

# Høgskolen i Innlandet

Fakultet for lærerutdanning og pedagogikk

**Hallvord Reiar Michaelsen Steen**

## **Masteroppgave**

# **Hvordan bruker norske læreverker i naturfag digitale virkemidler?**

How do Norwegian science teaching materials use  
features of digital technologies?

Grunnskolelærer 1-7, samlingsbasert

2MNF171

**2023**

## Sammendrag

Det er store forventninger til digitalisering i norsk skole, både med tanke på hvilke digitale ferdigheter elevene skal oppnå og fordi lærere gjennom teknologi får tilgang til nye didaktiske virkemiddel. Men hvor langt har vi helt konkret kommet med å utvikle digitale læremidler?

Denne oppgava definerer et analytisk rammeverk som kombinerer affordanser ved digital teknologi med didaktiske mål og undervisningsstrategier i naturfag for å utforske hvilke digitale virkemidler som brukes til hvilke formål i dagens læremidler. Etter å ha kartlagt bruken av digitale virkemidler på trinn 1 og 7 i læreverkene fra Aschehoug, Cappelen Damm og Gyldendal drøftes funnene. Hva egner virkemidlene seg til, og kan en slik analyse hinte om spennende muligheter som ikke er tatt i bruk enda?

## Abstract

The Norwegian school has generally had great expectations for digitalisation. Not only will the children now learn new digital skills, the technology also offers teachers new didactic methods and tools. But how far have we *actually* come in developing digital science teaching materials?

This thesis develops an analytical framework which looks at combinations of digital media features, didactic goals and science teaching strategies to explore what features are used to what ends in current Norwegian science teaching materials. Use of selected digital media features in teaching materials for 1st and 7th grade from the publishing companies Aschehoug, Cappel Damm and Gyldendal is surveyed. What are those features used for, and can this approach indicate some possibilities which are not yet implemented?

<b>1 Forord</b>	<b>5</b>
<b>2 Innledning</b>	<b>6</b>
2.1 Bakgrunn og problemstilling	6
2.2 Oppgavas struktur	7
<b>3 Teori</b>	<b>8</b>
3.1 Naturfagdidaktisk teori	9
3.1.1 Produkt-dimensjonen	11
3.1.2 Proses-dimensjonen	13
3.2 Digitale mediers affordanser	16
3.2.1 Affordansbegrepet - bakgrunn og definisjoner	16
3.2.2 Modale og mediale affordanser	18
3.2.3 Interaktivitet	19
3.3 Tidligere forskning på digitale læremidler	20
3.4 Noen kjennetegn ved pedagogiske digitale læremidler	22
<b>4 Metode</b>	<b>24</b>
4.1 Valg av metode	24
4.2 Utvalgte læreverk og årstrinn	25
4.2.1 Oppbygging av læreverk og identifisering av sider	26
4.3 Analyse	27
4.3.1 Analyse av naturfagdidaktiske mål	27
4.3.1.1 Kategorier knyttet til vitenskapens produkter	29
4.3.1.2 Kategorier knyttet til vitenskapens prosesser	30
4.3.2 Analyse av digitale virkemidler	31
4.3.3 Registrering av funn	36
4.3.4 Bruk av analytisk rammeverk	36
4.3.5 Andre viktige didaktiske begreper	38
4.4 Etikk og godkjennelse	39
4.5 Validitet, generaliserbarhet og reliabilitet	39
<b>5 Funn</b>	<b>41</b>
5.1 Produkt-dimensjonen	41
5.1.1 Begrepsutvikling - aktivere forkunnskaper, utvikle vokabular og bruke faglige begreper	41
5.1.2 Kjenne og forstå naturvitenskapelige forklaringer for prosesser	47
5.1.3 Lese og tolke modeller	50
5.1.4 Forstå systematikk	51
5.2 Proses-dimensjonen	54
5.2.1 Undre, observere og resonnerere	54
5.2.2 Forstå at naturvitenskapelig diskusjon er produktivt	57
5.2.3 Lage egne modeller og forstå modellens formål og begrensninger	59
5.2.4 Forstå tentativitet og evidens / lage og teste hypoteser	62
5.2.5 Gjennomføre forsøk	64

<b>6 Drøfting</b>	<b>69</b>
6.1 Produkt-dimensjonen	69
6.1.1 Begrepsutvikling - utvikle vokabular og bruke faglige begreper	69
6.1.2 Kjenne og forstå naturvitenskapelige forklaringer for prosesser	73
6.1.3 Lese og tolke modeller	75
6.1.4 Forstå systematikk	77
6.1.5 Oppsummering produkt-dimensjonen	79
6.2 Prosess-dimensjonen	81
6.2.1 Undre, observere og resonnere	81
6.2.2 Forstå at naturvitenskapelig diskusjon er produktivt	84
6.2.3 Lage egne modeller og forstå modellens formål og begrensninger	87
6.2.4 Forstå tentativitet og evidens / lage og teste hypoteser	88
6.2.5 Gjennomføre forsøk	89
6.2.6 Oppsummering prosess-dimensjon	92
<b>7 Avslutning og tanker om videre forskning</b>	<b>94</b>
<b>8 Litteraturliste</b>	<b>96</b>

# 1 Forord

Denne masteroppgava er avslutningen på 5 års utdanning ved “Grunnskolelærer 1-7”-studiet ved Høgskolen i Innlandet.

Jeg ønsker i denne oppgava å utforske hvordan digitale læremidler er implementert i dag. Denne interessen bygger selvfølgelig på min bakgrunn med 20 års yrkeserfaring innen testing og utvikling av programvare og en fersk lærerutdanning med fordypning i naturfag.

I løpet av min utdanning, ikke minst under den raske digitaliseringen vi opplevde under korona-pandemien, mener jeg å ha observert at det er et underskudd på kunnskap om digital pedagogikk og digitale virkemidler i didaktisk forskning. Det brukes store ressurser på utvikling av læremidler for det norske markedet, men jeg har strevd med å finne akademiske analyser av hva som lages. Selv om digitalisering selvfølgelig var et tema ved høgskolen, var det lite konkret arbeid med faktiske digitale læremidler. Bortsett fra under pandemien, kan jeg ikke huske noen oppgaver som eksplisitt dreide seg om å bygge på eller bruke eksisterende digitale læremidler eller læringsplattformer i et undervisningsopplegg – det er ikke en gang på plass rutiner for å systematisk gi studenter *tilgang til* digitale læremidler fra store, norske forlag. De fysiske lærebøkene kan vi selvfølgelig låne på høgskolens bibliotek, men de digitale ressursene ligger bak betalingsmurer - og tilsynelatende har hverken forlagene eller høgskolene tenkt på at det er et problem for lærerstudenter! Å jobbe med denne masteroppgava har for meg personlig bidratt til å fylle gapet jeg har opplevd mellom erfaringene fra studiet og erfaringene jeg ønsker å ha med for å bygge gode læringsopplevelser med og rundt digitale ressurser i dagens skole.

