

At se det usete

– rumlig visualisering af solsystemet med fysiske prototyper og Augmented Reality



Gunver Majgaard, Mærsk-McKinney Møller Institutet, Syddansk Universitet



Lasse Juel Larsen, Institut for Kulturvidenskaber, Syddansk Universitet



Morten Lyk, Syddansk Universitet



Patricia Lyk, Syddansk Universitet

Abstract: Artiklen bidrager med et eksempel på anvendelse af Augmented Reality til at understøtte undervisning i solsystemet i en 6. klasse. Augmented Reality forbinder den fysiske og virtuelle verden i fx 3D-kloder der svæver hen over lærebogen. Der blev i forløbet udviklet en app hvor eleverne kunne se størrelsesforhold og bevægelsesmønstre for planeter i solsystemet. Eleverne og natur/teknologilæreren bidrog aktivt i designprocessen. De særlige erfaringslæringspotentialer i casen kan beskrives under temaerne: om at se det usete – anvendelse af teknologien som linse til en fjern virkelighed og om at forstå rumlige objekter og bevægelser i tre dimensioner.

Indledning

Artiklen bidrager med, i en dansk kontekst, at undersøge hvordan Augmented Reality og designprocesser kan understøtte læreprocesser i 6. klasse – ved at gøre det ikke synlige synligt – og hvordan man kan bruge Augmented Reality som en særlig linse til omverdenen. Artiklen redegør desuden for styrker og svagheder ved teknologien i sin nuværende form.

I designprocessen arbejdedes der både med fysiske og digitale prototyper til rumlig visualisering af solsystemet. De digitale prototyper var baseret på Google Cardboard hvori der monteres en smartphone (Google Cardboard, 2016). Smartphonen afvikler en app der ved hjælp af kameraet kan genkende billeder i en bog, og herudfra genereres et 3D-indhold i realtid. I den aktuelle case kunne eleverne se Solen og planeterne svæve over bogens sider.

Augmented Reality er kendetegnet ved at blande den fysiske og virtuelle verden på den måde at man lægger et virtuelt lag oven på den fysiske verden og dette ofte i 3D (Klopfer 2008). Herigennem får brugeren en omsluttende virtuel 3D-oplevelse (Murray, 1997) som indeholder muligheder for at udvikle og forstærke læringsoplevelsen. Blandingen af den fysiske og virtuelle verden giver ifølge Dunleavy (2014) en overraskende oplevelse og engagerende læringskontekst der medierende kan skalere det fysiske store eller små og derigennem gøre det erfaringsmæssigt fraværende nærværende. Dette kan motivere elever til at udforske emner som de ellers er afskåret fra umiddelbart at sanse og opleve på tæt hold (Kerawella, 2006). Kolb (1984) peger netop på oplevelser og konkrete erfaringer som centrale ingredienser i læreprocesser hvor der skabes en vekselvirkning mellem konkrete oplevelser, observationer, refleksion, dannelse af abstrakte begreber, generaliseringer og test af nye idéer.

Eleverne i 6. klasse og deres lærer blev i dette projekt aktive deltagere i en designbaseret læreproces hvor de deltog i flere af projektets faser. Projektet er inspireret af Druins (2002) metode som netop forbinder design og læreprocesser med børn som målgruppe. I denne designbaserede læreproces indtager eleverne roller som informanter, brugere og meddesignere.

Læringsperspektivet bygger på eksperimentelle og konstruktionistiske læreprocesser hvor elever lærer imens de eksperimenterer og konstruerer sig frem understøttet af teknologi som beskrevet af Papert (1980) med flere (Caprani, 2015; Ejsing-Duun & Misfeldt, 2015; Majgaard & Lyk, 2015; Majgaard, Hansen, Bertel & Pagh, 2014; Nielsen et al., 2015; Bertel & Rasmussen, 2013; Larsen & Majgaard, 2016).

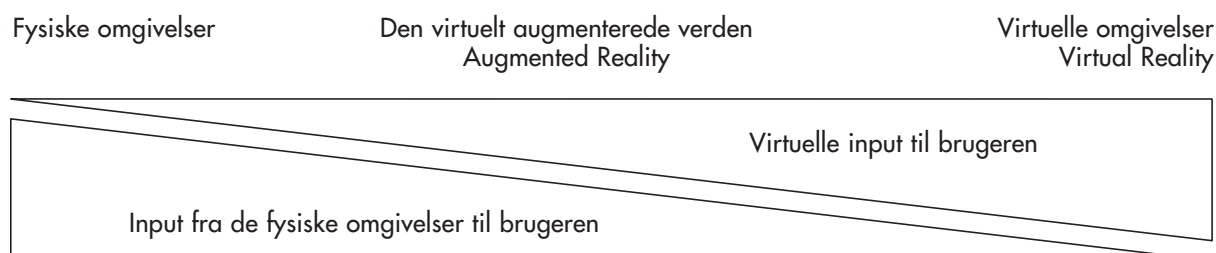
I det aktuelle projekt arbejdede eleverne med solsystemet hvilket er et tema i de nye forenkede Fælles Mål (Fælles Mål, 2015) for faget natur/teknologi i folkeskolen. Eleverne udviklede sammen med deres lærer idéer til det digitale materiale som herefter blev bearbejdet til tredimensionelle, fysiske prototyper. Disse dannede grundlag for den digitale visualisering af solsystemet i Augmented Reality – denne del blev udviklet af tekniske eksperter.

