

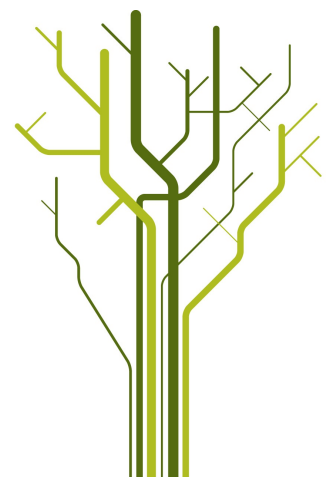
Resultater fra forskning på hjernens læringsprosesser anvendt i realfagsundervisning



Kjetil Johannes Pedersen

FYS-3906 Mastergradsoppgave i fysikk - lærerutdanning

November 2013



Forord

Som lektorstudent gjorde jeg det til en vane å gjøre notater på to ulike ark under forelesninger i fysikk og matematikk. Det første notatarket inneholdt de vanlige faglige notatene. På det andre arket noterte jeg hvilke virkemidler professoren benyttet, spesielt dersom jeg syntes de var effektive eller hadde motsatt virkning, både med hensyn til forklaringspotensiale og motivasjon. Denne vanen bragte meg i ledige stunder inn i universitetsbibliotekets avdeling for psykologi, i søken etter kilder som kunne bidra med forklaringer på de erfaringene jeg gjorde. Som realist trekkes man kanskje naturlig mot forskningsresultater som antyder fysiologiske forklaringsmodeller. I alle fall fremsto resultatene fra hjerneforskning ved hjelp av skanning, som spennende på grunn av den direkte årsakssammenhengen som gis. Denne rapporten er resultatet av den nærmere studien av *educational neuroscience* som fulgte av mine ekspedisjoner på univertetsbiblioteket.

I forbindelse med arbeidet har jeg hentet gode og konstruktive innspill fra mine veiledere professor Åshild Fredriksen og universitetslektor Hans Georg Köller. Kollegaene Robert Kamben og Olli Sakari Härmä har også vært konstruktive og interesserte sparringpartnere. Tusen takk til alle sammen!

Jeg skylder også en stor takk til min kjære kone May-Heidi, som har bidratt til fullførelsen av arbeidet med tro på prosjektet, gode sosiale og materielle omgivelser og også motiverende ord når det har vært bruk for dét.

Tromsø, november 2013

Kjetil Johannes Pedersen

Innholdsliste

Forklaring til henvisningsformene som benyttes.....	4
Oversikt over tabeller.....	5
Oversikt over illustrasjoner.....	6
Oversikt over tillegg.....	7
1. Sammendrag.....	9
2. Introduksjon.....	11
2.1 Motivasjonen for studien.....	11
2.2 Målsetting, konseptuelt rammeverk og forskningsspørsmål	14
3. Teori.....	17
3.1 Om educational neuroscience, og diskusjonen rundt forskningstradisjonens gyldighet	17
3.2 Skanneteknologiene.....	22
3.3 Modell for informasjonsbehandling.....	23
3.3.1 Sansesapparat og sanseregister.....	23
3.3.2 Korttidsminnet (Short-term memory).....	24
3.3.3 Langtidsminnet (Long-term memory).....	25
3.3.4 Virkelighetsoppfatningssystemet (Cognitive belief system).....	26
3.3.5 Chunking.....	26
3.3.6 Modningstakt.....	27
3.4 Om studiets orientering i forhold til de klassiske læringsteoriene.....	28
3.5 Scientific literacy.....	29
3.6 Lærernes pedagogiske erfaringskompetanse (PCK), og potensiale som bidragsyter i forskningsprosjekter.....	30
3.7 Generelt om forskningsdesign og alternative metoder for innhenting av kvalitativt materiale.....	32
3.8 Spesielt om film som medium i skolesammenheng.....	34
4. Metode og gjennomføring.....	37
4.1 Design av forskningsprosjektet.....	37
4.1.1 Kvalitativ undersøkelse – hovedspørsmål eller supplement til kvantitative data?.....	37
4.1.2 Om valg av kilde for kvalitative data.....	38
4.1.3 Konkretisering av valg med hensyn på design.....	40
4.1.4 Oppsummering av design og gjennomføring.....	43
4.1.5 Anbefalingene som skal prøves velges ut.....	43
4.2 De enkelte filmene.....	45
4.2.1 Generell virkemiddelbruk.....	45
4.2.2 Første forsøksrunde (Fysikk 2, studieforberedende).....	48
4.2.2.1 Film I: Hooke's lov.....	48
4.2.2.2 Film II: Relativistisk tidsforlengelse.....	49
4.2.2.3 Film III: Standardmodellen.....	52
4.2.3 Andre forsøksrunde (10. klasse ungdomsskole).....	55
4.2.3.1 Film IV: Newton's 2. lov.....	56
4.2.3.2 Film V: Arbeid og energi.....	58
4.2.3.3 Film VI: Energi i en pendel.....	61
5. Datamateriale og analyse.....	65

5.1 Datagrunnlag kvantitativ del.....	65
5.1.1 Kilde for kvantitative data.....	65
5.1.2 Metode for analyse av data.....	66
5.1.2.1 <i>Analyse av kvalitative data fra første forsøksrunde.....</i>	66
5.1.2.2 <i>Analyse av kvalitative data fra andre forsøksrunde.....</i>	67
5.1.2.3 <i>Hypotesetesting – Wilcoxon Rank Sum Test.....</i>	68
5.2 Datagrunnlag kvalitativ del.....	71
5.2.1 Tematisk intervjuguide.....	71
5.2.2 Dynamisk intervjuguide.....	73
5.2.3 Utvikling av intervjuguidens layout for feltbruk.....	77
5.2.4 Metode for dataanalyse.....	77
<u>6. Resultater.....</u>	<u>79</u>
6.1 Resultater av kvantitativ dataanalyse.....	79
6.2 Resultater av kvalitativ undersøkelse.....	81
<u>7. Drøfting.....</u>	<u>89</u>
7.1 Resultater fra kvantitative undersøkelser.....	89
7.2 Analyse av resultater fra kvalitative undersøkelser.....	89
7.3 Design.....	91
7.3.1 Tekniske valg.....	91
7.3.2 Valg av parametere og målsetting.....	93
7.3.3 Valg av effekter og fokus.....	94
7.4 Validitet.....	95
<u>8. Konklusjon.....</u>	<u>97</u>
<u>Litteratur.....</u>	<u>99</u>

Forklaring til henvisningsformene som benyttes:

Vanlig kildehenvisning til litteraturlista: Parentes med navn og årstall (vanlig Harvard-stil)	Eks: (Geake, 2009)
Henvisning til figurer i dokumentet: Parentes med angivelse av figur	Eks: (fig.6)
Henvisning til tabeller i dokumentet: Parentes med angivelse av tabell	Eks: (tab.4)
Henvisning til sted i filmmanus (tillegg 11 – 16) i den filmen som til en hver tid omtales: Hakeparentes med angivelse av tidspunkt eller tidsrom	Eks: [3:59 – 6:12]
Henvisning til sted i transkripsjon av intervju (tillegg 2 og 3): Klammeparentes med angivelse av intervju:linjenummer	Eks: {A:132}
Henvisning til tillegg: Parentes med angivelse av tillegg, innhold	Eks: (tillegg 10, tabell A)

Oversikt over tabeller

Ulike skanne-teknologier.....	23
Alder og kapasitet i arbeidsminnet.....	25
Prosedyrer for Wilcoxon Rank-Sum Test.....	69
Eksempel på sammenstilling av tematisk spørsmål og respons på spørsmål i intervju.....	78
Resultater av kontrollspørsmål.....	81
Resultater av tematisk spørsmål b: Vil forhåndslæring av begreper bidra til å øke elevenes læringskapasitet?.....	82
Resultater av tematisk spørsmål c: Vil faglig priming bidra til en mer robust begrepsforståelse?.....	82
Resultater av tematisk spørsmål d: Virker tiltaket til økt begrepsforståelse hos elevene?	83
Resultater av tematisk spørsmål e: Kan tiltaket bidra til å øke elevenes mestringsfølelse og forståelse i læringsøkta?.....	83
Resultater av tematisk spørsmål f: Bidrar ulik kildebruk til å holde elevenes interesse ved like?.....	84
Resultater av tematisk spørsmål g: Endres elevenes faglige trygghetsfølelse og emosjoner?.....	84
Resultater av tematisk spørsmål h: Hvordan påvirkes lærerens trivsel av å benytte metoden?.....	85
Resultater av tematisk spørsmål i: Synes lærerne at filmene har et pedagogisk poeng?.....	85
Resultater av tematisk spørsmål j: Ønsker lærerne å benytte et slikt tilbud?.....	86
Resultater av tematisk spørsmål k: Påvirkes elevenes trivsel av metoden?.....	86
Resultater av tematisk spørsmål l: Påvirkes elevenes arbeidsmønster eller ambisjoner av metoden?	87

Oversikt over illustrasjoner

Figur 1: Modell for minnehåndtering.....	24
Figur 2: Modningstakt for det limbiske system og pannelappene.....	27
Figur 3: Modell for kvalitativt forskningsdesign.....	32
Figur 4: Eksempel på spenningskurve.....	36
Figur 5: Eksempel der begge spotlight-effektene er i bruk samtidig.....	47
Figur 6: Demonstrasjon av sammenhengen mellom fjærforskyvning og grafisk framstilling.....	48
Figur 7: Forenklet eksperiment benyttes til å utlede formelen for relativistisk tidsforlengelse.....	50
Figur 8: Fart som resultat av mediet demonstreres ved hjelp av en svømmer i en elvestrøm.....	51
Figur 9: Alle elementærpartiklene fremstilles i systematisk orden.....	53
Figur 10: Bevaringslovene illustreres ved representasjoner av de partiklene de gjelder.....	55
Figur 11: Newton's 2. lov illustreres ved hjelp av en situasjon elevene kan kjenne seg igjen i.....	56
Figur 12: Endring i størrelsen på faktorene illustreres også visuelt.....	57
Figur 13: Forklaring av begreper som betegner mekanisk energi.....	58
Figur 14: Eksempel på arbeid som brukes på å overvinne friksjon.....	59
Figur 15: Eksempel på arbeid som brukes på å øke bevegelsesenergien.....	59
Figur 16: Eksempel på energibruk som ikke er et arbeid på objektet.....	60
Figur 17: En fargerik og spennende scene er bakteppe for matematiske beregninger.....	62
Figur 18: Matematiske beregninger gjøres "i svevet".....	63

Oversikt over tillegg

Tillegg 1: Layout: Intervjuguide for feltbruk.....	103
Tillegg 2: Informasjonsskriv til samarbeidende lærere.....	111
Tillegg 3: Transkripsjon av intervju 1. forsøksrunde.....	113
Tillegg 4: Transkripsjon av intervju 2. forsøksrunde.....	121
Tillegg 5: 1. forsøksrunde - Grunnlag for kvantitative data - del A: Kategorisering av spørsmålene i kapittelprøver.....	131
Tillegg 6: 1. forsøksrunde - Grunnlag for kvantitative data – del B: Kapittelprøve om Hooke's lov.....	133
Tillegg 7: 1. forsøksrunde - Grunnlag for kvantitative data – del C: Kapittelprøve om relativistisk tidsforskyvning og standardmodellen.....	139
Tillegg 8: 2. forsøksrunde - Grunnlag for kvantitative data – del A: Kategorisering av spørsmålene i kapittelprøver.....	149
Tillegg 9: 2. forsøksrunde - Grunnlag for kvantitative data – del B: Kapittelprøve om kraft og bevegelse.....	151
Tillegg 10: 2. forsøksrunde - Grunnlag for kvantitative data – del C: Kapittelprøve om energi.....	155
Tillegg 11: Kvantitative data og tabeller med beregninger av statistiske variable.....	161
Tillegg 12: Manus: Hooke's lov.....	167
Tillegg 13: Manus: Relativistisk tidsforlengelse.....	173
Tillegg 14: Manus: Standardmodellen.....	179
Tillegg 15: Manus: Newton's 2. lov.....	185
Tillegg 16: Manus: Arbeid og energi.....	189
Tillegg 17: Manus: Energi i en pendel.....	193
Tillegg 18: CD med filmer.....	201

1. Sammendrag

Prosjektets ambisjon har vært å undersøke et utvalg av anbefalingene fra forskningen på hjernens læringsprosesser, også kalt *educational neuroscience*, for å se om det kan påvises en effekt av tiltakene når de anvendes i realfagsundervisningen. Fremgangsmåten har vært å utvikle undervisningstiltak med en praktisk tilnærming til anbefalingene. Valget falt på å produsere korte faglige filmer ved hjelp av programvare som finnes gratis tilgjengelig, og det lyktes å produsere slike filmer som både følger anbefalingene fra kildene og som har positive effekter. De skal ideelt sett vises til elevene cirka ett døgn før læreren gjennomgår materialet på vanlig måte. Filmene ble testet i et aksjonsforskningsprosjekt, der totalt seks ulike filmer ble testet i samarbeid med faglærere på to skoler. Det ble gjort forsøk på å skaffe til veie kvantitative data i form av resultater fra ordinære kapittelprøver, og kvalitative intervjuer med lærerne. Studien lyktes ikke i å påvise en positiv effekt av tiltakene med tilstrekkelig sikkerhet. Ei heller kunne det påvises at tilrådingene i den litteraturen som undersøkelsen tok utgangspunkt i, skiller seg fra generelle råd, hverken fra generell psykologi, klassiske læringsteorier eller lærernes erfaringskompetanse. Tilrådingene kunne med andre ord vært formulert av personer med bakgrunn i hvilken som helst av læringstradisjonene. Utpøvingen av filmene som ble produsert, resulterte i positive tilbakemeldinger fra lærerne som deltok. Erfaringen var at lærerne syntes at en introduksjon til enkelttemaer ved hjelp av filmer som var tilpasset læreverket, ville bli vurdert som en god inngang til ny kunnskap hos elevene, og når lærerne vurderte filmene som faglig relevante, mente de at slik film med stor sannsynlighet ville være den beste introduksjonen de ville kunne tilby.

2. Introduksjon

Denne teksten utgjør eksamensteksten for mastergradsarbeidet med samme tittel. Arbeidet forsøker å komme ny forskning i møte hva angår å finne en praktisk løsning på hvordan pedagoger i praksisfeltet kan nærme seg anbefalinger som har opphav i forskning som gjør bruk av hjerneskaning. I studien er det utviklet og testet til sammen seks filmer som omhandler ulike temaer fra fysikken. Filmene benyttes i et aksjonsforskningsprosjekt i ungdomsskole og i videregående skole, der problemstillinga er å forsøke å utvikle en metode som er effektiv med hensyn på læring og læringsmiljø, og som følger anbefalingene fra den nyeste hjerneforskningen.

2.1 Motivasjonen for studien

Den teknologiske utviklingen innenfor skanning av levende vev de siste årene har vært rivende. Det kommer nå stadig nye publikasjoner fra forskere som studerer hjernen ved hjelp av slikt utstyr, eksempelvis litteraturen som er utgangspunktet for den nærværende undersøkelsen (Geake, 2009, og Sousa 2011). Disse forskerne er ikke avholdne fra å komme med tildels svært konkrete anbefalinger som følge av sine funn. Innenfor pedagogikken har det vokst fram en disiplin som definerer seg selv som en egen retning; *educational neuroscience*, som beskjeftiger seg med de pedagogiske og didaktiske følgene av den nye kunnskapen, og har som ambisjon å produsere forklaringsmodeller for pedagogiske utfordringer, og også indusere gode strategier for å møte disse utfordringene (Geake, 2009). Vi kan her oversette disiplinen med *forskning på hjernens læringsprosesser*. Det har ikke lyktes forfatteren å finne empiriske undersøkelser som har disse anbefalingene som utgangspunkt, men dersom man leser anbefalingene og sammenholder dem med egne erfaringer pirres nysgjerrigheten, for tilrådingene virker plausible slik som fagkildene presenterer dem. For eksempel anbefales emosjonelle virkemidler framfor rasjonelle virkemidler, og kryss-modalitet, det vil si å benytte ulike visualiserings- og forklaringsmetoder simultant, mener man også er nyttig (Geake, 2009). Dersom tilrådingene også viser seg effektive, kan de representere et potensiale for pedagoger.

Ofte stemmer anbefalingene godt med det som allerede er kjent som «god latin» innenfor didaktikken, for eksempel at repetisjoner styrker læring (Geake, 2009). Gevinsten som den nye

forskningsteknologien bringer, er likevel ikke ubetydelig: En pedagog får en *fysiologisk* fundert modell som kan gi forklaring på faktorer som eksempelvis er viktige for *motivasjon* der hvor andre læringsteorier gjerne støtter seg på menneskesyn som må ty til dogmer når begrepet skal forklares og begrunnes. For eksempel finner vi at den konstruktivistiske tradisjonen har et eget begrep, *ekvilibrasjonen*, som betegner på menneskets selvmotiverte anstrengelser til å søke en likevektstilstand (Imsen, 2005). Den humanistiske tradisjonen legger vekt på at mennesket drives fram av sitt behov for å være til nytte for andre (samfunnet) (Imsen, 2005) - også det et dogme. Vygotsky's modell på sin side får kritikk for at motivasjonen ikke vektlegges. Der argumenteres det med at man ved å tydeliggjøre *nytteverdien* i det kulturelt gitte lærestoffet, slik at barnet ser en mening i dette, vil få barnet til å oppnå en opplevelse av motivasjon (Bråten, 1996). Faglitteraturen som er utgangspunktet for den nærværende undersøkelsen, forklarer motivasjon med at mennesket unngår aktiviteter der en har dårlige erfaringer, og søker aktiviteter der en har opplevet suksess (Sousa, 2011). Det impliserer at *hukommelsen* er en viktig motiverende faktor. Dersom vi *husker* at vi er i stand til å prestere tilfredsstillende eller forstå konsepter innenfor et gitt tema, er vi med andre ord mye mer villige til å legge ned store mengder arbeid, gjerne i monotone gjøremål. Øving på fritidsaktiviteter er et klassisk eksempel på det.

På andre områder finnes mer avvikende anbefalinger. Et eksempel på det er de tradisjonelle lærerkommentarene med «rødpenn» på elevenes arbeider. Det viser seg at de er uadekvate i forhold til læring (Geake, 2009). Dette begrunner forskningen i funn ved bruk av de nye metodene. Likevel er det stor uenighet iblant ledende pedagoger, som disse sitatene viser tydelig:

Forskerne har kommet et stykke på vei når det gjelder å ta i bruk ny teknologi til å studere hjernens aktivitet, men som nevnt (...) trenger lærerne først og fremst en type kunnskap om læringsprosessene som gir økt forståelse av hvordan eleven møter en ytre sosial og materiell verden. Å vite hva som skjer med hjernecellene under læring, er mindre nyttig. (Imsen, 2005, s. 205)

Because teachers are essentially «brain changers», they realize that the more they know about how the brain learns, the more likely they are to be successful at helping their students succeed. (Sousa, 2011, preface, s. xi)

Uansett hvilken tradisjon man henter forklaringsmodeller ifra, fortjener ikke ny dokumentert kunnskap å feies bort i en rask formulering, men bør heller møtes med nysgjerrighet.

Et annet motiv for å undersøke læring kommer fra en helt annen sammenheng; nemlig vår hang til å prioritere det kjente. Det representerer det vi av erfaring vet at vi mestrer. Vi vet fra forskning

(Sousa, 2011) at selvoppfattelsen har stor betydning når det gjelder å filtrere sanseinntrykk, og dermed hva en ønsker å rette oppmerksomhet og intellektuell kraft på. Det finnes mengder av eksempler, ettersom alle mennesker kontinuerlig foretar slik utsiling av sanseinntrykk og gjør valg med hensyn på hvor en velger å ha fokus.

Sist, men ikke minst, er egne erfaringer med metoder som følger anbefalingene gitt i prosjektets litteraturkilder en sterk kime til den nysgjerrigheten som motiverer arbeidet. Forfatteren hadde fornøyelsen av å følge forelesningene i algebra til professor Trygve Johnsen ved Universitetet i Tromsø. På tross av at disse forelesningene ofte konkurrerte med andre og gjerne mer presserende forehavender, endte prioriteringene som oftest med at professor Johnsen's forelesninger ble frekventert oftest. Årsaken var veldig enkel: Foruten en lettfattelig og ryddig gjennomgang av dagens temaer, hadde professoren den vanen å avslutte sine forelesninger med en gjennomgang av overskrifter og sentrale konsepter for *neste* forelesning. I starten var dette uvant og nesten forunderlig. I løpet av maksimalt fem minutter fikk studentene en demonstrasjon av bruken av begreper og konsepter som skulle behandles neste forelesning. Resultatet var like enkelt som opplegget: Neste forelesning satt studentene med en opplevelse av å *huske å forstå og kjenne igjen* begrepene og konseptene. Denne mestringsopplevelsen førte også til at det ble mye enklere å starte opp eget arbeid med oppgaver etter forelesningene. Det opplevdes derfor mer lystbetont å arbeide med dette fagmaterialet enn andre fag. I tillegg hadde studentene i praksis fått to gjennomganger av fagstoffet. Repetisjon er en av de grunnleggende læringsmetodene. På spørsmål om hvor professoren hadde hentet sin faglige basis for denne rutinen, kunne han ikke vise til spesifikke kilder utover generelle anbefalinger fra sin egen studietid som gikk ut på at man kan påvirke motivasjonen ved å pirre nysgjerrigheten, nesten som en magiker påkaller oppmerksomhet i forkant av kunststykket. (En praksis som nok bunner i de samme mekanismene kan også kjennes igjen i måten moderne skjerm- og radiobaserte media løser sitt behov for å fange publikum og holde på dem: Alt fra rutinemessige nyhetssendinger til gjennom-redigerte entertainmentshow innledes alltid med en bolk med *overskrifter*, der selve kjernen i sendingen presenteres *før* selve sendingen.) Professorens forelesningsmønster var ellers utviklet sånn som de fleste andre utvikler denne kompetansen; ved å bruke skjønn, erfaringer og intuisjon til å nærme seg dette idealet kom dette til å bli et karakteristisk trekk som følge av hans *pedagogiske erfaringskompetanse* (se avsnitt 3.6). Mangelen på teoretisk fundament for denne praksisen er naturlig. De klassiske læringsteoriene inneholder ingenlunde anbefalinger til denne metoden for å foregripe kommende leksjoner. Professorens pedagogiske utdanning foregikk også mange år før de skanneteknologiene som er grunnlaget for anbefalingene som danner danner basis for det nærværende prosjektet, var utviklet.

Dette forskningsprosjektet har som det framgår av det overstående, motivasjoner med svært ulikt opphav. Men som litteraturen hevder å ha belegg for, oppstår ny innsikt ved at erfaringer knyttes sammen til nye nettverk – nye sammenhenger – som ikke i utgangspunktet var åpenbare (Geake, 2009).

Uansett hvordan det konkluderes i den praktiske tilnærmingen i denne undersøkelsen, vil den kunnskapen og de erfaringene som erverves være av verdi både i forhold til å utvikle nye læremidler, og den vil kunne begrunne en lærers praksis i en flerdimensjonal forståelse av hva som skjer når læring oppstår og hvordan det kan påvirke motivasjonen. Resultatet av en undersøkelse vil kunne være et utspring for refleksjon rundt egen praksis, og eventuelt også være en kilde og inspirasjon til å videreutvikle en etablert praksis hos den enkelte pedagog. Dersom en våger å tenke i større målestokk, vil positive signifikante resultater av en slik studie påvise svært interessante potensialer for didaktikken, i hvert fall innenfor realfagene, og kan være en kime til konstruktiv videreutvikling av faget. Dersom den nærværende mastergradsstudien bringer interessante momenter på banen, vil den også kunne tjene som fundament eller pilotstudie for et større akademisk arbeid.

Det er ingen som bestrider at realfagsundervisningen må utvikles, og ingen utvikling skjer uten igjennom forandring. Dersom pedagogikkfaget blir i bedre stand til å utvikle metoder for å påvirke elevenes evne til og ønske om å bruke energi på et gitt tema, besitter en i det samme et nytt pedagogisk virkemiddel.

2.2 Målsetting, konseptuelt rammeverk og forskningsspørsmål

En faglig uenighet som den som ble påvist i forrige avsnitt, utgjør et naturlig konseptuelt rammeverk for en studie. Målsettingen med et slikt arbeid bør være å finne praktiske tilnærminger til de nye anbefalingene, og som kan hevdes å ha en positiv innvirkning på læring. Eventuelt kan en si at tilnærmingen etter utprøving har vist ingen eller nedsatt effekt på læring.

Ved å ta utgangspunkt i studiens målsetting kan nå forskningsspørsmålet formuleres, altså en konkretisering i forhold til målsettingen. Det velges en rett fram tilnærming og formuleres følgende:

«Et utvalg av anbefalingene fra *forskningen på hjernens læringsprosesser*¹ skal undersøkes for å se om det kan påvises en effekt av tiltakene. Det skal gjøres ved å forsøke å utvikle undervisningstiltak med en praktisk tilnærming til anbefalingene».

1 Se avsnitt 2.1

Denne spesielle studien har den særegenheten at man i forhold til målsettingen står fritt til å konkretisere ut ifra *mange* foreliggende anbefalinger som potensielt kan prøves ut. Det kan utnyttes til først å velge et design med høy validitet og gjennomføringsmulighet, og *så* velge ut de konkrete virkemidlene som egner seg best til undersøkelsen (se avsnitt 4.1.5), idet ikke alle foreliggende anbefalinger hverken skal eller bør testes i en enkelt studie.

Én av anbefalingene skal likevel tas hensyn til på forhånd fordi den er mer grunnleggende enn de fleste andre didaktiske tilpasningene som anbefales, og til dels også er en forutsetning for at andre anbefalinger kan følges, ettersom *hukommelsen* er viktig for motivasjonen, som det tidligere er redegjort for. Den impliseres også av motivasjonen for i det hele tatt å gjøre studien:

Klasseromsaktiviteten som følger av forsøket må søke å gjøre deler av lærestoffet, eksempelvis begreper og mentale forestillinger, mest mulig kjent for elevene *før* læreren starter sin ordinære undervisning, ideelt sett ett døgn før læreren gjennomgår temaet (Sousa, 2011). Denne aktiviteten vil i det følgende benevnes som forberedelsesundervisning, faglig introduksjon, faglig forberedelse, faglig priming eller bare priming.

Kildene som de aktuelle anbefalingene hentes fra, er valgt ut ifra lærerperspektivet (Geake, 2009) (Sousa, 2011). Det er en kjensgjerning at det publiseres en mengde bøker på populærvitenskapelig form, med lærere og ledere som målgruppe. Disse gir leseren en introduksjon til undervisnings- og ledelsesstrategier som begrunnes med resultater fra hjerneforskningen. Slike publikasjoner vil gjerne være pedagogens første møte med slik forskning som tar utgangspunkt i hjernens virkemåte, ettersom de markedsføres direkte overfor den gruppen. Modellene som der utvikles, virker logiske og effektive (avsnitt 3.3), og tilbyr pedagogen forklaringsmodeller som kan oppleves å ligge nærmere praktikerens forståelse av fagfeltet, enn tradisjonell psykologi. Det er interessant å undersøke både resonnementene bak tilrådingene, og hvorvidt det kan spores noen faglig effekt av å implementere praktiske tiltak.

3. Teori

Forklaringsmodellene som benyttes innenfor miljøer som arbeider med educational neuroscience er populære, men også sterkt debattert i forskningsmiljøene. Før presentasjonen av disse modellene gis en kort gjennomgang av den pågående diskusjonen som dreier seg om det vitenskapelige fundamentet til forklaringsmodellene, og hvorvidt disse aktørenes argumenter er gyldige. Den nærværende studiens forhold til disse spørsmålene avklares også. Deretter gjøres det greie for det teoretiske fundamentet som denne forskningstradisjonen gir for studien. For å ha litt oversikt over hvordan kunnskapen er kommet til veie, tas først utgangspunkt i de teknologiene som benyttes som verktøy for kliniske eksperimenter. Resultatene herfra danner igjen grunnlag for forklaringsmodellene som benyttes innenfor educational neuroscience. Videre i kapitlet beskrives nærmere en modell for informasjonsbehandling som er utformet med tanke på kognitive prosesser. Så vil det gjøres rede for en systematisk plassering av denne tilnærmingen til læring i forhold til de vanligste læringsteoriene. I avsnittene 3.5 og 3.6 diskuteres begrepene *scientific literacy* og *pedagogisk erfaringskompetanse* (PCK). Det teoretiske bakgrunns materialet avsluttes med en diskusjon av forskningsdesign og bruk av film i skolesammenheng på generell basis.

3.1 Om educational neuroscience, og diskusjonen rundt forskningstradisjonens gyldighet

Educational neuroscience beskrives som et forsøk på å lage en syntese av kognitiv neurovitenskap, psykologi, læringsteori og biologi for å forbedre vår forståelse av intellektuell utvikling, basert på en kombinasjon av biologisk og psykologisk viten (Goswami, 2006). På bakgrunn av denne kombinasjonen mener man at det skal være mulig å presentere faglige slutninger, anbefalinger og preferanser i forhold til læringsaktiviteter. Spesielt har forskningsaktiviteten befattet seg med observasjon av hjernen i forhold til lesing, numerisk forståelse, oppmerksomhet, dysleksi, dyskalkuli og ADHD. Akademiske institusjoner mange steder i verden bruker nå ressurser på å etablere miljøer som arbeider med denne tilnærmingen til pedagogiske spørsmål.

Eksempler på slike fagmiljøer er:

- a) Centre for Educational Neuroscience, London, som finansieres av University College, London, og Institute of Education (Centre for Educational Neuroscience, 2013)
- b) Graduate School of Education, et av fakultetene ved Harvard University, USA (Graduate School in Education, 2013)
- c) School of Education (SOE) er et av fakultetene på John Hopkins University, USA, (School of Education, 2013)
- d) Centre for Neuroscience in Education, University of Cambridge, UK, (Centre for Neuroscience in Education, 2013)
- e) Centre for Educational Research and Innovation (CERI), Paris, et prosjekt i regi av OECD (CERI, 2013)

Det pågår fortsatt en engasjert argumentutveksling på hva som bør være rollen og ambisjonen til denne forskningsdisiplinen, og hvorvidt educational neuroscience som fagfelt i det hele tatt er kvalifisert til å ha meninger med hensyn på pedagogiske spørsmål, enn si fremme anbefalinger i forhold til en pedagogisk praksis. I det følgende refereres noen viktige argumenter, ordnet i fire kategorier.

1. Fortolkningsproblematikk mellom behavioristiske og fysiologiske forskningsresultater

De nye teknologiene som muliggjør observasjon av hjernen mens den arbeider fordrer en ny forskningsdisiplin som setter observasjonsresultatene i sammenheng med hjernens utvikling og virkemåte, herunder hvordan hjernen løser sin kognitive funksjon (Fischer, 2009).

Det tas altså til orde for en forsiktig optimisme i forhold til å kombinere hjerneforskning og pedagogikk, men at den faglige avstanden mellom pedagogikk og hjerneforskning krever at det utvikles ny forskningsmetodikk som evner å knytte sammen felles faktorer innenfor hver av disiplinene som muliggjør utvikling av felles analyseverktøyer.

Det er spesielt tre utfordringer man må finne løsninger på for å kunne trekke slutninger fra observasjoner fra hjerneforskning og over på det pedagogiske fagfeltet (Willingham, 2009):

- Nevrologisk forskning ved hjelp av skanning i forhold til pedagogikk er svært ulike disipliner. Hjerneforskning forsøker å avdekke hjernens strukturer og virkemåte fra en naturvitenskapelig vinkel, mens pedagogikk forsøker å finne fram til læringsaktiviteter og – strategier som er ment å utvikle så vel elevens sosiale, etiske og estetiske sanser, som de rent faglige.

- Det vertikale problem: I eksperimentell sammenheng søker en å isolere kognitive prosesser for å skape best mulig sjanser for entydige sammenhenger. Det er langt ifra pedagogikkens hverdag, der for eksempel mange forklaringsmodeller ofte kombineres for å etablere så godt fundament som mulig for en forståelse av konsepter, uten at det spiller så stor rolle hvilke «knagger» eleven benytter for sin personlige forståelse. Mens educational neuroscience forsøker å avdekke hvordan hjernens strukturer og fysiologiske virkemåte bidrar til å forme individers kognitive evner og utvikling, arbeider pedagogen på analysenivå med det samlede sinnet til eleven, mens høyere nivåer av forklaringsmodeller også innbefatter eleven som aktør i et system med omgivelser av alle mulige karakterer.
- Det horisontale problem: Nevrologisk forskning resulterer i funn av svært ulike kvaliteter, så som biokjemiske og bioelektriske prosesser, fysisk lokalisering av aktivitetsområder tilknyttet spesifikk problemløsning, og så videre. Klassisk læringsteori og psykologi, på den annen side, befatter seg med kognitive prosesser som kommer til uttrykk via adferd. Den store ulikheten er en utfordring i tilknytning til i hvilken grad resultatene fra nevrologisk forskning er anvendbare når en ønsker å benytte den til å trekke gode slutninger i forhold til læringsaktiviteter og –miljø. Willingham (2009) argumenterer med at ved å kombinere kunnskap om slik lokalisering med adferdsrettet forskning, har det vært mulig å kategorisere ulike varianter av dysleksi. En kan se for seg at denne kombinasjonsstrategien vil kunne gi ny innsikt. Ambisjonen med å forene kunnskap fra nevrologisk forskning og adferdsorientert forskning bør likevel være preget av realistiske forventninger. Det innebærer at kunnskap om fysiologiske prosesser i hjernen ikke bør være hovedkilden til anbefalinger om pedagogisk praksis på adferdsorientert nivå, men heller være med på å utvikle modeller som beskriver motoriske ferdigheter som for eksempel hvordan mennesket leser, også da i tett samspill med annen forskning på adferd og læring.

2. Strukturelle forskjeller mhp hva som er forskningsdata, og hvilke konklusjoner det kvalifiserer for å kunne trekke i forhold til pedagogikkfaget

Fysiologiske modeller for tenkning og bevissthet har en svært begrenset rolle i det større fagfeltet for læring hovedsakelig fordi tilstander og omgivelser som er designet og tilrettelagt for læring ikke er en fysiologisk konstruksjon som kan studeres ved hjelp av hjerneskaning (Davis, 2004).

Educational neuroscience's ambisjon er å finne sammenhenger mellom fysiologiske prosesser på mikronivå og hva som skjer på et høyere kognitivt nivå når læring foregår. Altså blir undervisning sett på som et fagfelt som inntar en posisjon mellom nivået til hjerneaktivitet (fysiologisk nivå) og

læringsteori (høyere ordens tenkning). De to svært ulike nivåene må forenes i en modell som har som ambisjon å forklare hvordan ny kunnskap etableres i hjernen, og kombineres for å trekke slutninger og presentere preferanser mhp læringsaktiviteter, i stedet for som nå, hvor det gjøres forsøk på å gi fysiologiske forklaringer på behavioristiske observasjoner, dvs adferd. Det er å trekke konklusjonene alt for langt (Bruer, 1997).

3. Ulik grad av modenhet mellom den fysiologiske og den behavioristiske forskningstradisjonen.

Willingham (2009) forfekter at skanning av hjernen allerede har gitt verdifulle bidrag til forskningen rundt læring, ved å påvise redusert aktivitet i områder i hjernen som bearbeider lydinntrykk, og dermed bekrefte at hjernens senter for tolkning av lyd er involvert i problematikk som har med lese- og skrivevansker å gjøre.

Goswami (2004) påpeker at forskning på hjernen allerede har gjort flere oppdagelser som er nyttige for å forstå læring. Forskningen har påvist at det finnes såkalte «neural markers», dvs strukturer i hjernen som kan indikere en tilstand hos individer, for eksempel lese- og skrivevansker av ulike slag. Slike markører kan dermed være hjelpemidler i arbeidet med å forstå slike tilstander på et mer detaljert nivå, slik at det øker muligheten for å finne pedagogiske tiltak og aktiviteter som er bedre tilpasset individet. For eksempel kan en tenke seg at det er mulig å bestemme om en enkelt elevs språklige utfordringer skyldes atypisk hjernevirksomhet, eller om denne eleven bare bruker lengre tid på sin utvikling. (Temple, E. et al., 2003) rapporterer at det også finnes resultater der barn med lese- og skrivevansker som får egnet trening, etter hvert får et aktivitetsmønster i hjernen som nærmer seg normalen, der også andre deler av hjernen involveres som kompensasjon for strukturer som ikke ser ut til å arbeide på samme måte som hos majoriteten.

På tross av at det bare finnes en begrenset mengde studier som tar utgangspunkt i hjernens rolle i utvikling av kunnskaper og ferdigheter, dras det mange og selvsikre konklusjoner der hjernestudier brukes som forklaringsarena for kognisjon og læring (Bruer, 1997).

4. Myter og feilaktige eller overdrevne forestillinger

Det eksisterer flere myter omkring hjernens vekst, utvikling og bruk, som har sitt opphav i tolkningen av funn som ble gjort i hjerneforskningens barndom. Det er flere ulike forskningspublikasjoner som rapporterer om dette fenomenet (Goswami, 2006), (Varma et al, 2008) og (OECD, 2002). Noen viktige eksempler på slike myter er for eksempel:

- Tanken om at ulike deler av hjernen lærer på ulike måter (for eksempel høyre og venstre

hjernehalvdel)

Forestillingen har sin opprinnelse i kunnskapen om at enkelte oppgaver løses ved assymetrisk aktivitet i hjernen. Men forskning viser at begge deler av hjernen involveres i alle kognitive prosesser, og ingen data antyder at hjernehalvdelene lærer på ulike måter. De to hjernehalvdelene er tvert imot forbundet med svært mange nervebaner.

- Ideen om at ulike deler av hjernen i løpet av utviklingen er spesielt mottakelig for spesielle stimuli, såkalte kritiske perioder eller «læringsvinduer», og at læring av ferdigheter som lokaliseres til disse områdene må legges til disse periodene.
Funnet av perioder da barns hjerner er mest tilbøyelig til å forme nye sammenkoblinger av hjerneceller er kilden til denne myten. For det første har dette funnet sin opprinnelse i forskning på områder som forbindes med sanseapparatets signalinngang og -tolkning, og ikke kognitive oppgaver. Dette støttes også av adferdsmessig observasjon som alle kan gjøre, nemlig at små barn lett lærer seg fremmedspråk, mens voksne personer gjerne opplever stor motstand i slike forsetter. Dette er likevel en overdrivelse, idet det er en kjensgjerning at også voksne godt kan lære nye språk. Blant forskere som studerer disse aspektene av hjernens utvikling, opereres det derfor ikke med begrepet kritiske perioder, men heller perioder der hjernen er mer og mindre følsom for å utvikle spesifikke ferdigheter.
- Forestillingen om at læring bør legges til perioder da forbindelsespunktene i hjernen øker sterkest, såkalt synaptogenese, leder til en antagelse om at små barn bør vokse opp i spesialiserte omgivelser, som er designet for å gi barnet mange stimuli og aktiviteter som er egnet for læring.
Funnet av synaptogenese har gitt grunnlag for ulike slutninger mhp læring. For eksempel argumenteres det for at hvilke som helst ferdighet kan læres til små barn på grunn av den sterke synaptogenesen. Samtidig kan det fremmes argumenter for at de kritiske perioder for tilegnelse av gitte ferdigheter må utnyttes, dersom en ønsker å unngå at barnet får huller i sine kunnskaper senere i livet (Bruer, 1997). Forskningsresultater bekrefter at rotter lettere løser kompliserte problemer og har flere forbindelser mellom hjernecellene dersom de har vokst opp i stimulerende omgivelser. Svakheten med disse resultatene er at det er snakk om laboratoriemiljøer, der både det stimulerende miljøet og det alternative lavstimuli-miljøet er kunstige miljøer som uansett ikke kan sammenlignes med et naturlig miljø i kompleksitet. Det sistnevnte vil uansett være rikere på stimulerende erfaringer enn begge laboratoriemiljøene (Greenough et al., 1987)

Som det framgår av det overstående finnes det argumenter både for å betrakte educational neuroscience som en diskusjonspart når det gjelder læringsmetodikk og pedagogikk, og for å ta avstand fra denne tilnærmingen. Ambisjonen til det nærværende prosjektet er på ingen måte å konkludere i denne diskusjonen, men heller være åpen og undersøkende med tanke på produktene av disse anstrengelsene. Det er spesielt tre argumenter som bidrar til denne holdningen; For det første har undersøkinger blant lærere vist at de i utgangspunktet ofte er entusiastiske i forhold til educational neuroscience, og mener at resultater herfra med større sannsynlighet enn pensumoversikten har potensiale til å påvirke deres didaktiske metoder (Howard-Jones et al., 2007). Educational neuroscience og anbefalingene derifra øver dermed allerede innflytelse uavhengig av den pågående polemikken mellom de ulike forskningstradisjonene. Det alene gjør det interessant å prøve å påvise effekt eller nulleffekt av anbefalingene derifra. For det andre kan det argumenteres med at dersom en avviser ambisjonene til educational neuroscience, signaliserer det at en anser at det å kjenne til oppbygningen og virkemåten i hjernen er av like liten betydning som forståelsen av hvilke som helst andre indre organer, når det kommer til å kunne forstå eller forklare kognitive prosesser. For det tredje så er educational-neuroscience-miljøet allerede en aktiv aktør i diskusjonen, og trolig vil enhver pedagog måtte gjøre seg opp en mening om emnet. Å undersøke hvorvidt anbefalinger fra den kanten innfrir sine lovnader, uten å ta stilling til den faglige ordvekslingen, kan være nyttig sett fra pedagogens pragmatiske ståsted.

3.2 Skanneteknologiene

Teknologiene for skanning av hjerner kan fordeles mellom to kategorier: De som gir informasjon om hjernens *struktur* og de som gir informasjon om hjernens *funksjon*. De førstnevnte utgjøres av to ulike teknologier; «Computerized axial tomography» (CAT) og «Magnetic resonance imaging» (MRI). De er nyttige for å se etter svulster og skader. Den andre kategorien skannere benyttes for å studere hjernen i arbeid, og er det verktøyet som er kilden til det nærværende arbeidets faglige utgangspunkt. Det finnes fem ulike teknologier til dette formålet (tab.1). De ulike skanneteknologiene kombineres så med problemløsning, stimuli og resultattesting. På den måten er det mulig å komponere sammensatte eksperimenter, som også innbefatter subtile variable som humør, ulike modi av affekt, og kombinasjoner med motoriske oppgaver.

I tillegg til å benytte disse skanneteknologiene benyttes et par andre metoder: For det første måles nivåer av såkalte nevrotransmittere. Det er stoffer som omgir hjerneceller og enten hindrer eller legger til rette for hjerneaktivitet. Endringer i konsentrasjoner av slike stoffer kan påvirke ulike faktorer som prestasjonsevner, konsentrasjonsevne, humør og lignende. For det andre benyttes også den mer direkte metoden med å stimulere enkelte spesifikke nerveceller og se virkninger. Endelig rår vitenskapen over forskningsresultater fra personer som har pådratt seg skader i hjernen, og som

gjennom tester har fått kartlagt ulike endringer i funksjonsdyktigheten.

Tabell 1: Ulike skanne-teknologier

Elektroencefalografi (EEG) Magnetoencefalografi (MEG)	Begge disse teknologiene gir informasjon om hvor raskt hjernen arbeider ved å måle endringer i magnetiske eller elektriske felter når hjernen arbeider. Brukes mest til å måle tiden hjernen bruker når den bearbeider ulike matematiske eller språklige oppgaver.
Positron-emisjons-tomografi (PET)	Benytter radioaktive stoffer til å påvise hvilke områder i hjernen som er aktive. Metoden benyttes ikke på friske barn, på grunn av radioaktiviteten.
Funksjonell magnetresonanstomografi (fMRI)	Benytter jernet i hemoglobin til å påvise områdene i hjernen som bruker oksygen, og som dermed er aktive. Metoden erstatter i større og større grad PET-skanning
Funksjonell magnetresonansspektroskopi (fMRS)	Benytter samme utstyret som fMRI-skanneren, men annen software for å behandle data. Denne metoden gir i tillegg informasjon om hvorvidt spesielle kjemiske substanser er tilstede i området.

Kilde: David Sousa (2011)

3.3 Modell for informasjonsbehandling

Denne rapporten har ikke til hensikt å presentere en fullstendig modell for hjernens virkemåte, men vil i det følgende presentere resultater som begrunner og setter forskernes anbefalinger med hensyn på læring i sammenheng med den funksjonsmodellen som har blitt avdekket gjennom forskning og eksperimenter.

Det finnes flere modeller som forsøker å forklare algoritmene for hjernens arbeidsmodi. I denne studien vil vi basere oss på en modell (fig.1) som er utviklet av Robert Stahl i 1985 og modifisert av David Sousa til å beskrive også de nyere funn i forskningen. Modellen er utviklet spesielt med tanke på å beskrive læring, og beskriver hjernens informasjonsbehandling som fem delsystemer som interagerer og bidrar med spesialiserte delprosesser til en samlet funksjonalitet som resulterer i bearbeiding og lagring, eventuelt forkasting.

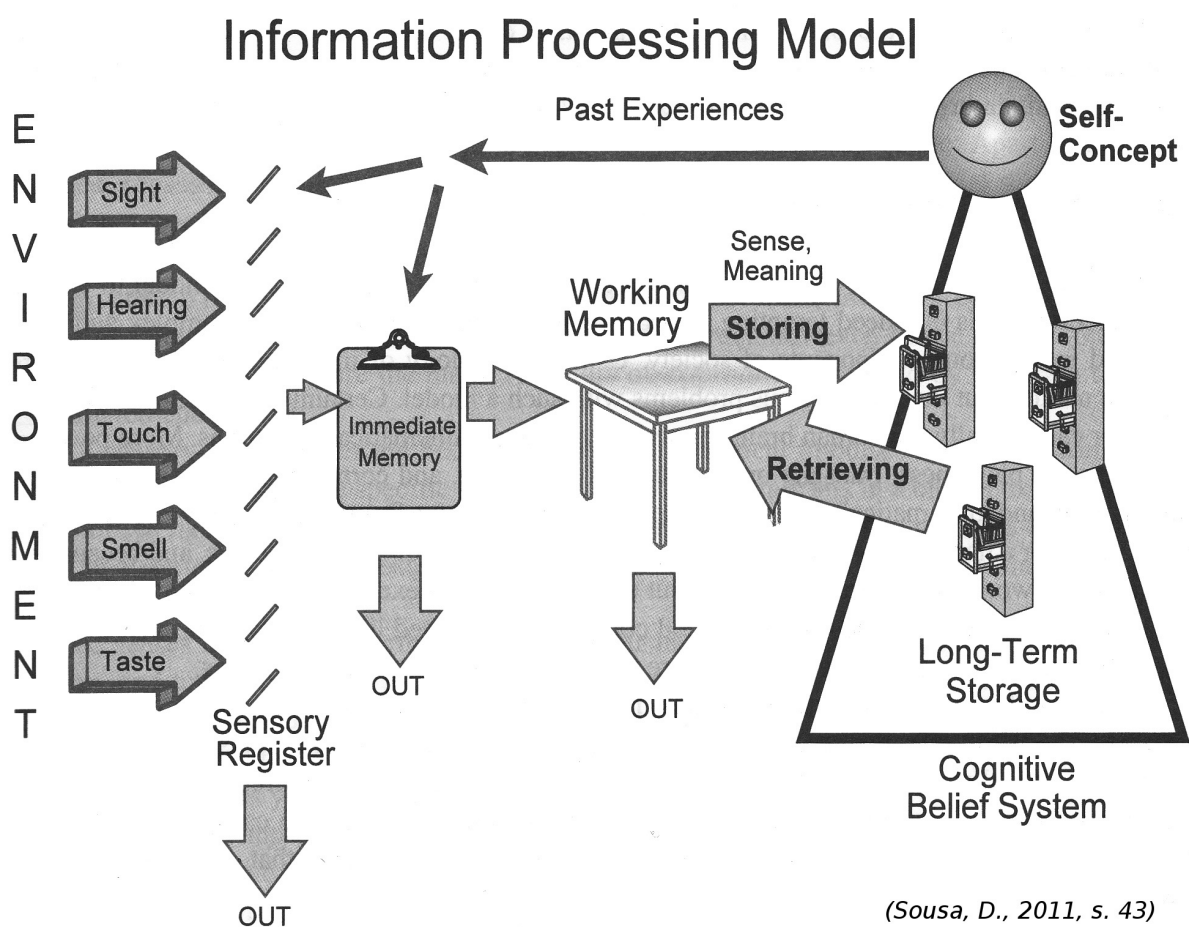
3.3.1 Sanseapparat og sanseregister

Hjernen mottar signaler fra utallige sensorer rundt om på og i kroppen. I tillegg til de klassiske sansene, finnes en mengde systemer som bidrar til å regulere kroppslige funksjoner. Mengden av signaler som potensielt kan behandles er derfor enorm. For at ikke hjernen skal bruke kapasiteten på uvesentlige oppgaver er det utviklet systemer som fjerner sansesignaler som ikke er viktige for subjektet. Dette systemet er lokalisert ved inngangen til hjernesystemet, i hjernestammen.