Det har vært spennende å utforske dette emnet, og jeg vil gjerne takke hovedveileder Kristin Ebbesen for oppfølging, Anne Bergliot Øyehaug og Pauline Book ved Høgskolen i Innlandet for samtaler og kommentarer, og takke mine nærmeste for all tålmodighet mens jeg holdt på med oppgava.

## 2 Innledning

### 2.1 Bakgrunn og problemstilling

Digitalisering har gitt pedagogikken både nye didaktiske virkemiddel og nye utfordringer. Det enorme omfanget av informasjon, undervisningsopplegg og digitale ressurser på nett sprenger rammene eldre læreverk måtte forholde seg til, og skaper utfordringer for pedagoger som skal vurdere og kuratere ressurser for bruk i klasserommet. Både utviklere av digitale ressurser, lærere, foreldre og skoleledelse trenger tid til å utforske de nye mediens affordanser (Gee, 2008, s. 25; Jones & Hafner, 2012, s. 19) og oppdage hvordan disse kan møte pedagogers og elevers behov.

Det hevdes også i den offentlige debatten at det finnes lite kunnskap om bruk og effekter av digitale læremidler (Brochmann, 2020, s. 77), selv om utvikling av digitale ferdigheter er obligatorisk på tvers av fag i følge LK20 (Kunnskapsdepartementet, 2019c). Dette kan føre til at lærere og skoleeiere blir usikre på om det er riktig å ta i bruk digitale læremidler, samtidig som manglende kunnskap om hvordan læremidlene faktisk fungerer kan hemme videreutvikling. Både forlag, lærere og skoleeiere trenger derfor mer forskningsbasert kunnskap om digitale læremidler.

Naturfag har spesifikke didaktiske utfordringer som digitale hjelpemidler forventes å kunne hjelpe med, f.eks. framstilling av modeller, prosesser og skala-problematikk (Pajchel et al., 2019; Wieman et al., 2008). Derfor er det spesielt interessant å studere digitale læremidler ment for naturfag for å se hvordan de møter fagets spesielle didaktiske behov. I tillegg har naturfag ifølge gjeldende læreplan både et spesielt ansvar for at elevene skal lære om teknologi (Kunnskapsdepartementet, 2019b) og programmering (Kunnskapsdepartementet, 2019a). Kan det ha noe å si for kvaliteten på de teknologiske og programmerte løsningene digitale læreverk presenterer?

I denne oppgava ønsker jeg å undersøke hvordan digitale virkemidler kan bidra til elevers læringsprosesser i naturfag. For å se på det, prøver jeg først å dokumentere hvilke virkemidler som brukes i dagens digitale læremidler, og kartlegge læringsmål virkemidlene forsøker å oppnå. Min problemstilling er derfor "hvordan bruker norske læreverk i naturfag digitale virkemidler til å oppnå didaktiske mål?". Helt spesifikt ser jeg på hvordan digitale

virkemidler brukes til didaktiske formål i de digitale læreverkene *Naturfag, Refleks* og *Solaris* på 1. og 7. trinn ut i fra forskningsspørsmålene

- Hvordan brukes digitale virkemidler for at elevene skal lære om naturvitenskapens produkter?
- Hvordan brukes digitale virkemidler for å lære om naturvitenskapens prosesser?

## 2.2 Oppgavas struktur

Kapittel 3 er teorikapitlet. Jeg begynner først med å presentere teori om naturfagdidaktikk, affordanser, brukervennlighet og virkemidler. Dette utgjør grunnlaget for utviklingen av de to ulike rammeverkene denne analysen har behov for - et naturfagdidaktisk og et digitalt.

Kapittel 4 dreier seg om metoden. Her gjør jeg rede for valgte kategorier og framgangsmåte for koding, datamodell for resultatene, og hvordan spørringer kan hente ut funn fra registrerte data basert på datamodellen.

Å utforske kombinasjoner av fenomener kan gi et enormt antall potensielle funn. I 5. kapittel om funn prøver jeg å presentere enkelte korrelasjoner som er interessante eksempler på bruk av digitale virkemidler.

I kapittel 6. prøver jeg å drøfte og tolke data grundigere. Funnene drøftes i lys av teorigrunnlaget, og vi ser blant annet på hva som er interessante forskjeller mellom virkemidler som brukes mest på 1. og 7. trinn.

## 3 Teori

Problemstillingen her er tosidig: den dreier seg både om didaktiske formål innen naturfag og om digitale virkemidler. Et rammeverk for analysen må derfor baseres på teori fra begge disse områdene.

Teori om naturfagdidaktikk er godt utviklet, både innenfor de ulike disiplinene i faget og mer overordnet teori som for eksempel Svein Sjøbergs arbeid om naturfaglig dannelse og Erik Knains diskursanalyse av elevenes læremidler (Knain, 2001; Sjøberg, 2011). Basert på litteraturen, definerer jeg et sett med didaktiske mål som jeg kan bruke innholdsanalyse til å klassifisere de ulike oppslagene i et digitalt læreverk etter. Disse målene klassifiseres i to kategorier, naturfagets produkt og prosess.

Digitale virkemidler er et bredere og derfor vagere begrep, og det har vært langt vanskeligere å finne relevant litteratur som beskriver virkemidler på et passende abstraksjonsnivå for dette formålet. For eksempel har det vært gjennomført store studier av hvilke HTML-elementer som brukes mest og hva slags verdier utviklere ofte velger for bestemte attributter (*Web Authoring Statistics | Webmasters | Google Developers*, 2012; Wilson, 2008), men dette er svært tekniske analyser som sier lite om hvordan grensesnittene faktisk fungerer i møte med brukeren. Avhandlinger som Bødkers *Through the interface* (Bødker, 1991) har på den andre siden gode tanker og forslag om brukervedvirkning under utvikling, men svært få konkrete detaljer om hvordan ulike virkemidler egentlig fungerer. Jeg har funnet noen artikler som går mer konkret inn på hvordan digitale læremidler bør legges opp, for eksempel Mayers og Morenos arbeid fra tidlig 2000-tall, men ikke så mange som jeg hadde ønsket og forventet. Det er utviklet flere rammeverk for å evaluere bruk av digitale enheter i undervisning, for eksempel Technology Integration Matrix fra University of South Florida (*Technology Integration Matrix*, u.å.) eller Digital Didactical Design (Jahnke et al., 2017). Disse rammeverkene velger et høyere abstraksjonsnivå for sine analyser, og ingen av dem går helt inn på de enkelte *virkemidlene* digitalt innhold kan ta i bruk. Anna-Lena Kempe et als gjennomgang av “collaborative digital text books” i Sverige kommer noe nærmere, men går ikke særlig inn på hva som plasseres i den teknologiske dimensjonen av digitale læremidler i følge det analytiske rammeverket “information system artifacts” (2019, s. 2921). Deres forskningsspørsmål om den teknologiske dimensjonen handler stort sett om brukervennlighet.