Artiklens opbygning

Først introduceres begrebet Augmented Reality og Google Cardboard. Virtual Reality introduceres som en særlig form for augmentering. Derefter beskrives den læringscentrerede designproces med illustrative eksempler fra designprocessen. Efterfølgende diskuteres de illustrative eksempler med udgangspunkt i relationen mellem den fysiske og virtuelle verden og hvordan dette kan stimulere læreprocessen i lyset af vores læringsperspektiv. Desuden diskuteres potentialer, udfordringer og perspektiver for anvendelsen af Augmented Reality i læringskontekster.

Augmented Reality (AR)

Augmented Reality blander det fysiske og virtuelle miljø (Klopfer, 2008; Kerawalla, 2006; Cheng & Tsai, 2013; Dunleavy, 2014). Denne blanding kan illustreres som et kontinuum mellem den fysiske virkelighed og det virtuelle miljø, se figur 1 (Klopfer, 2008). I den fysiske virkelighed interagerer vi med kendte omgivelser, mens den augmented version udvider den fysiske virkelighed ved at lægge et digitalt lag ovenpå.



Figur 1. *Augmented Reality beskrevet som eksisterende i et kontinuum afhængigt af udformningen.*

Augmented Reality inddeles normalt i to former. Den første er positionsbaseret, mens den anden er billedbaseret. Disse kan selvfølgelig blandes sammen. Den positionsbaserede AR tager udgangspunkt i hvor man befinder sig fysisk. Tekst, grafik, lyd, video, 3D-modeller præsenteres afhængigt af eksempelvis GPS-koordinater eller kompasmålinger (Dunleavy, 2014). Den billedbaserede anvender kameraet på en smartphone eller tablet til at aflæse en QR-kode eller en 2D-figur hvilket får digitale data i 3D-simulationer til at dukke op oven på billedet (Dunleavy, 2014; Cheng & Tsai, 2012). Det er den billedbaserede form som bliver anvendt i dette projekt.

Augmented Reality er beslægtet med Virtual Reality som er kendetegnet ved at være fuldstændig omsluttende virtuelle miljøer hvor brugeren modtager visuelle og auditive input gennem et særligt headset (Majgaard & Lyk, 2015). Disse virtuelle miljøer er afskåret fra visuelle input fra de fysiske omgivelser. Begrebet "immersion" sammenkædes til stadighed med Virtual Reality og beskriver en fuldstændigt omsluttende, virtuel oplevelse (Waterworth & Riva, 2015). Murray (1997) sammenligner oplevelsen med den fornemmelse man har, når man bliver omsluttet af vand og oplever verden fra et nyt perspektiv. Når brugeren er "immersed" i et virtuelt miljø, "forsvinder" mediet sådan at brugeren "glemmer" at indtrykkene fra de virtuelle miljøer er medierede – dette fænomen benævnes "immediacy".

Augmented og Virtual Reality er ved at blive mere almindeligt da man ikke længere behøver at bruge dyrt specialudstyr, og idet der kan udvikles simple såvel som avancerede apps i 3D-spiludviklingsværktøjet Unity. I Danmark anvendes det, i øvrigt danske Unity-værktøj, ofte som grundlæggende spiludviklingsværktøj på videregående uddannelser (Majgaard & Lyk, 2015).

Eksempler med Augmented Reality

I undervisningssammenhænge kan Augmented Reality anvendes til at bringe det fjerne nært ved at skalere enten det mikroskopiske op eller det makroskopiske ned eller gøre det indvendige udvendigt – alt sammen for *at gøre det ikke-synlige synligt* (Dunleavy, 2014). Et eksempel på at gøre det indvendige udvendigt er billedstyret Augmented Reality i sygeplejerskeuddannelsens anatomiundervisning (Buhl & Rahn, 2015). Her kan de studerende, når de retter kameraet mod hinandens brystkasser, se tredimensionelle, virtuelle lunger pulsere foran deres brystkasser. I praksis downloades appen Anatomy Live, herefter printes et særligt billedlogo. Logoet placeres på brystkassen hvorefter de studerende, når kameraet “læser” logoet, kan se en lunge-simulation parallelt med visning af den medstuderendes brystkasse. Her bliver augmenteringen desuden en slags “wearable”, altså en teknologi der bæres på kroppen. Dette illustrerer samtidig den tendens at alle disse nye teknologier kombineres på interessante og kreative måder.

Et andet eksempel er fra et tidligere arbejde med Virtual Reality i forbindelse med billedkunstundervisning i en dansk 5. klasse. Her deltog børnene i en designproces hvor de byggede fysiske installationer i billedkunstmaterialer af steder de gerne ville besøge, såsom eksempelvis pyramiderne i Egypten. Efterfølgende blev installationerne scannet ind, og eleverne kunne herefter besøge stederne i Virtual Reality med Oculus Rift-headsettet. Det gav eleverne en førstehåndsoplevelse af skalering af størrelsesforhold i relation til rumlige figurer (Majgaard & Lyk, 2015).

