

# "Den figuren er irrelevant for meg"

En kvalitativ studie om elevers bruk av bilder  
og figurer i lærebøker i fysikk

**Andreas Nordvang**

Lektorutdanning med master i realfag

Innlevert: Mai 2013

Hovedveileder: Berit Bungum, IFY

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for fysikk



”Hva er vitsen med en bok uten bilder eller dialoger?”  
-Alice i eventyrland

## Sammendrag

Lærebøker er viktige for både oppbyggingen av undervisning og elevenes forståelse av hva fysikk er. Fokuset for denne oppgaven har vært på hvordan elevene bruker lærebøkene i fysikk og spesielt hvordan de bruker figurene. Målet var å få en bedre innsikt i hvilken rolle figurer og læreboken spiller i elevenes læring slik at læreren best mulig kan tilpasse undervisningen og bedre utbyttet til elevene. Problemstillingen for oppgaven er *Hvordan bruker elevene lærebøkene i fysikk, og spesielt figurene, i egne læringsprosesser?*

Studien er bygd opp med intervju som datainnsamlingsmetode. Utvalget består av totalt åtte elever som studerer fysikk på videregående skole. Elevene ble intervjuet i par på to om hvordan de bruker læreboken i fysikk når de skal jobbe på egen hånd og spesielt hvordan de bruker figurene. Elevenes utsagn er diskutert i lys av teorier om lærebøkens rolle, ulike læringsstrategier og ulike typer figurer og de forskjellige egenskapene til disse.

Resultatene fra undersøkelsen tyder på at elevene i stor grad fokuserer på formler og regning og at figurer kommer i annen rekke. Elevene velger en læringsstrategi som omhandler å plukke ut vesentlig informasjon omkring formler og definisjoner som i stor grad allerede har blitt gjort for dem i lærebøkene. Elevenes læringsstrategier velges blant annet på grunn av tidspress og et ønske om gode karakterer og det går på bekostning av studiet av figurer.

## Abstract

This thesis attempts to determine how students use textbooks in physics, especially how they utilize the figures within these books. The goal was to gain insight in the role figures and the textbook play in student's learning, so that the teacher can customize his or her teaching to give the students a best possible situation to learn effectively. The research question for this paper is: *How do the students utilize the textbooks in physics, and especially the figures, in their own learning processes?*

The study is built up with interviews as primary source of data collection. The sample consists of a total of eight students who all study physics at a Norwegian high school. The students were interviewed in pairs and were asked about how they use the textbooks when they were working on their own, and in particular how they used the figures therein. The students responses are discussed by means of theories on the role of textbooks, different learning strategies and the different types of figures and their properties.

The results from the survey indicate that the students mainly focus on the mathematical aspects of physics and that the figures are far less important. The students choose a learning strategy that consists of finding and reading what they consider most important i.e. formulas and definitions, which is largely already done by the textbook authors. The learning strategies is chosen in some degree because of limited time and the study of figures is suffering because of it.

# Forord

Denne masteroppgaven avslutter min femårige lektorutdannelse ved NTNU i Trondheim våren 2013. Spesialiseringen min har vært i matematikk og fysikk med denne masteroppgaven i fysikk fagdidaktikk som avslutning.

Som en som selv liker å jobbe ut i fra figurer i fysikk og forsøker å formidle den ferdigheten til egne elever var jeg nysgjerrig på hvordan elevene i den videregående skolen så på bruken av figurer. Overgangen mellom representasjonsformer, for eksempel fra matematikk til virkeligheten, kan være utfordrende for mange elever og jeg var nysgjerrig på hvordan det påvirket elevenes lesing av læreboken.

Arbeidet med denne oppgaven har ofte vært veldig slitsom med mange ulike teorier og begreper men læringsutbyttet har vært utrolig interessant for meg som skal begynne som ferdig utdannet lektor og ferdigstillelsen av denne oppgaven markerer slutten på en lang vei for å bli en best mulig lærer.

Jeg vil rette en stor takk til veilederen min Berit Bungum som har gitt meg muligheten til å jobbe med mye frihet og fordype meg innenfor et veldig interessant tema. Samtidig har hun kommet med utallige gode råd om alt fra teoretiske artikler og praktiske detaljer, til rettskriving og konstruktiv kritikk. Uten henne ville ikke denne oppgaven på langt nær blitt så god som den er i dag.

En spesiell takk går til elevene som var involvert i undersøkelsen min, for deres ærlige tilbakemeldinger og synspunkter. Helt til slutt vil jeg takke alle vennene mine som jeg har fått her i Trondheim som har gjort studietiden min her til et minne for livet.

Andreas Nordvang  
Trondheim 29.5 2013

# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Lærebøker i fysikk</b>	<b>3</b>
2.1	Lærebøker som grunnlag . . . . .	3
2.2	Hvordan brukes lærebøkene? . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Figurer i fysikkundervisningen</b>	<b>6</b>
3.1	Illustrasjoners rolle i fysikk . . . . .	6
3.2	Ulike typer figurer . . . . .	8
3.3	Figurer i elevenes læringsprosesser . . . . .	12
3.4	Multimodalitet i representasjonsformer . . . . .	15
3.5	Utfordringer i tolking av figurer . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Undersøkelsen</b>	<b>20</b>
4.1	Innsamling av data . . . . .	20
4.2	Valg av undersøkelsesobjekter og tema . . . . .	23
4.3	Spørsmålenes utforming . . . . .	28
4.4	Validitet, reliabilitet og generaliserbarhet . . . . .	30
<b>5</b>	<b>Resultater og analyse</b>	<b>32</b>
5.1	Elevenes lesing og innledende fokus . . . . .	32
5.2	Figurer som hjelp? . . . . .	37
5.3	Figurenes plassering og relevans . . . . .	44
<b>6</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>53</b>
6.1	Figurer i elevenes lesestrategier . . . . .	53
6.2	Tolkning av figurer . . . . .	54
6.3	Plassering av figurer og figurtekst . . . . .	56
<b>7</b>	<b>Refleksjoner og erfaringer</b>	<b>59</b>
<b>8</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>61</b>
	<b>Referanser</b>	<b>63</b>

# 1 Innledning

I de senere årene er det blitt mer og mer vanlig med elektroniske ressurser i undervisning av realfag og fysikk er intet unntak. Likevel er læreboken fortsatt en grunnpillare i hvordan undervisningen blir planlagt og gjennomført. I kombinasjon med kompetansemålene er lærebøkene også sentrale i å avgjøre hva elevene skal lære. I denne oppgaven vil jeg se på hvordan elevene bruker lærebøkene i fysikk, og da spesielt figurene, når de skal jobbe med fysikk. Formulert som en konkret problemstilling blir det: Hvordan bruker elevene lærebøkene i fysikk, og spesielt figurene, i egne læringsprosesser?

For å finne et svar på dette spørsmålet ble det formulert tre konkrete forskningsspørsmål;

- Hvilken rolle har figurene i elevenes lesestrategier?
- Hvilke problemer opplever elevene i tolkningen av de ulike figurene i læreboken?
- Hvilken betydning har plasseringen av figurene for elevenes lesing?

Det har blitt gjort flere undersøkelser omkring hvordan elever leser realfaglige tekster (Tyson & Woodward, 1989; Nelson, 2006), og også omkring tolkning av ulike figurer (Ametller & Pintó, 2010a, 2010b; Monroy, Sassi & Testa, 2002; Rosengrant, Heuvelen & Etkina, 2009; Watkins, Miller & Brubaker, 2004). Det er derimot få, om noen, som undersøker hvordan elevene bruker figurene i lærebøkene og hvordan de kombinerer dem med teksten.

Overgangen mellom figurer og tekst er et sentralt tema i forståelsen av fysikk (Dolin & Schilling, 2001; Ainsworth, 2008) og derfor essensiell i en god undervisning hvor elevene skal lære om de ulike abstrakte begrepene som finnes i fysikk. Derfor har jeg gjennomført en undersøkelse på en videregående skole hvor jeg har intervjuet totalt 8 elever i Fysikk 1 om hvordan de bruker lærebøkene og hvordan de anser figurene som viktige eller uviktige.

Jeg vil først gå gjennom hvordan lærebøker danner grunnlag for undervisningsopplegg og læringsmetoder i kapittel 2. Deretter vil jeg se på hvilken rolle figurer og illustrasjoner spiller i fysikk. Ulike figurer har ulike hensikter ovenfor leseren men alle skal fremme læring på en eller annen måte, og kombinasjonen av disse figurene og teksten skal gi leseren et best mulig utgangspunkt for å forstå stoffet. Dette tar jeg for meg i kapittel 3.



I kapittel 4 vil jeg beskrive prosessen som ble gjort i forbindelse med selve undersøkelsen, hvordan den ble gjennomført og grunnene til at jeg valgte å gjøre det på denne måten. I kapittel 5 vil jeg beskrive elevenes synspunkter på lærebøkene og figurene som finnes der, før jeg diskuterer funnene i lys av teori i kapittel 6. Til slutt vil jeg komme med mine erfaringer fra prosessen jeg har vært gjennom og komme med anbefalinger til videre arbeid.

## 2 Lærebøker i fysikk

### 2.1 Lærebøker som grunnlag

Lærebøker er en sentral del av undervisningen i de aller fleste fysikklasser, og en betydelig del av undervisningsopplegget i fysikk og andre fag er basert på lærebokens framstilling av det aktuelle temaet (Watkins et al., 2004). Derfor er lærebøker essensielle i hvordan elever bygger opp sin forståelse av faget, de gir lærere og elever et felles utgangspunkt i hvordan de skal jobbe med fysikk i skolen.

Den konseptuelle kunnskapen i fysikkundervisningen og i lærebøkene blir ofte presentert som figurer enten i form av abstrakte symboliske notasjoner som ligninger og grafer, eller som figurer som gjengir mer kvalitative egenskaper. Dette er da ment som et supplement til teksten for å hjelpe elevene til bedre forståelse av faget. På grunnlag av dette kan lærebøker i fysikk ansees som multimodale, det vil si at de gir mening ved samhandlingen mellom de ulike representasjonsformene som de inneholder som kan karakteriseres som enten verbale, matematiske eller visuelle formidlingsmetoder (Ametller & Pintó, 2010b; Ametller, Gutierrez & Pintó, 2002). Figurer i lærebøkene brukes ikke bare som illustrasjoner men som en fundamental del av selve innholdet og er tenkt å formidle de sentrale aspektene ved stoffet.

Lærebøkens multimodalitet gir forfattere, lærere og elever flere ulike utfordringer. Strukturen av både selve figurene og hvordan de relaterer til resten av siden kan være av avgjørende betydning. Undersøkelser har vist at selv i dokumenter med enkle strukturer, kan selv vanlige kulturelle normer (som å lese fra venstre mot høyre) forstyrre tolkningen av dokumentet (Ametller & Pintó, 2010a). Det tyder på at hvis strukturen i læreboken er komplisert eller ikke er nøye nok gjennomtenkt kan det gi unødvendige ekstra utfordringer i elevenes læringsprosesser. I slike tilfeller kan figurer i verste fall gjøre elevene forvirret og virke mot sin hensikt.

### 2.2 Hvordan brukes lærebøkene?

Hvordan undervisningen skal foregå for å best mulig fremme læring blant elevene er et tema som er svært omdiskutert. Flere undersøkelser viser at hvis elevene kan engasjeres aktivt i læringsprosessene lærer de mer enn som bare passive tilskuere (Stelzer, Gladding, Mestre &

Brookes, 2009) og at de er bedre forberedt til å lære vanskelige konsepter hvis de er klar over hva de forstår og ikke forstår (Schwartz & Bransford, 1998).

Før selve timene kan det å lese i læreboken være en god måte for elevene å forberede seg på. Undersøkelser med fysikkstudenter på et universitet i Illinois, USA, tilsier derimot at nesten ingen leser læreboken før selve undervisningen (Stelzer et al., 2009). På grunnlag av dette bør de fleste lærere være klar over at mange elever kommer mer eller mindre uforberedt til timene. Derfor kan lærerne legge mer vekt på å dekke grunnleggende stoff fra læreboken i stedet for jobbe med mer avansert konseptuell kunnskap.

I timene er læreboken et sentralt verktøy, undersøkelser har vist at i flere land blir mellom 75 og 90 % av undervisningen strukturert ut i fra læreboken (Tyson & Woodward, 1989; Watkins et al., 2004). Det kan ikke uten videre generaliseres til Norge og andre kulturer men det er grunn til å tro at også her er læreboken sentral i undervisningen. Undervisningen vil da gjerne foregå ved at læreren gjennomgår stoffet for elevene ved hjelp av tavlen og vise noen regneeksempler før elevene selv jobber med oppgaver fra boka slik at elevene får dekt de grunnleggende ferdighetene av regning og de viktigste temaene i boka (Nelson, 2006; Angell, Øystein Guttersrud, Henriksen & Isnes, 2004).

Etter timene kan læreboken være til stor hjelp for repetisjon og oppsummering av stoffet elevene har gjennomgått i timene. Undersøkelser har derimot vist at mange elever i naturfagene biologi, fysikk og kjemi ikke leser læreboken så nøye (Nelson, 2006). Resultatene tyder på at mange elever kun leser lærebøkene hvis de blir fortalt hva de skal lese eller at de leser for å klare å løse oppgaver eller forberede seg til en prøve. De fleste elevene i undersøkelsen fra en fysikkklasse i England nøyde seg med å lese hovedelementene i boken, som innebar at de leste i gjennomsnitt kun 36 % av boken. Undersøkelsene i henholdsvis England og USA kan ikke uten videre overføres til andre land og kulturer, men den kulturelle forskjellen mellom landene er såpass liten at det er grunn til å være oppmerksom på disse resultatene også i Norge.

Hvordan elevene selv bruker læreboken formes også i stor grad av elevenes egne lese- og læringsstrategier. Det har blitt skilt mellom mestringsorientert læring og prestasjonsorientert læring (Ames & Archer, 1988). Det omhandler da om eleven ønsker å mestre og forstå stoffet, eller om han/hun kun ønsker et bra resultat som en god karakter på en prøve. Ut i fra dette kan elevene velge å fokusere på ulike ting i teksten avhengig av hva han/hun ønsker å oppnå.

I sammenheng med dette kan vi i et fag som fysikk også skille mellom prosedural kunnskap og funksjonell kunnskap (Elstad & Turmo, 2006) som i stor grad tilsvarer Skemps (1976) instrumentelle og relasjonelle forståelse. Det vil si at prosedural kunnskap, eller instrumentell forståelse, er en forståelse som baserer seg på metoder og regning av formler uten å kjenne til formlenes bakgrunn eller hvorfor de er som de er. Som motsetning til dette har vi funksjonell kunnskap, eller relasjonell forståelse, som innebærer at eleven har en forståelse for stoffet som dekker sammenhenger og eleven kan trekke konklusjoner, sammenligne og vurdere informasjon i stedet for å bare regne med kjente formler.

Fokuset på prosedural eller funksjonell kunnskap vil i stor grad avgjøre hvordan elevene velger å lese læreboken. Hvis eleven er fokusert på prestasjoner vil han/hun i stor grad søke den kunnskapen som vil gi størst fordel på en eventuell prøve. Hvis læreren ikke gir klart uttrykk for noe annet vil elevens egne personlige lesestrategier forme elevens opplevelse av læreboken, under selve lesingen vil eleven kunne fokusere på for eksempel sammenhenger mellom konsepter, visualiseringer, trekke slutninger eller skille ut viktig informasjon men vil ikke kunne gjøre mer enn én ting på en gang (Mork & Erlien, 2010). Figurer kan være et element i både funksjonell og prosedural forståelse, men figurer er ofte ment som en kobling mellom de ulike representasjonsformene og vil komme mest til sin rett i funksjonell forståelse der figurer blir brukt til å se sammenhenger og trekke slutninger.

Undersøkelser har vist at oppgaver gitt i skolen sjelden krever en forståelse av stoffet i læreboken (Mork & Erlien, 2010) slik at elever som ønsker å få til oppgaver derfor ofte kan nøye seg med prosedural kunnskap. Forskning tyder faktisk på at elever har en tendens til å lese oppgaver først for deretter å lete i teksten etter svarene med mindre læreren gir klart uttrykk for noe annet. Dette gjenspeiler seg i fysikk ved at mange elever føler at fysikk er preget av formler og regning og lite forståelse (Angell et al., 2004).

## 3 Figurer i fysikkundervisningen

### 3.1 Illustrasjoners rolle i fysikk

Hvis et barn, som ikke har noe grunnlag for å forstå fysikkens språk, åpnet en lærebok i fysikk ville det raskt legge merke til de mange figurene som finnes der. Forfattere og forlag bruker mye tid og ressurser på å lage og finne figurer som skal være både forklarende og engasjerende for elevene (Ametller et al., 2002). Figurer som et element i vitenskapelig metode, og figurer som resultat av modellering og forskning, er begge sentrale deler i hvordan fysikk er bygd opp. Derfor får figurer en stor påvirkning på hvordan undervisning i fysikk blir lagt opp (Gilbert, 2008).

For å danne seg et bilde av verden omkring oss deler vi opp verden i ulike segmenter som vi kan relatere til og gi mening til. Dette er spesielt synlig i fysikk som tar på seg å forklare utallige ulike naturfenomener som finnes og legger modeller og figurer til grunn for forklaringene.

Det å kunne jobbe med de ulike representasjonene og skifte mellom dem er en essensiell ferdighet for å kunne fullt ut dra nytte av de ulike representasjonene og forstå forklaringene fysikkfaget gir. Denne typen arbeid involverer det Gilbert (ibid) betegner som "visualisering", det vil si å lage mening av ulike representasjoner. Visualisering kommer av ytre påvirkninger som vil si at elevene blir presentert for informasjon i form av bilder, diagrammer, tabeller, grafer og lignende og ut i fra det danner seg et mentalt bilde av hvordan ting fungerer.

Figurer er hyppig brukt i lærebøkene i fysikk. Åpner man en lærebok i fysikk på en tilfeldig side er sjansene store for at man ser en eller flere figurer som representerer et eller annet fysisk begrep eller en sammenheng mellom begreper. Det kan være et fotografi av en luftputebane eller en annen gjenstand, det kan være en figur som kvalitativt viser hvordan et fenomen oppstår, gjerne med piler, tekst og andre hjelpemidler eller det kan være grafer og figurer med matematiske symboler. Ikke alt i lærebøkene vil være illustrert i like stor grad, ei heller med samme type figurer. Det er to hovedfaktorer som avgjør typen figurer i en lærebok: Figurens rolle og elevenes alder. Mange figurer er ment som supplement til teksten eller rene illustrasjoner av teksten, siden elevene lærer ved å kombinere de ulike representasjonsformene (Gilbert, 2008; Ametller et al., 2002).

Det er likevel ikke så enkelt å avgjøre hva slags rolle en figur har, for å avdekke det må man se på hvilken sammenheng figuren har med resten av teksten. En figur som representerer et begrep i begynnelsen av et kapittel vil ha en helt annen rolle enn om den var på slutten av det samme kapitlet. Likeså vil en figur som er plassert ved en tekst som gjentatte ganger knyttes opp mot figuren ha en mer fundamental rolle enn en figur som er plassert ved en tekst som ikke inneholder noen referanser til figuren. Med grunnlag av dette kan det sies at en figurs rolle avgjøres i stor grad av hvor mye vekt teksten ellers legger på figurene.

Figurenes rolle i fysikk og hvordan de prøver å formidle informasjonen varierer sterkt fra figur til figur. Bungum (2008) beskriver fem forskjellige hensikter til figurene basert på en analyse av figurene i flere lærebøker:

#### *1: Involvere leseren i eksperimenter*

Disse figurene er ofte realistiske med svak innramming. "Innramming" er her en fri oversettelse av "Framing" i Bungums artikkel hvor hun referer til Bernsteins artikkel om klassifisering av kunnskap. Innramming vil si i hvor stor grad figuren involverer leseren i hva som skjer, det etablerer et sosial-pedagogisk forhold mellom leseren og figuren (Dimopoulos, Koulaïdis & Sklaveniti, 2003). Sterk innramming er en figur hvor leseren observerer fra avstand og ikke tar del selv. Figuren sammen med teksten presenterer hvordan et spesifikt eksperiment blir gjennomført og hva som vil skje. Disse figurene vil da gjerne ha som hensikt å forklare eller eksemplifisere et begrep (Ametller et al., 2002).

#### *2: Visualisering av en verden av modeller*

Mange av figurene i lærebøkene har som hensikt å representere teoretiske modeller av fenomener. De kan synes realistiske men de er fortsatt bare representasjoner av hvordan verden oppleves i fysikk. Det er typisk figurer som inneholder generaliserte ting som grafer og matematiske uttrykk. Denne typen figurer forteller leseren at fysikk innebærer å representere verden ved hjelp av matematiske modeller. De hjelper da elevene til å eksemplifisere abstrakte begreper eller vise informasjon som for eksempel en graf (Ametller et al., 2002).

#### *3: Vise objektors faktiske utseende*

Denne typen figurer viser det faktiske utseendet til objekter. Disse figurene er ofte uten kontekst som eksperimenter og andre elementer (spesielt i gamlere lærebøker), hensikten er å gjøre leseren kjent med spesifikke objekter brukt i fysikk. Disse figurene blir også gjerne

brukt som grunnlag for praktiske oppgaver som eksperimenter der elevene skal gjennomføre målinger (Ametller et al., 2002).

#### *4: Oversette mellom representasjoner*

En hybrid mellom kategori 2 og 3, denne typen figurer skaper en sammenheng mellom hvordan ulike objekter ser ut rent utseendemessig og hvordan de er representert i modellene brukt i fysikk. Rollen til figuren er dermed å oversette mellom de to representasjonene.

#### *5: Demonstere relevans og bruk*

Disse figurene demonstrerer for leseren hvordan det aktuelle temaet er relevant og brukt i det virkelige liv. Dette gjøres ved å presentere objekter og systemer som leseren er antatt å være velkjent med. Disse figurene kan også brukes som grunnlag for praktiske oppgaver eller som en hjelp for elevene til å strukturere kunnskap (Ametller et al., 2002)

Figurene har en tendens til å forandres ettersom elevene blir eldre, de blir gjerne mer abstrakte og kompliserte og illustrerer mer teknologiske og vitenskapelige figurer. (Ametller et al., 2002) Figurer for yngre elever derimot er ofte mer konkrete og bruker i større grad farger og minner mer om bilder fra barnebøker. Figurene får gjerne ulik behandling i fysikkfagene da grafer er et vanlig syn og blir hyppig brukt for å forklare vitenskapelige idéer, siden de blir mye brukt i vitenskapelige kretser, mens bilder og mer kvalitative figurer gjerne blir ansett som mindre viktige og blir mer brukt som illustrasjon av et konsept som blir beskrevet verbalt i teksten.

## **3.2 Ulike typer figurer**

Figurer blir gjerne kategorisert som enten realistiske, konvensjonelle, eller figurer som inneholder elementer av begge og kalles hybrider, se Bungum og (2008) Bungum (2012). Realistiske figurer fremstiller objekter eller fenomener på en tilsvarende måte som de blir oppfattet av det menneskelige øyet. I lærebøker er ofte hensikten med slike figurer å vise utseendet på objekter eller et eksperimentelt oppsett.