Sanseregisteret kan beskrives som filtre som sorterer ut uvesentlige signaler.

3.3.2 Korttidsminnet (*Short-term memory*)

Dette systemet deles ofte inn i to etter funksjonaliteten: Den første delen som sansesignaler når etter å ha blitt sluppet gjennom sanseregisteret, er øyeblikks-minnet (immediate memory). Her lagres inntrykket i inntil 30 sekunder, noe som gir anledning til å følge utviklingen på signalet. For eksempel kan det være at du hører lyden av et helikopter i det fjerne. Dersom denne lyden ikke endrer seg eller kanskje fjerner seg, vil du ikke gi det noe oppmerksomhet. Hvis derimot lyden tiltar i styrke forstår du at det nærmer seg deg, og du øker oppmerksomhetsnivået ditt til dette signalet, noe som betyr at øyeblikks-minnet slipper signalet videre til arbeidsminnet. Øyeblikks-minnet fungerer som det framgår av eksemplet som en utkikkspost fra hjernen og mot sanseapparatet. Hjernens grunnleggende oppgave er å sørge for overlevelse. Det betyr at trusler alltid har førsteprioritet og vil overstyre det som til enhver til måtte foregå i korttidsminnet. Også følelser vil ha naturlig forrang ettersom sinne, redsel og lignende er viktige for mobilisering av overlevelsesstrategier. Det betyr at dersom eleven skal være i stand til å fokusere på lærestoff, er det en forutsetning at han eller hun føler seg både fysisk og emosjonelt trygg. Pensum vil alltid ha rang *etter* input av signaler av disse artene.



(Sousa, D., 2011, s. 43)

Figur 1: Modell for minnehåndtering

Arbeidsminnet (working memory) er den bevisste delen av korttidsminnet. Det er i forbindelse med dette minnet debatten rundt kapasitet pågår. Geake (2009) foreslår maksimalt syv, men reelt tre til fire data kan holdes samtidig for bearbeiding i arbeidsminnet. Helstrup (2002) viser til forskningsresultater som antyder maksimalt syv data i arbeidsminnet.

Imsen (2005) gjengir det hun benevner som det «magiske» tallet 7 ± 2 , mens Sousa (2011) foreslår en mer detaljert beskrivelse av minnet, og som øker kapasiteten med alderen (tabell 2). Det viktige er uansett at arbeidsminnet har svært begrenset kapasitet.

Tabell 2: Alder og kapasitet i arbeidsminnet

Aldersgruppe	Kapasitet i arbeidsminnet – antall <i>chunks</i>	
	minimum	maksimum
< 5 år	1	2
> 5 år og ungdom	3	4
voksne	3	5

(Sousa, D., 2011, s. 50)

Implikasjonen av dette for dem som skal være veiledere og lærere, er at antallet variable bør holdes nede. Da øker sjansen for at en større del av lærestoffet forblir i minnet. Et annet særtrekk ved arbeidsminnet er at det også er tidsbegrenset. Tidsrommet for bearbeiding av data øker med alderen, fra 5 – 10 minutter for barn, 10 – 20 minutter for ungdommer, og maksimalt 45 minutter for motiverte voksne (Sousa, 2011). Deretter er eleven utmattet, og må ha et avbrekk. Det har i praksis ingen mening for en lærer å insistere på å fortsette å bearbeide temaet; elevene vil miste fokus enten de vil det eller ikke.

3.3.3 Langtidsminnet (*Long-term memory*)

Etter at en oppgave er ferdig bearbeidet i korttidsminnet må det avgjøres hvorvidt erfaringen skal lagres i langtidsminnet for fremtidig bruk, eller forkastes. Det viser seg at det er spesielt to egenskaper ved erfaringen som avgjør dette: For det første om erfaringen er begripelig. Med dette forstår vi hvorvidt erfaringen kan bygges sammen med tidligere erfaringer til noe som kan forstås i en sammenheng. For det andre om erfaringen er meningsfull for personen. Dersom eleven hverken bevisst eller ubevisst tror at erfaringen vil komme til nytte, vil den med stor sannsynlighet bli kastet ut og gå i glemmeboken. Dørvokteren til langtidsminnet er som man ser utpreget pragmatisk. Dette må få konsekvenser for planlegging av undervisning. Et av de mest kjente spørsmålene fra leie og frustrerte elever er jo nettopp: «Hvorfor skal jeg lære dette?». Funnene fra forskningen gir klare indikasjoner på at dette ikke på noen måte er dårlige spørsmål fra umotiverte elever. Spørsmålet er kanskje tvert imot svært konstruktivt! Man må huske at elevene kommer til skolen dag etter dag. De vet at de kommer til å møte nye utfordringer hver dag, og at de ville kunne få enklere dager ved ganske enkelt å holde seg borte fra skolen. Likevel kommer de. En nærliggende forklaring på dette kan være at de ønsker å returnere hjem med suksess i lomma. Men intuitivt vet de at de har behov

for mening i lærestoffet for at det skal sitte. Lærere må derfor ikke betrakte læringsprosessen som en askese eller pine som skal bringe elevene til det forjettede land. Det er naturstridig. Tilfellet er det motsatte, og det kan alle kjenne seg igjen i: Dersom vi synes at en aktivitet er meningsfull, blir vi arbeidsvillige, lærenemme og suksessfulle. Dette impliserer at en lærer må legge minst like stor vekt på å gi elevene mening og nytteverdi i materialet, som på logisk undervisning drevet av at elevene skal kunne forstå materialet i form av teoretiske øvelser. Selve overføringen til langtidsminnet foregår for det meste mens personen sover dypt. Hvorvidt lærestoffet er lagret eller forkastet kan derfor ikke avgjøres før tidligst ett døgn etter læringsøkta.

3.3.4 Virkelighetsoppfatningssystemet (*Cognitive belief system*)

Langtidsminnet huser informasjon som gjør at man kan sette sammen erfaringer til oppfatninger av verdenen rundt seg. Ved hjelp av dette systemet av lagrede erfaringer forstår man naturlover, sosiale regler, årsaker og virkninger, løgn og sannhet, hva som virker tiltrekkende eller frastøtende og så videre. Man danner seg altså en oppfatning av hvordan verden virker, men også en oppfatning av hvem en selv er (self concept). Alle personer har en oppfatning av hva man behersker, hva man liker, er redd for, tiltrukket av og så videre. Man har også idealer og ønsker som virker som kompass når valg skal gjøres, og hvordan ressursene skal disponeres. Dette kalles også personens *selvbilde*, og er en del av den totale virkelighetsoppfatningen. Og her er ringen sluttet med hensyn på vekselvirkninger i hjernen. Fra denne «enden» av tilværelsens «styringssystem» overføres impulser som påvirker selve inngangsdøra til systemet: Sanseregisteret. Som sagt i innledningen til denne gjennomgangen av systemet for informasjonsbehandling, filtreres sanseinntrykkene kraftig av personens oppfatning av hva som vil være viktig for seg selv, fra en subjektiv vinkel. Denne subjektive oppfatningen dannes nettopp i ens egen oppfatning av seg selv og verden rundt, noe som understreker viktigheten av at elevene må få en *grunn* til å lære pensum. Dersom en elev ikke kan se noen grunn for å lære noe blir prosjektet håpløst, hvor mye både lærer og elev enn skulle ønske det motsatte.

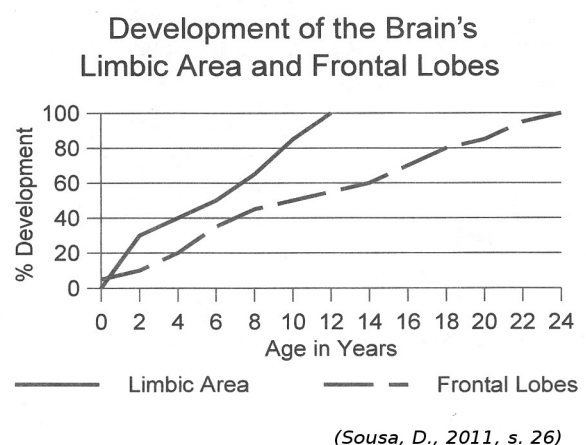
3.3.5 Chunking

Som nevnt over er arbeidsminnet en av de viktige flaskehalsene i hjernens design. Det at det finnes en grense på opptil fem ulike enheter på «arbeidsbenken» gjør at man fort erfarer behov for å utvide denne kapasiteten bare for å få gjort dagligdagse forsetter. For eksempel kan vi forsøke å bruke ti sekunder på å lære oss tallrekka 5 - 8 - 1 - 6 - 4 - 8 - 3 - 2 . Det går nok, men ikke uten at vi kjenner usikkerhet for hvorvidt vi klarer det. Likevel klarer man å huske dikt, oppskrifter, koder og gjøre en mengde intellektuelt arbeide der det tilsynelatende er langt større kapasitetsbehov i arbeidsminnet enn å huske ti tall. Strategien hjernen bruker for å løse dette behovet kan illustreres ved å forsøke å huske følgende tall (bruk ti sekunder som sist): 5816 4832. Erfaringen nå er for de aller fleste at

dette går merkbart lettere. Forklaringen på dette fenomenet er at hjernen bytter strategi fra å huske *ti* tall som i det første eksemplet, til nå å huske *to* tall som hver er satt sammen av komponenter til *to chunks*. Det viser seg at strategien tar i bruk andre områder i hjernen, og dermed er i stand til å utvide og koble sammen informasjon langs mange dimensjoner. Faglig ekspertise viser seg i hjernen som at chunks brukes i langt større grad når personen løser problemer innenfor sitt ekspertisefelt. For eksempel vil en musiker ikke huske enkeltnoter, men hele passasjer. En fysiker vil på den samme måten ikke huske enkeltvis beregninger, men heller se på et sett av lovmessigheter som spiller opp mot hverandre etterhvert som eksperimentet eller fenomenet utspiller seg. På denne måten forklares også den individuelle erfaringen alle gjør som når høyere nivåer av ekspertise; Den oppleves på det personlige plan som mindre bevisst og mere intuitiv (Sousa, 2011). En kan fra et pedagogisk ståsted si at *kognitivt potensiale* kan beskrives som personens evne til å sette informasjon i sammenheng – *chunks*. Det kan bety at en lærer som kan bidra i en slik chunking-prosess, vil tilby flere muligheter for å lære materialet. Et eksempel på det kan sees i menneskets triks med å sette sammen historier i verserim, nesten alltid koblet sammen i rytmefigurer. For ikke altfor lenge siden var dette håndverket til skaldene, som laget sine vers og viser for at historiene til deres folk og høvdinge lettere skulle bli husket og gjenfortalt. Mennesker har stadig utvidet sine evner til også å legge gjentakende tonale passasjer til disse verserimene: Musikk.. For å åpne så mye som mulig for våre assosiative evner («chunk-ede» hukommelse) og påvirke stemningsleier benyttes sågar instrumentalmusikk i en mengde sjangere. Det er nå tydelig at det blir et pedagogisk poeng for en lærer å ta utgangspunkt i eksempler og scener som elevene har både mentale og fysiske sanseerfaringer fra, og som derfor på noe plan «rimer» med det nye lærestoffet.

3.3.6 Modningstakt

En annen faktor som også må tas hensyn til når man skal utvikle mennesker som ikke er helt utvokst, er at det samme gjelder for hjernen. Dette organet er den kroppsdelene der skillet mellom primitive og utviklede deler synes best. Studier viser at disse ulike delene også modnes i ulik takt. Det limbiske systemet er det eldste. Det er her de ubevisste delene for kontrollen av kroppen er plassert. Sanseapparatets signaler, med unntak av luktesansen, sendes til dette området, og dette systemet er også svært viktige for å generere følelser, spesielt frykt. I den andre enden av skalaen er pannelappene. De er svært viktige for kognisjon, tenkning på høyere nivå, abstraksjoner, rasjonalitet og planlegging. Her



Figur 2: Modningstakt for det limbiske system og pannelappene

finnes også områder som er svært aktive når selvbevisstheten aktiveres. Pannelappene er en av de yngste delene av hjernen, og modnes sakte. Studier viser at dette området ikke når sin fulle kapasitet før langt inn i tjuårene (fig.2). Dermed avdekkes en forklaring på hvorfor ungdom så lett domineres av emosjoner (det limbiske området), er uberegnelige og sosialt sett ofte søkende. For den som skal være lærer for ungdom blir det derfor innlysende at motivasjon ved hjelp av rasjonelle argumenter sjelden er effektive. Det bør legges vekt på å skape forestillinger av et læringsutbytte som gir emosjonell gevinst for eleven.

3.4 Om studiets orientering i forhold til de klassiske læringsteoriene

De klassiske læringsteoriene kjennetegnes av at de har opphav i noen grunnleggende antakelser om mennesket (eleven). Perspektivene varierer fra de individuelt orienterte retningene som for eksempel behaviorismen og konstruktivismen, og til de sosiokulturelle anskuelsesmodellene som humanismen og Vygotsky's læringsteorier. Disse har uansett det til felles at de i enkelte situasjoner tyr til ulike påstander om elevens egenskaper som ikke er mulig å bevise, og som brukes som fundament for å bygge ut forklaringene og anbefalingene som utledes i modellen. Dette er tidligere kommentert (se avsnitt 2.1). Disse påstandene, eller menneskesynet, må ikke med dette kjennes ugyldige eller nedvurderes på noen måte. De har vært og er viktige byggesteiner i det teoretiske fundamentet for hvordan hele den moderne skolen lager sine metoder for å løse sitt oppdrag. De beriker våre anskuelsesmodeller ved å representere mange og varierte innfallsvinkler for å løse en oppgave, på samme måte som psykologiens disipliner har en rikdom av modeller og anskuelsesmetoder som gir et rikholdig arsenal av virkemidler for å gjøre et godt arbeid. Skolen er også en arena der mange faktorer opptrer. Både materielle og sosiale omgivelser og aktører spiller inn samtidig. En oppgave, et problem eller et gjøremål har derfor aldri bare én årsak eller én løsning. Læreren er den ugjendrivelig viktigste tilretteleggeren for læring, og det er lærerens evne til å finne både gode løsninger og god regi som er avgjørende for læring, når utgangspunktet er gitt. Arbeidet i denne studien skal forsøke å legge flere gode verktøy i kassen til læreren. Idét håpet er å kunne peke på teknikker som kan vise til effekt gjennom utprøving, hører nok tilnærmingen til i «avdelingen» for den kognitive læringstradisjon sammen med for eksempel ulike husketeknikker. Dette perspektivet har i de senere år fått en fornyelse i den retningen som benytter metakognisjon som metode. Det vil si at læring overvåkes og forbedres ved å utvikle teknikker for formålet (Helstrup, 2002). Bevisstheten rundt hjernens plastisitet og utviklingspotensiale har øket, og en har bare såvidt begynt å utforske de mulighetene som kan skimtes.

3.5 Scientific literacy

Den teknologiske utviklingen har bidratt til å endre levemåten radikalt. Stikkord som kommunikasjon og spesialisering er nøkkelbegreper her, og utviklingen kan sies å ha nådd et «point of no return» for store deler av den nålevende produktive generasjonen, i den forstand at de ikke mestrer de fleste arbeidsoppgaver som satte deres foreldre i stand til å leve i en selvbergings- eller kombinasjonsøkonomi. Avhengigheten av teknologi kan dermed sies å ha blitt total i de samfunn som har nådd dette utviklingsnivået. Man skulle derfor kunne tenke at disse samfunnene hadde mistet de fleste mytiske og folkløriske forklaringsmodeller, og følgelig utviklet en ideologi der innbyggerne tenker og agerer i tråd med de vitenskapelige prinsippene som ligger bak utviklingen av den samme teknologien. Det viser seg ikke å være tilfelle. Undersøkelser har vist at det finnes en «vitenskapelig holdning» som avviker vesentlig fra den gjengse måten å forholde seg til fenomener i den fysiske virkeligheten (Gauld, sitert av Coll, 2010). Denne vitenskapelige holdningen beskrives som: Åpent sinn, skepsis, rasjonalitet, objektivitet, lav tillit til autoriteter, motvilje mot tro, og nysgjerrighet. Holdningen mener man henger sammen med de arbeidsmetodene som er spesielle for vitenskapen, og dermed gjør at vitenskapelige miljøer danner en egen subkultur med egne handlingsmønstre og normer. Denne kulturtilhørigheten er så faglig avhengig at selv intellektuelle tyr til både tro og folkløre når de er aktører utenfor sitt fagfelt, for eksempel naturvitenskapsfolk som bekjenner seg til en religion (Coll, 2010). Et eksempel på at samfunnslivet på denne måten kan frontkollidere med den vitenskapelige subkulturen, kunne man se da Leon Lederman ga ut boken «The God Particle: If the Universe Is the Answer, What Is the Question?». Forfatterens plan var å kalle Higgs-bosonet «The goddamn Particle» fordi den var så vanskelig å påvise, men forlaget insisterte på å benytte betegnelsen «The God Particle», som til slutt ble tittelen. Man ville ikke risikere å støte religiøst bekjennende lesere (Randerson, 2008) (slike faktorer har jo som kjent en økonomisk side også). På den måten ble den «fordømte partikkelen» Higgs' boson hetende «Gudepartikkelen» på folkemunne. Man kan slutte at for å være i stand til å delta i den sosiale og faglige debatten i samfunnet, er det nødvendig å beherske den vitenskapelige tilnæringsmetoden som en egen sosio-vitenskapelig disiplin. Deltakerne må med andre ord beherske vitenskapens språk, dvs inneha *scientific literacy* (Carlsen, 2007). Det diskuteres hva innholdet i dette begrepet skal være, men et grunntrekk er at vitenskapelige erkjennelser følger av bevis, og ikke retorikk. En nøkkelfaktor hevdes å være kjennskap til vitenskapens vesen (Coll, 2010), dvs en forståelse av hvordan viten bygges gjennom undersøkelser, hvordan data med tilstrekkelig kvalitet innhentes, hva som er gode metoder, og så videre. Først gjennom kjennskap til hvordan kunnskap blir til, blir aktørene satt i stand til å diskutere denne kunnskapens validitet og betingelser. Også anerkjente studier som PISA-undersøkelsen angir *scientific literacy* som et nøkkelbegrep i undersøkelsen innenfor naturfaget (PISA, 2013).

3.6 Lærernes pedagogiske erfaringskompetanse (PCK), og potensiale som bidragsyter i forskningsprosjekter

Siden midten av 1980-tallet har det internasjonalt pågått en diskusjon og bevisstgjøring rundt hva som egentlig skal regnes som «lærerkompetanse». Debatten og forskningen som ser ut til å samle konsensus, er en liste med syv kategorier kunnskap og faglige handlingsstrategier (Kind, V., 2009):

- Fagkompetanse (Content Knowledge)
- Generell pedagogisk kunnskap, herunder klasseledelse og skoleorganisering
- Kjennskap til pensum, herunder den aktuelle litteraturen og læringsaktivitetene det legges opp til
- Pedagogical Content Knowledge (PCK), dvs. den komposisjonen mellom faginnhold og pedagogikk som kjennetegner den profesjonelle læreren som *formidler* av sitt fag.
- Kjennskap til elevene.
- Kjennskap til den konteksten som undervisningen står i, både i forhold til elevene og i forhold til samfunnet rundt.
- Kjennskap til målsettingen med undervisningen, og de verdiene som undervisningen formidler.

Som en følge av diskusjonen har begrepet «Pedagogical Content Knowledge», PCK, utbredt seg i internasjonale pedagogiske fora. I det følgende vil begrepet bli oversatt til *pedagogisk erfaringskompetanse*. Begrepet dekker flere aspekter. I oversikten over er det et tydelig skille mellom fagkompetanse (Content knowledge) og *pedagogisk erfaringskompetanse* (PCK). Diskusjonen rundt avgrensning av hva som skal omfattes av denne betegnelsen pågår ennå i fagkretser. En av de mer kondenserte forsøkene på en avgrensning finnes hos Schulman (sitert av Vanessa Kind, 2009):

...PCK comprises two components: the knowledge labelled «representations», but referred to more frequently (...) as «instructional strategies» and knowledge of students' subject matter «learning difficulties». (Kind, V., 2009, s 174)

Eksempler på den førstnevnte kompetansen som nevnes, *representations*, og som her kan kalles «kjennskap til aktuelle undervisningsstrategier», er erfaringer som gir forutsetninger til å velge f.eks. hvilken modell som er godt egnet til å forklare eller gjøre et konsept begripelig, og hvordan denne modellen i så fall best kan illustreres (eksempelvis 3D-modell eller en plakat). I denne kategorien hører også hvilke sosiale strategier som skal velges: Skal elevene arbeide individuelt

med oppgaver, slik det ofte gjøres i matematikk, eller skal elevene bearbeide lærestoffet i grupper, slik det ofte gjøres i laboratorieoppgaver? Videre; hvordan skal elevene tilkjenne sin kunnskap og få tilbakemelding? Her griper de strengt kognitive hensyn inn i det sosialpsykologiske fagområdet, idet elevens egen motivasjon anerkjennes som en av de sterkeste faktorene når det gjelder å anspore til læring. Når det så gjelder den andre kategorien kunnskap, *learning difficulties*, som kan beskrives som evne til å forstå hvilke aspekter ved fagstoffet som kommer til å by på utfordringer for elevene, så ser jo den kategorien i utgangspunktet mer oversiktlig ut. Ved nærmere ettersyn er det likevel viktige innsikter som skiller *fagformidleren* (læreren) fra *fagutøveren*: Ved å bruke sin erfaring kan en kyndig lærer forutse særtrekk ved den valgte forklaringsmodellen for et gitt tema. For eksempel kan man presentere Kelvinskalaen som:

Alternativ a) Det samme som Celsius-skalaen pluss 273,15, eller

Alternativ b) Skalaen som starter der hvor partiklene i en idealgass står stille, og som endres med samme skalarverdi som Celsius-skalaen når energien endres i mediet.

I alternativ a) over knytter læreren den nye skalaen an til en skala som elevene kjenner godt. Denne forbindelsen gir ingen ny informasjon, mens dersom læreren velger alternativ b), følger samtidig ny informasjon med i form av en forbindelse til andre fenomener og begreper. Det siste alternativet tilbyr dermed størst potensiale for innsikt, men krever også et faglig høyere nivå i utgangspunktet.

Learning difficulties omfatter også kjennskap til initielle misoppfatninger hos elevene som gjør det vanskelig å tilegne seg det nye materialet. Et eksempel her kan være begrepet *tyngde*: Dersom begrepet skal benyttes er det et viktig skille mellom hvorvidt elevene kjenner begrepet som en egenskap ved objektet, det vil si synonymt med begrepet *masse*, eller som en kraft som virker mellom to objekter. Selv om bare den siste er riktig, vil en stor andel av elevene initielt ha den førstnevnte forståelsen av begrepet. Det er forståelig ettersom følgen av misoppfatningen ikke kan provoseres fram uten å oppsøke et annet gravitasjonsfelt, dvs. en annen planet. Mange læreverker bygger også videre på misoppfatningen ved å benytte ligningen $G=m \cdot g$ uten å poengtere tilstrekkelig sterkt at den ligningen bare er et spesialtilfelle av Newton's 2. lov $F=m \cdot a$ for bruk i gravitasjonsfelter.

Evnen til å vurdere mellom hvilke alternativer som skal formidles kommer ikke til læreren uten gjennom flere undervisningsøkter i det spesifikke fag-temaet. Lærernes mandat forplikter jo også lærerne til å tilpasse undervisningen til hver elev individuelt, og dette gir seg utslag i behov for mye erfaring, spesielt når man tar hensyn til at den tiden som stilles til rådighet for så tett oppfølging nødvendigvis blir begrenset. Også klassene har ulik både dynamikk, arbeids- og læringsevne, så disse ulikhetene utgjør også et nivå av individualitet som læreren må forholde seg til, hovedsakelig

ved å bruke sin erfaringsbank.

I arbeidet med å designe et forskningsprosjekt ser en at slik kjennskap til viktige faktorer som PCK gir, vil forhindre åpenbare feil i et design, og har også potensiale til å bidra med justeringer av detaljer som gjør prosjektets design mye bedre egnet til å få fram relevante data.

3.7 Generelt om forskningsdesign og alternative metoder for innhenting av kvalitativt materiale

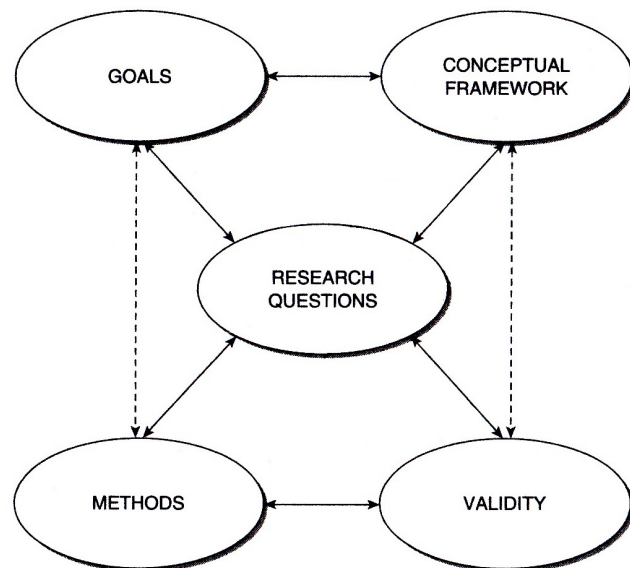
Et design skal ikke følge prinsipper slavisk. På grunn av den uendelige variasjonen av problemstillinger som er under utforskning, må designet ta hensyn til både målsetting, konseptuelt rammeverk, forskningsspørsmål, metoder og validitetskrav (Maxwell, 2005).

Målsetting i denne sammenhengen handler om hvilke aspekter ved denne studien som gir den verdi, dvs hvorfor den er viktig. Det er

gjort rede for i avsnitt 2.1. Med konseptuelt rammeverk forstås de antakelser, forskningsfunn, litteraturkilder og teorier som arbeidet baseres på. Også dette er det gjort rede for i kapittel 3 og 4, samt i litteraturlista. Begrepet forskningsspørsmål inneholder formuleringer om hva en spesifikt ønsker å finne ut av, dvs en konkretisering av målsettingen når det tas hensyn til det konseptuelle rammeverket (mulighetsområdet) som er gitt. Forskningsspørsmålet

ble formulert i avsnitt 2.2, og i løpet av det neste kapitlet diskuteres nærmere formuleringer av detaljene i forskningsspørsmålet, og til slutt formuleres de endelige og detaljerte spørsmålene som resultat av denne diskusjonen. Underveis i arbeidet med å formulere detaljene, må det også tas hensyn til metoder og validitetskrav. Metodevalget må gjøres innenfor et praktisk mulighetsområde. Dette valget er først og fremst et resultat av hvilke detaljspørsmål og validitetskrav som ønskes besvart, men gir også faktorer som setter rammene for de samme. Alle disse faktorene må altså sees i sammenheng. Derfor legges det vekt på å diskutere de tre komponentene som utgjør det nedre trianlet i figur 3 i forhold til hvordan de påvirker hverandre, når det skal konkluderes med hensyn på designet av studien.

A MODEL FOR QUALITATIVE RESEARCH DESIGN



(Maxwell, J.A. 2005, s. 5)

Figur 3: Modell for kvalitativt forskningsdesign

Valgene som må tas når fremgangsmåten besluttes, kan sees på som en posisjonering i spennet mellom et klassisk eksperiment og et etnografisk case-studie, slik som Hammersley (sitert av Bjørndal, 2004) beskriver. Eksperimentet velges gjerne på grunn av behovet for å kontrollere variablene i studien. På den måten søker man å eliminere påvirkningen fra forskerne og isolere årsak og virkning i en positivistisk tradisjon. Studier som resulterer i denne type data har den fordel at de relativt enkelt kan omsettes i matematiske uttrykk og dermed produsere signifikante konklusjoner. Det er en klassisk målsetting innenfor forskning. Det andre rendyrkede alternativet, case-studiet, preges derimot av et rom for reaktivitet; det at en prøver å avspeile virkeligheten «as is». Der står gjerne forskeren også på aktørlisten. Denne naturalistiske tilnærmingen søker for det første å fjerne den faktoren som er hovedinnvendingen mot eksperimentet, nemlig at mennesker som med vitende deltar i et eksperiment vil komme til å agere annerledes eller forfølge andre motiver enn dersom det ikke var en slik kunstig setting. Prisen som kreves for å unngå denne ulempen, er altså mindre kontroll. Det at forskeren deltar som åpen aktør i et eksperiment, betraktes gjerne som en ulempe, fordi denne forskeren står i fare for å øve innflytelse i retning av sin arbeidsteori, dvs øke sjansene for at egne ambisjoner/hypoteser skal oppfylles. Det kan like gjerne være ubevisste som bevisste handlingsmønstre, kroppsspråk og tonefall i kommunikasjonen med «eksperimentmiljøet». Forskningsdesign som ligger i dette spennet mellom forskerkontroll og -deltakelse, har fellesbetegnelsen aksjonsforskning. Disse designene kjennetegnes av at man avviker fra ambisjonen om full kontroll i studien, og tillater i ulik grad forskerens deltakelse i de prosessene som skal studeres, gjerne ved at forskeren har ulike roller i ulike faser. Det er flere strategier som kan benyttes for å redusere påvirkning fra forskeren for å ivareta validiteten i studien. En av disse strategiene er å posisjonere forskerens sosiale rolle mellom på den ene siden å være en fullstendig deltaker i de prosessene det forskes på, og på den andre siden være en fullstendig observatør. Det siste alternativet kjenner vi godt fra skoleverket, der kollegaobservasjoner er mye brukt som verktøy. Kollegiale erfaringer derfra viser at elevene bare endrer adferd i starten av en observasjonsperiode. Etter ganske kort tid venner elevene seg til observatøren som en slags passiv lærerfigur og går tilbake til kjente rutiner. Hvis forskeren er en fullverdig deltaker i prosessene medfører det at forskeren er maksimalt eksponert for kritikk hva angår validiteten. Det finnes også andre strategier: Forskeren kan ikle seg en annen rolle i prosessen, og dermed være skjult for de observerte. Dersom en forsker gjør slike valg må man være oppmerksom på både de juridiske og etiske faktorer som må tas hensyn til. Forskeren kan også være skjult i prosessen og enten operere ved hjelp av stråmann/forskningspartner eller elektroniske hjelpemidler. Også her vil det være juridiske og etiske hensyn å ta. Enda en strategi er å delta med en åpen rolle i studien, men forsøke å kompensere for den påvirkningen man vet forskeren har på det studerte miljøet, ved at forskeren justerer sine data for den påvirkningen man forestiller seg at forskeren selv har på det innsamlede

materialet. Dette kalles *andreordens* aksjonsforskning (Bjørndal, 2004). Det er nokså innlysende at dette er en vanskelig øvelse. Ambisjonen er at forskeren skal justere for sin egen påvirkning. Folkloren gir klare advarsler mot en slik praksis i forestillingen om «bukken som skulle passe havresekken». Forskeren er nettopp den personen som investerer mest av eget tankegods, tid, engasjement og kanskje også prestisje i prosjektet. I beste fall må nok derfor denne ambisjonen sies å være optimistisk, og i alle fall kan det argumenteres for at denne posisjonen bør unngås i et design som tilstreber validitet.

3.8 Spesielt om film som medium i skolesammenheng

I det følgende vil det bli gjennomgått en del begreper som benyttes i film- og bildemedier når virkemidler skal beskrives og begrunnes, basert på en oversikt utgitt av Norsk Filminstitutt (Terum og Klevjer Aas, 2004).

Kameravinkel

Perspektivet gir viktig informasjon til tilskueren om den situasjonen som oppleves.

Normalperspektivet er som ordet indikerer den vanlige visuelle formidlingsmåten. Den er nøktern og objektiv, til forskjell fra subjektivt perspektiv, der kameranlinen forestiller å være øynene til en av rollepersonene. Dersom man ønsker å vise en rolle eller scene som underlegen eller av mindre betydning, velges i stedet fugleperspektiv. Motivet sees ovenfra, og tilskueren har tydelig større oversikt over situasjonen enn aktøren(e). Ønsker en derimot å vise motivet som overlegent og mektig, velges gjerne froskeperspektiv. Motivet blir da større enn i virkeligheten, og gir et kraftfullt inntrykk.

Linjeføring

Vannrette og loddrette linjeføringer indikerer ofte bredde- og høydemessige kjennetegn ved den aktuelle scenen. Ved å introdusere diagonaler som linjeføringer eller bevegelsesretninger understrekes bevegelse og dramatik.

Dekor

Hvordan scenens inventar og aktører framstilles understreker historien som skal fortelles. De store kostymefilmene er et tydelig eksempel på dette. I dette prosjektet velges ofte omgivelser og aktører med den hensikt at elevene (publikum) skal kjenne igjen situasjoner fra sin egen erfaringsbakgrunn, for eksempel i filmen «Newtons 2. lov». Alternativt velges det også å fortelle historien i et univers som er svært forskjellig fra vårt kjente, som i filmen «Standardmodellen». Her legges det i stedet vekt på å skape bilder av fenomener og partikler som aldri kan sees.

Tid

Den tiden som oppleves i filmen kan spenne over uendelige tidsrom, eller den kan være tidløs, noe som i alle tilfeller gir filmskaperen like stor handlefrihet som romanforfatteren. Der filmen omhandler fysiske og generelle emner, behøver ikke filmens formidling stå i en historisk kontekst. I stedet er det eksempelvis mulig å «løsrive» filmens tema fra den normale tidsskalaen dersom filmseerne står i fare for å oppleve konflikt mellom sin forståelse av tid, og levetiden til de kortlivede partiklene i mikrokosmos.

Lyd

Filmlyd kan deles i fire tre kategorier: Reallyd er vanlige lyder fra gjenstander på scenen, som bidrar til å holde inntrykket realitetsnært og troverdig for tilskueren. Dertil har vi effektlyder, som både kan bidra til å understreke effekten fra reallyden, men også til å påvirke stemninger i filmen, for eksempel høydepunkter i en spenningskurve, humoristiske poenger og lignende. Den tredje lyd-kategorien er dialogen, eventuelt monologen. Dette er vanligvis den viktigste lydkilden i film, så også i dette prosjektet, ettersom hensikten er å formidle et fag. Den fjerde formen for lyd som benyttes i film, er musikk. Den har også flere formål. For det første vil introduksjon og avslutning av en film skje ved hjelp av musikk. Den blir dermed et signal om at «nå starter vi» eller «nå er historien over». Dette er naturlige signaler i avtalen mellom filmskaper og publikum. Underveis i filmen benyttes ofte bakgrunnsmusikk, som sørger for kontinuitet, fremdrift og dekker over klipp. Bakgrunnsmusikken vil ofte variere i intensitet for å bygge opp under spenningskurvene i filmen, men i dette prosjektet er det valgt å ikke benytte bakgrunnsmusikk selv om det vanligvis ansees å være viktig. Dette fordi de audiovisuelle anleggene rundt om i skolene er av svært varierende teknisk kvalitet.

Lys

Vanligvis brukes lys for å understreke stemninger eller dramatiske sekvenser. Lys er også effektivt for å skape kontraster, og for å fokusere på spesielle handlingselementer på skjermen, for eksempel kryssmodal formidling².

Klipp

Aktiv klipping gjøres hovedsakelig for å styre fokus og tyngdepunkt, og for å påvirke spenningskurven i handlingen. Det er vanligvis et ideal at klippene føles naturlige selv om det foretas sprang over både tid og rom. På den måten understrekes dramaturgien innenfor tidsspennet som filmskaperen har til rådighet.

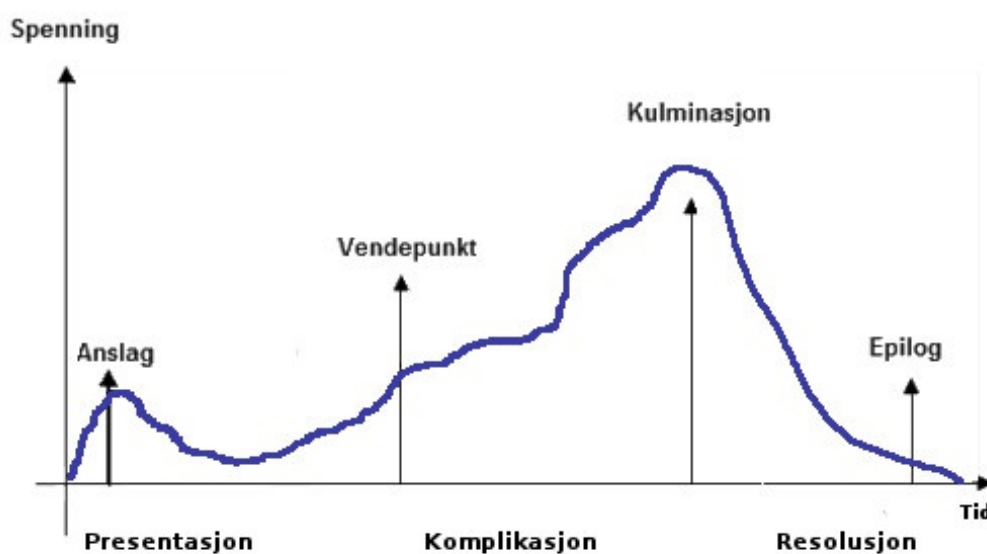
² Kryssmodal formidling betyr å illustrere eller påvise elementene i en formidling på flere måter samtidig. En av de enkleste og mest brukte metodene for slik formidling er å benytte pekestokk mens man underviser. For nærmere begrunnelse av kryssmodalitet i den nærværende studien, se avsnitt 4.1.5.

Dramaturgi

Filmens fremste virkemiddel er handling. Det er dette som skiller filmen fra andre medier. Det er derfor svært viktig å ha kvalifiserte meninger om hvordan handlingen skal utspille seg.

Filmbransjen har utviklet egne begreper som betegner de ulike delene av handlingsforløpet, eller dramaturgien, i en film. *Anslaget* er agnet. Her introduseres publikum for hva handlingen dreier seg om, og filmskaperen vil her forsøke å fange nysgjerrigheten til sitt publikum. Deretter følger en *introduksjon*. Det er gjerne en presentasjon av viktige karakterer eller krefter. Filmskaperen forsøker å stille opp spenningsfeltet der handlingen skal utspille seg. Når dette handlingsrommet er etablert, introduseres en *komplikasjon*. Dette er problemet som handlingen skal dreie seg om.

Komplikasjonen bør gjerne være overraskende, spille på emosjoner, og utspille seg langs den dominerende dimensjonen for sjangeren, og følge en stigende spenningskurve. På et eller annet sted i handlingen i denne fasen passeres et «point of no return», der handlingen drives videre av de valgene som er tatt. Nå er handlingen selvdrevet og publikum forstår at komplikasjonen må utløses i et klimaks. Når komplikasjonen kulminerer i en løsning, går filmen over i *resolusjonen*. Da er likevekten gjenopprettet, problemet er løst, og anslaget som filmen åpnet med får sitt motsvar. Filmskaperen har innfridd sin del av kontrakten med publikum. Herfra kan gjerne filmen gå over i en avsluttende *epilog*, for på denne måten å binde opp løse tråder fra den tidligere handlingen. Den framdriftsmodellen som er skissert over kan også framstilles i en handlingskurve (fig.4), der funksjonsaksen beskriver nivå langs sjangerens dominerende dimensjon.



Figur 4: Eksempel på spenningskurve

4. Metode og gjennomføring

I dette kapitlet diskuteres de konkrete valgene som gjøres i prosjektet. Først vil designet av forskningsprosjektet bli begrunnet. Deretter gis en beskrivelse av filmene som utvikles som en del av prosjektet, både med hensyn på faglig forankring i læreplaner og lærebok, og de virkemidlene som benyttes. Gjennomgangen av hver enkelt film avsluttes med en formulering av hvilke resultater som vil kunne forventes som følge av den aktuelle filmen.

4.1 Design av forskningsprosjektet

Prosjektet tester anbefalinger med hensyn på hvordan læring skal tilrettelegges ved hjelp av *design* av læringsprosessen. Følgelig må klasserommet være arena for forskningsaktiviteter. Der vil det gjøres forsøk under klassens arbeid med utvalgte fagemner, noe som gir muligheter for både å hente inn kvantitative data fra ordinære kapittelprøver eller egne tester som er designet spesielt for studien, og kvalitative data fra en mengde involverte aktører. Metoden som benyttes for å utlede de praktiske valgene som må gjøres, er å fundere valgene på en diskusjon av de ulike aspektene som kvalitativt og kvantitativt materiale gir mulighet for. Ut ifra dette kan valgene gjøres slik at de ulike datakildene utfyller hverandre ut ifra de enkelte kildenes styrke, gitt de føringene som ligger i målsetting og konseptuelt rammeverk.

4.1.1 Kvalitativ undersøkelse – hovedspørsmål eller supplement til kvantitative data?

Studien gir altså tilgang til resultatene av den klassiske kvantitative resultatmålingen som skjer i skolen. Denne målingen av testresultater hos elevene er viktig, ettersom det er den som står igjen på elevenes avgangsdokumentasjon. Det er også disse resultatvektene som læreren og skolen måles etter. Man finner dem videre som grunnlag for argumenter i den offentlige debatten, og de danner beslutningsgrunnlag for alle aktører fra elevnivå via foreldre-, nærmiljø- og skolenivå, og helt opp på statsrådsnivå. De ovennevnte faktorene ville være en forsømmelse å overse i en studie som denne. Dette fører til at det uansett, etter gjennomføring av den eksperimentelle delen av studien, vil finnes et kvantitativt materiale for videre analyse. Likevel er det viktige momenter som ikke belyses av slike indikatorer. For eksempel kan de nye metodene i denne studien representere en variasjon i arbeidsmønsteret til klassen. Det virker igjen stimulerende og motiverende. Elevene får gjerne en annen innfallsvinkel til fagstoffet, som øker sjansen for at flere elever begriper konseptet, uten at de

ennå har utviklet en naturfaglig forståelse og uttrykkskompetanse - *scientific literacy* - til å kunne formulere sin nye forståelse i løpet av dette relativt korte prosjektet. En gjennomarbeidet metode kan også brukes som modell for klassen til å lage egne presentasjoner av for eksempel løsninger på faglige problemer, og dermed introdusere nye og i utgangspunktet utilsiktede ringvirkninger. Slike nye erfaringer og ansporende aktiviteter kan kanskje også virke til å motivere elever til å velge videreutdanning i akkurat dette emnet. Slike virkninger som ikke er så liketil å resonnerer seg fram til vil lettere kunne fanges opp av en egnet kvalitativ undersøkelse. Kanskje aller viktigst i denne undersøkelsen er aktørenes erfaring og kompetanse med hensyn på den praktiske gjennomførbarheten av et forskerinitiert undervisningstiltak. Ved å vektlegge erfaringen som de personene som er involvert i prosjektet besitter, får prosjektet nyttegjort seg deres *pedagogiske erfaringskompetanse* (se avsnitt 3.6). Konsekvensen av de komplekse sammenhengene vi har eksemplifisert over er at den kondenserte formuleringen av *pedagogisk erfaringskompetanse* viser seg å avdekke lag på lag med faktorer som henger sammen og danner en ramme for undervisning som kan betraktes langs mange dimensjoner. Nå sees også tydelig det potensialet for kunnskap som ligger i å gjøre en kvalitativ undersøkelse, selv om man innledningsvis godt kunne diskutert om ikke den kvantitative undersøkelsen av elevenes testresultater ville være tilstrekkelig: Det rommet for erfaringsbasert kunnskap som kommer til syne når det fokuseres på kvalitativ forståelse av læringsbegrepet viser seg å være langt større enn det som kvantitative data synliggjør. Når detaljene i forskningsspørsmålet etterhvert skal utformes for den kvalitative delen av studien, blir det tydeliggjort at det viktige her ikke er å forsøke å resonnerer seg fram til hva slike prinsipper som fungerer som parameterakser kan være, men heller å gå bredt ut. Dette gir bedre betingelser for å nytte godt av intervjupersonens pedagogiske erfaringskompetanse.

4.1.2 Om valg av kilde for kvalitative data

Det er flere rolleinnhavere i prosjektets praktiske fase: Både vitenskapelige ressurspersoner med undervisningserfaring (universitetsansatte) som her har rollen som faglige kvalitetssikrere og veiledere, elevene i klassen, og faglærer. Alle har helt sikkert ulike opplevelser av den nye måten å arbeide på. De er dermed meningsberettigede fra hvert sitt ståsted. De vitenskapelig kvalifiserte aktørene har likevel mulighet til å påvirke prosjektet underveis. Dermed kan de sies å bidra til prosjektet med sin erfaringsbakgrunn.

Elevene utgjør en interessant målgruppe for en kvalitativ undersøkelse. Det er jo dem som er kilden til prosjektets kvantitative datamateriale, og også de som er profesjonelle i rollen som mottakere av lærestoffet. Her vil det også bli mulighet til å hente inn førstepersons inntrykk av hvorvidt elevene fenges av framstillingsmetoden og de modellene som brukes. Det er likevel flere faktorer som taler mot å velge elevene som den primære kilden til kvalitativt materiale. For det første har denne

undersøkelsen i sin problemstilling et tydelig lærerperspektiv. Ungdom responderer mer på emosjonelle faktorer i forhold til rasjonelle, enn voksne. De er heller ikke trent i å formulere seg i forhold til fagfeltet læring som det en lærer er, naturlig nok. Det er også anerkjent i fagkretser at sosial motivasjon spiller en vesentlig rolle, noe som kan bli et svært viktig element dersom vi henter våre kvalitative data fra elevene:

Walton & Cohen (...) point out the classic social identity theory principle that people's conceptions of the self are made up, in part, of the social groups they belong to and identify with. As a consequence, they adopt the attitudes and behaviors favoured by their groups and are motivated to achieve only if other members of their group also wish to achieve. (Dunning, D., 2011, s. 3)

Følgen av denne erkjennelsen er at å bruke elever som kilde til kvalitative data ikke egentlig gir tilgang til elevenes læringspotensialer eller -erfaringer, men heller til hva eleven oppfatter som viktige faktorer i forhold til de mestringsarenaer, omgivelser og sosiale sammenhenger der elevene har sosiale interesser å forvalte. Videre ville det føre til et ytterligere merarbeid på grunn av behov for å tilpasse intervjuene til elever med ulik grad av modenhet og begrepsforståelse. Det å gjennomføre elevintervjuer vil medføre en betydelig arbeidsbyrde som ikke lar seg realisere innenfor tidsrammene til dette prosjektet. Spørsmål vedrørende arbeidsmiljø og motivasjon blant elevene vil likevel bli indirekte belyst i et lærerintervju.

Det som vurderes som det mest fruktbare kvalitative materialet for denne studien er det som har lærerne som kilde. De er reflekterte i forhold til læring, som jo er hovedtemaet i prosjektet. Ved å ha undervist i de samme emnene flere ganger tidligere uten å benytte de virkemidlene som er spesielle for *denne* undersøkelsen, har lærerne erfaringsbasert sammenligningsgrunnlag. Denne erfaringsbaserte kunnskapen tar flere års praksis å modne (Simmons m.fl., 1999), og vil være en vesentlig ressurs i prosjektet. Også lærernes profesjonelle motivasjon ligger naturlig mye nærmere dette prosjektets motivasjon enn de andre aktørenes. Av argumenter som taler mot å bruke lærerne som kilde for kvalitative data, er for det første at antallet intervjupersoner går dramatisk ned. Dermed synker datatilfanget, og hvert enkelt intervju får stor vekt i undersøkelsen. Det setter større krav til både intervjuer og intervjuperson, og forhold dem imellom vil nå bli en faktor som får større vekt. Spesielt vil kanskje dette være tilfellet når intervjueren er urutinert. Da øker sjansen for at intervjueren ikke ser viktige spørsmål som burde vært stilt, formulerer seg mer klosset enn en rutinert intervjuer ville ha gjort, og også kan gå glipp av viktige momenter i svarene fra sine rutinerterte intervjuobjekter. Dette designet gir også rom for at læreren kan være motivert av personlige forutinntatte holdninger i forhold til både intervjueren, lærestoffet og

formidlingsmetoden. Selv erfarne undervisere kan også føle at de kommer i en posisjon der han eller hun føler behov for å forsvare sine egne undervisningsmetoder, noe som kan komme til å influere på hvordan intervjupersonen responderer på spørsmål. Dermed stilles det større krav til at intervjueren bidrar til å skape en faglig forbindelse som eksempelvis fokuserer på respekt, nysgjerrighet og felles interesser. Denne strategien får også god hjelp fordi deltakelse i prosjektet beror på lærerens interesse og samtykke. Da vil denne kunne være godt motivert og ha positive ambisjoner på vegne av prosjektet, noe som veier opp for argumentene om mulighet for forutinntatte holdninger.