Det finnes mye litteratur om brukervennlighet, og noen begreper herfra ligger nærmere hva jeg ønsker å se på, blant annet Donald Normans klassiker *The design of everyday things* (2013), der han trekker fram William Gibsons begrep *affordans*.

Basert på dette utvalget av litteratur starter jeg med å utforske begrepet *affordans* for å bruke dette til å definere det jeg velger å kalle *didaktiske digitale virkemidler*. Ut i fra en kvalitativ, induktiv metode og observasjoner av hvordan de digitale læremidlene fungerer, definerer jeg så en modell der de underliggende virkemidlene (som for eksempel det at maskin- og programvare tilbyr en musepeker å klikke med) settes inn i en semantisk kontekst basert på litteraturen om brukervennlighet (for eksempel at et klikk kan *velge* noe på skjermen). Disse *generelle semantiske virkemidlene* settes så inn i en didaktisk kontekst (for eksempel at å velge noe på skjermen kan brukes til å *velge mellom svaralternativ*). Denne modellen gir meg et sett *didaktiske digitale virkemidler* som jeg kan registrere bruken av.

Det er viktig at definisjonene på *didaktiske digitale virkemidler* er deskriptive nok til å gi grunnlag for nøyaktig registrering og samtidig åpne nok til at de potensielt kan brukes til mange ulike naturfag-didaktiske formål.

### 3.1 Naturfagdidaktisk teori

Naturfaget er et komplekst fag inndelt i mange disipliner. Kilder til kunnskap om didaktiske utfordringer er både læreplaner, disiplinenes fagstoff og kultur, teori om fagets allmenndannende funksjoner og vitenskapenes egenart. Utfordringene kan stamme fra disiplinenes funksjoner i samfunnet, konkretisert i kompetansemålene Kolstø kaller allmenndannende (Kolstø, 2003). De kan være tverr-disiplinære, for eksempel har både kjemi, astronomi og biologi utfordringer rundt å forklare hvor stort eller lite et fenomen faktisk er (Wieman et al., 2008). Endelig kan de være spesifikke til en bestemt disiplin, slik forståelse for elektrisitet er et læringsmål i fysikk.

Den gjeldende læreplanen prøver å definere kjennetegn på naturfaglig kompetanse som elever forventes å oppnå på ulike trinn. Men et fag defineres også av sett med verdier og normer som ikke nødvendigvis uttrykkes i eksplisitte kompetansemål, noe Knain omtaler som fagets “tause stemme”, og som legger sterke føringer for hva som regnes som “god undervisning” i et fag (Knain, 2000, s. 13). Et digitalt læreverk vil preges av hva som er forfatteres, redaktørers og utvikleres syn på hva som utgjør “god undervisning”. Eksempler på mål som ikke er eksplisitt uttrykt i læreplanens kompetansemål er at elevene skal *oppleve*

*motivasjon* for å gjøre en innsats i faget, at de yngre barna skal ha *lek-pregede* aktiviteter, eller at elevene skal kunne *identifisere seg med* sentrale rollemodeller i faget. De eksplisitte kompetansemålene fra læreplanen refereres i lærerveiledninger, men sjelden de implisitte. Selv om virkemidlene som brukes for å oppnå slike implisitte mål kanskje er de aller viktigste for hvilket preg et læreverk har og hvordan det vil prege undervisningen, er det vanskelig å trekke dem inn i et analytisk rammeverk nettopp fordi de er så underforstått.

Et læreverk skal ikke bare tilby støttestrukturer som kan bidra til elevenes læring, men også støtte opp under lærerens praksis. En av de vesentlige forskjellene mellom lærebok og digital læringsmedium er at det kan gjøre det enklere å samle elevenes oppmerksomhet når en har felles fokus på en stor skjerm ved kateteret enn når alle har hver sin individuelle bok. Derfor er det også svært interessant å se på hvordan grep læremidlene gjør støtter opp under lærerens praksis og muligheter for aktiviteter som samler større gruppers oppmerksomhet.

Det kan variere hvor godt ulike kompetansemål eller støttestrukturer for undervisning passer til implementasjoner i digitale læremidler. For eksempel er naturfag et fag som bør få elevene ut i ekte natur - der de kan møte virkelighetens affordanser med alle sanser. Det er sannsynligvis verken mulig eller ønskelig å prøve å oppnå alle naturfagets mål med digitale affordanser og virkemidler.

Disiplinenes spesifikke kompetansemål kan selvfølgelig brytes ned i et enormt antall mindre læringsmål. Skal elevene “lære om vær” eller “kunne gjenkjenne cumulus-skyer”, “tilegne seg artskunnskap” eller “vite hvilket dyr ekskrementer fra elg kommer fra”? Både av praktiske årsaker og for å gjøre observasjoner mer generaliserbare, vil analysen velge ut et avgrenset antall mer generelle didaktiske mål.

Kompetansene og ferdighetene vi ønsker at elevene skal oppnå, kan deles inn i tre dimensjoner: kunnskap om naturvitenskapens produkter, forståelse for og erfaring med naturvitenskapens prosesser, og sosiale aspekter rundt fagkunnskapens konsekvenser i samfunnet (Sjøberg, 2011, s. 182ff). Læreverkene og kapitlene jeg har sett på, har vist seg å ha svært lite innhold knyttet til Sjøbergs tredje dimensjon. Derfor ser vi på de to første, og jeg vil nå gå gjennom hver av de to hovedkategoriene og definere viktige begreper og underkategorier innen hver av dem.