Ud over at gøre det ikke-synlige synligt påkalder det rumlige aspekt af den augmented virkelighed sig opmærksomhed. Det er ofte vanskeligt for elever at forstå rumlige koncepter og fænomener når de bliver formidlet gennem tekst og 2D-illustrationer (Shelton & Hedly, 2002). Shelton og Hedly (2002) beskriver det som *the spatial learning problem*. Martín-Gutiérrez et al. (2009) og Cheng og Tsai (2012) foreslår Augmented Reality som en mulig løsning på *the spatial learning problem*. Cheng og Tsai har undersøgt 12 Augmented Reality-projekter og fundet frem til at de studerendes rumlige forståelse, praktiske færdigheder og konceptuelle forståelse kan understøttes af billedbaseret Augmented Reality.

Beskrivelse af dette projekts teknologiske platform

Google Cardboard er en papbrille med et sæt plastiklinser der “forvandler” ens smartphone til et virtual reality-headset. Papbrillen er open source og kan anskaffes til under 20 kr., eller man kan selv folde det (Google Cardboard, 2016; Google Cardboard v1.2 Printing template, n.d.). Se figur 2.



Figur 2. *Google Cardboard.*

På Google Play kan hentes spil og simulationer til brillen i både Augmented og Virtual Reality (Google Play, 2016). I praksis fungerer det sådan at en app køres, og mobiltelefonen indsættes i "lommen" på papbrillen. Herefter er brillen klar og kan løftes op foran øjnene.

Når der med Unity udvikles billedbaseret Augmented Reality-applikationer til Google Cardboard, kræves en tredjeparts add-on kaldet Vuforia (Vuforia Developer Portal, 2015).

I dette projekt fungerer billederne i et papirskompedium om solsystemet som baggrund for Augmented Reality. Billederne af solsystemet får Augmented Reality-appen til at vise svævende kloder over kompendiets sider.

Rammen om projektet

Til projektet anvendes en fleksibel udviklingsmetode der lægger sig op af Extreme Programming (XP) og Cooperative Inquiry. XP fokuserer på brugerinvolverende design hvor produktet løbende tilpasses i samspil med brugerfeedback (DeGrace & Stahl, 1991). Cooperative Inquiry er udviklet af Druin (2002). Druins tilgang til design med børn har tre særlige aspekter (Druin, 2002):

- *Flerfagligt partnerskab.* I dette projekt mellem elever, lærer og forskere. Målgruppen for projektet er 12 elever fra en 6. klasse og deres natur/teknologilærer.
- *Feltforskning i elevernes omgivelser,* dvs. klasseværelset. Dette bidrager til en bedre forståelse af målgruppens kontekst, aktiviteter og artefakter.
- *Iterativ udvikling af lav- og højteknologiske prototyper.* Iterativ udvikling dækker her over flere runder af design, test og evaluering. I dette tilfælde tre iterationer over ca. et halvt år hvor klassen udforskede, testede og kom med idéer til den fortsatte designproces.

Illustrative eksempler fra det læringsbaserede designforløb

I det efterfølgende beskrives eksempler fra de tre iterationer af udviklingsforløbet.

Første iteration (runde): Forundersøgelse, etablering af fælles grundlag

Første møde med eleverne fandt sted på deres skole og havde til formål at forberede elever og lærer på at indgå i en slags multidisciplinært designteam hvorfor det var vigtigt at opbygge et fælles repertoire af begreber og en fælles forståelsesramme. Mødet bestod af tre aktiviteter: gennemgang af begreberne Augmented Reality og Virtual Reality, test af teknologisk platform (Google Cardboard sammen med smartphone) og gennemførelse af semistrukturerede interviews.

Eleverne prøvede Augmented og Virtual Reality: Elever og lærer blev gruppevis introduceret til Google Cardboard. De prøvede VR-applikationen Tuscany Dive der er en have- og hussimulation man kan bevæge sig rundt i enten ved at tilslutte en bluetooth controller eller sætte appen til automatisk gang (Tuscany Dive, 2014). Desuden afprøvede de AR-applikationen Table Zombie (TableZombies Augmented Reality, 2015) der genkender et printet billede som bliver brugt til at generere spilverdenens position ud fra. Appen genererer omvandrende zombier som spilleren skal skyde.

Afslutningsvis afprøvede de en tidlig version af vores applikation der anvendte en side i elevernes natur/teknikbog som markør. Oven på billedet blev en realistisk og roterende måne i 3D genereret (Veje & Christensen, 1997), se figur 3.



Figur 3. Eleverne kigger i deres natur- og teknikbog med Google Cardboard og ser en augmenteret måne.

Resultater

Eleverne kendte ikke begreberne AR og VR, men forstod hurtigt forskellen mellem dem. Eleverne var meget overraskede og begejstrede for Tuscany Dive-applikationen. De

levede sig hurtigt ind i simulationen og rakte ud efter de virtuelle objekter de så. En elev stoppede pludselig op og udbrød: "... jeg var lige ved at falde ned!" [fra en balkon ud over vandet]. Ingen af eleverne havde tidligere erfaringer med noget lignende og fandt det derfor meget imponerende. Begejstringen for den augmentede måne i lærebogen var næsten lige så stor som for zombierne i Table Zombie. En elev udbrød: "... det føles som at være fløjet til Månen. Man behøver ikke engang være astronaut." Flere forsøgte at række ud og røre ved Månen. I det efterfølgende semistrukturerede interview med læreren blev anvendelsesmulighederne for AR og VR i undervisningen diskuteret. Læreren så umiddelbart potentialet ved at anvende AR og VR i undervisningen og sammenlignede AR og VR med at tage på udflugter. Her havde hun erfaret at eleverne tilsyneladende lærte og huskede mere og bedre.

