

Tema 3: Eksperimentet i Naturfagene

Oplæg til kursusbeskrivelse ved Jesper Bruun*

12. august 2010

Målbeskrivelse

Målet med dette tema er, at deltagerne udarbejder et eller flere undervisningsforløb, hvor eleverne skal arbejde med empiriske undersøgelser som en central del af forløbet. Vi lægger vægt på, at deltagerne er velargumenterede i valget af typen af undersøgelser til de konkrete forløb. Der bør være en klar sammenhæng mellem undersøgelsernes faglige indhold/udførelsen af dem og forløbets overordnede læringsmål. Deltagerne skal også diskutere og nedfælde erfaringer med, hvordan de handler i undervisningssituationer, som involverer eksperimenteren eller observation fra elevernes side. Beskrivelsen af undersøgelserne bør nemlig indeholde refleksioner over, hvordan forskellige handlemønstre kan påvirke elevernes læringsudbytte.

Endelig er det vigtigt, at deltagerne designer et forløb, hvor de dels har overvejet hvad formålet med at inddrage de konkrete empiriske undersøgelser i det konkrete forløb er. De skal argumentere for, at empiriske undersøgelser kan opfylde disse formål. I den forbindelse skal de for hvert eksperiment/observation overveje, i hvilken grad eleverne tilegner sig konkret faglig viden (for eksempel lærer en naturlov på en anden måde), og i hvilken grad de tilegner sig viden om hvordan videnskabelige empiriske undersøgelser foregår (eksperimentel kompetence).

Forløbene kan involvere to eller flere naturfag i samspil. Samspillet mellem fagene kan også tage flere former, og som et minimum bør fagene sættes i relation til hinanden. I dette tema sigter vi efter, at et samspil mellem fagene involverer stadig kommunikation og ideudveksling mellem underviserne i faget.

*Ph. D. studerende ved Institut for Naturfagenes Didaktik. Kontakt: jbruun@ind.ku.dk

Det er vigtigt for kurset, at undervisningsforløbene får karakter af et konkret og færdigt produkt. Produktet bør være af en kvalitet, så det kan lægges on-line ved kursets afslutning. Formålet er, at det kan benyttes (enten direkte eller som inspiration) af andre lærere i de fag, undervisningsforløbet inddrager. Derfor er det nødvendigt, at grupperne argumenterer præcist for de didaktiske valg, de har truffet i forbindelse med udarbejdelsen.

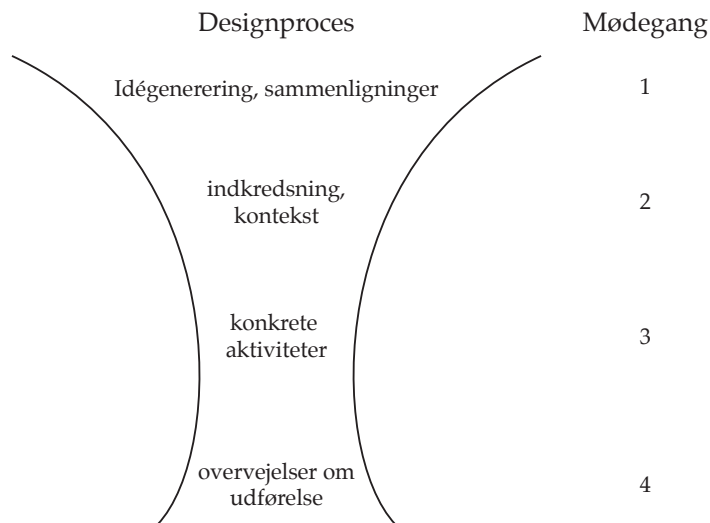
Struktur og arbejdsgang

Kurset er struktureret omkring fem mødegange, hvor en oplægsholder præsenterer et bestemt emne. Efter hver mødegang (på nær den sidste) skal I sammen løse en opgave, der skal hjælpe jer hen mod et færdigt produkt. I kan måske se opgaverne som dele af det puslespil der i sidste ende bliver jeres færdige undervisningsforløb. I den didaktiske argumentation opfordrer vi jer til at I bruger både jeres teoretiske viden og jeres praktiske viden på området. Den teoretiske viden kan udbygges ved at I bruger jeres vejleder. Vedkommende kan hjælpe jer med at finde konkret litteratur og fungerer generelt som sparringspartner, når I har brug for det.

