

INTERNATIONALT SAMARBEJDE IDENTIFICERER 5 NØGLEKOMPETENCER HOS KOMMENDE STEM-LÆRERE

Der er i verden, Europa og Danmark stor opmærksomhed på, hvordan STEM-undervisning integreres i uddannelsessystemet. Denne artikel tager udgangspunkt i et igangværende internationalt forsknings- og udviklingsprojekt, hvor fire europæiske videregående uddannelsesinstitutioner undersøger, hvilke kompetencer lærerstuderende skal udvikle gennem deres uddannelse for at gennemføre problemorienteret integreret STEM-undervisning.

Artiklen består af to dele. Første del beskriver, hvordan projektet gennem tre faser er struktureret ud fra en model af en Design Research-proces kaldet Teori-Praksis-Teori-modellen. Design Research som undersøgelseslogik gør det muligt både at undersøge, hvilke kompetencer der er centrale for kommende STEM-lærere, og hvordan STEM-undervisning kan organiseres i læreruddannelsen, så studerende i højere grad forberedes til at gennemføre integreret STEM-undervisning. Anden del af artiklen udfolder projektets første fase. Fem nøglekompetencer for kommende STEM-lærere identificeres. De fem nøglekompetencer danner udgangspunkt for udviklede undervisningsdesign, som afprøves og evalueres i projektets anden og tredje fase.

FORFATTER

Maria Møller,

ph.d.-studerende, lektor,
læreruddannelsen, UCN

STEM-UNDERVISNING SKAL BIDRAGE TIL SAMFUNDETS STEM-AMBITION

STEM er et akronym for science, technology, engineering og mathematics. Internationalt er der samfundsmæssigt en ambition om, at flere børn og unge udvikler STEM-kompetencer, bliver dygtigere

inden for STEM-fagene, vælger STEM-uddannelser og på sigt besidder flere jobs inden for STEM-området (European Council, 2018; Undervisningsministeriet, 2018). Som følge af samfundets STEM-ambition om behovet for flere elever og studerende med STEM-kompetencer er der i uddannelsessystemet i Danmark, som i alle andre lande i Europa og verden, stor opmærksomhed på STEM-undervisning. I læreruddannelsen ved UCN er STEM-undervisning et særligt fokusområde.

I løbet af de sidste 25 år er fokus på STEM-undervisning flyttet fra individuelle discipliner til en mere integreret tilgang. Nytilkomne uddannelsesreformer i hele verden understreger, at en integreret tilgang til STEM-undervisningen spiller en særdeles væsentlig rolle. Integreret STEM-undervisning (iSTEM-undervisning) omfatter undervisning i naturfag og matematik gennem praksisserne i naturvidenskabelig undersøgelse, teknologisk og ingeniørfagligt

design, matematisk analyse og det 21. århundredes tværdisciplinære kompetencer (Johnson, 2013). Forskning har vist, at iSTEM-undervisning har potentialer i forhold til, at elever kan anvende STEM-begreber, ræsonnere på et højere niveau og har en højere tiltro til egne evner (Becker & Park, 2011). Endvidere kan en integreret tilgang give elever mulighed for at deltage i aktiviteter, der kan skabe forbindelser på tværs af STEM-fag (Honey et al., 2012). Tværfaglige forbindelser kan hjælpe elever til at lære om eksistensen og relevansen af STEM-karrierer, øge elevers interesse for STEM-uddannelse og understøtte elevers personlige behov i forhold til at blive en tilfreds, produktiv og vidende samfundsborger. iSTEM-undervisning kan således være en tilgang, som kan imødekomme samfundets behov for flere børn og unge med STEM-kompetencer.

Ud fra definitionen af iSTEM-undervisning efterspørges en problemorienteret undervisning, hvor naturfag og matematik samarbejder tværfagligt ved at inddrage teknologi og engineering-aktiviteter. Det er ikke nogen let opgave at gennemføre iSTEM-undervisning. Det kræver en indsigt i karakteristika for iSTEM-undervisning, og det er ikke en selvfølgelighed for alle STEM-lærere. Særligt blandt nye STEM-lærere er der et behov for at forstå, hvad der er særligt ved iSTEM-undervisning.

Læreruddannelsen ved UCN deltager i et 2-årigt Erasmus+-projekt kaldet *CiSTEM² – Cooperative Interdisciplinary Student Teacher Education Model for Coaching integrated STEM*. Projektet er et internationalt samarbejde mellem UCN, Aalborg, Óbuda University, Ungarn, University of Cyprus, Cypern, European Society for Engineering Education (SEFI) og KU Leuven (Katholieke Universiteit Leuven), Belgien. Formålet med projektet er at udvikle et

rammeverk for, hvordan læreruddannelse i Europa kan forberede lærerstuderende til at gennemføre iSTEM-undervisning i deres kommende undervisningspraksis. Der er behov for, at nyuddannede lærere har en integreret tilgang til STEM-undervisning, så flere børn og unge kan anvende STEM-begreber, ræsonnere på et højere niveau og har en højere tiltro til egne evner.