Det at bare lærerne velges ut som kilde i de kvalitative intervjuene på grunn av tidshorizonten til prosjektet og forskerressursene som er tilgjengelige, fjerner elevperspektivet i undersøkelsen. Spørsmål som omhandler elevenes trivsel og subjektive opplevelse av metoden må derfor søkes besvart via lærerobservasjoner og indirekte ved å se på elevenes ytre tegn og handlinger. Det er kanskje ikke alltid mulig. Dermed fanges ikke de emosjonelle faktorene opp som elevene må formulere selv. I en større undersøkelse vil det derfor også være interessant å gjennomføre intervjuer med elevene, enten hele elevgrupper i plenum, utvalg av enkeltelever eller i fokusgrupper.

4.1.3 Konkretisering av valg med hensyn på design

Erfaringene som følger av utprøvinger skal danne grunnlag for det empiriske materialet. En slik eksperimentell setting må enten oppsøkes, eller forskeren må konstruere den selv. Den knappeste faktoren i denne studien er tid. Klassene som skal studeres skal i løpet av arbeidet gjennomgå den normale mengden pensum. Lærerne må delta på frivillig basis uten ressursmessig eller lønnsmessig kompensasjon, og de vil nok ønske å være seg sitt ansvar bevisst når det gjelder å sørge for den nødvendige framdriften i faget. Designet må derfor først og fremst ta hensyn til klassens og lærerens tid. Det bør heller ikke medføre *ekstra arbeid* for hverken elever eller lærere, fordi det sannsynligvis vil redusere antallet potensielle deltakere.

Av hensyn til validiteten vil det være et poeng at den eksperimentelle delen av undervisningen ikke oppleves som vesentlig avvikende, hverken av elever eller lærere. Sannsynligvis vil det være vanskelig å rekruttere frivillige lærere dersom kravet skulle være at de foruten å stille «sin» klasse til rådighet skulle måtte omarbeide sine undervisningsvaner. Da måtte i så fall undervisningen foretas av forskeren. Det ville i neste omgang føre til at man mister muligheten til å sammenligne emner som er manipulert i dette eksperimentet med emner som ikke er manipulert. Det er dermed klart at det er et poeng at all undervisning bør foretas av den vanlige læreren. Muligheten for å designe forsøket som et klassisk eksperiment er til stede, teknisk sett. Det ville likevel medføre en

uvanlig setting og påvirke muligheten til å sammenligne mellom emnene, slik som beskrevet over. Sammenligning måtte i så fall foretas mellom klassen og en kontrollgruppe. Dét er en anerkjent og mye brukt metode i eksperimenter, men i denne undersøkelsen mener erfarne lærere at det ikke er spesielt ønskelig, fordi to klasser ofte er langt mer ulike i samme tema enn samme klasse i to ulike temaer. Det er dermed gode argumenter for at den samme gruppa kan sammenligne seg med sin egen prestasjon i et annet tema. Da drar eksperimentet også nytte av den deltakende lærerens *pedagogiske erfaringskompetanse*, blant annet til å foreta justeringer i sammenligningsgrunnlagene mellom erfaringsmessig vanskelige og enkle temaer. Det er dokumenterte aktiva som kommer studien direkte til gode gjennom lærerens spesifikke kjennskap til sin klasse og undervisningserfaring. Å benytte kontrollgruppe vil også kreve at dobbelt så mange klasser blir rekruttert til å delta i forsøket. Av denne årsaken gjennomføres forsøk med kontrollgruppe bare dersom forholdene ligger til rette for det, dvs dersom samme lærer har to parallelle klasser. Da kan man dra nytte av lærerens kompetanse, samtidig som individuelle forskjeller mellom ulike lærere elimineres.

Det tydeligste alternativet til det klassiske eksperimentet, *case*-studiet, vil kunne være et mulig design, men bare dersom læreren tar seg tid til å avvike fra sin rutinemessige undervisning. Da vil forskerens rolle være å veilede og motivere læreren, og ellers observere enten *in persona* eller ved hjelp av opptak. Det vil kreve ekstra planlegging og tid, noe som på mange måter ville være ideelt for vårt forsøk, men som nok vil gjøre det svært vanskelig å rekruttere lærere til å delta. Det er et poeng at forskeren deltar i forberedelsene og også i detaljplanleggingen av den faglige *primingen*, ettersom de anbefalingene som skal forfølges ikke er pensumorienterte, men først og fremst rettet inn mot *metode*. Dette er vurderinger som gjøres selvstendig i forhold til pensummaterialet. Det naturlige ser i dette eksperimentet ut til å være å velge en variant av aksjonsforskning. Da står forskeren fri til å ivareta de funksjonene som måtte være nødvendige. Studien unngår samtidig ulempene som et rigid klassisk eksperiment ville bringe med seg i form av krav til kontrollgrupper, som diskusjonen over har vist lett vil fungere som kilder til usikkerhet. En annen fordel som oppnås ved å bruke aksjonsforskning, er at denne måten å arbeide på medfører en mulighet for å revidere testingen underveis. Det er altså mulig å gjøre en serie forsøk, foreta justeringer, og gjøre en ny serie. Dette passer godt i denne studien, fordi det er metodikk som skal utvikles og testes. Da vil det være en fordel å ha muligheten til å justere og teste på nytt.

Diskusjonen til nå har bidratt til klarere konturer av det mulighetsrommet for aktivitet som står til rådighet. Det er nå på tide å diskutere formen på denne faglige *primingen* eller forberedelses-effekten som vil være ønskelig å oppnå. Forestillinger og begreper skal jo introduseres forut for lærerens ordinære undervisning for på den måten å gjøre materialet kjent. Da sier teorien at

sanseapparatets inntrykk ikke vil sorteres ut når undervisningen starter, men heller mobilisere konsentrasjonen ved hjelp av gjenkjenning, som det tidligere er redegjort for, og samtidig redusere behovet for å bruke arbeidsminnet, som har en svært begrenset kapasitet (avsnitt 3.3.2). Vi har flere metoder for forberedelsesundervisning/*priming* å velge mellom: Tidligere har diskusjonen behandlet spørsmålet om hvorvidt lærer eller forsker bør foretrekkes til slike oppgaver, men det finnes også mulighet for å bruke teknologiske løsninger. Fjernundervisning kan være et spennende alternativ. Det åpner videre for å trekke inn kapasiteter og skape et inntrykk av å være aktuell. Styrken til denne undervisningsformen er jo også at den er i sanntid og dermed også toveis. I denne studien er det likevel ikke så attraktivt, fordi det jo ikke er meningen at denne faglige introduksjonen skal konkurrere med lærerens undervisning, og heller ikke ta lang tid. Det etterspørres heller kanaler som er effektive og samtidig gir visuelle muligheter. Et alternativ til sanntids fjernundervisning har vi i det nye konseptet «flipped classroom» (Bergmann et al., 2013). Dette konseptet er ennå under utprøving, men resultatet av den pågående entusiastiske prøvingen som foregår rundt om i verden er at det ligger fiks ferdige videoer ute på nettet som kan brukes til undervisning av mange temaer. Ulempene er at det vil gå mye tid til leting blant myriader av youtube-filmer, og at mesteparten av dette er på engelsk, fransk, spansk og andre store språk. En annen uheldig virkning er at forklaring av konseptene vil følge andre læreverker (om noen), som igjen vanskeliggjør gjenkjenning når læreren skal redegjøre for temaet. Det er likevel mulig å hente inspirasjon fra de ovennevnte kildene, til selv å lage små filmer som benyttes. Da foreligger de på elevenes eget språk, de inneholder akkurat det materialet som etterspørres, og hvis ønskelig kan også klipp fra andre kilder benyttes i slike små filmer. Programvare som gjør det mulig å produsere og redigere slike filmer er gratis tilgjengelig. Tilstrekkelige opptaksmuligheter finnes på vanlige smarttelefoner og «screen recorders». Dette konseptet tilbyr også en svært god kontroll med hva som presenteres, noe som godt møter det klassiske eksperimentets ideal. Designet vil også gjøre at forskerens *person* ikke influerer på forsøket, også noe som betraktes som et ideal. Ulempen er at noen av de involverte (forskeren) må ha nødvendig kompetanse til å gjøre produksjonen (manus, opptak, grafisk produksjon, regi, klipp, lyd), hvilket heldigvis er tilfellet her. Det blir også mulig å lage svært konsentrerte klipp, som ikke krever stor andel av klassens arbeidstid.

Studien gir tilgang til kvantitative data i form av prøveresultater fra ordinære prøver. Slike prøver består som oftest av flere emner fra ett eller noen få kapitler, og er en del av underveisvurderingen og kartleggingen som foregår rutinemessig i skolen. Ved å få tilgang på disse besvarelsene, og aller helst lærerens rettede versjoner, vil det være relativt enkelt å sammenligne besvarelsene på spørsmål om emner som har vært introdusert via film i forsøket, med besvarelser på spørsmål om emner som ikke har vært gjenstand for faglig *priming* i forsøket. Denne metoden vil også favorisere anonymiserte data, ettersom læreren gjør de individuelle justeringene i sine vurderinger, og kan

tilkjennegi eventuelle spesielle forhold i den kvalitative undersøkelsen (intervju). På den måten ivaretas personvernet og elevenes anonymitet kan garanteres. Det er et viktig argument når grupper skal rekrutteres (Alver og Øyen, 1997). Identiteten er heller ikke informasjon som er relevant for studien, og skal fjernes ihht personopplysningsloven (popplyl, § 8).

4.1.4 Oppsummering av design og gjennomføring

Den forutgående diskusjonen har ledet fram til et design som er en variant av aksjonsforskning som innebærer at forskeren utarbeider korte filmer på 3 – 8 minutter som skal redegjøre for begreper eller gi visuelle forestillinger av lærestoffet, forklart etter prinsipper som anbefales (Geake, 2009, og Sousa, 2011). Elementer som kan betraktes som adekvate, kan spenne fra klipp fra andre filmer, figurer, egne filmopptak eller skjermopptak. Filmene skal vises for forsøksgruppene i siste arbeidsøkt, ideelt sett ett døgn, før læreren gjennomgår fagstoffet som de enkelte filmene omhandler. Forskeren har ingen kontakt med forsøksgruppene, men overlater til lærerne å regissere framdriften av forsøket i takt med klassens ordinære arbeidsrutine. På den måten unngås all kontakt mellom forskeren og eksperimentgruppene, samtidig som lærerne selv har kontrollen over læringsaktivitetene som vanlig. På den måten representer eksperimentaktiviteten ingen inngripen eller forandring i klassens eller lærerens vante arbeidsmetode, og eksperimentet nærmer seg idealet til et klassisk eksperiment, der de faktorene som skal prøves ut, introduseres uten å forandre andre miljøvariable. Lærerne mottar ved starten av forsøket en skriftlig beskrivelse av hvordan de skal gjennomføre sin rolle i forsøket (tillegg 2). Kapittelprøver fra klassens vanlige arbeidsrutine er kilde for kvantitative data, som analyseres ved sammenligning av resultater på spørsmål som *har vært* introdusert ved hjelp av filmene, og spørsmål om emner der læreren har undervist *uten* slik faglig priming. De av forskningsspørsmålene som ikke egner seg til kvantitativ analyse, søkes besvart gjennom intervju med læreren i etterkant. Endelig legges det opp til to «runder» med ulike grupper, og som ikke foregår samtidig. Dermed kan andre runde bygges på erfaringer gjort i første omgang. Tidspunkt for forsøkene legges til høsten 2012 (første forsøksgruppe) og våren 2013 (andre forsøksgruppe). Ettersom det er et poeng at lærerne skal bidra for at prosjektet skal nytte seg deres pedagogiske erfaringskompetanse, er det ønskelig at lærerne tas med på råd når temaene for filmene skal bestemmes. Dermed må læreren som skal delta i første runde rekrutteres allerede om våren 2012, slik at arbeidet med de første filmene kan være i gang i løpet av sommeren for at den første filmen skal være klar til skoleåret starter. Samarbeidende lærere søkes fortrinnsvis rekruttert blant realfaglærere på videregående skoler og ungdomsskoler i Troms, som ikke har relasjoner til forskeren fra før.

4.1.5 Anbefalingene som skal prøves velges ut

Ettersom nå designet er ferdig utarbeidet, tas tråden opp igjen fra avsnitt 2.2 da det ble bestemt at

valget av de spesifikke virkemidlene som skal benyttes i eksperimentet burde vente til designet var avgjort. Forskningsspørsmålet er tidligere formulert som et ønske om å teste en del av anbefalingene fra moderne hjerneforskning, for å forsøke å påvise en effekt av tiltakene for på den måten å utvikle en gjennomførbar tilnærming til anbefalingene. Vi tar utgangspunkt i disse anbefalingene og velger ut blant dem som på en grei måte kan imøtekommes av designvalgene:

Følgende anbefalinger er hentet fra Geake (2009):

- 1) Emosjonelle virkemidler (for eksempel gode eksemplifiseringer) gjør behovet for repetisjon mindre.
- 2) Repetisjon i form av spiralerende gjennomgang av materialet styrker tidligere læring og langtidsminne.
- 3) Alt fagstoff bør stimulere elevene til å utvikle modeller og metaforer slik at nye innsikter og konsepter settes i sammenheng med hva eleven vet fra før.
- 4) Kryss-modal formidling gjør det lettere for elever å følge med. *Eksempelvis vil en kunne bruke en limelight-funksjon i filmen for å «peke» på elementer som står på skjermen, samtidig som de kommenteres auditivt.*
- 5) Tilnærming til nytt stoff bør være tredelt: Introduksjon/startsignal, orientering og bruk av ny kunnskap. *Her medvirker filmene i de to første fasene, så bearbeider elevene sin forståelse ved å bruke den i ulike oppgaver.*
- 6) Et kjennetegn på en god lærer er hans eller hennes evne til å presentere gode modeller og analogier som forklarer og klargjør, slik at elevene assimilerer (sette den nye kunnskapen i sammenheng med hva en vet fra før), og hvis det er nødvendig også settes i stand til å akkomodere³ kunnskapen på en god måte.
- 7) Imitasjon er en effektiv og naturlig læreform. Vi bør derfor ikke nøle med å demonstrere hvordan oppgaver skal løses.
- 8) Elever lærer det de bryr seg om.
- 9) Lag 5-minutters pauser hver halvtime for å gjøre noe helt annet.

Følgende anbefalinger er hentet fra Sousa (2011):

- 10) Ungdom er mye mer påvirket av følelser enn av rasjonelle vurderinger.
- 11) Hjernen kan ikke multitaske, bare bytte mellom flere oppgaver. Veksling mellom oppgaver innebærer alltid et tap. *Bruk av film er egnet til å stenge ute digresjonsfaktorer.*
- 12) Hvordan en person finner seg til rette i en læresituasjon bestemmer i hvor stor grad han eller hun retter sin oppmerksomhet mot denne.
- 13) Hold antallet variable i undervisningen innenfor kapasiteten til elevenes arbeidsminne. Da øker muligheten for å huske det som læres.
- 14) Informasjon blir bedre husket om den begripes ved hjelp av elevenes erfaringsbase og har

³ Akkomodasjon vil si å revidere sin dypere forståelse av konsepter som følge av ny kunnskap, slik at den nye erfaringen også passer inn i forestillingen av omgivelsene (Imsen, 2005).

mening i deres livsverden.

15) Tidligere erfaringer innvirker alltid på ny læring.

16) Bakgrunnsmusikk kan forbedre gjenkalling av minne, visuell forestillingsevne, konsentrasjon og ferdigheter.

Som tidligere nevnt er det også et ønske at lærerens erfaring skal komme prosjektet til gode, både med lærerens spesielle klasse og med faget generelt, dvs. lærerens *pedagogiske erfaringskompetanse*. Læreren har også en subjektiv oppfatning av hvorvidt han eller hun trives med å bruke denne spesielle læringsaktiviteten. Videre er det jo interessant å få greie på om metoden med forberedelse til emnet ved hjelp av film er noe læreren vil kunne tenke seg å være med på å utvikle (dette fordi filmene lages ved hjelp av dataverktøy som er tilgjengelig for alle lærere), og om læreren selv mener at han/hun har teknisk og faglig kompetanse til å lage slike filmer, eventuelt i team med andre.

4.2 De enkelte filmene

I det følgende kommenteres først generelle valg som er gjort i filmene. Deretter gjennomgås viktige momenter ved de enkelte filmene som er utviklet i prosjektet; både koblingen til læreverk, læreplan, virkemiddelbruk og forventninger til effekt.

4.2.1 Generell virkemiddelbruk

Sjangeren til filmene i prosjektet må sies å være i spennet mellom auteurfilm og dokumentar, med overvekt på auteurfilm-sjangeren. Her er den dominerende dimensjonen *tro* (filmskaperen ønsker i vårt tilfelle enten å overbevise seerne om at en påstand er korrekt, eller å øke interessen eller nysgjerrigheten for et faglig fenomen). Da bør de ulike eksemplene som presenteres underbygge hverandre og arrangeres slik at spenningsnivået er stigende for at motivasjonen for å se videre vedlikeholdes. Fordi filmene skal være korte blir det som oftest bare tid til å presentere ett enkelt fenomen. Likevel har vi en del frihet med hensyn på hvorvidt vi skal benytte «utrolige» fakta, humor, stemning, spenning eller sosiale virkemidler for å holde vedlike forventningen om en opplevelse eller innsikt som vil være meningsfull for elevene (se avsnitt 3.3.3).

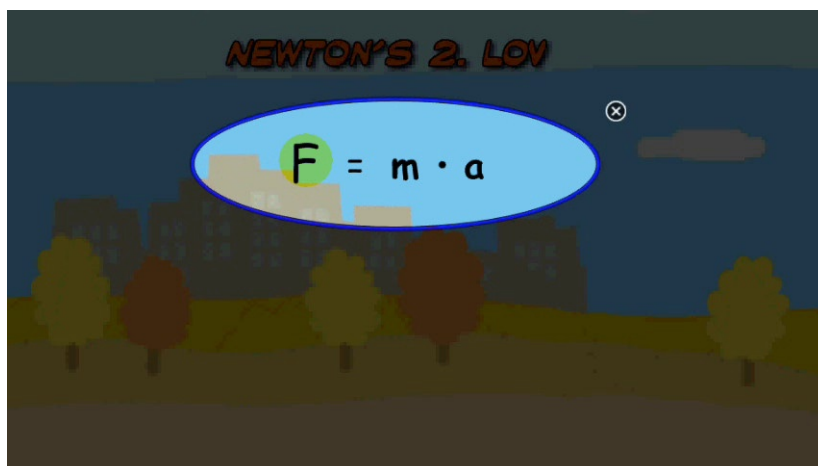
I alle filmene i prosjektet benyttes karikerte figurer (animasjoner) med funksjonalistisk preg der hvor prinsipper og lovmessigheter skal formidles. Dersom eksempler fra virkeligheten skal poengteres, benyttes gjerne både filmsnutter og bilder dersom det er aktuelt og bygger opp under et poeng. På grunn av den universelle karakteren til temaene som behandles velges som oftest handlingen holdt i tidløse rom, med unntak av film VI: «Energi i en pendel», som omhandler konkret anvendelse av kunnskap. Hastigheten i de ulike scenene dikteres av fortellerstemmen, slik at den høres avslappet men ikke treg ut. På den måten brukes klipping for at publikum skal få litt

tid etter setningene til å la budskapet synke inn, men likevel slik at filmene har en tilnærmet konstant fremdrift. Kameravinkelen er som oftest nøytral. Ved å bruke normalperspektiv understrekes objektivitet, mens det kan varieres med bruk av fugleperspektiv dersom overordnede prinsipper behandles. Dermed understrekes prinsippets overordnede nivå av perspektivbruken. Dybde brukes flere ganger som en slags visuell hukommelse, idet ikoner som symboliserer resonnementer som er unnagjort legges i bakgrunnen mens forgrunnen benyttes til å illustrere eksempler på den nyvunne kunnskapen, som for eksempel i filmen «Arbeid og energi» (avsnitt 4.2.3.2). Mellomrom mellom klipp benyttes bare til skifte av scene/eksempel eller til å forandre perspektiv. Dermed blir overgangene hovedsakelig av typen inntonning.

Den viktigste lyden er fortellerstemmen (monolog). Det er et naturlig valg ettersom en dialog innebærer at det skal settes opp en relasjon mellom to eller flere aktører, eksempelvis lærer og elev, eller to «fysikkfilosof» etter modell av «Fysikk på roterommet» som ble sendt på NRK på syttitallet. Produsentene for denne programserien viste med styrke at denne dramaturgien var effektiv for å formidle et faglig budskap med stor underholdningsverdi. På grunn av at tid er en knapp faktor i vårt prosjekt, både hva angår produksjonstid og spilletid, velges monologen, som heller av og til henvender seg til publikum ved å flette inn små spørsmål som «..., ikke sant?», eller «Har du tenkt på?». På den måten åpnes det også for å appellere til tilskuerne om å finne fram eksempler fra sine egne sansede erfaringer når eksempler skal illustreres. Lyd som signal ble ikke benyttet i første forsøksrunde. Tanken var at dette ikke var nødvendig fordi læreren naturlig ville fokusere elevene ved å introdusere klassen muntlig for det som skulle skje. Film er jo valgt som alternativ til lærerens egen introduksjon til materialet, jfr. diskusjonen i avsnitt 4.1.4. Det kom ingen reaksjon på dette fra læreren etter første runde, men det ble besluttet at det var interessant å forsøke med start- og sluttsignal i andre runde av to grunner: For det første er elevene yngre og mer emosjonelt påvirkelige i den forsøksrunden. Det vil dermed kunne oppnås relativt stor fokuseringseffekt. Det kan en spørre læreren om i intervju etterpå. Dernest er målsettingen å oppnå en repetisjonseffekt, *pendant*, til anslaget, ved å la avslutningen av filmen være slutten på den musikken som startet filmen. Det benyttes lite reallyd i filmene. Dette har sin årsak i at det aller meste er bilder, plakater og animasjoner. I stedet understrekes poenger eller spilles på humor ved hjelp av effektlyder. Også dette en utvikling fra første forsøksrunde som ikke inneholdt lydeffekter, til andre forsøksrunde der lyd aktivt ble benyttet med tanke på at inntrykket fra filmene da ville bli forsterket. Bakgrunnslyd ble ikke benyttet i noen av filmene av frykt for at det ville virke forstyrrende på fortellerstemmen, spesielt med tanke på at lydanleggene rundt i klasserommene svært ofte er av lav kvalitet. Videre ble det ikke vurdert som et viktig poeng å dekke over klipp og skape en ekstra kontinuitetseffekt, dersom innsatsen var at en risikerte mer utydelig tale. Overgangene som de er uten bakgrunnsmusikk virker naturlige uansett. Men dette vil kanskje være

et tema som kan være interessant i senere forsøk.

I prosjektet benyttes lys hovedsakelig for å fokusere. Anbefalingene fra litteraturen (Geake, 2009) er entydige på at dersom det er flere elementer på skjermen, bør de elementene som omtales, også understrekes grafisk (kryssmodalt). Den teknologien som er valgt, tilbyr to ulike muligheter for å bruke en såkalt spotlight (fig.5). For det første



Figur 5: Eksempel der begge spotlight-effektene er i bruk samtidig

kan en bruke en tradisjonell «limelight» alå følgespot som benyttes innen scenekunst. Den lager en oval rundt et område som ønskes opplyst, mens resten av skjermen tones kraftig ned til et mørke der elementene bare kan skimtes. Denne muligheten er svært effektiv idét alle andre elementer gjøres utilgjengelige for tilskuernes oppmerksomhet samtidig som lyset på skjermen fokuseres. Metoden er benyttet i passasjer der deler av skjermens elementer er gjenstand for diskusjon/forklaring som tar litt lengre tid, for eksempel i filmen «Standardmodellen». Den andre muligheten er å benytte en spotlighteffekt som framtrer som en farget sirkel som kan flyttes rundt på skjermen ettersom fortellerstemmen omtaler ulike elementer. Også dette er en metode som følger anbefalingene om kryssmodal behandling, og denne metoden fungerer mye raskere visuelt, fordi alle elementene er belyst hele tiden på skjermen, og publikum behøver ingen tid til ny mental eller visuell fokusering på nye elementer. Hovedsakelig benyttes derfor denne metoden. Lyssettingen ellers i scenene er nøytral. Bildene holdes i klare og tiltalende farger, som understreker filmens intensjon om opplysning og klargjøring/avmystifisering. Ett unntak finnes i filmen «Arbeid og energi» (avsnitt 4.2.3.2), der rommet belyses med et underlys i et gult uendelig stort rom (fig.14). Det er gjort for å forsøke å understreke begrepet «energi» som kan assosieres med hete, dramatikk, potensialer og aktivitet. Det tilføres med det et spenningselement i filmen uten å ty til for eksempel auditive virkemidler.

Klipping benyttes i stor grad for å stramme opp filmen og gi en naturlig og klar framdrift. For eksempel består filmen «Relativistisk tidsforlengelse» som har en varighet på 6:25 av 37 klipp, selv om publikum bare kan se seks klart avgrensede sceneskift. Det gir en gjennomsnittlig tid pr klipp på 10,5 sekunder. Likevel virker ikke de mange klippene forstyrrende, men som en fortelling som drives fram av fortellerens redegjørelse og spotlight som leder fokus gjennom historien. Den

bestemmende faktoren i klippeprosessen har vært fortellerstemmen. Her er det lagt vekt på fremdrift, men ikke hastverk, og svært nøyaktig bruk av manus.

4.2.2 Første forsøksrunde (Fysikk 2, studieforberedende)

Første forsøksrunde gjennomføres i en videregående skole, 3. klasse. Elevene i denne klassen har i følge faglærer god motivasjon for faget. De har som regel også relativt gode mestringserfaringer, og er vant både med skriftlige kilder og en teoretisk preget arbeidsform. Forsøket gjennomføres i løpet av høstsemesteret, og emnene som skal introduseres for elevene ved hjelp av film, velges ut i samarbeid med faglærer.

I det videre vil tidspunkter i klammeparentes [x:xx] referere til spilletid i filmen, som angitt i manus.

4.2.2.1 Film I: Hooke's lov

Manus: Tillegg 12

Varighet: 7:29

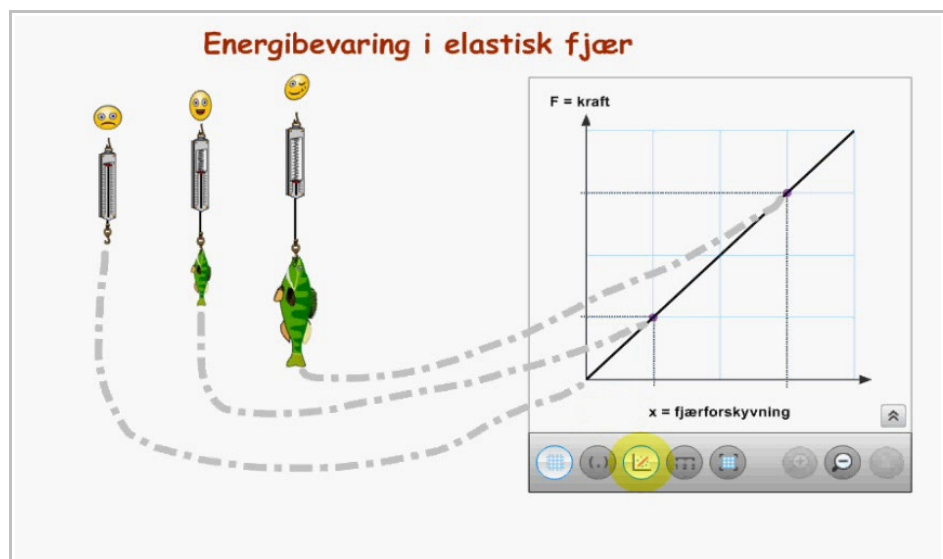
Forankring i læringsmål og lærebok

Hooke's lov behandles med utgangspunkt i læreplanen for fysikk 1, der det heter at elevene skal «gjøre rede for energibegrepet og begrepene arbeid og effekt og foreta beregninger og drøfte situasjoner der mekanisk energi er bevart».

Emnet behandles i læreboka (Jerstad et al., 2008) ved hjelp av følgende begreper:

Elastisk potensiell energi, fjærstivhet, Hooke's lov, energibevaring i elastisk fjær.

Videre beskrives de matematiske sammenhengene mellom begrepene, og hvordan en kan gjøre beregninger på ei fjær. Betingelsene for at ei fjær skal følge Hooke's lov (lineær deformasjon) problematiseres ikke.



Figur 6: Demonstrasjon av sammenhengen mellom fjærforskyvning og grafisk framstilling

Virkemidler og eksemplifisering i filmen

I filmen velges et litt mer konkret utgangspunkt enn læreboka; nemlig en fisketur med påfølgende veiing av fangst. Dette er gjort for at elevene skal bli bedre i stand til å se for seg en konkret situasjon der en stålfjær utsettes for belastning. Læreboka viser i sine eksempler bare til «ei fjær». Det innebærer at elevene selv må bygge en større del av sammenhengen rundt belastninga av fjæra, noe som vil legge beslag på større del av arbeidsminnet. I tilknytning til de ulike fangstalternativene vises emosjonelle markører i form av smileys. Alle de begrepene som behandles i læreboka (se forrige avsnitt) behandles i filmen. Sammenhengen mellom fjærdeformasjon og plott i et koordinatsystem gjennomgås i detalj [0:49 – 3:49] kryssmodalt, ved at spotlight løpende viser elementene som omtales (fig.6). Deretter [3:59 – 6:12] gjennomgås en utledning av det matematiske uttrykket for energi i en elastisk fjær som følger Hooke's lov, med utgangspunkt i det samme koordinatsystemet. Filmen avsluttes med bilder av eksempler både på hvordan naturen og mennesket benytter fjærens egenskaper til spesielle formål [6:38 – 7.15]. Her appelleres det både til de dokumentarisk interesserte (en kenguru) og de som er interessert i fantasy-genren (en bueskytter fra fantasy-litteraturen). Til sist en youtube-video [7:15] av et trampolinehopp som går galt på grunn av feilbedømming av fjæras evne til å gi tilbake den påførte krafta. Hensikten med den siste videoen er å spille på det emosjonelle registeret ved hjelp av humor, og samtidig gi en ekstra knagg for *chunking*.

Faglig forventning

De elevene som har sett filmen forut for klasseromsundervisningen, bør kunne gi bedre forklaringer på begrepene som er nevnt, og også kunne gjenbruke de praktiske eksemplene som de har sett. Det bør også være flere elever som klarer å redegjøre for proporsjonalitetskonstanten og vise sammenhengen mellom en målt fjærdeformasjon og plottene i et koordinatsystem. Elevene bør også vise ambisjoner om å svare på oppgaver som innbefatter beregning av kraft og energi i en elastisk fjær. Videre har elevene fått eksempler på fjærer som ikke følger Hooke's lov.

4.2.2.2 Film II: Relativistisk tidsforlengelse

Manus: Tillegg 13

Varighet: 6:25

Forankring i læringsmål og lærebok

Læreplanen for fysikk 2 sier at elevene skal «gjøre rede for postulatene som er grunnlag for den spesielle relativitetsteorien, drøfte kvalitativt noen av konsekvensene av denne teorien for tid, bevegelsesmengde og energi, og gi en kvalitativ beskrivelse av den generelle relativitetsteorien». Læreboka behandler begrepene i tre delkapitler; «Referansesystemer», «Relativitetsprinsippet» og

«Relativistisk tid» (Jerstad et al., 2008). Relativistisk tidsforlengelse gis som hovedeksempel i delkapitlet «Relativistisk tid».

Begreper som forklares og benyttes i læreboka, er:

Referansesystemer, relative størrelser, tregthetssystemer, det newtonske relativitetsprinsippet, relativitetsprinsippet, Einstein's 1. og 2. postulat, relativistisk tidsforlengelse, samtidighet.

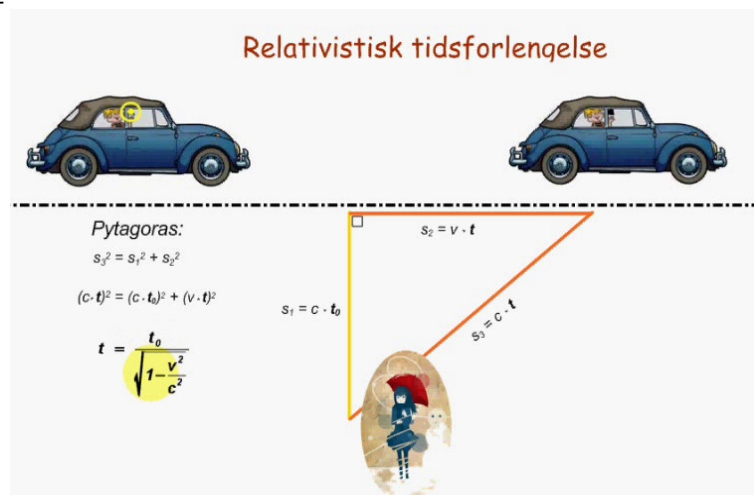
Eksemplene som benyttes i boka er det klassiske observatør-bane-eksemplet, med separat framstilling av situasjonen som den fortoner seg for personen som er i bevegelse, og personen som observerer fra utsiden (står stille). Ved hjelp av Pytagoras' setning utledes så det matematiske uttrykket. Som eksempel på bruk av formelen benyttes en variant av «tvillingparadokset», der aktørene i stedet er jevnaldrende venner.

Virkemidler og eksemplifisering i filmen

I filmen behandles alle begrepene som er nevnt over. Det tas utgangspunkt i et objekt som er mer kjent for eleven enn tog og romskip, nemlig en bil med kabriolet-topp. Først presenteres ulike morsomme biler for å ufarliggjøre objektene [0:13 – 0:28], og forsøke å gjøre artefaktene mere interessante. Så plasseres en figur som representerer en elev inn i bilen [0:28]. Begrepet «referansesystemer» blir først

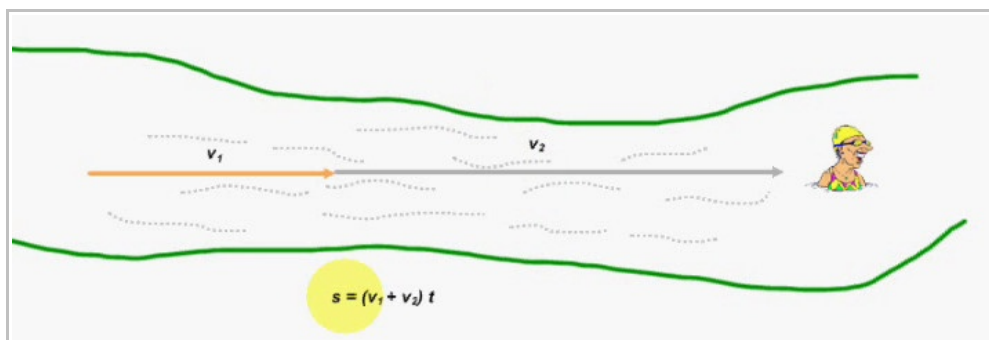
gjennomgått ved at figuren kaster en ball opp i luften med kalesjen nedslått (ballen skifter referansesystem) (fig.7) og med kalesjen oppslått (bilen forblir et lukket referansesystem).

Fortelleren forklarer ved hjelp av dette kalesje-eksempelet Einstein's 1. postulat, og forsøker på den måten å eksemplifisere begrepet nærmere elevene, og dermed senke antallet abstraksjoner. Så illustrerer filmen ved hjelp av en svømmer i en elv [2:03] hvordan fart i den vanlige observerbare virkeligheten er et uttrykk for summen av farten til objektet og selve mediet (elva som svømmeren svømmer i) (fig.8). Dette gjøres for å forberede elevene på at det er dette som Einstein's 2. postulat handler om. Eksemplet følger ikke logisk av resten av temaet i filmen, men er tatt med fordi det faglig hører hjemme der som en forutsetning for det neste eksemplet i filmen, og læreren enkelt kan framkalle dette bildet senere når han/hun foreleser om Einstein's postulater. Det fysiske fenomenet som benyttes for å illustrere målbare forskjeller er å forestille seg at bilen har en fart som kan måles



Figur 7: Forenklet eksperiment benyttes til å utlede formelen for relativistisk tidsforlengelse

i forhold til lyshastigheten [3:00]. Dette er en abstraksjon, men likevel nærmere elevene i den forstand at de med stor sannsynlighet har en egen erfaring med relativt høy fart fra en posisjon som passasjer i en bil. Lyset som sendes ut ifra bilen får også en hensikt, idét det blinkes til en kamerat. Dermed er det naturlig at dette referanselys-glimtet finner sin plass i hukommelsen. Selve eksperimentet forenkles litt for å frigjøre minnet fra abstraksjoner og senke antallet faktorer. I eksemplet forutsettes det at tidspunktet der endringen i lyset inntreffer, er på det stedet der vinkelen mellom bilens kjøreretning og den ytre observatørens synsretning er rettvinklet (fig.9). På den måten unngås observatør nummer to som eksemplet i boka benytter. Dermed reduseres også den matematiske kompleksiteten ved at en kun behøver å regne med én rettvinklet trekant i forhold til lærebokas eksperiment som benytter to trekkanter. Filmens eksperiment kan ikke forklare hvorfor formelen for relativistisk tidsforlengelse fungerer uansett kjøreretning. Fortelleren nevner bare at det er tilfelle, og overlater til læreren å forklare det ved hjelp av den varianten som benyttes i læreboka, hvis læreren finner det nødvendig. Formålet med filmen er jo ikke å gi uttømmende undervisning, men å fjerne unødvendige abstraksjoner og gi elevene opplevelsen av at temaet er *begripelig*. Mens avstandene i figuren tegnes opp [3:37 – 4:22], forklarer fortellerstemmen hvordan avstandene kan beskrives algebraisk ved hjelp av ulike varianter av bevegelesesligningen $s = v \cdot t$. Samtidig følger en spotlight elementene som blir omtalt, og på den måten anvender kryssmodalitet som kildene anbefaler (Geake, 2009). Ligningene kombineres på samme måte som i læreboka ved



Figur 8: Fart som resultat av mediet demonstreres ved hjelp av en svømmer i en elvestrøm

hjelp av Pytagoras' setning til uttrykket for relativistisk tidsforlengelse. Fortellerstemmen avslutter [5:57] med en tilsynelatende motsigelse; nemlig den at «Dersom du vil at tida skal gå saktere, må du selv holde farta oppe». Denne spesielle formuleringen av konklusjonen er selvsagt valgt fordi den lettere blir husket som på grunn av paradokset. Til slutt [6:05] høres en advarsel, mens skjermen viser et bilde av en bil som har kjørt inn i en vegg - altså en emosjonell trigger.

Faglig forventning

En større andel av elevene bør etter å ha sett filmen kunne utlede formelen for relativistisk tidsforlengelse fordi eksemplet som leder fram til formelen er enklere. Elevene bør også kunne

gjøre rede for hva Einstein's postulater i praksis betyr, og de kan også forventes å være mere selvsikre og aktive både i undervisnings- og arbeidsøkter, kanskje være i stand til å uttrykke undring over paradoksene som oppstår i forbindelse med relativitetsteorien. Også ambisjonsnivået eller viljen til å gjøre forsøk på arbeidsoppgaver som omhandler relativistisk tidsforlengelse bør være positivt påvirket.

4.2.2.3 Film III: Standardmodellen

Manus: Tillegg 14

Varighet: 8:27

Forankring i læringsmål og lærebok

Læreplanen for fysikk 1 sier at elevene skal kunne «*beskrive og drøfte standardmodellen for universets utvikling*». Læreboka (Jerstad et al., 2008) behandler standardmodellen i kapittel 5;

«Partikkelfysikk». Begreper som benyttes og forklares, er:

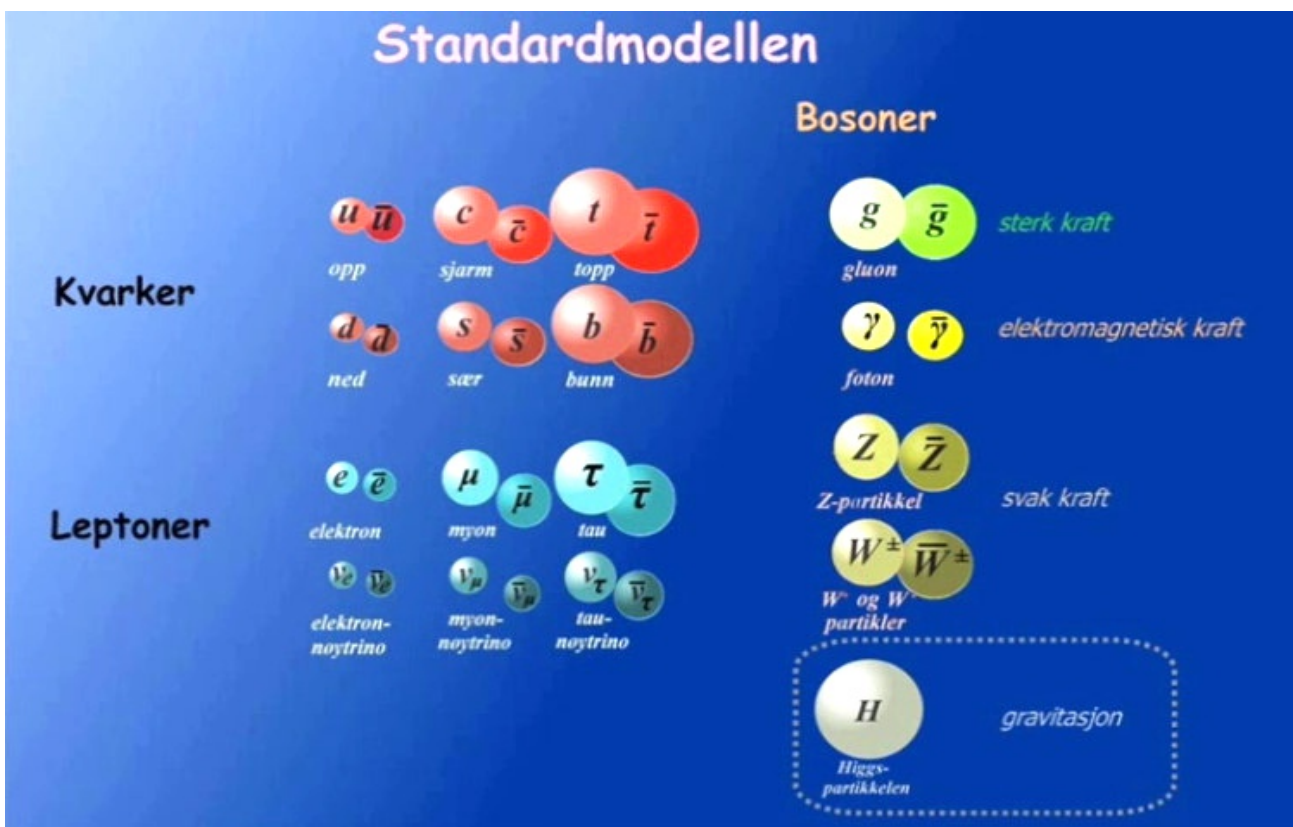
Kvantepartikler, protoner, nøytrinoer, antipartikler, pardanning, annihivering, positroner, fotoner, omdanning mellom energi-materie, LHC, Cern, elektronvolt, kvarkene, leptonene, hadroner (baryoner og mesoner), partikkelgenerasjoner, de fire naturkreftene, fargeladning, partikkelomdanning, bevaringslover i partikkelfysikken, baryontall, leptontall, standardmodellen, higgspartikkelen, higgfeltet, kvantefelt, supersymmetriske partikler, strengteori. Den grafiske representasjonen av mikrokosmopartiklene gjøres hovedsakelig ved hjelp av en framstilling som er hentet fra CERN. Her framstilles partiklene i en matrise bestående av tre adskilte kategorier som befolkes av en del rare figurer (Jerstad et al., 2008). Disse figurene kjennetegnes av at de tydelig er ment å være tiltalende og humoristiske. De tegnes i en naivistisk stil, men figurenes særtrekk kan ikke sies å avspeile noen av deres fysiske karakteristika i forhold til standardmodellen, heller ikke indikeres innbyrdes slektskap mellom partiklene i de valgte representasjonene.

Det er flere eksempler som benyttes i læreboka: Som bilde på hva som skjer i en akselerator, presenteres en kollisjon mellom to jordbær, som resulterer i en haug med ulike frukter.

Partikkelomdanning vises vha en modell for beta-stråling (Jerstad et al., 2008). Bevaringsloven for baryontall og leptontall demonstreres ved hjelp teoretisk bearbeiding av noen reaksjoner som analyseres med tanke på hvorvidt de er mulige i den forstand at de følger bevaringslovene.

Virkemidler og eksemplifisering i filmen

I filmen behandles bare standardmodellen med kvarkene, leptonene og bosonene med både partikler og antipartikler, samt bevaringslovene for baryon- og leptontall. I tilknytning til bosonene presenteres også Higgs-bosonet og eksperimentet i LHC. Mikrokosmos beskrives som et annet univers med en annen tidsskala [1:05]. Dette gjøres for at alle de kortlivede mikrokosmopartiklene skal forestilles av elevene som partikler som *er*, og ikke som en partikkel som *var* (og forhindre at eleven forestiller seg partikkelen som noe som kun kan skimtes eksistensen av i et glimt). Når vi så entrer mikrokosmos [0:28] gjøres det filmatisk ved hjelp av en zoom-effekt. I filmen forsøkes det å presentere alle partiklene i samme system (fig.10). Dette til forskjell fra læreboka, som legger de ulike partiklene i ulike «skuffer». Forskjellene på partiklene vises ved hjelp av størrelse, farge og gruppevis plassering og presentasjon. Med dette ønskes det å oppnå at de representasjonene som presenteres på skjermen også illustreres representativt, slik at det er større sammenheng mellom de partikkelegenskapene fortellerstemmen omtaler, og det visuelle uttrykket av representasjonen som elevene ser. Fordi mye av filmen går med til å omtale partiklene, er det ingen animasjoner. Det finnes heller ikke dekning i litteraturen (Sousa, 2011 og Geake, 2009) for å produsere en kunstig handling som ikke vedkommer filmens tema, som er å beskrive partiklene og deres egenskaper. En film som skulle lage en slik handling eller historie ved hjelp av for eksempel animasjon, ville være en mye større produksjon enn det tids- og kostnadsrammen i prosjektet gir mulighet for, samtidig som det ikke er dekning for noen forventning om hvorvidt det ville være effektivt. Underskuddet på



Figur 9: Alle elementærpartiklene fremstilles i systematisk orden

vanlig handling kompenseres med at selve plakaten/skjermbildet beveges sakte. Dette er en velkjent metode for å skape inntrykk av bevegelse og spenning i et stillbilde, og benyttes som standard i moderne elektroniske bilderammer. Det grafiske uttrykket forsøkes å underbygge partiklenes egenskaper, f.eks. farge (lys- og kraftformidlende objekter) og størrelse (masse). Antipartikler presenteres som «skyggepartikler» av sine tilsvarende partikler (fig. 10).

Formålet med denne framstillingen er at elevene skal få inntrykk av at mikrokosmospartiklene har noe til felles, altså at de hører til i mikrokosmos-universet. Fortellerstemmen understreker dette ved å vise hvilke av de viste partiklene vi kan merke i makrokosmos, og hvordan vi merker dem. Et annet mål som tilstrebes i filmen, er å vise en systematikk i mikrokosmos som savnes i læreboka; nemlig at partiklene kan ordnes i en innbyrdes orden. Den innbyrdes ordningen ved siden av de grafiske virkemidlene viser hvordan partiklene er beslektet, på samme måte som elevene før har sett denne type organisering i det periodiske system.