Konvensjonelle figurer bruker symboler for abstrakte enheter og andre konvensjoner som brukes i fysikk. De er ment å hjelpe leseren danne seg en forståelse av konsepter, sammenhenger

og teorier i fysikk. På denne måten vil disse figurene være tett knyttet til det multimodale språket som brukes i fysikk. De kan også være pedagogiske, med formål å hjelpe elevene danne seg mentale bilder for å hjelpe til å eleven forstå fysikken som er representert i tråd med Gilberts (2008) tanker beskrevet tidligere.

I lærebøkene vil det være mange ulike typer figurer. Vi vil her se på noen av de viktigste, nemlig modeller, fotografier, diagrammer/tegninger og grafer.

**Modeller.** Modeller er figurer som er brukt som analogier (Gilbert, 2008; Podolefsky, 2008): Det vil si at det er figurer som overfører informasjon eller mening fra et spesifikt tema (kilden eller analogen) over til et annet spesifikt tema (målet) ved hjelp av en sammenligning mellom de to. Man kan dele analogier inn i to distinkte deler, homomorfe eller paramorfe. Homomorfe analogier er når kilden og målet er det samme objektet eller figur av samme objekt, dvs en forstørrelse eller forminskelse. Paramorfe er følgelig når kilden og målet er to forskjellige objekter, men har noen fellestrekk som rennende vann og elektrisitet.

Homomorfe analogier kan være mikro- eller makromorfe, avhengig av om de er henholdsvis mindre eller større i forhold til det de er analogier for. Et bilde av et tog vil derfor være en mikromorf analogi til et ekte tog og tilsvarende vil en tegning av et virus være en makromorf analogi av et ekte virus. Homomorfe analogier kan enten være en idealisering av virkeligheten, for eksempel figurer der alle egenskapene er representert men noen er lagt mer vekt på enn andre, eller en abstraksjon hvor bare noen av egenskapene er representert. For eksempel vil en vannslange være en makromorf abstraksjon av menneskelige blodårer siden de er en forstørrelse av virkelige og de innehar bare noen av egenskapene til blodårer (som at de lar væske renne gjennom seg). Bruk av homomorfe analogier brukes i stor grad for å fokusere leserens oppmerksomhet, og legge vekt på, noen utvalgte egenskaper til målet (Gilbert, 2008).

Paramorfe analogier brukes mer på prosesser enn på virkelige objekter. Tanken bak er at prosessene som skjer er i hovedsak de samme, eller i hvert fall i stor grad sammenlignbare, i målet og kilden. Sammenligningen med vann som strømmer gjennom en slange og elektroner som strømmer gjennom en elektrisk leder er et eksempel på en slik paramorf analogi. Paramorfe analogier forutsetter at leseren er i stand til å overføre betydningen fra en situasjon til en annen og at leseren har tilstrekkelig kunnskap om kilden til å forstå hva som skal overføres til kilden. Denne typen analogier er brukt i flere lærebøker spesielt for lavere trinn og er veldig



vanlig i populærvitenskapelige artikler (Dimopoulos et al., 2003).

Modeller kan ha flere ulike hensikter, som oftest vil de være ment for å forklare konsepter som kan være vanskelige å forstå. Hvis vi ser modeller slik Gilbert beskriver dem i sammenheng med kategorier for figurers hensikt presentert foran vil de gjerne være av hensikt 2 (visualisering av en verden av modeller), 3 (vise objekters faktiske utseende) eller 4 (Oversette mellom representasjoner)

**Fotografier.** Fotografier er svært utbredt i nye lærebøker. En studie av lærebøker i biologi fant at på tyve sider var det sytten fotografier (Pozzer & Roth, 2003). Fotografier er mindre utbredt i fysikk men en rask gjennomgang av lærebøkene i fysikk for videregående skole fant forfatteren av denne masteroppgaven mellom fem og ti fotografier pr 20 sider avhengig av hvilket kapittel det var snakk om (Callin, Pålsgård, Stadsnes & Tellefsen, 2012a, 2012b).

Fotografier viser nødvendigvis den virkelige verden men de setter også noen klare betingelser for leseren ved hjelp av innrammingen. I hvilken grad figurene, i dette tilfellet fotografiene, involverer leseren direkte i handlingen kan også sette noen føringer på leserens tolkninger og visualisering av fotografiet (Gilbert, 2008).

Fotografier kan ha flere ulike funksjoner, avhengig av hvilken sammenheng fotografiet har med resten av teksten. Pozzer og Roth (2003) deler opp fotografiernes funksjon i fire kategorier, med grunnlag i relasjonen mellom fotografi, figurtekst og hovedteksten. De kategoriseres som enten dekorative, illustrative, forklarende eller komplementære.

Dekorative figurer er fotografier som ikke refereres til i hovedteksten eller har en egen figurtekst. Denne typen figurer er mest vanlig i starten av kapitler for å skape en stemning eller vekke nysgjerrighet og er ofte illustrasjoner av sentrale begreper. Men siden figurene som oftest er plassert i starten av kapitlene er de blitt klassifisert som dekorative i samsvar med Ametller et al. (2002) sine tanker om samsvar mellom figurers rolle og plassering beskrevet tidligere i teksten.

Illustrative fotografier er fotografier som inneholder en figurtekst som beskriver hva leseren bør se i fotografiet, men gir lite annen informasjon. Slike fotografier er ikke en essensiell del av

informasjonen for leseren, i forhold til det hovedteksten omhandler. Forklarende fotografier derimot gir mer utfyllende informasjon og bruker gjerne spesielle faguttrykk for å veilede leseren til å trekke de ønskede konklusjonene.

Komplementære fotografier er assosiert med figurtekster som gir ny informasjon om det aktuelle temaet i hovedteksten. Denne informasjonen kan være veldig viktig for elevenes forståelse av det læreboken prøver å formidle, slike fotografier forutsetter derfor en kontinuitet i elevens lesing siden de får repetert og koblet teksten med fotografiene (Pozzer & Roth, 2003).

Hensikten til fotografier er som oftest av kategori 1 (involvere leseren i eksperimenter), 3 (Vise objekters faktiske utseende) eller 5 (Demonstrere relevans og bruk) som beskrevet tidligere med referanse til Bungum (2008).

**Diagrammer eller tegninger** er en annen type figurer som blir mye brukt i lærebøkene. I disse figurene gjelder også konseptet av innramming som innebærer hvordan elevene involveres i selve figuren. Det har vært undersøkelser som tyder på at elevene legger mer vekt på noen typer diagrammer enn andre (Gilbert, 2008). For eksempel ble tegneserielignende figurer sett på som lite relevante. Dette er figurer som er ment for å illustrere en hendelse over tid, eller en form for handling. Gilberts undersøkelse tyder derimot på at elevene ikke stolte på de på grunn av at de er så nært beslektet med tegneserieformen. Undersøkelsen tyder videre på at elevene legger mer og mer vekt på figuren jo mer navngiving, prosesspiler og "vitenskapelige" de ser ut. Andre undersøkelser igjen tyder på at sterkere elever bruker diagrammer og tegninger for å løse problemer og sjekke og tenke gjennom det de har gjort, mens svakere kun bruker de som hjelp til å løse oppgaver (Rosengrant et al., 2009). Ellers gjelder mye av de samme kategoriene for diagrammer og tegninger som for fotografier. Den største forskjellen mellom diagrammer/tegninger og fotografier er at diagrammer og tegninger ofte er illustrasjoner av mikroskopiske ting eller abstrakte begreper for å utfylle fotografiets åpenbare mangler på dette punktet.

**Grafer** er en figurtype som blir brukt i stor grad i lærebøkene på grunn av dens store utbredelse i forskermiljøet. Grafer er blitt delt inn i flere underkategorier, Tufte (1983) har identifisert fire ulike typer grafer:

- Datakart. Dette er grafer hvor posisjonen til objekter eller hendelser er representert i et identifiserbart geografisk rom. For eksempel befolkningstettheten i et område, eller

distribusjonen av elektroner over et område.

- Tidsserier. Her er posisjonen til objekter eller hendelser representert som en funksjon av tiden. Det kan være en vanlig veigraf som er mye brukt i mekanisk fysikk.
- Grafer i rom-tid. Dette er grafer hvor posisjonen til objekter eller hendelser er representert som en funksjon av både tid og identifiserbart geografisk rom.
- Relasjonell grafikk. Her er variasjonen mellom to eller flere abstrakte konsepter representert. Et eksempel kan være en graf av sammenhengen mellom strøm og spenning i en ohmsk motstand.

Selv om både forskere og lærere bruker alle typer grafer er det ting som tyder på at det er den fjerde typen som er mest utbredt i begge tilfeller (Gilbert, 2008). Grafer er av klart matematisk og symbolsk karakter og er i Bungums kategorier klart mest vanlig som hensikt 2 (visualisering av en verden av modeller), men også litt som hensikt 4 (oversette mellom representasjoner).

### 3.3 Figurer i elevenes læringsprosesser

Undervisning i fysikk foregår ved at elevene lærer om ofte vanskelige konsepter. I et konstruktivistisk læringssyn så må elevene bruke den informasjonen til å bygge seg en egen forståelse av temaet ved hjelp av tidligere erfaringer og kunnskap. Måtene elevene lærer på kan inkludere forelesninger, diskusjoner, lesing, laboratorieøvelser og erfaringer med ulike representasjoner. Alle disse har som mål å hjelpe elevene til å bygge indre representasjoner, informasjon elevene er i besittelse av og kan bruke for å løse problemer og ta avgjørelser.

Rapp og Kurby (2008) skiller mellom *ytre representasjoner* og *indre representasjoner*. Schilling kaller de henholdsvis ”konseptuelle modeller” og ”mentale modeller” men betydningen er det samme. I resten av denne teksten vil jeg referere til de som ytre og indre representasjoner. Ytre representasjoner er representasjoner for naturvitenskapelige modeller og er designet for å hjelpe andre til å forstå eller undervise fysikk. Det er også alle mulige sanseintrykk, som å observere himmelen eller formen på en gjenstand. Indre representasjoner er de representasjonene elevene har av virkeligheten som brukes for å fatte beslutninger og avgjørelser. Det er elevenes egne mentale bilde av for eksempel hvordan himmelen ser ut eller lignende. Elevers mentale modeller er avgjørende for hvordan de lærer fysikk (Schilling, 2007). Elevenes mentale modeller bygges opp av elevenes forståelse for fysikken, tekster, reg-

ning, og bildene elevene har av virkeligheten. Figurer blir dermed en sentral del i hvordan elever bygger opp sin virkelighetsoppfatning.

Vi kan dele opp de indre representasjonene i tre ulike kategorier: Visuelt minne, visuelle bilder og representasjon av kunnskap (Rapp & Kurby, 2008). Visuelle minner er minner av visuelle opplevelser, det kan være for eksempel et minne om hvordan det første kjæledyret så ut eller et spesifikt eksperimentelt oppsett eller noe annet som eleven har observert med øyet. Visuelle bilder er ting som elevene ser for seg med sitt "indre øye", det vil si at eleven ser for seg noe som ikke nødvendigvis har skjedd eller at de danner seg et bilde av noe de ikke kan se med det blotte øye. Det kan være en forestilling av hvordan det ser ut når fotoner treffer atomer og slår løs elektroner, eller å se for seg selv som idrettsstjerne. Representasjoner av kunnskap er at elevens mentale bilde, i tillegg til å ha et bilde av hvordan ting ser ut utseendemessig, inkluderer egenskaper og samhandlingen mellom de egenskapene.

Det finnes i hovedsak to idéer om hva mentale representasjoner faktisk er og hvordan de bearbeides i hjernen, amodale og perseptuelle (Rapp & Kurby, 2008). Det perseptuelle synet på mentale representasjoner sier at den delen av hjernen som er knyttet til øynene og brukes til å se også er sentral i kognisjon og i tilegnelsen av kunnskap. Det amodale synet på mentale representasjoner innebærer at kunnskap lagres i forskjellige knutepunkter i hjernen. Disse knutepunktene lagrer informasjon på en abstrakt form ved hjelp av symboler. Disse symbolene er ikke knyttet til vår erfaring fra virkeligheten på noen systematisk måte, det vil si at de ikke har noe åpenbar sammenheng med informasjonen de representerer. En analogi kan være språk, ta for eksempel navnet Andreas: det er bare en rekke bokstaver som synes svært tilfeldig og kun gir mening i form av at det er blitt definert som et mannsnavn.

Det amodale synet sier blant annet at det underliggende "språket" til mentale representasjoner ikke har noen likheter til noen kommunikativ eller perseptuell form. All informasjon blir lagret i knutepunkter ved abstrakte symboler og tankeprosesser innebærer å manipulere disse symbolene omtrent som matematiske prosesser. Tilhengere av synet på mentale representasjoner som amodale peker på flere fordeler. På grunn av dets abstrakte natur gir den en forklaring på matematisk tenking og hvordan kunnskap kan lagres fra flere ulike hold, som figurer, ligninger, lyd osv, og brukes i andre former senere. Hvis dette stemte ville det ikke vært nødvendig med figurer, eller noen annen form for læring enn én siden all informasjon ville blitt lagret i samme knutepunkt uansett med de samme abstrakte symbolene.

Rapp og Kurby (2008) referer til flere undersøkelser som derimot viser at variert læring gir elevene bedre forutsetninger og evner i ulike felt annet enn regning, og det amodale synet på mentale representasjoner innehar også flere problemer. Det mest berømte er ”The Symbol Grounding Problem”. Det amodale synet innebærer som sagt at symbolene lagret i hjernen manipuleres i samsvar med strenge regler som er basert på symbolenes form, ikke mening. Tilhengerne av teorien kan derimot ikke gi noe svar på hvordan disse symbolene er koblet til det de skal referere til. Uten noen direkte koblinger til mening, blir amodale symboler per definisjon umulig å oversette.

Grunnet de mange problemene med det amodale synet har det perseptuelle synet fått flere og flere tilhengere og er per i dag det ledende synet på hvordan mentale representasjoner blir lagret i hjernen. Det betyr at når eleven tenker på et konsept så lager de et mentalt bilde av det konseptet ved hjelp av den delen av hjernen. Det å tenke på konsepter i bilder er langt fra noen ukjent tanke for lærere i fysikk og anses av mange som en viktig del av å forstå fysikkens natur.

Perseptuelle teorier om kunnskap og mentale modeller forutsetter at representasjoner er modalspesifikke, det vil si at visuelle erfaringer leder til mentale bilder og lignende. Hvis elevene kan knytte flere representasjoner fra ulike kilder sammen blir de multimodale. I det konstruktivistiske læringssynet må elevene inneha et stillas å bygge videre på. Tatt i betraktning det modalspesifikke synet i perseptuelle teorier om mentale representasjoner blir det en nødvendighet for elevene å studere figurer eller faktiske gjenstander for å kunne utvikle fullt ut multimodaliteten i kunnskap. Ved å jobbe med ulike typer representasjoner vil elevene kunne danne sammenhenger mellom de og styrke evnen til å se generalisere kunnskap i fysikk. Vi vil i et senere kapittel se mer på nytteverdien av multimodaliteten i representasjonsformer ved læring av vanskelige konsepter.

Resultatene beskrevet ovenfor gir klare indikasjoner på at mennesker bruker perseptuelle representasjoner for å forstå situasjoner og sammenhenger, og at de mentale representasjonene som konstrueres ut i fra erfaring bygger på tidligere visuelle erfaringer. Det at elever bruker visuelle erfaringer som stillas for ny kunnskap gjør det til en nødvendighet å legge opp undervisning og lærebøker på en slik måte at elevene oppnår den nødvendige kunnskapen som er beskrevet i kompetansemålene ved å bruke figurer slik at elevene kan lettere beholde informasjonen de blir utsatt for i fysikkundervisningen.

I fysikk er ikke dette noe nytt, forfatterne av lærebøker i fysikk er vel vitende om viktigheten av gode illustrasjoner og legger mye arbeid i både presentasjon og innholdet i figurene i læreboken. Figurer er ment å kunne gi oss informasjon av ulik type, det kan være et bilde av en dyrekennel for å skape medfølelse for dyr, en reklameplakat for å lokke mennesker til å kjøpe et produkt, eller en figur ment for å gi mening til en vanskelig konsept.

Hver figur har dermed et eget budskap å formidle, men hvordan de formidler den beskjednen er komplekst. Selve tolkningen av en figur bygger på både faktisk utseende og psykologiske prosesser i selve personen som betrakter figuren (Ametller et al., 2002). Denne kommunikasjonsprosessen består da av to separate deler. Først må informasjon kodes inn i figurer og trykkes for eksempel i en lærebok. Det andre trinnet består av at en leser er mottager for informasjonen, han/hun studerer bildet og henter ut informasjonen som designeren har lagt i det. Men for å kunne hente ut denne informasjonen må mottageren ha kjennskap til de grunnleggende aspektene ved figuren og konteksten den inngår i. Hva er det som er viktig? Hvordan prøver denne figuren å kommunisere og hva er det den prøver å fortelle? Hvis eleven ikke er klar over alt dette kan han/hun tolke figuren annerledes enn avsender har tenkt.

### 3.4 Multimodalitet i representasjonsformer

I fysikk skal elever lære om kompliserte vitenskapelige konsepter. Her kan eksterne representasjoner som diagrammer, grafer og ligninger gi store fordeler, gjerne med flere samtidig (Ainsworth, 2008; Podolefsky & Finkelstein, 2007). Dolin og Schilling (2001) gå så langt som å si at alle læreprosesser i fysikk kan beskrives som en prosess der eleven tilegner seg et emnes representasjonsformer og beveger seg mellom dem. Det er ofte mer krevende for elevene å multitask med flere ulike modaliteter enn å bare jobbe med en om gangen (Krokan, 2012), men det finnes arbeid som gir klare indikasjoner på at informasjon som er kodet i ulike former gir elevene bedre grunnlag for å bruke flere deler av hjernen og lettere danne en funksjonell kunnskap innen det aktuelle temaet (Rapp & Kurby, 2008). Funksjonene til slike eksterne representasjoner kan grovt sett deles inn i tre kategorier. Først har vi representasjoner som innehar en komplementær rolle.

I et typisk tilfelle i fysikk med krefter og akselerasjon vil komplementære figurer vise informasjon om masse, krefter, friksjon og/eller hastighet. Hver representasjon, graf, ligning eller hva det måtte være, viser ulike aspekter ved det aktuelle objektet. Valg av representasjonsform

avhenger derfor av egenskapene som skal trekkes fram. For eksempel vil hastigheten kunne være representert ved en graf som funksjon av tiden, men det vil normalt ha liten hensikt å lage en graf over massen som funksjon av tiden. Derfor blir ulike representasjoner brukt til å presentere ulik informasjon for å hjelpe leseren best mulig.

Bruk av flere representasjoner er velkjent i fysikken med grafer brukt for tidsavhengige endringer, tabeller for eksplisitt informasjon, ligninger viser kvantitative sammenhenger mens tegninger kan vise perseptuelle prosesser ved å gruppere relevant informasjon. I følge gjeldene norsk læreplan i Fysikk 1 skal elevene utvikle ferdigheter i flere ulike felt, elevene skal blant annet tilegne seg grunnleggende ferdigheter:

Å kunne lese i fysikk innebærer å trekke ut, tolke og reflektere over informasjon i fysikkfaglige tekster, brosjyrer, aviser, populærvitenskapelige magasiner og bøker og på Internett. Det betyr å forstå bruksanvisninger, tabeller, diagrammer, symboler og fagspesifikke tekster. Videre vil det si å forstå innholdet i tabeller, grafer, bilder, ordinær tekst og likninger (Utdanningsdirektoratet, 2013).

Den naturlige konsekvensen er da at elevene må jobbe med de ulike representasjonsformene og fokusere på figurer i undervisningen for å kunne utvikle de grunnleggende ferdighetene og forstå konseptene i fysikk.

En annen rolle multimodale representasjoner har er å begrense de mulige tolkningene elevene kan gjøre. Hvis en elev synes at en spesiell figur er komplisert og vanskelig å tyde kan eleven se på en annen figur som er lettere (for den eleven) å tolke. Figurene er da knyttet sammen slik at den enklere figuren gir klare begrensninger for hvordan den mer kompliserte skal tolkes ved hjelp av enten forklarende ord eller iboende egenskaper til det som figuren omhandler.

En ytterligere rolle multimodale representasjoner kan ha er å konstruere en dypere forståelse ved at leseren kan relatere de ulike modalitetene til hverandre og identifisere hva som er invariante begreper og hva som er spesielt for hver enkelt representasjon. I det konstruktivistiske læringssynet er abstraksjon en prosess der elevene konstruerer mentale begreper som fungerer som stillas, eller reisverk, for nye konsepter på et høyere kognitivt nivå. Elevene konstruerer referanser på tvers av representasjonene som avdekker den underliggende strukturen til det aktuelle temaet. Dette er en form for relasjonell forståelse (Skemp, 1976) hvor elevene ikke bare kan løse oppgaver men også assosiere ulike representasjoner uten å reorganisere kunnskap (Ainsworth, 2008).

Ainsworth (2008) foreslår at multimodalitet i figurer og læringsprosesser hjelper elevene til å bygge abstraksjoner omkring matematiske konsepter, som er veldig sentralt i fysikk. Det at elevene skal kunne gå mellom de ulike representasjonene ansees som målet for mange fysikklærere.

### 3.5 Utfordringer i tolking av figurer

Scaife og Rogers (1996) beskriver hvordan eksterne representasjoner, som figurer i lærebøkene, i senere tid er blitt tilegnet en mer sentral rolle i forhold til elevenes læringsprosesser. De beskriver videre det de kaller *Graphical constraining*, som i resten av teksten vil refereres til som grafiske begrensninger. Bakgrunnen for dette uttrykket er hvordan ulike figurer legger begrensninger på hvilke slutninger som kan trekkes.

Relasjonene mellom elementene i en figur bør kunne overføres til den virkelige verden slik at de begrenser antall mulige tolkninger og/eller forsterker noen spesifikke tolkninger som kan gjøres av figuren. En god figur er dermed en figur som kan hjelpe eleven til å utelukke noen tolkninger og gi klare indikasjoner på hva som skjer men samtidig gir eleven frihet til å uttrykke med egne ord figurens innhold og mening.

Samtidig må de ulike figurene være så tydelige at elevene ikke begår det som Scaife og Rogers kaller *Resemblance Fallacy*, som vil si at elevene ser på en forenklet/stilisert figur som et klart bilde på virkeligheten selv om det ikke er riktig. Et eksempel på dette kan for eksempel være Bohrs atommodell med elektroner svevende i bane rundt en positiv kjerne. Eller rennende vann som paramorf analogi for elektrisitet i en ledning. Figurene må også være så ulike hverandre at elever ikke ser på figurer som har flere likhetstrekk rent utseendemessig og overfører betydningen til nye figurer og mistolker meningen. For eksempel kan piler bli brukt i utallige ulike situasjoner for å illustrere konsepter, de kan brukes som vektorer eller bare for å tiltrekke oppmerksomhet på et konsept. Figurer med strømledninger er også utsatt for feiltolkninger siden mange av dem vil ligne på hverandre rent utseendemessig men kan være tenkt å illustrere helt ulike situasjoner.