### 3.1.1 Produkt-dimensjonen

Naturfagets disipliner er som kjent fulle av faglige ord som skiller seg fra hverdagspråket, og det gjør begrepsutvikling til en svært sentral del av opplæring i naturfag (Mork & Erlie, 2017, s. 26ff; Sjøberg, 2011, s. 331ff). Faget skal hjelpe elevene å lære og bruke faglige ord og begreper, og utforske at faglig bruk kan være annerledes enn hverdagsbruk. Dette blir enda viktigere når vi etterhvert har gått bort fra en Piaget-basert modell der logikk er en generell ferdighet som kan øves i et fag og overføres til andre, og utviklet en forståelse av at tanker og ferdigheter er avhengig av kontekst og innhold (Sjøberg, 2011, s. 399). Elevene kan ut ifra denne modellen vanskelig sies å tenke naturfaglig uten å ha lært et naturvitenskapelig vokabular!

Bromodellen er en mye brukt tilnærming til å lære fagspråk (Thise & Vilien, 2021, s. 18ff). Den deler prosessen med å lære fagspråk inn i fire faser: aktivere hverdagspråk, introdusere fagspråk, jobbe med fagspråk sammen med elevene og endelig oppnå at eleven selvstendig produserer tekster med fagspråk. Mest tid skal en bruke på fasen “jobbe med fagspråk sammen med elevene”.

Mye fagdidaktikk samstemmer med bromodellen i at elevens eksisterende kunnskaper og forståelse er en viktig faktor for læring (Sjøberg, 2011, s. 348). Piagets teori om skjemaer og adaptasjon, som ser læring “as a process of search for coherence” (Smith, 2016, s. 322), er et eksempel på hvor fundamentalt viktig det er å få innsikt i elevenes eksisterende oppfatninger. Læring vil ofte være knyttet til å bruke faglige begreper i stedet for mindre presise “hverdagsord” (Knain & Kolstø, 2011a, s. 215f; Mork & Erlie, 2017, s. 27ff) - noe som krever innsikt i hvilke “hverdagsord” elevene kjenner. “Førforståelse” eller forkunnskaper vil også ofte inkludere misoppfatninger som undervisningen må prøve å “avlære” (Sjøberg, 2011, s. 327; Staberg et al., 2020, Kapittel 4). Det er altså fundamentalt viktig for læreren å kartlegge elevenes eksisterende forståelse for å arbeide med begrepsutvikling. Å involvere elevene selv i en slik kartlegging kan være et viktig grunnlag for utviklingen av deres metakognisjon og ferdigheter innen egenvurdering (Kolstø et al., 2011, s. 129).

Forskning tyder imidlertid på at ikke bare det vi tenker på som typiske “naturfagord” utgjør barrierer for forståelse, men også vanligere ord som *kompleks* og *relevant* - og ord som brukes på en mer spesifikk måte eller oftere enn i hverdagslig språk utgjør faktisk en større del av fagtekster enn “rene naturfagord” (Mork & Erlie, 2017, s. 29f).

Skriving er en viktig uttrykksform for å øve på å *bruke* begreper, og Mork og Erlien definerer fire sentrale aspekter ved skrijving i naturfag: formål / mottaker, tenkeskriving / presentasjonsskriving, undervisvurdering og skriverammer (Mork & Erlien, 2017, Kapittel 3). Vekten på undervisvurdering samsvarer med bromodellens vekt på fasen der en jobber med fagspråk sammen med elevene.

Når elevene jobber med vitenskapens produkter, for eksempel i form av prosesser og lover, blir det viktig å kunne øve inn og presentere kunnskap. Elevene skal øve på å presentere relevante fakta om vitenskapelige fenomener, både skriftlig og muntlig, og slik bruke de vitenskapelige begrepene de skal kjenne. Dette kan skje enten fra arbeidsminnet under/etter gjennomgang av informasjon om temaet, eller i form av mer bearbejdede elevprodukter. I læreplanen finner vi det siste målet bl.a. i formuleringer som “presentere funnene sine” allerede etter 2. trinn (Utdanningsdirektoratet, 2020). Oppgaver knyttet til dette representerer det siste stadiet i bromodellen. For effektiv innøving av begreper kan en elev for eksempel studere samme faglige innhold på nytt med visse og etter hvert økende mellomrom - såkalt “spaced repetition” (Kang, 2016; Schimanke et al., 2014).

Dersom fakta skal presenteres skriftlig, kan skillet mellom “øving” og “elevprodukt” tenkes å tilsvare det Hoel kaller *tenkeskriving* og *presentasjonsskriving* (2008, s. 39f). Elevtekster kan også deles inn i kategoriene *kunnskapslagrende* og *erfaringsbaserte* (Lykknes & Torvatn, 2011, s. 164).

Skriftlige svar avgis også i en kommunikativ kontekst, og det er interessant om læreverkene legger til rette for tilbakemeldinger og revisjon - alle steg i det Jon Smidt kaller skriveprosesser (2011, s. 23). Bestemte typer skriveprosesser kan bidra til mottakerbevissthet (Mork & Erlien, 2017, s. 94). Det er derfor interessant å se nærmere på hvilke virkemidler som brukes til å la eleven gjengi fakta for å øve på dem, versus gjengi fakta for å presentere dem som et “produkt” lagd av eleven. Dette er også spesielt interessant med tanke på at elevene i naturfag forventes å skrive innhold i bestemte sjangere. Sjangerkunnskap undervises ikke alltid eksplisitt (Arnesen, 2011, s. 223), og læremidlene kan kanskje hjelpe til med å tydeliggjøre sjangerkrav ved å presentere gode tekstlige forbilder (Lykknes & Torvatn, 2011, s. 179).

Oppgaver knyttet til å gjengi fagstoff eller presentere funn kan selvfølgelig plasseres i prosess-dimensjonen. Det å presentere fagstoff for andre er en naturlig del av vitenskapelig praksis. Jeg har imidlertid observert at læreverkene her i liten grad drar paralleller til forskeres prosesser og praksiser - for eksempel diskuteres det ikke hvordan forskere kan

presentere arbeidet sitt gjennom artikler eller på konferanser. Derfor klassifiserer jeg de fleste slike oppgaver som innhold som dreier seg om vitenskapens produkter og begreper - innholdet elevene faktisk skal bli kjent med og presentere. Dette er også i tråd med Sjøbergs vektlegging av at didaktiske grep skal begrunnes pedagogisk, ikke ta utgangspunkt i at faget skal speile hva forskere gjør (Sjøberg, 2011, s. 399).

I tillegg til fagord er forståelse for prosesser et viktig resultat av forskning og vitenskap. Elevene skal lære om årsak-konsekvens-sammenhenger og hvilken rekkefølge trinn i en prosess skjer i - enten det er snakk om for eksempel fysiske, kjemiske, geologiske eller biologiske prosesser. Mork og Erlien regner “prosessord” (for eksempel *smelting* eller *fusjon*) som en egen kategori i det naturfaglige vokabularet (2017, s. 27). Fagtekster som bruker slike prosessord vil vanligvis være eksempler på innhold som dreier seg om forståelse for prosesser. Forståelsen er ofte knyttet til begreper satt sammen til teorier og lover (Sjøberg, 2011, s. 71f).