Videre forklarede læreren at eleverne havde svært ved at forstå solsystemet og dets opbygning. Særligt havde eleverne vanskeligheder ved at begribe afstande mellem Solen og planeterne og deres respektive størrelser i forhold til hinanden samt planeternes bevægelser i Rummet. Den læringsudfordring mente læreren at AR kunne imødegå.

I de semistrukturerede interviews med eleverne kredsede samtalen hovedsageligt også om at besøge steder og se ting de ellers ikke ville kunne komme til. Det blev eksempelvis foreslået at man kunne prøve at flyve en rumraket ud i Rummet og udforske planeter.

Evaluerings af første iteration

Både elever og lærer var interesserede i at arbejde videre med AR og deltage i den brugerinvolverende designproces. På baggrund af lærerens udtalelse om rumlige forståelsesproblemer af solsystemet blev det besluttet at arbejde videre med dette emne.

I det følgende blev der udarbejdet et kompendium over solsystemet som erstatning for klassens egen natur/teknikbog (Veje & Christensen, 1997) fordi indholdet bedre kan tilpasses AR. Læreren foretrak også et nyt kompendium da både hun og eleverne ikke var begejstrede for det eksisterende lærebogsmateriale.

Anden iteration: Fysiske prototyper og Månens faser

Andet møde med eleverne og læreren var delt op i to aktiviteter: fælles prototyping og test af foreløbigt AR-materiale (papirkompendium og app).

Fælles prototyping: I klassen blev der afholdt en fælles prototyping. Eleverne fik at vide at temaet for prototyping var "solsystemet" som de på dette tidspunkt havde arbejdet med i nogle uger i natur/teknologiundervisningen. De skulle tænke over hvad der havde været svært at forstå om solsystemet, og hvordan AR og VR måske kunne have gjort det nemmere.

Prototypingfasen stillede en lang række materialer til rådighed, såsom karton,

forskellige typer papir, glimmer, lim, tusser, farveblyanter, modellervoks og flamin-gokugler i forskellige størrelser. Resultatet ses herunder i tabel 1.

Eleverne inddelte sig selv i grupper og gik i gang med at diskutere og designe. Vi forskere og læreren gik rundt mellem de forskellige grupper og gav sparring.



Undersøge hvordan de forskellige planeter responderer på vand.



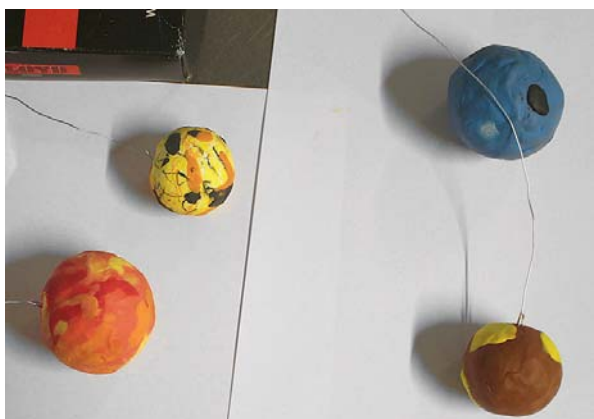
Stå på Månen og se på Jorden.



Opleve tilblivelsen af et meteorkrater (VR).



Besøge og udforske solsystemets forskellige planeter.



Sammenligne størrelserne på solsystemets planeter.

Tabel 1. *Prototyperne fra fælles prototyping.*

Ud fra elevernes prototyper, skolens natur/tekniklærebøger (Veje, 1997; Veje, 1998; Hansen, 1994), de forenklede Fælles Mål og i samarbejde med læreren udvalgte en række centrale emner:

- Jorden i forhold til Månen og Solen
- Jordens hældning og dennes betydning for dags- og natlængder samt årstiderne
- Månens faser og stå på Månen og se Jorden
- Hele solsystemets forhold til hinanden og fakta om planeterne
- Stjernebilleder
- Meteoror og kometer
- Rumforskning (satellitter, mennesker i rummet).

Test af foreløbigt AR-materiale (papirkompendium og Måneapp). Figur 4 illustrerer Månens rotation om Jorden og hvordan relationen mellem Solen, Jorden og Månen influerer på Månens faser. Måneappen er sammenkædet med billeder og forklarende tekst i kompendiet.



Figur 4. Applikationen med Månens faser set gennem Google Cardboard. Afstand og størrelsesforhold er dog ikke korrekte i den første version.

Eleverne testede det udarbejdede kompendium og appen i grupper. Testen blev afsluttet med et åbent interview.

Resultater

Under prototypetesten blev det tydeligt at eleverne havde problemer med den grundlæggende forståelse af solsystemet. Eksempelvis havde flere af eleverne svært ved at finde ud af størrelsesforholdet mellem Solen og Jorden. Flere troede at alle planeterne

var lige store (måske fordi planeterne på plakaterne i klasselokalet får dem til at se lige store ud). Et par elever troede endda at Månen var større end Jorden.

Eleverne syntes godt om den digitale prototype. Dog blev det tydeligt at kompendiet skulle ledsages af information om hvor Google Cardboard kunne benyttes.

