercial interests and imaginaries in Nordic education. *Nordic Journal of Studies in Educational Policy*, 8(1), 1-8. DOI:10.1080/20020317.2022.2045164
- Cone, L., Brøgger, K., Berghmans, M., Decuypere, M., Förschler, A., Grimaldi, E., Hartong, S., Hillman, T., Ideland, M., Landri, P., Player-Koro, C., Rensfeldt, A. B., Rönnberg, L., van de Oudeweetering, K., & Vanermen, L. 2021: Pandemic Acceleration: Covid-19 and the emergency digitalization of European education. *European Educational Research Journal – EERJ*, 1-24. <https://doi.org/10.1177/14749041211041793>
- Dement, J. & Ravn, S. 2017: Aktør-netværksteori og kvalitative interviews. I: *Kvalitative analyser – syv traditioner*. Järvinen, M. & Mik-Meyer, N. (red.). København: Hans Reitzels Forlag, 389-411.
- Elmholdt, K.T. & Ratner, H. 2021: Kapitel 1: Følg aktøren! I: *Aktørnetværksteori i praksis*. Papazu, I. & Wintherik, B.R. (red.) København: Djøf Forlag, 9-26.
- Elgaard, T. 2003: Aktør-netværksteori: en sociologi om kendsgerninger, karakter og kam-muslinger. *Papers in Organization*, nr. 48. Frederiksberg: Copenhagen Business School, 1-28.
- Elgaard, T. 2021: Kapitel 2: Inskription. I: *Aktørnetværksteori i praksis*. Papazu, I. & Wintherik, B.R. (red.) København: Djøf Forlag, 49-66.
- Lisborg, S. (2022). Virtuelle laboratorier – redskaber at tænke med. *Learning Tech – Tidsskrift for læremidler, didaktik og teknologi*, (11), 145-171. DOI: 10.7146/lt.v7i11.129301
- Lisborg, S. (2021). Virtual Educational Laboratories: Instructive or explorative learning?. *STS Encounters*, 12(1), 19-49.
- Fenwick, T. & Edwards, R. 2010: *Revisiting Actor-Network Theory in Education*. London og New York: Routledge.
- Fenwick, T. & Edwards, R. 2018: *Revisiting Actor-Network Theory in Education*. London og New York: Routledge.
- Honey, M.A., & Hilton, M.L. 2011: *Learning science through computer games and simulations*.

- The National Academies Press.
- Interlab, 2022: *Interaktive laboratorier, rapport – februar 2022*. København: Børne- og Undervisningsministeriet.
- Implement 2018: *Forundersøgelse til indsats vedr. understøttelse af elevers adgang til virtuelle laboratorier*. København: Implement.
- Justesen, L. 2005: Dokumenter i netværk. I: *Koalitative metoder i et interaktionistisk perspektiv, Interview, observationer og dokumenter*. Järvinen M. & Mik-Meyer, N. København: Hans Reitzels Forlag, s. 215234.
- Kvale S. & Brinkmann, S. 2009. *Interview: introduktion til et håndværk*. Hans Reitzel Forlag.
- Latour, B. & Woolgar, S. 1986: *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Latour, B. 1987: *Science in action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society*. Harvard University Press.
- Latour, B. 1990: Technology is society made durable. *The Sociological Review*, 38(1), 103-131.
- Latour, B. 1996. Om aktør-netværksteori. Nogle få afklaringer og mere end nogle få afviklinger. *Philosophia*, 25 (3-4), 47-64.
- Latour, B. 2005: *Reassembling the Social. An Introduction to Actor-Network Theory*. Oxford University Press.
- Law, J. 2004: *After Method. Mess in Social Science Research*. London: Routledge.
- Lee, N. & Brown, S. 1994: Otherness and the Actor Network: The Undiscovered Continent. *American Behavioral Scientist*, 37(6), 772-790.
- Olsen, C. 2018: Hvad man ikke kan erfare i et virtuelt laboratorium. *Folkeskolen.dk*, 20. maj.
- Player-Koro, C., Rensfeldt, A.B., & Selwyn, N. (2018). Selling tech to teachers: Education trade shows as policy events. *Journal of Education Policy*, 33(5), 682–703. <https://doi.org/10.1080/02680939.2017.1380232>
- Rambøll, 2018: *Indsats for IT i folkeskolen – evaluering*.
- Ramiel, H. (2019). User or student: Constructing the subject in Edtech incubator. *Discourse: Studies in the Cultural Politics of Education*, 40(4), 487–499. <https://doi.org/10.1080/01596306.2017.1365694>
- Riis, S. 2012: Klasseværelset som eksperimentarium for nye teknologier. I: *Teknologiforståelse – på skoler og hospitaler*. Hasse, C. & Dupret, K. (red.) Aarhus: Aarhus Universitetsforlag.
- Williamson, B. (2018). Startup Schools, Fast Policies, and Full-Stack Education Companies. I: *The Wiley Handbook of Global Educational Reform* (s. 283–305). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119082316.ch14>
- Williamson, B., Rensfeldt, A.B., Player-Koro, C., & Selwin, N. 2019: Education recoded: Policy mobilities in the international 'learning to code' agenda. *Journal of Education Policy*, 34, 705–725. DOI: 10.1080/02680939.2018.1476735

Abstract

Digital learning technologies are now commonplace in public schools. This article investigates how and why these technologies have found their way to the Danish classroom. Using Actor-Network Theory (ANT), it unfolds how a concrete learning technology, the virtual laboratory, has become part of learning practice. The study uses document analysis and interviews with teachers, officials, bureaucrats, consultants. Some of the actors were successful in enrolling others in their interests for the promotion of virtual laboratories as a tool to revitalize science teaching. The study also revealed how a story of competing agendas and understandings of technology challenge the role of the virtual laboratory. At the end of the article, I discuss the critical potential of applying actor-network analysis to technology.

Keywords: Actor Network theory, virtual laboratories, digital learning technologies and education politics