Elever bruker sine egne erfaringer og hverdagskunnskap når de skal konstruere seg mening av



figurene de leser i lærebøkene. Lærebøkene kan oppleves å være mangelfulle i forklaringene og henvisningene til figurene (Ametller & Pintó, 2010a; Nelson, 2006). I tillegg har mange elever begrenset trening i å jobbe med figurer (Monroy et al., 2002). Elevenes oppfatning av figurene blir da i stor grad basert på elevenes egne erfaringer som ikke nødvendigvis bunner i vitenskap.

Ametller og Pintó (2010a) beskriver noen av de ulike problemene elevene kan møte ved de forskjellige typene figurer:

- Ved metaforer må elevene overføre en betydning fra noe som er reelt og virkelighetsnært til et mer abstrakt konsept. Undersøkelser har vist at mange elever legger stor vekt på elementer i figurer som de har erfaring med fra det virkelige livet, dermed kan de elementene gi elevene andre assosiasjoner enn det som er tenkt. Elevenes fokus skifter dermed over fra konseptet figuren prøver å formidle over til de mer praktiske aspektene.
- Ved sanntidsgrafer vil målingene alltid være preget av uregelmessigheter og lignende. Elevenes erfaring er i hovedsak grafer som er glatte og jevne, idealtilfeller og matematisk enkle grafer. En konsekvens av dette kan være at elevene ser på sanntidsgrafer som av dårlig kvalitet. Undersøkelser har da vist at noen av elevene fokuserer i stor grad på disse uregelmessighetene og dermed overser den globale trenden på målingene.
- Når figurene er bygd opp av flere elementer må elevene ta hensyn til samhandlingen mellom dem. Elevene kan legge mer vekt på noen av elementene (som de ofte også må gjøre) men de kan også fremheve aspekter som ikke nødvendigvis er så viktige for det figuren prøver å formidle. Mange av elementene kan også ha ulike mening i ulike figurer, blant annet piler er noe som brukes i mange ulike figurer slik at elevene må identifisere meningen hver gang. Elevene kan også legge vekt på rent utseende på den måten at hvis to figurer eller elementer i figurer ligner på hverandre vil elevene anta at de omhandler det samme og forteller det samme.
- En av de største vanskelighetene elevene har er å koble figurer og verbale elementer. Ord som "system" kan være veldig forvirrende for elevene hvis de ikke kan relatere til konseptet figuren illustrerer. Selve bildeteksten er blitt vist å kunne oppklare mange av misforståelsene elevene danner seg av figurene, eller skape motsigelser med elevenes oppfatninger slik at de må reevaluere, men undersøkelser har vist at mange elever kun leser bildeteksten hvis de blir pålagt å gjøre det.

Elevenes utfordringer ligger dermed i stor grad i å klare å trekke ut vesentlig informasjon fra

figurene for å trekke rett konklusjon. Figurer har gjerne mange likhetstrekk med hverandre for eksempel i form av piler. For analogier må elevene overføre betydningen fra et konsept som ofte er virkelighetsnært til noe som er veldig abstrakt og teoretisk, og det forutsetter at figurene har en god grafisk begrensning slik at elevene overfører de elementene som avsenderen har tenkt figuren skal formidle.

## 4 Undersøkelsen

I dette kapitlet presenteres valgene som har blitt tatt i forhold til forskningsdesign og hvordan undersøkelsen ble gjennomført. Til slutt i kapitlet presenteres noen momenter angående reliabilitet, validitet og generaliserbarhet i undersøkelsen.

Målet for undersøkelsen er å få en bedre forståelse for hvordan elever leser læreboken i fysikk. Fokuset er spesielt på hvordan elever bruker figurer når de skal lære konsepter eller repetere ting, og hvordan elevene opplever figurene som hjelp. Mye av fokuset i undersøkelsen er derfor på elevenes egne personlige erfaringer og strategier. I følge Cohen, Manion og Morrison (2000) er ulike typer forskningsparadigmer best egnet til ulike typer forskningsmål og spørsmål. Denne undersøkelsen er preget av et subjektivistisk virkelighetssyn som innebærer at ulike personer har ulik virkelighetsoppfatning. I samsvar med konstruktivismen vil det si at hver enkelt elev konstruerer sin virkelighet, og at kunnskap er unik og personlig. Siden hver elevs synspunkt er unikt og personlig blir det hensiktsmessig å ta i bruk metoder som tar utgangspunkt i elevenes egne redegjørelser (Cohen et al., 2000).

### 4.1 Innsamling av data

I denne undersøkelsen ble det valgt å bruke intervju som innsamlingsmetode for data. I forskningssammenheng har dialog som mål å belyse en problemstilling (Jacobsen & Postholm, 2011). Her var det ønskelig å få en spesiell type informasjon, og for å sikre at dette skjedde måtte dialogen tilpasses problemstillingen. I denne sammenhengen er det i følge Jacobsen og Postholm flere hensyn som må tas:

- Hvem skal intervjues?
- Skal intervjuene foregå individuelt eller i gruppe?
- Hva slags type dialog skal benyttes? (Hvor målrettet og strukturert skal dialogen være?)
- Plan for gjennomføring.

Hvor bra et intervju er til innsamling av data avhenger ifølge Jacobsen og Postholm av i hvilken grad problemstillingen belyses. Det innebærer at alle spørsmål som stilles må kunne knyttes/relateres til problemstillingen.

I undersøkelsen var det ønskelig å få et inntrykk av hvordan flest mulig typer elever opplever figurene i læreboken, men det var kun mulig å avsette én time til intervjuer. Det ble antatt at intervjuene kunne vare i omtrent en halvtime per par, derfor ville det bare bli tid til å intervju to par. Det er ønskelig å ha et utvalg elever til intervju som er representativt for hele klassen. I følge Jacobsen og Postholm (2011, s.66) er løsningen å plukke ut de elevene som best mulig kan bidra til å belyse problemstillingen.

I praksis vil dette bety at man må plukke ut omtrent like mange gutter som jenter, like mange fra de ulike boligområdene, sosiale klasser etc. Utvalget skal i følge Jacobsen og Postholm gjenspeile klassen. Eventuelt kan man velge de elevene som kan gi best informasjon om det intervjueren ønsker å finne ut, for eksempel de som kan ordlegge seg best. Variasjonsbredde er et annet kriterium: man kan velge elever som også representerer unike/ekstreme synspunkt.

I denne undersøkelsen ble det lagt vekt på at det skulle være både gutter og jenter. Det ble også lagt vekt på å plukke ut elever som hadde ulike mål og forutsetninger i fysikk, altså både sterke og svake elever. Læreren til denne klassen var delaktig i utvelgelsen av disse elevene for å sikre den ønskede variasjonen. Elevene ble intervjuet i par på grunnlag av at det dermed ville bli enklere å si meningen sin og de kunne også snakke litt med hverandre og dermed skape en mer behagelig atmosfære og samtale i motsetning til et intervju som kan oppfattes litt som en utspørring. Jeg som intervjuer var da kjent med elevene fra før siden jeg har vært lærervikar for de, men det ble ansett som mindre viktig da det var læreboken i seg selv og figurene som var i fokus og ikke noe i relasjon med undervisningsmetoder som kunne gjort at elevene følte en lojalitet som påvirket svarene.

Intervju er ofte den foretrukne metoden for forskere som foretrekker en mer kvalitativ tilnærming i både sosiologi og psykologi (Robson, 2011). Intervjuer har en rekke iboende styrker og svakheter rent metodemessig. Det at intervjueren kan snakke direkte med intervjuobjektene involvert i studien gir muligheten til å tilpasse undersøkelsen etter reaksjoner og oppførsel, for eksempel ved å stille spørsmål annerledes, bytte ut spørsmål eller fjerne noen spørsmål helt. I tillegg kan kroppsspråk hjelpe å formidle det som trengs, både for intervjuer og intervjuobjekt.

Det å få fullt utbytte av intervjuformen krever derimot en dyktig og/eller erfaren intervjuer.

Mangelen på en fast norm for intervjuer gjør også at man kan diskutere reliabiliteten til slike undersøkelser. Spesielt kan det være utfordrende å utelukke en viss partisk holdning til intervjueren (Potter & Hepburn, 2005). Intervjueren har gjerne noen idéer før undersøkelsen begynner om hva som kan være aktuelt, og har en interesse i resultatet og kan ubevisst lede intervjuobjektene inn på de aktuelle temaene.

Videre er intervjuer gjerne veldig tidkrevende i forhold til mange andre undersøkelser. Intervju bør være av en viss varighet, men heller ikke for lenge. Robson (2011) uttrykker at alt under en halvtime lite sannsynlig vil kunne gi noe verdifull informasjon, og alt som strekker seg over mer enn én time kan kreve unødvendig mye av travle intervjuobjekter og redusere antall personer villig til å delta i undersøkelsen. I tillegg bør intervjuer tas opp på bånd, og transkribering kan ta opp til ti ganger så lang tid som selve intervjuet for uerfarne (Robson, 2011). Fordelen med intervjuer er at de gir veldig mye informasjon som andre typer undersøkelser ikke kan siden man kommer tettere innpå intervjuobjektene.

Selve intervjuene var av formen Robson (2011) kaller ”semistrukturerte”.

The interviewer has an interview *guide* that serves as a checklist of topics to be covered and a default wording and order for the questions, but the wording and order are often substantially modified based on the flow of the interview, and additional unplanned questions are asked to follow up on what the interviewee says (Robson, 2011, s. 280)

Et slikt intervju er dermed mer en samtale hvor mange av spørsmålene er forhåndsbestemt, men rekkefølge og ordlyd kan endres, forklaringer kan gis, og spørsmål kan både legges til og fjernes avhengig av responsen til intervjuobjektene. Intervjuskjemaet kan utformes som en rekke med temaer som skal diskuteres, supplert med nøkkelord man kan bruke for å hjelpe respondenten.

Det var da på forhånd laget noen definerte spørsmål som var basert på hvilket stoff elevene hadde fått og skulle forklare. Grunnen til at et relativt ”åpent” intervju ble valgt som metode i stedet for mer strukturerte intervjuer og spørreundersøkelser var at det er umulig å forutsi tilstrekkelig hvordan elevene kommer til å tolke en tekst og bildene som de blir gitt. Derfor vil intervjuer være bedre egnet til å belyse de ulike meningene som dukker opp. Ansikt-til-ansikt intervjuer gir en mulighet til å undersøke de underliggende meningene til elevene og følge opp interessante tanker som spørreundersøkelser og mer rigide intervjuer

ikke kan. (Robson, 2011). Det Robson kaller fullt strukturerte intervjuer ble avvist på dette grunnlag, mens ustrukturerte intervjuer ble ansett som vanskelig å gjennomføre og få gode resultater grunnet intervjuerens manglende erfaring.

I det semistrukturerte intervjuet ble det brukt det Robson kaller ”probes”. Dette ble benyttet for å hjelpe elevene til å uttrykke tankene sine. Det går ut på at hvis intervjuobjektet sier noe som intervjueren føler det ligger noe bak, eller at intervjuobjektet kan utdype det mer kan en slik ”probe” (bevisst eller ubevisst) hjelpe intervjuobjektet til å uttrykke seg. Et vanlig grep er da å gjenta det siste intervjuobjektet sa, noe som også blir brukt mye i psykologien for å oppnå det samme. I det semistrukturerte intervjuet var da normen at de forskjellige temaene/spørsmålene ble tatt opp og eventuelle ”probes” ble brukt før neste tema/spørsmål, noe som ble brukt ofte i intervjuene i denne undersøkelsen.

Bruk av en spørreundersøkelse ble vurdert, men ble ansett som et område med store utfordringer. Robson skriver at spørreundersøkelser virker best ved standardiserte spørsmål der de mulige svarene er kjent. Hvis vi har et subjektivistisk virkelighetssyn blir dermed spørreundersøkelser uegnet til å utforske elevenes ulike holdninger på et slikt område. Likevel ville en spørreundersøkelse kunne gi et mye større datagrunnlag enn intervjuet som baserer seg på noen få intervjuobjekter, i dette tilfellet kun åtte. Det ville dermed gi et bedre grunnlag for å generalisere eventuelle funn til flere personer.

## 4.2 Valg av undersøkelsesobjekter og tema

Undersøkelsen ble gjennomført i to omganger med totalt åtte elever på en videregående skole i Fysikk 1. Alle gikk studiespesialiserende linje på 2. året. Læreren til klassen var med i utvelgelsen av elevene, og jeg selv har vært vikar i den klassen tidligere så jeg hadde noe kjennskap til elevene som deltok i undersøkelsen. Utvelgelsen ble gjort med tanke på en jevnest mulig fordeling med tanke på hvor få elever som kunne være med i undersøkelsen. Det endelige resultatet ble fire jenter og fire gutter, noen av elevene var sterke mens andre var litt svakere.

De åtte elevene ble delt inn i totalt fire par med to hver. På denne måten ville det skape mindre press på hver enkelt elev, siden det da ville bli enklere å si meningen sin. I tillegg kunne elevene snakke litt med hverandre og dermed skape en litt mer behagelig og avslappet

atmosfære. Dette ble gjort for å gjøre elevene tryggere i en situasjon som de ikke har så mye erfaring med og dermed gjøre det lettere for både elever og meg selv å avdekke meningene.

Intervjuene foregikk på et ledig rom like ved rommet der undervisningen foregikk og parene ble med ut av undervisningen for å gjennomføre intervjuene. Intervjuene ble tatt opp på bånd ved hjelp av en mobiltelefon som ble plassert godt synlig på en stol ved siden av intervjueren og intervjudeltakerne og intervjuene ble transkribert til normert bokmål etterpå. Av hensyn til personvernet til hver enkelt deltaker i undersøkelsen har samtlige intervjuobjekter blitt anonymisert ved hjelp av fiktive navn. Elevene og lærer ble informert om dette både i starten av undersøkelsen og det ble på nytt spesifisert i forkant av hvert intervju.

Hvert par av elevene skulle lese noen utvalgte sider i læreboken til undersøkelsen. Sidene elevene skulle lese var utvalgt slik at de inneholdt figurer med informasjon som var vesentlig for innholdet i teksten. I tillegg var sidene elevene skulle lese delt i to adskilte segmenter. Den ene delen var stoff elevene hadde gjennomgått tidligere i semesteret mens det andre var helt nytt stoff. Det ble ikke antatt at elevene hadde full kontroll over det som var kjent stoff, det eneste var at sidene med kjent stoff hadde blitt gjennomgått i timene som ble bekreftet av læreren.

Det ble inndelt i nytt og kjent stoff for å gjøre det enklere å avdekke eventuelle forskjeller i hvordan elevene leste sidene og brukte figurer i nytt stoff i forhold til noe de hadde sett før. Elevene hadde ikke fått beskjed om å lese noen sider på forhånd, dette var kun til selve undersøkelsen. Det ble avsatt ti minutter til at elevene skulle lese sidene (dette ble ikke klargjort overfor elevene siden det ikke var ønskelig å legge noe tidspress på lesingen) men ingen av elevene brukte så lang tid før de sa seg ferdige med å lese og var klare til intervjuet.

Boken brukt i undersøkelsen var Ergo, Fysikk 1. Denne boken ble valgt fordi det er boken elevene brukte i undervisningen til vanlig, og de dermed var godt kjent med framstillingen og fortellermåten der. Elevene ville derfor lettere kunne relatere til den under undersøkelsen.

At elevene skulle få både nytt og kjent stoff ble også begrunnet med at elevene skulle ha mulighet til å uttale seg konstruktivt om temaene. Det kan være veldig vanskelig for elever å sette seg inn i nytt stoff på så kort tid, og dermed blir det utfordrende å snakke utdypende om det. Hvis elevene derimot ble spurt om stoff de hadde gjennomgått tidligere var det en

risiko for at elevene husket det læreren hadde sagt om figurene og bare gjengi det de hadde hørt tidligere. Derfor fikk elevene både gammelt og nytt stoff til intervjuet. De fikk da det kjente stoffet først for at elevene skulle føle seg mest mulig komfortable med spørsmålene.

De ulike parene fikk bare delvis de samme sidene av kjent og nytt stoff. De to første parene som deltok i undersøkelsen fikk de samme sidene. Det kjente stoffet for disse elevene omhandlet to grunnleggende veiformler som beskriver strekningen tilbakelagt ved konstant akselerasjon. Disse to sidene inneholdt to figurer som begge var grafer, den ene var midt på siden mens den andre var i margin på den andre siden. Begge var det Tuftes referer til som "Tidsserier", funksjoner av tid. Det nye stoffet for disse parene omhandlet elektrisitet og inneholdt tre figurer som skulle illustrere teksten. To av figurene var tegninger av abstrakt karakter som kan kategoriseres som komplementære figurer i listen gjennomgått tidligere i kapittel 3.2. De to figurene var ment å illustrere sammenhengen mellom strøm og ladning og at elektronene beveger seg motsatt av strømmetningen, figurene var henholdsvis i margin på ene siden og midt på den andre siden. Den siste figuren i det nye stoffet til disse to parene var en paramorf analogi hvor læreboken sammenlignet en spenningskilde og elektroner med en vannpumpe og vann som pumpes til høyere potensiell energi. Disse sidene er vist på figurene under, og også gitt som vedlegg bakerst i oppgaven. Det kjente stoffet om veiformler er gitt i vedlegg 1, mens sidene om elektrisitet er gitt i vedlegg 2.

28 | 1 : Fysikk – på rett vei
1 : Fysikk – på rett vei | 2

**Veiformel 1 og 2**

Når akselerasjonen er konstant, er fartsgrafen en rett linje. Da blir gjennomsnittsfarten i tiden  $t$  lik gjennomsnittet av startfarten og slutfarten,

$$\bar{v} = \frac{v_0 + v}{2} = \frac{1}{2}(v_0 + v)$$

Dette kan vi bruke til å finne strekningen  $s$  som blir tilbakelagt på tiden  $t$ .

$$s = \bar{v}t = \frac{1}{2}(v_0 + v)t$$

Dette er den første veiformelen ved konstant akselerasjon.

1-26 Fartsgraf til veiformel 1. Strekningen  $s$  tilsvarende arealet av det fargelagte trapeset.

**Veiformel 1** >>>

Når en gjenstand har konstant akselerasjon, er strekningen  $s$  etter tiden  $t$  gitt som

$$s = \frac{1}{2}(v_0 + v)t$$

der  $v_0$  er startfarten og  $v$  er slutfarten.

**Eksempel 20:** Bilen mot fjellveggen  
Vi går tilbake til eksemplet med bilen som krasjer i fjellveggen. Farten minket fra 10 m/s til 0 m/s på 0,080 s. Hvor mye ble bilen trykket sammen i kollisjonen?  
Løsning: Veiformel 1 gir

$$s = \frac{1}{2}(v_0 + v)t = \frac{1}{2}(10 \text{ m/s} + 0 \text{ m/s}) \cdot 0,080 \text{ s} = 0,40 \text{ m}$$

Veiformel 1 inneholder startfarten, slutfarten og tiden. Ofte er det nyttig å ha en veiformel som inneholder akselerasjonen. Hvis vi kombinerer fartsformelen med veiformel 1, får vi

$$s = \frac{1}{2}(v_0 + v)t = \frac{1}{2}(v_0 + v_0 + at)t = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

Dette er den andre veiformelen ved konstant akselerasjon.

**Veiformel 2** >>>

Når en gjenstand har konstant akselerasjon, er strekningen  $s$  ved tiden  $t$  gitt som

$$s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

der  $v_0$  er startfarten og  $a$  er akselerasjonen.

Strekningen er altså en andregradsfunksjon av tiden. En andregradsfunksjon har graf som er en parabel.

Veiformel 2 er fin å bruke hvis vi skal måle akselerasjon. Hvis startfarten er lik null, kan vi skrive

$$s = \frac{1}{2}at^2$$

$$2s = at^2$$

$$a = \frac{2s}{t^2}$$

Vi kan måle en serie sammenhengende verdier av posisjonen  $s$  og tiden  $t$ , og regne ut forholdet  $2s/t^2$  for hver måling. Hvis vi får omtrent samme resultat hver gang, tyder det på at akselerasjonen er konstant.

**Eksempel 21:** Vi deriverer bevegelsesformlene  
Når vi deriverer en funksjon, finner vi et uttrykk for stigningstallet til tangenten i et hvilket punkt på grafen til funksjonen. Veiformel 2 er gitt ved

$$s(t) = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

Hvis vi deriverer med tiden  $t$  som variabel, får vi

$$v(t) = s'(t) = v_0 + \frac{1}{2}a \cdot 2t = v_0 + at$$

Kjenner du igjen uttrykket?  
Vi kan derivere en gang til. Da får vi

$$a(t) = v'(t) = a(t) = a$$

Akselerasjonen er altså konstant lik  $a$ .  
Bevegelsesformlene gjelder bare ved konstant akselerasjon.

1-27 Fartsgraf til veiformel 2. Veiformelen har to ledd. Hvis vi tegner bevegelsen som en fartsgraf, vil første ledd tilsvare arealet av det fargelagte rektanglet og andre ledd tilsvare arealet av den fargelagte trekant. Til sammen er disse to arealet lik arealet av det fargelagte trapeset. Hvis vi tegner bevegelsen som en vektor, får vi en parabel.

Andregradsfunksjon:  
 $y = ax^2 + bx$   
Med  $t$  som variabel:  
 $s = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t$



Side 28 og 29 i Ergo 1, bevegelsesligningene.

264 9 · Elektrisitet
9 · Elektrisitet 265

### 9B: Strøm

Når elektriske ladninger beveger seg, sier vi at det går en *elektrisk strøm*. Elektrisk strøm er også navnet på en fysisk størrelse.

Elektrisk strøm >>>

Når en ladning  $Q$  passerer gjennom en ledning i tiden  $t$ , er strømmen  $I$  gjennom ledningen definert som ladningen delt på tiden,

$$I = \frac{Q}{t}$$

Enheten for strøm er ampere, A.

Elektrisk strøm er altså transportert ladning per tid (figur 9-4). Hvis strømmen har samme retning hele tiden, sier vi at vi har *likestrøm*, mens strøm som skifter retning periodisk, kaller vi *vekselstrøm*. Definisjonen  $I = Q/t$  gjelder for *konstant* likestrøm, som er det eneste vi kommer til å jobbe med.

**Eksempel 3: Enheten ampere**  
Enheten ampere er en av grunnhetene i SI-systemet, og oppkalt etter den franske fysikeren André Ampère (1775–1836). Av formelen  $I = Q/t$  ser vi at  $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ , eller  $1 \text{ C} = 1 \text{ As}$ . Men hvor mye er egentlig én ampere?  
Tenk deg to uendelig lange, rette ledere. De er nøyaktig 1 m fra hverandre og fører en strøm på nøyaktig 1 A i samme retning. Den magnetiske tiltrekningskraften mellom lederne er da nøyaktig  $2 \cdot 10^{-7} \text{ N}$  på hver meter. Dette definerer enheten ampere, og dermed også coulomb. Du vil lære mer om magnetiske krefter i Fysikk 2.

