

Augmented Reality som wearable

Et design for visuel læring i sygeplejerskeuddannelsens anatomiundervisning

Artiklen er en dobbelt publikation. Originalartiklen er publiceret i Læring & Medier (LOM) – nr. 14 – 2015. Side 1-23.

Mie Buhl¹ og Annette Rahn²

¹.Institut for Kommunikation, Aalborg Universitet, A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV

²VIA-Sundhed, Sygeplejerskeuddannelsen i Horsens, Chr. M. Østergaards Vej 4, 8700 Horsens

Kontakt: ¹mib@hum.aau.dk og ²aran@via.dk

Abstract

The article presents a project about design and implementation of Augmented Reality (AR) as a digital wearable in nursing education, more specifically in teaching lung anatomy and respiration focusing on visual learning. The project investigates how an AR application operated via an iPad and a tag worn by a person enhances learning of the relations between the physical lung and the visual representation of a lung. The investigation addressed draws on Design Based Research (DBR) and theoretical knowledge of AR and wearables, Inquiry Based Science Education (IBSE) visual learning, and visual cultures of medicine. The design tests show that AR and wearables promote visual learning in a positive way. Furthermore, the design tests show that even small technical adjustments change students' focus from learning content to technological improvements.

Finally, we conclude that the combination between wearable and IBSE facilitate visual learning and support a holistic approach to learning anatomy which may be transferred to patient care.

Introduktion til projektet

Augmented Reality (AR) vinder frem inden for undervisning. AR-teknologi kan ved hjælp af computergenererede sensorer facilitere en udvidet oplevelse af en foreliggende fysisk virkelighed i form af fx billeder, video eller lyd. I et litteraturreview skelner Dunleavy & Dede (2013) mellem to typer tilgængelige AR-teknologier: location-aware, der aktiveres ved hjælp af GPS, når den lærende bevæger sig i et område, og vision-based, der aktiveres, ved at en smartphone eller iPad peger på en markør. Selvom location-aware er

den mest udbredte inden for undervisningsverdenen, er denne artikels omdrejningspunkt vision-based – den synsbaserede – AR, der først og fremmest sigter på at udvide en synsoplevelse. Den synsbaserede AR skaber via teknologien mulighed for at applikere et billede på en baggrund. Den skaber oplevelsen af at se mere end eller se igennem den foreliggende kontekst, hvori teknologien optræder. Det er denne oplevelse af at se igennem, som knyttes til projektet Augmented Reality som innovativt og interaktivt redskab, hvor sygeplejerskestuderende anvender AR til at tilegne sig anatomisk og fysiologisk viden om lunger.

En del af projektet undersøger, hvordan synsbaseret AR kan fremme studerendes læring, når AR-teknologi anvendes som wearable, dvs. de studerende ifører sig baggrunden (T-shirt) for det applikerede billede af lunger.

Inden for sygeplejerskeuddannelsens anatomi- og fysiologiundervisning skal den studerende opnå viden om lungernes placering i thorax og om lungernes bevægelse i thorax ved inspiration og eksspiration. Endvidere skal den studerende opnå viden om lungernes anatomiske placering, lungernes størrelse og farve ved respiration. Den studerende skal opnå forståelse for lungernes placering i den fysiske krop og få begreb om form, farve, beliggenhed, størrelse og udbredelse i thorax. Endelig skal den studerende øve evnen til at se og observere på krop og væv, for dermed at kunne bedømme og beskrive udseende, størrelse og omfang af krop og væv. Tilsammen skal det give den studerende kompetencer til at vurdere og tage stilling til relevant patientpleje i forhold til respiration.

Projektet er blevet til i et samarbejde mellem VIA University College og Alexandrainstituttet A/S om udvikling og afprøvning af applikationen (app) Anatomy alive. Formålet er at udvikle og afprøve appen som en wearable, der kan supplere andre af fagets eksisterende læremidler som eksempelvis fotos, tegninger, tekster og modeller. Det, der præsenteres i nærværende artikel, er et forskningsperspektiv på wearablens visuelle læringspotentialer baseret på to iterationer, hvor både appen og et didaktisk design er blevet afprøvet i to konkrete undervisningssituationer.

Det didaktiske design er dels baseret på Inquiry Based Science Education (IBSE) (Sillasen, 2012; Frisdahl 2014), hvilket indebærer, at den lærendes egen aktivitet driver videndannelsesprocessen, dels på teorigerende praksis, hvilket indebærer, at den lærende gør sig konkrete 'gørens'- erfaringer med et læringsindhold som grundlag for udvikling af teoretisk viden (Buhl, 2013a).

Konceptet for den konkrete wearable er, at brugerne af teknologien påfører kroppen et tag i form af et logo, der kan aktivere et billede af en lunge.

Dette logo har været trykt dels på en T-shirt, som en person ifører sig, dels på et stykke papir, som en person påfører sin bluse. Anatomy alive-appen korresponderer med tagget, hvorved en billedsekvens aktiveres på kroppen af personen. Billedsekvensen viser en lunges bevægelse, farver og form ved inspiration- og expiration. En person – her en sygeplejerskestuderende – iklæder sig T-shirten/papiret, mens en anden studerende aktiverer billedet via sin iPad og derved ser et billede af en lunge på kroppen af sin medstuderende på iPaden. Selve lungebillederne er en prototype af nogle lunger og billeder heraf. Det er således ikke den person, som bærer logoet, der får sine egne lunger visualiseret (se fig. 1 og 2).

Figur 1: Set-up med AR



Figur 2: AR-billede af lunger



Med teknologien udvides dels repertoire for læremidler, dels rammerne for læring, idet den fysiske krop involveres direkte i læringen, og processen kan foregå "alle" steder, så længe der er en iPad og et logo til stede.

I artiklen diskuterer vi, hvilken rolle denne wearable kan have som en visuel repræsentation af en lunge, og i hvilken grad denne wearable fremmer visuel læring hos henholdsvis den, der aktiverer appen, den der er iført wearablen, og gruppen, der observerer processen.

Design Based Research som undersøgelsestilgang

Undersøgelsen, der er beskrevet i nærværende artikel, er designet med inspiration fra Design Based Research (DBR) (The Design-based Research Collective, 2003; Amiel & Reeves, 2008). Forskningstilgangen er pragmatisk, idet den på én gang søger at intervenere et felt og samtidig gøre dette til genstand for analyse og fremskrivning af ny viden gennem fortolkningsvidenskab. Den søger med andre ord at designe en forandring og samtidig teste, hvad der sker, når forandringen implementeres med henblik på at generere ny viden og en forbedret praksis.