Evaluering

Brugeroplevelsen skulle forbedres, eksempelvis skulle det være tydeligt for eleverne hvor i kompendiet man kunne anvende Google Cardboard. De skulle have information om hvilken planet de havde valgt, og valget skulle ledsages af feedback. Derudover skulle det i kompendiet angives når størrelsesforhold og afstande var tilnærmet faktiske forhold uden at være korrekt skaleret.

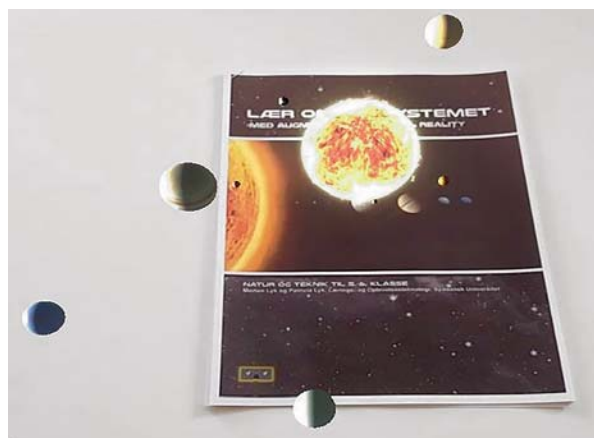
Tredje iteration: Videreudvikling af kompendium og Måneapp

I tredje runde testede elever og lærer en forbedret version af kompendiet og applikationen, se figur 5.



Figur 5. Udsnit af kompendium version 2.

Kompendiet fik farverige baggrunde da det gjorde det nemmere for appen at aflæse billederne. Der blev tilføjet et Google Cardboard-ikon som indikerer at kompendiematerialet er augmented, se figur 6 nederst i venstre og højre hjørne. I højre hjørne blev der tilføjet en beskrivelse af det augmented indhold samt en note om at størrelsesforholdene var tilnærmede. Tabel 2 illustrerer augmenteringen af solsystemet.



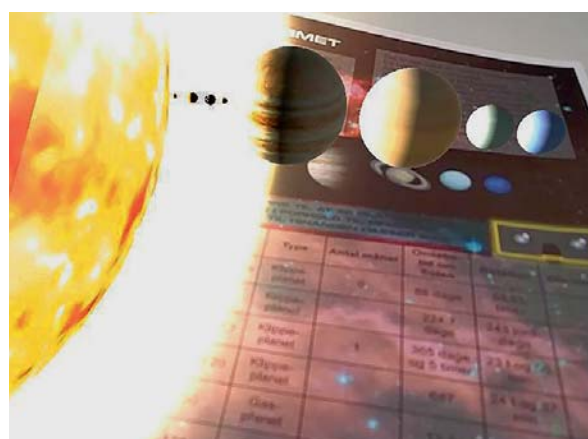
Augmentering af solsystemet.



Månens størrelse i forhold til Jorden.



Jordens bane om Solen.



Størrelsesforholdet på solsystemets planeter.



Augmentering af planeten Mars.



Uranus augmenteret.

Tabel 2. Augmentering af planeterne og solsystemet version 2.

Test af materiale i tredje iteration

Eleverne afprøvede uden for klasesammenhæng kompendiet og den forbedrede applikation. Fremgangsmåden sikrede at eleverne ikke "farvede" hinandens meninger. I eget tempo bladrede eleverne i kompendiet samt anvendte Google Cardboard-applikationen. Undervejs blev der stillet spørgsmål om kompendiets udseende og indhold samt om forskellige dele af applikationen og – ikke mindst – om eleverne forstod betydningen af det nye ikon.

Resultater og evaluering af appen

11 ud af 12 elever blev overraskede over størrelsesforholdet mellem Sol, Jord og Måne. Særligt vakte det interesse at Solen var SÅ stor i forhold til Jorden. Det blev pointeret at appen ikke kørte uden at "hakke", og at feedbacken kunne forbedres.

Den "hakken" som eleverne oplevede, var kraftigst på de sider hvor de selv kunne vælge hvilken planet de ville se. Når planeten drejede rundt, så hakkede den når eleverne gik rundt om bogen, eller når siden blev løftet. Eleverne så gerne at det kørte mere blødt da det virkede distraherende at applikationen "hakkede".

Diskussion af designprocessen og Augmented Reality

Om at se det usete – anvendelse af teknologien som linse til en fjern virkelighed

Elevernes ønsker om at opleve tilblivelsen af et meteorkrater, rejse mellem planeter eller stå på Månen peger på områder hvor det fjerne bliver nært og ikke mindst synligt. Dunleavy (2014) beskriver netop hvordan AR-teknologien kan fungere som linse der kan muliggøre at skoleelever kan få adgang til og se niveauer og elementer i omgivelserne som ellers ligger hinsides dagligdagsoplevelsen, se figuren herunder.



Figur 7. AR som linse til det nære/mikroskopiske og fjerne/makroskopiske.