EN PÆDAGOGISK FANTASI OM, AT FLERE LÆRERSTUDERENDE ER KLÆDT PÅ TIL ISTEM-UNDERVISNING

Projektet *CiSTEM²* motiveres af en forestilling om, at det er *muligt* at uddanne lærere, som har kompetencer til at gennemføre problemorienteret undervisning, hvor naturfag og matematik samarbejder tværfagligt. Denne forestilling beskrives som en *pædagogisk fantasi*.

Skovmose (2006) introducerer begrebet pædagogisk fantasi i sin model om kritisk forskning. Ifølge Skovmose etablerer pædagogisk fantasi en spænding og samtidig en relation mellem en aktuel og en forestillet situation. Fantasien refererer til den konceptuelle konstruktion, der formulerer, at

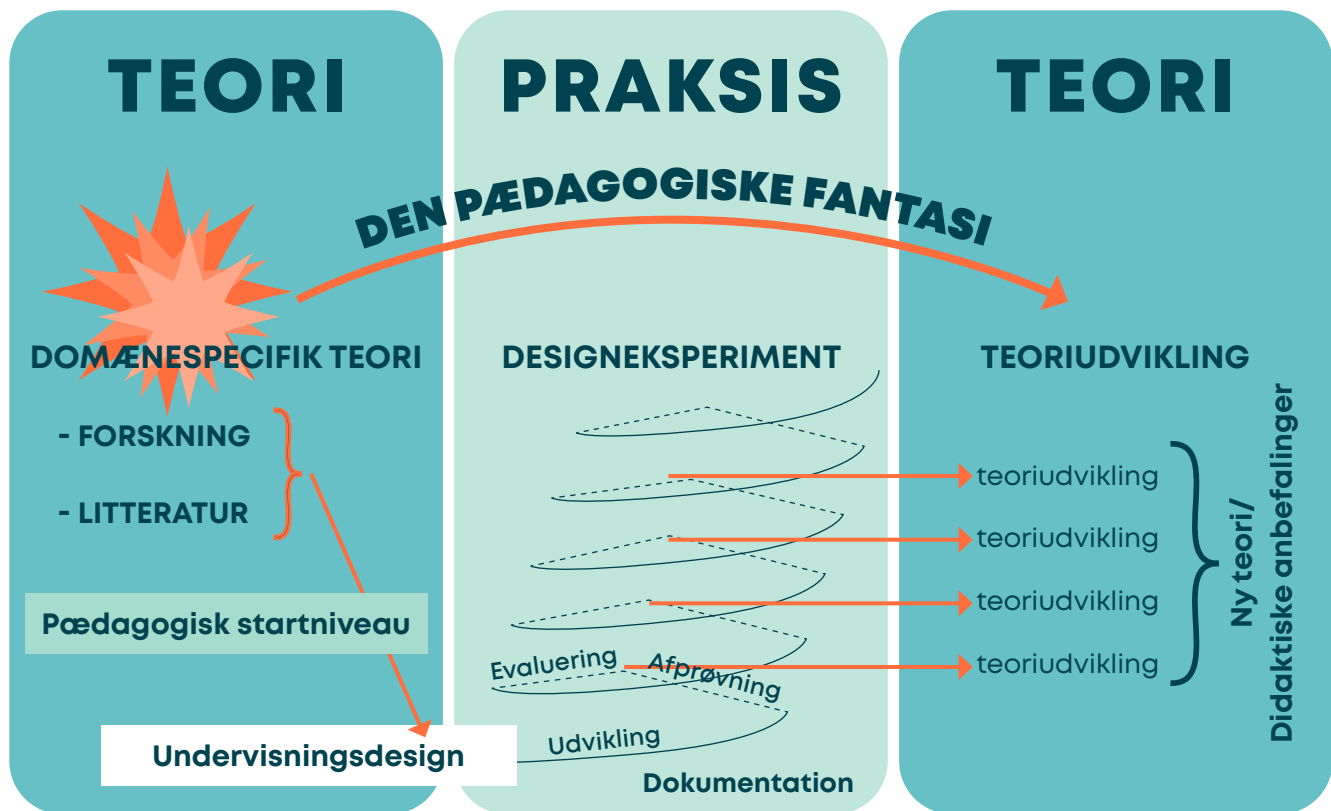
noget kan være anderledes. Spørgsmål som *Er det muligt? Kan man forestille sig? Kan det tænkes?* bliver relevante.

Motivationen for undervisere og forskere i *CiSTEM²*-projektet er en pædagogisk fantasi om, at det må være muligt gennem et internationalt samarbejde at generere viden om, hvordan læreruddannelse på tværs i Europa på en meningsfuld måde kan forberede studerende til at gennemføre effektiv iSTEM-undervisning.

Hensigten med denne artikel er at bidrage med viden om, dels hvilke kompetencer lærerstuderende bør udvikle gennem deres uddannelse for at gennemføre iSTEM-undervisning i deres kommende undervisningspraksis, og dels hvordan læreruddannelse kan understøtte denne udviklingsproces. Følgende problemformulering er styrende for artiklen:

- 1) *Hvilke kompetencer karakteriserer lærere der gennemfører iSTEM-undervisning, og*
- 2) *hvordan kan undervisere ved læreruddannelsen tilrettelægge undervisningen, så lærerstuderende forberedes til at gennemføre iSTEM-undervisning.*





Figur 1: TPT-modellen – en model for en Design Research-proces. Modellen er udviklet i mit speciale (Møller, 2018), og den er tilpasset med få ændringer til nærværende projekt.