Inden for den pædagogiske verden kan DBR-tilgangen kritiseres for at have lighedspunkter med udviklingsarbejde, fordi den har en intervenerende karakter. DBR har dog et fokus, hvor implementeringsfasen ikke alene giver mulighed for at afprøve et designs brugbarhed med henblik på at forbedre det konkrete design, men også muliggør undersøgelse af forskellige forskningstemaer knyttet til situationen, hvor designet implementeres og afprøves. Dette er især interessant for den del af den pædagogiske forskning, der interesserer sig for, hvordan læreprocesser udspiller sig som situationer, og hvor undersøgelsen af samspillet mellem den lærende og designet skaber ny viden om,

hvordan læreprocesser sker. Denne tematik peger på et af de andre kritikpunkter af DBR. Kritikken går på, at DBR forudsætter, at en læringssituation kan designes ud fra, at den udspiller sig med samme forudsigelighed som et teknologisk artefakt, hvilket ikke er tilfældet. En undervisningssituation er hver gang en ny situation, som Dede påpeger i en kritik af DBR (2004). Han anerkender dog forskningstilgangens anvendelighed ved udvikling af teknologier som fx til AR, der udvider læringsmuligheder og har en motivationsfaktor (Dunleavy & Dede, 2013). I nærværende undersøgelse kommer DBR i brug ud fra begge perspektiver: en undersøgelse af, hvordan en konkret AR-teknologi griber ind i og virker i en læringssituation, og en information om, hvordan visualiseringer fungerer som facilitator af faglig læring.

Anatomy alive er afprøvet i to iterationer i en konkret undervisningslektion á 60 minutter med deltagelse af to forskellige hold på henholdsvis 25 og 30 sygeplejerskestuderende. Lektionen starter med oplæg om brug af appen af underviser (varighed 5 min.), hvorefter underviser fungerer som facilitator under resten af lektionen. I første iteration får alle grupper udleveret en T-shirt med et logo, i anden iteration får 3 grupper en T-shirt med logo og 3 grupper får et papir med logo som påmonteres egen trøje.

Derefter får de studerende udleveret en opgave (varighed 35 min) og opdeles i studiegrupper á 5 pers. I løsningen af opgaven bruger de studerende en deltager fra gruppen som model til at vise lungerne. De skiftes til at være hhv. model og iagttagere. Lektionen afsluttes med en evaluering AR-undervisningen (varighed 15 min.). I første iteration deltog 25 studerende, i anden iteration deltog 30 studerende. Det empiriske datamateriale består af videooptagelser af lektionerne samt de studerendes skriftlige opgavebesvarelser. Analysen af datamaterialet trækker på Bezemer & Jewitts multimodale tilgang (2010) med henblik på at identificere forholdet mellem teknologi, krop og billede i den konkrete brug af appen i en læringssituation. Artiklen er struktureret ud fra DBR's faseopdeling i *Domæneaføgning*, hvor Augmented Reality (AR), wearables, visuel læring og Inquiry Based Science Education (IBSE) introduceres, Design, hvor principperne for design af wearablen og læreprocessen fremstilles, *Afprøvning*, hvor praksis og dataindsamling beskrives, samt *Resultater*, hvor wearablens potentialer for visuel læring faciliteret gennem IBSE beskrives.

Domæneaføgning: AR, Wearables og visualiseringer i læringskontekster

Projektets undersøgelse skriver sig ind i en udvikling, hvor AR afprøves og implementeres i forskellige sammenhænge. Teknologien har været kendt i en årrække og fundet anvendelse inden for medicin og til militære formål, men den finder også anvendelse inden for oplevelsesøkonomien, hvor funktionen er af mere underholdende karakter

(Azuma et al., 2001; Feiner et al., 1997; Piekarsky & Thomas, 2002; Roberts et al., 2002; Wagner, 2014; Wojciechowski et al., 2004). Inden for uddannelsessektoren har en overvejende del af litteraturen et teknologisk fokus (Munnerley et al., 2012; Mayer, 2010). Sammenhængen mellem anatomiske billeder, AR og involvering af de studerende er set i tidligere studier af elever i grundskolen (Juan et al., 2008), men der er ikke fundet projekter, der beskæftiger sig med, hvordan AR kan facilitere undervisning for sygeplejerskestuderende, hvor både teknologi og læringsperspektiver vægtes.

Dunleavy & Dede (2013) har i deres litteraturreview fokuseret på læringspotentialer inden for hele uddannelsessystemet og i uformelle læringsmiljøer som fx museer og naturparker. Hypotesen om læring i de projekter, der behandles, er, at hvis man kan gøre det ikke-synlige synligt for øjet, vil denne synserfaring facilitere en forbedret læringsituation. De forskningsresultater, de refererer til, underbygger da også denne hypotese, idet AR virker motiverende og faciliterende for faglig læring. Forfatterne påpeger dog, at der med AR har vist sig begrænsninger i form af kognitiv overload hos de lærende, dog særligt inden for location-aware AR, fordi den udvidede visuelle information bevirker en øget kompleksitet, der kan virke overvældende på den lærende. Det ser således ud til, at visse former for AR i bestræbelsen på at bringe den lærende tættere på et fagligt indhold kan føre til det modsatte. I forhold til projektet i sygeplejerskeuddannelsen er målet med billedsekvensen med lungerne at reducere kompleksitet, idet AR kan skabe en oplevelse hos den lærende af, at man kan se gennem kroppen lige der, hvor lungerne er beliggende, og se, hvordan den fungerer.

Formålet med at forbinde AR med kroppen via en wearable er, at det antages at styrke visuel læring.

Wearables forbindes almindeligvis med teknologi, hvor information tilgås, uden man behøver at aktivere en enhed som fx en smartphone eller laptop. Det eksemplificeres ofte med en brillelignende enhed, som man kan tage på og derved aktivere teknologien. Som med alle teknologiske nyvindinger spås wearables – af teknologer – at kunne revolutionere uddannelsessystemet (fx Trampleasure et al., 2015). På nuværende tidspunkt kan wearables fx fungere som bærerens personlige adgang til at forbinde sig til forskellig digital information eller som 'first view'- videooptager.

Siemens (2005) argumenterer for, at i den digitale tidsalder er en stor del af de erfaringer, vi gør, medierede, og viden dannes snarere i komplekse og tilfældige hændelser end i lineære logiske processer. Han arbejder med et læringsbegreb, der består i, at læring vil sige at håndtere disse tilfældige hændelser, og benævner det connectivisme – at kunne forbinde sig med information i selvstændige og selvorganiserede processer. I en

læringskontekst vil et begreb som connectivisme kunne forbindes med wearables som et læringsteoretisk svar på den digitale tidsalders udfordringer, idet kroppens fysiske bevægelse er medaktør i den medierede erfaring. Siemens' begreb om connectivisme bygger på teorier om kaos, netværk, kompleksitet og selv-organisering og finder sin begrundelse i, at senmoderne videndannelse ikke er statisk, men sker i hurtigt skiftende kontekster af fortsatte og løbende læringsprocesser (ibid.). Teorien er en kritik af eksisterende læringsteoriens paradigmatisk udgangspunkt om, at læring er et anliggende mellem menneskers aktive tilegnelsesprocesser og et læringsindhold. Den indsætter digital teknologi som aktør i de processer, der foregår, og som menneske, organisation eller system kan forbinde sig til. Dermed relaterer connectivisme først og fremmest til en teknologisk forståelse af, hvordan læreprocesser kommer i spil, og tager ikke stilling til det didaktiske i forholdet mellem underviser og lærende som andet end et coachingforhold, hvor det handler om at stille et indhold til rådighed for den lærende. Connectivisme tager heller ikke stilling til, at læring knyttet til forskellige vidensdomæner har forskellige tilgange til videndannelse, forskellige kriterier for indholdsudvælgelse og forskellige læringskulturer (Andreasen & Buhl, 2015). Men connectivisme kan tilbyde nye perspektiver på læreprocessers komplekse samspil, hvor digitale teknologier indgår. Projektets didaktisering af et medicinsk vidensområde med brug af digital teknologi i tæt samspil med den fysiske krop og den visuelle perception af dette er et eksempel på en variation af en wearable, hvor teknologien indgår i en læreproces ved at forbinde – connecte – information fysisk konkret med de lærende, og projektets sociale læringsorientering lader sig i den forstand inspirere af connectivisme.