Den forståelsen som vitenskapen har produsert er ofte fanget inn i modeller. Slike utgjør en sentral del av både vitenskap og undervisning. Modeller er gjengivelser av virkeligheten som egner seg til å forstå eller forklare egenskaper ved den (Pajchel et al., 2019), typisk gjennom å forenkle en representasjon av et spesifikt avgrenset fenomen (Gilbert & Boulter, 2012, s. 11). For eksempel kan skalamodeller prøve å forklare hvor små og store ting er - fra virus og atomer til solsystemer. Teori om modeller skiller mellom ulike typer, bl.a. mentale modeller, uttrykte modeller og undervisningsmodeller (Gilbert & Boulter, 2012, s. 12). De klassifiserer også modeller etter representasjonsform(er): konkrete, språklige, matematiske, visuelle og modeller som uttrykkes gjennom gester. Språklige, matematiske og visuelle kan med et samlebegrep kalles symbolske (Gilbert & Boulter, 2012, s. 13).

Å kategorisere og systematisere er en sentral del av mange disipliner - fra kjemiens periodiske system til biologiens artskunnskap og taksonomier - de siste tilsynelatende strukturert, men egentlig stadig under revisjon og utvikling (Willassen, 2020). Systematikk er derfor et aspekt av naturfagets produkt-dimensjon, og elevene skal lære om kriterier og kategorier som er *nyttige* i naturvitenskapelige sammenhenger (Sjøberg, 2011, s. 399).

### 3.1.2 Prosess-dimensjonen

Å undre, observere og resonnerer er tre verb som beskriver noe allment som alle mennesker gjør. I naturfag er det ifølge Svein Sjøberg et mål å hjelpe elevene til å observere på

naturvitenskapelige måter, og bruke naturfaglig språk i resonnement (Sjøberg, 2011, s. 399). Observasjon er et grunnleggende trekk ved naturfaglig praksis, men som Sjøberg peker på er det også sant om mange andre fag - for eksempel vil både kunstnere og forfattere være avhengige av sine observasjonsevner. Eberbach og Crowley definerer observasjon i naturfag som det å *aktivt* knytte sanseinntrykk til abstrakte, teoretiske begreper som er nyttige i en naturvitenskapelig sammenheng (Eberbach & Crowley, 2009, s. 43). De utdyper hvordan eksperter eksisterende kunnskap og erfaring former hva de legger merke til mens de observerer, og hjelper dem å lage hypoteser om for eksempel kausalitet eller taksonomisk klassifisering. Barn starter med mer deskriptive hverdags-observasjoner og knytter i mindre grad fenomener til en større helhet. Det er viktig å være klar over at observasjon er en kompleks aktivitet og at elever må få veiledning og støttestrukturer for å mestre overgangen fra hverdagslig observasjon til faglig fundert observasjon (Eberbach & Crowley, 2009, s. 46f).

De tre begrepene undre, observere og resonnere kan knyttes til Eberbach og Crowleys tre stadier: et hverdagslig stadium der observasjoner er tilfeldige og usystematiske men kan vekke vage forventninger og undring. Et mellom-stadium der observasjonene knyttes tydeligere til nyttige kategorier og eleven ser en sammenheng mellom observasjoner og kategorier, og til sist et avansert stadium der observasjoner systematiseres og kan brukes til å resonnere omkring kategorier og hierarkiske taksonomier i følge relevante kjennetegn (Eberbach & Crowley, 2009, s. 55f).

Både for å forstå naturvitenskapelige praksiser og naturvitenskapens funksjon i samfunnet, er det viktig å ikke se diskusjon i et konflikt-perspektiv, men forstå at det er en normal og viktig del av faglige prosesser for å utvikle kunnskap (Knain, 2001, s. 322f). Ja, et “diskusjonsfellesskap” regnes som “et av de klareste kjennetegnene for vitenskapelig virksomhet” (Sjøberg, 2011, s. 249).

Skolen har, i likhet med vitenskapen, både tradisjoner og normer for diskusjon som virkemiddel. Samtaler i par, grupper eller plenum er et grunnleggende didaktisk verktøy i alle fag, og læremidler kan i større eller mindre grad tilrettelegge for dette. Det er utført en del forskning om hvordan en gjennomfører produktive klasseroms-samtaler og hvilke talehandlinger og formater som fungerer godt (Chapin et al., 2009, s. 11ff; Wæge, 2015). Fernández et al skriver om kategorisering av elevers samtaler som kumulativ, diskuterende eller utforskende (2015). Et annet interessant spørsmål er hvor mye trening elevene får i

samtaler og diskusjoner. Ifølge Sylvi Penne og Frøydis Hertzberg brukes helklassesamtaler relativt sjelden i skolen (2015, s. 23). Innhold som tilrettelegger for samtaler og diskusjoner i klasserommet, *kan* brukes til å gjøre elevene kjent med at fagfellediskusjon er en del av vitenskapelige prosesser. Jeg vil imidlertid bare kategorisere innhold under prosess-dimensjonen dersom denne sammenhengen gjøres eksplisitt.

En annen av vitenskapens sentrale normer er at vitenskap er tentativ og kan endre seg når det dukker opp en enda bedre forklaring eller bedre modeller (Kolstø, 2003, s. 63ff). Kolstø understreker at elevene skal erfare at empiri og erfaring må tolkes og brukes som evidens for teori og hypotese. Det kan jo blant annet skje gjennom at de øver på å lage og teste hypoteser. Hypotesedannelse og -testing er arbeidsformer som kan bidra til forståelse for tentativitet og evidens, og vitenskapens hypotetisk-deduktive metode, selv om arbeidsformen skal velges ut i fra pedagogiske begrunnelser og læreren i følge Sjøberg kanskje ikke bør gå for langt i å påstå at elevene arbeider “som forskere” (2011, s. 223).

Som tidligere nevnt er modeller en viktig del av vitenskapelig praksis og formidling. Undersøkelser tyder på at elever har et naivt syn på modellers natur (Grosslight et al., 1991, s. 800). Det er viktig at elever diskuterer metaperspektiver og lærer å vurdere hvilket formål og svakheter en modell har (Pajchel et al., 2019, s. 143), noe det å lage egne modeller kan bidra til. Gilbert & Boulters presiserer at modellers formål er å *utvikle*, ikke bare uttrykke forståelse (2012, s. 11), og Grosslights meta-perspektiver understreker at modellers natur og formål skal kunne diskuteres.