DEL 1: CISTEM²-PROJEKTETS METODOLOGI

Denne del af artiklen begrundes, hvorfor Design Research (DR) er CiSTEM²-projektets undersøgelseslogik. En model af en DR-proces kaldet Teori-Praksis-Teori (TPT-model) præsenteres i Figur 1. Modellen skaber struktur for både at undersøge STEM-lærerkompetencer og organisere projektet.

Den pædagogiske fantasi er styrende for projektets design. Tanker og forestillinger om, at det må være muligt på en meningsfuld måde at udvikle lærerstuderendes kompetencer til at gennemføre iSTEM-undervisning, har betydning for, at projektet vælger DR som undersøgelseslogik. Ifølge diSessa & Cobb (2004) er det gennem DR muligt at undersøge læringsprocesser, hvordan de understøtter læring og deres organisering på samme tid.

Et bærende element i en DR-proces er et undervisningsdesign, der gennem designeksperimenter udvikles, afprøves og evalueres iterativt. Ifølge Ejersbo (2017) skal et undervisningsdesign funderes på *teori*, og på en grundig analyse af *praksis* udvikles realiserbare og legitime didaktiske anbefalinger, som genererer *ny teori*. Denne tredeling af en DR-proces understøtter positionerne Teori-Praksis-Teori i TPT-modellen i Figur 1.

Formålet med projektet CISTEM² er at udvikle et rammeværk for, hvordan læreruddannelser på tværs i Europa kan forberede lærerstuderende til at gennemføre iSTEM-undervisning. Projektet struktureres ud fra de tre positioner: Teori-Praksis-Teori. I projektets første fase identificeres de nøglekompetencer, som er særlige for lærere, der gennemfører iSTEM-undervisning (iSTEM-lærere).

Nøglekompetencerne er et resultat af en hermeneutisk analyse af empiri fra et online transnationalt projektmøde. Denne del af projektet er gennemført og afsluttet, og en nærmere beskrivelse og uddybning af analysen og resultater herfra udgør artiklens anden del.

I projektets *anden fase* udvikles med udgangspunkt i de identificerede nøglekompetencer en prototype på et undervisningsdesign, som afprøves i praksis. Dette gøres nationalt i projektdeltagernes respektive uddannelseskontekster gennem et antal *designeksperimenter*. Et designeksperiment består af det udviklede undervisningsdesign, som afprøves og evalueres i praksis. I TPT-modellen er designeksperimenter illustreret med en opadgående spiral, der skal læses nedefra og op. Den første prototype på et undervisningsdesign demonstrerer ifølge Gynther et

al. (2012) kun de grundlæggende principper i et nyt koncept omkring iSTEM-undervisning i læreruddannelsen. Efter afprøvning i praksis skal de enkelte prototyper evalueres med det formål, at de udviklede designs bliver så robuste, at de kan anvendes i forskellige kontekster (diSessa & Cobb, 2004). Designeksperimenter etablerer dermed mulighed for udvikling af *ny teori* og *didaktiske anbefalinger*, hvilke i TPT-modellen føres over i tredje position. I projektets *tredje fase* genereres didaktiske anbefalinger og teoretiske udsagn. Den nye teori må dels have et anvendelsespotentiale for underviserne ved de enkelte læreruddannelser, og dels må de overskride den lokale kontekst og det specifikke undervisningsdesign. Anden og tredje fase i projektet er igangværende, og derfor er det i denne artikel ikke muligt at dokumentere designeksperimenter eller komme med endelige didaktiske anbefalinger. Ved projektets afslutning forventes didaktiske anbefalinger om gennemførelse af iSTEM-undervisning på læreruddannelsen på tværs af lande og uddannelsesniveau i Europa.

DEL 2: NØGLE-KOMPETENCER HOS ISTEM-LÆRERE

I denne del af artiklen uddybes og nuanceres, hvordan TPT-modellens første position anvendes i projektets første fase til at identificere karakteristika for lærere, der skal gennemføre iSTEM-undervisning.

Indsamling af data

Gennem projektet mødes projektdeltagerne to gange hvert semester for at dele viden fra deres respektive uddannelsespraksisser, oparbejde en fælles forståelse for iSTEM-undervisning og holde sig opdateret om projektets forventede intellektuelle outputs og aktiviteter.

Et tredagsopstartsmøde dannede basis for indsamling af empirisk data til projektets første fase.

Mødet blev afholdt over tre eftermiddage online på Teams grundet covid-19-situationen. Undervisere og forskere fra UCN-læreruddannelsen, Aalborg, deltog sammen med undervisere og forskere fra kandidatuddannelsen i "Teaching in Science and Technology" ved KU Leuven, Belgien, og undervisere og forskere fra ingeniøruddannelsen ved Óbuda University, Ungarn. Der var 1-3 repræsentanter fra hver af de tre uddannelsesinstitutioner til stede under mødet.

En DR-proces begynder ved et "clash", illustreret med en sammenlagt orange stjerne i Figur 1. Et clash illustrerer, at der ud fra kendt teori identificeres en pædagogisk problemstilling. I CiSTEM²-projektet er projektets clash at *gennemføre problemorienteret iSTEM-undervisning*.