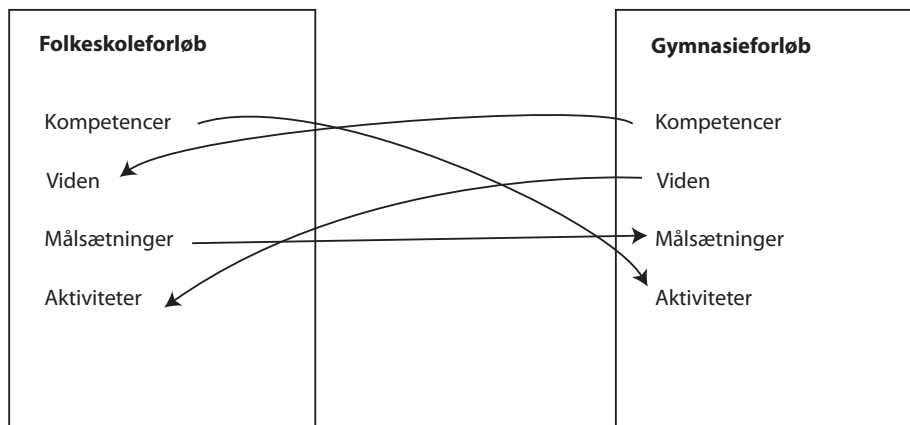
Helt konkret forventer vi følgende arbejdsgang: Før hvert møde læser vejleder og gruppe op på den relevante litteratur. I denne beskrivelse har vi givet nogle muligheder, men både gruppemedlemmer og vejleder kan fra gang til gang finde eksempler som er mere egnede til gruppens behov. Derudover læser og kommenterer vejleder gruppens produkt. På arbejds mødet efter oplægget diskuterer gruppen og vejleder hvor gruppen står, og hvor de er på vej hen. Den nærmere planlægning af arbejdsgangen aftales af gruppe og vejleder.

Vi lægger op til, at I bruger hele kurset til at designe undervisningsforløbene. Målet er, at jeres idéer når at modnes, og at I har god tid til at diskutere styrker og svagheder undervejs. Strukturen i undervisningsdesignet er vist på figur 1.

I kurset er grupperne sammensat så I arbejder sammen på tværs af uddannelsesinstitutioner. Det betyder for eksempel at der i de enkelte grupper både er folkeskolelærere og gymnasielærere. Det vil vi gerne udnytte, så I forholder jer til hvordan forløb i folkeskolen og gymnasiet kan hænge sammen. En måde at gøre det på helt konkret kunne være at lave to forløb omkring samme problemstilling, hvor det ene forløb henvender sig til folkeskoleniveau og det andet til gymnasieniveau. Det er en del af jeres opgave i løbet af kurset at reflektere over og beskrive, hvilke elementer i folkeskoleniveauet der lægger fundament til



Figur 1: En afbildning af strukturen på designprocessen for de undervisningsforløb, I skal lave her på kurset. Vi lægger op til åbenhed overfor idéer i starten med en gradvis indsnævring til konkrete aktiviteter. Til slut er det planen at I åbner forløbene igen for at se på, hvilke muligheder der er, når I skal undervise dem.



Figur 2: Illustration af mulige sammenhænge mellem et folkeskoleforløb og et gymnasieforløb. En pil fra folkeskoleforløbet til gymnasieforløbet betyder at folkeskoleforløbets delement giver fundamentet for arbejdet med et delement i gymnasieforløbet. En pil den anden vej viser, hvad gymnasieforløbet kræver af folkeskoleforløbet.

gymnasieforløbet og hvilke elementer i gymnasieforløbet, der stiller bestemte krav til folkeskoleforløbet. Hvis I ender med at lave et enkelt forløb til folkeskolen/gymnasiet, kan I med fordel finde et andet forløb til gymnasiet/folkeskolen, som jeres forløb kan relateres til på denne måde. Figur 2 illustrerer relationen mellem et folkeskoleforløb og et gymnasieforløb.