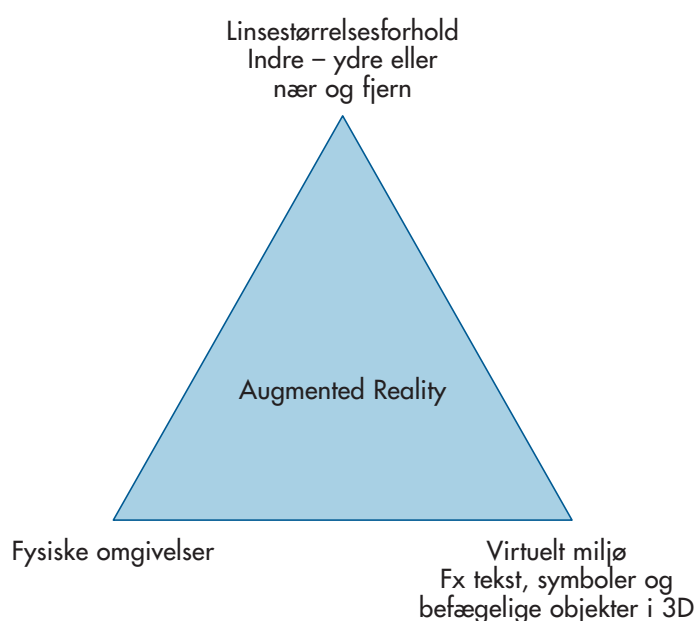
Den kritiske og unikke designmetafor for Augmented Reality bliver derfor teknologi forstået som linse snarere end skærm i og med at eleverne kan observere og interagere med niveauer og elementer af virkeligheden som ellers befinder sig fjernt og uden for dagligdagsoplevelsens rækkevidde.

Om at forstå rumlige objekter og bevægelser i tre dimensioner

Der er ingen tvivl om at Augmented Reality egner sig godt til at visualisere rumlige objekter og hvordan deres bevægelser udfolder sig tidsligt. Det var måske ikke vanskeligt for eleverne at forstå kugleformen; den kendes jo fra bolde og appelsiner med videre. Men det kan være vanskeligt at forstå hvordan planeterne bevæger sig rundt om hinanden i tre dimensioner. Som eksempel fremhæves 3D-applikationen af Månens bane rundt om Jorden, se figur 1.

Anvendelsen af Augmented Reality til at understøtte forståelse af rumlige objekter og hvordan de i tid bevæger sig, peger på en mulig løsning på *the spatial learning problem* som beskrives af Martín-Gutiérrez et al. (2009) og Cheng og Tsai (2012).

Herigennem peger AR-teknologien ikke kun på mulighederne for at synliggøre rumlige forhold, men også på hvordan disse forholder sig tidsligt til hinanden. Dette er aktuelt ikke kun for makroskopiske forhold såsom solsystemet, men også for mikroskopiske elementer, herunder atomer og celler og den kompleksitet der er forbundet hermed. AR-teknologien kan, som allerede nævnt, betragtes som en linse der giver adgang til udsnit af virkeligheden som ligger hinsides dagligdagserfaringen, se figur 8. Herved optræder AR-teknologien som katalysator for iscenesættelse af oplevelser og erfaringer der åbner for observationer som kan danne grundlag for refleksion og skabelse af abstrakte begreber hvilket er essentielt i en læringsammenhæng. AR består altså tilsammen af den fysiske kontekst, de virtuelle objekter og linsen hvormed man ser, se figur 8.



Figur 8. *Augmented Reality består af tre variable komponenter: virtuelle objekter, fysiske omgivelser og den linse hvormed man ser verden.*

Augmented Reality styrker erfaringsbaserede læreprocesser

I første iteration udtrykte flere elever begejstring for den augmentedede måne i lærebogen, og en af dem beskrev at det føltes som at være fløjet til Månen uden at være astronaut. Flere elever forsøgte desuden at række ud og røre ved Månen. Disse eksempler understreger at oplevelser og erfaringer med AR kan virke meget intense og virkelighedstro, og eleverne fik på denne måde oplevelser som de ellers umuligt kunne opleve på første hånd i den virkelige verden (Kerawella, 2006). Læringsteoretikeren Kolb (1984) understreger netop konkrete oplevelser og erfaringer som centrale ingredienser i læreprocesser. Sådan forstået at Augmented Reality gør det fjerne nært og det usynlige synligt, og dette afstedkommer observationer og erfaringer som åbner for refleksioner og dannelse af abstrakte begreber. For at fremme refleksion og begrebsdannelse spiller underviseren dog stadig den centrale didaktiske rolle.

Læringsdesign som metode

Hvis vi blot havde anvendt eksisterende apps, havde eleverne været brugere og ikke co-designere i en fælles designproces (Druin, 2002). Elevernes deltagelse i designforløbet placerede dem i rollen som informanter idet de under hele forløbet bidrog med input og feedback.

Designforløbet udvidede elevernes indsigt i solsystemet gennem taktil virkeliggørelse via prototyping af solsystemets elementer (sol, planeter og måner) samt indblik i hvordan tilblivelse gennem designforløb foregår, herunder oplevelse af indflydelse på forløbets udkomme. Eleverne kunne ikke alene føle sig "empowered" (Druin, 2002, s. 21) idet de voksne lyttede til dem og tog deres meninger alvorligt, men også at designforløbet fungerede som et aktivt vidensmiljø hvor viden er situeret gennem en kontekstualiseret aktivitet som funktion af interaktivitet (Barab & Roth, 2006). Samlet set kan designforløbet skitseres som et affordance netværk hvor eleverne igennem øgede handlemuligheder fik flere muligheder for at realisere læringsmål. Et affordance netværk er et sammensurium af: viden og begreber, fx fra kompendiet; værktøjer, fx AR; metoder, fx designprocessen; undervisningspraksis i klassen med videre (Barab & Roth, 2006, s. 5). Læringsdesignprocessen gav eleverne øgede aktualiseringsmuligheder i og med at de på den ene side var medskabere og på den anden side brugere. Herigennem udbyggede de deres læringshorisont og livsverden (Barab & Roth, 2006).