Naturfag skal også være et praktisk fag, og det har lang tradisjon for å la elevene gjennomføre forsøk - både “kokebokforsøk” der læremiddelet gir steg-for-steg instruksjoner (Hannisdal & Ringnes, 2021, s. 42) og utforskende forsøk der eleven står friere til å definere problemstillinger og velge metoder. Eksperimenter og forsøk er kanskje det mest typiske trekket som skiller naturfag fra andre fag (Sjøberg, 2011, s. 402). Ifølge Knain og Kolstø kjennetegnes utforskende praksis av at en tar utgangspunkt i undring og spørsmål, at elevene samler inn data for å utvikle og velge mellom svar, og at elevene formulerer egne resultater (2011a, s. 17ff).

Innhold som formidler vitenskapelig forståelse kan av og til forsøke å kopiere vitenskapelige prosesser som pedagogisk *metode*, og Sjøberg minner oss om å skille mellom ulike forsøk på å kopiere vitenskapelige prosesser som pedagogisk metode og det å formidle vitenskapens resultater (2011, s. 397). Jeg tolker hans skille som en påminnelse om å ikke ta det for gitt at

elever forstår utforskende vitenskapelige praksiser fordi vi har gitt dem som oppgave å gjennomføre utforskende forsøk.

Det er ofte under-kommunisert i skolen hvor mye sosiale prosesser som fagfellevurdering betyr i vitenskapelig arbeid. Til gjengjeld har skolen egne prosesser rundt vurdering, og dette er et viktig didaktisk begrep. Vurdering i skolen har hovedsakelig to formål: formativ vurdering underveis bidrar til at både elev og lærer kan forbedre læringsarbeidet, og summativ vurdering av sluttresultatet skal gi en konklusjon om i hvor stor grad eleven oppfyller målene som er satt for læringsprosessen (Slemmen, 2011, s. 61). Det er forankret i forskning at elever som observerer og vurderer egne læringsprosesser, lærer bedre (Kolstø et al., 2011, s. 192). Det er derfor et mål å bidra til at elever reflekterer over egen innsats. Dette blir da en formativ vurdering underveis. Slemmen presenterer ti prinsipper for formativ vurdering, bl.a. å gi konstruktive tilbakemeldinger, bruke tydelige mål og gi elevene mulighet til å ta eierskap til egen læring (Slemmen, 2011, Kapittel 8, 11, 12).

## 3.2 Digitale mediers affordanser

### 3.2.1 Affordansbegrepet - bakgrunn og definisjoner

Litteratur om nettsider bruker ofte begrepet affordans (*affordance*). I 1979 introduserte psykologene James J. Gibson og Susan Linn Sage<sup>1</sup> dette begrepet i boka “The ecological approach to visual perception”. Ordet skildrer en tosidig relasjon mellom en organisme og dens miljø. Miljøet påvirker organismen - og organismen gjennom sine egenskaper lar seg påvirke av eller nyttiggjør seg miljøet (Gibson, 2014, s. 4). Med Gibsons ord er en affordans “equally a fact of environment and a fact of behaviour” (Gibson, 2014, s. 121). Ifølge Gibson kan hendelser ha affordanser (2014, s. 94), og det kan også andre organismer eller oppførsler ha (2014, s. 127). Det er verdt å merke seg at en affordans er noe som også kan påvirke en organisme negativt - for eksempel er en affordans ved ild at vi kan brenne og skade oss, og en affordans ved en bratt knaus at vi kan falle (2014, s. 33).

Affordans-begrepet har hatt stort gjennomslag og blitt brukt på en rekke felt, ifølge William M. Maces forord til 2014-utgaven av *An ecological approach to visual perception*. (2014, s.

---

<sup>1</sup> Susan Linn Sage var professor i psykologi, James Gibsons ektefelle, og krediteres i forordet for å ha bidratt med “hardt arbeid” i prosessen med boka.



xxvi) - inkludert psykologi, media- og litteraturvitenskap, informasjonsteknologi og sosialesemiotikk.

Gibson er spesielt opptatt av hvordan vi oppfatter (*perceive*) affordanser i våre omgivelser. Allerede i Gibsons definisjoner er det et interessant paradoks: kan “affordanser” i miljøet diskuteres uavhengig av en organisme? På den ene siden sier han at affordansene er egenskaper ved vår erfaring (2014, s. 129), men erfaring er noe en organisme får ved å samhandle med *eksisterende* egenskaper ved miljøet som organismen kan lære seg å bruke (s. 134). Han sier at vi også kan sosialiseres inn i å oppfatte verdien en egenskap ved miljøet har for andre personer eller organismer (s. 133) og definerer en økologisk nisje som et sett av affordanser (s. 120). Dette tyder på at Gibson også kan bruke affordans-begrepet om egenskaper ved miljøet som ligger “latent” inntil organismen med kvalitetene som gjør at den kan realisere affordansen dukker opp. Andre teoretikere som har bygd på Gibsons fundament har prøvd å klargjøre begrepsbruken ved å dele fenomener inn i “intended, perceived and achieved affordances” - der de oppnådde eller realiserte affordansene *ikke* nødvendigvis samsvarer med de intenderte (Heeter, 2000, s. 10). Webb oppsummerer sin oppfatning av begrepet som “the *potential for interaction* between organisms and their environment” (M. E. Webb, 2005, s. 707) (min uth.). Også andre forskere kan bruke ordet om egenskaper ved gjenstander og ikke erfaring, som når Webb og Cox understreker at lærere må være oppmerksomme på *affordansers brukervennlighet* for bestemte elever (2004, s. 274).

Mens Gibson var opptatt av hvordan dyr (inkludert mennesket) oppfatter og tolker affordanser i sine naturgitte omgivelser, er teoretikere som Donald Norman mer opptatt av hvordan *design* av gjenstander kan bidra til forståelse for bruksområder og muligheter. Å utvikle preskriptive teorier og råd om hvordan funksjonalitet og affordanser skal tydeliggjøres i design, forutsetter at menneskers oppfattelsesevner regnes som noenlunde forutsigbare og vel forstått. Normans bruk av begrepet “affordans” fokuserer dermed mer på gjenstand og design enn på erfaring og forståelse, med definisjonen “the perceived and actual properties of the thing, primarily those fundamental properties that determine just how the thing could possibly be used” (Norman, 2013, s. 9). Økt fokus på brukervennlighet, spesielt innenfor informasjonsteknologi, har gitt Normans definisjon stort gjennomslag. For eksempel definerer brukervennlighetsforskerne Jacob Nielsen og Raluca Budiu affordanse som “we basically mean that users can see what they can do” (Nielsen & Budiu, 2012, s. 14) og viser til Norman for videre diskusjon av begrepet. Denne vinklingen av begrepet blir også tydelig

når norsk litteratur om brukervennlighet prøver å oversette affordans som “tilbydelse” (Sandnes, 2022, s. 51). Da diskuteres egenskaper en gjenstand *tilbyr* brukeren.