Delforløb 1: Eksperimentets rolle i naturfagsundervisningen

Eksperimenter og observationer i naturfagene kan forløbe på mange forskellige måder. For det første kan læreren før en øvelsesgang have nogle ideer om, hvad eleverne skal gøre og måden de skal gøre det på. Realiseringen af øvelsesgangen kan være meget forskellig fra, hvad læreren oprindeligt havde forestillet sig. Fokus i dette delforløb er, at I som gruppe diskuterer forskellige didaktiske typer af empiriske undersøgelser. I kan for eksempel arbejde sammenhængen mellem elevernes selvstændighed og den faglige viden de skal have ud af undersøgelsen, udformningen af vejledninger i forhold til elevernes kompetenceudbytte, og/eller stilladsering og spørgeteknik i konkrete undervisningssituationer. Det kan I bruge til at beskrive forskellige typer af empiriske undersøgelser og til at vurdere deres styrker og svagheder.

Delmål

Deltagerne skal sammenligne forskellige typer af eksperimenter og vurdere hvilke formål de kan tænkes at opfylde. De skal reflektere over, hvordan de ville kunne indsætte eksperimenter af forskellige typer i forløb i deres egen årsplan. Endelig skal de udarbejde en kort beskrivelse af potentielle undervisningsforløb med empiriske undersøgelser som en central del.

Opgave

Find eksempler på øvelsesvejledninger, som er klart didaktisk forskellige. Diskutér forskellene og forsøg at opstille nogle karakteristiske træk ved de forskellige typer af empiriske undersøgelser. Nogle undersøgelser er måske mere oplagte til bestemte fag eller til bestemt fagligt indhold. Nogle vejledninger kræver at eleverne følger dem slavisk, mens andre er åbne. I kan med fordel bruge litteraturen herunder sammen med jeres egen erfaring på området til at klassificere

forskellige øvelsesvejledninger.

I kan vælge at bruge nogle af de forløb som vi har henvist til i litteraturlisten, men I er også velkommen til selv at finde forløb - f. eks. jeres egne. Sammenfat jeres samtale på en måde som I kan bruge til videre diskussion. Det behøver ikke at være tekst, men der skal ligge et produkt, som I kan referere tilbage til.

Brug jeres arbejde til at kredse jer ind på et eller flere konkrete emner til undervisningsforløb, hvor en eller flere empiriske undersøgelser er centrale. Hav gerne i baghovedet, hvilke typer af undersøgelser I gerne vil have med. Lav en liste over mulige undervisningsforløb, hvor I for hvert undervisningsforløb laver

1. En kort beskrivelse af forløbet. Hvad er den røde tråd, hvad er problemstillingerne, hvilke empiriske undersøgelser indeholder det, og hvilke andre aktiviteter der er nødvendige i forløbet.
2. En foreløbig beskrivelse af undersøgelseens didaktiske type, deres formål og en kort og præcis argumentation for, hvorfor undersøgelseen opfylder dette formål.
3. Jeres motivation for at vælge netop dette emne

Vi anbefaler, at I ikke lægger jer for fast på, hvad forløbene skal handle om i denne fase. Lav ikke beskrivelserne for lange og detaljerede - det er meningen at en eller flere af dem skal udvikle sig til et færdigt forløb ved kurset slutning. Så der er rigeligt med tid til at lave ændringer og udbygge forløbene. På den anden side skal de være præcise nok til at videregive de centrale tanker. Vi forventer $\frac{1}{2}$ - 1 A4 side pr. idé, og gerne 4-5 idéer.

Litteratur og materialer

Nogle øvelsesvejledninger (både åbne og lukkede - gerne for forskellige fag)

Tekst om klassificering af eksperimenter (findes det?)

[3] giver en beskrivelse af de formål der er blevet brugt som argumenter for at lave eksperimentelt arbejde. Det viser sig, at målene gerne er, at eleverne skal opnå kognitive, procedurale og affektive evner, mens Jacobsen argumenterer for, at disse evner snarere skal ses som midler til at lære at udføre eksperimentel fysik.