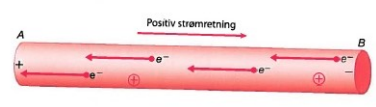
**Eksempel 4: Lyn**  
I en tordensky er det en ladning på 50 C. Ladningen beveger seg ned til bakken i et lyn som varer i 0,001 s. Hvor stor er den elektriske strømmen?  
**Løsning:** Strømmen blir

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{50 \text{ C}}{0,001 \text{ s}} = 5 \cdot 10^4 \text{ A}$$

### Strøm i metaller

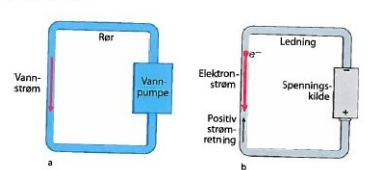
De fleste metaller er faste stoffer ved vanlige temperaturer. Atomkjernene ligger da fast i et mønster og kan ikke bevege seg. De ytterste elektronene i hvert atom er derimot løst bundet og kan lett bevege seg i metallet. Derfor kaller vi dem *ledningselektroner*. Det er disse elektronene som beveger seg når det går en elektrisk strøm i metallet.

9-5 Elektrisk strøm i en metalltråd. Elektronene strømmer fra B til A, mens de positive metallionene ligger fast i metalltråden. Vi definerer den positive strømretningen som den retningen en positiv ladning ville ha beveget seg.



Tenk deg at du kobler en spenningskilde til et stykke AB av en metalltråd. Punkt A kobles til den positive polen og punkt B til den negative polen (figur 9-5). Da virker det elektriske krefter på elektronene og atomkjernene i metalltråden. Kraftretningen er fra A til B for de positive kjernene, men de ligger fast i metalltråden. Elektronene, derimot, kan bevege seg. Fordi de har negativ ladning, beveger de seg fra B til A. Spenningskilden sørger for at det hele tiden kommer nye elektroner til B, og fra A fortsetter elektronene tilbake til spenningskilden. Strømmen blir holdt i gang av spenningskilden. Derfor sier vi at spenningskilden har en *elektromotorisk spenning*. Vi forkorter elektromotorisk spenning til *ems*.

9-6 Vi kan sammenlikne spenningskilden med en vannpumpe. Vannpumpen løfter vannet opp en høyde, slik at det får større potensiell energi, og deretter renner vannet ned igjen til pumpen. På tilsvarende måte «løfter» spenningskilden elektronene så de får høyere elektrisk potensiell energi, og deretter strømmer elektronene ned gjennom ledningen tilbake til spenningskilden.



Vi definerer strømretningen som den retningen en *positiv* ladning ville beveget seg i. Elektronene i en metalltråd beveger seg altså *mot* strømretningen.

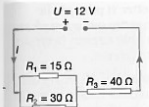
Strømretning >>>

Positiv strømretning i et metall er den retningen som en positiv ladning ville ha beveget seg i.

Side 264 og 265 i Ergo 1, strøm og strømretning.

Undersøkelsen med de to siste parene ble gjennomført senere enn de to første. De to første parene var på høstsemesteret mens de to siste tidlig på vårsemesteret. Dette ble ansett som ubetydelig for undersøkelsen da det ikke er noe som tyder på at det skulle påvirke svarene på noen måte. Det ene av de nye parene fikk det samme kjente stoffet som parene tidligere i undersøkelsen, men fikk andre sider som det nye stoffet. Det nye stoffet her handlet også om elektrisitet, i likhet med det nye stoffet til de andre parene. Mer spesifikt omhandlet de Kirchoffs lover. Også her var det tre figurer, to diagrammer/tegninger i margin og et fotografi midt på den ene siden. Tegningene i margin er av kategorien forklarende figurer eller komplementære figurer. Begge er direkte omtalt og henviset til i hovedteksten og har som hensikt å støtte direkte opp under den. Fotografiet midt på siden er en paramorf analogi. Fotografiet er av en skiheis og læreboken trekker en analogi mellom bevaring av energi til skiløperne i skiheisen og Kirchoffs andre lov, bevaringsloven for energi. Dette er vist i figuren under og sidene er gjengitt i sin helhet i vedlegg 3.

9 | Elektrositet | 277



9-22 En sammensatt strømkrets med tre motstander.

**Eksempel 13: En sammensatt strømkrets**  
 Figur 9-22 viser tre motstander som er koblet til en spenningskilde på 12 V. Finn resultatresistansen i kretsen, og strømmen gjennom den minste motstanden.

**Løsning:** Motstandene er koblet i en kombinasjon av parallellkobling og seriekobling. Først finner vi resultatresistansen  $R_{\text{par}}$  i parallellkoblingen:

$$R_{\text{par}} = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1} = \left( \frac{1}{15 \Omega} + \frac{1}{30 \Omega} \right)^{-1} = 10 \Omega$$

Resultantresistansen i hele kretsen blir derfor

$$R = R_{\text{par}} + R_3 = 10 \Omega + 40 \Omega = 50 \Omega$$

Hovedstrømmen i kretsen blir

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12 \text{ V}}{50 \Omega} = 0,24 \text{ A}$$

Nå kan vi regne ut spenningen over parallellkoblingen,

$$U_{\text{par}} = R_{\text{par}} \cdot I = 10 \Omega \cdot 0,24 \text{ A} = 2,4 \text{ V}$$

Til slutt finner vi strømmen  $I_1$  gjennom den minste motstanden:

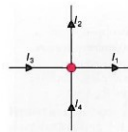
$$I_1 = \frac{U_{\text{par}}}{R_1} = \frac{2,4 \text{ V}}{15 \Omega} = 0,16 \text{ A}$$

Legg merke til at spenningen over parallellkoblingen ikke er 12 V, men bare 2,4 V. (Spenningen over motstanden på 40 Ω er lik 9,6 V. Kan du kontrollere det på to forskjellige måter?)

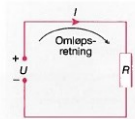
**Kirchhoffs lover**  
 Av og til kommer vi borti mer kompliserte strømkretser, som det ikke er mulig å dele opp i parallellkoblinger og seriekoblinger. For å kunne regne ut ukjente strømmer eller spenninger får vi da bruk for *Kirchhoffs lover*, oppkalt etter den tyske fysikeren Gustav Kirchhoff (1824–87). Vi har allerede sett på *Kirchhoffs første lov*, som er en bevaringslov for elektrisk ladning.

Kirchhoffs første lov >>> Summen av alle strømmene inn til et forgreingspunkt er lik summen av alle strømmene ut fra forgreingspunktet.

278 | 9 | Elektrositet



9-23 Kirchhoffs første lov,  $I_1 + I_2 = I_3$ . Alle strømmene regnes med fortegn. Dersom vi finner at en strøm er negativ, betyr det at denne strømmen egentlig går i motsatt retning av pilen vi har tegnet.



9-24 Kirchhoffs andre lov. En elektrisk ladning som går rundt i en lukket krets, har samme energi etter rundturen som den hadde til å begynne med.

Når vi skal bruke Kirchhoffs første lov, setter vi piler på alle greinstømmene (figur 9-23). Vi må ofte gjette retningen på en ukjent strøm  $I$ . Hvis utregningen viser at  $I$  blir negativ, betyr det at strømmen går i motsatt retning av det vi gjettet.

*Kirchhoffs andre lov* er en bevaringslov for energi. Vi tenker oss at vi følger en positiv elektrisk ladning rundt en lukket krets eller delkrets (figur 9-24). Når vi kommer tilbake til utgangspunktet, må energien være den samme som da vi startet. Vi kan for eksempel starte ved minuspolen på spenningskilden. Den potensielle energien øker når vi går fra minuspolen til pluspolen inne i spenningskilden, og minker igjen når vi går fra pluspolen og tilbake til minuspolen gjennom en motstand.



9-25 Vi kan sammenlikne Kirchhoffs andre lov med alpinister i en skibakke. Skihiesen trekker alpinistene oppover, slik at den potensielle energien øker. Deretter kjører de ned bakken, og den potensielle energien minker. Når de er tilbake igjen nederst i bakken, er energien den samme som da de startet.

Kirchhoffs andre lov &gt;&gt;&gt;

Summen av alle de elektromotoriske spenningene rundt en lukket delkrets er lik summen av alle spenningene over motstandene i kretsen.

Når vi skal bruke Kirchhoffs andre lov, velger vi omløpsretning rundt kretsen og bruker disse fortegnreglene:

- 1 En elektromotorisk spenning er positiv når vi går gjennom spenningskilden fra minuspolen til pluspolen, og negativ når vi går fra pluspolen til minuspolen.
- 2 Spenningen over en motstand er positiv når vi går gjennom motstanden i strømretningen, og negativ når vi går mot strømretningen.



Vil du vite mer om Kirchhoffs lover?

Side 277 og 278 i Ergo 1, Kirchhoffs lover.

Det siste paret fikk det samme nye stoffet som de to første parene (om elektrisitet), men fikk noe annet som kjent stoff. Dette paret fikk stoff om atomers energinivåer. Det var stoff de akkurat hadde gjennomgått i timene og de skulle ha prøve i det aktuelle fagstoffet dagen etter undersøkelsen. De aktuelle sidene inneholdt tre forskjellige figurer, to på den siden som hadde en tett tilknytning til hverandre (en i margin og en midt på siden) og en midt på den andre siden. Den enslige figuren er en tegning som kan klassifiseres som en illustrativ figur, den viser Bohrs andre postulat om hvordan atomer avgir fotoner ved overganger mellom tilstander men gir ingen forklaring på det i seg selv eller i figurteksten. De to andre figurene som er knyttet sammen viser energinivåene til elektronene i et atom. Figuren midt på siden er en tegning som kan klassifiseres som en paramorf analogi, den sammenligner atomers energinivåer med de ulike trinnene i et amfi. Høyere opp i amfiet tilsvarer en høyere potensiell energi, som da er en analogi for elektronenes bane rundt atomkjernen. Figuren i marginen ved siden av det nevnte amfiet er en illustrasjon av elektronenes bane rundt kjernen sett i to dimensjoner. Det er på mange måter en homomorf analogi, ment å illustrere elektronbanenes

økte avstand til kjernen med økt energi og kan klassifiseres som en illustrativ figur i samsvar med det som har blitt gjennomgått i teoridelen i oppgaven. Siden er gjengitt i figuren under, og i sin helhet i vedlegg 4.

182 | 6 : Atomfysikk

Bohr startet med det enkleste av alle atomer, hydrogenatomet, som bare har ett elektron og en positiv elementærladning i kjernen. Han forestilte seg at elektronet kan gå som en satellitt i forskjellige baner rundt atomkjernen. Men i stedet for gravitasjon er det den elektriske tiltrekningen mellom den positivt ladede kjernen og det negativt ladede elektronet som holder elektronet i bane. På samme måte som satellitter kan «løftes» ut til baner med større mekanisk energi, forestilte han seg at elektronet kunne løftes ut til høyere energinivåer.

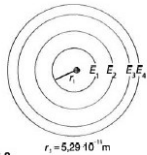
Niels Bohr postulerte:

- 1 Et elektron i et atom kan bare være i visse energinivåer. Når elektronet er i et slikt energinivå, stråler det ikke ut energi.
- 2 Et elektron kan falle fra ett energinivå til et lavere energinivå. Ved overgangen blir energiforskjellen sendt ut som et energikvant, et foton.

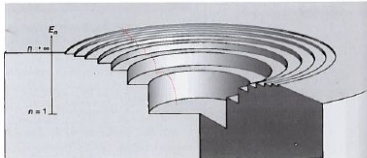
Et postulat er en påstand som man ikke kan begrunne ut fra teorien, men som man likevel mener er sann.

**Bohrs første postulat>>>** Et atom kan eksistere i mange forskjellige tilstander uten å sende ut energi. I hver tilstand har atomet en bestemt energi  $E_1, E_2, \dots, E_n$   $n \in \{1, 2, 3, \dots\}$

Det laveste energinivået er *grunntilstanden*,  $E_1$ . De andre energinivåene er *eksiterte tilstander*.



6-9 a i Bohrs modell for hydrogenatomet går elektronet i en bane rundt kjernen. I grunntilstanden er baneradien  $5,29 \cdot 10^{-11}$  m ifølge modellen.



b Vi kan tenke oss atomets energinivåer som en trappemodell med sirkelformede trappetrinn. I modellen går en kule i sirkelbane på ett av trappetrinnene. Hvert trinn svarer til en viss energi. Jo høyere trappetrinn kula er på, desto større energi har den. Hvis kula er på det laveste trinnet, kan den ikke falle dypere. Det svarer til grunntilstanden. Hvis kula er på et høyere trinn, kan den falle til et lavere trinn. Kula kan også hoppe til et høyere trinn hvis den får tilført energi.

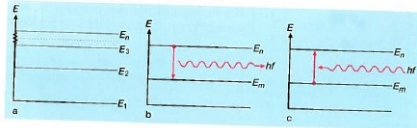
6 : Atomfysikk | 183

Niels Bohr forestilte seg atomet omtrent som et solsystem hvor kjernen tilsvarer sola og elektronet tilsvarer en planet. Jo større radius elektronbanen har, desto større totalenergi har elektronet. En viktig forskjell er at en planet kan ha en hvilken som helst avstand fra sola. Elektronet derimot kan bare være i helt bestemte energinivåer, som svarer til bestemte avstander fra kjernen. Energinivåene er *kvantisert*.

**Bohrs andre postulat>>>** Et atom kan gå fra én tilstand med energien  $E_n$  til en annen tilstand med lavere energi  $E_m$ . Ved overgangen blir energiforskjellen sendt ut som et foton med energien  $hf = E_n - E_m$   $n > m$  der  $h$  er Plancks konstant og  $f$  er strålingsfrekvensen.

Her finner vi forklaringen på spektrallinjene: Når et atom sender ut lys, faller atomet fra et høyt energinivå til et lavere energinivå. Når atomet absorberer lys, hopper det fra et lavt energinivå til et høyere energinivå. Mange slike energisprang er mulige i et atom. Hvert sprang svarer til lys med en helt bestemt frekvens. Hvis vi skal få atomer til å sende ut lys, må vi først få dem opp i høyere energinivåer enn grunntilstanden.

910 a Energivåner i et atom  
b Atomet avgir energien  $E_n - E_m = hf$   
c Atomet mottar energien  $E_n - E_m = hf$



**Eksempel 4: Bli lys!**  
Hvordan får vi atomene opp i energinivåer over grunntilstanden, slik at de sender ut lys når de faller ned igjen? Det er flere muligheter:

- 1 Vi kan varme opp atomene, for eksempel i en gassflamme. Da tenker vi oss at atomene blir eksitert når de kolliderer med hverandre.
- 2 Eller vi kan sende strøm gjennom en gass, akkurat som i et lysrør. Da er det elektronene i strømmen som kolliderer med gassatomene og eksiterer dem.
- 3 En tredje mulighet er å sende lys gjennom gassen. Et atom kan da absorbere et foton fra strålingen og bruke energien til å komme opp i et høyere energinivå. Atomene absorberer bare fotoner som har nøyaktig samme energi som forskjellen mellom to energinivåer. Alle andre fotoner passerer gjennom gassen.

Side 182 og 183 i Ergo 1, Bohrs postulatser.

### 4.3 Spørsmålenes utforming

I tråd med Jacobsen og Postholms tanker beskrevet tidligere ble spørsmålene utformet med tanke på å belyse problemstillingen om hvordan elevene bruker figurer når de jobber med fysikk. Hva som ligger i dette er da om elevene i det hele tatt ser på figurene når de leser i bøkene, om de bruker figurene for å danne seg et bilde om hva teksten handler om og om det er noen forskjell på ulike typer figurer. Med det til grunn ble følgende spørsmål utformet til undersøkelsen (spørsmålene ble gjerne stilt med annerledes ordlyd i selve intervjuet, dette er intervjuguiden som ble brukt som basis i det semistrukturerte intervjuet):

1. Hva handlet sidene om?
2. Hvordan leste du?
3. Det er en uvanlig situasjon der du skal først lese en tekst for så å forklare til meg hva teksten handler om. Leser du på samme måte hjemme, f.eks. når du leser til lekser?
4. Var det noen forskjell på hvordan du leste det nye og det kjente stoffet (spesielt figurene)?
5. Synes du figurene er til hjelp når du skal lese?
6. Synes du det krever ekstra å forstå figurene?
7. Noen av figurene er i margin, andre midt på siden. Har det noe å si?
8. Leser du teksten knyttet til figurene?
9. Hvordan jobber du med figurer til vanlig? F.eks. før en prøve?

Spørsmål en ble stilt for å sette i gang samtalen på en måte som gjorde at elevene følte seg komfortable da alle ville være i stand til å gi noen beskrivende ord om hva de ulike sidene handlet om. Samtidig gav det elevene muligheten til å trekke inn figurene allerede der hvis de ønsket det. På dette tidspunktet visste ikke elevene at figurene var sentralt i undersøkelsen, alt de hadde blitt fortalt var at det var en undersøkelse om læreboken og hvordan elevene brukte den. Det var for å sikre at elevene skulle bruke figurene på en vanlig måte i stedet for å legge ekstra vekt på de.

Spørsmål to og tre ble stilt for å belyse hvordan elevene leser lærebøkene. Disse spørsmålene kunne gi viktig informasjon om hva elevene tenker er viktig og hvordan de håndterer figurene. Hvis elevene ikke ser på figurene i det hele tatt var det viktig å avdekke det.

Spørsmål fire ble stilt for å avdekke om det var noen forskjeller på hvordan de leste det nye og det kjente stoffet. En hypotese der var at elevene ville se mer på figurene på det nye stoffet for å danne seg et bilde av hva det innebar, mens de i det kjente i større grad ville fokusere på teksten.

Spørsmål fem og seks ble stilt for å belyse hva slags problemer elevene kunne ha med å tolke figurene. Hvis elevene ikke klarer å tolke figurene riktig kunne det gi seg utslag i at elevene så mindre på figurer og i dårligere motivasjon fordi figurene som skulle hjelpe de til å forstå gjorde de mer forvirret.

Spørsmål syv, åtte og ni ble stilt for å se hvordan elevene brukte de ulike figurene og hva

som avgjorde om de brukte de eller ikke. Hypotesen var at elevene ikke leste (i hvert fall ikke nøye) figurtekstene, i samsvar med det Ametller og Pintó fant og at hvor figuren var plassert ville ha en innvirkning på elevenes syn på den figuren i forhold til teksten.

#### 4.4 Validitet, reliabilitet og generaliserbarhet

Troverdigheten til resultater fra undersøkelser med fleksible design som denne har vært mye debattert. Grunnet manglende ”standard” på kvalitative undersøkelser er det vanskelig å gjennomføre kvalitetssikringer på samme måte som for kvantitative undersøkelser (Robson, 2011).

Validiteten til undersøkelsen er i hovedsak i fare for å bli påvirket av respondentbias og forskerbias. Respondentbias kan være at intervjuobjektene prøver å gi det han/hun anser som ”riktige” svar, eller at intervjuobjektet viser motvilje og tilbakeholder informasjon. Robson (2011) peker på at det er viktig med involvering over tid for å unngå respondentbias. Det at jeg hadde vært midlertidig lærer for elevene ved et tidligere tidspunkt gjorde at jeg ble mer fortrolig med elevene og de med meg som kan være med og redusere faren for respondentbias. Robson (2001) sier også at man kan redusere faren ved å for eksempel være flere til å observere eller bruke ulike datakilder som observasjon og intervju. Etter intervjuene ble noen av funnene gjennomgått med læreren til elevene og læreren fant de troverdige basert på sine egne observasjoner av klassen. På grunn av dette antas det at respondentbias var på et akseptabelt lavt nivå i denne undersøkelsen.

Forskerbias er de verdiene og forhåndsantagelsene forskeren selv har med seg inn i undersøkelsen. Det kan innebære en påvirkning av hvilke respondenter som velges ut, hvilke spørsmål som stilles og kanskje hvordan de stilles, og hvilket datamateriale som velges ut for analyse og presenteres. I denne sammenhengen peker Robson (2011) på at involvering over tid har en negativ virkning. Jo mer forskeren involverer seg i det som undersøkes kan man miste det objektive forskersynet. Det at jeg selv valgte sider som elevene skulle lese kan gi andre resultater enn hvis elevene fikk andre sider med andre figurer. Temaet i undersøkelsen er relativt lite kontroversielt, men jeg selv begynte undersøkelsen med noen antagelser om hva jeg kunne finne og jeg kan ikke utelukke at jeg har mistet objektivitet ved å involvere meg i klassen selv om jeg har bestrebet å være så objektiv som mulig.

Reliabiliteten til en kvalitativ undersøkelse kan være veldig utfordrende å avgjøre. I kvantitative undersøkelser er reliabiliteten bestemt ved hjelp av formelle tester og gjerne ved å regne ut matematiske koeffisienter for sannsynlighet. I kvalitative undersøkelser er det ingen mulighet for å gjøre tilsvarende operasjoner på grunn av mangelen på en normert standard for hvordan de ulike forskningsmetodene gir datamateriale. Ulike ting som kan påvirke reliabiliteten til en kvalitativ undersøkelse er utstyrsfeil, distraksjoner fra omgivelsene, forstyrrelser og feil i transkripsjonene. I tillegg fokuserer man på i hvilken grad forskeren er grundig, nøyaktig og sannferdig i forskningsarbeidet og at det kan dokumenteres. I denne undersøkelsen ble alle elevene tatt med i et separat rom der vi kunne være i fred slik at ingen forstyrrelser fra omgivelsene kunne påvirke resultatene og flyten i intervjuene. Men som intervjuer og under analysearbeidet vil mine meninger og holdninger ha påvirket det arbeidet jeg har gjort, noe som kan redusere reliabiliteten. For å redusere denne faren har jeg prøvd å være bevisst verdiene og holdningene jeg besitter for å best mulig kunne hjelpe elevene til å belyse egne meninger og videreformidle de.

Generaliserbarhet kan deles inn i to områder, indre og ytre generaliserbarhet. Indre generaliserbarhet refererer til hvorvidt konklusjonene fra undersøkelsen kan brukes til å si noe om settingen som er studert. Ytre generaliserbarhet fokuserer på hvorvidt resultatene og konklusjonene fra forskningen kan brukes i andre settinger enn den de kom fra. Med andre ord betyr det at indre generaliserbarhet i dette tilfellet gjelder de andre elevene i klassen og på skolen som ikke deltok i intervjuene og hvorvidt de har de samme oppfatningene og erfaringene. Ytre generaliserbarhet blir da hvorvidt konklusjonene kan generaliseres til andre skoler.

Måter generaliserbarheten kan svekkes på er for eksempel ved å utelate respondenter eller se bort i fra motstridende data. I denne undersøkelsen ble det lagt vekt på et representativt utvalg for hele klassen som intervjuobjekter, siden elevene var veldig samstemte om mange av meningene og ingen data eller personmeninger ble ekskludert er det god grunn til å påstå at den indre generaliserbarheten er god. Den ytre generaliserbarheten er kanskje den største svakheten til denne oppgaven, det er utfordrende å overføre resultater fra en skole til en annen og enda mer fra en kultur til en annen. Elevenes syn på læring vil være påvirket av lærerens holdninger og det at alle elevene har samme lærer kan påvirke resultatene. Når det er sagt så er det ingenting spesielt med denne læreren i forhold til andre fysikklærere, og resultatene stemmer overens med mye av teorien som finnes på de aktuelle feltene. Derfor er det grunn til å anta at resultatene fra denne undersøkelsen kan brukes i andre skoler.