På opstartsmødet sætter udfordringerne ved at gennemføre problemorienteret iSTEM-undervisning gang i projektdeltagernes overvejelser om, hvilke kompetencer der karakteriserer STEM-lærere, og hvordan effektiv iSTEM-undervisning kan praktiseres. Det er sådanne overvejelser, litteraturen kalder "Ontological Innovation" (diSessa & Cobb, 2004), og som ifølge Ejersbo (2017) kan betegnes som den pædagogiske fantasi.

Observation af projektopstartsmøde

Opstartsmødet optages via Teams' screen-rekorder. Mp4-filen uploades efterfølgende i en fælles Teams-folder. Den projektsvarlige fra KU Leuven har forberedt en agenda til mødet og har endvidere foreslået, at hver uddannelsesinstitution forbereder en præsentation af sig selv. På opstartsmødet præsenterer deltagerne først en kort introduktion af deres organisation med fokus på den kontekst, som projektet vil blive implementeret i (fx læreruddannelse, målgruppe, forskergruppe etc.), dernæst

organisationens rolle og ansvar i projektet, herunder intellektuelle output og aktiviteter gennem projektet, og til slut deres forståelse af iSTEM-undervisning begrundet i forskning, igangværende aktiviteter med STEM-undervisning samt erfaringer hermed.

Præsentationerne dokumenterer projektdeltagernes uddannelseskontekst og deres teoretiske udgangspunkt for STEM-undervisning. Agenda og deltagerpræsentationer gemmes i den fælles Teams-folder. Gennem fremlæggelserne præsenteres forskellige teorier, som understøtter nogle af de tiltag, der er igangsat i de tre uddannelsesinstitutioner. KU Leuven præsenterer fx teorier for principper for iSTEM-undervisning (Thibaut et al., 2018), og UCN præsenterer teorier om eksemplariske undervisningsforløb i læreruddannelsen (baseret på Wagenschein (2012)). Disse *domænespecifikke teorier* er vigtige for en DR-proces og er indlejret i modellen i Figur 1. De forskningsartikler, hvori teorierne er beskrevet, lægges i den fælles Teams-folder.

Undervejs i fremlæggelsen stilles der på tværs af deltagerne spørgsmål til uddybelse af det præsenterede. Spørgsmålene er af typen: *Hvordan tilrettelægges I ...? Hvilke udfordringer har I med ...? Hvad siger de studerende til, at ...? Hvordan er sammenhængen mellem jeres læreplaner, og det, I fremlægger, når nu ...? Hvad er jeres erfaringer med ...?* Særlige udsagn og pointer fra fælles drøftelser af ovenstående spørgsmål noteres og samles i et fælles referat.

Skærmoptagelser af online projektmøde, agenda, deltagerpræsentationer, forskningsartikler og et fælles referat udgør artiklens empiriske materiale. Alt ligger tilgængeligt for projektdeltagerne på projektets Teams-folder.

ANALYSE

Episoder fra skærmoptagelser, slides fra PowerPoints, forskningsartikler og referatet er genstand for artiklens analyse. Projektet har et hermeneutisk videnskabssyn, som medfører, at der gennem analysen hele tiden foregår en kontinuerlig proces frem og tilbage mellem dele og helhed (Kvale & Brinkmann, 2015). En forståelse af de enkelte projektdeltageres kontekst (*projektets enkelte dele*) skal være med til at give en forståelse af projektets samlede formål (*helheden*). En fælles forståelse på tværs af lande og uddannelseskontekster skal så igen give en mere dybdegående forståelse for de enkelte projektdeltageres kontekst.

Det pædagogiske startniveau

Skærmoptagelsen af opstartsmødet dokumenterer projektdeltageres *pædagogiske startniveau*. Det pædagogiske startniveau er placeret i første position i TPT-modellen og beskriver projektdeltageres kontekst og status i forhold til iSTEM-undervisning. Hos læreruddannelsen ved UCN fremlægger underviserne deres erfaringer med at arbejde undersøgende og problemorienteret i både matematik og naturfag. En

trefaset model for en matematisk undersøgelse præsenteres, og underviseren redegør for, hvordan centrale aktiviteter i undersøgende undervisning er en fast del af matematikundervisningen på læreruddannelsen. Ligeledes gives eksempler på, at der i naturfagsundervisningen arbejdes undersøgende og problemorienteret. Underviseren giver et eksempel på, at en autentisk problemstilling om affaldsindsamling har været udgangspunkt for at gennemføre en naturfaglig undersøgelse. Erfaringer med iSTEM-undervisning nævnes mundtligt under UCN's præsentation. En forsker forklarer, at der, som et led i fokuseringen på STEM-undervisning ved læreruddannelsen, var tilrettelagt en fælles workshop med iSTEM-undervisning som tema, men at den desværre blev aflyst pga. covid-19. Workshopen var tilrettelagt af lærerstuderende, og der var inviteret otte 8. klasser, som i løbet af en hel formiddag skulle deltage i forskellige arbejdsgrupper, hvor de fik lov at arbejde problemorienteret med forskellige STEM-faglige problemstillinger. KU Leuven fremlægger, hvordan de har oprettet et valgfagsmodul, som henvender sig til studerende, der skal undervise i STEM-fag i gymnasiet. Undervisere forklarer, at valgfagsmodulet er for studerende med forskellige STEM-discipliner som hovedfag. En online-plattform er omdrejningspunkt for samarbejdet, og der gives konkrete eksempler på de forløb, studerende har udviklet gennem modulet. Fx hvordan studerende har arbejdet med "det intelligente køleskab". Forskere fra Óbuda University forklarer, at de arbejder med efteruddannelse af undervisere om planlægning og organisering af læring i forhold til at kombinere STEM-begreber. De giver eksempler på, hvordan de har indarbejdet flere STEM-faglige begreber i et e-læringsmodul.