Fysiske prototyper som en del af læreprocessen

Elevernes udarbejdelse af fysiske prototyper i form af 3D-kloder i modellervoks i kombination med tegninger illustrerede elevernes forståelse af solsystemer og hvad de gerne ville have realiseret og visualiseret i Augmented Reality.

Prototyperne gjorde elevernes forståelse af planeternes indbyrdes størrelsesforhold

synlige inklusive indsigt i rotationsforhold, herunder planeternes baner om Solen og andre planeter (måner) såvel som om deres rotation om deres egen akse. Det blev synligt at nogle af eleverne havde problemer med rumlig forståelse og af himmellegemernes bevægelse i forhold til hinanden. Dette eksemplificerer netop Shelton og Hedlys (2002) beskrivelse af *the spatial learning problem*. Herudover hjalp undersøgelsen af planeternes bevægelser med til at forstå vekslen mellem dag og nat, Månens faser og hvad der konstituerer et år.

Prototyperne inviterede desuden til at ændre perspektiv, sådan som forslaget om at stå på Månen og kigge på Jorden eller være astronaut og rejse mellem planeter.

Fejllæring

I den første iteration var ikke alene Jordens og Månens størrelsesforhold ukorrekte, men også afstandsforhold var utilstrækkeligt skildret. Sådanne forhold kan give anledning til fejllæring. "Fejllæring drejer sig om læring, der indholdsmæssigt ikke modsvarer det tilsigtede eller det, der er blevet formidlet" (Illeris, 2006, s. 166). Dette er selvfølgelig uheldigt da det allerede havde vist sig at eleverne havde fået et forkert indtryk af planeterne og Solens indbyrdes størrelsesforhold fra plakaterne i klasseværelset. Og selvom der i kompendiet står beskrevet hvornår augmenteringen ikke gengiver korrekte størrelsesforhold og afstande, så er det ikke sikkert at eleverne læser dette. De fleste elever udviste da også overraskelse over hvor stor Solen var i forhold til planeterne i solsystemet. Dette demonstrerer at AR-teknologien på trods af designfejl skabte oplevelser der bibragte eleverne en i langt overvejende grad korrekt opfattelse af Solens og Jordens indbyrdes størrelsesforhold. På den måde kunne augmenteringen af størrelsesforholdene mellem Solen og Jorden hjælpe eleverne i læringen som ifølge Illeris (2006, s. 15) er en proces der fører til en varig kapacitetsændring hos eleven.

Evaluering af teknologiens modenhed

Unity3D i kombination med Vuforia fungerer godt til udvikling af AR-applikationer til Google Cardboard. Elevernes AR-oplevelse afhænger i høj grad af den anvendte smartphone; særligt hvis telefonens opløsning ikke er tilstrækkelig høj, kan det give problemer. Det kan også volde problemer hvis telefonens processor ikke er tilstrækkelig hurtig hvilket vil få applikationen til at "hakke". Dette er ikke et problem med måneapplikationen i sin nuværende version, men blev der implementeret bedre grafik og mere avanceret indhold, ville det kunne skabe problemer. Med den hastighed som kendetegner smartphones' udvikling, vil det formentlig inden for nær fremtid ikke være telefonen der er en teknisk hindring.

Designmæssigt blev det vægtet at det skulle være nemt for kameraet at læse de særlige tags. Det var en proces som krævede mange justeringer undervejs. Udvikling

af eget materiale kræver meget tid og en særlig teknisk, naturfaglig og didaktisk viden. Man kan dog uden teknisk indsigt eksperimentere med Google Cardboard idet der findes en række gratis applikationer, se fx Google Play.

Opsamling og konklusion

Denne artikel har bidraget med i en dansk kontekst at undersøge hvordan Augmented Reality og designprocesser kan understøtte læreprocesser i 6. klasse.

Designprocessen testede indledningsvis eksisterende AR-applikationer hvorefter der blev udviklet fysiske prototyper af kloder inklusive scenarier der medinddrog planeternes størrelse, rotationer om egen akse og deres kredsløb. Dette medvirkede til at informere elementerne i planet-applikationen. Eleverne deltog som informanter, testere og meddesignere i designprocessen.

Opsummerende kan det siges at Augmented Reality som platform for læreprocesser er særligt egnet til:

- at gøre det ikke-synlige synligt
- at gøre det fjerne nært
- at skalere enten det makroskopiske ned eller det mikroskopiske op så begge størrelsesforhold bliver tilgængelige for en direkte sanseoplevelse
- at simulere rumlige objekter
- at illustrere tidslige relationer mellem objekter
- at forskyde perspektiver så objekter ses fra nye perspektiver, såsom at stå på Månen og kigge på Jorden
- at vise objekter i tre dimensioner hvad enten det drejer sig om makro- eller mikroskopiske forhold.