## 5 Resultater og analyse

I dette kapitlet vil vi se på noen av svarene elevene gav på de ulike spørsmålene i løpet av intervjuene. Alle elevene er gitt fiktive navn for å beholde anonymiteten, mens AN blir brukt i transkripsjonene for å indikere meg selv, Andreas Nordvang. De intervjuede parene var Anne og Eli, Tor og Kristian, Ragnhild og Marte og det siste paret var Trygve og Martin.

### 5.1 Elevenes lesing og innledende fokus

Vi vil her se på noen av svarene elevene gav på de tre første spørsmålene i intervjuguiden som beskriver hvordan elevene leser læreboken og hva de fokuserer på. Spørsmålene var da 1) Hva handlet sidene om? 2) Hvordan leste du? og 3) Leser du på samme måte til vanlig som du gjorde nå? Spørsmålet om hva sidene handlet om ble stilt for å gi elevene en rolig start på intervjuet samtidig som det kunne avdekke hva elevene syntes var viktig å trekke fram. Spesielt en av elevene, referert til som Anne, kom med en interessant bemerkning da hun ble stilt det spørsmålet.

AN: Hva med de to sidene? (side 264-265, anm.) Hva handlet de sidene om?

Anne: I er Q delt på t!

AN: I er Q delt på t?

Anne: Ja, det var den eneste ligningen der. Den stod i den store boksen.

AN: Den store boksen? Så da vet du at det som kommer etter i teksten handler om det?

Anne: Ja, eller...nei. Men det var det første jeg la merke til, og formlene er viktige.

AN: Formler kan være viktig ja. Vet du hva den formelen sier?

Anne: Nei, men det må jo ha noe med strøm å gjøre, og vi må bruke formlene for å løse oppgavene som hører med.

Både Anne og Eli uttrykte her viktigheten av å legge merke til formler i fysikk, selv om de ikke visste hva symbolene betød i det nye stoffet. De brukte også de matematiske formlene da de skulle beskrive det kjente stoffet tidligere i boka (veiformlene, se vedlegg 1). Også videre i intervjuet kommer det tydelig fram at de fokuserer veldig på formlene.

AN: Så hvis jeg spør om hvordan dere leste de to sidene? Hva vil dere si da?

Eli: Jeg leser teksten og fokuserer på formlene. Jeg hopper over alle utregninger hvis de ikke er trinnvis nedover.

AN: Trinnvis nedover?

Eli: Ja, sånn som her (peker på midt på side 29, se vedlegg 1), det går ikke an å følge utregningene når de går bortover sånn (peker på bunnen av siden 28, se vedlegg 1).

AN: Så det er vanskeligere å følge utregningene bortover?

Eli: Ja, det blir så mange likhetstegn og det blir så rotete.

AN: Jeg skjønner, men formlene er viktige da?

Eli: Ja, jeg er ikke så glad i det (formler anm.), men fysikk er et formelfag.

Anne: Det er viktig å kunne regne, for det er det vi får på prøver.

AN: Det er ofte oppgaver på prøver ja. Leser du på samme måte?

Anne: Nja, jeg leser teksten. Gjerne flere ganger hvis det er noe jeg ikke forstår.

Også ser jeg på formlene.

Jentene viser her en klar tendens til å fokusere mye på formlene og utregningene som vises i boka (så lenge utregningene er ryddig ført nedover). Utsagnene om at fysikk er et formelfag og at de ikke er så glad i formler men at de må regne på prøver kan indikere at Anne og Eli har lært seg en måte å lese på som gir resultater på prøver og påfølgende gode karakterer men som ikke nødvendigvis er i samsvar med lærerens eller lærebokforfatterens tanker om hvordan boken skal leses. Det at elevene opplever fysikk som et fag preget av formler stemmer også overens med det som er blitt funnet i undersøkelser av fysikkelever i Norge tidligere (Angell et al., 2004). Noe av det samme finner vi igjen hos Tor og Kristian. De starter her emd side 28 og 29 i læreboken som omhandler utregning av strekning ved konstant akselerasjon.

AN: Hva vil dere si disse to sidene handlet om? Sånn kort oppsummert?

Tor: De handlet om veiformlene. Det er formler om konstant akselerasjon.

(slår opp i boka igjen, for å finne igjen sidene)

Tor: S er en halv v-null pluss v ganger t og s er v-null t pluss en halv a t i andre. (Tor leser her opp de to veiformlene fra boksene på de aktuelle sidene, se vedlegg 1).

AN: Så de to formlene altså? Hva med de andre sidene? (264-265)

Kristian: De handler om strøm og strømretning.

AN: Javel, hvordan leste dere de forskjellige sidene?



Tor: Jeg har det norsklæreren min kaller et "bisonblikk".

AN: Et bisonblikk?

Tor: Ja, jeg ser på overskrifter og sånt først for å skaffe meg en oversikt. Så leser jeg teksten.

AN: Så oversikt først, så tekst? Fra toppen og ned?

Tor: Ja.

AN: Skjønner, hva med deg?

Kristian: Jeg leser teksten først så tar jeg bilder underveis som det passer.

AN: Bilder som det passer? Hvordan da?

Kristian: Sånn som her (peker på figuren om strømretning side 265). Jeg leser først det øverste avsnittet så ser jeg på bildet før jeg leser videre.

Kristian er den eneste av de åtte elevene som snakker om figurer på de første spørsmålene. Han forklarer da at han ser på figurene som kommer som en naturlig del av teksten ("som det passer"), og henviser spesielt til den store figuren midt på side 265 som viser at elektronene går i motsatt retning av strømretningen. Det er en figur flere av de andre elevene også tok opp ved senere spørsmål. Tors "bisonblikk" kan gi ham en oversikt men svaret hans på første spørsmålet tyder på at formlene også spiller en sentral del i hans forståelse av hva som er viktig i fysikk. På spørsmål om hva sidene om veiformlene handlet om slår han opp igjen på de aktuelle sidene for så å lese opp formlene. Også de andre parene uttrykte viktigheten av å kunne regne og det kom fram at mye av fokuset når elevene skulle lese sider var på formler og regning. Trygve og Martin så også på sidene om veiformler og som de andre legger de vekt på formler og definisjoner når de leser.

AN: Aller først, hva vil dere si disse to sidene handlet om (peker på side 28-29)?

Trygve: Første og andre farts- eller veiformlene. (Slår opp i boka igjen) Bevegelses... veiformlene ja.

AN: Skjønner, og hva med de andre sidene (277-278, anm.)?

Martin: Det var vel elektrisk energi.

AN: Javel, hvis vi nå ser på de to sidene som dere har jobbet med før. Hvordan leste dere de to sidene?

Trygve: Fra toppen og nedover, men ofte går jeg tilbake til det jeg har sett før.

AN: Det du har sett på før?

Trygve: Til formlene og slikt, når de snakker om det.

Trygve leser fra toppen og nedover som de fleste andre elevene i undersøkelsen, men vil gjentatte ganger gå tilbake til formlene for å prøve og knytte de til teksten siden han anser dem som veldig viktige.

Martin: Jeg gjør det vel på samme måte, også ser jeg i hvert fall et par ganger på de i gult.

AN: De i gult? De rutene der mener du?

Martin: Ja, fordi jeg tenker vel at de er det som vi må kunne.

AN: Det som er i rutene er det som dere må kunne?

Trygve: Det er vel mer som en oppsummering da, av det du har lest. Så da er det jo praktisk å kunne.

AN: Så det som er i rutene er en oppsummering av teksten?

Martin: Av det før ja, eller så er det formler vi må kunne.

AN: Skjønner, hva med de nye sidene? Leste dere på samme måte der?

Trygve: Ja, fra toppen og nedover.

Martin: Her er det ingen formler heller.

AN: Ingen formler nei, så da er det greit å bare lese fra toppen og ned?

Martin: Ja.

Trygve og Martin synes å legge stor vekt på de ulike rutene som finnes flere steder i boka, spesielt de gule/brune rutene som de anser som enten et sammendrag av stoffet eller som formler som de skal bruke i regning. Også det siste paret, Ragnhild og Marte legger vekt på formler og de forskjellige boksene da de skal lese. Vi vil nå kort se på noen utsagn angående deres syn på lesing i lekse og før prøver.

AN: Dette er jo en litt uvanlig situasjon, hvordan leser dere til vanlig? For eksempel til en prøve eller når dere skal lese til lekse?

Ragnhild: Jeg får med meg litt mindre rett før en prøve når jeg leser, fordi jeg blir stresset. Så jeg ikke får med meg hva jeg skal lese liksom.

AN: Du blir stresset?

Ragnhild: Det blir på en måte at jeg blir tvunget til å lese. Så jeg blir stresset og tenker på prøven og det blir at jeg bare leser uten at jeg egentlig får med meg noe.

Ragnhild blir veldig påvirket av presset fra å måtte kunne regne når hun skal lese før en prøve, noe som viser seg da hun blir spurt videre om hun leser på samme måte før en prøve som hun gjør til vanlig.

Ragnhild: [tenker] nei, ikke egentlig. Før en prøve pleier jeg bare å lese det viktigste (peker på de fargelagte boksene).

AN: de rutene der?

Ragnhild: Ja, og hvis det er noe jeg ikke har fått med meg. Noe som var litt vanskelig også heller gjøre oppgaver.

AN: Så oppgaveløsning før en prøve?

Marte: Ja, det er viktig å kunne regne oppgaver på en prøve.

AN: Skjønner, er det noen forskjell på rutene?

Ragnhild: Vel, jeg føler at dette er definisjoner.

AN: De brune?

Marte: Ja, mens de blå er eksempler. Jeg ser mye på de før prøver, de er fine fordi da ser vi hvordan formlene skal brukes for å løse oppgavene.

AN: De viser metoden mener du?

Marte: Ja, så vi kan se på de slik at vi løser oppgavene riktig.

Alle de ulike elevene var veldig tydelige på at formler og regneeksempler var veldig viktige. Siden bare Kristian i det hele tatt nevnte figurer ble det stilt oppfølgings spørsmål til elevene angående dem.

AN: Men hva med figurene? Ser dere på de når dere leser sidene?

Kristian: Svært lite. Det er oppgaver vi blir testet i.

Tor: Ja, vi må kunne regne og figurene hjelper egentlig ikke på det.

AN: Så figurene er ikke viktige for å gjøre det bra en prøve?

Tor: De kan sikkert hjelpe hvis du er usikker på noe. Men de hjelper deg ikke til å løse oppgaver.

AN: Usikker på teorien mener du?

Tor: Ja, de kan hjelpe til å forstå teksten men ikke til å løse oppgaver.

AN: Ser dere på figurene? For eksempel når dere leser til lekse eller prøve?

Eli: Når jeg leser i lekse prøver jeg bare å bli ferdig så fort som mulig så da ser jeg ikke på figurene.

Anne: Det er uansett ikke viktig siden vi skal gjennomgå det i timen etterpå.

AN: Det dere får i lekse skal dere gjennomgå i neste time?

Anne: Ja, så da trenger vi ikke å lese det så nøye. Vi skal uansett lære det da.

AN: Før en prøve da? Ser dere på figurene da?

Eli: Ikke noe særlig, jeg ser på oppgaver og eksempler.

Nå sitter Anne og ser på grafen som illustrerer veiformel 2 på side 29 i boka (se vedlegg 1) og utbryter ”Denne figuren hadde vi jo på prøven. Jeg hadde ikke sett den før!”. Elevene forklarer da at figuren var på prøven de hadde hatt et par uker tidligere hvor de skulle bruke den til å forklare arealet under en fartsgraf.

Elevenes forklaringer på de tre første spørsmålene indikerer at fokuset til elevene i stor grad ligger på formler og utregninger og at de ikke legger vekt på figurene når de skal lese i fysikk-boken. Grunnen til dette synes å være at elevene legger vekt på å gjøre det bra på prøvene og elevenes erfaring tilsier at for å gjøre det bra på prøver så må man kunne regne oppgaver. Det viser seg også i det Anne sa om at hun ikke hadde sett figuren som kom på prøven før, siden hun da hadde fokusert på eksempler og regning.

## 5.2 Figurer som hjelp?

Her vil vi se på hva elevene svarte på spørsmål fire, fem og seks i intervjuguiden. De var: 4) Var det noen forskjell på hvordan du leste det nye og det kjente stoffet? 5) Synes du figurene er til hjelp når du skal lese? og 6) Synes du det krever ekstra å forstå figurene? Spørsmålene er blitt plassert under kategorien om elevene bruker figurer når de skal lære stoffet og om de føler det kan hjelpe de til å forstå fysikken bak hvis teksten er vanskelig. Vi vil se at elevene i undersøkelsen her føler at noen typer figurer kan være til nytte mens andre kanskje forvirrer mer enn de hjelper.

På spørsmål fire forklarte alle elevene at de brukte mer tid på å lese det nye stoffet i forhold til det kjente. De brukte også mer tid på figurene der, begrunnelsen for dette derimot var litt ulik. Tor og Kristian forklarte det med at de hadde sett figurene i det kjente stoffet før og de dermed ikke behøvde å studere dem. Kanskje vel så interessant er det at Kristian forklarte at han ikke en gang så den ene figuren da han leste gjennom teksten til intervjuet.

Det var samme figur som Anne ikke hadde sett før prøven på side 29 (se vedlegg 1). Anne og Eli derimot la mye vekt på typen figurer. De følte at figurene i det kjente stoffet var for matematiske (det var grafer) og derfor så de mindre på dem. Ragnhild og Marte mente at figurene i det kjente stoffet var for abstrakte/kompliserte og derfor ville de ikke bruke tid på å prøve å forstå dem, mens de følte at figurene i det nye stoffet var litt enklere å tolke.

AN: Men hva synes dere om figurene? Er de til hjelp når dere skal lese?

Kristian: Figuren med vannpumpe (side 265 anm.) var vanskelig, de andre var greie.

Tor: Med formler så slipper man å tenke. Figurer forklare mye men må tydes og brukes lite.

AN: Brukes lite? I undervisningen mener du?

*tenkepause*

Tor: Figurer er viktig for å forstå hva som skjer.

Tor beskriver så et eksempel med bil mot en fjellvegg, og forklarer at gode figurer beskriver virkelige hendelsesforløp. Kristian forklarer også hvordan man kan lage seg egne figurer ut i fra tekst/eksempel hvis man vil ha et bilde av hva som skjer. Det virker som at Tor og Kristian påpeker at det er vanskelig å knytte bildene til teksten. Tors ord om at figurene må tydes kan i hvert fall tolkes slik. Tors forklaring om at gode figurer forklarer et hendelsesforløp tyder også på at han foretrekker det Bungum (2012) kaller narrative representasjoner.

AN: Men hvis jeg kan hoppe tilbake til noe du sa tidligere. Du sa at figurer kan forklare ting men må tydes...

Tor: Ja, de er jo ikke som en tekst du bare kan lese.

AN: Nei, er de vanskelige å tyde?

Tor: Det kommer an på.

AN: Kommer an på?

Tor: Noen er litt mer vanskelige enn andre. Bilder er ganske greie, men så har du figurer med piler der du må følge med.

Kristian: Figuren må ha en sammenheng med innholdet på siden. Så hvis du leser siden så klarer du å tyde figuren.

AN: Jeg skjønner. Hvis vi ser litt på figurene her da, det er i hvert fall grafer...

Kristian: Ja, de viser veiformlene. Du har... [tenker]

(Tor og Kristian studerer nå figurene, men synes å ha problemer med å forklare

dem. Velger derfor å gå videre i intervjuet for at det ikke skal føles som om de blir utspurt om noe fagrelatert de kanskje ikke kan svare på.)

Tor og Kristian forklarer at alle figurer bør kunne tydes, hvis resten av siden studeres. Likevel har de problemer med å forklare figurene relatert til veiformlene. Kanskje vel så interessant er Tors ord om at noen figurer er vanskeligere enn andre. Han sier at bilder er enkle å forstå (det antas at han mente fotografier/tegninger med dekorativ eller illustrativ hensikt) men at man "må følge med" på figurer med piler. Tor sa tidligere at gode figurer burde beskrive et hendelsesforløp men ordene om at "man må følge med" (som i at noe skjer) på figurer med piler kan tyde på at de er mer krevende å tyde. Noe av det samme finner vi igjen hos Anne og Eli, som tidligere hadde påpekt at grafer var vanskelige å tolke.

AN: Hva tror dere om figurene? Synes dere at de er til hjelp?

Anne: Jeg liker bedre de figurene her (om strøm anm.), de viser veldig bra hvordan strømretningen er motsatt av retningen til elektronene.

AN: Så den er fin? Men hvis vi ser på figurene om bevegelsesligningene?

Eli: Det er så mange symboler og stiplede linjer [ler].

AN: Mange symboler og stiplede linjer ja? På grafene der?

Eli: Ja, de er så vanskelige å forstå. Det er lettere å relatere til hverdagslige ting som varmpumpe. (peker på figuren av vannpumpen)

Eli: Vent litt, det er ikke varmpumpe, det er en vannpumpe!

AN: Det er en vannpumpe ja, hva er det den figuren sier?

Anne: Den viser strømretningen, på samme måte som figuren over.

AN: Den viser strømretningen?

Anne: Ja, du ser pilene her.

AN: Pilene viser strømretning?

Eli: Denne viser strømretningen til vannet og her har du hvordan elektronstrømmen er motsatt av strømretningen.

Anne og Eli forklarer her hvordan figuren med vannpumpe viser strømretningen på samme måte som figuren over. De legger ikke vekt på motoren som er poenget med figuren. Det at de ikke har sett at det er en vannpumpe og ikke en varmpumpe tyder på at de ikke har studert figuren så nøye. Det kan tyde på at Anne og Eli her er utsatt for det Scaife og Rogers (1996) kaller *resemblance fallacy*, elevene ser på pilene på den øverste figuren og overfører betydningen til den andre. Det er korrekt men elevene legger hovedvekten på de pilene og det overskygger figurens egentlige betydning. Det virker heller ikke som at Anne og Eli har lest

teksten som hører med til bildet, siden figuren er forklart der med analogien mellom vannets potensielle energi og spenningskilden. Siden figurteksten kommer i spørsmål 8 lar vi det ligge til det kommer igjen senere i intervjuet og fokuserer på hva som er vanskelig med figurene.

AN: Så du synes de grafene er vanskelige å forstå? Kan du si litt om hvorfor?

AN: Altså, vi har jo etablert at det er mange stiplede linjer der. Men kan vi si noe mer?

Eli: Jeg skjønner jo at grafene kommer fra funksjonene, men det står ingenting om grafer i teksten. Kan de ikke skrive noen ord om hvordan grafen blir?

Anne: Vi er ikke så veldig flinke i matematikk skjønner du.

Eli: Nei, jeg er i hvert fall mer opptatt av hvordan ting ser ut.

AN: Jeg skjønner. Men det burde stått litt om de grafene i teksten da?

Anne: Ja, litt om hvorfor den grafen blir som den blir.

Eli: Slik som her, jeg vet ikke hva alle de stiplede linjene er og hva de har med grafen å gjøre.

Eli: Hvis de bare kunne skrive litt om det så hadde det blitt mye enklere.

Det er tydelig at både Anne og Eli synes at overgangen til grafer er utfordrende, de er veldig klare på at de ikke finner noen enkel kobling mellom grafene og teksten. De ettelyser at teksten er tydeligere på hvordan grafene ser ut. Det er verdt å merke seg at mye av grunnlaget for hvordan elevene skal tolke grafer i forbindelse med fart og strekning blir gjort på de foregående sidene som ikke var en del av denne undersøkelsen. Likevel er dette stoff som elevene har gjennomgått tidligere i semesteret og har sett flere ganger og regnet mye på.

Ragnhild og Marte uttrykte også stor frustrasjon over noen av figurene i boka. De fikk ikke sidene med veiformler, i stedet fikk de noen sider om Bohrs postulater som de skulle ha prøvet i dagen etter.

AN: Det jeg tenker nå er at ingen av dere har nevnt figurene her. På sidene dere har lest så er det flere figurer. Synes dere at de er til hjelp?

Ragnhild: Jeg synes denne her er grei. (Peker på figuren om strømrretning midt på side 265) Men de her trappene eller amfiet eller hva det nå er skjønte jeg ingenting av. (På side 182, om Bohrs postulater anm).

AN: Så denne er fin da? (figuren om strømrretning) Hvorfor er den fin?

Ragnhild: Fordi den er ganske enkel.

AN: Den er ganske enkel?

Ragnhild: Ja, også ser du veldig tydelig hvilken retning strømmen går og du ser hva som er hva. Du har at strømmen går i en retning og elektronene i den andre.

Marte: Ja, det verste jeg vet er når figurene er så kompliserte at du ikke en gang ser hva de skal forestille.

Marte og Ragnhild føler at det er veldig stor forskjell på hvor enkle figurene i boken er å tyde, diskusjonen dreier derfor inn på hvorfor analogien med amfiet er vanskeligere.

Marte: Jeg vet ikke, den føles litt abstrakt. Jeg skjønner ikke hva det skal forestille. (Marte brukte lang tid på å studere figuren under perioden de fikk til å lese sidene. Ragnhild gikk veldig raskt forbi den anm.)

Ragnhild: Skal det forestille energinivå?

Marte: Også forstår jeg ikke om den går ut der eller om den kommer ut der. Hvis du skjønner hva jeg mener. (Hun snakker her om perspektivet i tegningen, hva som er dybde, bredde og lignende anm.)

Marte: Men kan du forklare figuren for oss?

(Forklarer hva figuren forestiller rent utseendemessig, men sier ingenting om sammenligningen med potensiell energi gjort i figurteksten for ikke å påvirke elevenes tolkninger til senere spørsmål)

Ragnhild: Jeg skjønner ikke hvorfor de måtte lage figuren på denne måten. Kunne de ikke bare laget en vanlig trapp sett fra siden?

Marte: Ja, denne figuren er jo helt idiotisk.

AN: [ler] Det vil nok alltid være rom for forbedringer, men synes dere at figurene her er til hjelp?

Ragnhild: Noen av de men ikke alle. Det er noen av figurene som bare [pause] jeg skjønner ikke hvorfor de er der.

AN: Noen av de figurene som er på sidene vi har lest nå?

Ragnhild: Nei, eller [pause] den trappefiguren er jo litt rar.

Marte: Mens den her for eksempel, den var bedre. (peker på figuren om energinivåer side 183)

AN: Så den er bedre?

Marte: Ja, den forstår jeg hva forestiller. Den illustrerer det du har lest om, mens den her vet jeg ikke hva snakker om egentlig (amfiet, anm.).



Marte og Ragnhild er tydelig misfornøyde med noen av figurene i læreboken, og det virker som de har problemer med å forstå hensikten med noen av figurene. Ikke bare hva de skal forestille rent utseendemessig som figuren med amfiet beskrevet ovenfor, men også hva de skal hjelpe elevene til å forstå. Ragnhilds uttalelse om at noen figurer forstår hun rett og slett ikke hvorfor er inkludert kan tyde på at hun ikke alltid ser hensikten med noen av figurene. Det kunne kanskje tenkes at Ragnhild og Marte her tenker på det som er beskrevet tidligere som dekorative eller illustrative figurer, men ved videre utspørring viser Ragnhild og Marte noen av figurene som de ikke ser poenget med og det er figurer med flere ulike hensikter. De virker å ha problemer med å oversette mellom representasjonsformene, det vil si overbringe meningen fra teksten til bildene og vice versa.