Selv om bruken av ordet affordans vris mot å beskrive gjenstander og egenskaper, er forskere på felt som brukervennlighet og tilgjengelighet selvfølgelig opptatt av hvordan og hvorvidt mennesker oppfatter egenskapene ved en gjenstand. Det er utviklet omfattende metodikk for brukervennlighetstesting (Nielsen & Budiu, 2012, s. 3) og standarder som gir retningslinjer for å ivareta grupper med spesielle behov (Zeldman, 2003, s. 295ff). Alle slike retningslinjer bygger nødvendigvis på en oppfatning om at menneskers persepsjon er forutsigbar og hovedsakelig påvirkes av kjente tilstander som for eksempel fargeblindhet. I Norge er tilgjengelige tjenester et lovkrav (Likestillings- og diskrimineringsloven – ldl, 2018, par. 17), noe som også forutsetter at vi vet hvordan vi kan tilrettelegge for variasjonen i menneskers persepsjonsevner. Når begrepet affordans brukes i brukervennlighets- og tilgjengelighets-sammenheng beskriver det gjenstander eller designeres valg mer enn våre erfaringer og muligheter, og denne bruken er altså ikke helt i tråd med Gibsons originale definisjon.

### 3.2.2 Modale og mediale affordanser

Sosialsemiotikk og medievitenskap har også adoptert begrepet affordans, og bruker det til å utforske hvilke “materielle og sosiale muligheter og begrensninger” (Kress, 2010, s. 185, min overs.) som ligger i en teknologi og et medium. Mediet er den fysiske eller tekniske formen kommunikasjon blir representert i, for eksempel aviser eller nettsider. Et medium kan romme ulike modaliteter, for eksempel bilde og tekst. Både medium og modalitet bidrar med sine affordanser. Digitale medier kjennetegnes ved at de potensielt bruker enda flere modaliteter enn analoge - der bøker bruker for eksempel tekst, bilder og grafer kan digitale medier supplere med for eksempel lyd, animasjoner og video. Teori om modal affordans (Gee, 2008, s. 25; Kress, 2010, s. 92) prøver å skildre forskjellen mellom kommunikasjon gjennom modaliteter som for eksempel bilde og tekst. I denne oppgava definerer jeg mediale affordanser som det som er implementert i maskinvare (selv om skillet kan være uklart ettersom funksjonalitet ofte må støttes både i maskin- og programvare). Fra denne teorien henter jeg også begrepet *semiotiske ressurser*, et samlebegrep for alt mennesker kan bruke for å skape og kommunisere mening (Kress, 2010, s. 6ff).

### 3.2.3 Interaktivitet

Gibson plasserer bilder, skjermer og liknende *representasjoner* av virkeligheten i en kategori han kaller *displays* når han diskuterer hvordan bilder skapes, brukes og oppfattes (2014, s. 37, 255f). I utgangspunktet faller skjerm-baserte medier i denne kategorien. Grafiske representasjoner formidler noe av informasjonen om det som framstilles, men ifølge Gibson uten den økologiske validiteten (s. 256) som tilfredsstiller vår automatiske realitets-testing (s. 250). Med det mener han at våre hjerner automatisk skiller mellom representasjoner og virkelighet, og at det representasjonene formidler oppfattes som virtuelle objekter (s. 270).

Det store spranget fra teknologien som var allment tilgjengelig i 1979 til i dag, er naturligvis interaktivitet - at vi i våre dager samhandler med, produserer og deler virtuelle objekter ved hjelp av programvare. Det er en måte å skape mening på som blir muliggjort gjennom nye former for semiotiske ressurser.

Datamaskinens affordanser realiseres i grensesnittet mellom mennesket, maskinvaren og programvaren. For eksempel er en berøringssensitiv skjerm en del av maskinvaren på mange enheter - men den virker bare dersom programvaren er tilrettelagt for å oppfatte og håndtere berøringshendelser. Når maskin- og programvare er på plass, kan den latente affordansen "virtuelle objekter kan aktiveres ved berøring" endelig realiseres i møtet med en bruker som har tilstrekkelig finmotorisk kontroll og erfaring med at enkelte skjermer vil respondere på berøring.

Programvarens grensesnitt bygger på eksisterende semiotiske ressurser, for eksempel betydningen av ulike farger, at små bilder kan representere ulike handlinger, og våre forventninger omkring plassering i rom eller kronologisk progresjon. Men programvare er i seg selv semiotiske ressurser som kan tilrettelegge for å skape mening. Mulighetene som ligger i å samhandle med datamaskinene kan beskrives som at programvaren tilbyr meningsskapende affordanser (Kvåle, 2015, s. 153). Heeter sier tilsvarende at maskin- og programvare presenterer latente eller intenderte mediale affordanser. Disse kan defineres som muligheter for handling som ligger innebygd i et gitt medium (Heeter, 2000, s. 10).

Samhandling og kommunikasjon gjennom digitale enheter realiseres derfor gjennom grensesnitt som selv er fulle av representasjoner av mening om må kommunisere med sine brukere. Et godt grensesnitt kan fungere som en *transparent* visualisering av mening (Fujihata, 2001) der vi kan konsentrere oss om formålene og oppgavene vi jobber mot. Da opplever vi som brukere av digitale verktøy at samspillet mellom oss og maskinene fungerer

godt, og at vi kan forutsi utfallene av valg vi gjør i grensesnittet. Bruken av digitale verktøy kan da analyseres ut i fra en dialogmodell, der maskin- og programvare samspiller med menneskets fysiske ferdigheter og erfaring for å oppnå mål enten innenfor eller utenfor det virtuelle miljøet (Bødker, 1991, s. 111f), men vi kan også velge mer kritiske perspektiver på hvordan rammene for meningsskapning i digitale medier er styrt av eller “innbakt i teknologi” (Tønnesen, 2015, s. 32).