Bevaringslovene vises ved å ta utgangspunkt i de vanlige bevaringslovene i makrokosmos [6:03]. Så utvides dette settet med bevaringslovene for baryon- og leptontall, der begrepene baryoner og leptoner på ny er representert ved hjelp av «partikkelkuler» [6:44 – 7:34] (fig. 11). Funksjonen til disse lovene forklares som en analogi til kjemiske reaksjoner som elevene kjenner fra før, der de har lært at kjemiske reaksjoner følger gitte regler. På den måten får elevene en plausibel begrunnelse som gjør at en ikke behøver en fullstendig forståelse av begrepene for å kunne godta at disse reglene følges. Filmen avsluttes med et oversiktsbilde av LHC [7:34] mens fortellerstemmen forklarer litt hva eksperimentet der går ut på i forhold til det som nettopp har blitt forklart i filmen. På denne måten knyttes det også an til læreboka, som bruker en hel side på bildemateriale fra Cern (Jerstad et al., 2008). Målsettingen med avvikene som er valgt i forhold til læreboka, er å bedre vise systematikken som hersker i mikrokosmos. Emnet omhandler fenomener som både i størrelses- og tidsskala er utenfor menneskets rekkevidde, og derfor lett blir abstrakte. Ved å presentere mikrokosmos som et «eget» univers, blir fiksjonen forhåpentlig av en art som er mer «kjent» for ungdommen. Målsettingen er at på tross av at objekter og fenomener i denne skalaen ikke kan observeres i dagliglivet, fremstår mikrokosmos med et preg av systematikk og lovmessighet, det vil si *begripelighet*.



Figur 10: Bevaringslovene illustreres ved representasjoner av de partiklene de gjelder

Faglig forventning

Elevene som har sett filmen har forhåpentlig et potensiale til en mer robust oppfatning av mikrokosmos, og en dypere forståelse med vekt på hvordan partiklenes egenskaper er i forhold til hverandre. Det bør forventes mer utdypende besvarelser i forhold til å beskrive mikrokosmos prosaisk, både ved hjelp av navn og egenskaper til partiklene. Filmen vil forventes å virke avmystifiserende fordi den vektlegger den ordenen som hersker i mikrokosmos.

4.2.3 Andre forsøksrunde (10. klasse ungdomsskole)

Andre forsøksrunde gjennomføres i en ungdomsskole, 10. klasse. Faget er naturfag, der emner fra fysikken behandles. Elevene i ungdomsskolen forventes å ha en mer blandet motivasjon for faget enn den rene fysikklassen som var forsøksarena i første runde. Forsøket gjennomføres i løpet av vårsemesteret, og emnene som skal introduseres for elevene ved hjelp av film, velges ut i samarbeid med klassens faglærer.

Generelle endringer i forhold til første forsøksrunde

Som følge av intervju med faglæreren som samarbeidet om prosjektet i første forsøksrunde, ble filmene justert for å ta med de nye erfaringene i forsøket på å lage filmer som er best mulig til å omsette anbefalingene fra hjerneforskningen i en effektiv metodikk. Det er nettopp denne

muligheten som er en av de største fortrinnene med aksjonsforskning. For det første ble filmene for denne nye forsøksrunden laget kortere. Første forsøksrunde var noe mer preget av filmer som ga elevene en større grad av oversikt over kapitlet som skulle bearbejdes. Det resulterte i filmer som ble mellom 6,5 og 8,5 minutter. Tilbakemeldingene fra lærer var at det ble for lange filmer. For det første la de beslag på for stor del av arbeidsøkt da de ble vist. Inkludert rigging av materiell og omorganisering i klassen kunne det fort gå med nærmere ett kvarter av økt. For det andre kom filmene til å bli for omfattende. Ett kapittel i læreboka inneholder fagstoff nok til i gjennomsnitt tre ukers arbeide, dvs. tre læringsøkter pluss tre arbeidsøkter. Erfaringen stemmer også med anbefalingene fra litteraturen (Sousa, 2011) som viser til at dersom materialet ikke er lagret i langtidsminnet, vil det meste være glemt i løpet av det første døgnet. I andre forsøksrunde begrenses emnene til delkapitler som er vanlige å gjennomgå i løpet av éi læringsøkt. Filmlengdene varierer da mellom 2,5 og 5 minutter. En annen endring som gjøres er å legge på musikalsk intro og avslutning. Det gjøres fordi disse elevene er yngre, og muligens vil ha nytte av en auditiv fokusering. Det er også en anbefaling i litteraturen (Sousa, 2011).

4.2.3.1 Film IV: Newton's 2. lov

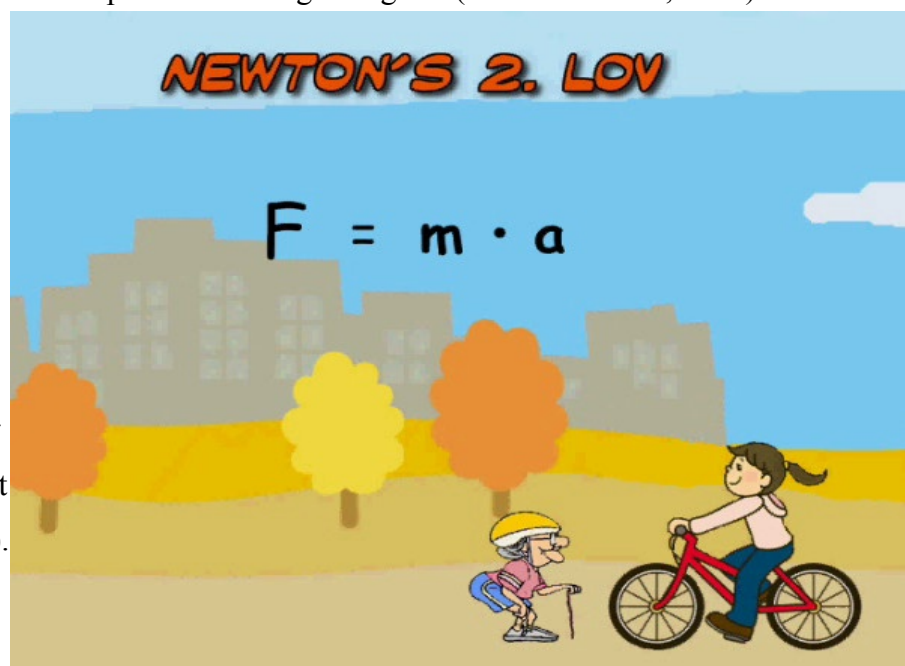
Manus: Tillegg 15

Varighet: 2:36

Forankring i læringsmål og lærebok

Læreplanen for naturfag sier at elevene etter 10. årstrinn skal kunne «gjøre rede for begrepene fart og akselerasjon, måle størrelsene med enkle hjelpemidler og gi eksempler på hvordan kraft er knyttet til akselerasjon». Læreboka kapittel 9 Kraft og bevegelse (Hannisdal et al., 2008) avslutter

kapitlet med delkapitlet «Mer om krefter», side 182. Der behandles Newton's 2. og 3. lov. Loven presenteres matematisk vha den vanlige relasjonen $F = m \cdot a$, i tillegg til prosaform. Det gis også et eksempel der en vannskiløper akselererer, dras med konstant hastighet, og slipper (stopper). De begrepene som behandles i delkapitlet i tillegg til Newton's lover er masse,



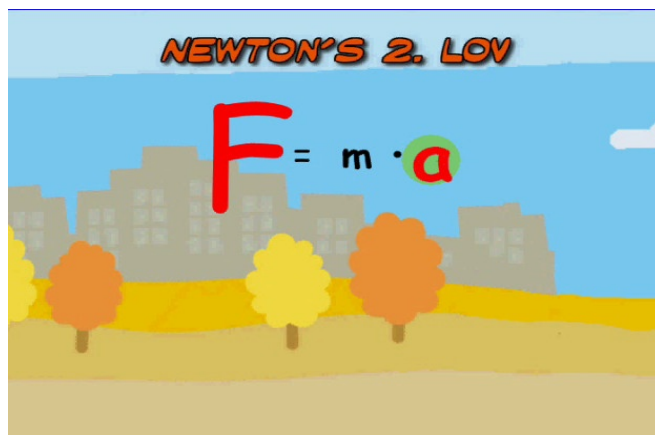
Figur 11: Newton's 2. lov illustreres ved hjelp av en situasjon elevene kan kjenne seg igjen i

akselerasjon, friksjon, tyngdeakselerasjonen (g), motkraft, deformasjon, enheten newton (N), tyngde $G = m \cdot g$.

Virkemidler og eksemplifisering i filmen

Filmen behandler de samme begrepene som læreboka med unntak av Newton's 3. lov, deformasjon, tyngdeakselerasjon, motkraft og tyngde. Åpningen av filmen skjer med lyden av trommesolo. Dette virkemidlet skal samle oppmerksomheten til elevene. Deretter presenteres temaet [0:08] ved å bruke spotlight på vanlig måte mens elementene i lovens matematiske uttrykk beskrives av fortelleren. Så

får elevene vite at de i løpet av filmen vil få kunnskap om «noe» som skjer dersom man tar bestemor med på sykkelen sin [0:29]. Denne metoden med å foregripe begivenhetene er valgt for å skape en forventning og interesse rundt innholdet i filmen. Samtidig presenteres filmens figurer; ei jente med sykkelen sin, og hennes bestemor (fig. 12). Figurene er lett karikerte tegneseriefigurer med enkel animasjon. Sykkelen er valgt som



Figur 12: Endring i størrelsen på faktorene illustreres også visuelt

akselerasjonsobjekt fordi dette er en gjenstand som alle elevene kjenner og har erfaring med å bruke. Ved å velge dette objektet i stedet for å følge opp vannskikjøreren fra eksemplet i boka, er målet å være nærmere elevenes fysiske erfaringer og dermed unngå å binde opp arbeidsminnet med å forestille seg en situasjon og sanseerfaringer som er ukjente for flertallet. For å vise sammenhengen mellom lovens matematiske uttrykk og måten loven kan erfares, akselererer jenta [0:43] mens fortellerstemmen viser til den erfaringen elevene selv har med at akselerasjonen krever mer kraft. Samtidig [1:01 -1:16] ser vi at faktorene for kraft og akselerasjon i det algebraiske uttrykket varierer sammen i størrelse på skjermen (Fig. 13). Dermed knyttes faktorene kryssmodalt direkte til erfaringen. Til slutt [1:52] i filmen hopper bestemor på sykkelen, og får med det også vist sammenhengen mellom masse og kraft i formelen. Filmen avsluttes [2:26] med at den samme trommesoloen som innledet filmen, kommer tilbake og fades ut. Hensikten med dette er å gi et avslutningssignal som samtidig fremkaller et hukommelsesmessig tilbakeblikk på filmens handling. Dette gjøres fordi det er et vanlig forløp i alt fra litteratur til nyhetssendinger, og ved testing har vi funnet ut at det føles bedre å se filmen med denne avslutningen. Meningen er at det skal fungere som et ekstra stimulus til hukommelsen.

Faglig forventning

Elevene som har sett filmen bør ha en dypere forståelse både av de enkelte faktorene i Newton's 2.

lov og av hvordan det matematiske uttrykket manifesterer seg i dagliglivet, både når kraften og massen varierer. De som har sett filmen bør kunne gi eksempler på objekter som akselererer og også huske selve loven i større grad enn dem som ikke har sett filmen.

4.2.3.2 Film V: Arbeid og energi

Manus: Tillegg 16

Varighet: 3:37

Forankring i læringsmål og lærebok

Læreplanen for naturfag sier at elevene etter 10. årstrinn skal kunne «gjøre forsøk og enkle beregninger med arbeid, energi og effekt». Læreboka behandler denne tematikken i kapittel 10 «Energi» (Hannisdal et al., 2008). Det første delkapitlet har tittelen «Arbeid, energi og effekt» og er viet begrepene og definisjonen av dem. De begrepene som behandles der, er: Energi, stillingsenergi, bevegelsesenergi, arbeid (både matematisk og prosaisk uttrykk), effekt, SI-enheter for arbeid, energi og effekt.

Som eksempel på stillingsenergi vises bilder fra bruk av pælemaskin og et steinras.

Bevegelsesenergi synliggjøres ved en håndballspiller som tilfører ballen bevegelsesenergi. Arbeid demonstreres på to måter: For det første vises et enkelt arbeidseksempel ved å trekke en kjelke.

Deretter vises det tilfellet at bæring av en koffert ikke er et arbeid, fordi løftkraften er vinkelrett på bæreretningen.

Virkemidler og eksemplifisering i filmen

Filmen behandler de samme begrepene som læreboka med unntak av effekt. For å fange oppmerksomheten i klasserommet åpner filmen med musikk som er egnet til assosiasjon med begrepet energi. Deretter [0:18] presenteres paradokset at det ikke alltid kan beskrives som et arbeid å bære bagasje, mens det kan beskrives som et arbeid å spille biljard. Elevene forespeiles at de i løpet av filmen vil få svaret på paradokset.



Figur 13: Forklaring av begreper som betegner mekanisk energi

Årsaken til denne starten er åpenbar: Paradokser pirrer ofte nysgjerrigheten, og forholdet mellom arbeid og fritidsbeskjeftigelse er i dagliglivet ladet med normer. Svaret på paradokset blir kanskje noe ungdommen kan bruke for å ordbinde foreldregenerasjonen eller andre ungdommer, noe som kanskje kan gi sosial gevinst. En annen faglig begrunnelse for å presentere paradokset så tidlig i filmen, er at dette er et av hovedpoengene i filmen. Situasjonen der en person bærer bagasje illustreres ganske



Figur 14: Eksempel på arbeid som brukes på å overvinne friksjon

kort i læreboka, men representerer et viktig poeng i forbindelse med å forstå den fysiske betydningen av begrepet, til forskjell fra i dagligtalen. Det er ganske vanlig å ha en uriktig forståelse av dette konseptet, både blant naturfagslærere og fysikkstudenter. Dersom elevene tidlig får en riktig forståelse av begrepet, dvs et positivt bidrag til elevenes *scientific literacy*, vil mye være vunnet på vegne av elever som skal velge fysikk som fag på videregående skole.

For å illustrere stillingsenergi følges eksemplet med steinras fra læreboka opp. Det benyttes en animasjon av en steinblokk som faller på en fjellklatrer [0:55]. Humor benyttes som emosjonell aksentuering når det høres et skrik og en «splattelyd». Bevegelsesenergi illustreres ved hjelp av en animasjon av et fly [1:05]. Når disse to formene for mekanisk energi presenteres, gjøres det ved å



Figur 15: Eksempel på arbeid som brukes på å øke bevegelsesenergien

pendle mellom eksemplene (Fig.14). På den måten blir begrepene gjentatt og utdypet (spiralerende), noe som er i tråd med anbefalingene (Geake, 2009). Deretter introduserer fortellerstemmen for første gang etter begrepet «arbeid» [1:15]. Det introduseres som navnet på prosessen som benyttes for å endre *energien* på et objekt, noe som er noe helt annet enn arbeid som skal endre *økonomien* til den som utøver arbeidet. Forskjellen understrekes med illustrasjoner [1:17 – 1:30]. Kryssmodalitet benyttes på den måten til å forklare begrepet

både visuelt og auditivt. Dette er til forskjell fra læreboka, som viser begrepet bare i den matematiske formen. Grunnen til denne forskjellen er at dette gir mulighet for en direkte forståelse av den fysiske betydningen av begrepet. Dermed blir lærdommen lettere knyttet til tidligere kunnskap og praktiske erfaringer hos elevene. Deretter introduseres begrepet friksjon i filmen [1:33], som den alternative effekten av arbeidet som gjøres på objektet. Grafisk løses dette ved en blå pil som har retning mot bevegelsesretningen, slik som det er vanlig å illustrere begrepet. Nå går filmen over til å presentere tre eksempler på arbeid. Alle eksemplene er valgt med tanke på at flest mulig av elevene skal ha både intellektuelle og sansede erfaringer fra lignende situasjoner.

Første eksempel viser en animasjon av en jente som skyver en kasse [1:54] (fig.15). Kassen stopper når skyvekraften opphører. Dette kommenteres av fortellerstemmen med at vi dermed kan si at hele arbeidet jenta har utført har gått med til å overvinne friksjonen.

Det neste eksemplet er et eksempel fra et biljardstøt [2:16] (fig.16). Dette er en situasjon der friksjonen er svært liten. Fortellerstemmen opplyser at i dette tilfellet går nesten hele arbeidet med til å øke bevegelsesenergien. I det tredje og siste eksemplet [2:35] sees en animasjon av en mann som løfter, bærer og setter ned en bygningsplate (fig.17). Dette er en tydeliggjøring av eksemplet fra læreboka der en person bærer en koffert langs en horisontal vei (Hannisdal et al., 2008). Begge eksemplene viser grensedragningen mellom begrepet «arbeid» i dagligtalen og i fysikkfaget. I filmens animasjon er lasten mye større og dermed tydeligere. Løftet er vanskeligere enn koffertbæringen, og retningene til kraften som benyttes og lasten som bæres markeres med piler og linjer. Dette eksemplet er valgt med i filmen fordi animasjonen tilbyr en virkelighetsnær framstilling av situasjonen. Den kan videre være utgangspunkt for en lærerik diskusjon i klassen, trigget av paradokset, spesielt siden situasjonen nevnes i læreboka. Avslutningsvis konkluderer filmen med å påvise ulikheten mellom det siste eksemplet og det forrige, ved at en animasjon av en biljardspiller utfører et støt med køen, samtidig som hun blunker lurt til seerne [3:06]. Fortellerstemmen kommenterer konklusjonen som nå er svaret på paradokset som filmen innledet med. Det stimuleres til en retrospektiv og assosiativ effekt på slutten avsluttes filmen med en finalepassasje fra musikken som innledet filmen [3:20].



Figur 16: Eksempel på energibruk som ikke er et arbeid på objektet

Faglig forventning

Elevene som har sett filmen bør ha en dypere forståelse av hvordan begrepet «arbeid» benyttes i fysikkfaget, og være i stand til både å gi eksempler på arbeid med og uten friksjon, og diskutere begrepet. Den matematiske definisjonen bør også kunne gjengis, men filmen gir ingen eksempler på bruk av formelen, så det kan ikke forventes at elevene skal kunne benytte formelen til beregninger ut over det elever som ikke har sett filmen kan. Heller ikke kan vi forvente at elevene skal vise høyere forståelse av begrepet «effekt», som ikke nevnes i filmen.

4.2.3.3 Film VI: Energi i en pendel

Manus: Tillegg 17

Varighet: 5:06

Forankring i læringsmål og lærebok

Læreplanen for naturfag sier at elevene etter 10. årstrinn skal kunne «gjøre forsøk og enkle beregninger med arbeid, energi og effekt». Læreboka behandler denne tematikken i kapittel 10 «Energi» (Hannisdal et al., 2008). Det nest siste delkapitlet har tittelen «Å regne med arbeid, energi og effekt» og er viet bruken av de matematiske uttrykkene for mekanisk energi, arbeid og effekt. Det er ingen begreper i dette delkapitlet som elevene ikke kjenner fra før. Først presenteres formlene for mekanisk energi sammen med eksempler både på hvor vi kan finne disse energiformene, og hvordan vi kan beregne dem. Deretter følger et avsnitt om arbeid og ett som handler om effekt, som følger samme mal som de foregående avsnittene. Så avsluttes delkapitlet med et avsnitt om enheten Joule, der det vises at dette er en sammensatt enhet. I tillegg er det vist en liten «huskelapp» der temaet er: «Vi kan regne med enheter». Eksemplene i læreboka er hentet fra dagliglivet, med én fjellklatrer (potensiell energi) og en løper (bevegelsesenergi). Eksemplet på arbeid er å løfte en ryggsekk. Dette eksemplet tas videre ved at faktoren tid introduseres og vi kan regne effekten som må til for å løfte ryggsekken til en viss høyde i løpet av en gitt tid. Også regneeksemplet med fjellklatreren tas opp igjen, denne gang som eksempel på sammensatte størrelser, der det vises at faktorenes enheter også multipliseres til nye sammensatte enheter (her: $J = Nm = kg \cdot m/s^2$).

Virkemidler og eksemplifisering i filmen

Filmene behandler de matematiske uttrykkene for mekanisk energi og overgangen mellom dem, representert med en pendel. Det gjøres et poeng av å vise i praksis hvordan matematikk brukes for å finne viktig informasjon om fenomenet som studeres, og på den måten gi nyttig innsikt som er egnet til å utvide elevenes *scientific literacy*. Innledningsvis presenteres elevene med spørsmålet «Hvorfor kan vi le?» [0:04], og tilhørerne blir forespeilet at filmen vil presentere en «teori» som kan forklare

dette. Som pendel velger vi en scene fra jungelen, der en ape skal svinge seg fra et «spise-tre» til et «sove-tre» (fig.18). Musikken som innleder filmen og fokuserer publikum, har tydelig afrikansk opprinnelse, og har et positivt og energisk uttrykk. Grunnen til at denne scenen er valgt forskjellig fra læreboka, er at bare et mindretall elever kan påregnes å ha egne erfaringer med fjellklatring, og løping står nok for mange ungdommer som en aktivitet som er uinteressant. Derimot vil de fleste elevene ha egne sanseerfaringer fra å slynge seg i klatretau i gymsalen. De fleste har antakelig også slynget seg så høyt som de synes de tør, for å finne ut hvordan det føles (sanset og emosjonell erfaring). Derfor nevner også fortellerstemmen denne analogien til apens forsett [0:20]. Filmene fortsetter så med å fortelle historien bak handlingen vi skal se. Vi får dermed en sann og troverdig begrunnelse som gir elevene en ukomplisert forklaring på hendelsesforløpet. Med dette oppnås at elevene ikke behøver å komponere denne sammenhengen selv, og kan bruke hele oppmerksomheten på det de ser. Også et poetisk faremoment introduseres i form av en leopard [0:42]. Dette gir et spenningsmoment som har til hensikt å være et emosjonelt element i filmen. Rovdyret representerer samtidig også et mål for våre beregninger, idét en hastighet må overskrides for at ikke leoparden skal fange «vår» ape.

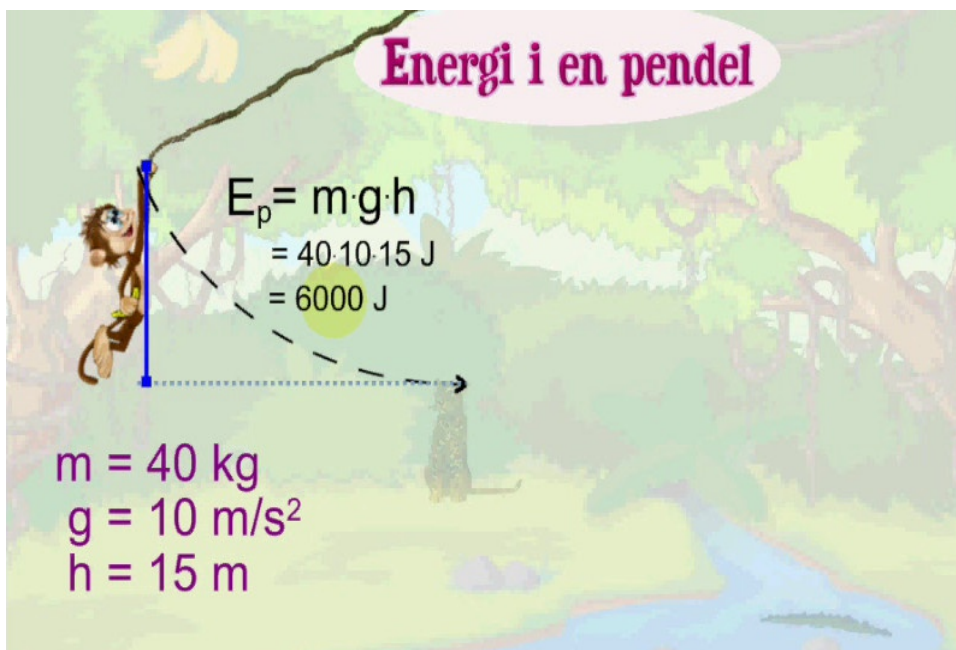


Figur 17: En fargerik og spennende scene er bakteppe for matematiske beregninger

[1:07] Nå skifter scenen i filmen slik at jungelbakgrunnen blekes til den bare kan skimtes (fig.19). Den nye ryddige forgrunnen benyttes til å beskrive apens pendelbevegelse simultant i form av bilder av svevet kombinert med matematiske beregninger på ulike steder i svevet [1:07 – 4:13]. Beregningen går ut på å finne farten på bunnen av pendelen etter at den potensielle energien i svevets start først er beregnet. Ved å bruke farger på faktorene i ligningene blir det nå mulig å vise

hva som skjer når man først behandler ligningene algebraisk, for deretter å sette inn de verdiene som behøves.

Beregningene ender «godt» i den forstand at de viser at hastigheten er akkurat høyere enn det leoparden kan løpe. Scenen flyttes deretter tilbake til jungelen [4:21], der apen skal prøve svevet i praksis. Leoparden forholder seg i ro, men et uventet moment dukker opp idet et udefinert objekt i elva som apen må over, viser seg å være en krokodille som gjør et forsøk på å fange apen. Dette overraskelsesmomentet er tilføyd for å gi seerne nok en emosjonell opplevelse og dermed huske filmen bedre. Momentet legger også opp til en videre assosiativ tolkningsmulighet i retning av at den som lærer seg å beherske filmens tema utstyres med evne eller kompetanse til å takle også andre spennende utfordringer. Filmen avsluttes med en lykkelig slutt der apen henger i god behold i «sove-treet» sitt, og fortelleren snakker om at det kiler i magen når man pendler med høy nok fart. Det lanseres en idé om at det er slik menneskeapene lærte å le: Det kilte i magen når de pendlet mellom trærne, og berget seg unna alle «slemme» dyr i skogen. Vi hører apeskrik [4:31] som



Figur 18: Matematiske beregninger gjøres "i svevet"

etterhvert går over i menneskelatter, mens bilder av leende aper og mennesker fyller skjermbildet. Etterhvert overtar musikken [4:49], som også har en energisk og humørfylt tone. Den positive avslutningen og overraskende teorien skal til sammen bidra til å gi et klimaks i filmen. Dette gjør det lettere å huske filmen, og bygger også opp under positive og naturlige assosiasjoner til det å utvikle sin menneskelige forstand.

Faglig forventning

Elevene som har sett filmen bør ha bedre forutsetninger til å nå en dypere forståelse av måten

matematikk benyttes i fysikken. De bør være i stand til å formidle og diskutere prosaisk alle faktorene i ligningene som beskriver både potensiell og kinetisk energi. Også en algebraisk/matematisk håndtering og manipulasjon med disse ligningene bør være innen rekkevidde for elevene. Filmen berører ikke begrepene energi og arbeid som inngår i dette avsnittet i læreboka, så her vil vi ikke umiddelbart forvente at elevene som har sett filmen vil ha noe fortrinn i forhold til dem som ikke har sett filmen, forutenom en generell forbedret forståelse av bruken av det algebraiske språket.

5. Datamateriale og analyse

I dette kapitlet beskrives datamaterialet slik som det ideelt sett er målsettingen å høste. Først diskuteres den kvantitative delen av studien. Innledningsvis diskuteres de to datakildene med vekt på forskjellene mellom dem. Deretter beskrives den matematiske metoden som skal benyttes for å beregne en prosentuell effekt av forsøket samt hvilke signifikansnivåer som følger resultatene fra forsøket. Kapitlets siste del beskriver det kvalitative datamaterialet. Først utvikles og begrunnes en konkret intervjuguide for innsamling av kvalitativt materiale. Til slutt gjøres det rede for den visuelle og systematiske fremstillingsmåten for materialet som velges for analyseformål.

5.1 Datagrunnlag kvantitativ del

Den delen av forskningsspørsmålet som søkes belyst ved hjelp av kvantitative metoder, finnes formulert i tematisk intervjuguide, spørsmål a), avsnitt 5.2.1:

De introduserte læringstiltakene styrker læring og langtidsminne, noe som gir seg utslag i bedre testresultater.

Det kvantitative datamaterialet kommer fra to ulike kilder, som det framgår av avsnitt 4.1.4. I dette avsnittet gjennomgås kildenes karakteristika og den metoden som skal benyttes i analyseøyemed.

5.1.1 Kilde for kvantitative data

Den første forsøksrunden foregikk som nevnt i en 3. klasse videregående. Faget er fysikk. Ettersom skolen bare hadde én klasse i dette faget, var det ikke mulig å operere med kontrollgruppe. I diskusjonen i avsnitt 4.1.3 ble det konkludert med at det vil være uten verdi å operere med en kontrollgruppe som ikke har den samme læreren, enn si den samme skolen, på grunn av store individuelle variasjoner som vil påvirke resultatene dramatisk på grunn av den lille skalaen i dette forsøket. Dermed ble det heller ikke gjort anstrengelser på å skaffe samarbeid med en gruppe utenfor den aktuelle skolen for kontrollformål. Det ville også medføre stor innsats fra de faglærerne som ville være involvert (de måtte da ha felles kapitlprøver for at datagrunnlagene, dvs. spørsmålene, skulle være de samme).

Den andre forsøksrunden foregikk i en 10. klasse. Faget var naturfag med emner fra fysikken. På dette nivået lot det seg gjøre å operere med kontrollgruppe, fordi faglæreren hadde to klasser i faget. Dermed finnes det to datasett som gjør det mulig å sammenligne spørsmålene direkte mellom en klasse som har benyttet filmene, og en kontrollgruppe som ikke har sett filmene. Likevel er det interessant å be læreren om utfyllende opplysninger når de statistiske resultatene skal tolkes, spesielt spørsmål c) under.

5.1.2 Metode for analyse av data

De to forsøksrundene har som beskrevet over to ulike kilder med ulike særegenheter. I det videre vil derfor de to gruppens data behandles ulikt. Metodene gjennomgås først:

5.1.2.1 Analyse av kvalitative data fra første forsøksrunde

Kvantitativ metode i den første forsøksrunden er å sammenligne resultater fra kapittelprøver der spørsmålene har sammenheng med filmenes innhold, med spørsmålene som ikke berører temaer og begreper som har vært primet ved hjelp av filmene. Framgangsmåten blir da å gjennomgå de enkelte spørsmålene i prøven med det for øye å identifisere de momentene i en riktig besvarelse som berører begreper og eksempler som er blitt introdusert via filmene, og de begrepene og eksemplene som ikke har blitt introdusert på den måten. Deretter gjenstår det bare å gjennomgå lærerens rettinger av alle prøvene for å beregne ulikhetene statistisk.

Kvalitetssikring av data

Dersom vi skal kunne si noe om forskjellen ut ifra en slik direkte sammenligning, må vi på grunn av operasjonsmoduset (ingen kontrollgruppe) krysspeile resultatene med opplysninger fra læreren basert på lærerens pedagogiske erfaringskompetanse. Det er aktuelt å skaffe rede på:

a) Hvilke elever som avla prøven, men som ikke hadde vært til stede da de enkelte filmene ble vist i klassen?

De ovennevnte elevene vil ikke være kvalifisert for sammenligning fordi kriteriet er at elevene har vært til stede i begge tilfellene. Ved å benytte opplysninger om fravær blir det mulig å annullere resultatene fra en gitt elev når det gjelder de spørsmålene som dreier seg om temaer fra en av filmene. For å holde dataforekomsten så høy som forsøket tillater, gjøres denne utsilingen på spørsmålnivå for at den samme elevens svar på spørsmål som har tema fra filmer der eleven var tilstede under visningen, likevel blir gjeldende.

b) I hvilken grad det er samme vanskelighetsnivå på de spørsmålene som sammenlignes, sett fra elevenes ståsted?

Her er det mulig å også be læreren om en veiledende indeks for spørsmålets vanskelighetsgrad basert på lærerens pedagogiske erfaringskompetanse. Ved hjelp av denne indeksen blir det mulig å vurdere de to spørsmålsgruppene mot hverandre. I dette materialet har lærerne gitt spørsmålene en indeks for faglig nivå mellom 1 og 6.

c) Om temaene som ble valgt ut til eksperimentet erfaringsmessig er spesielt enkle eller vanskelige, slik at de forskjellene som eventuelt kan påvises egentlig representerer systematiske feil i resultatene?

d) Er det individuelle særegenheter ved *klassen* som prøves, som bidrar til å gi resultatene en tendens?

Beregningsmetode

Resultatene fra første forsøksrunde regnes først ut i to grupper basert på spørsmål slik:

Gruppe $n = 1$ bestående av alle spørsmål der temaet *har* blitt introdusert ved hjelp av film

Gruppe $n = 2$ bestående av alle spørsmål der temaet *ikke* har blitt introdusert

$$\text{Gjennomsnittresultat gruppe } n = \frac{\text{Summen av elevskåre i alle spørsmål i gruppe } n}{\text{Maksimal elevskåre i alle spørsmål i gruppe } n} \cdot 100\% \quad (1)$$

Ved å benytte prosentuelle verdier for elevskåre gjøres resultatene fra hvert enkelt spørsmål direkte sammenlignbare med hverandre, fordi de dermed har felles skala uavhengig av fremmøte på prøven (antallet data) samt kvalitetssikringstiltak som også endrer på antallet data ved at ugyldige data lukes bort. En felles skala er en betingelse for at det skal være mulig å sile ut elever på basis av enkeltspørsmål som beskrevet i pkt a) over. De to gjennomsnittresultatene benyttes som henholdsvis variabel \bar{x}_1 og \bar{x}_2 i formelen for konfidensintervall forskjellen på gjennomsnittsverdier (fig.20).

5.1.2.2 Analyse av kvalitative data fra andre forsøksrunde

I den andre forsøksrunden opereres det som tidligere nevnt med kontrollgruppe. Dermed kan spørsmålene fra temaer som er blitt introdusert på forhånd sammenlignes direkte mellom den gruppen som har fått den filmatiske introduksjonen, og den gruppen som ikke har fått introduksjon. Da settes gruppene sammen som følger:

Gruppe $n = 1$ bestående av alle spørsmål der temaet har blitt introdusert på forhånd, i den klassen som *har* fått den filmatiske introduksjonen

Gruppe $n = 2$ bestående av alle de samme spørsmål som i gruppe $n = 1$, men i den klassen der temaet *ikke* har blitt introdusert (kontrollgruppen)

Gjennomsnittresultatene for gruppe $n = 1$ og $n = 2$ beregnes på samme måte som for dataene fra første forsøksrunde, og benyttes i samme formel for konfidensintervall for forskjell på gjennomsnittsverdier.

Kvalitetssikring av data

På samme måte som ble gjort i første forsøksrunde, fjernes data for elever i gruppe $n = 2$ som har avlagt prøven, men som ikke var til stede da filmene ble vist (beskrevet i punkt a i avsn. 5.1.2.1). Det er videre også aktuelt å få opplysninger fra læreren om hvorvidt spørsmålene som måles på i denne runden er spesielt enkle eller vanskelige (punkt c i avsnitt 5.1.2.1). Det kan forklare spesielt høye eller lave verdier i en analyse. Også opplysninger om spesielle vansker eller talenter i klassen som bidrar til at klassen som helhet avviker fra normalen (punkt d i avsnitt 5.1.2.1) er interessant å kjenne til for analyseformål.

5.1.2.3 Hypotesetesting – Wilcoxon Rank Sum Test

I denne studien er det ønskelig å sammenligne elevenes resultatskåre i to utvalg, for å beregne hvorvidt det er sannsynlig at de to resultatene tilhører samme populasjon eller alternativt om den ene gruppa har signifikant høyere resultatskåre på kapittelprøver enn den andre gruppa. Slik testing benevnes statistisk sett som hypotesetesting, der en beregner sannsynligheten for at en såkalt nullhypotese er sann. Denne beregnede sannsynligheten må befinne seg innenfor forhåndsdefinerte grenser, et såkalt konfidensintervall, dersom nullhypotesen skal beholdes.

Wilcoxon Rank Sum Test egner seg til å sammenligne medianverdiene i to utvalg der en ikke kjenner den nøyaktige distribusjonen til testvariabelen i populasjonen - såkalt ikke-parametriske testing. Kravet er at testverdiene er uavhengige, og at begge utvalgene som sammenlignes har samme fordeling hvis nullhypotesen gjelder (Walpole et al., 2007). I dette prosjektet skal testen benyttes til å teste medianene i oppnådd suksessprosent på kapittelprøver blant spørsmålene (1. forsøksrunde) eller elevgruppene (2. forsøksrunde) som *har* fått faglig introduksjon via film, sammenlignet med de tilsvarende medianverdiene i spørsmålene eller elevgruppene som *ikke* har fått en slik faglig priming. Utgangspunktet er to utvalg, μ_1 og μ_2 , der den førstnevnte datasett tilhører de spørsmålene (1. forsøksrunde) eller den elevgruppen (2. forsøksrunde) som ikke har blitt primet ved hjelp av filmer, mens utvalg μ_2 betegner spørsmålstemaer eller elevgrupper som har fått

faglig introduksjon via filmene. Nullhypotesen i testen er at $\tilde{\mu}_1 = \tilde{\mu}_2$, dvs at de to utvalgene tilhører samme populasjon mhp medianverdi. Ettersom testen skal søke å påvise en forbedring i elevenes suksessprosent, foretas en ensidig hypotesetest. Da blir den alternative hypotesen at $\tilde{\mu}_1 < \tilde{\mu}_2$. Antallet data fra utvalg 1 og 2 benevnes n_1 og n_2 .

Fremgangsmåten er som følger:

1. Alle $n_1 + n_2$ dataene rangeres i synkende rekkefølge. Dataverdiene erstattes med rangeringsorden, og eventuelle like verdier får gjennomsnittsverdien av de rangeringsnumrene de ville ha hatt dersom det var mulig å skille mellom dem. Hvis for eksempel data med rangering 8 og 9 har samme verdi, denne verdien erstattes av rangeringsnummer 8,5 for begge dataene.
2. Summen av rangeringsnummer tilhørende det minste utvalget beregnes og betegnes w_1 .
3. Summen av rangeringsnummer tilhørende det største utvalget, w_2 , kan beregnes manuelt på samme måte som w_1 , men kan også finnes fra formelen:

$$w_2 = \frac{(n_1 + n_2)(n_1 + n_2 + 1)}{2} - w_1 \quad (2)$$

Det er nå klart at variablene w_1 og w_2 vil variere med $\tilde{\mu}_1$ og $\tilde{\mu}_2$. Dermed vil H_0 -hypotesen bli forkastet til fordel for den alternative hypotesen $\tilde{\mu}_1 < \tilde{\mu}_2$ dersom w_1 er tilstrekkelig lav, og w_2 er tilstrekkelig høy.

4. Forskjellene mellom w_1 og w_2 er standardisert og tabulert for ulike konfidensnivåer ved hjelp av de beregnede verdiene:

$$u_1 = w_1 - \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} \quad (3) \quad \text{og} \quad u_2 = w_2 - \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} \quad (4)$$

Prosedyrerne i forhold til tabellene og type hypotesetest kan summeres til følgende:

Tabell 3: Prosedyrer for Wilcoxon Rank-Sum Test

H_0	H_1	Beregn
$\tilde{\mu}_1 = \tilde{\mu}_2$	$\tilde{\mu}_1 < \tilde{\mu}_2$	u_1
	$\tilde{\mu}_1 > \tilde{\mu}_2$	u_2
	$\tilde{\mu}_1 \neq \tilde{\mu}_2$	u : laveste verdi av u_1 og u_2

5. I de tilhørende tabellene finnes kritiske verdier for u ved ulike signifikansnivåer. Dersom den beregnede verdien for u_1 , u_2 eller u viser seg å være *mindre enn eller lik* tabellens kritiske verdi, forkastes nullhypotesen.
6. Dersom både n_1 og n_2 har flere enn 8 data, vil distribusjonen av u_1 og u_2 nærme seg standard normalfordeling, med følgende karakteristika:

$$\text{Gjennomsnittsverdi: } \mu_{UI} = \frac{n_1 n_2}{2} \quad (5) \quad \text{Varians: } \sigma^2_{UI} = \frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12} \quad (6)$$

Om standard normalfordeling

Tabellene for standard normalfordeling refererer til arealet under en gauss-kurve for en gitt posisjon til venstre for sentrum. Sentrum representerer populasjonens middelværdi. Dette arealet angir antallet tilfeller i populasjonen som ligger minst så langt fra middelværdien som den nevnte posisjonen angir. Skalaen for denne posisjonen er antall standardavvik fra sentrum, og data som skal analyseres ved hjelp av disse tabellene, må dermed standardiseres, dvs. omarbeides fra rådata til standardiserte data, der et vilkårlig datapunkt regnes om til en såkalt Z -verdi som sier hvor mange standardavvik fra middelværdien i populasjonen dette datapunktet representerer. Oppslag i tabellen returnerer dermed sannsynligheten for å finne data med tilsvarende eller større avvik til venstre for middelværdien i populasjonen. Dersom det er aktuelt å finne sannsynligheter for avvik til høyre for middelværdien, dvs. like høye eller høyere verdier enn det datapunktet som behandles, benytter en seg av at gauss-kurven er symmetrisk om middelværdien.

For standardisering av datapunkt fra Wilcoxon Rank Sum Test beregnes Z -verdien etter formelen:

$$Z = \frac{U_1 - \mu_{UI}}{\sigma_{UI}} \quad (7) \quad \text{der } \sigma_{UI} \text{ står for standardavviket, dvs } \sqrt{\sigma^2_{UI}} \quad (8)$$

5.2 Datagrunnlag kvalitativ del

For å fange opp kvalitative data er det nødvendig å foreta intervjuer (se avsnitt 4.1.3). Denne studien henter slike data fra faglærerne i de to klassene som deltar. Dermed er det bare to sjanser til å få gode data, og «prøve og feile»-metoden må unngås. Litteraturen (Kvale og Brinkmann, 2010) anbefaler en metode for å gjøre planmessige forberedelser til intervjuene. Metoden går ut på å omforme de detaljerte forskningsspørsmålene til intervju spørsmål. Dette skal gjøres i minst to trinn: Første trinn går ut på å lage en tematisk intervjuguide (avsnitt 5.2.1). Der er fokus *hva* vi ønsker å få kunnskap om. Deretter går man videre til neste trinn, som er en omarbeiding fra *tematisk* til *dynamisk* intervjuguide (avsnitt 5.2.2). Da er fokus på *hvordan* det skal spørres. I denne studien benyttes et tredje trinn i arbeidet: Da utvikles intervjuguiden til å spesialtilpasses den *intervjusituasjonen* som ønskes å legge til rette for. Det er et ønske at intervjuet skal ha mer trekk av en diskurs enn av en spørreskjema utfylling, for å dra nytte av lærerens spesialkunnskap som diskutert i avsnitt 4.1.3. Dette tas hensyn til ved å lage en layout som gjør en slik setting naturlig. Dette redegjøres nærmere for i avsnitt 5.2.3.

5.2.1 Tematisk intervjuguide

Omarbeiding fra forskningsspørsmål til tematisk intervjuguide

Med basis i listen over aktuelle anbefalinger fra avsnitt 4.1.5, samt ønsket om også å fange opp aspekter som vedrører lærerkompetanse og -motivasjon som ble diskutert i avsnitt 4.1.2, kan det nå dras ut effekter som skal kunne være synlige, enten som målbare kvantitative data, som subjektive erfaringer eller i en kvalitativ undersøkelse. De kvantitative spørsmålene inngår i den kvantitative delen av studien, og kommenteres ikke videre nå. Denne spørsmålsguiden skal konkretisere kunnskapsambisjonen til intervjuet tematisk; en oversikt som gir svar på *hva* det skal spørres om.

Tematisk intervjuguide: Kunnskapsambisjon – (*hva som etterspørres, eller utsagn som søkes bekreftet eller avkreftet*)

- a) De introduserte læringstiltakene styrker læring og langtidsminne, noe som gir seg utslag i bedre testresultater.

Dette egner seg best for kvantitativ undersøkelse. Se avsnitt 5.1.

- b) Nye begreper introduseres og settes i en sammenheng. Begrepsminnet bygges ut før selve læringsøkta. Det minsker belastningen på arbeidsminnet når læreren senere gjennomgår materialet.

Effekten vil kunne gi seg utslag i høyere aktivitetsnivå i undervisningsøkta (eksempelvis diskusjoner og elever som forsøker å bruke de nye begrepene tidligere).

- c) Introduksjonene via film tilbyr en alternativ forståelse/beskrivelse av temaet, og hjernens dynamiske arbeidsminne kan dermed benyttes til å produsere riktigere forståelser av temaet, fordi etableringen av nytt fagstoff må stemme med flere etablerte forklarings-dimensjoner.
- Kan kanskje spores i større variasjon når elevene selv velger forklaringsmodeller.
Kvalitativt vil det kunne sees på lengre besvarelser på prøver.*
- d) I selve læringsøkta opplever eleven å huske de begrepene læreren bruker. Trykket av nye begreper er mindre, og flere elever forstår hva læreren forklarer.
- Vil da gi som konsekvens at elevene i snitt gjør flere oppgaver på prøvene (kvantitative data). Læreren vil kanskje oppleve at elevene er mer aktive i undervisningsøkta, og virker bedre forberedt til undervisningen.*
- e) Dersom eleven føler at mengden av nye begreper og sammenhenger som skal etableres blir for stort, oppleves motstand fra materialet, som kan utvikle seg til utrygghet, motløshet, eller endog frykt. Det kan føres til at flere elever gir opp. Ved å introdusere begrepene tidligere økes mulighetene for elevene til å føle mestring i læringsøkta, forståelse og trygghet i faget.
- Elevene vil kanskje vise mer interesse og selvtillit i undervisningsøkta og arbeidsiver i arbeidsøkter. Det kan merkes som større aktivitet og interesse, og også generelt bedre humør/stemning i klassen i den økta.*
- f) Elevene får systematisk input fra ulike kilder (lærer og filmklipp). Det holder interessen ved like.
- Mere varierte og utførlige besvarelser fra elevene. Generelt bedre kvantitative resultater i faget. Elevene funderer kanskje mere selv, noe som læreren kan merke på spørsmål som refererer til konkrete eksempler som ikke er gjennomgått i klassen.*
- g) Den tiden da læreren har fokus, preges i større grad av at elevene har en opplevelse av at de gjenkjenner materialet. De kjenner nå både begrepene og alternative modeller. Atmosfæren i læringsøktene dreies dermed i retning av faglig trygghet, egen beherskelse og generelt mer positive faglige emosjoner. Forskningsfunn viser at det er langs denne akse læreren har størst og viktigst innflytelse, fordi fryktreaksjoner og beskyttelsesmekanismer overdøver andre kognitive prosesser på kort sikt (Geake, 2009).
- Samme effekter som punkt e.*

h) Hvordan trives læreren med å vise en faglig «forfilm»?

Læreren synes kanskje at filmen «stjeler» faglige poenger fra egen undervisning, og derfor ikke er gunstig i forhold til selve undervisningsøkta. Kan disse filmene brukes til å «brekke av» f.eks. arbeidsøkter (en annen av de ovennevnte anbefalingene går jo nettopp ut på at øktene bør deles inn i økter på mellom 20 minutter og en halv time med korte avbrudd med en helt annen aktivitet). Det kan også tenkes at læreren synes at forklaringsmodellene som benyttes i filmene avviker fra sine egne forklaringsmodeller, og mener at dette vil være uheldig eller heldig for elevenes akkomodasjon⁴. Kanskje læreren også fra et pedagogisk ståsted er faglig uenig eller enig i bruken av de forklaringsmodellene som filmene benytter, eller har andre poenger i så måte. Læreren kan også synes at filmframvisningen tar for mye tid eller skaper uro i klassen. Læreren kan kanskje synes at han eller hun må endre måten det undervises på eller læringsaktivitetene som følge av filmbruken, og filmene kan være for korte eller for lange.

i) Synes læreren at filmene har noe for seg?

Både faglig og sosialt. Har læreren positive erfaringer med og god tro på å tilpasse undervisningen til hjernens fysiologi? Samsvarer erfaringene med lærerens forhåndsantakelser? Viktig å spesifisere, helst med egne ord. Bør være ute etter å knytte lærerens erfaringer til parametere som elevenes faglige utbytte, interesse for faget, ambisjoner, mestringsforventninger

j) Ønsker læreren å benytte denne læringsaktiviteten dersom slike filmer finnes tilgjengelig?

Har læreren tro på eller ønske om at han/hun kan være med på å utvikle slike filmer. Hvordan skulle det i så fall organiseres (individuelle frikjøp eller teamarbeider)? Har læreren tilstrekkelige kunnskaper til å kunne lage slike filmer på egenhånd? Er han eller hun motivert for å lære dette dersom det tilbys eller legges til rette for?

k) Endrer filmene elevenes trivsel?

Dette kan kanskje merkes som sosial faglig trygghet i fysikkfaget. Lavere fravær, høyere aktivitetsnivå og faglig relatert samhandel i klassen er også indikatorer.

l) Endres elevenes arbeidsmønster eller ambisjoner med fagtemaene?

Elevenes ambisjonsnivå og mestringsforventninger kan kanskje merkes på hvilket nivå elevene velger å arbeide på når det gjøres oppgaver. Aktivitet i f.eks. gruppearbeid vil også være en god indikator.

5.2.2 Dynamisk intervjuguide

Bearbeiding fra tematisk til dynamisk intervjuguide

Intervjuguiden er nå klar til å omarbeides til dynamisk form med et mer dagligdags språk, dvs. *hvordan* spørsmålene skal formuleres i intervjuet. Da bør det også tas med enkle kontrollspørsmål som vedrører den praktiske delen av eksperimentet. På den måten blir også det kvantitative datamaterialet kvalitetssikret.