[9]og [7]har begge det fokus, at empiriske undersøgelser skal have ophav i nogle frugtbare problemstillinger eller spørgsmål. Derfra er det elevernes opgave at finde frem til, hvad de vil undersøge og hvordan. Lærerens opgave bliver at

stilladsere eleverne på forskellig vis uden dog at overtage styringen. I [9] beskrives hvordan folkeskoleelever lærer ved at *være* miljøforkæmpere, der finder empiriske beviser for, hvem der har forurenset en lokal sø. Artiklen er på engelsk og hvis man ikke har lyst til at sætte sig ind i det noget komplicerede teoriapparat, kan man sagtens nøjes med at læse side XX-YY.

[7] er en specialeafhandling fra Institut for Naturfagernes Didaktik. Her beskrives et forløb som fra start af er gennemtænkt i forhold til, hvad eleverne forventes at kunne komme igennem. Igen er det i sidste ende eleverne som skal tage beslutningerne, mens overvejelserne fra Thranes side skal til for at læreren nemmere kan stilladsere og hjælpe eleverne på vej.

Delforløb 2: Graden af selvstændighed og den didaktiske kontrakt

I dette delforløb skal I arbejde videre med et udvalg af de forløb og forsøg, I fandt frem til sidst. Fokus i denne omgang er på, om eleverne er i stand til at udføre forsøgene/observationerne og lære det, I gerne vil have de skal lære. Lærere og elever opbygger over tid nogle aftaler om, hvordan undervisningen foregår og hvad elevernes og lærerens opgaver i timen er. Det kan kaldes den didaktiske kontrakt [8]. Forskellige måder at lave empiriske undersøgelser kræver forskellige didaktiske kontrakter, og der skal nogle helt andre aftaler på bordet, når eleverne skal arbejde med åbne forøg i længere tid end hvis de skal følge en kogeogsvejledning.

Eksempler på meget åbne forsøg kommer fra undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning. Her lægges der blandt andet op til, at eleverne arbejder meget selvstændigt, at de er i faglig dialog med hinanden og at der ikke nødvendigvis er én bestemt måde at gøre tingene på. [9] fra sidst, er et eksempel på et meget selvstændigt forløb, hvor det kan være svært fra start af at vurdere hvilket læringsudbytte eleverne får.

Vores erfaring er, at det er bedst at diskutere disse begreber ud fra konkrete eksempler. Derfor skal I arbejde med forsøgenes konkrete udformning og samtidig inddrage graden af selvstændighed/undersøgelsesbaseret og den nødvendige didaktiske kontrakt.

Delmål

Målet i denne omgang er at designe et antal aktiviteter til det/de forløb/forsøg, I vælger at gå videre med, således at det er muligt at gennemføre undervisningsforløbet for en/flere faglærere i gymnasiet. Samtidig skal I vurdere hvor eleverne skal lave selvstændigt arbejde og hvor de ikke skal. Endelig skal I beskrive og argumentere for den didaktiske kontrakt I forventer skal foreligge mellem lærer og elev, for at forsøgets læringsmål bliver opfyldt.

Opgave

I skal udvælge minimum to af de forløb/undersøgelser, I har arbejdet med her til. I skal designe et antal aktiviteter for hvert af de forløb/undersøgelser, I har udvalgt, som er i overensstemmelse med jeres beskrivelser af forløbene. Det er muligt, at I skal revidere beskrivelserne. Derudover skal I sætte aktiviteterne sammen tidsligt og formålmæssigt. Det er vigtigt, at I fastholder sammenhængen mellem jeres faglige og didaktiske mål og de aktiviteter eleverne skal lave. Tilsammen skal aktiviteter, tidslinje, beskrivelser, og argumenter danne et komplet forløb/undersøgelse.