Det er meget forskelligt, hvad de tre projektdeltagere (forskere) tænker om og forstår ved

iSTEM-undervisning i relation til læreruddannelse. Det kommer til udtryk i deres præsentationer og de efterfølgende kommentarer og diskussioner. Fx uddyber en forsker fra KU Leuven principper for iSTEM-undervisning ud fra Thibaut et al. (2018). Hun fortæller, at valgfagsmodulet ved KU Leuven er bygget op om principperne, og en af hendes kolleger bakker op om, at de har flere erfaringer med at implementere iSTEM-undervisning. Forskeren fra Ungarn giver udtryk for, at han ikke har nogen holdning til særlige principper for iSTEM-undervisning.

Undervisere fra UCN forklarer, hvordan de i en dansk læreruddannelse arbejder med eksemplariske forløb, hvor de studerende afprøver undervisningsforløb og efterfølgende på et metaplan reflekterer over, hvorfor det er relevant, hvad der virker, og hvordan det kan omsættes til undervisning i folkeskolen. Denne tilgang til undervisning er karakteristisk for læreruddannelse i Danmark. En underviser beskriver, hvordan man ved UCN i et specialiseringsmodul om teknologiforståelse har afprøvet eksemplariske forløb om pseudokode og flowchart, programmering i Scratch og gennemførelse af en designproces med inddragelse af 3D-print. Billeder af de studerendes arbejde vises i præsentationen. Undervisere fra Belgien og Ungarn forklarer, at de ikke har tradition for at implementere eksemplariske forløb i deres undervisning.

Domænespecifik teori – principper for iSTEM-undervisning

Selvom det gennem skærmoptagelsen fra opstartsmødet fremgår, at det er forskelligt, hvordan der bliver arbejdet med iSTEM-undervisning, og hvor meget erfaring der dermed er hos de tre projektdeltagere, så er der i diskussionerne også tegn på fællestræk. Fx er alle parter enige om, at det er centralt, at de studerende arbejder problemorienteret med udgangspunkt i en aktuel

hverdagsproblemstilling. Deltagerne er også enige om, at der er nødt til at være en eller anden form for tværfaglighed til stede, før de kan kalde det iSTEM-undervisning. I referatet står der: "problemorienteret udgangspunkt – bred enighed" og "hvad mener vi med tværfaglig – er der grader deraf? (min oversættelse)".

I snakken om at kortlægge, hvad de studerende skal opnå i projektet, opstår der en diskussion om forskellen på, hvad lærerstuderende skal lære, og hvad deres elever skal lære. I referatet er noteret et opmærksomhedspunkt omkring: "vi må differentiere mellem det, vi ønsker, de studerende skal lære, og det, deres kommende elever skal lære (min oversættelse)".

For at få et fælles udgangspunkt for, hvad projektdeltagerne ønsker de studerende skal få ud af projektet, tager projektdeltagerne en fælles beslutning om at tage afsæt i principperne for iSTEM-undervisning fra Thibaut et al. (2018). De bestemmer sig for, at følgende fem principper kendetegner iSTEM-undervisning: *Problemcentreret læring, Integration af STEM-faglige begreber, Undersøgelse- og designbaseret læring, Cooperative learning, Fokus på relationel begrebsforståelse.*

Med udgangspunkt i tanken og forestillingen om, at det faktisk er muligt at klæde studerende på til at gennemføre iSTEM-undervisning, diskuterer forskere og undervisere frem og tilbage, hvilke kompetencer studerende må udvikle, for at de bliver i stand til at gennemføre de fem principper for iSTEM-undervisning.

Der er under diskussionen opmærksomhed på at adskille karakteristika for de studerendes egne faglige kompetencer, deres lærerfaglige kompetencer og de kompetencer, deres kommende elever skal udvikle. Det ses i referatet med notater omkring: "Vi skal være opmærksomme på, at der er forskel på: de lærerstuderendes STEM-kompetencer,

lærerkompetencer og elevers STEM-kompetencer (min oversættelse)".

Under diskussionen stiller en forsker spørgsmålet: "Har vi behov for en definition af kompetence?". Spørgsmålet drøftes, og projektdeltagerne bliver enige om, at en fælles forståelse af kompetence er nødvendig. Ved at kigge i de forskningsartikler, der ligger i Teams-folderen, definerer deltagerne en fælles forståelse af kompetence som: dels viden, færdigheder og holdninger (*knowledge, skills and attitudes*) i en given kontekst, dels indsigtfuld parathed til at handle hensigtsmæssigt i situationer, som rummer en bestemt slags udfordringer.