Trygve og Martin uttrykker også tvil angående noen av figurene i boka, de virker også å ha noen problemer med å tolke noen av figurene og legger lite vekt på noen av dem.

AN: På både det nye og det kjente stoffet er det flere figurer, er de til hjelp synes dere?

Martin: Hmm, jeg så bare på den der jeg. (peker på figuren av veiformel 1 side 28)

Trygve: Jeg så den her også (figuren av veiformel 2, side 29), men jeg følte ikke at....

(pause)

Trygve: Jeg så ikke så nøye på den.

Martin: De her så jeg heller ikke på (figurene i marginen på side 278 i boka).

AN: Nei, men den skiheisen da?

Martin: Ja, den la jeg merke til.

Trygve: Det er jo en stor figur midt på siden så den tar oppmerksomheten veldig fort.

Trygve og Martin er tydelige på at de ikke så på mange av figurene, faktisk kun to av de fem figurene. Det er spesielt de i marginen som synes å ikke være relevante men siden det er et tema i et senere spørsmål lar vi det ligge og fokuserer i stedet på om de figurene Trygve og Martin faktisk ser på er til hjelp.

Trygve: Nja, noen ganger...

AN: Noen ganger?

Martin: [ler] det varierer ja. Tror ikke jeg fikk noen økt forståelse av den 9-25 (skiheisen anm.). Men det er vel fordi jeg tror jeg klarte å plukke det opp før da, på det som står i teksten over.

AN: Ja, hva er det den skiheisen skal forestille?

Martin: Jeg vet ikke, det har vel med elektrisk energi. Du bruker elektrisk energi for å drive skiheisen... og det er en krets...

Trygve og Martin prøver her å danne seg en mening angående skiheisen og hva den prøver å formidle, men alltid med grunnlaget av at den bruker elektrisk energi og det er det som må være sammenhengen med resten av teksten. Det virker ikke som at de ser på figurteksten under bildet der det står skrevet om potensiell energi, de nevner i hvert fall ikke det i sin diskusjon og synes til slutt å slå seg til ro med at den bruker elektrisk energi. De ser ikke på figuren som en analogi i det hele tatt men tolker figuren helt konkret og ser derfor ikke meningen med den. Fokuset skifter derfor over på om Trygve og Martin synes det er vanskelig å tolke figurene.

Martin: Ja, eller...der det er figurer er det gjerne formler og de er vanskeligere enn bare tekst.

AN: Der det er formler?

Martin: Ja.

AN: Så for eksempel grafer og slikt mener du?

Martin: Ikke nødvendigvis grafer, men det er lettere å ta bokstaver enn tall.

AN: Lettere å ta bokstaver enn tall?

Martin: Jeg synes det er lettere å lese når du ikke kan noe fra før av, men ta figurer når du har litt opplæring fra før av.

Martin kommer fram med et interessant synspunkt, han synes det er veldig vanskelig å studere figurer før han har lest gjennom teksten og fått noe bakgrunnsinformasjon først. Han synes å mene at figurer er der som repetisjon mer enn som hjelp til å forstå fysikken, noe som kommer fram igjen senere i intervjuet også. Alle elevene intervjuet i denne oppgaven synes dermed å ha problemer med å tolke noen av figurene og som en konsekvens kan de iblant legge mindre vekt på noen av dem.

### 5.3 Figurenes plassering og relevans

Her vil vi se på spørsmål syv, åtte og ni. De var 7) Noen av figurene er i margen, andre mer midt på. Har det noe å si? 8) Leser du teksten knyttet til figurene? 9) Hvordan jobber du med figurer til vanlig? F.eks. før en prøve? Spørsmålene er kategorisert under plassering i teksten og påfølgende relevans for elevene. Vi vil se at figurenes plassering på siden og figurteksten vil ha en avgjørende betydning for hvordan elevene behandler figurene.

AN: Hvis vi ser på figurene på side 28 og 29, så er de to figurene ganske like. Hva vil dere si er likt og forskjellig på de?

Kristian: De sier jo stort sett det samme, men den ene er i margen da.

AN: Den ene er i margen?

Kristian: Ja, på siden her (peker på figuren om veiformel 2).

AN: Gjør det noe?

Tor: Margen er liksom tilleggsinformasjon. Det er ikke så viktig.

(Tor og Kristian ser på de to figurene)

Tor: Den i margen er litt vanskeligere.

AN: Den er vanskeligere?

Tor: Ja, her har du to formler men her har du bare én (peker på figuren på henholdsvis side 29 og 28, se vedlegg 1)

Kristian: De figurene er ment som tillegg, litt vanskeligere stoff.

AN: Jeg skjønner. Men hva med figurene på side 264 og 265?

Kristian: Disse to figurene er jo også ganske like. (peker på figuren på side 264 om strømretning og 265 om strøm.)

AN: De ser ganske like ut ja, er da den store figuren midt på siden viktigere enn den i margen her?

Tor: Den forklarer jo bedre strømretningen, den andre er ikke så detaljert.

AN: Så da er den viktigere?

Tor: Den er jo det da.

Tor og Kristian kommer her fram til at figurene i margen først er mer kompliserte og er tilleggsinformasjon. De ser ikke ut til å stille spørsmål ved den meningen da de ser på figurene i det nye stoffet der de kommer fram til at den mest detaljerte tegningen er den store midt på siden. De ser heller ikke noen annen forskjell på de to figurene til tross for at de er ment for å formidle ulike ting. Det er et nytt eksempel på det Scaife og Rogers (1996) betegner

som resemblance fallacy, der elevene ser på pilene på de to figurene og konkluderer (korrekt) med at den viser strømretning. Det de derimot feilaktig gjør er å legge unødvendig mye vekt på pilen på figuren i margin og vektlegger den veldig mye i stedet for tverrsnittsarealet som skal illustrere at strømmen passerer gjennom ledningen.

AN: Synes dere det er noen forskjell på om figurene er i margin eller i teksten?

Anne: Det som er i margin kommer jo liksom litt utenom.

AN: Litt utenom?

Anne: Ja for jeg leser teksten, og da er ikke figurene en del av det.

AN: Så det er lettere å få med seg figurene som er midt på siden?

Eli: Ja, de er jo en del av siden.

Anne: Den figuren kommer vi ikke utenom. [ler] (peker på figuren øverst på side 265).

AN: Så figurene bør være slik for at de skal leses?

Eli: Det bør være store blikkfang midt på siden, helst med farger.

AN: Helst med farger?

Eli: Ja, men jeg er ganske opptatt av hvordan ting ser ut da. Figurene bør være midt på og teksten på høyre side.

AN: Bør teksten være på høyre side? Altså teksten som hører med figurene?

Eli: Ja, vi er jo europeere og leser mot høyre. Dessuten blir det liksom borte inni her slik det er her (peker mot bretten mellom sidene midt på boka).

Anne og Eli er tydelig veldig opptatt av sidens layout, og hvor både tekst og figurer er plassert. Det var også de som uttrykte tidligere hvordan utregningene bør være trinnvis nedover og ikke på én enkelt linje. Deres tanker om størrelse og plassering av figurer kommer også frem senere i diskusjonen.

AN: Men figurer bør være store og fargerike?

Eli: Ja, jeg legger mer vekt på de figurene i hvert fall.

AN: Hvorfor gjør du det tror du?

Eli: Jeg vet ikke, de er jo penere å se på da [ler].

Anne: De har jo lagt ned mer arbeid i å lage de figurene også da, så da må de jo være viktigere.

Anne og Eli er klare på at figurer skal være store og fargerike, og at de nødvendigvis er mer viktige siden de er mer detaljerte. De sier ingenting om hva slike figurer bør forestille eller hvilken type figurer det bør være, annet enn størrelse og farge. Også når det gjelder figurteksten uttrykker de klare meninger.

Anne: Jeg leser nesten aldri de (figurtekstene, anm.) nei.

Eli: Jeg leser de iblant, men det må ikke være en vegg av tekst.

(En vegg av tekst kommer fra "wall of text", som er internettslang for en lang sammenhengende tekst, anm.)

AN: En vegg av tekst?

Eli: Ja sånn som det her, den er altfor lang (peker på figurteksten til figuren nederst på side 265 i boka).

Eli: Også er den inni her i tillegg. (bretten i boka, anm.)

AN: [ler] Alt er jo galt med den der...

Eli: [ler] Ja, men de klarer jo å sentrere den teksten hvis de vil. Derfor tror jeg ikke den er så viktig der den er.

Hverken Anne eller Eli leser figurteksten i særlig grad, Anne sier at hun nesten aldri leser dem mens Eli leser dem hvis de passer inn i hennes syn på hvordan siden bør se ut. Igjen kommer det fram hvor uviktig margin er i forhold til resten av siden, spesielt på den høyre siden hvor margin kommer mot midten av boka. De samme holdningene til marg og figurer finner vi igjen i stor grad hos Ragnhild og Marte også.

Marte: Jeg tenker at de i margin i hvert fall ikke er like viktige som de midt på.

AN: At de ikke er like viktige?

Marte: Nei, på grunn av plasseringen.

AN: Skjøner, så hvis vi ser på disse to figurene... (figurene side 264 og 265)

Ragnhild: Kanskje det i margin er en forenklet versjon.

AN: Så denne (figuren om strøm, side 264) er en forenklet versjon av denne (figuren om strømretning side 265)?

Ragnhild: Kanskje, de er jo ganske like men den lille er litt enklere.

AN: Hva med disse da? (peker på figurene side 182)

Ragnhild: Det er to forskjellige forklaringer. Denne figuren (Bohrs atommodell, figuren i margin) handler om dette (peker øverst på siden). Men de viser jo to forskjellige ting da, så det er ikke det samme.

Marte og Ragnhild synes ikke å tenke særlig over argumentet sitt om at figurene ikke viser det samme, i kontrast med det de sa litt tidligere om at figurene i marginen var en forenklet versjon av det i hovedteksten. Paradoksalt nok er figurene på side 182 tettere knyttet til hverandre, enn figurene på side 264 og 265 men igjen synes elevene å henge seg opp i utseendet til figurene og antar at figurene som ligner mer på hverandre har mer til felles.

Med tanke på det de sa om figuren i marginen på side 182 er det trolig at de mener figurene i marginen kan være en hjelp for å forstå teksten så vel som andre figurer siden de knyttet den figuren til teksten ovenfor og ikke med figuren midt på siden. Men det er da uansett et tillegg til det de skal lære og ikke under noen omstendigheter noe de føler er nødvendig å se på.

AN: Så hvis vi ser på den figuren her nå, den er i marginen. Hvordan kobler du den til teksten?

Marte: Nei, det funker egentlig ikke så bra [ler]

AN: Det funker ikke så bra?

Marte: Nei, du burde jo egentlig lese om det der det står om det.

AN: Der det står om det? Når du leser det som står rett ved siden av mener du?

Marte: Ja.

Marte påpeker her at hun opplever det som vanskelig å koble figurene i marginen til teksten siden hun ikke helt vet når hun skal lese dem. I stedet for å stoppe lesingen av teksten for å studere figurer i marginen velger hun å lese hele siden først for deretter å se på figurer hvis hun føler det er nødvendig. Heller ikke Marte og Ragnhild synes å lese figurtekstene i særlig grad.

Ragnhild: Nei, ikke noe særlig. Det spørres om jeg mener det som står der er viktig.

Marte: Noen av figurene sier seg jo litt selv.

AN: Jeg skjønner, men hva med de mer kompliserte figurene?

Marte: Ja, da er greit å kunne lese den.

Ragnhild og Marte sier at de ikke leser figurteksten med mindre de har en god grunn til å gjøre det. Ragnhild sier hun leser den hvis hun mener det som står der er interessant, hvor-

dan hun vet det uten å ha lest det først sier hun ingenting om. Marte sier hun leser den hvis hun ikke forstår figuren, men ingen av dem synes å lese figurteksten på noen av figurene i intervjuet. Eller i det minste klare å koble figurteksten til figuren på en god måte.

AN: Men hva med den figuren nederst på side 265 her. Det er en vannpumpe...

Ragnhild: Den forstod jeg ikke [ler], den er irrelevant for meg.

AN: Den er irrelevant?

Ragnhild: Jeg skjønner den ikke. Jeg kobler den ikke til teksten.

AN: Skjønner, for her står det om....

Ragnhild: Strøm, og strømretning. Også får vi vite etterpå hva det er. (Hun snakker her om figuren over og teksten øverst på siden) Og nå vet jeg ikke om teksten her (midt på side 265) hører til den eller den figuren, eller om halvparten hører til den og halvparten hører til den. Den figuren gav meg ikke så mye.

AN: Så boka burde være tydeligere i å koble figur og (spørsmålet blir avbrutt da Marte nå leser figurteksten i marginen)

Marte: Nå skjønner jeg, for forklaringen står jo her!

Ragnhild: Ja, men det kunne ikke jeg ha skjønt ut i fra det her (teksten ellers på siden, anm.). Så jeg synes at figurene de tar med i teksten burde samkjøres med teksten og ikke bare en liten forklaring på siden.

Her viser Ragnhild og Marte at de har utfordringer med å koble figurene med teksten, de uttrykker også at figurene er veldig adskilt fra resten. Ingen av de leste heller figurteksten i marginen før de ble spurt direkte den figuren. Også Trygve og Martin virker å legge mindre vekt på marginen og informasjonen der.

AN: Ok, men hvis vi går tilbake til noe du sa i stad... Du sa at du leste denne figuren (figuren om veiformel 1) men ikke denne (figuren om veiformel 2)?

Martin: Ja.

AN: Hvorfor gjorde du det? Kan du si noe om det?

Martin: Den jeg leste er ikke i marginen da.

AN: Har det noe å si?

Trygve: [ler] det kan godt hende.

Martin: Det har nok det, det er litt iøynefallende på midten.

Trygve og Martin påpeker som de andre elevene at det er lettere å lese figurene som er midt på siden, det påpekte de også før det aktuelle spørsmålet kom opp. Det er tydelig at alle elevene legger bevisst eller ubevisst mer vekt på figurene som er mer sentrert, dette kommer tydelig til syne i hvordan elevene legger merke til noen av figurene mens spesielt de i margin går stort sett ubemerket.

AN: Er det noen annen forskjell på figurene i margin og ellers?

Trygve: Hvis vi ser på disse da (side 278), så har vi skiheisen midt på....

AN: En skiheis midt på ja, og to andre figurer i margin.

Martin: Det er de to små som forklarer.....bedre enn det bildet i hvert fall.

AN: De forklarer bedre?

Martin: De er en slags hjelpe... de konstaterer vel det som står i teksten.

Trygve: Ja, hvis du leser det som står i margin og det som står i teksten så får du det med deg to ganger.

AN: Så margin er en form for repetisjon?

Trygve: Ja, hvis det er vanskelig kan du se i margin og få det en gang til.

AN: Skjønner, er de like viktige som de andre figurene?

Martin: Ikke egentlig, hvis du forstår teksten trenger du ikke se i margin, det er mer en hjelp hvis du synes det er vanskelig.

Trygve og Martin uttrykker også at margin er en tilleggsinformasjon og mindre viktig, de ser på den kun som en repetisjon eller hjelp hvis teksten er vanskelig. Alle elevene uttrykte at formler var mer viktige enn figurer måtte samtalen til slutt dreies inn på hvordan elevene faktisk brukte figurer når de jobbet med fysikk, det siste spørsmålet i intervjuguiden.

AN: Men hvordan jobber dere med figurer til vanlig, for eksempel hvis dere skal lese før en prøve eller forstå noe?

Anne: Jeg bruker egentlig ikke figurer noe særlig, det bør stå hva man trenger i eksemplene.

Eli: Ja, fysikk er nesten bare formler.

AN: Det er bare formler?

Eli: Ja, eller, jeg skjønner jo at det er mer enn formler. Men formler er viktig for å regne.

Anne: Ja, vi må regne på prøver, så å gjøre oppgaver er veldig viktig.

Eli: Og da hjelper ikke figurer noe. Alt vi trenger er å se på eksemplene og regne



oppgaver.

Anne og Eli uttrykker her en mening som alle de andre elevene er veldig klare på også, for å gjøre det bra i fysikk føler de at de ikke trenger å se på figurer men kun eksempler og formler. Ved å se på eksemplene lærer elevene hvordan de skal bruke formlene for å løse oppgaver slik at de kan gjøre det bra på prøver. Tor og Kristian er også veldig klare på hvordan formler og tekst er mye viktigere enn figurer. Trygve og Martin derimot sier derimot at de i det minste ser på noen av figurene når de skal lese før en prøve.

AN: Så hvordan jobber dere med figurer til vanlig? Dere har jo prøve i morgen, bruker dere figurer når dere har lest til den?

Martin: Jeg synes det kan være en grei hjelp jeg.

AN: En grei hjelp? Hvordan da?

Martin: De kan hjelpe å repetere stoffet. Så jeg slipper å lese alt sammen på nytt.

Martin: Så jeg kan bruke de for å få et lite sammendrag av det jeg har lest.

Martin forklarer hvordan han kan se på figurer som et verktøy til å huske hva siden handlet om, og på den måten slippe å lese hele teksten. Hvis han forstår figuren føler han at han har kontroll på stoffet på den aktuelle siden. Dette samsvarer godt med det Martin sa tidligere om at han foretrekker å lese tekst først for så å studere figurer senere når han har et grunnlag for stoffet.

Trygve: De kan være til hjelp, men om de er nødvendige er noe helt annet.

AN: Om de er nødvendige er noe annet?

Trygve: Ja, om det er det som er avgjørende. Men det er jo en positiv ting.

AN: Javel, kan du utdype?

Trygve: Akkurat i fysikk er det mest regning, men det er jo fint hvis man har en figur som kan minne deg på sammenhengen.

Trygve viser nå til grafen om veiformel 1 på side 28 i boka, og forklarer at hvis man husker den grafen så forstår man hva formelen sier. Han uttrykker så hvordan han også vektlegger formler, men gjentar så at figurer kan være nyttig som repetisjon men ikke er nødvendig for å gjøre det bra i fysikk. Marte og Ragnhild derimot uttrykker klart at de faktisk aldri ser på figurer når de jobber med fysikk.

Ragnhild: Jeg bruker ikke noe figurer da nei.

Marte: Nei.

Ragnhild: Det eneste faget man kan bruke figurer på er matte.

AN: Åja?

Ragnhild: Der kan jeg tegne opp ting for å se noe, men jeg gjør ikke det i fysikk for her er det mer rett fram mattespørsmål.

AN: Du får matteoppgaver mener du?

Ragnhild: Ja, og da bruker man ikke figurer.

AN: Så figurer er ikke så viktig i fysikk?

Marte: Det kommer an på, du vet hva du får med den læreren du har. Så når læreren gir oppgaver med regning så er det ikke nødvendig å kunne figurer.

AN: Skjønner, så det er matteoppgaver som gjelder i fysikk.

Ragnhild: Ja, det er veldig greit synes jeg.

Ragnhild og Marte er veldig klare på hvordan de jobber med fysikk, de utelukker alle figurer når de jobber og fokuserer kun på eksempler og regning for å gjøre det bra på prøver. Det er også noe de synes å trives med, spesielt Ragnhild foretrekker å regne i stedet for å ”skrive og forklare så mye” (Ragnhild).

AN: Så det kommer litt an på prøveformen da?

Marte: Ja, vi får matteoppgaver og da er det det vi må kunne.

Ragnhild: Det er ikke noe sånn ”hva er  $5+5$ ” da, du får en oppgave du må prøve å forstå. Men det er mye bedre enn å forklare figurer.

AN: Det er bedre enn å forklare figurer?

Marte: Ja, sånn som i naturfagen i fjor.

AN: Dere hadde slike oppgaver der?

Marte: Ja det var litt sånn....Vi fikk en figur av en varmpumpe og så skulle vi forklare hvordan den fungerte. Og da er det jo kanskje lurt å ha sett på figurer.

AN: Hvordan opplevde dere det å forklare figuren da?

Ragnhild: Jeg ble så stresset da jeg måtte skrive så mye. Det synes jeg heller egner seg til en muntlig prøve.

AN: At du får en figur der?

Ragnhild: Ja, i stedet for at man skal skrive så mye, for det er jo på en måte ikke noe ett rett svar.

Ragnhild og Marte er kanskje de av elevene som er mest opptatt av prøveformen og hva som skal til for å gjøre det bra der, spesielt Ragnhild uttrykker gjentatte ganger hvordan hun

liker at det er matte på prøver slik at hun kan regne oppgaver og få en bra karakter.

En gjenganger er da at elevene er opptatt av formler og definisjoner, de synes også å legge uforholdsmessig stor vekt på det i forhold til figurer som er gitt ellers i boka. Flere opplever tolking av figurer som utfordrende og at det gir mye dårligere utbytte enn den læremetoden de allerede benytter seg av. Vi vil i neste kapittel se på noen av elevenes utsagn i lys av teorien og hva det kan komme av og hva det kan føre til.

## 6 Diskusjon

### 6.1 Figurer i elevenes lesestrategier

Utgangspunktet for denne masteroppgaven var å undersøke hvordan elever leser læreboken og hvordan de bruker figurene. Det mest fremtredende ved elevenes uttalelser angående lesing av boken har vært fokuset på formler og hvordan de skal brukes i regning for å løse oppgaver. Dette stemmer ganske bra med det Nelson (2006) og Angell et al. (2004) fant om at undervisningen i fysikk i stor grad foregikk ved regneeksempler før elevene selv jobbet med lignende oppgaver og at elevene forbinder faget fysikk først og fremst med formler.

Det er da naturlig at elevene selv legger stor vekt på formler og regning, siden det er det som har vært fokuset i timene. I lys av teorien om lese- og læringsstrategier kan det virke som at elevene nesten utelukkende er veldig prestasjonsorienterte (Ames & Archer, 1988), de presiserer gjentatte ganger hvordan det er regning som kommer på prøver og at de ønsker å gjøre det bra der. I undersøkelsen sin fant Ames og Archer at prestasjonsorienterte klasser i større grad enn mestringsorienterte klasser nølte med å gi seg i kast med utfordrende oppgaver og lettere tilegnet dårlige resultater til egne ferdigheter i stedet for dårlig innsats. Hvis elevene ikke er prestasjonsorienterte må det finnes en annen forklaring, og hvis vi tar utgangspunkt i det ene sitatet til Marte kan vi kanskje vinne en forklaring.

Marte: Fysikk er litt vanskelig fordi....det er så mye mer enn det vi lærer. Alt vi lærer er forenklet, det er bare formler. Så ingenting av det vi lærer er sånn som det er. (...) Vi bare raser gjennom kapitlene og regner. (Ikke gjengitt i resultatdelen, avsluttende kommentar til intervjuet.)

Martes erfaring synes å være at prosedural kunnskap er det som kreves i fysikk, hun må kunne regne og føler at fysikkundervisning er kun forenkling og formler og at det ikke hjelper til å forstå verden omkring henne. Også Martes ordvalg om ”raser gjennom kapitlene” kan tyde på at i hvert fall Marte føler at hun ikke rekker å lære stoffet skikkelig. Hvis de andre elevene føler det på samme måte kan det forklare mye om hvorfor elevene fokuserer på den prosedurale kunnskapen siden den er raskere og enklere å tilegne seg enn den funksjonelle kunnskapen (Skemp, 1976; Elstad & Turmo, 2006). Er det for mye stoff elevene skal gjennom i Fysikk 1?