Det kan være en fordel at tænke de centrale aktiviteter som undersøgelsesbaserede. Det vil f. eks. sige, at I skal lægge vægt på, at eleverne skal være selvstændige, at de forklarer for og argumenterer imod hinanden, og at der ikke nødvendigvis er ét korrekt svar. Det kan være en fordel at sigte efter, at I som lærere i store dele af aktiviteten træder i baggrunden, men det kræver at eleverne ikke går i stå i løbet af aktiviteten. Derfor er det en god idé at designe aktiviteterne, så eleverne kan få noget ud af dem, både hvis de er svage og hvis de er stærke. Se eksempler i litteraturlisten. Når læreren træder i baggrunden bør vedkommende afkræve eleverne et produkt, som de på en eller anden måde skal bruge senere, f. eks. til en opsamling, til at arbejde videre, eller noget helt tredje.

Endelig kan I overveje elever som målgrupper. Her kan I overveje, hvordan eleverne vil opfatte aktiviteten, om I kan "sælge" aktiviteten til forskellige elevgrupper på forskellig vis, eller om forskellige elevgrupper vil kræve forskellige aktiviteter om det samme indhold. Det er nødvendigt, at aktiviteterne motiverer og fastholder eleverne, at de synes de er meningsfulde. Det kan også være at den udvikler sig over tid, så den måske begynder som sjov og ender med at være meget faglig.

Opgaven har følgende produkter:

1. Lav en beskrivelse af aktiviteterne. Beskrivelsen skal give et godt billede af det faglige indhold, hvad eleverne skal foretage sig, og hvad de eventuelt skal producere.
2. Lav en oversigt (gerne grafisk, f. eks. en tegning) der viser, hvordan aktiviteterne passer ind tidsmæssigt og formålmæssigt. Oversigten skal kunne give mening for en læser af jeres undervisningsforløb.
3. For hver aktivitet skal I - kort og præcist - argumentere for, hvorfor eleverne skal lave netop denne aktivitet med det faglige indhold på det tidspunkt i forløbet.

Litteratur

[8] beskriver generelt begrebet didaktisk kontrakt, og [1] anvender begrebet på fysikeksperimenter i gymnasieskolen. Den første tekst er en bog som er på dansk, mens den næste er en artikel på engelsk.

TEKST OM UBNU

Delforløb 3: Tværfaglighed, videnskabsteori og eksperimenter

I skulle nu gerne have nedskrevet idéer til enten forløb med empiriske undersøgelser som en central del og/eller have nogle velbeskrevne ideer til konkrete undersøgelser. I har bud på konkrete aktiviteter, som eleverne skal lave i forløbet, og I har analyseret hvad disse aktiviteter kræver af underviser og elever både fagligt og didaktisk. Denne del af kurset handler om, hvordan I som lærere kan få eleverne til at arbejde meningsfuldt med flere fag i relation til hinanden, både inden for en given institution og på langs af institutioner.

En af de muligheder vi ser er, at I som faglærere går sammen om projekter, hvor fagene bliver nødvendige for hinanden, hvis indholdet skal give mening for eleverne. Hvis man så at sige fjernede det ene fag, ville projektet falde fra hinanden. Sådanne projekter er svære at lave, både fagligt og meta-fagligt, men netop i eksperimentel sammenhæng kan I måske finde fælles fodslag. Det kan være for eksempel en idé at lade et objekt være centrum for tværfagligheden. Nogle af de centrale spørgsmål, I kan stille jer går på, hvilken viden de forskellige fag producere og hvordan denne viden kan udnyttes eller blot kommer til udtryk i et andet fag.

Produktet i denne omgang er for de idéer til undervisningsforløb og aktiviteter, I kom frem til de sidste to gange, at lave en oversigt over, hvordan fagene kan hjælpe hinanden i undervisningsforløbet. Derudover skal I lave en argumentation for, hvorfor det samspil I er kommet frem til vil give mening i jeres undervisning.

Delmål

Deltagerne skal diskutere og identificere muligheder for fagligt samspil i egne gennemarbejdede forslag til empiriske undersøgelser eller idéer til undersøgelser. For hver af forslagene, skal de aktivt tage stilling til, hvor fagene kan bidrage til udviklingen af viden hos eleverne, samt hvor fagene potentielt kan begrænse hinandens vidensproduktion hos eleverne.