Projektdeltagerne er opmærksomme på, at de karakteristika, de finder frem til, skal udfoldes med blik for, at de både skal være relevante for den enkelte uddannelsesinstitution og for projektet som helhed. Ifølge DR giver det kompetencebeskrivelserne en brugsværdi uden for de enkelte deltagers kontekster, hvilket gør dem værdifulde i både en national og international kontekst.

I diskussionen om, hvad der kendetegner effektive iSTEM-lærere, taler deltagerne om, at *integration af STEM-faglige begreber* kan være udgangspunkt for at arbejde tværfagligt mellem matematik og naturfag. Der gives et eksempel på, at en studerende, der fx har undervisningsfag i matematik, langt fra sikkert også har viden om fysisk/kemi eller biologifaglige emner. Projektdeltagerne bliver enige om, at det er væsentligt, at de studerende er i stand til at nå ud til kolleger fra andre fag i jagten på at skabe meningsfulde forbindelser mellem fagbegreber fra forskellige discipliner. Projektdeltagerne drøfter også særlige kendetegn for en undervisning, der både er *undersøgelsesbaseret* og har *fokus*

på relationel begrebsforståelse. De når frem til, at det at gennemføre undersøgelsesbaseret undervisning kræver, at man er i stand til at rammesætte undervisning omkring udfordringer i den virkelige verden, og at man kan bruge modeller som redskaber til at uddybe elevers begrebsforståelse af relevante STEM-faglige begreber.

Teorien om principper for iSTEM-undervisning holdes hele tiden op imod projektdeltagernes erfaringer med iSTEM-undervisning og deres pædagogiske fantasi om, at det er muligt at forberede lærerstuderende til iSTEM-undervisning. Gennem livlig diskussion i en frem og tilbage-proces arbejder projektdeltagerne sig gennem opstartsmødet nærmere på en identifikation af særlige kompetencer for iSTEM-lærere. Deltagerne er hele tiden opmærksomme på, at de ønsker kompetencebeskrivelser, der er relevante på tværs af projektdeltagernes uddannelseskontekst. Ifølge Kvale & Brinkmann (2015) er en meningsfortolkning først afsluttet, når man er nået frem til en forståelse af data, hvor der ikke er logiske modsigelser.

FUND – 5 NØGLEKOMPETENCER FOR ISTEM-LÆRERE

Analysen foregår over alle tre eftermiddage på opstartsmødet og resulterer i fem nøglekompetencer for iSTEM-lærere. De fem nøglekompetencer karakteriseres ved, at iSTEM-lærere er i stand til at:

- værdsætte karakteren og vigtigheden af integreret STEM-undervisning.
- centrere deres klasserumsprincipper omkring udfordringer i den virkelige verden, der stimulerer elever til at lære og forbinde begreber og færdigheder fra forskellige STEM-fag.
- bruge modeller som redskaber til at uddybe elevernes begrebsforståelse og til at underbygge tværdisciplinære sammenhænge mellem (STEM-)fag.
- nå ud til kolleger på tværs af STEM-discipliner i jagten på at skabe meningsfulde og indsigtfulde forbindelser mellem læringsmål fra forskellige STEM-fag.
- stimulere og støtte elever i at opsætte og udføre meningsfuld, videnskabeligt baseret undersøgelse og designprocesser.

De fem nøglekompetencer er artiklens bidrag til forskningsfeltet og giver svar på, hvilke kompetencer der karakteriserer lærere, der gennemfører effektiv iSTEM-undervisning.

DISKUSSION

I dette afsnit diskuteres, dels hvorfor TPT-modellen kan anvendes til at give svar på, hvordan undervisere ved læreruddannelsen kan tilrettelægge undervisning, så lærerstuderende forberedes til at gennemføre iSTEM-undervisning, og dels hvordan de fundne nøglekompetencer stemmer overens med resultater fra forskningen om iSTEM-undervisning.

TPT-modellen versus ELYK-modellen

Ifølge diSessa og Cobb (2004) er det

gennem en DR-proces muligt at undersøge, hvordan læringsprocesser understøtter læring og deres organisering på samme tid. TPT-modellen anvendes til at strukturere CiSTEM²-projektet gennem tre positioner: Teori-Praksis-Teori. En model af en DR-proces er også illustreret i ELYK-modellen (Gynther et al., 2012). ELYK-modellen består af fire faser: kontekst, LAB, intervention, refleksion. Gynther et al. (2012) betegner første fase af ELYK-modellen som *kontekst*. I denne fase figurerer begreber som domænekendskab og identifikation. Kontekst kan sammenstilles med TPT-modellens første teori-position. I ELYK-modellens første fase foretages problemidentifikationen ved, at forskere og praksisdeltagere i fællesskab analyserer problemer i en given praksis. ELYK-modellen inddrager også domænespecifikke teorier i problemidentifikationen, men ser i højere grad en given læringskontekst fra praksis som central. Gynther et al.