AR bygger på forestillingen om, at målet for visualiseringer er at bringe den lærende så tæt på virkeligheden som muligt. Dette aktualiserer diskussioner om visualiseringer og virkelighed, og om hvordan de bruges i læringskontekster. Luc Pauwels (2006) har i sin antologi *Visual Cultures of Science* adresseret denne problematik, idet han påpeger, at videnskabelige repræsentationer netop er re-præsentationer og ikke tilsynekomster af en objektiv foreliggende virkelighed. Man kan derfor med god grund spørge, om AR-teknologier, der bruges til at skabe en illusion om noget virkeligt, har stillet sig en umulig opgave.

Inden for medicin har nye teknologier medvirket til en stadig udvikling af muligheder for både at diagnosticere (fx radiografi, CT- og MR-scanning) og behandle (kirurgi), og i forlængelse heraf også undervisning af medicinstuderende. Selvom disse visualiseringsteknologier kan synes at være den direkte kontakt til en bagvedliggende natur, er dette ikke tilfældet. Et røntgenbillede er ikke naturen, det er en repræsentation af en partikulær del af et naturfænomen, som skal afkodes (Pasveer, 2006).

Pasveer argumenterer for, at medicinske billeder er medieringer via de instrumenter og teknologier, som bringer dem til syne. Han eksemplificerer det med, hvordan de første røntgenbilleder blev holdt op mod den anatomiske krops indre med det formål at finde en måde at afkode røntgenbilledets skygger på (ibid.) og understøtter det med et citat af Beck 1901:

"A Roentgen-ray picture is a silhouette only. The difficulty is to tell whether a shadow is normal or not...Thorough anatomical knowledge, the greatest care, and a vast amount of experience as to the different modes of delineation in various projection plates, are needed to form a correct idea of the significance of skiagraphs" (Pasveer, 2006, s. 58)

Afkodning af et specifikt røntgenbillede er et samspil mellem den historiske proces med røntgenbillede-afkodninger og den specifikke krops røntgenbillede. Det samme gælder digitale medieringsteknologier. Det er således den aktuelle teknologi og de kodninger, som den muliggør, der er bestemmende for, hvad der bliver muligt at afkode og forstå. Af den grund kan der også argumenteres for, at vision-based AR blot er en medieringsmulighed mere, der koder en visuel erfaringsmulighed, som man skal lære sig at afkode. Der er således ikke tale om virkelighed, men om en repræsentation af et medicinsk fænomen, der gør brug af avanceret teknologi til at skabe en udvidet synsoplevelse af en foreliggende kontekst.

I nyere projekter med AR-teknologi inden for medicin er det ofte et lægefagligt fokus, der ligger til grund for brugen af AR, og dermed en eksplicit anatomisk interesse med henblik på diagnosticering og behandling. I nærværende projekt med sygeplejerskeuddannelsen er en dimension af anatomiundervisningen, at de studerende ud over at tilegne sig faktuel viden også skal tilegne sig forudsætninger for indsigt i hensigtsmæssig sygepleje. Ud over at lære om emnerne i anatomi og fysiologi handler det om evnen til at kunne se og observere patienten. Det at kunne se er en evne, der skal læres eller opøves, da det har en afgørende betydning, at de studerende kan observere patientens tilstand og afvigelser i forhold til det normale. Endvidere skal de kunne overføre viden om lungerne fra læringsituationen til situationen med en patient. Det kan fx være opmærksomhed på, hvordan man håndterer patienters almenbefindende ved forskellige lungelidelser (fx KOL, pneumoni) og udøver hensigtsmæssig adfærd i plejen. Tilgangen til anatomiundervisningen er således faktisk det samme som lægefaglig undervisning, mens målet for at tilegne sig viden er et andet.

Projektets setup med en direkte kombination af krop, billede og teknologi bygger på et helhedssyn på patienten og sigter på observationer og pleje. Derfor bliver konteksten for

anatomiundervisning en anden og adgangen til viden om kroppens funktioner også en anden.

Traditionelt har sygeplejens anatomiundervisning overtaget principperne fra lægefaglig undervisning. Ydermere har den alene været knyttet til fotos, videoer, modeller og forenkede illustrationer af den generelle lungefunktion. Med projektet bliver det med en didaktisering muligt at simulere en patient med et synligt lungebillede, hvor kropserfaring med placering og billederfaring med form og farve forbindes via teknologi og skaber en helhedssituation for de studerende. Billedsekvenserne viser forskellige medieringer af lungers funktioner som det almene og kan i princippet nuancere og variere det specielle i en uendelighed. Når det så alligevel er relevant at arbejde med en videomediering af en lunge i funktion i nærværende projekt, er det, fordi sygeplejerskestuderende er vokset op i en videomedieret verden, hvor de er vant til at se og afkode levende billeder. Derfor vil de umiddelbart kunne relatere sig, men også reagere på fx svigtende driftssikkerhed, som det skete i første iteration.

Med projektets AR-teknologi er taget endnu et skridt mod at skabe en repræsentation, der skal skabe illusionen om at se gennem kroppens overflade og ind på lungen. Når en videnskabelig repræsentation søger at lægge sig tæt op ad en virkelighedsoplevelse, øges forventningerne til repræsentationen.