4 Se pkt. 6 side 44

Kontrollspørsmål:

1. Hvor stort tidsintervall fikk elevene mellom filmene og den påfølgende undervisningsøkta?
2. Synes læreren med sitt kjennskap til elevene at undersøkelsen vil gi et riktig bilde i forhold til forskningsspørsmålet?
3. Var emnene som ble valgt ut for testing representative, eller var det for eksempel emner som elevene vanligvis finner spesielt enkle eller vanskelige?

Som tidligere nevnt, bør introduksjonen fokusere på felles interesser i prosjektet, og den enkelte lærers bidrag (herunder også i intervju).

Som sikkerhets-spørsmål settes det også opp to «diverse-spørsmål», ett for elevenes handlingsmønster og ett for effekter på lærernes praksis, som dreier seg om faktorer som er oversett eller ikke spurt om, men som læreren har merket seg, og mener er viktig å formilde.

Det anbefales også at denne innledende briefingen følges opp av en avsluttende debriefing på slutten av intervjuet. Også denne anbefalingen vil bli fulgt, ettersom de lærerne som har vært med på forsøket (uten honorar) må ansees å være motivert av en faglig nysgjerrighet. Det er med på å forlenge tillitsforholdet mellom partene, og gi intervjupersonen en bekreftelse på at innsatsen blir verdsatt. Slike kontakter vil også kunne komme godt med senere, enten som samarbeidsparter i et kollegialt miljø for å videreføre erfaringene, eller deltakere i et påfølgende oppfølgingsarbeid.

Dynamisk intervjuguide: (hvordan spørsmålene formuleres og disponeres)

1. Introduksjon: Stikkord til innledende briefing om studien og intervjuets plass

Kontrollspørsmål

- Ytre takknemlighet fordi læreren stiller opp på denne mastergradsoppgaven
- Hensikten med studien er å prøve ut anbefalingene fra hjerneforskningen og å utvikle en praktisk metode som er effektiv og gjennomførbar
- Har eksperimentet generelt/teknisk sett gått bra?
- Fikk elevene minst ett døgn intervall mellom filmene og den påfølgende undervisningsøkta
- Var emnene vi valgte å teste på representative valg, eller var det for eksempel emner som elevene vanligvis finner spesielt enkle eller vanskelige

2. Lærerens egen trivsel med arbeidsmetoden?

Tematisk intervjuguide, spørsmål h, j

- a) Samsvarer erfaringene med disse filmene med lærerens forhåndsantakelser
 - Bedre eller dårligere
 - På hvilken måte
 - Hva tror læreren om potensialet av å tilpasse undervisningen til hjernens fysiologi
- b) Tar filmene for mye tid
- c) Forenkler eller forvansker planlegging og forberedelser
- d) Synes læreren at han/hun måtte endre undervisningsmetoden eller benytte andre læringsaktiviteter
- e) Blir egne faglige poenger styrket eller svekket
- f) Dersom flere slike pensumrelaterte filmer blir tilgjengelige, tror du at du ville prøve å bruke dem i din undervisning

3. Er elevene mer faglig aktive i undervisningsøkta, etter å ha sett en introduksjonsfilm?

Tematisk intervjuguide, spørsmål b,d,e,f,g,k,

- a) spørsmål, diskusjoner, forklare/gjenta med egne ord:
Adjektiver: utålmodig/likegyldig, selvsikre/usikre, interesserte/uinteresserte, faglig trygghet/redsel, trivsel/mistrivsel
- b) Er det større forskjell mellom elevene (enkeltelever som ramler av eller opplever dypere forståelse)
- c) Virket elevene dårligere eller bedre forberedt til undervisning etter å ha sett filmene
- d) Var fraværet i de påfølgende undervisningsøktene spesielt høyt eller lavt i forhold til normalen

4. Er elevenes forklaringsmodeller mer utbygd og detaljert enn tidligere?

Tematisk intervjuguide, spørsmål c,i

- a) ulike tilnærminger, begrepsbruk

5. Er elevene mer ambisiøse på prøver?

Tematisk intervjuguide, spørsmål d,f,i,l

- a) svarprosent, svarenes lengde, begrepsbruk

6. Har det vært noen endring i oppgaveløsning i arbeidsøkter?

Tematisk intervjuguide, spørsmål e,f,k,l

- a) antall elever som involverer seg, intensitet, diskusjoner, gruppearbeid
- b) humør og stemning i arbeidsøkter

7. Andre effekter på elevene som vi ikke har snakket om?

- a) Lekseiver
- b) Elever som har gjort oppgaver eller fundert på egen hånd
- c) Elever som har funnet materiale på nettet
- d) Har elevene tilkjennegitt synspunkter på filmene

8. Lærerens tanker som pedagog

Tematisk intervjuguide, spørsmål b,c,d,e,f,i,k, og kontrollspørsmål

- a) Er filmene for konsentrerte
- b) Har filmene et pedagogisk poeng
 - avveksling i timene
 - uro i timene
 - alternative forklaringsmodeller
 - for mye info for elevene med flere modeller
 - gode/dårlige tilnærminger/forklaringer
- c) Synes læreren med sitt kjennskap til elevene at undersøkelsen vil gi et riktig bilde i forhold til forskningsspørsmålet

9. Læreren som deltaker i utvikling av nye filmer

Tematisk intervjuguide, spørsmål h,j

- a) Produksjonen av slike filmer består selvfølgelig av flere trinn:
 - Idé, manus, dreiebok, innhenting og produksjon av grafisk materiale, innspilling, lyd, regi, klipp, teknikk
- b) Ser læreren for seg at han/hun vil kunne delta i noen av disse eller hele prosessen
 - Foretrekker læreren i så fall å arbeide alene eller i et kollegium
- c) Har læreren lyst til å delta i slik utvikling dersom forholdene ligger til rette for det
- d) Er læreren motivert til å lære å bruke nye verktøyer for å kunne være med på slik produksjon

10. Andre effekter på læreren som vi ikke har snakket om?

- a) Motivasjon
- b) Tanker om forbedringer av filmene
- c) Egen produksjon, planer om produksjon eller søk etter materiale på nettet

11. Avslutning: Stikkord til debriefing

- Ytre takknemlighet fordi læreren stiller opp på intervjuet, og takk for bistanden til innsamling av det kvantitative datamaterialet.
- Gangen videre:
 - Analysere datamaterialet
 - Skrive mastergradsoppgaven

- Skal invitere til mastergradsforelesning dersom det blir aktuelt, ellers vil vi gi tilbakemelding pr mail i løpet av våren
- Håper at vi vil klare å gjøre interessante funn i studien

5.2.3 Utvikling av intervjuguidens layout for feltbruk

Den konkrete versjonen av intervjuguiden tilpasses også arbeidssituasjonen (tillegg 1). Det legges inn plass (linjer) mellom spørsmålene slik at intervjueren kan gjøre notatene på intervjuguiden, og derfor bare har ett dokument å forholde seg til. Dette ser ryddigere ut for intervjupersonen, og forenkler jobben for intervjueren som dermed lettere kan vie sin oppmerksomhet til diskursen. I tillegg fremheves enkle stikkord grafisk, slik at intervjueren kan huske temaene bare ved å kaste blikket på dokumentet. Endelig legges det inn et felt på arket som ved hjelp av en kode kan identifisere intervjuet uten å identifisere intervjupersonen. På denne måten ivaretas personvernet og man kan garantere at intervjupersonen skal være anonym. Det er et viktig argument når intervjupersoner skal rekrutteres (Alver og Øyen, 1997). Identiteten er i dette tilfellet heller ikke informasjon som er relevant for studien, og skal fjernes ihht personopplysningsloven (popplyl, § 8).

5.2.4 Metode for dataanalyse

Dataene som hentes inn ved hjelp av intervjuer, er nødvendigvis formulerte, og må tolkes. De to lærerintervjuene som denne undersøkelsen baserer seg på gir selvsagt altfor lite informasjonstilfang til at det kan trekkes bastante konklusjoner, men som det tidligere er diskutert, er de viktige for å belyse en mengde faktorer som ikke lett lar seg kvantifisere. Når svarene skal tolkes benyttes en grovmasket metode: Utgangspunktet er den tematiske intervjuguiden som ble utarbeidet i avsnitt 5.2.1. Ved å sammenligne svarene fra de ulike konkrete spørsmålene (se den dynamiske intervjuguiden, avsn. 5.2.2) som berører det enkelte tematiske spørsmålene, oppnås en triangulering av responsen som gir en sikrere tolkning av resultatene. Et eksempel kan være spørsmål e) fra den tematiske intervjuguiden.

Dette spørsmålet berøres av tre av de formulerte spørsmålene i den dynamiske intervjuguiden, nemlig spørsmål 3, 6, og 8. Dersom svarene rangeres grovt i kategoriene negativ (÷), nøytral (0) og positiv (+), vil det komme til syne et relativt godt inntrykk av i hvilken retning svarene tenderer (tabell 3). For en mer detaljert tolkning ser man på hvordan de individuelle svarene er formulert.

Tabell 4: Eksempel på sammenstilling av tematisk spørsmål og respons på spørsmål i intervju

Tematisk spørsmål e: Dersom eleven føler at mengden av nye begreper og sammenhenger som skal etableres blir for stort, oppleves motstand fra materialet, som kan utvikle seg til utrygghet, motløshet, eller endog frykt. Det kan føres til at flere elever gir opp. Ved å introdusere begrepene tidligere økes mulighetene for elevene til å føle mestring i læringsøkta, forståelse og trygghet i faget.			
Dynamisk spørsmål	3: Elevaktivitet i underv.økter	6: Elevaktivitet i arbeidsøkter	8: Pedagogens vurdering
Faglærer i 1. forsøksrunde	+	0	÷
Faglærer i 2. forsøksrunde	+	+	0

I tillegg til de spørsmålene som er avledet av den tematiske intervjuguiden, er spørsmål 1 tilknyttet kontroll av eksperimentet. Spørsmålene 7 og 10 har «andre effekter» som fokus, det vil si faktorer som spørsmålsstilleren ikke har tenkt på, men som gir intervjupersonene anledning til å bidra med opplysninger som de enten sitter inne med på grunn av sin pedagogiske erfaringskompetanse, eller observasjoner de har gjort. På grunn av den lille skalaen på eksperimentet behandles disse spørsmålene individuelt.

6. Resultater

Innledningsvis til kommentarene og tolkningene av resultatene bør det knyttes noen kommentarer til rekrutteringen av de samarbeidende lærerne og eventuelle relasjoner mellom intervjuer og intervjupersonene. Det viste seg etter flere henvendelser til de omkringliggende skolene at et av de mest utfordrende punktene i prosjektet var å rekruttere lærere for samarbeid. Da rekrutteringsarbeidet startet i april 2012, var framgangsmåten en generell mail til realfagslærerne på NN skole, der prosjektet ble introdusert. Det meldte seg da en lærer (lærer A). Denne læreren hadde ingen forutgående relasjon til forskeren. Imidlertid skulle det vise seg at det ikke lyktes å rekruttere flere lærere med den framgangsmåten som først ble brukt. Strategi nummer to var å kontakte lærere som fra før hadde relasjon til forskeren, for å be dem være rekrutteringsnoder på sin skole. Avtaler ble truffet, og på ny ble det sendt ut mailer til realfagslærerne på skolene, der disse «mellommennene» etter avtale ble navngitt som referanser for forskeren. Heller ikke denne strategien førte fram, og etter en mislykket introduksjon lyktes det til slutt å rekruttere en lærer til forsøksrunde 2. Denne læreren kjente til forskeren fra før, fordi han hadde vært veiledende lærer da forskeren gjennomførte sin syvukers praksis i forbindelse med PPU ett år tidligere. Etter dette hadde partene ikke hatt noen kontakt. Denne læreren sa seg villig til å være samarbeidende lærer i 2. forsøksrunde (lærer B).

I det følgende vil resultatene gjennomgås i lys av detaljene i forskningsspørsmålet, dvs. hvorvidt en har lyktes i å utvikle en metode for priming av lærestoffet som har effekt. I analyser og kommentarer vil alfanumerisk referanse angitt i klammeparentes, f. eks. {A:132}, vise til linjenummer 132 i transkripsjonen av det intervjuet som har intervju-ID «A».

6.1 Resultater av kvantitativ dataanalyse

Som beskrevet i avsnitt 5.1.2.1 beregnes elevenes resultatskåre for første forsøksrunde slik at spørsmål hvor emnet har blitt introdusert på forhånd (n=1) sammenlignes med spørsmål der emnet ikke har blitt introdusert (n=2).

På grunn av misforståelser eller forglemmelser ble en stor andel av prøveresultatene levert ut til

elevene etter at de var rettet, men før resultatene var bearbeidet og tatt vare på for denne studiens formål. Dette inntraff på ulike måter i begge forsøksrundene. I første forsøksrunde bidro det til at alle spørsmål unntatt to som omhandlet film I, «Hooke's lov» ikke kom med i datagrunnlaget. Dermed ble datagrunnlaget i denne forsøksrunden kraftig beskåret. I første forsøksrunde ble elevene målt mot seg selv dvs. at det ikke ble operert med kontrollgruppe (tillegg 11, tabell A). Dette momentet, kombinert med at lærerens angivelse av vanskelighetsgrad på spørsmålene antydte en nivåforskjell mellom spørsmålene fra de temaene som ikke hadde blitt introdusert vha. film, i forhold til de spørsmålene som hadde blitt forhåndsintrodusert, bidro til at alle resultatene fra den første forsøksrunden ble forkastet.

Når det gjelder den klassen som fikk introduksjonen på forhånd i *andre* forsøksrunde, inntraff tre forhold som hadde stor innvirkning på datamaterialet. For det første ble prøvene fra den første kapittelprøven rettet og ved en feil levert tilbake til elevene før resultatene var notert for arkivformål. Det lyktes bare å få inn igjen 10 av 23 prøver for analyse (tillegg 11, tabell B). En virkning av dette er at det er sannsynlig at de elevene som hadde godt resultat på den prøven, også vil være bedre motivert for å vise fram sitt resultat en gang til, mens de elevene som ikke hadde godt resultat ikke ville være motivert til å huske på å ta med seg prøven tilbake på skolen igjen. For det andre fikk elevene i testgruppa svært redusert undervisning i kapitlet som omhandler arbeid og energi (tillegg 11, tabell C) (angitt som kapittelprøve 10 i tillegg 8). I følge læreren fikk den klassen bare 4 økter á ½ time undervisning og oppgavetrening i emnet, mens kontrollgruppen fikk 10 økter {B:44}. Film nr 2 og 3 i denne forsøksrunden ble av ulike årsaker heller ikke vist til elevene så nær opptil undervisningsøkta som forsøket var designet til. Film nr. 2 (Arbeid og energi) ble vist tre døgn før undervisningsøkta, mens film nr. 3 (Energi i en pendel) ble vist allerede fem døgn før undervisninga i temaet {B:19}. Dette krever at den faglige forståelsen skal ha blitt assimilert⁵, *chunket*⁶ og lagret i langtidshukommelsen allerede etter fem minutters filmfremvisning, noe som strider imot betingelsene som modellen for informasjonsbehandling (avsnitt 3.3) stiller for lagring i langtidshukommelsen. Det som ikke er lagret i langtidshukommelsen, kan heller ikke hentes fram når undervisningen i temaet tar til på et så mye senere tidspunkt. De overstående forholdene bidro til at alle kvantitative data fra også 2. forsøksrunde måtte tas ut av det kvantitative datamaterialet.

5 Se avsnitt 4.1.5

6 Se avsnitt 3.3.5

6.2 Resultater av kvalitativ undersøkelse

Resultatene angis som redegjort for i avsnitt 5.2.4.

Tabell 5: Resultater av kontrollspørsmål

Kontrollspørsmål 1: Hvor stort tidsintervall fikk elevene mellom filmene og den påfølgende undervisningsøkta?	
Dynamisk spørsmål →	1: Introduksjon
Faglærer i 1. forsøksrunde	Minst ett døgn
Faglærer i 2. forsøksrunde	Mellom ett og fem døgn
Kontrollspørsmål 2: Synes læreren med sitt kjennskap til elevene at undersøkelsen vil gi et riktig bilde i forhold til forskningsspørsmålet?	
Dynamisk spørsmål →	1: Introduksjon
Faglærer i 1. forsøksrunde	Ja
Faglærer i 2. forsøksrunde	Nei, fordi B-klassen mistet flere timer da kapittel 10 ble behandlet (Kapittel 10 omhandler samme emnene som film 2 og 3) Kan ikke se systematiske feil i designet av studien
Kontrollspørsmål 3: Var emnene som ble valgt ut for testing representative, eller var det for eksempel emner som elevene vanligvis finner spesielt enkle eller vanskelige?	
Dynamisk spørsmål →	1: Introduksjon
Faglærer i 1. forsøksrunde	Ok
Faglærer i 2. forsøksrunde	Film 1 var ok. Film 2 og 3 var vanskelige

Kommentar:

Kontrollspørsmålene avdekket at det var to uønskede faktorer som gjorde seg gjeldende i 2. forsøksrunde; Både at det kom til å bli altfor stort tidsintervall mellom filmvisningen og den påfølgende undervisningsøkta, og at forsøksgruppa mistet mer enn halvparten av undervisnings- og arbeidstida som var satt av til emnet {B:299}. Dette er den direkte årsaken til at de to siste filmene, «Arbeid og energi» og «Energi i en pendel», ble fjernet fra datagrunnlaget i undersøkelsen. Resultatene fra emnene i kapittel 10 for denne forsøksgruppa vises i tabellene (tillegg 11, tabell C), men tas ikke med i resultatene.

Tabell 6: Resultater av tematisk spørsmål b

<i>Spørsmål:</i> Nye begreper introduseres og settes i en sammenheng. Begrepsminnet bygges ut før selve læringsøkta. Det minsker belastningen på arbeidsminnet når læreren senere gjennomgår materialet.		
<i>Dynamiske spørsmål i gruppe</i> →	3: Elevaktivitet i underv.økter	8: Pedagogens vurdering
Faglærer i 1. forsøksrunde	0	0
Faglærer i 2. forsøksrunde	+	+

Kommentar

Lærer A mente ikke å kunne merke noen forskjell på elevaktiviteten {A:114,119} og mente dessuten at det ville være vanskelig å merke fordi klassen i utgangspunktet besto av elever med relativt gode resultater fra skolen, og som dermed hadde en aktiv tilnærming til læring fra før {A:136}. Lærer B nevner at det var lettere å snakke med elevene om faget {B:149}. Når det gjelder begrepsmengden, så ga lærer A uttrykk for at filmene var for omfattende {A:220}, og kom til å dekke begreper og eksempler fra nesten hele kapitlet.

Tabell 7: Resultater av tematisk spørsmål c

<i>Spørsmål:</i> Introduksjonene via film tilbyr en alternativ forståelse/beskrivelse av temaet, og hjernens dynamiske arbeidsminne kan dermed benyttes til å produsere riktigere forståelser av temaet, fordi etableringen av nytt fagstoff må stemme med flere etablerte forklarings-dimensjoner.		
<i>Dynamiske spørsmål i gruppe</i> →	4: Elevenes begrepsbruk	8: Pedagogens vurdering
Faglærer i 1. forsøksrunde	0	0
Faglærer i 2. forsøksrunde	+	+

Kommentar:

Lærer B ga uttrykk for et inntrykk av at elevene brukte begrepene selv merkbart mer enn før {B:169}. Det kan tyde på at elevene var tryggere på sin forståelse av begrepene. Lærer A mener at alternative forklaringer er OK, men at det må benyttes med omhu, slik at en ikke risikerer å bidra til forvirring i stedet {A:244}. Også lærer B mente at man ved å presentere flere tilnærminger risikerer å forvanske lærestoffet for elevene {B:243}. Spesielt i den 2. forsøksrunden (filmen «Arbeid og energi») kunne eksemplet med å bruke noe som kunne virke som et paradoks gjøre budskapet vanskelig for elevene (tillegg 16, [2:35 – 3:06]).

Tabell 8: Resultater av tematisk spørsmål d

<i>Spørsmål:</i> I selve læringsøkta opplever eleven å huske de begrepene læreren bruker. Trykket av nye begreper er mindre, og flere elever forstår hva læreren forklarer.			
<i>Dynamiske spørsmål i gruppe</i> →	3: Elevaktivitet i underv.økter	5: Elevambisjon på prøver	8: Pedagogens vurdering
Faglærer i 1. forsøksrunde	0	0	+
Faglærer i 2. forsøksrunde	+	0	+

Kommentar:

Lærer A mener ikke å ha merket noen endring i elevenes aktivitet i undervisningsøktene {A:114,119,131}, mens lærer B gir uttrykk for en øket deltakelse {B:115,126}. Ingen av lærerne ga uttrykk for at elevene hadde merkbart høyere ambisjoner på prøvene {A:160,165} og {B:177,182}, mens begge lærerne mente at tanken med å forberede begreper og materiale før undervisning hadde noe for seg {A:234} og {B:272}.

Tabell 9: Resultater av tematisk spørsmål e

<i>Spørsmål:</i> Dersom eleven føler at mengden av nye begreper og sammenhenger som skal etableres blir for stort, oppleves motstand fra materialet, som kan utvikle seg til utrygghet, motløshet, eller endog frykt. Det kan føres til at flere elever gir opp. Ved å introdusere begrepene tidligere økes mulighetene for elevene til å føle mestring i læringsøkta, forståelse og trygghet i faget.			
<i>Dynamiske spørsmål i gruppe</i> →	3: Elevaktivitet i underv.økter	6: Elevaktivitet i arbeidsøkter	8: Pedagogens vurdering
Faglærer i 1. forsøksrunde	0	0	0
Faglærer i 2. forsøksrunde	+	+	0

Kommentar:

Lærer A kunne ikke merke noen tegn på mer mestring eller faglig trygghet hos elevene {A:114,119}. Lærer B rapporterte om elever som presenterte egne observasjoner/eksempler og flere som deltok i diskusjoner {B:126,131}. En annen observasjon var at filmer som hadde humoristiske poenger eller virkemidler som vektla stemningsleiet, tydelig påvirket arbeidsmiljøet positivt {B:202}.

Tabell 10: Resultater av tematisk spørsmål f

<i>Spørsmål:</i> Elevene får systematisk input fra ulike kilder (lærer og filmklipp). Det holder interessen ved like.				
Dynamiske spørsmål i gruppe →	3: Elevaktivitet i underv.økter	5: Ambisjon på prøver	6: Aktivitet i arbeidsøkter	8: Pedagogens vurdering
Faglærer i 1. forsøksrunde	0	0	0	+
Faglærer i 2. forsøksrunde	+	0	+	+

Lærer B viser til at noen elever ble mere aktive i timene. Det kunne ikke merkes på fraværet i noen av klassene {A:136} og {B:155}, eller på ambisjonene på kapittelprøver {A:160} og {B:177}. Det at spesielt filmene «Newtons 2. lov» og «Energi i en pendel» la vekt på humor og stemning, mener lærer B hadde positiv effekt på å fange og holde oppe interessen {B:202}. Det at filmene tilbød alternative forklaringer og eksempler mener lærer B er positivt for interessen {B:212,282}.

Tabell 11: Resultater av tematisk spørsmål g

<i>Spørsmål:</i> Den tiden da læreren har fokus, preges i større grad av at elevene har en opplevelse av at de gjenkjenner materialet. De kjenner nå alternative modeller og begrepene. Atmosfæren i læringsøktene dreies dermed i retning av faglig trygghet, egen beherskelse og generelt mer positive faglige emosjoner.		
Dynamiske spørsmål i gruppe →	3: Elevaktivitet i underv.økter	7: Andre effekter på elevene
Faglærer i 1. forsøksrunde	0	0
Faglærer i 2. forsøksrunde	+	+

Kommentar:

Lærer A mener ikke å merke noen endring i atmosfæren i klassen {A:119}, mens det i klassen til lærer B kunne merkes et skifte i stemningsleiet {B:202,234}.

Tabell 12: Resultater av tematisk spørsmål h

<i>Spørsmål:</i> Hvordan trives læreren med å vise en faglig «forfilm»?		
<i>Dynamiske spørsmål i gruppe</i> →	2: Lærers trivsel m/metoden	9: Andre effekter på læreren
Faglærer i 1. forsøksrunde	+	+
Faglærer i 2. forsøksrunde	+	+

Begge lærerne syntes etter å ha forsøkt opplegget at de hadde trivdes med å benytte metoden {A:57} og {B:53}. Lærer B klaget over avhengigheten av teknikken, som lett kunne ødelegge tidsplanen på grunn av gammelt og upålitelig utstyr. Lærerne mener også at tiltaket har motiverende effekt på dem selv {A:285} og {B:337}, samt at lærer B uttrykte at egne faglige poenger ikke fikk konkurranse, men heller ble styrket av filmenes framstillinger {B:99}.

Tabell 13: Resultater av tematisk spørsmål i

<i>Spørsmål:</i> Synes læreren at filmene har noe for seg?				
<i>Dynamiske spørsmål i gruppe</i> →	3: Elevaktivitet i undervisn.økter	4: Elevaktivitet i arbeidsøkter	5: Ambisjon på prøver	8: Pedagogens vurdering
Faglærer i 1. forsøksrunde	+	0	0	+
Faglærer i 2. forsøksrunde	+	+	0	+

Kommentar:

Lærer B mente at elevene raskere tok i bruk begrepene {B:169}. Ingen av lærerne uttrykte noen eksplisitt mening om elevenes ambisjoner på prøver {A:160} og {B:177}, men hadde en positiv innstilling til tiltaket etter å har prøvd det {A:234} og {B:272}. Lærer B ga klart uttrykk for at film ville være det beste mediet for forhåndsintroduksjoner til emner {B:76}. Ingen av lærerne mente at de hadde nødvendige ferdigheter til å lage slike filmer på egen hånd {A:259} {B:316}, og tror ikke at de ville ha tilgjengelig nødvendig tid for å produsere slike filmer bare for bruk i egen undervisning {A:295} {B:316}.

Tabell 14: Resultater av tematisk spørsmål j

<i>Spørsmål:</i> Ønsker læreren å benytte denne læringsaktiviteten dersom slike filmer finnes tilgjengelig?		
<i>Dynamiske spørsmål i gruppe</i> →	2: Lærerens trivsel m/metoden	9: Utvikling av nye filmer
Faglærer i 1. forsøksrunde	+	+
Faglærer i 2. forsøksrunde	+	+

Det kommer klart fram at lærerne mener at de ville ha benyttet opplegg for faglig forberedelse av elevene dersom det hadde vært tilgjengelig {A:57,104} og {B:105}, selv om lærerne nok ønsker å vurdere selv hvilke aktiviteter eller filmer som skal benyttes. Lærerne ytret også egne tanker angående det faglige innholdet i filmene {A:265,289} og {B:342}.

Tabell 15: Resultater av tematisk spørsmål k

<i>Spørsmål:</i> Endrer filmene elevenes trivsel?			
<i>Dynamiske spørsmål i gruppe</i> →	3: Elevaktivitet i underv.økter	6: Elevaktivitet i arbeidsøkter	8: Pedagogens vurdering
Faglærer i 1. forsøksrunde	0	0	0
Faglærer i 2. forsøksrunde	+	+	+

Kommentar:

Lærerne rapporterer ulikt på dette spørsmålet. Lærer A kan ikke si å ha merket tegn som tyder på at elevenes trivsel har endret seg {A:114,119,187}, men lærer B mener at trivselen har endret seg i positiv retning {B:115,126,202,234}.

Tabell 16: Resultater av tematisk spørsmål 1

<i>Spørsmål:</i> Endres elevenes arbeidsmønster eller ambisjoner i forhold til fagtemaene?		
<i>Dynamiske spørsmål i gruppe</i> →	5: Ambisjon på prøver	6: Elevaktivitet i arbeidsøker
Faglærer i 1. forsøksrunde	0	0
Faglærer i 2. forsøksrunde	0	0

Kommentar:

Ingen av lærerne rapporterer å ha merket tegn til endringer i ambisjonsnivået {A:160} og {B:177}. Elevene viser tegn til å ønske å gjøre sitt beste uansett. Det stemmer også med den grunnleggende antakelsen som kildene til denne undersøkelsen innledningsvis legger til grunn⁷ (Geake, 2009) og (Sousa, 2011).

Dynamisk spørsmål 7: Andre effekter på elevene

Faglærer A bekrefter at elevene selv finner aktuelle saker på nettet, men tror også at det kan være en del av en generell trend uavhengig av dette prosjektet {A:206}. Læreren gir også uttrykk for at filmene fanget og holdt på oppmerksomheten til elevene {A:212}.

Faglærer B formulerer seg slik at elevene «i hvert fall ikke er mindre motivert» {B:212}. Utover det er det mer diffust hvordan det kommer til uttrykk. Det mest sikre utslaget kan nok sees i lærerens svar på spørsmål om elevenes trivsel. Det konstateres at elevene etter filmframvisningen er lettere å engasjere i faglige diskusjoner, og hadde lavere terskel for å benytte faglige begreper {B:149}.

Dynamisk spørsmål 10: Andre effekter på læreren

Faglærer A gir uttrykk for at prosjektet har vært motiverende {A:284}, og har egne tanker om utforming av slike emneforberedende filmer {A:220, 249, 289}.

Også faglærer B bekrefter en personlig motiverende effekt {B:337}. Læreren har også egne meninger om eksemplifiseringer som kunne ha vært gjort enklere {B:342}.

⁷ Se avsnitt 3.3.3

7. Drøfting

Drøftingen vil først behandle resultatene av de kvantitative og kvalitative undersøkelsene. Deretter vil fokus være på de overordnede egenskapene til forskningsdesignet og følgene av valgene som ble tatt i arbeidet med å designe studien, nå sett i lys av de erfaringene som er gjort.

7.1 Resultater fra kvantitative undersøkelser

Ettersom begge forsøkene på å skaffe fram kvantitative data av god nok kvalitet mislyktes, gir det ingen hensikt å forsøke å analysere det materialet som finnes. Når det gjelder de erfaringene som er høstet i forbindelse med gjennomføringen av forsøket, er de drøftet i avnitt 7.3.

7.2 Analyse av resultater fra kvalitative undersøkelser

Etter 1. forsøksrunde var det en relativt klar tilbakemelding om at filmene hadde vært for lange. Erfaringen ble tatt hensyn til i 2. forsøksrunde, da filmenes tema ble mer begrenset, og filmene også ble gjort kortere, mellom 2,5 og 5 minutter. Tilbakemeldingen fra 2. forsøksrunde tyder på at dette har falt heldig ut.

Tilbakemeldingene var delte på hvorvidt den faglige primingen endret elevenes aktivitetsnivå eller handlingsmønster⁸. Det kan skyldes ulike forhold som spiller sammen eller virker alene: For det første kan forskjellen skyldes ulikheter i klassenes samlede uttrykk og handlingsmønster. Det kan også skyldes at lærerne ikke merket seg de signalene som intervjueren spør om, fordi læreren i en klasseromssituasjon ikke har syntes at det var forhold som var viktige der og da, i egenskap av leder for klassens aktivitet. For det tredje kan lærerens aktivitetsplaner ha krevet så mye innsats fra elevene at de har måttet utsette diskusjoner av filmenes budskap til friminutter og andre perioder der læreren ikke har vært til stede. Lærer B responderte klart på de humoristiske elementene som var tydeligere i filmene i 2. forsøksrunde⁹. Stemningsleiet i klassen kan sees på som en tydelig markør på hvorvidt elevene er trygge både fysisk og emosjonelt, noe som oppgis å være en betingelse for effektiv læring. Resultatet antyder at humoristiske poenger fungerer godt i en slik setting.

⁸ Se tematisk spørsmål b (tab.6) og d (tab.8).

⁹ Se tematisk spørsmål f (tab.10), g (tab.11) og k (tab.15).

Det er ulikhet i indikasjonen på den potensielle «indre» effekten av å la elevene bli kjent med sentrale begreper på forhånd¹⁰. Det er flere faktorer som kan forklare denne forskjellen. For det første så har lærer A sitt virke i en videregående skole, der elevene på grunn av alderen er mer modne og ikke betror seg til læreren i samme grad som i ungdomsskolen. For det andre ble stemningsskapende virkemidler som humor og musikk benyttet mer aktivt i den andre forsøksrunden. Også lærernes subjektive opplevelse av å benytte filmene kan påvirke deres observasjoner i klasserommet. Denne ulikheten antyder at det er et potensiale for informasjon i et slikt forskningsprosjekt også ved å gjøre intervjuer med elever eller grupper av elever.

Tilbakemeldingene var også klare på at lærerne mottok alternative forklaringsmodeller og større eksempelriktighet postivt¹¹, men ønsket å skjerme elevene fra kompliserende elementer som eksempelvis paradokser¹². Dette er viktige momenter av to grunner. For det første er dette erfarne læreres faglige uttalelser som bør gis vekt av den grunn. For det andre er det viktig for at slik priming skal bli benyttet, at lærerne er faglig motiverte og selv har tro på at det vil gi godt resultat. Læreren var tydelig på at en ville gjøre egne vurderinger om hvorvidt en film skal benyttes¹³. Det er dessverre ikke mulig å diskutere disse synspunktene i lys av empiriske data, fordi resultatene av den tilhørende kapitteltesten ble forkastet i den statistiske analysen.

Et interessant funn er også den sterke motiverende effekten som dette tiltaket hadde på lærerne¹⁴. Dette kan tolkes som at lærerne helt enkelt satte pris på en avveksling fra den daglige rutinen, men det kan også tenkes at filmene representerer bidrag som er kjærkomne og nyttige i forhold til lærerens mandat. Det argumentet er relevant i forhold til hvorvidt for eksempel et lærebokforlag skal investere i å utvikle materiell for faglig priming av temaene i lærebøkene. Intervjuene viser tydelig at lærerne mener at film er et velegnet medium for forhåndsintroduksjoner, men at det er for omfattende å lage slikt materiell bare for en enkelt lærerpraksis¹⁵. Den antagelsen er riktig i forhold til de filmene som ble benyttet i denne studien, da produksjonen av en komplett film må beregnes å ta minst fire uker. Det ble ikke diskutert hvorvidt det skulle være mulig å lage filmer med et langt enklere utgangspunkt, for eksempel med en hånd og en tusj som «aktører» på en scene som består av et blankt ark, eventuelt «utvidet» med pappfigurer, bakgrunner eller andre artefakter. På den måten unngås den store arbeidsinnsatsen som påløper når man skal benytte dataanimasjoner, og en kan legge arbeidsinnsatsen inn i manuset. Betingelsen for at en slik arbeidsmetode skal kunne benyttes er at det finnes tilgjengelig opptaks- og redigeringsutstyr på skolene.

10 Se tematisk spørsmål b (tab.6) og g (tab.11).

11 Se tematisk spørsmål c (tab.7), f (tab.10) og h (tab.12).

12 Se tematisk spørsmål c (tab.7) og e (tab.9).

13 Se tematisk spørsmål j (tab.14).

14 Se tematisk spørsmål h (tab.12).

15 Se tematisk spørsmål i (tab.13).

Sammenfatning:

For å samle inntrykkene lærerne gir av å benytte filmene, så var det ingen av spørsmålene som fikk negativ respons. Det kan være et faresignal; et tegn på at intervjupersonene fant det vanskelig å motsi en engasjert intervjuer. På den andre siden ga lærerne til kjenne at de følte seg komfortable med å tilby denne aktiviteten til sine elever, og at de sannsynligvis ville benytte seg av metoden dersom det var tilgjengelig slike emnevisse introduksjoner på et adekvat medium. En annen positiv erfaring var at lærerne heller ikke oppfattet filmenes faglige innhold å være i konflikt eller konkurranse med egne undervisningsmetoder, noe som øker sannsynligheten for at en lærer skal kunne etablere metoden med faglig priming som en naturlig del av sin undervisningsrutine. Det er likevel flere faktorer som vil kunne motvirke bruken av forhåndsintroduksjoner: For det første er det viktig at læreren ikke mener at presentasjoner og eksempler er for vanskelige for elevene, eller at de kan virke til å forvirre elevene. Dermed bør filmskaperne være forsiktige med å presentere for eksempel paradokser som triggere eller anslag¹⁶ i slike filmer. For det andre representerer det audiovisuelle utstyret ute i skolene en flaskehals. Dersom læreren opplever at det tar opp til et kvarter å starte opp utstyret og gjøre klart til visning av filmen, øker sannsynligheten for at aktiviteten utelates. Endelig vil også ad-hoc-endringer på timeplanen kunne bidra til at anbefalingen om å vise filmen cirka ett døgn før læringsøkta, ikke kan følges.

7.3 Design

De forholdene som bør kommenteres i ettertid, kan deles i flere kategorier. Noen berører tekniske valg, andre har med målsetting og forspilte data å gjøre. Atter andre vedkommer valgene av effekter som har fokus i studien sett i forhold til hvilke effekter som velges bort. Den følgende diskusjonen av design vil forsøke å knytte sammen diskusjonen rundt disse overordnede linjene.

7.3.1 Tekniske valg

I kapittel 4.1.2 ble det drøftet følgene av at bare lærerne ble valgt som kilder i de kvalitative intervjuene. Det er umulig å si noe om hvorvidt elevene kan ha opplevd en dypere forståelse enn om de ikke hadde fått faglig priming, ettersom undersøkelsen på dette punktet bare spurte læreren om ytre tegn på dypere forståelse. På grunn av andre forhold, for eksempel sosiale handlingsstrategier, behøver elevene ikke å ha endret adferden utad. I en studie der det var tilgang på flere ressurser, ville intervjuer med elevene også ha kunnet gi informasjon som kunne være relevant mhp elevenes trivsel med faget, og tro på egne evner til å tilegne seg faget etter å ha fått en grundigere innledning til emnene.

¹⁶ Se avsnitt 3.8, underavsnitt «Dramaturgi».

Den strategien som ble valgt for å kompensere for det lave antallet intervjuer, ved å gjøre grundige forberedelser og lage intervjuguide, virket etter forholdene godt. Begge intervjupersonene fikk svare på alle spørsmålene, og alle de planlagte informasjonsdetaljene ble besvart i begge intervjuene. Intervjuguiden viste seg å fungere som planlagt, også mhp layout, som ga rom til å dekke andre opplysninger som måtte komme opp i intervjuene, og å være et godt utgangspunkt for å skrive transkripsjoner av intervjuene..

Mangler i intervjuerens rutine ble forsøkt kompensert ved at det ble gjennomført møter i etterkant av intervjuene, der intervjueren gjennomgikk sin forståelse av opplysningene i intervjuet. Det ble da mulig å gjøre presiseringer og oppklare misforståelser. Dette virket etter hensikten, ettersom det viste seg at en del mindre justeringer ble gjort.

Selv om den overordnede tendensen i intervjuene var den samme, var det tydelig at lærerne hadde ulike opplevelser av arbeidsformen. Det viser at en større studie med flere lærere ville kunne bidra med viktig kunnskap både i forhold til å justere virkemiddelbruken i filmene, og til å designe dem slik at flest mulig lærere vil velge å benytte dem. Utformingen av filmene på manusnivå er også gjort ut ifra overfladisk kjennskap til filmatiske virkemidler. Det kunne kanskje bidra til å øke effekten dersom fagfolk fra filmbransjen ble benyttet både som konsulenter og produsenter. På den andre siden ville studien ikke gitt kunnskap om effektivitet som ville være adekvat for en pedagog som ønsker å utvikle sine egne introduksjoner, fordi han/hun ikke har den filmfaglige kunnskapen som skal til for å lage like effektive introduksjoner.

Det kan hevdes at lærernes *pedagogiske erfaringskompetanse* ble gitt for lite spillerom. En annen innfallsvinkel kunne være å lage en kollegial gruppe som i samarbeid utarbeidet manus. Da ville manus bli til som et resultat av et faglig samarbeid som la til rette for at fagpersoner fikk spille mot hverandre og dermed gi prosjektet et mye bredere idétilfang og også et sterkere erfaringsbasert fundament. En slik praksis ville sannsynligvis ha ført til at andre valg hadde blitt gjort da manus til filmen «Arbeid og energi» ble utformet.

Endelig viste den største hindringen i arbeidet seg å være rekruttering av lærere til å delta som samarbeidspartnere i studien. Det kan ha sin forklaring i mange faktorer, for eksempel arbeidspress, tidligere erfaringer med mentorvirksomhet, og trøtthet på grunn av det store antallet studenter som søker samarbeid i et universitetsnært område. Men også det forhold at universitetet ikke har avsatt midler til godtgjørelse av den arbeidsinnsatsen som en samarbeidende aktør må legge ned i studien, må nok sies å legge en demper på lærernes følelse av å gjøre en ønsket og verdifull innsats.

7.3.2 Valg av parametere og målsetting

Anbefalingene som ble valgt ut til å være rettesnor¹⁷ for manusarbeidet springer ut ifra den modellen for informasjonsbehandling som ble beskrevet i kapittel 3.3. Hovedpunktet kan sies å være å kompensere for kapasitetsbegrensningene i arbeidsminnet ved å holde antallet nye begreper og variable så lavt som mulig. Videre så er de viktigste temaene i tilrådingene emosjoner, repetisjoner, tilegningsstrategier (assimilering og akkomodasjon), imitasjon og relevans. Om en gjennomgår disse anbefalingene på nytt uten å skjule til modellen for informasjonsbehandling som er skissert i kapittel 3.3, ser en at disse tilrådingene slett ikke er spesielle for educational neuroscience-tradisjonen, men også er helt i tråd med alminnelige psykologiske prinsipper og de klassiske læringsteoriene (Imsen, 2005). På den ene siden så kan det se ut som om det ikke har så stor betydning hvilken forklaringsmodell en praktiserende pedagog foretrekker, fordi de ikke motarbeider hverandre. Det viktige er at praktikerer *har* en modell ut ifra hvilken gode læringsaktiviteter kan velges og prøves ut, og resultater forstås. På den andre siden er det ikke underlig at anbefalingene går i samme retning, ettersom både educational neuroscience, klassisk læringsteori, psykologi og lærerens pedagogiske erfaringskompetanse sett ifra praktikerens ståsted munner ut i det samme; nemlig læringsaktiviteter og strategier som er effektive. Dersom det ikke hadde vært tilfelle, ville det fort ha vært avgjort hvilken som har rett og hvilke som tar feil.

De populærvitenskapelige bøkene hvis anbefalinger har blitt testet, gir mange og direkte råd til hvordan undervisning bør gis. Disse rådene begrunnes ofte i en argumentasjon som er mer psykologisk enn nevrologisk, for eksempel anbefalingen om å bruke emosjonelle virkemidler heller enn rasjonelle ettersom emosjoner virker sterkere på ungdom. Denne motsetningen faller inn under det som betegnes som det horisontale problem¹⁸, ved at det ikke kan sees et resonnement som er utelukkende nevrologisk, og som leder fram til de samme slutninger. På den måten yter ikke de to kildene som her ble benyttet som talerør fra educational neuroscience-tradisjonen noe nytt til pedagogikken. Anbefalingene er heller ikke i tråd med de forsiktighetsregler som mange debattanter tar til orde for¹⁹, idet de foreslår adferdsrettede tiltak begrunnet i fysiologiske observasjoner. De foregående resonnementene tatt i betraktning, så kan det se ut som om forklaringsmodellen fra educational neuroscience-tradisjonen er en overflødig dimensjon i den nærværende studien. Da står en igjen med en undersøkelse av effekten av å bruke faglig priming som pedagogisk virkemiddel. Det var også en av de observasjonene som initierte arbeidet, og som kan ha potensiale til å stå alene som en mulig kandidat til en effektiv læringsaktivitet.

17 Se avsnitt 4.1.5

18 Se avsnitt 3.1, underavsnitt «Det horisontale problem», side 19

19 Se avsnitt 3.1

Studien benytter i hver film et skjønnsomt utvalg av virkemidler. Det bidrar til å muliggjøre studiens målsetting om å produsere sammensatte og funksjonsdyktige produkter som har potensiale til å være effektive som elementer i klassenes faglige arbeid. Det gjør det derimot umulig å si noe om virkemidlenes innbyrdes styrke. En har valgt å prioritere den praktiske og mulige fremtidige anvendelsen av produktene og «salgbarheten» til prosjektet overfor mulige samarbeidskandidater blant lærerstanden, og heller basere seg på ganske grovmaskede faglige anbefalinger og magesfølelsen til filmskaperen som i dette tilfellet er for entusiastisk amatør å regne.

I 2. forsøksrunde der det var kontrollgruppe, ble det ikke registrert hvem som hadde fravær i kontrollgruppen. Dermed går studien glipp av fraværstatistikk og mulighet for å sammenligne fravær i forsøksgruppa med kontrollgruppa. Fravær kan benyttes som en indikator på trivsel, og endringer i fraværsmønster i en skala som er merkbar statistisk, vil kunne sees på som en viktig markør.

Fraværregistrering generelt ville også vært med på å øke validiteten til dataene. For eksempel ville det være interessant å se etter endringer i den totale fraværshfrekvensen. Den opprinnelige tanken var at en bare behøver å notere hvilke elever som ikke var til stede og så filmene, for å kunne holde resultatene fra akkurat de spørsmålene borte fra datasettet. I ettertid vil en gjerne ønske å sammenligne fraværshfrekvensen også til kontrollgruppa, for å ha mulighet for å justere for uforutsette hendinger som kunne være årsak til skjevheter i gruppene, eller generell forskjell i fraversfrekvens i forsøks- og i kontrollgruppa, spesielt siden utvalgene var så små.

7.3.3 Valg av effekter og fokus

Det er vanskelig å skille direkte effekter av de virkemidlene som er benyttet for å bidra til resultatforbedringer fra indirekte effekter såsom det at klassens arbeide ble mer variert, og at elevene fikk eksempler som ikke kom fra lærerens vanlige reportouar. Det kan også hevdes at de kvalitative intervjuene ser etter effekter på arbeidsmiljøet som læreren ikke nødvendigvis merker seg i farta. Dersom humør og arbeidsmiljø forbedrer seg og holder seg i etterkant av prosjektet er det ikke sikkert at læreren er forberedt på å huske forandringen, men er fornøyd med arbeidsmiljøet «as is» på intervjutidspunktet, som var en tid etter at de aktuelle kapitlene ble behandlet i klassen, da prøveresultatene forelå.

Det tar lengre tid å utvikle elevenes *scientific literacy* enn de få kapitlene hvor elevene fikk den filmatiske introduksjonen. Prosjektets tidsramme er for liten til at slike effekter skal kunne merkes. En annen slik effekt kan være antallet elever som påvirkes i retning av å velge et realfaglig studium som følge av denne måten å undervise på.

Film benyttes som mediasjonskanal i konkurranse med andre måter å gi elevene en faglig forhåndsintroduksjon til stoffet. Det er dermed ikke mulig å si noe om filmens effekt i forhold til andre metoder, for eksempel forelesning, fjernundervisning, flipped classroom, eller andre metoder.

7.4 Validitet

Fordelen med det designet som er valgt er for det første at det innebærer mulighet til å avdekke signifikante sammenhenger på grunn av det kvantitative innslaget. For det andre er designet uavhengig av forskerens personlige egenskaper ettersom det ikke var hverken skriftlig eller personlig kontakt mellom forsker og medlemmene i forsøksgruppene (se innledning til kapittel 6). På grunn av filmmaterialet er forsøket mulig å kopiere direkte ved å bruke det samme materialet. Men følgen av å benytte film i stedet for personlig innledning eller andre løsninger bidrar til at man går glipp av den umiddelbare formidlingen, som kan virke motiverende og fokuserende. På den andre siden blir gjennomgangen mindre personavhengig og presentasjonen blir langt mer gjennomtenkt og bearbeidet. Dette bekreftes også i resultatene fra de kvalitative intervjuene {B:76}. Spesielt er det gunstig i et forskningsprosjekt der kontroll med faktorene er av spesiell interesse.

Designet må sies å ha sine svakheter med hensyn på validitet. En av disse er tid. For det første bør det ifølge kildene ikke gå for lenge mellom introduksjonsfilmen og lærerens undervisning (Sousa, 2011). Videre vil det ikke være mulig å påvise langtidseffekter i denne undersøkelsen. For det tredje bør det heller ikke gå for lang tid fra den praktiske gjennomføringen i klassen og til intervjuet med læreren, fordi læreren selvsagt også glemmer. Det er ønskelig å stille spørsmål som omhandler arbeidsmiljøet i spesifikke undervisningsøkter, og dermed berøres temaer som læreren ikke er forberedt på å gjenkalle etter noe tid.