Når det gjelder elevenes fokus på boksene med formler og definisjoner kan det tolkes i lys av

det som er diskutert ovenfor og det faktum at elevene bare kan legge vekt på en lesestrategi om gangen (Mork & Erlien, 2010). Elevenes strategi er tydelig det å lese selektivt og skille ut viktig informasjon, og i fysikklærebøkene er på mange måter dette allerede gjort for dem av lærebokforfatterne. Forfatterne har laget ulike bokser med formler, definisjoner og eksempler for å lette læringen for leseren. Det er tenkbart at kombinasjonen av elevenes egen lesestrategi om å lese selektivt og skille ut viktig informasjon og lærebokens tydelige beskrivelse av disse at de andre lesestrategiene (som å se sammenhenger og tolke figurer) blir overskygget siden elevene bare kan legge vekt på en strategi om gangen og elevene merker et stort tidspress.

Dette synes også å stemme bra med det Anne og Eli svarte på spørsmålet om hva de ulike sidene handlet om, hvor de påpekte at fysikk er et formelfag som de ikke er så glade i men de måtte regne fordi det er det de fikk på prøvene. Flere av elevene la også veldig tydelig merke til formlene og svarte også med å gjengi formlene da de ble spurt om hva de ulike sidene handlet om, noe som underbygger påstanden om at elevenes fokus er å lese selektivt de boksene som lærebokforfatterne har valgt ut. Ingen av elevene synes i hvert fall å bruke figurene når de skal lære seg stoffet i særlig grad, det kommer spesielt til syne i Ragnhilds utsagn om figuren med vannpumpe (se side 48). Elevene hadde da fått spørsmål om å lese sidene for så å forklare det for meg, og på spørsmål om den figuren sa Ragnhild ”den er irrelevant for meg” som kan tolkes slik at hun ikke anså figuren som nødvendig for å forstå stoffet.

## 6.2 Tolkning av figurer

I læringsprosessen skal elevene tolke flere ulike figurer. Hvordan disse tolkes påvirker elevenes oppfatning av både fysikk som fag og det aktuelle temaet de skal lære om. Elevene som ble intervjuet i denne undersøkelsen synes alle å ha noen utfordringer når det kommer til å tolke figurene korrekt, eller i det minste i bruken av figurer som et konstruktivt ledd i læringen. Flere av elevene synes å ha store problemer med å oversette mellom de ulike representasjonsformene, litt avhengig av hva slags type figurer det er snakk om.

Anne og Eli forklarer for eksempel hvordan de ikke forstår grafene og hvordan de er koblet til teksten, også det faktum at Anne bemerket at hun ikke hadde sett den ene figuren før kan tyde på at de ikke opplever læreboken så multimodal som lærebokforfatterne og læreren gjerne har tenkt (Ametller & Pintó, 2010b; Ametller et al., 2002). De fokuserer i veldig stor

grad på de matematiske formidlingsmetodene og adskillig mindre på de verbale og visuelle formidlingsmetodene. I lys av det som ble diskutert ovenfor om elevenes læringsstrategier er det plausibelt at det er en medvirkende årsak til elevenes utfordringer i tolkning av figurer. Hvis elevene fokuserer i stor grad på formlene og lite på de underliggende årsakene blir det også vanskeligere å tolke mange figurer, siden figurer ofte er nærmere det verbale språket eller, som for grafer, en samhandling mellom verbale og matematiske formidlingsmetoder (Ametller et al., 2002). Elevenes manglende ferdigheter i det verbale aspektet av fysikk og den funksjonelle kunnskapen kan gjøre tolkningen av figurer vanskeligere.

Det med å oversette mellom representasjonsformene kommer også fram i figuren med skiheisen. Figuren er en paramorf analogi, men elevene synes helt klart å ha problemer med å tolke den slik lærebokforfatterene har tenkt. Når Martin blir spurt om den figuren sier han at den bruker strøm, og hans tolkning av den figuren bygger på det. Martin tolker da figuren ut i fra egne forutsetninger og det faktum at det er et fotografi av en ekte skiheis med personer. Det at det er et fotografi kan være med å legge noen grafiske begrensninger på hvordan Martin tolker den (Scaife & Rogers, 1996), hadde det vært lettere å overføre betydningen til elektroner og potensiell energi med en annen type figur? Elevene må gjennom det Gilbert (2008) kaller visualisering, som innebærer at elevene betrakter figuren og lager en mening om hvordan ting fungerer. Kan det virkelighetsnære fotografiet være et hinder i overføringen til det veldig abstrakte begrepet om elektronenes potensielle energi. Noe av det samme finner vi igjen i figuren med amfi. For det første opplever elevene vanskeligheter med å tolke figuren rent utseendemessig, men selv når det er gjort korrekt blir overgangen til atomenes energinivåer veldig vanskelig. Igjen er det en paramorf analogi som gir elevene problemer, overgangen mellom det virkelighetsnære til det abstrakte synes veldig vanskelig.

Elevene som fikk disse figurene i denne undersøkelsen synes i hvert fall ikke å se abstraksjonen til analogiene og overføre betydningen fra det virkelighetsnære til det teoretiske. Relasjonen mellom elementene i figuren og hva den skal illustrere er kanskje ikke tydelige nok på noen av de, på den måten legger ikke figuren sterke nok begrensninger på hvordan den skal tolkes (Scaife & Rogers, 1996; Gilbert, 2008; Podolefsky, 2008). Kanskje paramorfe analogier bør være bedre forklart enn kun ved en figurtekst? Elevenes forforståelse som danner grunnlag for visualiseringen i samhandling med figurens grafiske begrensninger synes ikke å lede elevene inn på rett tolkning så det kreves mer enn det bare å lese læreboken slik den er pr dags dato.

Et annet aspekt som dukker opp igjen hos flere av elevene er "resemblance fallacy" (Scaife

& Rogers, 1996) og vektlegging av noen aspekter fremfor andre (Ametller & Pintó, 2010a), flere av elevene viser tydelige tegn på overføring av betydning mellom de ulike figurene. I tillegg legger de veldig stor vekt på noen aspekter av figurene og overser andre som kanskje er vel så viktige. I figurene om strøm er det flere piler som angir strømretningen og elevene legger stor vekt på de pilene på hver enkelt figur. De kan dermed gå glipp av andre aspekter som for eksempel vannpumpen på den ene figuren som er det sentrale begrepet der. Dette kan muligens også tilskrives resultatene beskrevet av Gilbert (2008) hvor elevene legger mer vekt på figuren hvis den er mer ”vitenskapelig” og inneholder mer navngiving og prosesspiler. Elevene i denne undersøkelsen legger i hvert fall stor vekt på pilene på de nevnte figurene.

### 6.3 Plassering av figurer og figurtekst

Figurene i læreboken er ikke ment å stå på egen hånd og være adskilt fra resten av stoffet. De er ment som et supplement til tekst og ligninger, og bortsett fra dekorative figurer er de alle knyttet til en figurtekst som skal forklare hensikt eller hva figuren skal forestille (Pozzer & Roth, 2003). Derfor var det viktig å avdekke hvordan elevene brukte denne figurteksten og hva som påvirket elevenes kobling av figurer og teksten.

Elevene gav klare indikasjoner på hvordan figurenes plassering påvirket deres oppfatninger av hvor sentrale figurene var. Ametller og Pintó (2010a) beskriver hvordan ulike kulturelle normer som det å lese fra venstre mot høyre kan forstyrre tolkningen av dokumenter. Elevene i denne undersøkelsen bekrefter i stor grad dette. Noe som kommer til syne i elevenes beskrivelse av figurtekstens plassering på venstre side av figurene som uheldig.

Alle elevene gav uttrykk for at figurer i margin var mindre viktige enn figurer sentralt på sidene, noen i så stor grad at de overhodet ikke la merke til dem da de leste sidene. Grunnen til at de la mindre vekt på de var litt forskjellig fra elev til elev. Noen anså margin som repetisjon, andre som vanskeligere stoff og atter andre som enklere stoff hvis teksten var vanskelig, felles var at alle mente dette var tilleggsstoff som ikke var nødvendig å se på. Dette var også helt uavhengig av hvilke typer figurer det var snakk om, så dette kan ikke tilskrives vansker med å tyde enkelte typer figurer.

Tatt i betraktning elevenes sannsynlige lese- og læringsstrategier diskutert tidligere er det

kanskje ikke så overraskende at elevene velger bort å se på figurene i marginen. Hvis elevene føler et tidspress for å lære et vanskelig fag (som de ønsker å gjøre det bra i ved hjelp av bl.a. regning) og ser på marginen som tillegg blir nedprioritering av figurene i marginen en naturlig konsekvens.

Et annet problem som noen av elevene påpeker er at de ikke klarer å koble figurene til teksten, de vet ikke hvilken del av teksten som hører med til hvilke figurer og når de bør studere figurene. Marte påpekte blant annet at hun opplevde det som forstyrrende å studere figurer siden hun da måtte enten gå tilbake til figuren etter at hun hadde lest det aktuelle stoffet eller ta en pause midt i lesingen for å studere dem. Dette stemmer også med det Krokan (2012) beskriver om at lineære tekster (lesing av en enkelt tekst) krever mindre enn multitasking mellom de ulike modalitetene.

Det synes også at elevene legger lite vekt på figurene som følge av at de opplever en manglende kobling mellom figur og tekst, i samsvar med Ametller et al. (2002) sine beskrivelser om at figurer som har en sterk tilknytning til teksten og blir ofte referert til, får en annen rolle enn figurer som ikke har den samme tilknytningen. Kanskje det å henvise oftere til figurene kan være et grep som kan gjøres med lærebøkene for å hjelpe elevene til å studere figurer nærmere? På denne måten blir elevene klarere gjort oppmerksomme på figurene i tillegg til at de vet hvilken del av teksten figuren beskriver og når det kan være hensiktsmessig å se på den.

Figurtekstene blir i stor grad ignorert av samtlige elever i denne undersøkelsen. Kun når elevene blir spesifikt bedt om å studere figurer synes de å lese figurtekstene, noe som kommer tydelig fram ved flere anledninger. For eksempel ved figuren om vannpumpe som Anne og Eli først trodde var en varmpumpe og Marte og Ragnhild ”ikke forstod noe av” før diskusjonen ble dreid inn på figuren og de faktisk leste figurteksten.

Figurtekstens plassering synes også å være av betydning men i adskillig mindre grad enn selve figurens utforming. Figuren med skiheis er sentralt på siden, med figurteksten rett under men Trygve og Martin støttet seg ikke til figurteksten overhodet da de ble spurt om hva figuren skulle formidle. I stedet så de bare på selve figuren. De som uttrykte seg klarest om figurteksten var Anne og Eli som følte at figurteksten ”ble borte i bretten midt på siden” eller at de ikke burde være ”en vegg av tekst”. Nå i etterkant ser jeg at nesten alle figurtekstene til figurene brukt i denne undersøkelsen plassert i marginen, så kanskje de hadde lest figurtekstene bedre hvis de var midt på siden? På den annen side så er de to figurene med figurtekst plas-



sert rett under figurene de to paramorfe analogiene (amfiet og skiheisen) og elevene hadde tydelige vanskeligheter med å tolke dem. De støttet seg heller ikke til figurtekstene der så kanskje det ikke er selve plasseringen av figurteksten som er avgjørende?

Uansett tyder det på at læreren må gi klare instruksjoner om at elevene må lese figurene i margen og se på figurtekstene for at de skal benyttes, eventuelt at elevenes lese- og læringsstrategier må endres slik at margen og figurer med figurtekster blir naturlig inkludert i lesingen. Er det mulig å gjøre undervisningen mer fokusert på diskusjoner og undersøkelse av begreper? Kan det være med og skifte fokuset til elevene fra karakterer, prestasjoner og regning til en mer relasjonell forståelse? Det vil i det minste føre litt av fokuset bort fra regning og dermed over på andre aspekter av fysikk. Eller holder det for læreren å lage oppgaver der elevene skal tolke figurer i stedet for å regne med formler? Figurenes plassering synes i hvert fall å spille en sentral rolle i elevenes vektlegging av dem, hvor store figurer midt på siden blir ansett som mye viktigere enn figurer i margen.

## 7 Refleksjoner og erfaringer

Undersøkelsen ble gjennomført i to omganger, den første på høsten i forkant av masteroppgaven i forbindelse med faget RFEL 3092 (Fagdidaktikk forskningsmetode) og den andre tidlig neste vår. Det at jeg fikk sjansen til å intervju to av parene på et tidligere tidspunkt og analysere dataene fra dem hjalp meg til å forberede meg på eventualiteter i de senere intervjuene. Selve punktene i intervjuguiden forble uforandret fordi jeg følte jeg fikk mye datamateriale ut i fra de slik de var og jeg ville ikke endre på forutsetningene fra de to første parene til de to neste.

Spørsmålene ble utformet med tanke på problemstillingen om hvordan elevene brukte lærebøkene og spesielt figurene. Jeg er fornøyd med punktene i intervjuguiden fordi jeg føler de avdekker elevenes synspunkter på en god måte. Elevene delte også veldig mange interessante synspunkter på figurenes rolle i lærebøkene som en følge av dette. Det største problemet jeg følte jeg opplevde var den store usikkerheten i hvordan elevene brukte læreboken og figurene. Når spørsmålene ble utformet var utgangspunktet at elevene kunne overse figurene totalt, at de fokuserte på figurene i veldig stor grad eller hadde et standpunkt hvor som helst mellom de to ytterpunktene. Likevel føler jeg at det semistrukturerte intervjuoppsettet med spørsmålene som ble brukt her håndterte det problemet bra. Spørsmålene var såpass åpne at elevene ikke ble ledet inn på noen svar, og de fikk muligheten til å ta opp temaet om figurer på egen hånd på de første spørsmålene før de fikk vite at det var et sentralt tema i undersøkelsen.

Det ble også brukt mye tid på å velge ut sidene som elevene skulle lese, likevel kunne det kanskje blitt valgt ut sider som var bedre egnet. Side 28-29 (veiformlene) og side 264-265 i boka (sidene om elektrisk strøm) ble valgt fordi i tillegg til tekst og bokser med sammendrag, har de figurer som ligner veldig på hverandre henholdsvis midt på siden og i margin. De andre sidene ble valgt ut i hovedsak på grunn av de paramorfe analogiene der, det jeg ikke så da jeg valgte sidene var hvor figurtekstene var plassert. Siden nesten alle figurtekstene er plassert i margin blir det vanskeligere å trekke noen konklusjoner om hvor vidt plasseringen av figurtekstene er viktig eller om det er noen annen årsak til at elevene ikke leser de.

Selve intervjuene følte jeg gikk bra der og da, men i etterkant ser jeg poenget til Robson (2011) om at intervjueren bør være veldig erfaren. Jeg føler jeg fikk fram flere gode momenter og jeg prøvde å bruke ”probes” som beskrevet, men ved analysen av datamaterialet ble

jeg oppmerksom på flere utsagn som jeg ikke reagerte på under selve intervjuet men burde gått nærmere inn på.

Når det gjelder analysen er det elevenes egne syn på læring som kommer tydeligst fram, lærerens rolle i klasserommet både som fagperson og veileder er omtalt i liten grad i denne oppgaven. Det er noe som kan ha en stor påvirkning på elevenes opplevelse av faget så det kan være en svakhet i undersøkelsen. Muligens burde det vært inkorporert i intervjuene men samtidig var formålet med undersøkelsen å avdekke elevenes egen bruk av lærebok og figurer, og det ville kanskje ikke vært gunstig å prøve å dekke alle eventualiteter med kun denne ene oppgaven.

Fysikk som fag kan være et veldig vanskelig fag å kartlegge siden det spenner over så mange ulike områder og gjør bruk av så mange ulike representasjonsformer. Andre fag har også ulike representasjonsformer, men kanskje ikke i samme omfang som i fysikk. Det å undersøke hvordan elever i den norske videregående skole jobber med fysikk er derfor et veldig stort tema. Likevel føler jeg at denne oppgaven presenterer et bra bilde på hva elevene anser som viktig i fysikk, og gir et bra grunnlag for tanker omkring lærerens praksis og eventuelle nye undersøkelser.

## 8 Konklusjon

Problemstillingen min i dette arbeidet var: Hvordan bruker elevene lærebøkene i fysikk, og spesielt figurene, i egne læringsprosesser? Gjennom samtalene med elevene fikk jeg et innblikk i hvordan fagets og lærebokens oppbygging påvirker elevenes lesing.

Resultatene fra denne undersøkelsen indikerer at elevenes fokus i fysikk er preget av formler og definisjoner og at figurer og funksjonell kunnskap ofte kommer i annen rekke, om enn ikke alltid etter elevenes eget ønske men fordi de føler de må for å rekke gjennom alt stoffet. Disse momentene bidrar til at figurer i lærebøkene blir nedprioritert og at figurer i marginen blir ansett som tilleggsinformasjon. Elevenes strategi om å plukke ut viktig informasjon er viktig å være klar over både for lærere og lærebokforfattere.

Elevene uttrykker også at de opplever vanskeligheter med å tolke de ulike figurene, spesielt analogier gir elevene utfordringer når de skal overføre betydningen fra noe virkelighetsnært til noe teoretisk og abstrakt. Også mer direkte avbildninger kan sakpe misforståelser da flere av elevene i denne undersøkelsen legger stor vekt på noen av aspektene ved figurene (som piler) på bekostning av det figuren egentlig skal formidle.

Dette skaper en kontekst hvor funksjonell kunnskap kommer i annen rekke, som ikke er ideelt med tanke på skolens rolle i å legge til rette for at elever skal forstå fysikk og vokse som personer. Gode læringsstrategier handler ikke nødvendigvis om å lære fysiske lover på en god måte, men rett og slett lære på en god måte. Det vil forutsette at både lærer og elever kan jobbe sammen og skape en atmosfære hvor forståelse står i sentrum og figurer blir studert ut i fra nysgjerrighet om hvordan ting fungerer og ikke bare ut i fra et ønske om en god karakter eller som en følge av tidspress. Her må da læreren gi klart uttrykk for at figurer er viktige og at elevene må studere ikke bare figurene, men også lese figurteksten.

Et grep som kan gjøres av lærebokforfatteren er å henvise klarere til figurene i teksten og rett og slett be elevene se på dem. På denne måten vil elevene lettere kunne koble teksten til figurene, de vet hvilken del av teksten som er knyttet opp mot figurene og når det kan være hensiktsmessig å studere dem. Dette vil hjelpe både med å skifte elevenes eget fokus i læringsstrategiene samtidig som det hjelper dem til å inkludere figurene i marginen. Det vil også kunne hjelpe med elevenes tolkning av figurene hvis de blir klarere henvist til i hovedteksten

siden elevene ofte overser figurtekstene.

Når det gjelder generaliserbarhet av mine funn vil jeg presisere at dette er gjort ved kun en enkelt klasse og med totalt åtte elever, derfor kan det være hensiktsmessig å gjennomføre større undersøkelser for å klargjøre lærerens påvirkning så vel som klassestørrelse og kultur andre steder. Det kan også være en tanke for eventuell videre forskning å undersøke hvordan de ulike læringsstrategiene påvirker elevenes bruk av figurer ved for eksempel å undervise ulike grupper med henholdsvis mer og mindre diskusjonspreget undervisning.

Tolkning av figurer vil forutsette at læreren kan uttrykke seg presist og lærer og elever kan jobbe med fysikkens mange ulike modaliteter slik at elevene naturlig kan skifte mellom de ulike representasjonsformene. På den måten kan det skapes en fysikkundervisning hvor alle kan utfolde seg og figurer får sin fortjente plass som sentral i både undervisning og forståelse i fysikk.

## Referanser

- Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. I J.K. Gilbert, M. Reiner & M. Nakhleh (red.), (s. 191-208). Springer.
- Ames, C. & Archer, J. (1988). Achievement goals in the classroom: Students' learning strategies and motivation processes. *Journal of Educational Psychology*, 80, 260-267.
- Ametller, J., Gutierrez, R. & Pintó, R. (2002). *The use of images as a didactical tool* (Teknisk rapport). European Commission: Science Teacher Training in an Information Society.
- Ametller, J. & Pintó, R. (2010a). Student's difficulties in reading images. comparing results from four national research groups. *International Journal of Science Education*, 24:3, 333-341.
- Ametller, J. & Pintó, R. (2010b). Students' reading of innovative images of energy at secondary school level. *International Journal of Science Education*, 24:3, 285-312.
- Angell, C., Øystein Guttersrud, Henriksen, E.K. & Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, but fun. pupils' and teachers' views of physics and physics teaching. *Science Education*, 88:5, 683-706.
- Bungum, B. (2008). Images of physics: an explorative study of the changing character of visual images in norwegian physics textbooks. *Nordic Studies in Science Education*, 4.
- Bungum, B. (2012). Textbook images: How do they invite students into physics? *Physics Education*.
- Callin, P., Pålsgård, J., Stadsnes, R. & Tellefsen, C.W. (2012a). *Ergo, fysikk 1*. Aschehoug.
- Callin, P., Pålsgård, J., Stadsnes, R. & Tellefsen, C.W. (2012b). *Ergo, fysikk 2*. Aschehoug.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2000). *Research methods in education (5. utg)*. London: Routledge.
- Dimopoulos, K., Koulaidis, V. & Sklaveniti, S. (2003). Towards an analysis of visual images in school science textbooks and press articles about science and technology. *Research in Science Education*, 33, 189-216.
- Dolin, J. & Schilling, V. (2001). *At lære fysik*.
- Elstad, E. & Turmo, A. (2006). *Læringsstrategier: Søkelys på lærernes praksis* (A. Turmo, red.). Universitetsforlaget, Oslo.
- Gilbert, J.K. (2008). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. I J.K. Gilbert, M. Reiner & M. Nakhleh (red.), (s. 3-24). Springer.
- Jacobsen, D.I. & Postholm, M.B. (2011). *Læreren med forskerblick*.
- Krokan, A. (2012). *Smart læring*.