Medicinske visualiseringer har således et videnskabeligt formål. Når de anvendes til undervisningsformål, bliver et visuel læringsperspektiv relevant. Hvad lærer man sig ved at se på en repræsentation af en lunge? Trumbo (2006) skelner mellem to processer af visuel læring. Den ene omhandler processen med at blive bevidst om, at der er mening i de visualiseringer, der vises. Det er her, den lærende skal tilegne sig den særlige kode, der er forbundet med den specifikke visuelle repræsentation. I forhold til røntgenbilleder vil det være at lære sig at afkode skyggers betydning. I forhold til billedsekvenserne af lungerne i projektet gør det samme forhold sig gældende: Den sygeplejerskestuderende skal lære sig at afkode billedernes bevægelser, variationer, farver, former. En billedsekvens af en lunge er en anden form for visuel repræsentation end en tegning af en lunge. En tegning ville formentlig være en forenklet stiliseret udgave af fænomenet, og kodningen og afkodningen kræver andre forudsætninger, fx forenkling og generalisering. En billedsekvens er også en anden form for visuel repræsentation end et foto. Fotoet er fx statisk og viser ikke et forløb, men former og farver minder måske om dele af det levende billede. Der er således flere forhold, som den studerende skal trænes i for at kunne gå til anden del af processen: at skabe mening i de visualiseringer, der vises. Denne dobbelte læring er en kompliceret og krævende kognitiv proces. Den fordrer, at den lærende både

skal være i stand til at afkode former og farver og at forstå, hvordan de danner betydning. Hvis det lykkes, får den studerende kompetence til at identificere en lunges tilstand og til at forstå og reagere på hvorfor lungens størrelse og omfang i thorax har betydning. Det kan kædes sammen med tilstande, hvor lungen får bedre udbredelse i thorax f.eks. ved lejring eller mobilisering af patient og ved eliminering af sygdom.

Med disse to processer viser Trumbo kompleksiteten i den visuelle læring. Dette forhold er gældende både for eksperten – der skal kunne afkode og forstå en repræsentation som udtryk for et bagvedliggende anatomisk fænomen. Det er ligeledes en proces for den lærende, ikke-eksperten – der skal tilegne sig terminologi og vokabular for vidensområdet.

Det siger sig selv, at der ikke er samme korrespondens mellem en visuel repræsentation og de bagvedliggende videnskabelige overvejelser for ikke-eksperten, som der er for eksperten. De visuelle repræsentationer af fysiologiske fænomener bliver for den lærende et didaktiseret møde med videnskabelige repræsentationer, forstået på den måde, at det som vidensområde er tilpasset den lærendes forudsætninger. Videnskabelige repræsentationer og modeller bruges her til at formidle viden om noget snarere end til at udvikle ny viden om noget. Det er en formidlingsproces, der er influeret af den kulturelle praksis, der er omkring den faglige læring, såvel som de erfaringer, som de lærende har med sig i kraft af at være brugere af visuelle medier i deres hverdagsliv (Buhl & Flensburg, 2011; Buhl, 2013b). Det er denne komplekse læringsituation, som AR-projektet undersøger.

Kombinationen af lungerepræsentationen og den direkte placering på kroppen er en udvidelse af arbejdet med medicinske visualiseringer. Den faciliterer den visuelle læring, idet afkodningsprocessen tilknyttes den konkrete placering af den medierede lunge. Derved tilnærmes afkodningsprocessen den konkrete situation, der er tilknyttet undervisningens dobbelte læringsmål: at koble medicinsk viden med forståelse for patienten. Dunleavy & Dede (2013) fremhæver rapporterede affordances som signifikante fordele ved AR i læringsmiljøer, hvor de lærende får mulighed for at knytte læreprocessen til situationer og problemstillinger. I en pædagogisk situation, hvor en del af målet er at fremme forståelsen for patienten, giver projektets didaktiske design rige muligheder for at knytte visuelle læringsaktiviteter til situationer og problemstillinger der vedrører patienten. Dunleavy & Dede (2013) fremhæver motivation og engagement i læringsituationer som væsentlige kvaliteter ved brugen af AR. Endvidere understreger de processer med meningsforhandling, forskellig rolletagning, inquiry-based narratives og løsning af autentiske problemer som resultater af læringsforløb med brug af AR. Anatomi- og fysiologiundervisningen vedrørende lungerne og respirationen bygger på en

ekspliciteret viden sammen med forståelse af dimensionerne af patientpleje, og wearablen giver netop mulighed for at skabe inquiry-based narrativer og meningsforhandle såvel det specifikke anatomiske og fysiologiske som patientsituationen baseret på visuelle observationer af lungen på kroppen.

Projektets didaktiske designprincipper baserer sig derfor på en model for Inquiry Based Science Education (IBSE), som er inspireret af The Pollen Project (2006-2009) ¹ tilpasset dansk kontekst af Frisdahl et al. (2014) og Sillasen (2012), der kan understøtte det dobbelte mål om at tilegne sig anatomisk viden og forståelse for et helhedssyn på patienter samt evnen til at observere patienten. Principperne i IBSE-didaktikken er at understøtte de studerendes kompetenceudvikling inden for det naturvidenskabelige område, men med rum for problemorientering og diskussion. Ifølge Frisdahl et al. (2014) bygger IBSE på, at de studerende selv er aktører i at konstruere for dem ny viden ved at udforske eller undersøge et problem eller et spørgsmål, og understreger dermed den studerende eller en gruppe af studerende som centrale deltagende aktører. De møder et autentisk problem eller spørgsmål og forsøger at løse eller besvare dette ved at ræsonnere, lede efter relevante kilder, observere, opstille hypoteser samt indsamle og fortolke data igennem eksperimentelt eller teoretisk arbejde og diskussioner (ibid.). Sillasen (2012) beskriver det som afgørende i arbejdet ud fra IBSE, at de studerende samarbejder, indsamler viden, diskuterer problemområdet, debatterer problemet og fund, reflekterer over de fund, de foretager, deler viden med hinanden og senere præsenterer viden. Den studerendes eksisterende viden skal således udfordres, bekræftes eller omstruktureres gennem nye erfaringer med et fagligt indhold – her lungebillederne – gennem opgaver og fælles refleksion. I det konkrete projekt er det en problemorienteret tilgang til at forstå menneskets krop og symptomer på afvigelse. Wearablen muliggør en konkret placering af en lungerepræsentation direkte på kroppen og dermed en visuelt baseret erfaring med, hvor lungen sidder. Endvidere muliggør den indsigt i, hvordan det er at være en patient, der bliver observeret af andre.

Design – operationalisering af IBSE og AR

Overordnet betragtet var udgangspunktet for projektet at forbedre læringsituationen i anatomiundervisning. Designets fokus på det visuelle skulle stimulere det 'at se'. Mens teknologiudviklingen af appen baserede sig på et designprincip om fotografisk lighed med det repræsenterede (lungen) i forhold til at kunne anvendes som wearable, blev det didaktiske design udviklet ud fra principper, der kunne understøtte AR-teknologiens facilitering af visuel læring ud fra et helhedsperspektiv på patienten.

Et centralt princip for det didaktiske design var derfor den del af IBSE-tilgangen, der sigter mod at facilitere en målrettet brug af sanserne i tilegnelsen af et fagindhold. Det vil sige, at den understøtter de studerendes observationer og beskrivelser af eksempelvis lungens farve, frem for at det er anatomibogens beskrivelse af lunger, som læres udenad.

Hypotesen er, at denne tilgang sammen med AR-billeder direkte på kroppen kan facilitere visuel læring som en vej til videnstilegnelse (Trumbo, 2006). Gennem *guided-inquiry*, hvilket vil sige, at underviseren fremlægger et problem eller en problemstilling for at stimulere en undersøgelse, skulle de studerende selv styre, hvordan det stillede problem kunne undersøges (Frisdahl, 2014).