En annen faktor som har innvirkning, er at formulering av spørsmål og manus er en konkretisering av forskerens tolkninger av anbefalingene. Men det vil nok være tilfelle nesten uansett hvilket design studien får. Likevel bør man være oppmerksom på dette, fordi det gjør at studien og resultatene derfra hverken er ideelle eller uttømmende. Man får med andre ord ikke sikre definitive svar, selv om designet åpner for kvalifiserte slutninger gjennom det kvantitative datamaterialet kombinert med statistiske metoder (avsnitt 5.1.2). En annen svakhet som heller ikke dette designet kan garantere mot, er forskerens trang til å se etter suksessfaktorer heller enn etter det motsatte. Dette faller inn under andreordens aksjonsforskning som ble diskutert tidligere i avsnitt 3.7.

Resultatene vil måtte basere seg på at de emnene som velges ut er egnet. Noen fagemner er kan

hende mer følsomme for de virkemidlene som benyttes, mens andre kanskje er upåvirket. Den lille skalaen i studien her gjør den følsom for slike variasjoner, for eksempel vil man ifølge teorien kunne merke god forskjell mellom emner der elevene har lært begrepsapparatet tidligere, og emner der elevene må lære begrepene sammen med emnets andre konsepter.

Dersom metoden skal kunne tas opp i den rutinemessige undervisningsaktiviteten til en rutinert lærer, må læreren først tilegne seg metoden. Det innebærer også det faglige grunnlaget for å benytte den. Prosjektet problematiserer ikke en slik prosess for å omsette prinsippene i handling ved at den enkelte lærer skal kunne først lære, så utvikle og implementere faglig priming i sin egen undervisningspraksis. Det diskuteres heller ikke hvordan implementering av metoden best kan skje. Erfaringene fra dette prosjektet viser at det er flere faktorer som påvirker mulighetene for å implementere metoden ute i skolene. For eksempel finnes det uegnet og utdatert AV-utstyr ute i klasserommene. Lærere kan enten være faglig uenige i valg av eksempler og derfor ikke ønske å benytte en vilkårlig film, eller ikke ha nødvendig trening eller kunnskap innen produksjon av audiovisuelle framstillinger.

Svakhetene som følger av dette designet, er en følge av mange faktorer, der skalaen er en av de viktigste. Likevel kan man ved å være oppmerksomme på dem kunne diskutere følgene og foreta kvalifiserte tolkninger av resultatene. På den måten er utsikten til input for en mulig undersøkelse og utvikling i større skala en spennende mulighet til resultat av arbeidet.

8. Konklusjon

Diskusjonen har avdekket at educational neuroscience-tradisjonen ikke kan sies å tilføre pedagogikken noe nytt. Forskningsgrenen er muligens ennå for ung til å kunne bidra med ny forståelse som kan bygge bro mellom tradisjonelle læringsteorier, adferdsorientert forskning og den fysiologiske tilnærmingen. I de foregående redegjørelsene²⁰ er det vist til flere fagmiljøer tilknyttet kjente forskningsinstitusjoner og internasjonale samarbeidsarenaer som kan ha potensiale til å bidra med nye innsikter i tiden som kommer, ettersom teknologiske og intellektuelle verktøyer utvikles.

De utviklede filmene har vist seg å kunne ha interessante effekter på læring, når de benyttes som introduksjon til nytt fagstoff. Lærerne rapporterer om positive erfaringer med bruken, selv om det ikke er dekning for å dra konklusjoner mhp. kvantitative resultater. Lærerne rapporterte om effekt på egen motivasjon, på elevenes villighet til å diskutere nytt materiale i klassen, og også god stemning i klasserommet, spesielt der eksemplene i filmene var formidlet med humor og musikk. Lærerne satte også pris på tilgangen til nytt og aktuelt læremateriell, og ingen erfaringer med å benytte filmene var negative. Det vil også være interessant å foreta en nærmere studie av effekten til noen av *de enkelte* virkemidler som er benyttet i den nærværende studien, for eksempel innbyrdes styrke av emosjonelle virkemidler og optimal tid mellom faglig priming og lærerens undervisning.

I studien er det også gjort mange erfaringer med hensyn på hvordan en slik større studie bør utformes. En av disse erfaringene er at samarbeidende aktører (i denne studien: lærere) bør få en godtgjørelse eller annen konkret honnør for sin innsats. Det indikerer profesjonalitet, nytteverdi og at innsatsen er ønsket i samfunnet, og er muligens en betingelse for at en større studie skal kunne gjennomføres av hensyn til rekrutteringsbehovet. Ellers er de mest konkrete momentene som følger: Tettere samarbeid mellom forsker og faglærer, behov for større statistisk materiale, behov for intervjuer med elever, og måling av fravær. Det er også avdekket behov for at andre enn faglærerne står for produksjonen av læringsmidler for faglig introduksjon/priming av lærestoffet, noe som har sin årsak i at lærerne ikke i utgangspunktet føler seg kompetente til å forestå en egen produksjon, samt at de initielt har en oppfatning av at det vil ta for mye tid i forhold til andre forberedelser. Her kan det tenkes mange modeller for videre utvikling. Lærerne gir i intervju uttrykk for vilje til å delta

²⁰ Se avsnitt 3.1

i slikt utviklingsarbeid i en profesjonalisert ramme. Det kan også være interessant å lage en studie som har til hensikt å utvikle en metode som er sterkt forenklet i forhold til filmene som ble benyttet i den nærværende studien, og som er tilpasset lærernes arbeidssituasjon og kompetanse. En slik pragmatisk orientert metode kan muligens lettere få innpass i en travel skolehverdag, til glede for både lærere og elever.

Litteratur

- Alver, B.G. og Øyen, Ø. (1997) *Forskningsetikk i forskerhverdag. Vurderinger og praksis*. Oslo: Tano Aschehoug
- Bergmann J., Sams A. & Overmeyer J. (2013) *The Flipped Classroom*. Tilgjengelig fra: <http://www.flippedclassroom.com> (Hentet: 10.juni 2013)
- Bjørndal, C.R.P. (2004) 'Refleksivitet omkring aksjonsforskerens påvirkning – fra salmer til jazz i kjøkkenet', i Tiller T (red.) *Aksjonsforskning i skole og utdanning*, Kristiansand: Høyskoleforlaget, s. 117-139
- Bruer, J.T., (1997) 'Education and the brain: A bridge too far', *Educational researcher*, 26, s. 4-16
- Bråten, Ivar (red.) (1996) *Vygotsky i pedagogikken* Oslo: Cappelen
- Carlsen, W.S. (2007) 'Language and science learning', i Abell, S.K. og Lederman, N.G. (red.) *Handbook of research on science education*, London: Lawrence Erlbaum, s. 57-75
- Centre for Educational Neuroscience, London, (2013). Tilgjengelig fra: <http://www.educationalneuroscience.org.uk>
- CERI (Centre for Educational Research and Innovation), Paris, (2013). Tilgjengelig fra: <http://www.oecd.org/edu/ceri/centreforeducationalresearchandinnovationceri-brainandlearning.htm>
- Centre for Neuroscience in Education, University of Cambridge, UK (2013). Tilgjengelig fra: <http://www.cne.psychol.cam.ac.uk/>
- Coll, R.K. (2010), 'Contemporary issues in science literacy: The key challenge for science education in the new millennium', i Eilks, I. og Ralle, B. (red.). *Contemporary science education – implications from science education about orientation, strategies and assessment*, Aachen: Shaker Verlag, s. 47-56.
- Davidson Films (2003) *Bandura's Social Cognitive Theory: An Introduction*, Ca: San Luis Obispo
- Davis, A. (2004) 'The credentials of brain-based learning', *Journal of the Philosophy of Education* (Wiley Interscience), 38(1), s. 21-36. [Online] DOI:10.1111/J.0309-8249.2004.00361.x (Hentet 17. november 2013)
- Dunning, David (red.) (2011) *Social Motivation*, New York: Psychology Press

- Fisher, K.W. (2009) 'Mind, brain and Education: Building a scientific groundwork for learning and teaching', *Mind, Brain and Education*, 3(1), s. 3-16 [Online]
DOI:10.1111/J.1751.228X.2008.10148.x (Hentet 17. november 2013)
- Geake, J.G. (2009) *The brain at school*, Maidenhead: McGraw Hill Open University Press
- Goswami, U. (2004) 'Neuroscience and education', *British Journal of Educational Psychology*, 74(1), s. 1-14. [Online] DOI:10.1348/000709904322848798 (Hentet 04. november 2013)
- Goswami, U. (2006) 'Neuroscience and education: from research to practice?', *Nature Reviews Neuroscience* (Nature Publishing Group), 7(5), s. 406-411 [Online] DOI:10.1038/NRN1907 (Hentet 04. november 2013)
- Graduate School in Education, Harvard, USA, (2013). Tilgjengelig fra:
<http://www.harvard.edu/faculty>
- Greenough, W.T., Black, J.E., Wallace, C.S.(1987) 'Experience and brain development', *Child development*, 58(3), s. 539-559.
- Hannisdal, A., Hannisdal, M., Haugan, J., og Synnes, K (2008) *Eureka! 10 - Naturfag for ungdomstrinnet*, Oslo: Gyldendal Norsk Forlag
- Helstrup, Tore (2002) 'Læring i et kognitivt perspektiv' i Bråten, Ivar (red.): *Læring i sosialt, kognitivt og sosialt-kognitivt perspektiv*, Oslo: Cappelen Akademisk Forlag, s. 103-131
- Howard-Jones, P., Pickering, S., Diack, A. (2007) *Perception of the role of neuroscience in education. Summary report for the DfES Innovation Unit*
- Imsen, Gunn (2005) *Elevenes verden*, 4. utgave, Oslo: Universitetsforlaget
- Institutt for matematiske fag, NTNU *Tabeller og formler i statistikk*, 2. utgave, Trondheim: Tapir akademisk forlag
- Jerstad, P., Sletbak, B., Grimenes, A. og Renstrøm, R (2008) *Rom, stoff, tid: Fysikk 2*, Oslo: Cappelen Damm
- Kind, V (2009) 'Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress', *Studies in Science Education*, 45(2), s. 169-204
- Kvale, S. og Brinkmann, S. (2010) *Det kvalitative forskningsintervju*, 2. utgave, Oslo: Gyldendal Akademisk
- Lov om behandling av personopplysninger (personopplysningsloven – popplyl) Tilgjengelig fra:
<http://www.lovdata.no/cgi-wift/wiftldles?doc=/app/gratis/www/docroot/all/tl-20000414-031-002.html> (Hentet: 3. september 2012)
- Læreplan i fysikk - programfag i studiespesialiserende utdanningsprogram Tilgjengelig fra:
<http://www.udir.no/kl06/FYS1-01/Kompetansemaal/?arst=1858830314&kmsn=449917638>
(Hentet: 10. juni 2012)

- Læreplan i naturfag – kompetansemål etter 10. årstrinn. Tilgjengelig fra:
<http://www.udir.no/k106/NAT1-02/Kompetansemaal/?arst=98844765&kmsn=-1654775316>
 (Hentet: 10. juni 2012)
- Maxwell, J.A. (2005) *Qualitative Research Design: An interactive approach*, 2. utgave, Thousand Oaks, California : Sage Publications
- OECD (2002), *Understanding the Brain: Towards a New Learning Science*, Paris: OECD Publications
- PISA (2013). Tilgjengelig fra: <http://www.pisa.no/pisa2009/index.html>
- Randerson, James (2008) 'Father of the God Particle', *The Guardian*, 30.06.08, Tilgjengelig fra: <http://www.guardian.co.uk/science/2008/jun/30/higgs.boson.cern> (Hentet: 15. mai 2013)
- School of Education: John Hopkins University, USA (2013). Tilgjengelig fra: <http://education.jhu.edu/aboutus/>
- Simmons, P.E., Emory, A., Carter, T., Coker, T., Finnegan, B., Crockett, D., (1999) 'Beginning Teachers: Beliefs and classroom actions', *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), s. 930-954
- Sousa, D. A., (2011) *How the brain learns*, California: Corwin
- Temple, E., Deutsch, G.K., Poldrack, R.A., Miller, S.L., Tallal, P., Merzenich, M.M., Gabrieli, J.D. (2003) 'Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral remediation: Evidence from functional MRI', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(5), s. 2860-2865. [Online] DOI:10.1073/pnas.0030098100 (Hentet 04. november 2013)
- Terum, Knut og Klevjer Aas, Nilsll, J.A. (2004), *Med film på timeplanen*, 3. utgave, Oslo: Norsk Filminstitutt
- Varma, S., McCandliss, B.D., Schwartz, S.E. (2008) 'Scientific and pragmatic challenges for bridging education and neuroscience', *Educational Researcher*, 37(3), s. 140
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S., Ye, K. (2007), *Probability & statistics for engineers & scientists*, 8. utgave, Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall
- Willingham, D.T. (2009) 'Three problems in the marriage of neuroscience and education', *Cortex* (Elsevier Science), 45(4), s. 544-545. [Online] DOI: 10.1016/j.cortex.2008.05.009 (Hentet 04. november 2013).

Tillegg 1

Layout: Intervjuguide for feltbruk

Intervjuguide

1. Introduksjon: Stikkord til innledende briefing om studien og intervjuets plass

- Ytre **takknemlighet** fordi læreren stiller opp på denne mastergradsoppgaven
- Hensikten med studien er å **prøve ut anbefalingene** fra hjerneforskningen og å utvikle en **praktisk metode** som er effektiv og gjennomførbar
- Har eksperimentet generelt/teknisk sett gått bra?

- Fikk elevene minst **ett døgn intervall** mellom filmene og den påfølgende undervisningsøkta
- Var emnene vi valgte å teste på representative valg, eller var det for eksempel emner som elevene vanligvis finner **spesielt enkle eller vanskelige**

2. Lærerens egen *trivsel* med arbeidsmetoden?

a) Samsvarer erfaringene med disse filmene med lærerens **forhåndsantakelser**

- Bedre eller dårligere

- På hvilken måte

- Hva tror læreren om potensialet av å tilpasse undervisningen til hjernens fysiologi

b) Tar filmene for **mye tid**

c) **Forenkler eller forvansker** planlegging og forberedelser

d) Synes læreren at han/hun måtte **endre undervisningsmetoden** eller benytte andre læringsaktiviteter

e) Blir **egne faglige poenger** styrket eller svekket

f) Dersom flere slike pensumrelaterte filmer blir tilgjengelige, tror du at du ville **prøve å bruke dem** i din undervisning

3. Er elevene mer eller mindre faglig aktive i undervisningsøkta, etter å ha sett en introduksjonsfilm?

a) spørsmål, **diskusjoner**, forklare/gjenta med egne ord:

Adjektiver: utålmodig/likegyldig, selvsikre/usikre, interesserte/uinteresserte, faglig trygghet/redsel, trivsel/mistrivsel

b) Er det større **forskjell mellom elevene** (enkeltelever som ramler av eller opplever dypere forståelse)

c) Virket elevene dårligere eller **bedre forberedt** til undervisning etter å ha sett filmene

d) Var **fraværet** i de påfølgende undervisningsøktene spesielt høyt eller lavt i forhold til normalen

4. Er elevenes forklaringsmodeller mer/mindre utbygd og detaljert enn tidligere?

a) ulike **tilnærminger**, begrepsbruk

5. Er elevene mer/mindre ambisiøse på prøver?

a) svarprosent, **svarenes lengde**, begrepsbruk

6. Har det vært noen endring i oppgaveløsning i arbeidsøkter?

a) antall elever som involverer seg, intensitet, **diskusjoner**, gruppearbeid

b) humør og **stemning** i arbeidsøkter

7. Andre effekter på elevene som vi ikke har snakket om?

a) Lekseiver

b) Elever som har gjort oppgaver eller **fundert på egen hånd**

c) Elever som har **funnet materiale** på nettet

d) Har elevene tilkjennegitt **synspunkter på filmene** i dette eksperimentet

8. Lærerens tanker som *pedagog*

a) Er filmene for **konsentrerte**

b) Har filmene et **pedagogisk poeng**

- avveksling i timene: _____
- uro i timene: _____
- alternative forklaringsmodeller: _____
- for mye info for elevene med flere modeller: _____
- gode/dårlige tilnærminger/forklaringer: _____

- c) Synes læreren med sitt kjennskap til elevene at undersøkelsen vil gi et **riktig bilde** i forhold til forskningsspørsmålet (er filmene **positive for læring**)

9. Læreren som deltaker i utvikling av nye filmer

Produksjonen av slike filmer består selvfølgelig av **flere trinn**:

- Idé, manus, dreiebok, innhenting og produksjon av grafisk materiale, innspilling, lyd, regi, klipp, teknikk

- a) Ser læreren for seg at han/hun vil kunne **delta i noen** av disse eller hele prosessen

- Foretrekker læreren i så fall å **arbeide** alene eller i et **kollegium**

- b) Har læreren **lyst til å delta** i slik utvikling dersom forholdene ligger til rette for det

- c) Er læreren motivert til å lære å bruke **nye verktøyer** for å kunne være med på slik produksjon

10. Andre effekter på læreren som vi ikke har snakket om?

- a) Motivasjon

- b) Tanker om **forbedringer** av filmene

- c) **Egen produksjon**, planer om produksjon eller søk etter materiale på nettet

11. Avslutning: stikkord til debriefing

- Ytre **takknemlighet** fordi læreren stiller opp på intervjuet, og takk for bistanden til innsamling av det kvantitative datamaterialet.
- Gangen videre:
 - **Analysere** datamaterialet
 - **Skrive** mastergradsoppgaven
 - Skal invitere til mastergradsforelesning dersom det blir aktuelt, ellers vil vi gi **tilbakemelding** pr mail i løpet av våren
- Håper at vi vil klare å gjøre **nyttige funn** i studien

Tillegg 2

Informasjonsskriv til samarbeidende lærere

Prosjektet “Fysikdidaktikk med utgangspunkt i hjernens fysiologi – en praktisk tilnærming fundamentert i ny viten”

Noen punkter om bruken av de faglige introduksjonsfilmene, personvern og rapportering

Her er noen korte setninger om hvordan vi enkelt sikrer kvaliteten på eksperimentet, samt ivaretar personvernet.

Om personvernet

1. Forskningsprosjektet skal ikke bekjentgjøres for elevene som er subjektene i studien før etter at datainnsamlingene er avsluttet, dvs etter at den siste av de aktuelle kapitellprøvene er avlagt.
2. Datamaterialet skal bare formidles fra lærer til behandlingsansvarlig i anonymisert form. Lærer må ikke oppbevare noen form for liste som gjør det mulig i ettertid å identifisere enkeltelever fra det anonymiserte datamaterialet.
3. Data fra kapitellprøver skal bare benyttes til statistiske formål, og vil bare være koblet sammen med hvilke av de faglige filmene som har vært benyttet i forbindelse med undervisning av lærestoffet.
4. Notater fra intervjuer med lærere vil bare være koblet sammen med hvilke av de faglige filmene den angjeldende lærers klasse har benyttet. Det vil ikke finnes henvisning til verken skole, klasse eller lærer på noe materiale fra studien. Heller ikke rapporten vil inneholde identifikatorer utover “ungdoms-, videregående- eller fagskole i Nord-Norge”

Om bruken av filmene

5. Filmene er utviklet og produsert av mastergradsstudent, som har opphavsretten til filmen på samme måte som opphavsrettsinnehavere til andre læreverker. Som en takk for samarbeidet kan lærere som medvirker i studien benytte filmene i den grad de måtte ønske det i framtidig undervisning. Filmene skal ikke kopieres eller videreformidles uten skriftlig tillatelse fra opphavsrettsinnehaver.
6. De faglige filmene som benyttes skal bare vises til elevene én gang; dvs som avslutning i siste (arbeids)økt, og minst én dag før lærer underviser i det emnet som filmen omhandler.
7. Etter at kapitellprøven der emnet inngår er avlagt, kan filmene fritt benyttes, eksempelvis som repetisjon til eksamen og lignende.
8. For å sikre at læreres ekspertise kommer prosjektet til gode slik at relevante data fanges opp, skal rapportering av resultater på kapitellprøver gjøres på et format/skjema som utvikles i samarbeid av lærer(e) og mastergradsstudent (prosjektansvarlig)

Tillegg 3

Transkripsjon av intervju 1. forsøksrunde

**Transkripsjon av intervju med lærer som prøvde ut filmene:
«Hooke's lov», «Relativistisk tidsforlengelse» og «Standardmodellen»**

5 **Del 1: Åpning av samtalen og kontrollspørsmål**

Intervjuer

Vil bare til å begynne med si at vi er svært takknemlige for at du deltar i denne studien. Det var ikke så enkelt å finne frivillige som vi kanskje hadde tenkt til å begynne med. Som sagt er jo hensikten med våre forsøk å teste ut noen av de anbefalingene som kommer nå fra hjerneforskningen. Kanskje klarer vi å finne en praktisk metode som virker. Det ville jo være spennende..

Lærer A

(nikker) Jo. Det er spennende.

15

Intervjuer

Hvordan synes du eksperimentet har gått – rent teknisk – jeg mener for deg som har gjennomført den praktiske siden av det . Synes du det har fungert bra?

Lærer A

20 Jada.

Intervjuer

Fikk elevene minst ett døgn eller en natts søvn mellom filmen og undervisningen?

Lærer A

25 (nikker) Ja.

Intervjuer

Hvordan synes du de emnene vi valgte fungerte i testen. Var det for eksempel noen emner som var spesielt vanskelige eller enkle?

30 **Lærer A**

Hva var nå temaene igjen?

Intervjuer

Det første var Hooke's lov

35 **Lærer A**

«Hooke's lov» gikk greit

Intervjuer

Så var det tidsforskyvning

40 **Lærer A**

Tidsforskyvning gikk også greit

Intervjuer

Den siste var kvantemekanikk – standardmodellen

45 **Lærer A**

I det temaet underviste jeg første kapittel først. Jeg hadde student som skulle undervise, så jeg måtte tilpasse opplegget litt etter det. Det som undervises i alle temaene er litt kjent. Man bygger på forestillinger og begreper som er kjente fra før. Det som var helt nytt i kapitlet om standardmodellen, var bevaringslovene.

50

2: Læreregens egen trivsel med arbeidsmetoden

Intervjuer

55 *Har du som lærer trivdes med denne måten å arbeide på?*

Lærer A

Ja. Ser for meg at det er greit å kombinere...vise bare begrepene først, og så hele filmen etter undervisningen. Det kan kombineres med undervisvurdering. Vi har fokusert på undervisvurdering på skolen her. ...lar elevene vurdere hverandre...presenterer faglige krav, og lar elevene vurdere både seg selv og hverandre.

Intervjuer

Hvordan samsvarer dine erfaringer med det du trodde før forsøket?

Lærer A

65 Ja – jeg trodde først at det var en god idé. Trodde ikke at filmene skulle bli så omfattende..

Intervjuer

Fungerte filmene bedre eller dårligere enn du hadde forventet først, synes du?

Lærer A

70 De var omtrent som forventet.

Intervjuer

Hva tror du om potensialet som ligger i å tilpasse undervisningen sånn som vi har gjort her?

75 **Lærer A**

Jeg tror vi kan diskutere om man ikke bør begrense omfanget, og kombinere med kjente begreper fra fysikk 1. Kanskje vi heller bør vise filmene i ettetid.

Intervjuer

80 *Tok filmene for mye tid av arbeidsøkt, synes du?*

Lærer A

Den siste filmen (*standardmodellen: red.anm*) var kanskje for lang. Filmene bør konsentrere seg om begreper. Resten kommer i undervisningen.

85 **Intervjuer**

Synes du filmvisningen forenklet eller gjorde det vanskeligere å planlegge undervisningen?

Lærer A

Hverken, eller.

90 **Intervjuer**

Måtte du endre undervisningsmetoden din på grunn av filmene?

Lærer A

Nei. Jeg underviste på vanlig måte.

95 **Intervjuer**

Synes du filmene ødela eller forstyrret dine egne faglige poenger?

Lærer A

Nei, de forstyrret ikke. Jeg underviste som vanlig.

100 **Intervjuer**

Dersom det blir tilgjengelig flere slike filmer, for eksempel i tilknytning til læreverket: Tror du at du ville ha brukt dem i din undervisning?

Lærer A

Ja.

105

Del 3: Om elevenes faglige aktivitetsnivå i undervisningsøkta, etter å ha sett filmene

110 **Intervjuer**

Kunne du merke om elevene generelt sett var mer faglig aktive i undervisningsøkta, når de hadde sett filmen først?

Lærer A

Kan ikke huske noen endring.

115

Intervjuer

Elevene viste ikke mer utålmodighet, diskusjonsiver, trivsel eller sånne ting?

Lærer A

Nei, det var ingen forskjell å merke.

120

Intervjuer

Kunne du merke om det ble større forskjell mellom elevene i disse kapitlene i forhold til sånn som erfaringen din sier?

Lærer A

125 Nei. Kunne ikke merke forskjell i forhold til tidligere år.

Intervjuer

Virket elevene dårligere eller bedre forberedt til undervisningen når du brukte filmene til introduksjon?

130

Lærer A

Det er jo de samme elevene som er aktive, så det er vanskelig å merke dét.

Intervjuer

Hvordan var fraværet i undervisningsøktene i forhold til det normale?

135

Lærer A

Vi har veldig lite fravær i klassen, så det er ingen forskjell. Det er de topp motiverte fra før som er i denne klassen med akkurat dette faget. Det er jo disse elevene som er vant til å gjøre det bra på skolen, og de trives på skolen.

140

Del 4: Om elevenes forklaringsmodeller (konseptuelle forståelse)

Intervjuer

Ble elevenes forklaringsmodeller eller ordbruk forskjellig i forhold til det du har erfaring for?

145

Lærer A

Det var ingen forskjell

Intervjuer

150 *Du merket ikke om de hadde ulike tilnærminger til emnene?*

Lærer A

Det er umulig å si.

155 **Del 5: Om elevenes ambisjoner i faget**

Intervjuer

Var elevene mer eller mindre ambisiøse på prøvene, synes du?

Lærer A

160 Disse elevene er veldig ambisiøse uansett, så det var det samme som vanlig.

Intervjuer

Enn svarprosenten – og lengden på svarene?

Lærer A

165 Det var omtrent det samme.

Del 6: Om elevenes arbeidsmetoder i arbeidsøktene

170 **Intervjuer**

Har du merket noen endring i arbeidsmetodene når dere løser oppgaver, både faglig og sosialt?

Lærer A

175 Ingen forskjell. Elevene er mere strukturert, men det tilskrives alderen. Jeg har tilsvarende gruppe i matematikk, og ser den samme sosiale endringen der.

Intervjuer

De har ikke blitt ivrigere til å delta i diskusjoner og gruppearbeid?

Når jeg nå nevner flere ting spesifikt, mener jeg ikke å prøve å «hale» et positivt svar ut.

180 *Jeg prøver bare å bruke det som en slags huskelapp når vi nå snakker om det*

Lærer A

Nei, det er det samme.

Intervjuer

185 *Har du merket noen forskjell i humør og stemning i arbeidsøktene, synes du?*

Lærer A

Vi har veldig godt arbeidsmiljø på gruppa, så det var ingen forandring å merke.

190 **Del 7: Andre effekter som ikke hittil er nevnt**

Intervjuer

Har du merket andre effekter hos elevene som vi ikke har snakket om. Kan du huske det?

Lærer A

195 Nei. Vi startet jo så tidlig i høst med prosjektet, så da er det vanskelig å se noen forandringer i forhold til dersom filmene ikke var vist.

Intervjuer

Har elevene fundert mer på egen hånd?

200 **Lærer A**

Nei, ikke i større grad enn før.

Intervjuer

Har elever kanskje funnet ting på nettet?

205 **Lærer A**

Noen leter selv. Mere i år. Tror det kommer av den generelle utviklinga. Jeg vet ikke sikkert.

Intervjuer

210 *Har elevene gitt uttrykk for synspunkter på disse filmene?*

Lærer A

Elevene syntes ikke filmene var negative. Alle fulgte med.

215 **Del 8: Lærerens kommentarer som fagperson / pedagog**

Intervjuer

Dine tanker om prosjektet og filmene som pedagog; kan du kommentarer?

Lærer A

220 Opplegget fungerte bra. Man bør ikke ha hele emnet med i en film på grunn av at det ble for mye materiale. Til ett kapittel bruker vi vanligvis tre økter til undervisning og to til lab og oppgaver. 25 av 90 minutter er forelesning. Vi bruker mye tid på oppgavearbeid. Mange på gruppa er selvstendige, og jeg kan bruke tid på enkeltelever. Vi arbeider med «tavla full», det vil si teori pluss eksempler.

225

Intervjuer

Ble filmene for konsentrerte, synes du?

Lærer A

De var OK. Kanskje mer av begrepene burde vært forklart.

230

Intervjuer

Har det et pedagogisk poeng å bruke disse filmene – for eksempel avveksling i timene?

Lærer A

Ja.

235

Intervjuer

Det blir ikke uro i timene på grunn av filmvisningen?

Lærer A

Nei.

240

Intervjuer

Enn alternative forklaringsmodeller; synes du det er OK?

Lærer A

Alternative forklaringsmodeller er OK, men man må passe seg for ikke å forvirre elevene.

245

Intervjuer

Er det noen andre forbedringer vi kunne gjøre?

Lærer A

250 Kanskje gjort filmene kortere. Det sa jeg jo tidligere. Kanskje treminutters filmer hadde vært bedre. De filmene her egner seg godt til repetisjoner før prøver.

Del 9: Lærerens interesse for å delta i utvikling av nye slike filmer.

255 **Intervjuer**

Jeg lurer på om du selv ville være motivert for å delta i utvikling av slike filmer, dersom du hadde blitt frikjøpt til å være med på et slikt arbeid?

Lærer A

260 Nei, jeg har ikke kompetanse...

Intervjuer

Jeg mener – å lage en slik film omfatter mange prosesser, som idé, manus, produksjon, innspilling, lyd og teknikk...

Lærer A

265 Ja. Både idé og manus ville jeg..

Intervjuer

Hvordan ville du helst jobbe da: individuelt eller i kollegium eller...?

Lærer A

270 I kollegium når det gjelder de kreative delene av arbeidet. Så ville jeg helst jobbe individuelt med de mer tekniske tingene.

Intervjuer

Ville du være villig til å lære å bruke nye verktøyer for å være med på et sånt arbeid?

275 **Lærer A**

Ja.

Del 10: Andre faktorer

280

Intervjuer

Har prosjektet virket motiverende på deg som lærer, synes du?

Lærer A

285 Ja, ganske motiverende prosjekt.

Intervjuer

Har du noen tanker om hvordan filmene kunne forbedres?

Lærer A

290 Filmene burde konsentrere seg rundt begreper. Heller handle om deler av kapitlet. Som jeg tidligere har sagt bør ikke filmene være så lange. Helst tre minutter, som jeg har sagt før.

Intervjuer

Har du fått planer om egen produksjon av sånne filmer?

Lærer A

295 Nei, men jeg ville være interessert i å være med dersom jeg ble kjøpt fri til å delta i et sånt arbeid.

Del 11: Avslutning

300

Intervjuer

Flott. Ja, det var vel det jeg hadde å spørre om. Da var vi ferdige så langt. Det som nå kommer til å skje, er at jeg gjør ferdig den andre forsøksrunden på en annen skole. Så skriver jeg oppgaven i løpet av våren. Jeg håper på å få ferdig arbeidet sånn at jeg kan
305 *holde et avsluttende foredrag i vårsemesteret. Da vil du som samarbeidspartner få beskjed, sånn at du kan komme dersom du er interessert. Håper selvfølgelig at vi kan gjøre interessante og nyttige funn i undersøkelsen. Til slutt vil jeg bare som et uttrykk for min takknemlighet for din interesse for samarbeidet få gi deg disse blomstene. Som sagt var det*
310 *ikke så enkelt som jeg hadde tenkt å finne lærere som var interesserte i å samarbeide.*

(tar frem blomster som overrekkes, med takk og gjensidige lykkeønskninger)

Tillegg 4

Transkripsjon av intervju 2. forsøksrunde

**Transkripsjon av intervju med lærer som prøvde ut filmene:
«Newton's 2. lov», «Arbeid og energi» og «Energi i en pendel»**

5 Innledningen til intervjuet foregikk i løpet av en halv time forut for selve intervjuet, og i sammenheng med at læreren unnagjorde noen forefallende oppgaver i samarbeid med sine kollegaer. Der ble målet med studien gjenoppfrisket og takknemlighet for at læreren deltar ble ytret. Læreren hadde i innledningen redegjort for at det var B-klassen som hadde sett filmene, mens A-klassen ikke hadde sett filmene, og derfor hadde rollen som kontrollgruppe. Intervjuet starter med at intervjuer og intervjuperson trekker seg tilbake til et grupperom.

10

Del 1: Åpning av samtalen og kontrollspørsmål

Intervjuer

15 *Ja, da begynner vi bare. Først tar vi bare noen spørsmål som handler om hvordan forsøket har gått, teknisk sett. Det skulle jo ideelt sett være cirka et døgn ifra du viste filmen og til du gjennomførte undervisningen i emnet. Hvordan gikk det med dét?*

Lærer B

20 Ja, det gikk fint. Det vil si at med film 1 gikk det ett døgn. Med film 2 gikk det tre døgn. Og med film 3 gikk det fem døgn. Vi mistet noen timer, så det ble sånn..

Intervjuer

Hvordan var filmene i forhold til emnene i boka, synes du. Var de temaene sånn som de ble spesielt vanskelige eller enkle i forhold til sånn som boka...?

25 **Lærer B**

Ja. Spesielt film 1 var lett. Veldig bra humor. Film 2 og 3 var vanskelig i forhold til boka. Det var uvant for elevene å sette opp ligning. Det var uvant for elevene. De er ikke vant til å lage en ligning. Det var overraskende. Boka er dårlig i forhold til ligninger. Vi måtte skrive på tavla og arbeide med oppgaver..

30

Intervjuer

Hvor fant du de oppgavene. Laget du oppgavene selv?

Lærer B

Ja, de var laget her.

35

Intervjuer

Her av kollegiet på skolen

Lærer B

Ja. Vi hadde laget et oppgaveark på skolen.

40

Intervjuer

Enn rent teknisk da. Gikk det greit å vise filmene og gjennomføre...

Lærer B

45 B-klassen mistet flere timer. A-klassen fikk øvet mye mere på kapittel 10. A-klassen fikk 10 økter á ½ time, mens B-klassen fikk 4 økter på kapitlet

Del 2: Lærerens egen trivsel med arbeidsmetoden

Intervjuer

50 *Ja – neste spørsmål dreier seg om deg som lærer; hvordan du trives med denne metoden. Kan du si noe generelt om det?*

Lærer B

Ja. Metoden er bra. Men datamaskinene er gamle og dårlige. De fungerer ikke alltid. Ofte tar det et kvarter å starte dem opp. Det gjør at vi ikke kan vise filmene når vi har tid.

55

Intervjuer

Hvordan fungerte opplegget med å vise filmene i forhold til det du trodde på forhånd?

Lærer B

60 Elevene var mindre interessert enn jeg hadde trodd. Jeg trodde de skulle bli engasjert, men det ble de ikke så veldig.

Intervjuer

Hvordan merket du det?

Lærer B

65 Det var ikke så mye spørsmål og kommentarer som jeg hadde trodd.

Intervjuer

Hva tror du om potensialet til å prime elevene før undervisningsøkta?

Lærer B

70 Jeg tror det har bra potensiale, men teknikken må ikke være i veien. Vi har mye pensum, og vi mister bestandig timer til forskjellige ting som skjer

Intervjuer

Enn i forhold til å forberede elevene selv. Vil det være like bra som å bruke film?

75 **Lærer B**

Filmene har mest potensiale i forhold til dette. De er mer konsentrerte.

Intervjuer

Tok filmene mye tid fra økta?

80 **Lærer B**

Det er verdt fem minutter hvis teknikken fungerer, helt klart.

Intervjuer

Gjorde filmene det enklere eller vanskeligere for deg å planlegge undervisninga?

85 **Lærer B**

Vanskeligere. Måtte planlegge i forhold til filmene, og kunne ikke slå sammen arbeid fra kapitlene,

Intervjuer

90 *Måtte du endre undervisningsmetodene da?*

Lærer B

Ikke endre, men ta hensyn til-

95 **Intervjuer**

Enn dine egne faglige poenger og eksempler. Ble de styrket eller svekket av filmene og eksemplene der?

Lærer B

De ble styrket. Boka er ikke så god på eksempler, og filmene hadde gode eksempler.

100

Intervjuer

Dersom det fantes slike filmer tilgjengelig til læreboka – ville du bruke dem i undervisninga, tror du?

Lærer B

105 Mest sannsynlig. Jeg ville ha sjekket dem. Ikke sikkert jeg ville ha brukt alle.

Del 3: Om elevenes faglige aktivitetsnivå i undervisningsøkta, etter å ha sett filmene

110

Intervjuer

Nå skal det handle om elevene. Hvor aktive de var når de hadde sett filmene. Har du noen generell kommentar til elevaktiviteten?

Lærer B

115 Ja. De var aktive i fem til ti minutter etter at vi hadde sett filmen. Da var de lette å snakke med om det vi hadde sett. Deretter var det det samme som vanlig.

Intervjuer

Enn i diskusjonene; var de mer utålmodige eller..., selvsikre, interesserte eller uinteresserte

120

Lærer B

De var mer selvsikker. Noen var mer selvsikker. Ikke alle.

Intervjuer

Var det flere som deltok i diskusjoner, da?

125

Lærer B

Ja, kanskje noen flere.

Intervjuer

Var det noen som kom de med egne eksempler på det som ble diskutert?

130

Lærer B

Ja, noen

Intervjuer

Virket de mer eller mindre faglig interessert?

135

Lærer B

Noe interessert, men mindre enn jeg hadde trodd.

Intervjuer

Ble det større faglig forskjell mellom elevene. Jeg mener ikke å spørre helt presis. Bare om du synes det var forskjeller som kunne merkes?

140

Lærer B

Nei, jeg klarer ikke å se noen større ulikhet.

145 **Intervjuer**
Virket det som om elevene var mer forberedt til undervisningsøkta når de hadde sett filmene?

Lærer B

Ikke bedre forberedt. Det var litt lettere å snakke om faget. De forstod bedre hva jeg sa, og
150 begrepene var mindre fremmed for dem.

Intervjuer

Enn fraværet; hvordan var det i timen etter at du hadde vist filmene?

Lærer B

155 Det samme.

Del 4: Om elevenes forklaringsmodeller (konseptuelle forståelse)

160 **Intervjuer**
Nå spør vi om elevene sine forklaringsmodeller. Om de er mer detaljerte enn tidligere både i diskusjoner og på prøver?

Lærer B

Ja, har inntrykk av at de er mer detaljerte.

165

Intervjuer

Brukte elevene begrepene mer enn før?

Lærer B

Ja, det synes jeg.

170

Del 5: Om elevenes ambisjoner i faget

Intervjuer

175 *Enn på prøvene da; er de som har sett filmene mer eller mindre ambisiøse?*

Lærer B

Det er det samme. De gjør alltid sitt beste. De forsøkte like mye i begge klassene.

Intervjuer

180 *Lengden på svarene – var de like lange?*

Lærer B

Det samme.

185 Del 6: Om elevenes arbeidsmetoder i arbeidsøktene

Intervjuer

I arbeidsøktene, når dere arbeidet med oppgaver og sånn; kunne du merke noen endring i ambisjonene da?

190 **Lærer B**

Det var det samme.

Intervjuer

I diskusjoner; var det de samme som diskuterte – var det den samme intensiteten?

195 **Lærer B**

Det var litt flere som diskuterer. Det var den samme sikkerhet hos dem som er vant med å diskutere. Den samme intensiteten også.

Intervjuer

200 *Enn humør og stemning i arbeidsøktene?*

Lærer B

Spesielt etter første og tredje filmen var det lettere stemning enn vanlig. Mer fagrettet stemning, og høyere ambisjoner.

205

Del 7: Andre effekter som ikke hittil er nevnt

Intervjuer

210 *Så lurer jeg på andre effekter på elevene som jeg ikke har spurt om; Er det noen spesielle effekter som du synes er viktige som vi ikke har snakket om?*

Lærer B

Elevene ble i hvert fall ikke mindre motivert.

Intervjuer

215 *For eksempel lekseiver?*

Lærer B

Det er vanskelig å si. Det var minst like bra.

Intervjuer

220 *Har noen av elevene fundert på egen hånd – kanskje luftet egne ideer for deg som de ville diskutere?*

Lærer B

Nei.

225 **Intervjuer**

Er det noen som har funnet materiale på nettet som de har vist til enten deg eller i klassen?

Lærer B

Nei

230

Intervjuer

Ga noen av elevene noen meninger om filmene?

Lærer B

235 Den første filmen var morsom og bra. Det samme med den tredje. Andre filmen merket jeg ikke så stor forskjell.

Del 8: Lærerens kommentarer som fagperson / pedagog**Intervjuer**

240 *Hva tror du som fagpedagog om sånn priming som vi gjorde her?*

Lærer B

Jeg har sagt det om teknikken. Det var bra, både humoren og didaktikken. Det var gode eksempler. Bortsett fra den andre filmen. Det eksemplet med å bære den plata. Man bruker jo en kontinuerlig kraft på å løfte plata

245

Intervjuer

Ja, det er jeg enig med deg i. Men det spesielle er jo, som du så av mailen mellom meg og professoren, veilederen min, også, at den krafta brukes ikke på plata, men på å holde oppe kroppen mens man bærer plata. Så arbeidet er på kroppen, og ikke på plata. Det er jo det som er poenget med det eksemplet. At ordet «arbeid» betyr noe helt annet i fysikken enn i dagligtalen. Det kunne ha hett noe helt annet, for det betyr noe annet.

250

Lærer B

Ja, men jeg ville ha brukt en vogn og sendt den...Og starten og bremsingen av plata ble litt for komplisert.

255

Intervjuer

Jeg forstår. Men grunnen til at vi tok dette eksemplet med var at det også sto i boka, og det er helt vanlig at selv fysikkstudenter har problemer med å forstå begrepet. At det betyr noe annet i fysikken enn i dagligtalen.

260

Lærer B

Ja.

Intervjuer

Men synes du at filmene ble for konsentrerte?

265

Lærer B

Nei, jeg likte at de var konsentrerte.

Intervjuer

Synes du som pedagog at de har et pedagogisk poeng – for eksempel som avveksling i timene?

270

Lærer B

Ja.

Intervjuer

Ble det noe ekstra uro og forstyrrelser i timene når dere skulle se filmene?

275

Lærer B

Nei.

Intervjuer

Det med eksemplene i filmen; Ble det alternative forklaringsmodeller? Hvordan virket det?

280

Lærer B

Nei, de var ikke alternativer til mine forklaringer. Det var bra at boka fikk alternativer. Boka har ikke så gode eksempler.

285

Intervjuer

Var det noen eksempler og forklaringer som du synes var spesielt gode eller dårlige?

Lærer B

290 Eksemplet med arbeid og løfting ville jeg ikke hatt med. Newton's 2. lov var ikke vanskelig å begripe. Sykkelen med bestemor var veldig bra. Alle har en bestemor. Apen som slengte seg var bra. Gode lydeffekter og spennende historie. Og begge energiene var med i samme oppgaven. Det var en uvant måte. Selv om de har lært å løse ligninger i matematikken er det vanskelig å sette dem opp og bruke dem i fysikk. Det var overraskende.

295

Intervjuer

Tror du dette forsøket vil gi et riktig bilde av effekten av filmene?

Lærer B

300 Nei, jeg tror ikke prøvene gir riktig bilde av effekten. A-klassen som ikke fikk se filmene hadde mange flere timer å arbeide med stoffet. De var mye bedre forberedt. B-klassen mistet flere timer, så de var ikke så godt forberedt.

Intervjuer

305 *Enn om vi ser bort ifra den feilen; tror du designet på dette forsøket har innebygget systematiske feil - at vi går glipp av viktige momenter på grunn av designet?*

Lærer B

Nei, jeg ser ingen andre systematiske feil

310 **Del 9: Lærerenes interesse for å delta i utvikling av nye slike filmer.**

Intervjuer

Det å lage en sånn film består jo av mange ulike ting som skal gjøres; manus, grafikk, innspilling, lyd, teknikk. Ser du for deg at du vil kunne delta i produksjon av sånne filmer?

315 **Lærer B**

Det kommer an på. Tror det ville ha tatt mye tid. Tror ikke jeg ville være motivert for å legge ned alt det ekstraarbeidet.

Intervjuer

320 *Enn om du fikk betalt eller kompensert for å være med på å lage filmer?*

Lærer B

Da er det en annen sak. Det tror jeg at jeg ville ha blitt med på.

Intervjuer

325 *Hvordan foretrekker du å arbeide i så fall – alene eller i kollegium?*

Lærer B

To som samarbeider hadde vært best.

330

Del 10: Andre faktorer

Intervjuer

335 *Nå vil jeg spørre om andre effekter på deg som lærer, som vi ikke har snakket om; Synes du prosjektet har vært motiverende?*

Lærer B

Ja, det har vært absolutt motiverende for meg som lærer

Intervjuer

340 *Har du gjort deg noen egne tanker om hvordan du ville forbedre filmene?*

Lærer B

Ja, jeg ville ha valgt et annet eksempel enn den bæringen i film 2. Så ville jeg ha hatt med både $F=m \cdot a$ og $W=F \cdot s$ i film 2.

345 **Intervjuer**

Enn du selv, bruker du å produsere eller søke opp annet materiale på nettet for undervisningen din?

Lærer B

350 Ja, jeg bruker Prezi. Der er ferdige elevproduserte animasjoner på naturfagtemaer.

Del 11: Avslutning

Intervjuer

355 *Ja – det var det. Nå kommer vi til å analysere dataene vi har fått. Så vil jeg skrive ut et referat av dette intervjuet. Det kommer jeg til å sende til deg. Så kan du lese igjennom for å se om kanskje det var noe som jeg ikke har fått med meg, og som du synes er viktig. Så kommer jeg til å holde et foredrag i forbindelse med eksamen. Der kommer du til å bli invitert, dersom du har lyst. Så vil det også bli trykket en bok av mastergradsarbeidet. Da vil du få en av dem hvis du vil. Håper bare vi klarer å gjøre nyttige funn i studien.*

360

Intervjuet avsluttes med overrekkelse av blomster til læreren som takk for innsatsen.

365

Tillegg 5

1. forsøksrunde

Grunnlag for kvantitative data

del A

Kategorisering av spørsmålene i kapittelprøver

Oversikt over resultater					
Spørsmål	Tema	Primet i film	Ant.elever til prøve	Ant.elever til spørsmål	Gj.snitt ¹ %
Prøve 1 - Del 1					
1a	Massefart, elastisitet	-		25	
1b	Bevegelsesmengde, elastisitet, kinetisk energi			25	
1c	Energi i elastisk fjær			20	
1d	Proporsjonalitetskonstant, koordinatplott		25	20	
1e	Energibevaring i elastisk fjær		25	20	
1f	Hooke's lov	Hooke's lov	25	20	
1g (A og D) ²	Lengdeforskyvning	-	25	25	
1g (B og C)	Tidsforskyvning	Hooke's lov	25	20	
1h	Samtidsforskyvning	Hooke's lov	25	20	
1i	Lengdeforskyvning	-	25	25	
1j	Energi-mengde	-	25	25	
Prøve 1 - Del 2					
1a	Energibevaring i elastisk fjær	Hooke's lov	25	20	100 %
1b	Bruk av Hooke's lov til beregninger	-	25	25	57,5 %
1c	Massefart og beregning vha formel	-	25	25	83 %
1d	Elastisk fjær	Utgår. Spørsmålet ble droppet på prøven, og elevene svarte ikke på det.			
1e	Energibevaring, Hooke's lov	Hooke's lov	25	20	74 %
2a	Tidsforskyvning	Rel. tidsforlengelse	25	20	80 %
2b	Hvileenergi	-	25	25	72 %

1 Gjennomstøttberegningen av svarpoeng for de oppgavene der elevene har blitt primet med film, er korrigert for de elevene som ikke har sett den filmen.