- Monroy, G., Sassi, E. & Testa, I. (2002). Students' reading of images in kinematics: The case of realtime graphs. *International Journal of Science Education*, 24:3, 235-256.
- Mork, S.M. & Erlien, W. (2010). *Språk og digitale verktøy i naturfag*. Universitetsforlaget.
- Nelson, J. (2006). Hur används läroboken av lärare och elever? *Nordic Studies in Science Education*, 4, 16-27.
- Podolefsky, N.S. (2008). *Analogical scaffolding: Making meaning in physics through representation and analogy*. Colorado: University of Colorado.
- Podolefsky, N.S. & Finkelstein, N.D. (2007). Analogical scaffolding and the learning of abstract ideas in physics: An example from electromagnetic waves. *Physical Review Special Topics - physics education research*, 3:2.
- Potter, J. & Hepburn, A. (2005). Qualitative interviews in psychology: problems and possibilities. *Qualitative Research in Psychology*, 2:4, 281-307.
- Pozzer, L.L. & Roth, W.-M. (2003). Prevalence, function, and structure of photographs in high school biology textbooks. *Journal of research in science teaching*, 40, 1089-1114.
- Rapp, D.N. & Kurby, C.A. (2008). The 'ins' and 'outs' of learning: Internal representations and external visualizations. I J.K. Gilbert, M. Reiner & M. Nakhleh (red.), (s. 29-52). Springer.
- Robson, C. (2011). *Real world research*. Wiley, Oxford.
- Rosengrant, D., Heuvelen, A.V. & Etkina, E. (2009). Do students use and understand free-body diagrams? *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*.
- Scaife, M. & Rogers, Y. (1996). External cognition: How do graphical representations work? *International Journal of Human-Computer Studies*, 45, 185-213.
- Schilling, V. (2007). *Mentale modeller og eksperimentelt arbejde i fysikundervisningen*. Upublisert akademisk avhandling, Syddansk Universitet.
- Schwartz, D.L. & Bransford, J.D. (1998). A time for telling. *Cognition and Instruction*, 16:4, 475-523.
- Skemp, R.R. (1976). Relational understanding and instrumental understanding. *Mathematics Teaching*, 77, 20-26.
- Stelzer, T., Gladding, G., Mestre, J. & Brookes, D.T. (2009). Comparing the efficacy of multimedia modules with traditional textbooks for learning introductory physics content. *Am. J. Phys*, 77, 184-190.
- Tufte, E.R. (1983). *The visual display of quantitative information*. Cheshire Connecticut Graphics Press, Connecticut USA.
- Tyson, H. & Woodward, A. (1989). Why students aren't learning very much from textbooks. *Educational leadership*, 47:3, 14-17.
- Utdanningsdirektoratet. (2013, Februar). *Grunnleggende ferdigheter i fysikk*. Hentet fra

[http://www.udir.no/kl06/FYS1-01/Hele/Grunnleggende\\_ferdigheter/](http://www.udir.no/kl06/FYS1-01/Hele/Grunnleggende_ferdigheter/)

Watkins, J.K., Miller, E. & Brubaker, D. (2004). The role of the visual image: What are students really learning from pictorial representations? *Journal of Visual Literacy*, 24, 23-40.



### Veiformel 1 og 2

Når akselerasjonen er konstant, er fartsgrafen en rett linje. Da blir gjennomsnittsfarten i tiden  $t$  lik gjennomsnittet av startfarten og slutfarten,

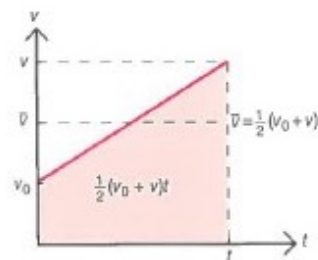
$$\bar{v} = \frac{v_0 + v}{2} = \frac{1}{2}(v_0 + v)$$

Dette kan vi bruke til å finne strekningen  $s$  som blir tilbakelagt på tiden  $t$ .

$$s = \bar{v}t = \frac{1}{2}(v_0 + v)t$$

Dette er *den første veiformelen* ved konstant akselerasjon.

1-26 Fartsgraf til veiformel 1. Strekningen  $s$  tilsvarer arealet av det fargelagte trapeset.



### Veiformel 1

>>>

Når en gjenstand har konstant akselerasjon, er strekningen  $s$  etter tiden  $t$  gitt som

$$s = \frac{1}{2}(v_0 + v)t$$

der  $v_0$  er startfarten og  $v$  er slutfarten.

#### Eksempel 20: Bilen mot fjellveggen

Vi går tilbake til eksemplet med bilen som krasjet i fjellveggen. Farten minket fra 10 m/s til 0 m/s på 0,080 s. Hvor mye ble bilen trykket sammen i kollisjonen?

Løsning: Veiformel 1 gir

$$s = \frac{1}{2}(v_0 + v)t = \frac{1}{2}(10 \text{ m/s} + 0 \text{ m/s}) \cdot 0,080 \text{ s} = 0,40 \text{ m}$$

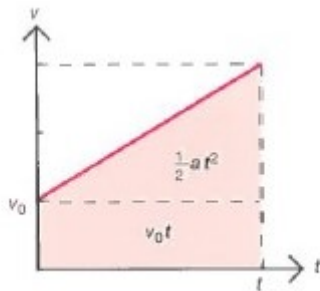
Veiformel 1 inneholder startfarten, slutfarten og tiden. Ofte er det nyttig å ha en veiformel som inneholder akselerasjonen. Hvis vi kombinerer fartsformelen med veiformel 1, får vi

$$s = \frac{1}{2}(v_0 + v)t = \frac{1}{2}(v_0 + v_0 + at)t = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

Dette er *den andre veiformelen* ved konstant akselerasjon.

**Veiformel 2**

&gt;&gt;&gt;



**1-27** Fartsgraf til veiformel 2. Veiformelen har to ledd. Hvis vi tegner bevegelsen som en *fartsgraf*, vil første ledd tilsvare arealet av det fargelagte rektanget og andre ledd tilsvare arealet av den fargelagte trekanten. Til sammen er disse to arealene lik arealet av det fargelagte trapeset. Hvis vi tegner bevegelsen som en *veigraf*, får vi en parabel.



Andregradskurve:  
 $y = ax^2 + bx$   
 Med  $t$  som variabel:  
 $s = \frac{1}{2}at^2 + v_0t$

Når en gjenstand har konstant akselerasjon, er strekningen  $s$  ved tiden  $t$  gitt som

$$s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

der  $v_0$  er startfarten og  $a$  er akselerasjonen.

Strekningen er altså en andregradsfunksjon av tiden. En andregradsfunksjon har graf som er en parabel.

Veiformel 2 er fin å bruke hvis vi skal *måle* akselerasjon. Hvis startfarten er lik null, kan vi skrive

$$s = \frac{1}{2}at^2$$

$$2s = at^2$$

$$a = \frac{2s}{t^2}$$

Vi kan måle en serie sammenhengende verdier av posisjonen  $s$  og tiden  $t$ , og regne ut forholdet  $2s/t^2$  for hver måling. Hvis vi får omtrent samme resultat hver gang, tyder det på at akselerasjonen er konstant.

**Eksempel 21: Vi deriverer bevegelsesformlene**

Når vi deriverer en funksjon, finner vi et uttrykk for stigningstallet til tangenten i ethvert punkt på grafen til funksjonen.

Veiformel 2 er gitt ved

$$s(t) = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

Hvis vi deriverer med tiden  $t$  som variabel, får vi

$$v(t) = s'(t) = v_0 \cdot 1 + \frac{1}{2}a \cdot 2t = v_0 + at$$

Kjenner du igjen uttrykket?

Vi kan derivere en gang til. Da får vi

$$s''(t) = v'(t) = a(t) = a$$

Akselerasjonen er altså konstant lik  $a$ .

Bevegelsesformlene gjelder bare ved konstant akselerasjon.

Et postulat er en påstand som man ikke kan begrunne ut fra teorien, men som man likevel mener er sann.

### Bohrs første postulat>>>

Bohr startet med det enkleste av alle atomer, hydrogenatomet, som bare har ett elektron og én positiv elementærladning i kjernen. Han forestilte seg at elektronet kan gå som en satellitt i forskjellige baner rundt atomkjernen. Men i stedet for gravitasjon er det den elektriske tiltrekningen mellom den positivt ladde kjernen og det negativt ladde elektronet som holder elektronet i bane. På samme måte som satellitter kan «løftes» ut til baner med større mekanisk energi, forestilte han seg at elektronet kunne løftes ut til høyere energinivåer.

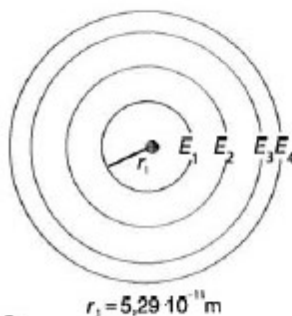
Niels Bohr postulerte:

- 1 Et elektron i et atom kan bare være i visse energinivåer. Når elektronet er i et slikt energinivå, stråler det ikke ut energi.
- 2 Et elektron kan falle fra ett energinivå til et lavere energinivå. Ved overgangen blir energiforskjellen sendt ut som et energikvant, et foton.

Et atom kan eksistere i mange forskjellige tilstander uten å sende ut energi. I hver tilstand har atomet en bestemt energi

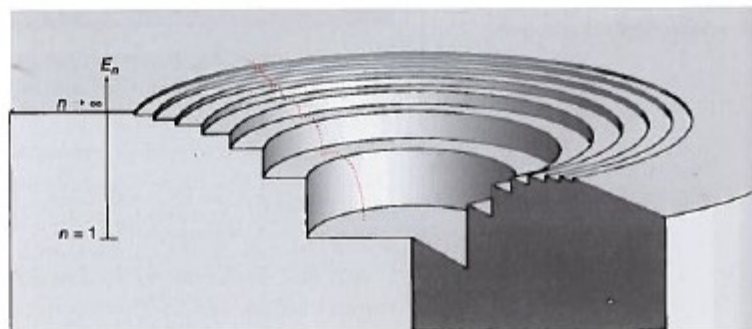
$$E_1, E_2, \dots, E_n \quad n \in \{1, 2, 3, \dots\}$$

Det laveste energinivået er *grunntilstanden*,  $E_1$ . De andre energinivåene er *eksiterte* tilstander.



6-9

a I Bohrs modell for hydrogenatomet går elektronet i en bane rundt kjernen. I grunntilstanden er baneradien  $5,29 \cdot 10^{-11}$  m ifølge modellen.



b Vi kan tenke oss atomets energinivåer som en trappemodell med sirkelformede trappetrinn. I modellen går en kule i sirkelbane på ett av trappetrinnene. Hvert trinn svarer til en viss energi. Jo høyere trappetrinn kula er på, desto større energi har den. Hvis kula er på det laveste trinnet, kan den ikke falle dypere. Det svarer til grunntilstanden. Hvis kula er på et høyere trinn, kan den falle til et lavere trinn. Kula kan også hoppe til et høyere trinn hvis den får tilført energi.



Niels Bohr forestilte seg atomet omtrent som et solsystem hvor kjernen tilsvarer sola og elektronet tilsvarer en planet. Jo større radius elektronbanen har, desto større totalenergi har elektronet.

En viktig forskjell er at en planet kan ha en hvilken som helst avstand fra sola. Elektronet derimot kan bare være i helt bestemte energinivåer, som svarer til bestemte avstander fra kjernen. Energinivåene er *kvantisert*.

### Bohrs andre postulat>>>

Et atom kan gå fra én tilstand med energien  $E_n$  til en annen tilstand med lavere energi  $E_m$ . Ved overgangen blir energiforskjellen sendt ut som et foton med energien

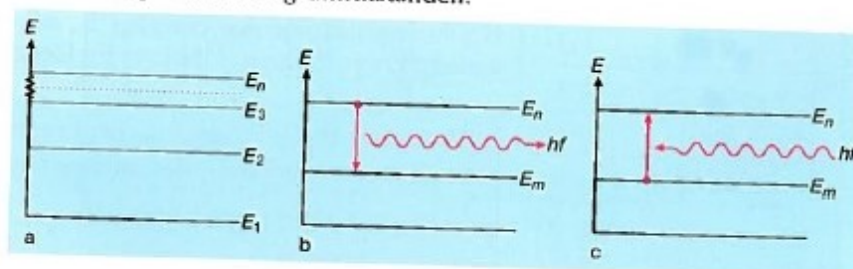
$$hf = E_n - E_m \quad n > m$$

der  $h$  er Plancks konstant og  $f$  er strålingsfrekvensen.

Her finner vi forklaringen på spektrallinjene: Når et atom sender ut lys, faller atomet fra et høyt energinivå til et lavere energinivå. Når atomet absorberer lys, hopper det fra et lavt energinivå til et høyere energinivå. Mange slike energisprang er mulige i et atom. Hvert sprang svarer til lys med en helt bestemt frekvens. Hvis vi skal få atomer til å sende ut lys, må vi først få dem opp i høyere energinivåer enn grunntilstanden.

10

- a Energinivåer i et atom  
 b Atomet avgir energien  
 $E_n - E_m = hf$   
 c Atomet mottar energien  
 $E_n - E_m = hf$



### Eksempel 4: Bli lys!

Hvordan får vi atomene opp i energinivåer over grunntilstanden, slik at de sender ut lys når de faller ned igjen? Det er flere muligheter:

- 1 Vi kan varme opp atomene, for eksempel i en gassflamme. Da tenker vi oss at atomene blir eksitert når de kolliderer med hverandre.
- 2 Eller vi kan sende strøm gjennom en gass, akkurat som i et lysrør. Da er det elektronene i strømmen som kolliderer med gassatomene og eksiterer dem.
- 3 En tredje mulighet er å sende lys gjennom gassen. Et atom kan da absorbere et foton fra strålingen og bruke energien til å komme opp i et høyere energinivå. Atomene absorberer bare fotoner som har nøyaktig samme energi som forskjellen mellom to energinivåer. Alle andre fotoner passerer gjennom gassen.

## 9B: Strøm

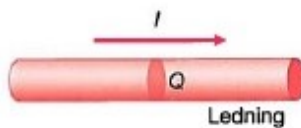
Når elektriske ladninger beveger seg, sier vi at det går en *elektrisk strøm*. Elektrisk strøm er også navnet på en fysisk størrelse.

### Elektrisk strøm >>>

Når en ladning  $Q$  passerer gjennom en ledning i tiden  $t$ , er strømmen  $I$  gjennom ledningen definert som ladningen delt på tiden,

$$I = \frac{Q}{t}$$

Enheten for strøm er ampere, A.



**9-4** Ladningen  $Q$  passerer et tverrsnitt av en ledning i tiden  $t$ . Strømmen gjennom ledningen er da  $I = Q/t$ .

Elektrisk strøm er altså transportert ladning per tid (figur 9-4). Hvis strømmen har samme retning hele tiden, sier vi at vi har *likestrøm*, mens strøm som skifter retning periodisk, kaller vi *vekselstrøm*. Definisjonen  $I = Q/t$  gjelder for *konstant likestrøm*, som er det eneste vi kommer til å jobbe med.

### Eksempel 3: Enheten ampere

Enheten ampere er en av grunnenhetene i SI-systemet, og oppkalt etter den franske fysikeren André Ampère (1775–1836). Av formelen  $I = Q/t$  ser vi at  $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ , eller  $1 \text{ C} = 1 \text{ As}$ . Men hvor mye er egentlig én ampere?

Tenk deg to uendelig lange, rette ledere. De er nøyaktig 1 m fra hverandre og fører en strøm på nøyaktig 1 A i samme retning. Den magnetiske tiltrekningskraften mellom lederne er da nøyaktig  $2 \cdot 10^{-7} \text{ N}$  på hver meter. Dette definerer enheten ampere, og dermed også coulomb. Du vil lære mer om magnetiske krefter i Fysikk 2.

### Eksempel 4: Lyn

I en tordensky er det en ladning på 50 C. Ladningen beveger seg ned til bakken i et lyn som varer i 0,001 s. Hvor stor er den elektriske strømmen?

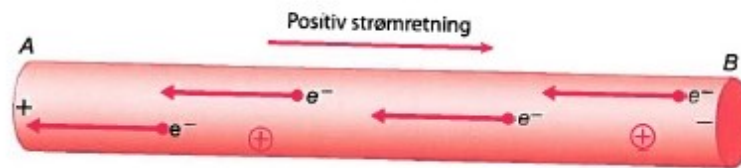
**Løsning:** Strømmen blir

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{50 \text{ C}}{0,001 \text{ s}} = 5 \cdot 10^4 \text{ A}$$

## Strøm i metaller

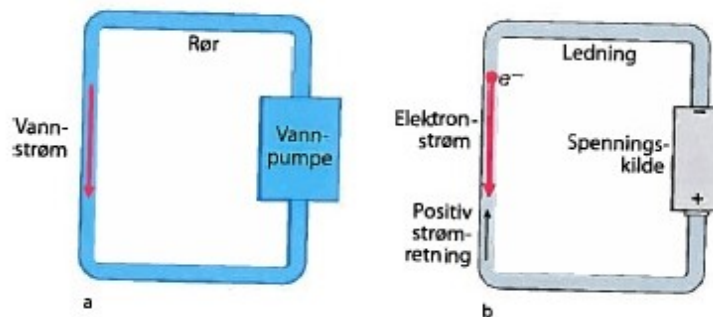
De fleste metaller er faste stoffer ved vanlige temperaturer. Atomkjernene ligger da fast i et mønster og kan ikke bevege seg. De ytterste elektronene i hvert atom er derimot løst bundet og kan lett bevege seg i metallet. Derfor kaller vi dem *ledningselektroner*. Det er disse elektronene som beveger seg når det går en elektrisk strøm i metallet.

**9-5** Elektrisk strøm i en metalltråd. Elektroner strømmer fra B til A, mens de positive metallionene ligger fast i metalltråden. Vi definerer den positive strømretningen som den retningen en positiv ladning ville ha beveget seg.



Tenk deg at du kobler en spenningskilde til et stykke AB av en metalltråd. Punkt A kobles til den positive polen og punkt B til den negative polen (figur 9-5). Da virker det elektriske krefter på elektronene og atomkjernene i metalltråden. Kraftretningen er fra A til B for de positive kjernene, men de ligger fast i metalltråden. Elektronene, derimot, kan bevege seg. Fordi de har negativ ladning, beveger de seg fra B til A. Spenningskilden sørger for at det hele tiden kommer nye elektroner til B, og fra A fortsetter elektronene tilbake til spenningskilden. Strømmen blir holdt i gang av spenningskilden. Derfor sier vi at spenningskilden har en *elektromotorisk spenning*. Vi forkorter elektromotorisk spenning til *ems*.

**9-6** Vi kan sammenlikne spenningskilden med en vannpumpe. Vannpumpen løfter vannet opp en høyde, slik at det får større potensiell energi, og deretter renner vannet ned igjen til pumpen. På tilsvarende måte «løfter» spenningskilden elektronene så de får høyere elektrisk potensiell energi, og deretter strømmer elektronene «ned» gjennom ledningen tilbake til spenningskilden.



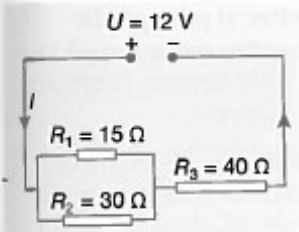
Vi definerer strømretningen som den retningen en *positiv* ladning ville beveget seg i. Elektronene i en metalltråd beveger seg altså *mot* strømretningen.

### Strømretning

>>>

Positiv strømretning i et metall er den retningen som en positiv ladning ville ha beveget seg i.





9-22 En sammensatt strømkrets med tre motstander.

### Eksempel 13: En sammensatt strømkrets

Figur 9-22 viser tre motstander som er koblet til en spenningskilde på 12 V. Finn resultantresistansen i kretsen, og strømmen gjennom den minste motstanden.

*Løsning:* Motstandene er koblet i en kombinasjon av parallellkobling og seriekobling. Først finner vi resultatresistansen  $R_{par}$  i parallellkoblingen:

$$R_{par} = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1} = \left( \frac{1}{15 \Omega} + \frac{1}{30 \Omega} \right)^{-1} = 10 \Omega$$

Resultantresistansen i hele kretsen blir derfor

$$R = R_{par} + R_3 = 10 \Omega + 40 \Omega = 50 \Omega$$

Hovedstrømmen i kretsen blir

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12 \text{ V}}{50 \Omega} = 0,24 \text{ A}$$

Nå kan vi regne ut spenningen over parallellkoblingen,

$$U_{par} = R_{par} \cdot I = 10 \Omega \cdot 0,24 \text{ A} = 2,4 \text{ V}$$

Til slutt finner vi strømmen  $I_1$  gjennom den minste motstanden:

$$I_1 = \frac{U_{par}}{R_1} = \frac{2,4 \text{ V}}{15 \Omega} = 0,16 \text{ A}$$

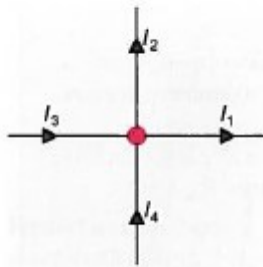
Legg merke til at spenningen over parallellkoblingen *ikke* er 12 V, men bare 2,4 V. (Spenningen over motstanden på 40  $\Omega$  er lik 9,6 V. Kan du kontrollere det på to forskjellige måter?)

### Kirchhoffs lover

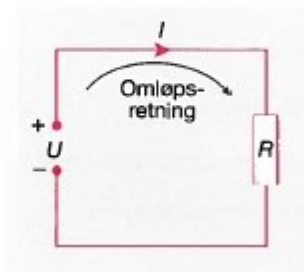
Av og til kommer vi borti mer kompliserte strømkretser, som det ikke er mulig å dele opp i parallellkoblinger og seriekoblinger. For å kunne regne ut ukjente strømmer eller spenninger får vi da bruk for *Kirchhoffs lover*, oppkalt etter den tyske fysikeren Gustav Kirchhoff (1824–87). Vi har allerede sett på *Kirchhoffs første lov*, som er en bevaringslov for elektrisk ladning.

Kirchhoffs første lov>>>

Summen av alle strømmene inn til et forgreiningspunkt er lik summen av alle strømmene ut fra forgreiningspunktet.



**9-23** Kirchhoffs første lov,  $I_1 + I_2 = I_3 + I_4$ . Alle strømmene regnes med fortegn. Dersom vi finner at en strøm er negativ, betyr det at denne strømmen egentlig går i motsatt retning av pilen vi har tegnet.



**9-24** Kirchhoffs andre lov. En elektrisk ladning som går rundt i en lukket krets, har samme energi etter rundturen som den hadde til å begynne med.

Når vi skal bruke Kirchhoffs første lov, setter vi piler på alle greinstømmene (figur 9-23). Vi må ofte gjette retningen på en ukjent strøm  $I$ . Hvis utregningen viser at  $I$  blir negativ, betyr det at strømmen går i motsatt retning av det vi gjettet.

*Kirchhoffs andre lov* er en bevaringslov for energi. Vi tenker oss at vi følger en positiv elektrisk ladning rundt en lukket krets eller delkrets (figur 9-24). Når vi kommer tilbake til utgangspunktet, må energien være den samme som da vi startet. Vi kan for eksempel starte ved minuspolen på spenningskilden. Den potensielle energien øker når vi går fra minuspolen til plusspolen inne i spenningskilden, og minker igjen når vi går fra plusspolen og tilbake til minuspolen gjennom en motstand.



**9-25** Vi kan sammenlikne Kirchhoffs andre lov med alpinister i en skibakke. Skiheisen trekker alpinistene oppover, slik at den potensielle energien øker. Deretter kjører de ned bakken, og den potensielle energien minker. Når de er tilbake igjen nederst i bakken, er energien den samme som da de startet.

### Kirchhoffs andre lov >>>

Summen av alle de elektromotoriske spenningene rundt en lukket delkrets er lik summen av alle spenningene over motstandene i kretsen.

Når vi skal bruke Kirchhoffs andre lov, velger vi omløpsretning rundt kretsen og bruker disse fortegnreglene:

- 1 En elektromotorisk spenning er positiv når vi går gjennom spenningskilden fra minuspolen til plusspolen, og negativ når vi går fra plusspolen til minuspolen.
- 2 Spenningen over en motstand er positiv når vi går gjennom motstanden i strømretningen, og negativ når vi går mot strømretningen.



Vil du vite mer om Kirchhoffs lover?