Teknologien er stadig ung, men den har potentiale til at blive integreret i fremtidige læremidler – og derved bliver almindelige smartphones også inddraget i skolens undervisning.

Perspektivering

Det ville være interessant at prøve at filme med 3D-kamera for derefter at vise disse film med AR eller VR. Dette kunne medvirke til at gøre oplevelsen mere autentisk – det vil også give eleverne mulighed for selv at filme materiale – under andre temaer end solsystemet. Det kunne være interessant at udvide AR til andre emner og andre

fag, såsom nærstudier af pattedyr, dinosaurer samt VR-besøg i andre lande og byer som en del af bl.a. geografiundervisningen.

Tak til de anonyme reviewere for konstruktiv og produktiv feedback.

Referencer

- Barab, A. S. & Roth, W-M. (2006). Curriculum-Based Ecosystems: Supporting Knowing From an ecological Perspective. *Educational Researcher*. Vol. 35, No, 5, s. 3-13.
- Bertel, L. B. & Rasmussen, D. M. (2013). On Being a Peer: What Persuasive Technology for Teaching Can Gain from Social Robotics in Education. *International Journal of Conceptual Structures and Smart Applications (IJCSSA)*, 1(2), s. 58-68.
- Buhl, M. & Rahn, A. (2015). Augmented Reality som wearable. Et design for visuel læring i sygeplejerskeuddannelsens anatomiundervisning. *Læring og Medier (LOM)*, 8(14).
- Cheng, K. & Chin-Chung, T. (2012). Affordances of Augmented Reality in Science Learning: Suggestions for Future Research. *Springer Science+Business Media*.
- Caprani O. (2015). Mangfoldige læringsaktiviteter – ét robotbyggesæt. *Læring og Medier (LOM)*, 8(14).
- DeGrace, P. & Stahl, H. L. (1991). *Wicked Problems, Righteous Solutions – A Catalogue of Modern Software Engineering Paradigms*. Yourdon Press.
- Druin A. (2002). The Role of Children in the Design of New Technology. *Behaviour and Information Technology (BIT)* 21(1), s. 1-25. DOI: 10.1080/01449290110108659.
- Dunleavy, M. (2014). Design principles for augmented reality learning. *TechTrends*, 58(1), s. 28-34.
- Ejsing-Duun S. & Misfeldt, M. (2015). Programmering af robotenheder i grundskolen. *Læring og Medier (LOM)*, 8(14).
- Hansen, N. et al. (1994). *Natur og teknik i 4.-6. klasse*. Aabenraa: Trykkerigaarden.
- Illeris, K. (2006). *Læring*. Roskilde Universitetsforlag.
- Kerawalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S. & Woolard, A. (2006). "Making it real": exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. *Virtual Reality*, 10(3), s. 163-174.
- Klopfer, E. (2008). *Augmented Learning: Research and Design of Mobile Educational Games*. London: The MIT Press.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Larsen, L. J. & Majgaard, G. (2016). Expanding the Game Design Space: Teaching Computer Game Design in higher Education. *Designs for Learning*, 8(1), s. 13-22. <http://dx.doi.org/10.16993/df.68>.
- Majgaard, G. & Lyk, P. (2015). På rejse med Virtual Reality i billedkunst: Erfaringslæring gennem kombineret fysisk og virtuel modelbygning. *Læring og Medier (LOM)*, 8(14).

- Martín-Gutiérrez, J. et al. (2010). "Education: Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students". *Computers and Graphics*, 34(1), s. 77-91. Pergamon Press, Inc. Elmsford, NY, USA DOI=<http://dx.doi.org/10.1016/j.cag.2009.11.003>.
- Murray, J. H. (1997). *Hamlet on the Holodeck: The Future of Narrative in Cyberspace*. New York: The Free Press, 324 pp. ISBN 0-684-82723-9.
- Nielsen J., Pedersen R. & Majgaard G. (2015). 8. klasse som kreative producenter af fremtidens velfærdsteknologi – konstruktionisme, problemløsning og dialog *Læring og Medier (LOM)*, 8(14).
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: Basic Books.
- Shaffer, D. W. & Resnick, M. (1999) "Thick" authenticity: new media and authentic learning. *Journal of Interactive Learning Research Vol. 10. Issue 2*, s. 195-215.
- Shelton, B. E. & Hedley, N. R. (2002). Using Augmented Reality for Teaching Earth-Sun Relationships to Undergraduate Geography Students. Presented at *IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop*, Darmstadt, Germany.
- Veje, C. J. & Christensen, D. L. (1997). *Natek 5*. Viborg: Malling Beck A/S.
- Veje, C. J. et al. (1998). *Natek 6*. Viborg: Malling Beck A/S.
- Waterworth J. & Riva G. (2014). *Feeling Present in the Physical World and in Computer-Mediated Environments*. Palgrave Macmillan. ISBN: 9781137431677 DOI: 10.1057/9781137431677.

English abstract

The article describes examples of the use of Augmented Reality to support teaching in the solar system in a 6th grade. Augmented Reality connects the physical and virtual world e.g. 3D-globes floating above the textbook.

We developed an app where students could explore the proportions and movement patterns of planets in the solar system. Students and teacher contributed actively in the design process.

The observed experienced-based learning potentials are described in two themes: (1) to see the unseen – the use of technology as a lens to a distant reality and (2) to understand spatial objects and movements in three dimensions.