2c	Kinetisk energi – mikrokosmos	-	25	25	74 %
2d	Lyshastigheten	Rel. tidsforlengelse	25	20	43 %
2e	Fotonenes bølglengde	-	25	25	33 %
2f	Fotonets	Utgår. Spørsmålet ble droppet på prøven, og elevene svarte ikke på det.			
Prøve 2 - Del 1					
j	Standardmodellen – begreper	Standardmodellen	25	22	76
k	Standardmodellen – beregninger	-	25	25	76
l	Kvantemekanikk	-	25	25	12
m	Kvantemekanikk	-	25	25	92
n	Standardmodellen – konsept	Standardmodellen	25	22	62
o	Standardmodellen – begreper	Standardmodellen	25	22	90
p	Standardmodellen – bevaringslover	Standardmodellen	25	22	81
q	Standardmodellen – beregninger av baryontall	-	25	25	88
r	Standardmodellen – sterk kraft	-	25	25	96
2a1	Kvantemekanikk	-	25	25	81
2a2	Kvantemekanikk	-	25	25	46
3a	Kvantemekanikk	-	25	25	99
3b	Kvantemekanikk	-	25	25	69
3c	Kvantemekanikk	-	25	25	72
3d	Kvantemekanikk	-	25	25	50
4a	Standardmodellen – konsept	Standardmodellen	25	22	92
4b	Standardmodellen – anihillering	Standardmodellen	25	22	83
4c	Standardmodellen – bevaringslovene	Standardmodellen	25	22	83
4d	Standardmodellen – energiberegninger	-	25	25	49

Tillegg 6

1. forsøksrunde

Grunnlag for kvantitative data del B

Kapittelprøve fra emnet:

Hooke's lov

Del 1 uten hjelpemidler

a) En bil A med masse m og fart v østover frontkolliderer med en bil B med masse $2m$ og fart v vestover. Etter kollisjonen henger bilene sammen og har fart

- A $3/2 v$ vestover
- B $3/2 v$ østover
- C $v/3$ vestover
- D $v/3$ østover

b) Et legeme med massen m ligger i ro. Det utsettes for et støt slik at bevegelsesmengden til legemet blir p etter støtet. Støtet er elastisk. Endringen i legemets kinetiske energi er

- A. $p^2/2m$
- B. p^2m
- C. $p^2 m$
- D. $2p^2 m$

c) En person med masse m hopper strikkhopp fra en bru. Vi antar at forlengelsen av strikken er proporsjonal med strekkraften, og at proporsjonalitetskonstanten er k . Se bort fra luftmotstand. Personen får størst fart når forlengelsen av strikken er

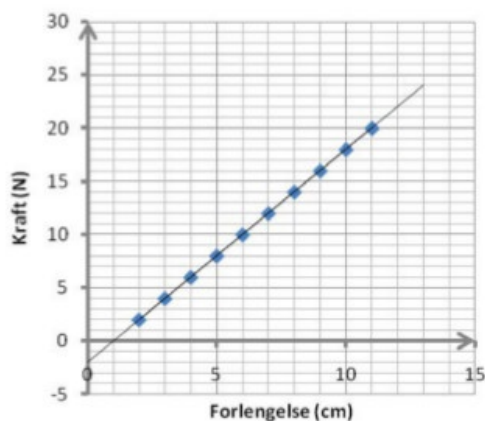
- A mg/k
- B 0
- C $2mg/k$
- D

d) Tabellen viser sammenhørende verdier av forlengelse og kraft målt på en fjær.

Forlengelse (+/- 0,1 cm)	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
Kraft (+/- 0,1 N)	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0

Disse punktene er plottet i et koordinatsystem. Lineær regresjon gir linjen som er tegnet inn.

Fjærkonstanten er
<input type="radio"/> A $(2,0 \pm 0,1)$ N/cm
<input type="radio"/> B $(1,8 \pm 0,2)$ N/cm
<input type="radio"/> C $(1,6 \pm 0,4)$ N/cm
<input type="radio"/> D $(1,0 \pm 1,0)$ N/cm



e) En kloss med masse m er festet til en fjær som igjen er festet til en vegg. Fjæra er presset sammen og har potensiell energi .



Vi slipper klossen. Den maksimale farten klossen kan få, er

- A $\frac{1}{2} mEp$
- B
- C
- D

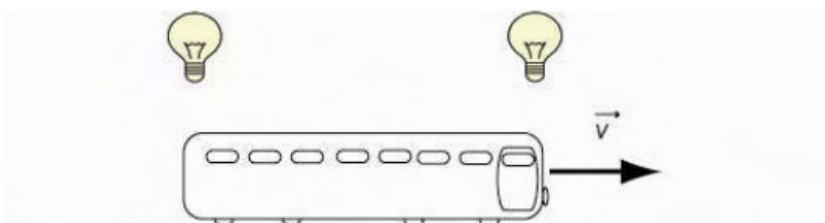
f) En fjær har fjærkonstanten k . Den er strukket en avstand x fra likevektsstillingen og har en potensiell energi E_p på grunn av strekket. Hva blir den nye potensielle energien dersom fjæra strekkes avstanden $2x$ fra likevektsstillingen?

- A. $\frac{1}{4} E_p$
- B. $\frac{1}{2} E_p$
- C. $2E_p$
- D. $4 E_p$

g) Kari drar fra jorda til Mars med farten $0,5 c$ målt fra jorda. På veien reiser hun forbi Astrid som befinner seg i en romstasjon som er i ro i forhold til jorda. De gjør begge noen målinger mens Kari er underveis. Hvilken av påstandene er korrekt?

- A Kari og Astrid vil begge måle samme lengde på avstanden mellom jorda og Mars.
- B Kari og Astrid vil måle samme reisetid på Kari's reise.
- C Kari og Astrid vil måle samme lyshastighet.
- D Kari og Astrid vil måle samme frekvens på et lyssignal som sendes fra jorda.

h) Et hurtigtog beveger seg fra venstre mot høyre med en fart nær lysets sammenlignet med perrongen. Fra toget kan passasjerene observere to lamper som blinker på perrongen. En observatør som står på perrongen midt mellom lampene, ser at de to lampene blinker samtidig. Hvis toget befinner seg midt mellom lampene når lampene blinker, vil passasjerene på toget observere



- O A at lampene blinker samtidig
- O B at lampa til høyre blinker før lampa til venstre
- O C at lampa til venstre blinker før lampa til høyre
- O D bare det ene lysglintet

i) Eivind og Dag sitter i et romskip med ansiktet mot hverandre. Eivind sitter til venstre.

Retten mellom dem står en lampe som er fastmontert i gulvet. Så lenge romskipet kjører med konstant fart, måler begge samme bølgelengde og frekvens på lyset fra lampen.

Romskipet akselererer mot høyre. Begge fortsetter å måle lysets bølgelengde og frekvens. Dag måler

- O A en mindre bølgelengde enn Eivind
- O B den samme bølgelengden som Eivind
- O C en større bølgelengde enn Eivind
- O D en større frekvens enn Eivind

j) En partikkel med hvilemassen m beveger seg med en fart v som er nær lysfarten. Partikkelens bevegelsesmengde p og kinetiske energi E er da

- O A. $p = mv$ og $E = 1/2 mv^2$
- O B. $p > mv$ og $E = 1/2 mv^2$
- O C. $p = mv$ og $E > 1/2 mv^2$
- O D. $p > mv$ og $E > 1/2 mv^2$

Del 2 Oppgave 1

En kloss ligger på et horisontalt underlag og er festet i en elastisk masseløs fjær som igjen er festet i en vegg, se figur 1. Vi ser bort fra friksjon. Klossen har masse $M = 0,50$ kg, og fjæra har fjærstivhet $k=15$ N/m



Figur 1

Prøve fysikk 2 kapittel 2 og 3

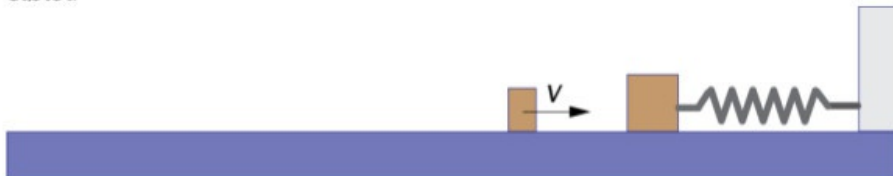
Vi presser fjæra sammen 0,20 m.

a) Vis at den potensielle energien i fjæra er 0,30 J.

Vi slipper klossen.

b) Bestem den største farten klossen får. Hvor langt går klossen før den snur?

Vi legger nå klossen i ro i likevektsstillingen. En annen kloss med masse $m = 0,25$ kg sendes med farten $v = 3,0$ m/s rett mot denne, se figur 2. Klossene henger sammen etter støtet.



Figur 2

c) Hva er den nye farta rett etter støtet?

d) Hvor mye kinetisk energi går tapt i støtet? Er støtet elastisk?

e) Hvor langt presses fjæra sammen?

Oppgave 2 Relativitetsteori

Pioner kan bli dannet i kollisjoner på CERN. Et pion i ro har i følge fysikktabellen en levetid på $8,4 \cdot 10^{-17}$ s.

- Hva er levetiden hvis farten er 99 % av lysfarten?
- Hvileenergien er 0,135 GeV. 1 eV er $1,60 \cdot 10^{-19}$ J. Hva er massen til pionet?
- Finn kinetisk energi til pionet.
- Etter kort tid blir pionet omdannet til 2 fotoner. Hva kan vi si om farten til de to fotonene?
- Finn bølgelengden til fotonene.
- Finn bevegelsesmengden til fotonene.

Prøve fysikk 2 kapittel 2 og 3

Løsning del 1

- a) C
- b) A
- c) A
- d) A
- e) C
- f) D
- g) C
- h) B
- i) C
- j) D

Tillegg 7

1. forsøksrunde

Grunnlag for kvantitative data del C

Kapittelprøve fra emnene:

Relativistisk tidsforskyvning

Standardmodellen

Prøve Fysikk 2 8.11 2012

Prøveinformasjon	
Prøvetid	90 minutter Del 1 skal leveres etter 45 minutter Del 2 skal leveres etter 90 minutter
Prøvegrunnlag	Kapittel 4+5, Rom Stoff Tid Fysikk 2
Hjelpemidler	Hele prøven: Vurderingsveiledning fra Utdanningsdirektoratet, vedlegg 1 og 2 Del 1: Vanlige skrivesaker inkludert passer, linjal, centimeter-mål og vinkelmåler er tillatt. Del 2: Alle hjelpemidler er tillatt, med unntak av Internett og andre verktøy som tillater kommunikasjon
Svarark	Skriv besvarelsen for oppgave 1 på eget svarskjema i vedlegg. (Du skal altså <i>ikke</i> levere inn selve prøveoppgaven med oppgaveteksten.) Skriv besvarelsen for alle de andre oppgavene på vanlige svarark.
Informasjon om oppgaven	Hver av de fire oppgavene teller omtrent like mye. I oppgave 1 er det flervalgsoppgaver med fire svaralternativer. Det er bare ett riktig svaralternativ på hver oppgave. Bruk vedlegget til å angi riktig svaralternativ. Du får poeng for hvert riktig svar. Du får ikke poeng for ubesvarte oppgaver. Du blir ikke trukket for feil svar. Det lønner seg derfor å svare selv om du er usikker på hvilket svaralternativ som er riktig.

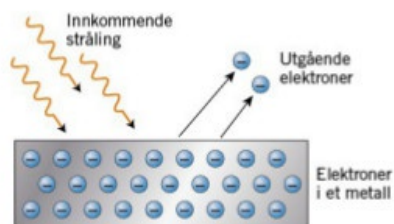
Del 1 Oppgave 1

- j) Hvilket av følgende utsagn om fotonet er sant?
- A Et foton har ingen masse og ingen bevegelsesmengde.
 - B Et foton har masse og bevegelsesmengde forskjellig fra null.
 - C Et foton har ingen masse, men bevegelsesmengde forskjellig fra null.
 - D Et foton har masse, men ingen bevegelsesmengde.
- k) Løsrivningsarbeidet for platina er dobbelt så stort som løsningsarbeidet for kalsium. Hvis den minste fotonenergien som kreves for å løsrive elektroner fra platina er E , så er den minste fotonenergien som kreves for å løsrive elektroner fra kalsium
- A $2E$ B $3E/2$ C $E/2$
 - D Kan ikke bestemmes på grunnlag av opplysningene gitt ovenfor
- l) En partikkel A har kinetisk energi E_k og de Broglie-bølgelengden λ . Partikkel B har kinetisk energi $2E_k$. Når vi kan tenke ikke-relativistisk, vil de Broglie-bølgelengden til partikkel B bli
- A $\lambda/2$ B λ C 2λ D 4λ
- m) For to fotoner som er sammenfiltrede gjelder
- A bestemmes polarisasjonen til det ene fotonet, kan du ikke bestemme polarisasjonen til det andre samtidig
 - B bestemmes polarisasjonen til det ene fotonet, bestemmer du samtidig polarisasjonen til det andre
 - C bestemmes posisjonen for det ene fotonet, kan du ikke bestemme posisjonen til det andre samtidig
 - D ingen av alternativene over
- n) Vekselvirkningspartikkelen for den elektromagnetiske kraften er
- A gluonet
 - B leptonet
 - C protonet
 - D fotonet
- o) For øyeblikket omfatter de grunnleggende elementærpartiklene
- A fotoner og baryoner
 - B leptoner og kvarker
 - C baryoner og kvarker
 - D baryoner og leptoner

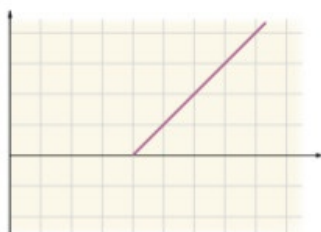
- p) Reaksjonen er
- A lovlig
 - B umulig; leptontallene er ikke bevart
 - C umulig; baryontall er ikke bevart
 - D umulig; energien er ikke bevart
- q) Et baryon har baryontall $+1$ og ladning $+e$. Hvilken kvarksammensetning kan stemme for dette baryonet?
- A B C D
- r) Hvilken av følgende partikler påvirkes IKKE av den sterke kjernekraften?
- A protonet
 - B antiprotonet
 - C positronet
 - D nøytronet

Oppgave 2

- a) Bildet under viser et fysisk fenomen.



- 1) Forklar hvilket fysisk fenomen bildet beskriver. Forklar også hvorfor dette fenomenet hadde så stor betydning for å forklare fotoner som lyskvanter.
- 2) Grafen under har en direkte sammenheng med fenomenet over.



Tegn av grafen. Sett navn og benevning på hver av aksene.

Forklar hvilke fysiske størrelser vi kan finne ut fra grafen og hvordan vi går fram for å finne hver av disse.

Del 2

Oppgave 3

a) Et foton har bølgelengde . Vis at fotonet da har frekvens

Ved et forsøk med fotoelektrisk effekt ble farten v til de frigjorte elektronene bestemt. Tabellen viser sammenhengen mellom v og bølgelengden til det innfallende lyset:

$\lambda / (10^{-9} \text{ m})$		442	478	522
$v / (10^5 \text{ m/s})$	5,33		3,25	1,69
	7,50	6,79		5,75
	1,29	0,819	0,481	

- b) Fyll ut resten av tabellen ovenfor. Du trenger ikke vise utregningene. Det blir poengtrekk dersom du ikke tar med riktig antall siffer i svarene.
- c) På siste side har vi plottet opp en skisse av resultatene i tabellen på forrige side. Grafen viser E_k som funksjon av f . Bruk grafen til å bestemme en verdi for Plancks konstant h .
- d) Bruk grafen til å finne grensefrekvensen og løsrivningsarbeidet. Grafen viser E_k som funksjon av f og har 10^{14} s^{-1} som enhet langs førsteaksen og 10^{-19} J som enhet langs andreaksen.

Oppgave 4

Forskere «fanget» antimaterie

Skrevet av: Lars Wærstad

Publisert 06.06.11 09:02 | Sist oppdatert 06.06.11 10:31

Forskere ved Den europeiske organisasjon for kjernefysisk forskning (CERN) i Sveits har klart å fange såkalt antimaterie. Dette er det mystiske stoffet som truer den katolske verden med masseødeleggelse i Dan Browns «Engler og demoner».

Ifølge den britiske avisen [Daily Mail](#) klarte forskere å fange antimaterie også i 2010, men den gang kun i brøkdelen av et sekund.

Nå har forskerne klart å bevare antimaterien, laget av hydrogen, i 16 minutter. Det er over 5000 ganger lenger enn sist gang.

Det såkalte antihydrogenet var mulig å fange i en superledende magnet, som trakk antiatomene bort fra veggene i magneten. Så fort antimaterie kommer i kontakt med materie, tilintetgjøres nemlig begge deler.

Forskningsprosjektet heter ALPHA, og resultatene er publisert i det vitenskapelige tidsskriftet Nature Physics.

Svært eksplosivt

Mange har hørt om antimaterie gjennom Dan Browns bok «Engler og demoner» og filmen basert på boken. I fiksjonen blir antimaterie stjålet, og brukt til å lage en bombe som vil utslette Vatikanet.

Bare et halvt gram antimaterie vil ha den samme kraften som 20 hiroshimabomber, men CERN poengterer at det ville tatt milliarder av år å lage, og at antimaterie er «helt trygt».

Mystisk materie

Antimaterie er en av universets store mysterier. Ifølge Big bang-teorien burde det vært skapt like mye antimaterie som materie. Problemet er at når antimaterie kommer i kontakt med materie, tilintetgjøres de øyeblikkelig, og alt som skulle vært igjen av universet, er lys.

Det vet vi jo ikke er tilfelle, og det virker som om det kun er antimaterien som er forsvunnet. Vi «mangler» altså halvparten av universet. Forskerne kan foreløpig ikke forklare hvorfor det er slik.

CERN-forskeren Jeffrey Hangst forteller ifølge den britiske avisen at eksperimentet kan gi vitenskapsmennene det første glimtet av strukturen i et antihydrogen. Antihydrogen er for øvrig antistoff nummer én på den antiperiodiske tabellen.

Ifølge [Forskning.no](#) er antimaterie «rett og slett atomer hvor elektronene har positiv elektrisk ladning, og protonene i kjernen har negativ. Ellers fungerer antiatomene helt som vanlige atomer, og kan for eksempel bygge opp antihydrogen, eller antijern».

<http://www.side3.no/article3165003.ece>

Artikkelen ovenfor refererer til hvordan noen atomer antihydrogen ble laget og oppbevart i 16 minutter ved CERN i Sveits i vår. Et antihydrogenatom består av et antiproton og et positron på samme måte som et hydrogenatom består av et proton og et elektron.

- a) Gjør rede for likheter og ulikheter mellom positronet og elektronet. Hvilke partikler består et proton av? Hvilke partikler består et antiproton av?

I teksten står det: «Så fort antimaterie kommer i kontakt med materie, tilintetgjøres nemlig begge deler.»

Når et elektron og et positron møtes kan følgende reaksjon skje:

- b) Hva kalles denne prosessen? I følge fysikkens lover må energien til fotonene som kommer ut av denne reaksjonen til sammen være minst $1,64 \cdot 10^{-13}$ J. Forklar hvorfor.

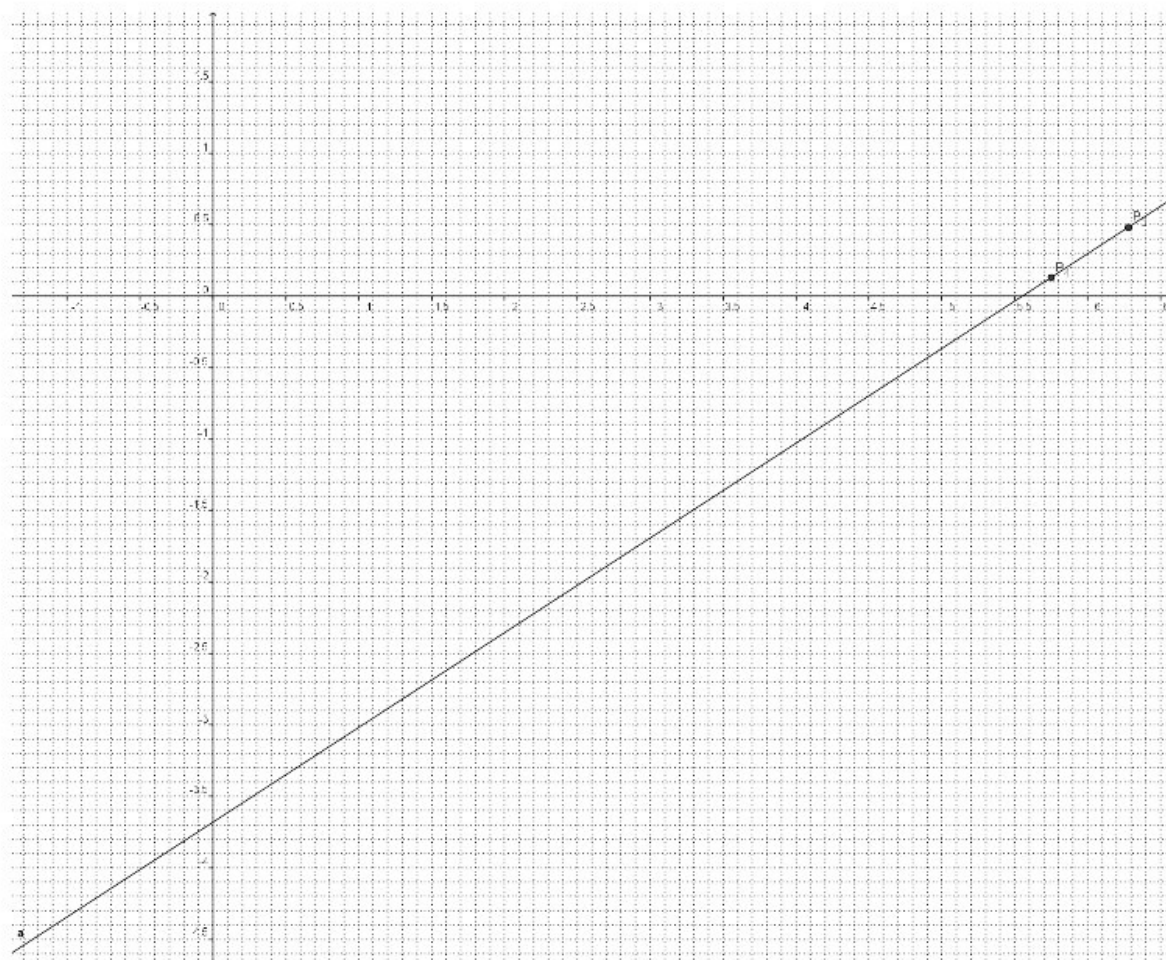
- c) Under er det foreslått tre alternativer til reaksjonen over med andre reaksjonsprodukter. Forklar hvordan hver av disse strider mot grunnleggende bevaringslover i fysikken.

- 1)
- 2)
- 3)

I artikkelen hevder forfatteren «Bare et halvt gram antimaterie vil ha den samme kraften som 20 hirosimabomber».

- d) Regn ut den maksimale energien som kunne bli frigjort om et halvt gram antimaterie møtte et halvt gram materie. Sammenlign med energien til en hirosimabombe på om lag 63 TJ. Kommenter svaret.

Heldagsprøve Fysikk 2



Tillegg 8

2. forsøksrunde

Grunnlag for kvantitative data

Kategorisering av spørsmålene på kapittelprøver

Oversikt over resultater						
Spørsmål	Tema	Primet i film	Ant.elever til utvalg	Gj.snitt ¹ skåre utvalg	Ant.elever til kontroll-gruppe	Gj.snitt skåre kontroll
Kapittelprøve 9						
1a	Definisjonen av fart	Emnet for spørsmålene var ikke primet i forsøket. Utgår fra utvalget.				
1b	Definisjonen av akselerasjon					
1c	Enheten for fart					
1d	Enheten for akselerasjon					
2	Måling av fart					
3	Bruk av formel $s=v \cdot t$					
4	Bruk av formel $s=v \cdot t$					
5	Forklare formel for akselerasjon					
6a	Bruk av formel for akselerasjon					
6b	Forklare negativ akselerasjon					
7.1	Newton's 1. lov					
7.2	Newton's 2. lov	Newton's 2. lov	9	89 %	12	88 %
7.3	Newton's 3. lov	Emnet for spørsmålet var ikke primet i forsøket. Utgår fra utvalget.				
8	Bruk av formel for Newton's 2. lov	Newton's 2. lov	9	100 %	12	83 %
9a	Bruk av Newton's 2. lov	Newton's 2. lov	9	78 %	12	46 %
9b	Bruk av Newton's 2. lov	Newton's 2. lov	9	44 %	12	25 %
10	Identifisere Newton's 3. lov i rakett	Emnet for spørsmålet var ikke primet i forsøket. Utgår fra utvalget.				

¹ Gjennomsnittsberegningen av svarpoeng for de oppgavene der elevene har blitt primet med film, er korrigert for de elevene som ikke har sett den filmen.

				utvalg		kontroll
Kapittelprøve 10						
1a	Huske formelen $W = F \cdot s$	Arbeid og energi	23	62 %	18	79 %
1b	Huske formelen $P = W/t$	Emnet for spørsmålene var ikke primet i forsøket. Utgår fra utvalget.				
2	Huske energiloven					
3	Energioverføring					
4	Forklare begrepet virkningsgrad					
5	Bruke formel for stillingsenergi	Energi i en pendel	23	86 %	18	86 %
6	Bruke formel for bevegelsesenergi	Energi i en pendel	23	71 %	18	88 %
7	Bruke formel for effekt	Emnet for spørsmålet var ikke primet i forsøket. Utgår fra utvalget.				
8	Kombinere formler for energi	Energi i en pendel	23	19 %	18	24 %
9a	Beregne bevegelsesenergi i eksperiment	Energi i en pendel	23	4 %	18	22 %
9b	Beregne stillingsenergi i eksperiment	Energi i en pendel	23	17 %	18	6 %

¹ Gjennomsnittsberegningen av svarpoeng for de oppgavene der elevene har blitt primet med film, er korrigert for de elevene som ikke har sett den filmen.

Tillegg 9

2. forsøksrunde

Grunnlag for kvantitative data del B

Kapittelprøve fra emnet:

Kraft og bevegelse

Oppgave 1

- a) Skriv definisjonen av fart
- b) Skriv definisjonen av akselerasjon
- c) Hva er enheten for fart?
- d) Hva er enheten for akselerasjon?

Oppgave 2

Fortell hvordan du vil gå fram for å bestemme farten til en elev som løper i skolegården. Du skal fortelle hvilke målinger du vil gjøre, og hvilke beregninger du må utføre.

Oppgave 3

Kari løper 60 m på 10 s. Regn ut hvor stor fart hun hadde. Vis hvordan du regner for å komme fram til svaret.

Oppgave 4

Hvor lang tid bruker du på en biltur på 240 km når gjennomsnittsfarten er 60 km/h. Vis hvordan du regner for å komme fram til svaret.

Oppgave 5

Akselerasjonen defineres ved uttrykket $a =$

Forklar hva symbolene står for.

Oppgave 6

Per sykler langs en rett vei. Truls måler farten til Per og finner ut at den er 5 m/s.

5 s senere måler Truls farten til Per på nytt. Nå er farten til Per 3 m/s.

- a) Regn ut akselerasjonen til Per.
- b) Hvis du har regnet riktig, har du fått et negativt tall. Hva betyr det at akselerasjonen er negativ?

Oppgave 7

Skriv Newtons 3 lover.

Oppgave 8

Regn ut kraften F som virker på en bil med masse $m = 1200$ kg og akselerasjonen $a = 3,0$ m/s².

Tegn en bok som ligger på et bord.

- a) Hvilke to gjenstander virker på boka?
- b) Tegn kreftene som virker på boka. Hvor store er disse kreftene i forhold til hverandre?
- c) Tegn en ny figur som viser motkreftene til kreftene som virker på boka.

Oppgave 9

Pil og bue

En bue har en kraft på 240 N. Pilen veier 0,125 kg.

- a) Regn ut akselerasjonen til pilen.
- b) Pilen akselererer i 0,05 s. Regn ut farten pilen har når den forlater buestrengen.

Oppgave 10

Forsøk med vannrakett

Hvilken av Newtons lover kan brukes til å forklare raketts fremdrift. Forklar hva som skjer. Bruk gjerne tegninger.

Tillegg 10

2. forsøksrunde

Grunnlag for kvantitative data del C

Kapittelprøve fra emnet:

Energi

Naturfagsprøve, kapittel 10

Navn: _____

Bruk verdien $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ i regnestykker.

Oppgave 1a) Skriv formelen som brukes for å regne ut arbeid. Skriv den med ord og med symboler.

b) Skriv formelen som brukes for å regne ut effekt. Skriv den med ord og med symboler.

Oppgave 2

Skriv energiloven

Oppgave 3 På hvilke to måter kan vi overføre energi?

Oppgave 4 Hva menes med virkningsgrad?

Oppgave 5 Hvor stor stillingsenergi i forhold til gulvet har en ball med masse 1,0 kg som ligger på ei hylle 2,0 m over gulvet?

Oppgave 6 Hvor stor bevegelsesenergi har en fotball med masse 0,5 kg når den har farten 10 m/s?

Oppgave 7 Liv bruker 5,0 s på å springe opp ei trapp. Hun har da kommet 7,0 m høyere opp. Livs masse er 50kg. Hvor stor har effekten hennes vært?

Oppgave 8 En skiløper står på toppen av en bakke som er 20 m høy. Han kjører bakken ned. Vi regner ikke med verken friksjon eller luftmotstand. Hvor høy fart har han nede? Gi svaret både i m/s og km/t.

Oppgave 9 Du har en kule på 3,0 kg. Du støter den med 180 N kraft i 30 cm i vannrett retning.

- a) Hvor stor bevegelsesenergi har kula fått?
- b) Kula støter nede i en liten ball på 250 gram. Ballen får all den energien som kula hadde. Denne ballen føres i en sving som retter ballens bevegelse rett oppover. Hvor høyt kommer den lille ballen?

Tillegg 11

Kvantitative data

- Tabell A: Første forsøksrunde
- Tabell B: Andre forsøksrunde, kapittelprøve 9
- Tabell C: Andre forsøksrunde, kapittelprøve 10
- Tabell D: Wilcoxon-test av data fra første forsøksrunde.
- Tabell E: Wilcoxon-test av data fra andre forsøksrunde, kapittelprøve fra kapittel 9.
- Tabell F: Wilcoxon-test av data fra andre forsøksrunde, kapittelprøve fra kapittel 10.

Tabell A: Første forsøksrunde – Elevenes testresultater

Gruppe A		Prøve 2																				I		II		III		IV		V	
		1a	1b	1c	1e	2a	2b	2c	2d	2e	j	k	l	m	n	o	p	q	r	2a1	2a2	3a	3b	3c	3d	4a	4b	4c	4d		
Vanskelighetsgrad	2	4	3	4	3	4	3	3	3	2	5	4	2	2	3	4	3	3	3	3	5	3	4	4	4	3	4	3	5		
Spørsmål->	1a	1b	1c	1e	2a	2b	2c	2d	2e	j	k	l	m	n	o	p	q	r	2a1	2a2	3a	3b	3c	3d	4a	4b	4c	4d			
Eleve A1	2	1,5	2	2	2	2	2	1,5	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	2	1,5	2	2	2	2	0,5		
Eleve A2	2	1	2	2	2	1,5	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	3	1,5			
Eleve A3	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	2	0	2	1	2	2	3	1,5		
Eleve A4	2	1	2	2	1,5	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2	2	1	2	2	3	1,5			
Eleve A5	2	1,5	1	1,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2	2	4	1	1	1	3			
Eleve A6	2	2	2	2	2	2	2	1,5	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	2	4	2	2	2	2	2			
Eleve A7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt			
Eleve A8	2	1	1	2	2	1,5	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	2	2	1	1	1,5	2	2	2			
Eleve A9	2	1,5	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	2	2	2	2	2	2	2			
Eleve A10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	2	4	1	2	1	1,5	2			
Eleve A11	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt			
Eleve A12	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	2	2	1	2	2	1	1,5			
Eleve A13	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2,5	1,5	2	4	2	2	2	2	2			
Eleve A14	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt	ikke delatt			
Eleve A15	2	1,75	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2,5	0,5	2	1	2	2	1,5	2	3			
Eleve A16	2	1,5	2	2	2	2	2	1,5	2	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2	2	2	2	2	2	0,5			
Eleve A17	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2,5	2	2	2	2	2	2	2	2			
Eleve A18	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1,5	0,5	0	2			
Eleve A19	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	2	4	2	2	2	3	1			
Eleve A20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2	4	2	2	1,5	1	3			
Eleve A21	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1,5	2	4	2	2	2	3	1			
Eleve A22	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	0	2	2	2	2	1	3	0,5			
Eleve A23	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1,5	2	4	2	2	2	3	2			
Eleve A24	2	1,5	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2,5	1	2	4	1	0	2	2	3	0			
Eleve A25	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,5	1,5	2	0	1,5	2	3	0,5	2			
Eleve A26	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	2	2	2	2	2	3	2			
Eleve A27	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2,5	1	2	2	0,5	0	2	0,5	2	2			
Poengsum	40	28,8	41,5	29,5	33,5	36	37	18	16,5	16	19	3	23	13	19	17	22	24	60,5	34,5	49,5	69	36	25	40,5	36,5	54,5	24,5			
Maks poeng	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	2	4	2	2	2	3	2			
		Maksimal poengsum																				33		Gjennomsnitt		19		64		74	
																						Median i intervallet med senter i:		60		80		80			
																						Typetall i intervallet med senter i:		50		80		80			

Kommentarer til tabellene:

Kolonne II og III:

Består av poengsum og suksessrate på alle oppgavene der spørsmålets tema ikke har vært forberedt (primet) i prosjektet. Begrepet «suksess %» står for prosentvis riktige svarpoenger i forhold til det maksimale.

Kolonne IV og V:

Verdien angir hhv. elevens poengsum og suksessprosent på de spørsmålene der emnet har vært forberedt (primet) i prosjektet, og der den angjeldende eleven ikke hadde fravær da filmen ble vist. Eventuelle poenger teller ikke med, hverken i oppnådd poengsum eller elevens maksimale poengsum dersom eleven hadde fravær da filmen ble vist.

Fargekoder:

Mørk gul farge angir spørsmål som ikke har blitt forhåndsintrodusert med film, mens lys gul farge indikerer spørsmål fra temaer som ble forhåndsintrodusert (primet).

Grå farge angir felter som skulle ha vært lys gule (primede temaer), men der eleven hadde fravær da forhåndsintroduksjonene skjedde. Data fra disse spørsmålene er derfor også holdt utenfor ved beregninger i kolonnene IV og V for den eleven det gjelder.

Grønn farge angir prøver der eleven mottok undervisning, men ikke avgav prøve. Det finnes dermed ingen kvantitative data fra de spørsmålene som er angitt med grønn fargekode for den eleven. Disse potensielle poengene er derfor heller ikke tatt med ved beregninger i kolonnene IV og V for denne eleven.

Tabell B: Andre forsøksrunde – Elevenes testresultater, kapittelprøve 9

I															II	III	IV	V			
Gruppe B – filmforsøk															Spørsmål uten priming	Spørsmål med priming					
Filmforsøk	Kapittelprøve 9														Sum	Suksess %	Sum	suksess %			
Spørsmål ->	1a	1b	1c	1d	2	3	4	5	6a	6b	7.1	7.2	7.3	8	9a	9b	10				
Vanskelighetsgrad	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3	4	4	3,5	3,5	3,5	3	5	5	5				
Elev B1	0,5	0,5					1	1	1	0,5	1		0,5	1	1		1	7	54	0	0
Elev B2	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5		1	10,5	81	2,5	63
Elev B3	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	0,75		1	1	1	1		2	10,75	83	3	75
Elev B4	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2,5	12,5	96	4	100
Elev B5	0,5				1	0,75	1	1					1				2	7,25	56	0	0
Elev B6	0,25	0,25	0,5	0,5	1	1	1	0,5		1		1	1	1			1,5	8,5	65	2	50
Elev B7	0,5		0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	2	10,5	81	4	100
Elev B11	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	3	12,5	96	4	100
Elev B16	0,5	0,5	0,5	0,25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	12,75	98	4	100
Elev B23	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,75	1	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5		1	8,25	63	2,5	63
Poengsum	4,75	3,75	4	3,75	7,5	9	10	9,5	6,75	8	6,5	8	8	9	7	4	19				
Maksopoeng	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3				
Maksimal poengsum															13		4				
Gjennomsnitt																77		72			
Median i intervallet med senter i:																80		80			
Typetall i intervallet med senter i:																80		100			

I															II	III	IV	V			
Gruppe C – kontrollgruppe															Spørsmål uten priming	Spørsmål med priming i gr. B					
Kontrollgruppe	Kapittelprøve 9														Sum	Suksess %	Sum	suksess %			
Spørsmål ->	1a	1b	1c	1d	2	3	4	5	6a	6b	7.1	7.2	7.3	8	9a	9b	10				
Vanskelighetsgrad	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3	4	4	3,5	3,5	3,5	3	5	5	5				
Elev C1			0,5		1	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	1			2,5	9	69	2	50
Elev C2	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	0,5		0,5	8,75	67	2,5	63
Elev C3	0,5	0,5			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	12	92	3	75
Elev C4	0,25	0,25	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	2,5	11	85	4	100
Elev C5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	3	12,5	96	4	100
Elev C6	0,5		0,5	0,5	1	1	1	1	0,5	1	0,5			1			3	10,5	81	1	25
Elev C7	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		2,5	12,5	96	3	75
Elev C8			0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1			1,5	10	77	1,5	38
Elev C9	0,25	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5			3	12,75	98	1,5	38
Elev C10	0,5		0,25	0,25	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1			1,5	10	77	2	50
Elev C11	0,5	0,5			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		3	12	92	3	75
Elev C13	0,5	0,25	0,5	0,5	1	1		0,5	0,5	1	1	1	1	0,5			1	8,75	67	1,5	38
Poengsum	4,25	3	4,75	4,25	11,5	12	10	11,5	10	12	11,5	10,5	8	10	5,5	3	27				
Maksopoeng	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3				
Maksimal poengsum															13		4				
Gjennomsnitt																83		60			
Median i intervallet med senter i:																80		55			
Typetall i intervallet med senter i:																80		40			

Kommentarer til tabellene:

Kolonne II og III:

Består av poengsum og suksessrate på alle oppgavene der spørsmålets tema ikke har vært forberedt (primet) i prosjektet. Begrepet «suksess %» står for prosentvis riktige svarpoenger i forhold til det maksimale.

Kolonne IV og V:

Verdien angir hhv. elevens poengsum og suksessprosent på de spørsmålene der emnet har vært forberedt (primet) i prosjektet, og der den angjeldende eleven ikke hadde fravær da filmen ble vist. Eventuelle poenger teller ikke med, hverken i oppnådd poengsum eller elevens maksimale poengsum dersom eleven hadde fravær da filmen ble vist.

Fargekoder:

Mørk gul farge angir spørsmål som ikke har blitt forhåndsintrodusert med film, mens lys gul farge indikerer spørsmål fra temaer som ble forhåndsintrodusert (primet).

Grå farge angir felter som skulle ha vært lys gule (primede temaer), men der eleven hadde fravær da forhåndsintroduksjonene skjedde. Data fra disse spørsmålene er derfor også holdt utenfor ved beregninger i kolonnene IV og V for den eleven det gjelder.

Grønn farge angir prøver der eleven mottok undervisning, men ikke avga prøve. Det finnes dermed ingen kvantitative data fra de spørsmålene som er angitt med grønn fargekode for den eleven. Disse potensielle poengene er derfor heller ikke tatt med ved beregninger i kolonnene IV og V for denne eleven.

Tabell C: Andre forsøksrunde – Elevenes testresultater, kapitellprøve 10

I												II		III		IV		V	
Gruppe B – filmforsøk												Spørsmål uten priming		Spørsmål med priming					
Filmforsøk	Kapittelprøve 10											Sum	Suksess %	Sum	suksess %				
Spørsmål ->	1a	1b	2	3	4	5	6	7	8	9a	9b								
Vanskelighetsgrad	2,5	2,5	1,5	1	2	2,5	2,5	4,5	5,5	6	6								
Elev B1		1,5	2	1				1,5					6	71	0	0			
Elev B2		1,5	2	2		2	2						5,5	65	5,5	58			
Elev B3		1,5	2	2	1	2	2	2					8,25	97	6,5	68			
Elev B4		1,5	2	2	1	2	2	2	1,5		1		8,25	97	8	84			
Elev B5			2	2	1	2	2						6	71	4	42			
Elev B6		1,5	2	2		2		1,5					6	71	3,5	37			
Elev B7													0	0	0	0			
Elev B8		1,5	2	2		2	1,5						5,5	65	0	0			
Elev B9		1,5	2	2	1	2	2				1		6,5	76	6,5	68			
Elev B10		1,25	2	2	1	2	1						6,25	74	0	0			
Elev B11		1,5	2	2	1	2	2	2	2				8,5	100	7,5	79			
Elev B12		0,25	2	2	0,5	2		1,5					7,25	85	2,25	24			
Elev B13		0,5	1,5	1	1,5	2	2			0,5			4	47	5	53			
Elev B14		1	2	2	1	2	2	2					8,5	100	5	53			
Elev B15		1,5	2	1	1	2	2	0,5					6	71	5,5	58			
Elev B16			2	1		2	2	0,5			1		5	59	5	53			
Elev B17		1,5	2	1	1	2	2	2	1				7,5	88	6,5	68			
Elev B18		1,5	2	2	1	2	2	0,5					7	82	5,5	58			
Elev B19			2	2	0,5	2							5,5	65	2	21			
Elev B20		1,25	2	2	1	1,75	2	2	2				8,5	100	7	74			
Elev B21		0,5	2	2	1	2	2	2	1,75		1		8,5	100	0	0			
Elev B22			2	0,5									2,5	29	0	0			
Poengsum	21,3	28,5	43	38	14	39,8	32,5	21,5	8,75	1	4								
Makspoeng	1,5	1,5	2	2	1	2	2	2	2	1	1								

Gjennomsnitt	74	50
Median i intervallet med senter i:	75	60
Typetall i intervallet med senter i:	100	60

I												II		III		IV		V	
Gruppe C – kontrollgruppe												Spørsmål uten priming		Spørsmål med priming i gr. B					
Kontrollgruppe	Kapittelprøve 10											Sum	Suksess %	Sum	suksess %				
Spørsmål ->	1a	1b	2	3	4	5	6	7	8	9a	9b								
Vanskelighetsgrad	2,5	2,5	1,5	1	2	2,5	2,5	4,5	5,5	6	6								
Elev C1		1,5	2		0,5	2	2	0,5					4,5	53	5,5	58			
Elev C2		1,5	2		0,5	1,6	1,7	1,7					5,7	67	4,8	51			
Elev C3		1,5	2	2	1	2	2	2	2				8,5	100	7,5	79			
Elev C4		1,5	0,5		1	2	2	2	1	1			5	59	7,5	79			
Elev C5		1,5	2	2	1	1,6	1,7	1,7	2	1			8,2	96	7,8	82			
Elev C6		1	2	0,5		2	2	0,5					4,5	53	5	53			
Elev C7		1,5	2	2	1	2	2	2	2	1	1		8,5	100	9,5	100			
Elev C8		1,5	2	2	1	2	2	1					7,5	88	5,5	58			
Elev C9			2	2	1	1,6	1,7	1,7					7,7	91	3,3	35			
Elev C10		1,25	2	1	1	2	2	2		1			6	71	6,25	66			
Elev C11		1	2	1,25	1	2	2	2					7,25	85	5	53			
Elev C12		1,5	2	2	1	2	2						6,25	74	5,5	58			
Elev C13		1,5	2	2	1	2	2	2					8,25	97	5,5	58			
Elev C14		1,25	2	2	1	2	2	2					8,5	100	5,25	55			
Elev C15		1,25	2	2	0,5	2	2	0,5	1,5				6,25	74	6,75	71			
Elev C16		1,5	2	1	1	2	2						5,5	65	5,5	58			
Elev C17			1,5	0,5	1,5		0,5						5	59	0,5	5			
Poengsum	21,3	22,8	33	23,8	15	30,8	31,6	21,6	8,5	4	1								
Makspoeng	1,5	1,5	2	2	1	2	2	2	2	1	1								

Gjennomsnitt	76	57
Median i intervallet med senter i:	70	60
Typetall i intervallet med senter i:	100	60

Forklaring på fargekoder: Se foregående side

Tabell D
1. Forsøksrunde
Wilcoxon Rank Sum Test

		Rank	
Elev A18	100		
Elev A21	100	2,5	
Elev A27	100	2,5	
Elev A3	100	2,5	
Elev A23	97	5,5	
Elev A26	97	5,5	
Elev A21			7,5
Elev A19	92	7,5	
Elev A13			10
Elev A18			10
Elev A23			10
Elev A8	90	12	
Elev A13	89	13,5	
Elev A16	89	13,5	
Elev A26			15
Elev A19			16
Elev A15	84	18	
Elev A24	84	18	
Elev A6	84	18	
Elev A1	83	20	
Elev A4	82	21	
Elev A2	79	23	
Elev A16			23
Elev A9			23
Elev A6			25,5
Elev A8			25,5
Elev A9	74	27	
Elev A15			28,5
Elev A10			28,5
Elev A20	69	30	
Elev A5	68	31	
Elev A3			32
Elev A24			33
Elev A4			34
Elev A14			35,5
Elev A2			35,5
Elev A12	60	37	
Elev A17			38
Elev A12			39,5
Elev A27			39,5
Elev A22	53	41,5	
Elev A25	53	41,5	
Elev A1			44
Elev A25			44
Elev A5			44
Elev A22			46
Elev A11			47
Elev A14	27	48,5	
Elev A17	27	48,5	
Elev A20			
Elev A7	25		
Elev A11	15	52,5	
Elev A7			52,5
	593,5	837,5	
	w1	w2	
	242,5	459,5	
	u1	u2	

Tilnærming til standardfordeling
ihht standard prosedyre
Gjennomsnitt 351
Standardavvik 39,7429
Z -2,73
P(Z < -2.73) 0,0032 Fra tabell

Wilcoxon Rank Sum Test på resultatene av kapiteltester

Tabell F
2. Forsøksrunde – Kapiteltest kapittel 10
Wilcoxon Rank Sum Test

		Rank	
Elev C7	100		1
Elev B4	84	2	
Elev C5	82		3
Elev B11	79	5	
Elev C3	79		5
Elev C4	79		5
Elev B20	74	7	
Elev C15	71		8
Elev B17	68	10	
Elev B3	68	10	
Elev B9	68	10	
Elev C10	66		12
Elev B15	58	17	
Elev B18	58	17	
Elev B2	58	17	
Elev B21	58	17	
Elev C1	58		17
Elev C12	58		17
Elev C13	58		17
Elev C16	58		17
Elev C8	58		17
Elev C14	55		22
Elev B13	53	25	
Elev B14	53	25	
Elev B16	53	25	
Elev C11	53		25
Elev C6	53		25
Elev C2	51		28
Elev B5	42	29	
Elev B6	37	30	
Elev C9	35		31
Elev B12	24	32	
Elev B19	21	33	
Elev C17	5		34,5
Elev C18	5		34,5
Elev B1	0	36,5	
Elev B7	0	36,5	
		384	319
		w1	w2
		194	148
		u1	u2

Tabell E
2. Forsøksrunde – Kapiteltest kapittel 9
Wilcoxon Rank Sum Test

		Rank	
Elev B11	100	3,5	
Elev B16	100	3,5	
Elev B4	100	3,5	
Elev B7	100	3,5	
Elev C4	100		3,5
Elev C5	100		3,5
Elev B3	75	8,5	
Elev C11	75		8,5
Elev C3	75		8,5
Elev C7	75		8,5
Elev B2	62,5	12	
Elev B23	62,5	12	
Elev C2	62,5		12
Elev B6	50	15	
Elev C1	50		15
Elev C10	50		15
Elev C13	37,5	18	
Elev C8	37,5	18	
Elev C9	37,5	18	
Elev C6	25	20	
Elev B5	0	21	
		82,5	148,5
		w1	w2
		37,5	70,5
		u1	u2

Kritisk verdi
på laveste u v/alfa 0,05 30

Kritisk verdi
på laveste u v/alfa 0,05 116

Tillegg 12

Manus: Hooke's lov

Hooke's lov

manus

0:00 **Plakat: Opphavsrett**

Scene 1:

Hele skjermen unntatt den øverste delen er skjermet/avblendet. I den øverste delen vises overskrift/filmtema «Energibevaring i elastisk fjær». Bakgrunnen er hvit.

0:06 ***...mens spotlight følger heading på skjermen:***

Hei - denne videoen handler om energibevaring i elastisk fjær

Scene 2:

Hvit bakgrunn. Overskriften beholdes fra scene 1. En animasjon av en bueskytter vises litt til venstre for skjermbildet. Han spenner buen på skrå opp mot høyre

0:13 ***...mens bueskytteren skyter pila på skrå oppover***

Ei sånn fjær kan jo være buen som skyter pila av gårde. Men vi mennesker har mange måter å nyttegjøre oss fjær på

0:24 ***Bueskytteren forsvinner, og erstattes av tre fiskevekker***

Vi kan for eksempel veie en fisk

0:27 ***Spotlight beveges til fiskevekta lengst til venstre. En sur «smiley» kommer til syne***

Av og til får vi ingen fisk å veie

0:30 ***Spotlight beveges til fiskevekta i midten. En fornøyd «smiley» kommer til syne***

Men noen ganger så får vi en fisk

0:34 ***Spotlight beveges til underkanten av fiskevekta. En fisk kommer til syne***

og den kan vi henge på vekta - og se hvor tung den fisken er. Det ser vi på vekta med ei fjær som strekkes av tyngda

0:42 ***Spotlight beveges til fiskevekta til høyre. En svært fornøyd «smiley» kommer til syne***

av og til er vi ekstra heldig

0:45 ***Spotlight beveges til underkanten av fiskevekta. En større fisk kommer til syne***

og da får vi bruk for nesten hele fjærlengda

Scene 3:

Hvit bakgrunn. De tre fiskevektene fra forrige skjermbilde forminskes og plasseres slik at de opptar den venstre delen av skjermbildet. Høyre halvdel av skjermen viser nå et koordinatsystem der horisontalaksen er merket med «x = fjærforskyvning» og vertikalaksen er merket med «F = kraft».