Et andet centralt didaktisk designprincip var princippet om den teorigerende praksis (Buhl, 2013b; Buhl & Ejsing-Duun, 2015). Den *teorigerende praksis* bygger på, at der i selve det at udføre en handling – her at 'iføre sig en lunge' og prøve den kropslige fornemmelse af at blive observeret/observere – genereres viden om et indhold, som gennem refleksion bliver eksternaliseret og begrebsliggjort. Det er denne proces, der har en afgørende indflydelse på, i hvor høj grad en teoretisk abstraktion kan tilegnes og videreudvikles. Det er således relationen mellem at gøre og at reflektere, der er afgørende for læringsudbyttet. I den konkrete proces skulle denne relation stimuleres, ved at de studerende udtrykker det, der er muligt for dem om emnet og deres egen opfattelse af det set, og hvor sproget er med til at skabe forståelsen af det kropsligt afprøvede og det observerede.

I designet skulle den teorigerende praksis med at være 'iført lungen' og observere 'lungepatienten' drives frem gennem simple spørgsmål som: "Hvad ser du?", "Hvad får du øje på?", "Hvilken form fremtræder, hvilke farver fremtræder, hvilken udbredelse ser du?", "Er der noget, du undrer dig over?" kombineret med beskrivelser, gruppesamtaler samt yderligere søgning om viden med henblik på at etablere begrundet ny viden.

Afprøvning i praksis

Selve afprøvningen af Anatomy alive har været at se, hvordan AR som wearable og som forbindelse mellem teknologi, krop og billede fungerede i et didaktisk setup, hvor de studerendes aktiviteter baserede sig på IBSE og teorigerende praksis. I afprøvingerne blev der fokuseret dels på appens robusthed i en læringsituation, dels på, hvordan de studerende etablerede læreprocesserne, og hvilken rolle AR spillede for visuel læring.

Mens der i første afprøvning er blevet fokuseret på den tekniske brugbarhed af wearablen og en mere generel undersøgelse af det læringsrum, der skabes med afsæt i AR-teknologiers visualiseringer baseret på dialogisk metode (Kjærsgaard et al., 2015; Rahn &

Kjærgaard, 2014), har den anden iteration haft et tydeligere fokus på det visuelle potentialer, og hvordan det relaterede sig til de studerendes udsagn. Det skyldes, at resultaterne fra første iteration pegede på det visuelle som betydende for læring. Dette har haft som konsekvens, at brugen af kameraoptagelserne af afprøvningerne er blevet planlagt forskelligt, idet kameraoptagelserne i anden afprøvning skulle bruges til at analysere de studerendes kropsbevægelse og gestik under læreprocesserne og derfor fulgte aktørerne tættere. Analyserne fra anden iteration har særligt fokus på visuel læring i interaktioner med appen samt på, hvordan de kropsligt baserede relationer mellem de studerende og udveksling af tegnsystemer påvirker meningsforståelsen af en situation. At identificere dette som visuel læringspotentiale fordrer en multimodal tilgang til at forstå processen omkring AR, som inkluderer social-semiotiske modaliteter (Kress & Van Leeuwen, 2001) og sensoriske modaliteter (Buhl, 2013b).

Videomaterialet fra anden iteration er derfor blevet analyseret med afsæt i Bezemer & Jewitts multimodale tilgang (2010), idet denne tager højde for og inddrager en række forskellige modaliteter som blik, ansigtsudtryk, håndbevægelse, kropsbevægelse, kropsholdning, tonefald, sprog, pauser i tale, interaktion mellem deltagere, skriftsprog. Bezemer og Jewitt beskriver tre samvirkende perspektiver som antagelser ved denne tilgang:

1. Et social-semiotisk perspektiv baserer de på en antagelse om, at repræsentation og kommunikation altid er baseret på en mængde af måder, der alle bidrager med mening. Der fokuseres på analyser og beskrivelser af hele repertoiret af meningsdannende ressourcer, som mennesker bruger i forskellige kontekster. Det kan være at være handlende og i bevægelse, billedligt, talt, gestus og gestikuleren, det skrevne, 3-dimensionelt (ibid.). Denne antagelse er anvendt til at fokusere på samspillet mellem de studerendes ageren i situationerne omkring lungebillederne, og hvordan de kommunikerede i og om denne situation.
2. Et multimodalt perspektiv baserer de på en antagelse om, at alle former for kommunikationsmåder, ligesom sprog, er formet gennem deres kulturelle, historiske og sociale brug til at virkeliggøre sociale funktioner. Det kan være det rumlige omfang af gestikuleren, stemmens intonation, længden af et blik. Det gælder også sprogets mening, som er indlejret i en social oprindelse, motivation og interesse for dem, som laver tegnene i en specifik social kontekst. Alt dette påvirker og former tegnene, som laves (ibid.). Denne antagelse er anvendt til at fokusere på, hvordan de studerende relaterede sig til de medierede lungerepræsentationer på kroppen.

3. Et meningsperspektiv baserer de på en antagelse om, at en modus forstås som organiserede sæt af semiotiske meningsdannende ressourcer. Modi er altid samtidig til stede med andre modi og interagerer i den kommunikative begivenhed. Denne interaktion producerer mening (ibid.). Denne antagelse er anvendt til at fokusere på, hvordan de studerende organiserer de kropslige og visuelle erfaringer med at være 'iført en lunge- repræsentation'/observere en lungerepræsentation til en faglig anatomisk-fysiologisk viden samt til patientviden.

Med afsæt i disse antagelser er videooptagelserne i den efterfølgende analyse behandlet i fire trin, hvor det første er en videolog (første trin) i form af en synopsis over hændelserne, efterfulgt af gennemsyn af video med inddragelse af forskellige blik på data (andet trin). Dette bruges videre i tredje trin, hvor data for transskribering bliver udvalgt og i fjerde trin analyseret.

Foruden videooptagelserne indgår de studerende skriftlige produkter, samt underviser/forskers egne erfaringer fra processen i analyserne.

Resultater

Beskrivelsen af resultaterne fra analysen relaterer sig i det følgende til afprøvning af wearablen i den konkrete undervisningskontekst og sammenligner anden iteration med den første iterations resultater og konklusioner. Resultaterne fra første iteration er yderligere udfoldet i (Rahn & Kjærgaard, 2014; Kjærgaard et al., 2015) og baserer sig hovedsageligt på studerendes verbale udsagn. Overordnet peger resultaterne fra begge iterationer på, hvordan bestræbelser på forbedringer fører til øget kvalitet i læreprocessen. De viser imidlertid også, at selv små tekniske justeringer afstedkommer utilsigtede hændelser, der kan give en læreproces en ny drejning.