Opgave

For minimum to af de forløb I beskrev ovenfor skal I vælge et xxxx, som kan være med til at øge graden af fagligt samspil. Diskutér i gruppen, hvordan forskellige fagligheder kan komme til udtryk ved brug af den eksterne mulighed.

Et andet omdrejningspunkt for tværfaglige projekter kan være argumenter. I projektet “Drømme om Universet” [4] på Nationalmuseet, arbejder gymnasieelever med Toulmins argumentmodel og sammensætter historiske argumenter for forskellige verdensbilleder. Nogle af argumenterne er kulturhistoriske, andre er fysikfaglige, og nogle er en blanding. Nogle af de fysikfaglige argumenter tager udgangspunkt i elevernes undersøgelse af de instrumenter som datiden havde til rådighed for observationer af nattehimlen. Det kan måske tjene til inspiration for, hvordan empiriske undersøgelser eller dele af dem kan bruges i et argument.

Hvis et forløb tydeligvis ikke er tværfagligt i sin natur, kan I vurdere, at det vil være for kunstigt at proppe noget tværfagligt ned i det. Vi vil dog anbefale, at I alligevel overvejer, hvilke metaperspektiver, eleverne kan få ud af forløbet. Opgaven har ligesom sidst tre dele:

1. Lav en beskrivelse af, hvordan de empiriske tilgange I vil foreslå til jeres undersøgelser, kan bidrage til den faglighed, eleverne får ud af forløbene/undersøgelserne. Overvej også, hvordan samarbejdet kan bidrage til elevernes metaperspektivering af den/de fag der indgår i forløbene.
2. Brug jeres oversigt fra Delforløb 2, delopgave 2 og indplacér de dele som er tværfaglige i forhold til andre elementer i forløbene/undersøgelserne.

Brug jeres beskrivelser af aktiviteter fra Opgave 2 som elementer. Beskriv, såfremt det er muligt, hvordan aktiviteterne kan indgå i og bidrage til tværfagligt samarbejde.

3. Lav en argumentation for jeres valg set i lyset af litteratur og materialelisten nedenfor.

Litteratur og materialer

I listen over argumenter fra “Drømme om Universet” er der nogle bud på, hvordan de påstande, belæg og hjemmeler der indgår i et argument kan komme fra empiriske undersøgelser. De kan måske tjene som inspiration i det videre arbejde.

MERE!

Delforløb 4: Empiriske undersøgelser, sprog og begrebsdannelse

På nuværende tidspunkt skulle I gerne have minimum ét næsten komplet undervisningsforløb/undersøgelse. Når I på et eller andet tidspunkt skal undervise i forløbet, kan udførelsen af undervisningsforløbet/undersøgelsen blive meget anderledes, end I hver især har tænkt jer lige nu. Det kan være I laver ændringerne undervejs pga. ændrede omstændigheder i forhold til det I regnede med, da I lavede forløbene. Fokus her er på hvordan de empiriske undersøgelser eleverne skal lave bidrager til at udvikle deres faglige begrebsdannelse og fagsprog, så I skal vurdere, hvordan jeres undersøgelser kan gøre det og hvor der kan være udfordringer.

Når eleverne tilegner sig fagligt indhold sker det samtidig med at de lærer at bruge naturfagenes værktøjer. De lærer at udtrykke sig fagligt både mundtligt, visuelt og skriftligt; de lærer at se efter bestemte ting når de observerer; de lærer at anvende forskellige matematiske værktøjer; at lave eksperimenter; og de opbygger formentlig også en vis kropslig forståelse for stoffet.

Som lærere ved I, at elevernes faglige forudsætninger er vigtige for hvordan de går til jeres aktiviteter. En stor del af disse forudsætninger ligger i hvordan eleverne er i stand til at bruge de værktøjer, I udstyrer dem med. Eleverne er i konstant udvikling (både positiv og negativ), og det er selvfølgelig vigtigt at

overveje, hvordan I kan tilrettelægge jeres aktiviteter og sekvenser af aktiviteter, så de følger og bidrager til elevernes positive udvikling.