- 0:50** ***...mens spotlight tegner en stiplet linje fra den tomme vekta til origo***
Dersom vi ikke har noe å henge i vekta vår, så har vi ingen kraft som drar i vekta
- 0:58** ***...mens spotlight følger merkingen til horisontalaksen***
og dermed blir det ingen fjærforskyvning
- 1:03** ***...mens spotlight tegner en stiplet linje fra den mellomste vekta til et punkt i koordinatsystemet***
men dersom vi har en liten kraft som drar i vekta
- 1:13** ***...mens spotlight tegner en stiplet linje fra vertikalaksen og til punktet i koordinatsystemet***
som det her..
- 1:16** ***...mens spotlight tegner en stiplet linje fra punktet i koordinatsystemet og til horisontalaksen***
...så vil fjærforskyvninga bli så stor
- 1:24** ***...mens spotlight tegner en stiplet linje fra vekta lengst til høyre (med den største fisken), til et punkt i koordinatsystemet som ligger på en rett linje mellom origo og det første punktet***
og naturligvis: Dersom krafta som drar i fjæra er enda større - som det her
- 1:34** ***...mens spotlight tegner en stiplet linje fra vertikalaksen og til punktet i koordinatsystemet, og videre ned på horisontalaksen***
da ser vi at fjærforskyvninga blir også mye større
- 1:43** ***...mens spotlight følger vertikal- og horisontalaksen, og en imaginær linje mellom origo og de to punktene som er avmerket***
Vi ser at forholdet mellom krafta som drar og fjærforskyvninga kan se ut som å ligge på ei linje
.....og det er akkurat det den gjør
- 1:55** ***...mens verktøy grafegenskaper tas frem og benyttes til å tegne en linje mellom punktene***
På begynnelsen av 1700-tallet så var det en som het Hooke som klarte å bevise vitenskapelig at dersom man drar i fjæra - ikke for mye sånn at den blir ødelagt, men passe mye - så vil den følge ei sånn linje
- 2:12** ***...mens spotlight følger linja som er tegnet***
det er altså en lineær sammenheng

- 2:17** **...mens fiskene fjernes**
den sammenhengen fikk selvfølgelig navn etter han som klarte å bevise den,
- 2:24** **Dra opp et skilt med teksten «Hooke's lov»**
og dermed så heter den Hooke's lov
- 2:31** **...mens en plakat med Hooke's lov på matematisk form tas opp**
matematisk så ser den sånn her ut:
- 2:35** **...mens spotlight følger elementene i ligninga**
krafta F er lik konstanten k ganger x som er fjærforlengelsen
- 2:44** **...mens spotlight flyttes til origo og derfra følger den vertikale akse i koordinatsystemet**
med andre ord: Krafta som her vises opp langs y -aksen,
- 2:50** **...mens spotlight flyttes tilbake til origo igjen og så følger den horisontale akse**
...er proporsjonal med fjærforskyvninga som er langs x -aksen her
- 3:00** **spotlight flyttes tilbake til ligninga og framhever faktoren k**
« k » blir det som vi ofte kaller en proporsjonalitetskonstant, eller i dette spesielle tilfellet: Fjærkonstanten
- 3:09** **plakat med teksten « $k = \text{fjærkonstanten}$ » tas opp**
Sånn!
Fjærkonstanten forteller noe om den fjæra som er i den vekta vi bruke
Dersom vekta som vi bruke hadde hatt ei veldig stiv fjær,
- 3:20** **...mens spotlight beveges et langt stykke langs vertikal akse**
så hadde vi måttet bruke mye kraft
- 3:23** **...mens spotlight beveges et kort stykke langs horisontal akse**
for å bevege fjæra lite grann
- 3:26** **...mens en grønn linje med høyere stigningsfaktor enn den opprinnelige tegnes**
Da hadde kurven vår kanskje sett sånn her ut.
På samme måte er det dersom fjæra er veldig myk
- 3:36** **...mens spotlight beveges et langt stykke langs horisontal akse**
Da vil fjæra forskyve seg veldig mye
- 3:40** **...mens spotlight beveges et kort stykke langs vertikal akse**
når vi bruker veldig lite kraft
- 3:42** **...mens en grønn linje med lavere stigningsfaktor enn den opprinnelige tegnes**
Da vil kanskje kurven vår se sånn ut

- 3:49** ***...mens spotlight flyttes til overskriften på siden og hviler på ordet «energibevaring»***
Den store hemmeligheta til fjærer er jo at de kan bevare og lagre energi og nå skal vi se hvordan vi kan regne ut det
- 3:59** ***Elementet «E=» plasseres i øvre venstre kvartil på skjermen, og spotlight etterpå hviler på elementet***
Energi kjenner vi jo til som summen av alt arbeidet vi må gjøre
- 4:05** ***...mens spotlight flyttes til koordinatsystemet på høyre side og følger linja for funksjonen***
når vi skal endre noe - for eksempel strekke ei fjær
- 4:11** ***mens det startes med merking med orange i arealet under linja***
når fjæra trekkes den første lille biten, kreves det så mye kraft
- 4:16** ***Neste orange område merkes***
den neste biten, ser vi, kreve litt mer krefter
- 4:22** ***...mens merkinga fortsetter helt ut***
og sånn kan vi fortsette helt til fjæra er strukket ut så langt som vi skal måle på
- 4:48** ***...mens spotlight påviser arealet under linja***
vi ser da at summen av alt arbeidet vi har gjort, det blir lik arealet under denne grafen et sånt areal vet vi er ganske enkelt å regne ut
- 5:01** ***spotlight følger verdilinja fra vertikal akse og bort til funksjonslinja***
denne streken viser hvor langt fjæra har forskjøvet seg
- 5:07** ***plakat med teksten «x» flyttes inn og plasseres over linja***
den gir oss altså x-verdien
- 5:16** ***spotlight følger verdilinja fra horisontal akse og bort til funksjonslinja***
denne streken viser hvor mye kraft vi har måttet bruke på den siste lille forskyvninga
- 5:26** ***plakat med teksten «kx» flyttes inn og plasseres ved siden av linja***
den viser altså kraft, eller k gange x
- 5:33** ***spotlight flyttes tilbake til formelen «F = kx» og legges over elementet «kx»***
den sammenhengen vet vi jo fra Hooke's lov
- 5:39** ***spotlight følger firkanten som nå er påvist i grafen***
nå ser vi jo at arealet av hele denne firkanten det er jo x ganger k gange x
- 5:55** ***plakat med teksten «k·x·x» plasseres inn i den nye formelen***
sånn

- 6:01** ***...mens spotlight følger trekant***
men vi er jo bare interessert i halvparten av hele det arealet
så vi må dele arealet på to
- 6:10** ***spotlight setter fokus på formelen, der uttrykket settes på en brøkstrek med «2» i nevneren***
sånn som her
- 6:12** ***...mens uttrykket gjøres om til det kjente formatet, og en plakat med teksten «Energi:» plasseres over formelen (spotlight hviler på området)***
Og når vi trekker sammen og gjør uttrykket penere får vi at energien E er lik $1/2$ ganger kx i andre
og det kan vi se ligner på andre uttrykk for energi som du sikkert kjenner fra før
..og det er hemmeligheten til fjæra som gjør at den er veldig kraftfull å bruke
- Scene 4:**
- Hvit tom bakgrunn. Bare overskriften fra forrige scene beholdes.
- 6:39** ***...mens bilder av kenguru som hopper og alv som skyter med pil og bue plasseres i skjermbildet***
både i dyreverdenen og i eventyrverdenen når det skal lades opp energi til neste hopp eller et skudd.
- 6:54** ***...mens bilde av sko med påmonterte spiralfjærer og ett bilde av en moderne hoppestokk plasseres i skjermbildet***
Men den mest effektive fjæra er det mennesket som lager. Spiralfjæra er nemlig den eneste av disse som følger Hooke's lov. Så pass deg - for husk: I ei spiralfjær av stål får du tilbake all energien du lader i den.
- Scene 5:**
- 7:15** Filmklipp av forfeilet trampolinehopp
- 7:21** ***Rulletekst***
- 7:29** **Slutt**

Tillegg 13

Manus: Relativistisk tidsforlengelse

Relativistisk tidsforlengelse

manus

0:00 **Plakat: Opphavsrett**

Scene 1:

Hele skjermen unntatt den øverste delen er skjermet/avblendet. I den øverste delen vises overskrift/filmtema «Relativistisk tidsforlengelse». Bakgrunnen er hvit.

0:05 **...mens spotlight følger overskrifta**

Hei. Denne filmen handler om relativistisk tidsforlengelse

Scene 2:

Hele avblendingen fjernes. Overskriften blir stående, og skjermen ellers er hvit.

0:13 **...mens bilder av ulike utgaver av VW «boble» plasseres på skjermen**

Mange mennesker synes at bobla er en tøff bil – noen synes at den er heilt rå – noen synes den er sjarmerende, og noen har laget seg en veldig stilig utgave av den

Scene 3:

Alle bildene fjernes. Overskriften blir stående. En kabriolet-utgave av «bobla» som kjører mot høyre vises på skjermen. Kalesjen er slått ned. Oppi bilen sitter en gutt med en ball i handa.

0:28 tenk deg at du har ei sånn kabriolet-boble, som kjører avgårde. I handa har du en ball.

0:34 **Animasjonen av gutten kaster ballen opp i luften. Ballen forsvinner ut gjennom venstre bildekant**

Uten å tenke deg om, kaster du ballen litt opp i luften. Hva skjer?
Jo – ballen blir selvfølgelig tatt av luften som suser forbi bobla di.
Men har du tenkt på – dersom du slår opp kalesjen:

0:50 **Animasjonen av bilen erstattes med en versjon der kalesjen er oppslått. Gutten kan sees under kalesjen, og det vises tydelig at ballen blir kastet opp inni bilen. Kalesjen viser en tydelig deformasjon der ballen treffer**

Da kan du jo plutselig kaste opp ballen, og den detter ned igjen i handa di.

0:55 **...mens animasjonen gjentas så lenge som nødvendig på skjermen**

Ettersom du nå er fysiker, så forstår du at det er fordi bobla di nå er lukket og danner sitt eget system. Som fysiker kan du si at ballen beveger seg i en annen referanseramme enn luften på yttersida av bobla.

Kanskje var det i en sånn boble Einstein satt da han fikk ideen til det første postulatet i relativitetsteorien. Det som sier at fysikkens lover gjelder for alle treghetssystemer. Når du sitter i en boble med kalesjen over, og bobla ikke akselererer men bare kjører rett fram,

betyr det at dersom du kaster en ball opp, vil den falle ned igjen i handa di helt som vanlig. Dersom du sitter i bobla og kjører, så kan du godt si at luftmolekylene farer forbi på utsiden. Men om du står på utsiden og det er vindstille, vil det være riktig å si at det er bobla som suser forbi luftmolekylene, ikke sant? En av de geniale tingene som Einstein sa, var at begge tingene er riktige å si. Det er umulig å si hvilke objekter – eller referanserammer - som beveger seg, og hvilke som står stille. De beveger seg i forhold til hverandre – altså relativt til hverandre.

Scene 4:

Alle bildene fjernes. En elv skisseres på skjermen. I elva ser vi en animasjon av en svømmende kvinne.

2:03 Einstein sa én ting til: Det som vi kaller det andre postulat. Det han sa var at lyset sin fart er den samme i alle referanserammer. Det betyr: Du kan ikke legge til eller trekke fra avsenderfarta til lyset. Når lyset er sluppet ut, vil det bevege seg med lyshastigheten i forhold til den som ser lyset, uavhengig av farta til lyspæra. Det er stikk imot det som er vanlig:

2:28 ***...mens animasjonen av svømmeren beveges medstrøms/«nedover» i elva***

Dersom du svømmer med strømmen i en elv, vil en som står på land og ser på deg, se din fart som

2:34 ***En vektorpil som merkes « v_1 » tegnes fra der svømmeren startet og et stykke i retning der svømmeren nå befinner seg. Så tegnes en ny vektorpil som merkes « v_2 » i en annen farge fra der den første vektorpila sluttet og til der svømmeren er. Til slutt vises en plakat med formelen « $s = (v_1 + v_2) \cdot t$ »***

svømmefarta pluss farta vannet har i elva.

2:41 ***...mens et rødt kryss tegnes over hele illustrasjonen***

Det gjelder altså ikke for lys – og det er det som er hemmeligheten.

2:47 ***En gul figur som kan assosieres med en «lyspakke» vises i nedre venstre del av skjermen***

Vi kan tenke oss at lys er en pakke med informasjon om hva som har skjedd i en annen referanseramme.

2:52 ***...mens «lyspakken» beveger seg ut av høyre kant i skjermen***

Den pakken bruker litt tid på å nå fram. Vanligvis merke vi ikke noe til det, fordi farta til den pakken er så høy uansett.

Scene 5:

Alle bildene fjernes. Overskriften «Relativistisk tidsforlengelse» vises. En vei med kabriolet-bobla fra scene 3 med kalesjen oppslått kan sees i øvre halvdel av skjermen.

3:00 Men tenk om den bobla di er skikkelig rå: Den går så fort at den kan måle seg med farta til lyset du sender ut.

- 3:06** ***En jentefigur kommer til syne midt på nedre kant av skjermen***
 Tenk at du satt og kjørte med kalesjen igjen – altså i din egen referanseramme. Så ser du en kamerat i referanseramma på yttersida.
- 3:14** ***Animasjon av lysblink fra guttefiguren inni bilen***
 Når du og bobla nærmer deg et sted hvor du kjenner avstanden til kameraten din, blinker du med lysene til kameraten din. Først slår du altså på lysene, så du ser at lyset når fram til kameraten din.
- 3:27** ***En ny versjon av bilen kommer til syne rett ovenfor jentefiguren. Lyset som tidligere blinket er nå tydelig slått av***
 Så, på det stedet du vet akkurat hvor langt det er fra kameraten din, slår du dem av. Hva skjer da?
 Du kjenner avstanden s til kameraten din, og du kjenne lyshastigheta c .
- 3:37** ***En gul linje tegnes mellom bilen og jentefiguren. En plakat med teksten « $s_1 = c \cdot t_0$ » kommer til syne ved linja***
 Da er det jo enkelt å regne ut tida t -null, som er den tida det tar informasjonen om lyset å nå fram til kameraten din.
- 3:47**
Bildet av bilen med lyset avslått flyttes til høyre bildehalvdel. En oransje linje tegnes fra jentefiguren og til den nye plasseringen av bilen. Linja merkes med plakaten « $s_3 = c \cdot t$ ». Spotlight hviler på den nye plakaten.
 Mens informasjonen om at lyset er blitt slått av skal nå fram til kameraten din, rekker jo bobla di å kjøre en bit, fordi den går så fort. Så dermed går det litt lengre tid før informasjonen om at du har slått av lyset er kommet fram til kameraten din. Vi kaller den tida t . Lyshastigheten, dvs informasjonen om at du har slått av lyset, har jo den samme farta uansett: c
- 4:07**
...mens en tredje linje tegnes mellom punktet der bilen slo av lyset og til der hvor bilen er nå. Den nye linja gjør at de tre linjene til sammen danner en rettvinklet trekant. Den siste linja merkes med teksten « $s_2 = v \cdot t$ »
 Det var *det* Einstein sa. Den nye avstanden som vi kan kalle s_3 blir dermed lik c ganger t . Og distansen som bobla har beveget seg, med farten v , blir jo v ganger t . Vi kaller den s_2 .
- 4:22**
...mens det rettvinklede forholdet påvises av spotlight
 For at det skal bli enkelt å bruke matematikk for å beskrive forholdet mellom t -null og t , velger du å kjøre bobla di langs en vei som går i rett vinkel ut ifra linja mellom kameraten din og det stedet der du slo av lyset.
- 4:34**
...mens plakat med teksten «Pytagoras: » kommer til syne på skjermen
- 4:40**
 Det er egentlig viktig at vi vet at dette virker uansett retning, bare farta er høy nok.
Formelen « $s_3^2 = s_1^2 + s_2^2$ » kommer til syne under plakaten med «Pytagoras: ». Spotlight holdes på plakaten med formelen
 Men nå ser vi at vi kan bruke enkel matematikk for å finne ut av dette. Gode gamle Pytagoras er god å ha, selv når vi regner på relativitetsteorien:

4:49 *En ny plakat kommer til syne under den forrige formelen. På den nye plakaten står formelen « $(c \cdot t)^2 = (c \cdot t_0)^2 + (v \cdot t)^2$ ». Spotlight beveges gjennom elementene i ligninga og følger kommentatorstemmen*

Når vi bytter ut elementene i ligninga med innholdet i ligninga som vi kjenner fra før for de enkelte sidene, får vi jo at kvadratet av lyshastigheta c ganger t , er jo lik kvadratet av lyshastigheta c ganger t -null pluss kvadratet av hastigheten v ganger t .

5:12 *Enda en ny plakat kommer til syne under de andre plakatene. Den inneholder den samme formelen som plakaten over, men endret til at variabelen t står alene på venstre side. Spotlight følger elementene i formelen mens fortellerstemmen forklarer*

Dersom vi flytter på komponentene i den her ligninga med tanke på t , får vi at tida t er jo tida t -null delt på kvadratrot av én minus hastigheta v opphøyd i andre delt på lyshastigheta c opphøyd i andre.

Vi har altså funnet ut at lysblinkinga som tok tida t -null i referanseramma di, tok tida t for kameraten din som sto i ei anna referanseramme. Likevel synes både du og kameraten din at tida går normalt der hver av dere er. Det betyr at tida går saktere dersom farta er høy. Det er til og med mulig å måle det i forsøk med fly...

5:57 *Spotlight følger veien der bilen har kjørt*

Så hvis du vil at tida skal gå saktere, så må du selv holde farta oppe.

Scene 6:

Alle bildene fjernes. Et stort bilde av en bil som har kjørt inn i en vegg vises, over en mørk bakgrunn.

6:05men vær nå forsiktig...

6:09 *Rulletekst*

6:25 Slutt

Tillegg 14

Manus: Standardmodellen

Standardmodellen

manus

Generelt om scenene:

Mesteparten av filmen består av stillbilder. For å få bevegelse inn i presentasjonen vises derfor disse stillbildene med sakte bevegelser av *kameraposisjonen*.

0:00 *Plakat: Opphavsrett*

Scene 1:

Hele skjermen unntatt den øverste delen er skjermet/avblendet. I den øverste delen vises overskrift/filmtema «Standardmodellen». Bakgrunnen er hvit.

0:05 *...mens spotlight følger overskriften*

Hei. Denne filmen handler om standardmodellen. I begynnelsen av forrige århundre trodde de fleste mennesker at vitenskapen visste nesten alt som var å vite. Sjelden har vitenskapen tatt så grundig feil:

Scene 2:

Bilde fra Solvay-konferansen 1911

0:20 Det neste hundreåret skulle vise seg å bringe menneskene inn i et nesten helt nytt univers:

0:28 *...mens bildet zoomer inn helt til skjermen er helt mørk*

Mikrokosmos. Vi har nå masse ny kunnskap som vi har satt sammen til en egen modell:

Scene 3:

Hvit bakgrunn. Tittelen fra scene 1 vises igjen sammen med en animasjon av et atom.

0:34 ...nemlig standardmodellen.

0:38 *...mens et bilde av jorda og et eple kommer til syne*

Som vi forstår av navnet har mikrokosmos mye mindre skala enn den vi er vant til fra vår synlige virkelighet. Hvis vi forstørret et atom til det er like stort som jorda...

0:48 *...mens eplet forminskes på skjermen*

...vil ikke elektronet være større enn et eple. Selv om det ikke er helt vitenskapelig korrekt, kan det være til hjelp å forestille seg mikrokosmos som et annet univers, med en annen størrelsesskala, og der tiden går mye langsommere.

Scene 4:

Bilde fra akselleratorokollisjon

- 1:05** De aller fleste partiklene som eksisterer i mikrokosmos, lever nemlig så kort tid at vi ikke ser dem i vårt univers, eller i vår synlige del av universet. Det er akkurat som om tiden går mye raskere her hos oss. Vi kan altså forestille oss et annet univers, med kvarker som byggestener i stedet for atomer som vi ellers er vant med, og også noen andre fysiske lover enn de vi er vant med. Vi skal komme tilbake til dem senere. Vårt synlige univers består dermed av de delene av mikrokosmos som lever lenge nok til at vi kan merke dem i vår tidsskala.

Scene 5:

Matriseframstilling av standardmodellen der antipartiklene ikke er tatt med. Bare området med kvarkene, representert ved opp- og nedkvark er i skjermbildet. Elementærpartiklene er fremhevet med hjelp av spotlight. Blå gradert bakgrunn. Overskrift «Standardmodellen» i lyserødt.

- 1:39** Det finnes tre grupper av byggestener i mikrokosmos: Kvarker, leptoner og bosoner
Først har vi kvarkene:
Opp- og ned-kvark er de letteste, og også dem vi kjenner best, fordi de er de eneste som lever lenge nok til å være byggestener i den verdenen vi kjenner. Det er nemlig de som er byggesteinene i elementer vi kjenner.
- 1:58** ***Spotlight fjernes, og modeller av et proton, et nøytron og et π -meson kommer til syne***
De bygger to ulike stoffer, eller hadroner; nemlig mesoner, som er laget av to kvarker. De er for ustabile til å bestå lenge. Så danner kvarkene baryoner, som er laget av tre og tre kvarker. Til baryonene hører protoner og nøytroner, og det er partikler som er stabile og varer lenge. Dem kjenner vi vi som innholdet i atomkjerner.
- 2:28** ***Modellene av nøytron, proton og π -meson forminskes og flyttes til venstre for elementærpartikkelrepresentasjonene. Der mesonet og baryonene var før, dukker det nå opp representasjoner av opp-, ned-, sær- og bunnkvark***
Så har både opp- og ned-kvarken to tyngre versjoner: Opp har sjarm- og topp-, mens ned har sær- og bunnkvark. Alle de store versjonene har kort levetid, og vil fort bli omdannet til opp- og ned-kvarker.
- 2:46** ***Spotlight flyttes til området under kvarkene. Der sees representasjoner leptonene, bestående av et elektron og et nøytrino***
Så har vi leptonene:
Elektronet og nøytrinoet er de minste leptonene, og på samme måte som opp- og ned-kvarkene er de de eneste som lever lenge nok til å være med å bygge vårt synlige univers.

- 3:00** ***Spotlight fjernes, og en atommodell med vekt på elektronene kommer til syne til høyre for elektron- og nøytrinorepresentasjonene. Også kvarkene vises nå på plakatusnittet (skjermbildet).***
Elektronet kjenner vi som den mikrokosmopartikkelen som sammen med kvarkene bygger atomer. Nøytrinoet er som et elektron uten ladning. Derfor kan det ikke bindes i atomer, selv om nøytrinoene finnes overalt, og i massevis. De reagerer nesten aldri med noe annet stoff, men gjennomstrømmer både levende organismer og hele planeter uten så mye som å bremse opp.
- 3:25** ***Modellen av atomet med elektronbaner forminskes og flyttes til venstre for elementærpartikkelrepresentasjonene. Der atommodellen var før, dukker det nå opp representasjoner av myon, tau, myon-nøytrino og tau-nøytrino***
Så har både elektronet og nøytrinoer to tyngre versjoner: Elektronet har my og tau, mens nøytrinoet har my-nøytrino og tau-nøytrinoer. På samme måte som for de tyngre kvarkene, er de tyngre leptonene for ustabile til å bestå lengre enn brøkdeler av sekunder, før de henfaller til elektroner og nøytrinoer.
- 3:50** ***Spotlight flyttes til området til høyre for kvarker og leptoner. Der sees en vertikal kolonne med representasjoner av bosonene, bestående av gluon, foton, z-partikkel og w±-partiklene***
Den siste gruppa mikrokosmopartikler er bosonene. Bosonene har den utrolige egenskapen at de formidler krefter over avstand. Det finnes fire kategorier av dem:
- 4:01** ***Spotlight flyttes til fotonet. Til høyre for fotonet vises teksten «elektromagnetisk kraft»***
Fotonet kjenner vi fra før av som lys. Det er de minste av bosonene, og de som har lengst rekkevidde. Fotonene formidler elektromagnetisk kraft, som gjør at motsatte ladninger tiltrekker hverandre. Det er fotonene som gjør at elektronet med sin negative ladning, holdes i sin bane rundt den positive atomkjernen. Men det finnes også elektromagnetisk stråling. Lys er en sånn stråling, og det er derfor vi kan se sporene av fotonet i vårt univers.
- 4:31** ***Spotlight flyttes til gluonet. Til høyre for fotonet vises teksten «sterk kraft»***
Gluonene formidler det vi kaller sterk kraft. Den kraften virker på kvarker, og er den som gjør at protoner ligger tett sammen i atomkjerner trass i at de alle har positiv ladning. Vi skjønner derfor at sterk kraft er mye sterkere enn elektromagnetisk kraft. Men gluonenes kraft har kort rekkevidde, og virker bare godt innenfor en atomkjerne. Det finnes 8 ulike gluoner.
- 4:56** ***Spotlight flyttes til z- og w±-partiklene. Til høyre for partiklene vises teksten «svak kraft»***
Så har vi Z, W-pluss og W-minus - bosonene. De formidler noe vi kaller svak kraft, som virker når elementærpartikler blir omdannet, for eksempel når nøytroner omdannes til protoner.

- 5:11** ***Spotlight flyttes til higgs-bosonet. En stiplet linje rundt området skal tydeliggjøre at denne ikke er påvist eksperimentelt ennå***
 Standardmodellen forutsier også at det eksisterer noe vi kaller Higgs-bosonet. Det er i så fall den største og tyngste av elementærpartiklene. Vi har ikke klart å bevise at den eksisterer ennå...
- 5:24** ***Spotlight forsvinner. Hele plakaten med elementærpartikler kommer til syne. Til høyre for higgs-bosonet vises også teksten «gravitasjon»***
 ...men hvis vi forutsetter at den finnes, passer gravitasjonskraften også inn i standardmodellen. Det pågår derfor store eksperimenter for å prøve å bevise at den eksisterer, for eksempel i Large Hadron Collider i Cern.
- 5:40** ***Innholdet i plakaten som vises på skjermen utvides til å omfatte representasjoner av antipartiklene. De vises som mørkere versjoner av de partiklene som hittil har blitt presentert, og plasseres litt til høyre, og bak de «opprinnelige» partiklene; kan assosieres som skygger av de synlige partiklene***
 I tillegg til alle disse elementærpartiklene har hver av disse partiklene en antipartikkel med motsatte egenskaper, for eksempel ladning. Mens et elektron har negativ ladning har et positron (eller et antielektron) positiv ladning. Dersom de møter hverandre, vil de ødelegge hverandre og bare gjøres om til energi.

Scene 6:

Samme bakgrunn som scene 5. Overskriften beholdes. Teksten «Bevaringslovene gjelder i mikrokosmos» vises i gult.

- 6:03** De vanlige bevaringslovene som i kjenner fra makrokosmos, vårt univers, gjelder også i mikrokosmos:
- 6:11** ***Teksten «energi-masse», «elektrisk ladning» og «bevegelsesmengde» kommer til syne i hvitt, som går over i grønt. Alle endringene skjer i takt med fortellerens tema***
 Bevaringsloven for energi-masse, bevaring av elektrisk ladning og bevaring av bevegelsesmengde kjenner vi alle. Men de kanskje mest spesielle med elementærpartiklene er jo at de kan omdannes til andre typer partikler. Et eksempel er anihillering...

Scene 7:

Ny plakat. Hvit bakgrunn. Motivet er illustrasjoner av annihiling.

- 6:26** ...der et elektron og et antielektron omdannes til to fotoner.
 Men sånne forandringer og reaksjoner kan ikke skje på hvilken som helst måte. På samme måte som for kjemiske reaksjoner, må omdanningen av elementærpartiklene følge spesielle lover.

Scene 8:

Retur til der scene 6 ble avsluttet. Teksten er noe forminskert for å gi plass til mer tekst, samt representasjoner av seks partikkelbenevnelser, nemlig to antipartikler, to partikler, ett proton og ett nøytron. Partiklene har angivelse av baryontall. Under kolonnen med bevaringslover (angitt i grønt) står nå teksten «baryontall» i hvitt.

6:44 En av disse er loven om bevaring av baryontall. Vi sier at baryoner har verdien 1, antipartikler har verdien -1 og alle andre partikler har verdien 0. Dersom vi teller opp baryontallene før og etter en reaksjon skal de være like.

7:05 ***Teksten «baryontall» går over til grønn farge og plasseres sammen med de andre bevaringslovene. Ett tabulatorinnrykk mer enn de andre bevaringslovene angir at disse gjelder spesielt for mikrokosmos. Representasjonene av elementærpartiklene byttes ut med nye representasjoner; to partikler, to antipartikler, ett elektron og ett nøytrino. Under kolonnen med bevaringslovene vises nå teksten «leptontall» i hvitt.***

En annen lov som må oppfylles, er bevaring av alle tre leptontallene. Vi sier at elektronet og elektronnøytrinoet har leptontall Le lik 1, antipartiklene har -1 og alle andre partikler har 0. På samme måte definerer vi leptontallene for my-leptoner og tau-leptoner. Loven sier da at alle tre leptontallene skal ha samme verdi før og etter en reaksjon.

Scene 9:

Hele skjermen fylles av et oversiktsbilde av LHC. I sentrum av bildet plasseres et bilde av en av detektorene, der også mennesker er med, for å synliggjøre dimensjonene

7:34 I Cern har forskerne nå starta Large Hadron Collider. Hadron husker vi er stoff som er satt sammen av kvarker, det vil si atomkjerner. Denne maskinen e et enormt rør som e gravd ned i bakken i byen, som du ser her på bildet. Røret ser du i bildet i midten – se på menneskene som står ved siden av. I denne maskinen håpe vi på å produsere den berømte Higgs-partikkelen, som vi ikke har klart å påvise enda. Det er litt pussig, ikke sant, at for å finne ut noe om universets minste byggestener må vi bygge verdens største maskin?

8:14 ***Rulletekst***

8:27 **Slutt**

Tillegg 15

Manus: Newton's 2. lov

Newton's 2. lov

manus

0:00 **Plakat: Opphavsrett**

Intro:

0:04 Rent skjermbilde med teksten: «På sykkeltur med bestemor – en liten film om Newton's 2. lov».
Musikk starter, og toner ut etter ca 3 sekunder. Sceneskift

Scene 1:

I bakgrunn (mørk):

Landskap med en vei i forgrunnen. Boligområde i bakgrunnen. Formelen $F=m \cdot a$ vises også under tittelen på skjermbildet.

I forgrunn:

Tittelen «Newton's 2. lov» oppe i senteret av skjermbildet. Tittelen er belyst av en spotlight-effekt.

0:08 **...mens spotlight følger tittelen**

Hei, nå skal vi se på Newton's 2. lov.

0:12 **spotlight/forgrunnsbelysning flyttes fra tittelen til formelen under. Gul spotlight følger fortellerstemmen gjennom formelementene**

..og den sier jo at krafta F som du bruker på en gjenstand er akkurat like stor som massen til den gjenstanden ganger med akselerasjonen som den gjenstanden får

Scene 2:

Spotlight som markerer forgrunnen forsvinner. Bakgrunnsbildet tones inn til normale farger, og blir dermed forgrunnen.

0:29 **En jentefigur med sykkel kommer til syne på veien. I takt med fortellerstemmen kommer en figur av en gammel kvinne med sykkelhjelm og stav dalende ned fra toppen av skjermen.**

Nå skal du få vite hva som skjer når du tar bestemor med på sykkelen din...
Du har sikkert lagt merke til at når du skal starte å sykle, må du bruke kraft.

0:43 **Jenta starter sykkelen og akselererer ut til venstre for bildet**

Og jo mer kraft du gir pedalene jo raskere akselererer sykkelen

0:46 **Bestemorfiguren følger etter sykkelen ut av skjermbildet
...mens spotlight følger faktorene i formelen:**

Det er jo det Newton's 2. lov: At krafta som du bruker på pedalene er lik massen til deg og sykkelen ganget med akselerasjonen som dere får

1:01 **...mens faktorene F og a krymper på skjermbildet:**

Altså: lite kraft gir lite akselerasjon

Tillegg 16

Manus: Arbeid og energi

Arbeid og energi

manus

0:00 **Plakat: Opphavsrett**

Intro:

0:05 Skjerm bilde med ren bakgrunn med teksten: «Et rart arbeid? - om hva som menes med arbeid i fysikken».
Musikk starter, og toner ut etter ca 6 sekunder. Sceneskift

Scene 1:

Hele skjermen unntatt den øverste delen er skjermet/avblendet. I den øverste delen vises overskrift/filmtema «Arbeid og energi». Bakgrunnen er en fargelagt/mønstret flate.

0:12 **...mens spotlight følger heading på skjermen:**

Hei. Nå skal vi se på arbeid og energi. Da skal du få vite..

Scene 2:

Den fargelagte/mønstrede bakgrunnen dekker hele skjermen. Overskrifta fra scene 1 beholdes. To figurer vises: Én afrikansk kvinne som bærer lasten på hodet på tradisjonell måte, og én biljardspiller

0:18 ..hvorfor det ikke alltid er et arbeid å bære bagasje, mens det er et arbeid å spille biljard.

0:26 **figurene fjernes fra skjermen. Bare headingen blir igjen**

Alt som finnes har mekanisk energi.

0:32 **...mens teksten «stillingsenergi» kommer til syne oppe til venstre under spotlight:**

Med mekanisk energi mener vi enten stillingsenergi...

0:36 **spotlight flyttes litt ned på skjermen, der teksten «høyde» kommer til syne:**

som har med høyden som et objekt har

0:38 **spotlight flyttes til øvre høyre del av skjermen, der teksten «bevegelsesenergi» kommer til syne:**

eller bevegelsesenergi,

0:40 **spotlight flyttes litt ned på skjermen, der teksten «fart» kommer til syne:**

som har å gjøre med farta som objektet har.

- 0:43** **spotlight flyttes til venstre side på skjermen mellom ordene «stillingsenergi» og «høyde»,
...mens teksten «potensiell energi» kommer til syne:**
Hvis noe har stillingsenergi, betyr det at det er et potensiale for å utløse krefter.
- 0:52** **...mens en animasjon av en fjellklatrer under en stein kommer til syne:**
Derfor kaller vi det også for potensiell energi
- 0:55** **et skrik høres, og steinen faller ned på fjellklatreren
spotlight flyttes til høyre side av skjermen, under teksten «fart».
Et fly kommer til syne, og en flymotor høres**
Et fly har både stillingsenergi , høyde, og bevegelsesenergi , fart.
- 1:09** **spotlight flyttes mellom ordene «bevegelsesenergi» og «fart»,
...mens teksten «kinetisk energi» kommer til syne:**
Bevegelsesenergi kalles vi også for kinetisk energi
Dersom du skal forandre den mekaniske energien til en ting, må du utføre et arbeid på den.
- 1:17** **spotlight flyttes til sentrum av skjermbildet, og ordet «arbeid ?» kommer
til syne
...mens et bilde av et menneske med penger kommer til syne**
I naturfaget betyr altså ikke ordet arbeid noe som forandrer økonomien din:
- 1:27** **...mens bildet av mennesket med penger forsvinner, og et annet bilde
som illustrerer begrepet «energi» kommer til syne**
Arbeid i fysikken betyr noe som forandrer energien til et objekt.
- 1:30** **bildet som illustrerer begrepet «energi» skyves ut forbi høyre bildekant
med hjelp av en rød vektorpil**
Dersom du utfører arbeid på en ting,
- 1:33** **...mens en grå vektorpil i motsatt retning tegnes:**
må du ofte bruke noe av arbeidet ditt på å overvinne friksjonen som virker når du flytter noe.
- 1:42** **spørsmålsteget etter ordet «arbeid» forsvinner. I stedet kommer en linje
til i sentrum av skjermbildet, med teksten «= kraft * strekning»**
Arbeidet kan vi regne ut som krafta du bruker i den samme retninga som du beveger objektet, ganget med hvor langt du dytter eller løfter objektet.
- 1:54** **Teksten i sentrum av skjermen fjernes. I bunnen av skjermbildet gjentas
den samme ligningen på én linje: «Arbeid = kraft * strekning»
De forminskede figurene av fjellklatreren og flyet som representerer de to
formene for mekanisk energi, forminskes til ikonstørrelser
En animasjon av en jentefigur som dytter en kasse vises i sentrum av
skjermbildet
Figuren og kassen stanser midt i høyre halvdel av skjermen.
En rød pil som illustrerer variabelen «kraft» tegnes fra hendene til figuren
og i pressretningen**
I dette tilfellet så har hun dyttet en kasse et stykke.

Tillegg 17

Manus: Energi i en pendel

Energi i en pendel

manus

0:00 *Plakat: Opphavsrett*

0:04

Intro:

Rent skjermbilde med teksten: «Hvorfor kan vi egentlig le? - om energiutveksling i en pendel».

Musikk starter, og toner ut etter ca 4 sekunder. Sceneskift

Scene 1:

I bakgrunn (mørk):

Jungel. Vi ser en ape som henger i en liane, en leopard og en elv. To trær i forgrunnen, på hver sin side av elva (og skjermbildet).

I forgrunn:

Tittelen «Energi i en pendel» oppe i senteret av skjermbildet. Skiltet med tittelen er belyst av en spotlight-effekt.

0:08

Hei, nå skal vi se hva som skjer når en ape slynger seg fra tre til tre. Da skal du også få vite hvordan du kan regne ut hvor stor fart du får når du slenger deg i et tau i gymsalen, og kanskje en god teori om hvorfor du kan le.

Scene 2:

Spotlight-effekten deaktiveres, og hele bakgrunnen (jungelscene) blir belyst

0:23

Menneskeapene er konger i trærne. I frukttrærne er det mat i massevis, men der går det ikke an å sove, for der er det så mange små dyr som kommer for å spise om natten.

Sove-treet må være så høyt at leoparden ikke tør klatre opp.

0:37

...mens spotlight beveges fra «frukt-treet» til «sove-treet»:

Problemet er bare å komme seg fra frukttreet og til sove-treet.

0:42

spotlight plasseres hos leoparden

På bakken hersker leoparden. Den kan løpe i 16 meter på ett sekund. Det klarer jo ikke apen vår.

0:49

spotlight plasseres hos apen:

Men ettersom dette er en såkalt menneskeape, er han slett ikke dum. Før han dro til dette treet, visste han at det var slyngplanter nok i nærheten.

0:58

spotlight plasseres på skiltet (over ordet energi):

Nå skal vi bruke det vi vet om energi til å beregne hvordan farta blir. Og farta kan du jo teste ut i gymsalen hvis du vil:

Scene 3:

I bakgrunn (bleket):
Jungelen fra forrige scene.

I forgrunn:

Vi ser apen i et stillbilde i starten av pendelsvevet. I bunnen av skjermbildet (til venstre og under apen) sees variablene $m=40\text{kg}$ og $g=10\text{ m/s}^2$

1:07 ***spotlight plasseres hos apen:***

Når man slynger seg i en pendel, går det først nedover et stykke.

1:12 ***Pil som viser apens bevegelsesretning kommer til syne***

Du vet jo at da starter du med en potensiell energi. Hvor stor den energien er, finner du ut ved å bruke formelen for potensiell energi.

1:21 ***spotlight beveges til et område i nærheten av apens startpunkt, der formelen kommer til syne***

Og den formelen er at energien E er lik massen m ganger gravitasjonsakselerasjonen g ganger høyden h ,

1:31 ***en illustrasjon av pendelbuen mellom startposisjonen til apen og bunne av pendelen kommer til syne. En linje som beskriver høydemålet i pendelsvingningen kommer også til syne.***

...mens spotlight følger en linja som beskriver høydemålet:

der høyden er jo det samme som høyden fra der du starter og til bunnen i pendelen.

Nå skal vi se hva den energien er dersom vi setter inn det vi vet om vår menneskeape som skal svinge seg.

1:42 ***mens spotlight følger en variablene i bunnen av skjermbildet:***

Massen til menneskeape er 40 kg.

Tyngdeakselerasjonen er cirka 10 m/s^2

1:51 ***variabelen $h=15\text{m}$ kommer til syne mens spotlight står over den***

og i vårt tilfelle er høyden i pendelen 15 m

1:54 ***spotlight beveges opp til formelen igjen. plasseres under formelen, der teksten « $=40*10*15\text{ J}$ » kommer til syne.***

Når vi setter disse verdiene inn i formelen får vi at:

1:59 ***spotlight flyttes til linja under, der teksten « $=6000\text{ J}$ » kommer til syne***

energien blir 6.000 Joule

Scene 4:

I bakgrunn (bleket):

Jungelen fra forrige scene, pluss at apen i startposisjon i pendelsvevet også blekes og legges i bakgrunnsbildet.

I forgrunn:

Vi ser apen i et stillbilde pendelsvevet i bunnen av pendelbevegelsen. I bunnen av skjermbildet (til venstre og under apen) sees variablene $m=40\text{kg}$, $g=10\text{ m/s}^2$ og $h=15\text{m}$. Formelen $E=mgh$, samt teksten «=6000 J» tones ned fra sort til grått. teksten «=40*10*15» fjernes.

2:02

mens spotlight følger banen til pendelen mellom de to apefigurene:

Du vet at energiloven sier at den potensielle energien ikke kan bare forsvinne. Den blir omgjort til en annen type energi. Når du pendler i en liane, blir den potensielle energien omgjort til bevegelsesenergi,

Scene 5:

I bakgrunn (bleket):

Jungelen med ape fra forrige scene, pluss at også apen i midtposisjon i pendelsvevet også blekes og legges i bakgrunnsbildet.

I forgrunn:

Vi ser apen i et stillbilde pendelsvevet i høyre kant av pendelbevegelsen. Tekstelementene i skjermbildet endres ikke i forhold til forrige scene.

2:16

...altså fart

2:17

mens spotlight følger banen til pendelen mellom de apefigurene i 2. halvdel av pendelsvevet:

Dersom du holder fast videre, blir jo farta du har i bunnen av pendelen, gjort tilbake til potensiell energi igjen når pendelen løfter deg fra bakken. Friksjonen er jo stort sett bare luftmotstanden, og den er jo ikke så veldig høy. Derfor kommer du nesten like høyt på andre siden av pendelen som du startet ut først.

Scene 6:

Samme som scene 4

2:32

spotlight i ro over apefiguren i forgrunnen

Når du er på bunnen av pendelen, har altså all potensielle energien blitt omgjort til bevegelsesenergi.

2:38

mens spotlight beveges til et område på høyre side av skjermen, der formelen for kinetisk energi kommer til syne:

Det finnes en formel for denne energien også: Den er E er lik $1/2$ ganger massen m ganger farta v opphøyd i andre.

2:50

spotlight beveges til teksten «=6000 J» og markerer der

Det betyr at siden vi vet fra før av hva E er,

- 2:53** ***mens spotlight beveges til variabelen v^2 i formelen for kinetisk energi og markerer der***
 så kan vi også finne ut farta v i bunnen av pendelen ved å snu litt på ligninga. Å snu på ei ligning har du kanskje gjort før. Det betyr at vi må snu den sånn at vi får v alene på den ene siden av likhetstegnet.
- 3:04** ***spotlight beveges til likhetstegnet i ligninga og markerer der***
 Da starter vi rett og slett med å gange med to på begge sidene
- 3:07** ***Ett rødt to-tall kommer til syne på hver side av ligninga mens det røde totallet på venstresida blir svart, og faktorene 1/2 og 2 på høyresida blir blå:***
 Da kan vi jo stryke faktorene mot hverandre på høyresida.
- 3:13** ***faktorene på høyresida forsvinner***
 ..sånn
- 3:15** ***en brøkstrek tegnes under hver av sidene i ligninga, og en rød m kommer til syne på divisorens plass på begge sider***
 Så kan vi bare dele på massen m på begge sider av likhetstegnet
- 3:18** ***divisoren på venstre side skifter til svart, mens begge faktorene « m » på høyre side blir blå***
 for da kan vi stryke den faktoren også på høyresiden
- 3:22** ***faktorene « m » og brøkstreken forsvinner på høyre side. bare faktoren v^2 står igjen på høyre side***
 ..sånn
- 3:24** ***spotlight markerer på faktoren v^2 på høyre side***
 Nå gjenstår det bare å fjerne eksponenten to på høyre side
- 3:27** ***en rød kvadratrot kommer til syne på hver side av ligninga***
 Da kan vi jo ta kvadratrota av ligninga på begge sidene av ligninga
- 3:31** ***kvadratrota på venstre side blir svart, mens kvadratrota og potensen på høyre side blir blå***
 Fordi kvadratrota er det motsatte av potensen to, kan vi stryke de to mot hverandre
- 3:36** ***de blå elementene forsvinner, og bare v står igjen på høyre side***
 Sånn. Og da har vi jo « v » alene på høyresida.
- 3:39** ***...mens høyre og venstre side vandrer i en halvsirkel rundt likhetstegnet***
 Da kan vi jo bare la sidene bytte plass
- 3:43** ***høyre side av ligninga kopieres til neste linje, elementene « E » og « m » vises i rødt***
 Nå setter vi bare å sette inn de verdiene vi kjenner

- 3:45** **spotlight på rød «E»**
Energien E kjenner vi jo
- 3:48** **spotlight flyttes til skjermens venstre side, der den tidligere utregnede verdien 6000 skifter fra grått til rødt.**
for den er jo 6000 joule
- 3:49** **...mens spotlight «henter» verdien og fører den ned til den blå «E»-en på høyre side av skjermbildet, der verdien tar plassen til variabelen, og skifter farge til blå**
så det setter vi inn i formelen vår
- 3:54** **spotlight flyttes til undersiden av brøkstreken og markere på den røde «m»-variabelen**
og massen m kjenner vi jo også fra før
- 3:56** **spotlight flyttes til skjermens venstre side, der den oppgitte massen står med verdien 40 kilo.**
Verdien skifter farge til rødt.
...mens spotlight «henter» verdien og fører den over til den røde variabelen m på høyre side, der verdien tar variabelens plass og skifter farge til blå
så da setter vi det også inn i formelen vår
- 4:02** **...mens spotlight flyttes til en ny linje, der verdien «=17 m/s» kommer til syne**
..sånn. Og nå kan vi bare regne direkte ut at farta i bunnen av pendelen blir 17 meter per sekund. Leoparden klarer bare å løpe med ca 16 m/s. Da er den trygg, og kan le hele turen.
- 4:13** **...mens spotlight følger pendelbuen**
Du har sikkert prøvd å pendle i gymsalen. Hvis du får god nok fart, har du sikkert kjent at det kiler i magen, og du får lyst til å le.

Scene 7:

Samme bilde som scene 2

- 4:21** **...mens vi ser apen som i scene 2 hang i en liane, nå i en animasjon som viser pendelbevegelsen fra det venstre frukttreet til det høyre sove-treet**
Nå skal vi se hvordan det går med menneskeapen vår
- 4:24** **det høres støy og en stemme roper «løft opp føttene, løft opp føttene».**
apen løfter føttene i svevet, og unngår dermed såvidt en krokodille som plutselig kommer til syne opp av elva
åh – det gikk visst bra!

4:29 ***krokodillen lander på elva og bli liggende å se opp på apen, som nå henger i en liane på høyre side (i sovetreet). leoparden skifter fokus til det nye treet***

Kanskje er det derfor vi kan le.

4:31

det høres stadig sterkere kakofoni at apelyder og menneskelatter. bilder av leende mennesker og aper kommer til syne på skjermen

Kanskje vi alle er etterkommere av den første menneskeapen som fant ut hvordan man kan komme seg fra tre til tre, og bare le av både leoparder og krokodiller mens den suser forbi.

4:49

Rulletekst

5:06

Musikk toner inn over latteren, som tones ut.

Slutt

Tillegg 18

CD med filmer:

Hookes lov.wmv

Relativistisk tidsforlengelse.wmv

Standardmodellen.wmv

Newtons 2 lov.wmv

Arbeid og energi.wmv

Energi i en pendel.wmv