I forhold til appen blev der mellem første og anden iteration tilført tekniske ændringer i form af *øget driftssikkerhed* og *en øget visuel detaljeringsgrad*, der har givet en forbedret fastholdelse af den visuelle repræsentation, *mere robust teknisk genkendelse af logoet og pænere visuel indpakning*, hvilket vil sige, at billedet lettere kommer til syne, når iPad'en holdes over logoet. Lungebilledet forsvinder ikke så let som ved første afprøvning og er ikke så følsomt for brugerens bevægelser og rystelser, og selve billedet er af bedre kvalitet. Med andre ord er der skabt en forbedret illusion af at kunne se gennem kroppens overflade ind til lungen.

Nødvendigheden af en teknisk driftssikkerhed har betydning for den visuelle læreproces. Det viste sig i første iteration, hvor de studerende beskrev, at billedet rystede på et tidspunkt, og de blev i tvivl om, hvad årsagen til dette var, om der var tale om teknisk fejl

eller det indikerede lungens forbindelse med hjertet. På flere punkter imødekommer den forbedrede AR-teknologi i anden iteration de studerendes refleksioner i forbindelse med første afprøvning.

En anden teknisk ændring mellem første og anden iteration er en beslutning på det institutionelle niveau om øget fokus på appens tilgængelighed, udbredelse og brugervenlighed. Dette har resulteret i, at logoet, der skal spille sammen med appen, kan printes som et logo på papir, hvilket førte til en anden praksis for brug af appen i anden afprøvning. De studerende, der fik udleveret en T-shirt med logoet, så lungebilledet placeret på kroppen, mens de, der fik udleveret i logoet i papirformat stadig kunne placere et levende lungebillede på kroppen, men papirformatet fik de studerende til at ændre adfærd. I modsætning til T-shirten inviterer papiret til noget andet, og samspillet mellem teknologi, billede og krop gik i nogen grad tabt i anden afprøvning. De studerende ændrede adfærd. Det ses af videooptagelserne, ved at de studerende ikke bevæger sig rundt om kroppen på samme måde som ved første afprøvning. De starter med at følge anvisningerne og hæfter logo på kroppen hos en medstuderende.

Efter kort tid, ca. 3-5 min., tager flere grupper af studerende logoet af kroppen og sætter sig ned på en stol rundt om et bord. En gruppe anvender slet ikke logoet på kroppen, men hæfter det på væggen, så de kan se billedet, som et billede fra en lærebog. Den nye semiotiske ressource – papiret – skaber en bogreference frem for en kropsreference, og de studerende etablerer kommunikationssituationen med de kulturelle referencer, som de kender og er vant til som ved brug af en bog eller en poster (jf. Bezemer & Jewitt, 2010).

Imidlertid studser de studerende ikke selv over denne handling. De bruger lungebilledet, men på en anden måde end ved første afprøvning, idet det snarere er medieringsmulighederne ved appen, de fokuserer på. Nogle studerende foreslår således efterfølgende mere detaljering og flere organsystemer koblet til appen. De ønsker hele kroppen tilgængelig med bevægelige billeder og siger fx: *"At gøre app'en mere interaktiv og tilføje flere lag som man kan bevæge sig mellem, såsom thorax, pleurahinde, det lille og det store kredsløb i forbindelse med respiration samt lungens indre."*, hvilket tyder på, at det i højere grad er kroppen i form af levende billeder, der optager dem end det levende billede som vindue på den fysiske krop. Undersøgelsens fokus på den visuelle betydning for videndannelse og meningskabelse fremhæves i både første og anden afprøvning. I datamaterialet fra første afprøvning kommer det til udtryk, ved at en gruppe studerende beskriver: *"Det er rigtig godt i anatomi og fysiologi, da det er et svært fag at forstå – det ville kunne skabe en bedre forståelse for, hvordan tingene fungerer, når man kan*

*visualisere det på den måde.” Det, at der skabes bevægelse i billederne placeret på en fysisk krop, ser ud til at etablere en kobling, der skaber særlig gunstige vilkår for visuel læring. Det unikke består i, at lungerne vises med bevægelse på en levende krop, og der skal ikke transformeres viden fra 2-d-model i tekstmateriale til den fysiske krop. Det ser således ud til, at involveringen af den fysiske krop letter den kognitive oversættelsesproces mellem koder og mening (jf. Trumbo, 2006). De studerende taler selv om koblinger mellem forskellige semiotiske ressourcer (jf. Kress & Van Leeuwen, 2001) som vej til videndannelse, hvor deres forankring i uddannelse som en tekstkultur er tydelig, og det visuelle ses som en støtte for forestillingsevne, repetition eller en tekståbner. Fx beskriver en gruppe: *”Det vil gøre at læsningen ikke bliver så tung, fordi man straks kan få det visuelle billede af hvordan organerne ser ud og fungerer. Al udbyggelse ville være godt, men en rigtig god ide og et godt alternativt redskab til læring.”**

En studerende siger: *”For mig vil det kunne bruges ligesom en opslagsbog og hvis jeg havde billedet inden jeg læser teksten vil jeg meget bedre kunne forstå emnet.”*

I første afprøvning er de studerende i stand til at lave tætte beskrivelser af observationer af lungebilledernes farver, former, bevægelser og oversætte dem til meningsfulde ræsonnementer over lungens funktioner:

*”At man kan se at lungen bliver hvid/grålig og stor når vejret trækkes ind, mens den igen bliver lyserød og mindre når luften pustes ud igen (jo mindre, des rødere), f.eks. kan man se, at når man puster en ballon op, så bliver farven ofte lysere end før den var pustet op – det samme sker for lungerne.”, og *”Det ser ud til, at overfladen på lungerne er ret ujævn, som om der er små revner i lungerne. Der er nogle røde plamager på lungerne, både når de fyldes og tømmes for luft.”**

Der er også refleksioner, der knytter sig til relationen mellem billede og krop, hvilket indikerer teorigenererende praksis, hvor egen erfaring relateres til fagindholdet: *”Måden hvorpå vi ser det, gør at man får en følelse af, at det er ens egen lunge man ser.”*

I anden afprøvning retter aktiviteterne sig væk fra en læreproces omkring lungerne og mod forslag til udvikling af appen. Dette viser sig dels ved de studerendes skift i adfærd omkring appen, som beskrevet ovenfor, men ytres også i opfølgende samtaler, fx: *”Det kan bruges som et læringsredskab både for studerende og patienter i hjemmet. App'en kunne med fordel udvides til at omfatte hele kroppen”*, hvilket igen er en indikator på teknologien som det centrale fokus.

Kombinationen af IBSE-didaktik og teorigenererende praksis med wearablen ser ud til at fremme videntilegnelsen om lungefunktioner, dog har videntilegnelsen forskellig karakter. Eksempelvis fremgår det af de studerendes skriftlige produkter i første afprøvning, at det tekstlige fagindhold udbygges væsentligt og giver en øget dimension i forhold til det emne, der skal tilegnes. Også motivationsfaktoren spiller ind (jf. Dunleavey & Dede, 2013). En studerende skriver: *"Det har været inspirerende at se fysiologien, og hvordan lungerne skifter farve. Man har en opfattelse af, hvor store/små de er, og dette giver et godt billede på størrelse"*.