(2012) distancerer sig fra traditionel Design Research ved at oversætte "problemidentifikation" til "identifikation af innovationspotentiale". Den pædagogiske fantasi kan godt opfattes som det samme som innovationspotentiale, men ifølge Møller (2018) er en fantasi mere end et potentiale. En fantasi rækker ud over det, der ifølge teorierne er muligt, hvorved sandsynligheden for identifikation af nye teorier og didaktiske anbefalinger til undervisningsdesign øges. Designeksperimenter er centrale for praksisfasen i TPT-modellen. Gennem udvikling, afprøvning og evaluering af undervisningsdesigns foregår en teoriudvikling, som i tredje position bliver til ny teori og didaktiske anbefalinger. I ELYK-modellen inkorporeres disse processer i LAB-, Intervention- og refleksionsfasen. En styrke ved TPT-modellen som strukturingsværktøj er, at undervisere ved læreruddannelsen kan arbejde med de to teori-positioner i fællesskab med alle projektets deltagere, og så kan de gennemføre designeksperimenterne i egen kontekst. Denne strukturering gør det overskueligt for undervisere ved læreruddannelsen ved UCN at tilrettelægge undervisning med henblik på at forberede lærerstuderende til at gennemføre iSTEM-undervisning.

Perspektivering af de 5 nøglekompetencer for iSTEM-lærere

Artiklens bidrag til forskningsfeltet består af fem nøglekompetencer for iSTEM-lærere. Den første kompetence består i at værdsætte karakteren og vigtigheden af integreret STEM-undervisning. Ifølge Johnson (2013) er forandring og innovation inden for iSTEM-undervisning nemmere, når man ved, hvad STEM er. Derfor er det afgørende, at studerende får viden om de potentialer, der er ved iSTEM-undervisning. Den anden kompetence handler om, at

Lærere kan centrere deres klasse-rumsprincipper omkring udfordringer i den virkelige verden. Sådanne udfordringer kan være åbne autentiske problemstillinger kaldet socio-scientific issues (SSI). Ifølge Maass et al. (2019) understøtter SSI arbejdet med naturvidenskabelige og matematiske modelleringer, hvilket kan være en måde at stimulere elever til at lære og forbinde begreber og færdigheder fra forskellige STEM-fag. Dette er omdrejningspunktet for den tredje kompetence, som handler om, at lærere skal være i stand til at bruge modeller som redskaber til at uddybe elevernes begrebsforståelse og til at underbygge tværdisciplinære sammenhænge mellem (STEM-)fag. Fjerde kompetence omhandler evnen til at samarbejde med kolleger på tværs af STEM-discipliner. Der findes forskellig grad af tværfagligt samarbejde. I projektet her er det også forskelligt, hvordan deltagerne har tradition for at samarbejde på tværs af discipliner. Projektet har en integreret tilgang til STEM-undervisning, og ifølge Hourigan et al. (2021) er der større tradition for, at lærere i folkeskolen har undervisningskompetence i flere fagligheder, end der er på ungdomsuddannelserne. De fem principper fra Thibaut et al. (2018), som projektet tager udgangspunkt i, er med til at stimulere og støtte elever i at opsætte og udføre meningsfuld, videnskabeligt baseret undersøgelse og designprocesser. Denne pointe udgør femte og sidste kompetence for effektive iSTEM-lærere.

TPT-modellens fordele og ulemper

Denne artikel har præsenteret TPT-modellen som struktur for, hvordan undervisere ved læreruddannelsen kan tilrettelægge undervisning, som forbereder lærerstuderende til at gennemføre iSTEM-undervisning. TPT-modellen bygger på en DR-proces, hvis særlige kendetegn er kravene til dokumentation, refleksion, generalisering for at sigte med en

teorigenerering. I projektets sidste fase skal sådanne teorier formuleres, så de er så robuste, at de overskrider den nationale kontekst og kan anvendes på tværs af læreruddannelser i Europa. Det er i den forbindelse vigtigt at være opmærksom på, at projektets designeksperimenter opskaleres og gentages i andre kontekster med henblik på at afgøre, om de udviklede designs er robuste nok til generaliseringer. Vi er dermed i projektet opmærksomme på, at de didaktiske anbefalinger, vi finder gennem dette projekt, må forstås med en vis grad af forbehold.

Fordelen ved TPT-modellen er, at den tillader, at forskere og undervisere i fællesskab evaluerer, analyserer og re-designer de designs, der er eksperimenteret med. Dette fælles samarbejde giver mulighed for at udvikle undervisning på læreruddannelser nationalt, samtidig med at der på tværs af videregående uddannelser i Europa udvikles undervisningspraksisser, som kan bidrage til, at flere lærere kan gennemføre iSTEM-undervisning. Forhåbentlig vil dette på den lange bane bidrage til det internationale samfunds ambition om, at flere børn og unge udvikler STEM-kompetencer. Projektets metode har dermed styrke til både at forandre lokale kontekster, samtidig med at det lever op til Erasmus+-programmets intention om at styrke kvaliteten af videregående uddannelser på tværs af landegrænser og fremme europæisk samarbejde.

INTERNATIONALT SAMARBEJDE HAR INDFLYDELSE PÅ PRAKSIS

Udarbejdelsen af de fem nøglekompetencer for iSTEM-undervisning gennem projektet CiSTEM² har sat sit præg på undervisningen ved læreruddannelsen. Dels fordi nøglekompetencerne dannede udgangspunkt for at udvikle nye

undervisningsdesign, som skulle afprøves og evalueres i projektets anden og tredje fase, dels fordi de undervisere og forskere, der deltog i projektet, blev opmærksomme på, hvor der var brug for yderligere tiltag.