Der er en del forskning som tyder på, at elevernes forståelse for fagligt stof udvikles i takt med deres evne til at bruge fagets sprog og repræsentationsformer. Samtidig tyder meget på, at elevernes forståelse begynder ved det håndgribelige, og derfra kan udvikles i mere abstrakt retning til noget mere fagligt korrekt. I denne proces kan aktiv brug af gestikulationer vise sig at have stor betydning for læringsudbyttet. I det hele taget er der belæg for at sige, at elever der selv får lov til at udvikle sprog og repræsentationer (også igennem problemløsning) får en dybere forståelse for det faglige stof. Det kan I som lærere opnå ved at have en spørgende tilgang til elevernes spørgsmål, ved ikke at transmittere bestemte tankegange til dem, og ved at udfordre elevernes konklusioner [5].

Delmål

Målet for denne sidste omgang er at diskutere og reflektere over, hvor eleverne kan blive udfordret (positivt og negativt) i jeres forløb. I skal udarbejde strategier for, hvordan I kan hjælpe dem i retning fra det håndgribelige til det abstrakte, og finde gode eksempler på, hvordan I vil håndtere spørgsmål fra eleverne, så I ikke giver dem svarene før de selv har prøvet i tilstrækkelig grad.

Opgave

Brug litteraturen og oplægget på mødegangen til at udforme mulige progressioner i elevernes sprogbrug og faglige forståelse i jeres forløb/undersøgelser. Igen vil vi opfordre til at visualisere det grafisk. Diskuter, hvordan I kan bruge de enkelte dele af jeres forløb til at hjælpe forskellige elevtyper (f. eks. stærke/svage, piger/drenge, akademiske forældre/ikke-akademiske forældre) fra en konkret forståelse til en abstrakt. Nedfæld i noteform jeres hovedpointer. Overvej, hvad der er sværest og lettest at forstå for eleverne, og diskuter om I med fordel kan ændre i rækkefølgen af aktiviteter. Skriv jeres argumenter ind i jeres didaktiske argumentation for udformningen af forløbet.

Endelig skal I bruge alt jeres arbejde fra tidligere til at lave en udførlig beskrivelse af forløbet. Beskrivelsen bør indeholde

1. Titel, fag, beskrivelse af den røde tråd og faglige & meta-faglige læringsmål
2. Tidslinje med aktiviteter og overordnede temaer

3. Beskrivelse af overordnede temaer og af aktiviteter
4. Vejledning med overvejelser om, hvordan aktiviteterne udføres
5. Didaktisk argumentation for hver af de ovenstående

Litteratur

[5][6][2]

Litteratur

- [1] Lærke Bang Jacobsen Bjørn Friis Johannsen. Didactical contract and custom: Analytical concepts to facilitate successful implementation of alternatives to standard physics labs. In *Didactics as Design Science*, 2010.
- [2] Jens Dolin. *Fysikfaget i forandring*. PhD thesis, Roskilde University Center, 2002.
- [3] Lærke Bang Jacobsen. Formål med eksperimentelt arbejde i fysikundervisningen. *MONA - Matematik- og Naturfagsdidaktik*, 4:22–41, 2008.
- [4] Peter Frederiksen Valdemar Kølle Jesper Bruun, Vibeke Mader. Drømme om universet. <http://www1.ind.ku.dk/drommeUniverset>, 2009.
- [5] Lasse Seidelin Bendtsen Lene Møller Madsen, Christine Holm. Ude i verden har man heller ikke en brugsanvisning. *MONA - Matematik- og Naturfagsdidaktik*, 1:7–30, 2009.
- [6] Joanne K. Olson. The science representation continuum: From concrete to abstract, finding the right balance of science representations is key to lasting understandings for students. *Science and Children*, September:52–55, 2008.
- [7] Thomas Thrane. Design og test af rsc-forløb om vektorfunktioner og bevægelse. Master's thesis, University of Copenhagen, Department of Science Education, 2009.
- [8] Car Winsløw. *Didaktiske Elementer*. Forlaget biofolia, 2006.
- [9] Yew-Jin Lee Wolff-Michael Roth and Pei-Ling Hsu. A tool for changing the world: possibilities of cultural-history activity theory to reinvigorate science education. *Studies in Science Education*, 45:131–167, 2009.