De studerende i første afprøvning viser en involvering, og at de er undersøgende i forløbet. Det ses i videooptagelserne, hvor de afsøger billedet og detaljeret beskriver deres observationer. Processens progression bliver stoppet af teknologiens manglende kapacitet, ved kun at kunne vise lungerne forfra og bagfra. Videooptagelserne viser aktive og diskuterende grupper og en ivrighed efter at dele det observerede med hinanden. Der udvises en åbenhed om, hvilken viden man besidder, og hvordan man forstår det i forhold til det, der observeres på iPad'en. Det er bemærkelsesværdigt, at de studerende ikke er utrygge ved opgaven, de bliver stillet i forhold til IBSE-tilgangen, da det ifølge Frisdahl (2014) er beskrevet som en kendt barriere ved brug af denne didaktik. Det kan formentlig tilskrives, at de studerende er bekendte med den, og at det er wearablen, der er det nye.

I anden afprøvning er der mindre aktivitet omkring kroppen og i rummet blandt de studerende. Videooptagelserne viser lavere lydniveau, og der eksisterer en udtalt hvisken blandt de studerende. Den aktivitet omkring billedet og den fysiske krop, der var i første afprøvning i klasserummet, forsvinder i nogen grad i anden afprøvning, og de studerende bliver her mere fokuserede på at løse den stillede opgave, end at forholde sig undersøgende til lungebilledet. I anden afprøvning siger en gruppe alligevel: *"Forståelsen for især bevægelse er blevet bedre, men også placeringen er blevet uddybet."* og at det øger deres forståelse af lungerne som en del af kroppen, og ikke udelukkende en del taget ud af en krop. Selvom de studerende selv beskriver en opfattelse af lungerne i sammenhæng med kroppen, viser videooptagelserne, at de fjerner billederne fra den fysiske krop. Deres lungebeskrivelser er mindre detaljerede end de studerendes ved første afprøvning, og i evalueringen fokuserer de på teknologien som faktor for forståelsen, hvilket indikerer mindre grad af visuel læring af det faglige indhold.

Endvidere viser videooptagelserne, at de studerende har opmærksomheden rettet mod kameraerne, hvilket kan være en faktor, der spiller ind i forhold til de studerendes aktivitetsniveau. De flere synlige kameraer med sigte på at observere de studerendes kropslige ageren kan være en mulig årsag til den manglende aktivitet i rummet. Da

kameraerne slukkes, bliver lydniveauet højere, og de studerende uddyber tale og evaluering væsentligt. En anden faktor kan være rumindretning med placering af borde i anden afprøvning. Ved første afprøvning stod bordene tilfældigt i rummet og inviterede til mange bevægelsesmønstre, mens de ved anden afprøvning var stillet sammen, hvilket resulterede i, at de studerende satte sig rundt om bordene, som var det et traditionelt gruppearbejde. En tredje faktor kan være, at undersøgelsen ved anden afprøvning i højere grad er blevet italesat uddybet over for de studerende med henblik på etiske og juridiske aspekter, ligesom de på forhånd har underskrevet samtykkeerklæringer. Der er således en række metodiske faktorer, der kan have haft indflydelse på, hvordan det didaktiske design har faciliteret den visuelle læringsproces i anden afprøvning.

Det ser imidlertid ud til, at koblingen mellem billede og krop via T- shirten har større betydning for den visuelle læring end den tekniske kvalitet af billedsekvenserne, idet første iterations konsekvent brug af T- shirt resulterede i tække observationer og beskrivelser. Mens brug af appen som *wearable* letter den visuelle lærings kognitive oversættelsesproces og kobling til både anatomisk viden og patientpleje, faciliterer brug af appen som *billede* og *poster* i højere grad metakommunikation om teknologiens visualiseringsmuligheder.

Begge afprøvnings indikerer en gruppe lærende, der dels er socialiseret ind i en medieret visuel kultur (Buhl & Flensburg 2011), dels forbinder og sammentænker digitale teknologier og fagligt indhold som sidestillet information (Siemens, 2005). Flere afprøvnings med brug af henholdsvis papir og T-shirt vil kunne vise, om fokuseringen på medieringsmuligheder i anden afprøvning har været en omstændighed ved det specifikke hold af studerende (Dede, 2004), eller om skiftet fra at 'iføre sig lungen' som *wearable* til at se den på papir understøtter denne artikels tese om, at AR som *wearable* fremmer den visuelle læring af det faglige indhold.

Konklusion

Samlet indikerer de to afprøvnings, at der er visuel læringspotentialer i brugen af AR som *wearable*, når den kobles med en IBSE-tilgang, hvor de studerende understøttes i en eksplorativ og problemløsende læringspraksis. Der er indikationer på, at digitale visuelle repræsentationer optimerer tilegnelsen af det faglige indhold, hvor det visuelle kan have en funktion både i forhold til forestillingsevne, repetition og som tekståbner.

Der er forskellige resultater fra første og anden iteration med hensyn til relationen mellem billede og krop, der i nogen grad kan knyttes til forholdet mellem T-shirt og papir, som ser ud til at lede de studerendes refleksioner i retning af henholdsvis et kropsorienteret fokus

og et medieringsorienteret fokus. Det viser at selv små justeringer af AR- teknologi kan flytte studerendes læringsfokus – i nærværende projekt fra visuel læring af fagindhold til forslag om forbedring af visuelle medieringsformer, hvilket adresserer en generel udfordring i implementering af teknologier i undervisning, der angår en balancering mellem læringsmål og læringsmidler. Det ændrede læringsfokus kan i nogen grad forklares ud fra et affordancebegreb (Gibson, 1979), idet artefakter inviterer til forskellige handlinger. En næste iteration vil kunne justere på forholdet mellem teknologi, krop og billede ved at bruge en teknologi, der baserer sig på 'real-time-sensordata', hvilket betyder, at logo og tags bliver overflødige, og lungerne vises ud fra den fysiske krop, som påsættes sensorer. Denne udvikling favoriserer en tilgang, hvor en wearable og den fysiske krop er omdrejningspunkt i læreprocessen og begrundes i sygeplejerskeuddannelsens mål om et helhedssyn på patienterne og stimulering af indlevelsessevne i deres behov.

Affordances kan muligvis også tilskrives ændringer i de to undervisningsset-upper og justeringer i datagenereringsformer, der har haft indflydelse på de studerendes ageren i rummet. En næste iteration vil kunne gentænke kameraplacering og rumopsætning. Kombinationen af AR og IBSE i en wearable, hvor billede og krop står i direkte relation gennem teorigenererende praksis, kan give en fornyet tilgang til professionalisering af sygepleje, hvor anatomisk viden bliver nærværende og understøtter sygeplejerskeuddannelsens helhedssyn på anatomiundervisning til gavn for patientpleje.