I foråret 2022 blev der udviklet og gennemført et undervisningsforløb i naturfagsundervisningen, der tog udgangspunkt i problemstillingen: *Hvordan bestemmes vandstanden i en lukket tank?* Gennem en designproces skulle de studerende undersøge, hvordan de ved brug af en micro:bit og en radiosender kunne bestemme vandstanden i en lukket tank. Efter forløbet skulle de studerende reflektere over, hvorfor det er relevant at tage udgangspunkt i en

problemstilling fra den virkelige verden, og hvilken betydning det havde at gennemføre de forskellige faser i designprocessen. Undervisningsforløbet arbejdede med udvikling af 2. og 5. nøglekompetence.

Et andet tiltag, som er affødt af CiSTEM² -projektet, er et oplæg om de fem nøglekompetencer til forskningens døgn ved UCN. Til oplægget havde undervisere og studerende ved læreruddannelsen mulighed for at høre om projektets formål, metodiske tilgang og få en uddybning af både iSTEM-undervisning og de fem nøglekompetencer. Oplægget bidrog til, at undervisere og studerende (også

dem uden matematik og naturfag som undervisningsfag) fik viden om karakteren og vigtigheden af integreret STEM-undervisning (1. nøglekompetence). En opfølgning hertil må være, at der indgås aftaler om, hvordan undervisere på tværs af STEM-discipliner konkret skaber meningsfulde og indsigtsfulde forbindelser mellem læringsmål fra forskellige STEM-fag (4. nøglekompetence). Ved at tilrettelægge eksemplariske forløb for lærerstuderende er der mulighed for, at de studerende vil arbejde med denne kompetence.

Der er ingen tvivl om, at det kræver vedholdenhed fra projektdeltagerne at fastholde målet om

at dele viden om de fem nøglekompetencer bredt ved læreruddannelsen og at få dem implementeret i både matematik- og naturfagsundervisningen. Det er velkendt fra litteraturen, at det er udfordrende at forandre praksis som følge af et enkeltstående projekt. Alligevel er projektdeltagernes forhåbning, at man ved læreruddannelsen ved UCN fortsat vil prioritere fokus på iSTEM-undervisning og udvikling af nøglekompetencer hos kommende STEM-lærere.

Litteraturliste

- Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 12.
- diSessa, A. A., & Cobb, P. (2004). Ontological innovation and the role of theory in design experiments. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 77-103.
- Ejersbo, L. R. (2017). *Design Research – og den pædagogiske fantasi – et oplæg på modulet: Pædagogisk Forskning- og Udviklingsarbejde*, DPU. Aarhus Universitet, DPU – forelæsning ved PFU, kandidatuddannelsen i matematik.
- European Council. (2018). COUNCIL RECOMMENDATION of 22 May 2018 on key competences for lifelong learning. In *Official Journal of the European Union*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AC%3A2018%3A189%3ATOC>
- Gynther, K., Christensen, O., & Petersen, T. B. (2012). Design-Based Research: introduktion til en forskningsmetode i udvikling af nye E-læringskoncepter og didaktisk design medieret af digitale teknologier. *Læring Og Medier*, Årg. 5 nr. 9.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2012). National Academy of Engineering and National Research Council (2014). STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research. *Washington, DC: National Academies Press*. *Doi*, 10. <https://doi.org/10.18612>.
- Hourigan, M., O'Dwyer, A., Leavy, A. M., & Corry, E. (2021). Integrated STEM—a step too far in primary education contexts? *Irish Educational Studies*, 1-25. <https://doi.org/10.1080/03323315.2021.1899027>
- Johnson, C. C. (2013). Conceptualizing integrated STEM education. *School Science and Mathematics*, 113(8), 367-368.
- Kvale, S., & Brinkmann, S. (2015). *Interview: Det kvalitative forskningsinterview som håndværk*. Hans Reitzels Forlag.
- Maaß, K., Geiger, V., Ariza, M. R., & Goos, M. (2019). The Role of Mathematics in interdisciplinary STEM education. *ZDM*, 1-16.
- Møller, M. (2018). *Kvalitativ begrebsforståelse – Et designbaseret forskningsprojekt om udvikling af kvalitativ begrebsforståelse hos lærerstuderende med matematik fra 1. til 6. klassetrin* https://www.ucviden.dk/ws/portalfiles/portal/151573860/M_ller_M._2018_Kvalitativ_begrebsforst_else.pdf
- Skovsmose, O. (2006). Kritisk forskning-pædagogisk udforskning. In *Kunne det tænkes?: om matematiklæring* (pp. 255–272). Malling Beck.
- Thibaut, L., Ceuppens, S., de Loof, H., de Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., de Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., van de Velde, D., van Petegem, P., & Depaëpe, F. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. In *European Journal of STEM Education* (Vol. 3, Issue 1).
- Undervisningsministeriet. (2018). *National naturvidenskabsstrategi*. <https://astra.dk/kommissorium>
- Wagenschein, M. (2012). Om begrebet eksemplarisk undervisning. *MONA-Matematik-Og Naturfagsdidaktik*, 4.