References

- Amiel, T., & Reeves, T. (2008). Design-based research and educational technology: Rethinking technology and the research agenda. *Educational Technology and Society*, 11(4), 29-40.
- Andreasen, L.B. & Buhl, M. (2015). Understanding MOOCs Through Connectivist and Social Constructivist Approaches. In Jeffries, A. & Curbric, M. (eds.). *Proceedings of the 14th European Conference on e- Learning ECEL*. Academic Conferences and Publishing international limited, (s. 34 – 41)
- Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., MacIntyre, & B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics Applied*, 21(6), 34-47.
- Bezemer, J., & Jewitt, C. (2010). Multimodal Analysis: Key issues. In L. Litosseliti (red.), *Research Methods in Linguistics* (s. 180-197). London: Continuum.

Buhl, M. & Ejsing-Duun, S. (2015). Blended learning promoting new developments for Nordic master programs in visual studies and art education, Proceedings of the 14th European Conference on e-Learning ECEL2015. In Jeffries, A. & Curbric, M. (eds.). Proceedings of the 14th European Conference on e-Learning ECEL. Academic Conferences and Publishing international limited, (s. 100-107)

Buhl, M. (2013a). Video as a Means for Academic Improvement of a Profession. A Discussion of Theory-Generating Practice. In A. Kraus & A. Herbert (red). Praxeology as a Challenge: Modelling the Tacit Dimensions of Pedagogy (s. 109-125). European Studies on Educational Practices, Vol. 3. Münster: Waxmann Verlag.

Buhl, M. (2013b). Digital Media experiences for visual learning. In J. Bilstein & H. Peskoller (red.), Erfahrung – Erfahrungen. Wiesbaden: Springer.

Buhl, M. & Flensburg, I. (2011). Visuel kulturpædagogik. København: Hans Reitzels Forlag.

Dede, C. (2004). If DBR is the answer, what is the question? A Commentary on Collins, Joseph, and Bielaczyc; diSessa and Cobb; and Fishman, Marx, Blumenthal, Krajcik, and Soloway in the JLS Special Issue on Design- Based Research. Journal of the Learning Sciences, 13(1), 105-114.

Dunleavy, M., & Dede, C. (2013). Augmented Reality Teaching and Learning. In J.M. Spector, M.D Merrill, J. Elen, & M.J. Bishop (Eds.), The Handbook of Research for Educational Communications and Technology (4th ed.) New York: Springer.

Feiner, S., MacIntyre, B., Hollerer, T., & Webster, A. (1997). A Touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment. Digest of Papers. First International Symposium on Wearable Computers Los Alamitos, California: IEEE Computer Society. (s. 74-81).

Frisdahl, K. (red.) (2014). Kompendium: Inquiry Based Science Education – IBSE: termer, metoder, tankegange og erfaringer: undersøgelsesbaseret undervisning i naturfag og matematik. København: Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet. <http://www.ind.ku.dk/skriftserie>

Gibson, J. J. (1979). The Ecological Approach to Visual Perception. Boston: Houghton Mifflin.

Juan, C., Beatrice, F., & Cano, J. (2008). An Augmented Reality system for learning the interior of the human body. Advanced Learning Technologies, 2008. ICALT '08. Eighth IEEE International Conference on, vol., no., pp.186-188, 1-5 July 2008

- Kjærgaard, H. W., Kjeldsen, L.B. & Rahn, A. (2016). Augmented reality: sustaining iPad facilitated visualisation pedagogy in nursing. In Wan Ng & Cumming, T. M. (red.), *Sustaining Mobile Learning: Theory, Research and Practice* (s. 193-211). London etc.: Routledge.
- Kress, G. & van Leuween, T. (2001). *Multimodal discourse: the modes and media of contemporary communication*. London: Arnold
- Mayer, R. (2010). *Learning with Technology*. In: H. Dumont (red.), *The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice*. Paris: OECD.
- Munnerley, D., Bacon, M., Wilson, A., Steele, J., Hedberg, J., & Fitzgerald, R. (2012). *Confronting an Augmented Reality*. *Research in Learning Technology*, <http://www.researchinlearningtechnology.net/index.php/rlt/article/view/19189>
- Pasveer, B. (2006). *Representing or Mediating. A History and Philosophy of X-ray Images in Medicine*. In L. Pauwels (red.), *Visual Cultures of Science*. Hanover, N.H. & London: Dartmouth College Press. s. 41-63
- Pauwels, L. (2006). *A theoretical framework for assessing visual representational practices in knowledge building and science communication*. In L. Pauwels (red.), *Visual Cultures of Science*. Hanover, N.H. & London: Dartmouth College Press. (s. 1-26)
- Piekarski, W., & Thomas, B. (2002). ARQuake: The Outdoor Augmented Reality Gaming System. *Communications of the ACM*, 45(1), 36-38.
- Rahn, A. & Kjærgaard, H. (2014). *Augmented reality as a visualizing facilitator in nursing education*. 8th International Technology, Education and Development Conference. *Proceedings*, s.6560-6568
- Roberts, G. W., Evans, A., Dodson, A. H., Denby, B., Cooper, S., & Hollands, R. (2002). *The Use of Augmented Reality, GPS and INS for subsurface data visualisation*. FIG International Congress. Washington: FIG XXII Proceedings, s.1-12.
- Siemens, G. (2005). *Connectivism: A learning theory for the digital age*. elearnspace. <http://www.elearnspace.org/Articles/connectivism.htm>
- Sillasen, M. K. (2012). *Introduktion til IBSE-didaktikken*. Hentet 13. oktober 2015 fra https://www.ucviden.dk/portal-via/files/12668180/Introduktion_til_IBSE.pdf
- Sjøberg, S. (2012). *Naturfag som almendannelse: en kritisk fagdidaktik*. Århus: Klim.

The Design-Based Research Collective (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), s. 5-8.

Trampleasure, O., Jawas, A., Buckle, V., & Ahmed, S. (2015). Technology in Health: Wearables, Augmented Reality and Virtual Reality. *The Bulletin*, 97(10), 435-438.
<http://publishing.rcseng.ac.uk/doi/full/10.1308/rcsbull.2015.435>

Trumbo, J. (2006). Making Science visible. Visual Literacy in science communication. In L. Pauwels (red.), *Visual Cultures of Science*. Hanover, N.H. & London: Dartmouth College Press (s. 266-285)

Wagner, D. (2014). History of Mobile Augmented Reality.
<https://www.icg.tugraz.at/~daniel/HistoryOfMobileAR/>. Wojciechowski, R., Walczak, K., White, M., & Cellary, W. (2004). Building virtual and augmented reality museum exhibitions. *Proceedings of the ninth international conference on 3D Web technology* (s. 135-144).

Østergaard, L. D., Sillasen, M., Hagelskjær, J., & Bavnthøj, H. (2010). Inquiry- Based Science Education: har naturfagsundervisningen i Danmark brug for det? *MONA*, 4, 25-43.

I The Pollen Project (2006-2009). Fibonacci-Project: Involved projects. Hentet 7.oktober 2015 fra <http://fibonacci.uni-bayreuth.de/project/project-background/involved-projects.html>