Fujihatas, Bødkers og Tønnesens tanker om interaksjon mellom menneske og digitale verktøy har en ting til felles: de legger til grunn at brukere vet hvilke mål de vil oppnå. Ut i fra dette vurderer de i hvilken grad digitale verktøy hjelper, styrer eller hindrer brukeren i å oppnå sine mål. At et slikt utgangspunkt ikke nødvendigvis fungerer for programvare med didaktisk formål, kommer vi tilbake til. Her skal vi ta med oss inn i analysen at summen av latente affordanser i maskin- og programvare vil styre hvilken pedagogikk som *kan* utformes med datamaskiner som verktøy.

Når temaet er utvikling av programvare, kan ordet affordans fungere på to ulike nivåer: de mediale affordansene i maskinvaren tilbyr *utviklere* muligheter til å støtte diverse modaliteter for informasjon og interaktivitet. Utviklerens produkt - programvaren som en bruker skal forholde seg til - baserer sine virkemidler på de mediale affordansene og *implementerer* de modale. I denne oppgava defineres *digitale virkemidler* som *intenderte modale affordanser* som er ment å tilby en bruker av et digitalt produkt ulike måter å oppfatte informasjon og interagere på. Virkemidler lager til sammen et *grensesnitt*, som er et ord for å beskrive helheten - summen av de ulike virkemidlene i et skjermbilde eller en nettside. Grensesnitt vil ofte være basert på konvensjoner som gjør dem gjenkjennbare innenfor hvert læreverk eller sjangeren digitale læreverk sett under ett. Vi kan derfor også snakke om bestemte *typer* grensesnitt i læreverket. Eksempler på slike typer kan være grensesnittene som i denne oppgava kalles *skriveramme* eller *innholdsverksted*. Det betyr at disse sidene gjenbraker konvensjoner dette læreverket har definert og som elever og lærere som kjenner læreverket er vant til.

### 3.3 Tidligere forskning på digitale læremidler

Det har selvfølgelig vært forsket mye på persepsjon og læring etter at Gibson skapte begrepet affordans i 1979. Selv om begrepet hans er mye brukt, har Gibsons øvrige teori om “økologisk persepsjon” møtt kritikk, blant annet fordi han konsekvent unngår å bruke

begrepet læring (Oliver, 2005, s. 404). Andre forskere har sett nærmere på hvordan elever lærer gjennom multimodale læremidler og affordanser, blant annet Richard E. Mayer og Roxana Moreno. Deres kontrollerte undersøkelser undersøker komplekse problemstillinger som “under hvilke omstendigheter lærer elevene av...?”, og de har utviklet en kognitiv teori for multimedial læring (Mayer & Moreno, 2002). Ifølge Mayers og Morenos kognitive teori (2002), bør design av læremidler følge følgende prinsipper:

- Multimedia-prinsippet: en lærer mer av både visualisering og fortelling enn bare visualisering
- Prinsippet om sammenheng i rom: relaterte elementer bør plasseres nær hverandre, og nær tekstlige beskrivelser
- Prinsippet om sammenheng i tid: forklaring bør komme (omtrent) samtidig som visualisering, ikke lenge før eller etter
- Prinsippet om å unngå overflødig informasjon: det bør være sammenheng i alt som presenteres - lydeffekter, bakgrunnsstøy osv. bør unngås
- Modalitetsprinsippet: når informasjon gis med forskjellige modaliteter bør det være en modalitet som oppfattes visuelt og en som oppfattes auditivt. Når både visualisering og tekst er på skjerm må begge deler tolkes via synet og den delen av vårt kognitive apparat som tolker synsinntrykk. De formulerer samme innsikt på en litt annen måte i redundansprinsippet, som sier at visualisering på skjerm og opplest narrativ gir bedre læring enn visualisering og tekst på skjerm og opplest narrativ. Å prøve å forholde seg til tre ulike modaliteter der to av dem er visuelle er mer kognitivt krevende enn to, noe som fører til at mindre kognitiv kapasitet brukes på å faktisk oppfatte innholdet.
- Personaliseringsprinsippet: læremiddelet bør henvende seg til eleven i et språk som er mer konverserende enn formelt

Renata Kuba et al har skrevet om hvordan prinsipper for multimedial læring kan brukes til å utvikle instruksjonsvideoer for pedagogiske spill (Kuba et al., 2021). De tar utgangspunkt i Mayer og Morenos prinsipper og legger til to ekstra punkt:

- Signaliseringsprinsippet: eleven lærer bedre når viktig informasjon framheves

- Prinsipp om stemmebruk: opplest tekst bør leses av en vennlig menneskestemme og ikke være robot-aktig

Kuba et al understreker også hvor viktig det er å legge til rette for repetisjon. Ett av deres funn er at når det er mulig å se videoer eller deler av videoer flere ganger, opplever elevene større motivasjon til å sette seg inn i emnet. Det finnes spesifikke algoritmer for å repetere fagstoff med intervaller som optimaliserer læring, såkalte *spaced repetition algorithms* (Kang, 2016; Schimanke et al., 2014). Slike algoritmer går ut på å observere hvor raskt en person svarer på faktaspørsmål, og i hvor stor grad svaret er korrekt, og så repetere kjent stoff med progressivt lengre intervaller og mindre kjent stoff med kortere.

Under utviklingen av dataspill legges det også ned mye arbeid for å finne ut hvordan spilleren kan lære å spille spillet. James Paul Gee skriver om store dataspills avanserte bruk av pedagogiske grep for å hjelpe nye spillere i gang (Gee, 2008). Her er også repetisjon og det å avansere fra enklere til vanskeligere nivåer viktige prinsipper.

### 3.4 Noen kjennetegn ved pedagogiske digitale læremidler

All programvare legger ifølge Kvåle “kritisk viktige føringer” (2015, s. 153) for multimodale tekster - også tekster retta mot undervisning. Pedagogisk programvare legger altså rammer for læringsopplevelser og erfaringer. Men programvare som legger rammer for mulige læringsopplevelser kan for eksempel tilrettelegge for hva som skal gjøres i plenum og hva som skal gjøres individuelt. Slike rammer tar ikke nødvendigvis hensyn til f.eks. læreres metodefrihet, og kan medføre en ensretting av didaktiske virkemidler som til dels kan løfte design av undervisningsopplegg ut av lærerens hender i en form for ensretting som minner om det Kress kaller globalisering (Kress, 2010, s. 5).

Pedagogisk programvare må forholde seg til svært differensierte brukergrupper: hovedsakelig lærere og elever, men også for eksempel foreldre, skoleledere og byråkrater kan på ulike måter forvente at programvaren tilrettelegger for deres behov. Når affordansene realiseres i møtet mellom brukers erfaring, brukers forventninger og programvarens grensesnitt er det en stor utfordring å designe for brukergrupper med så ulike erfaringer og mål.

Enda det er ulike potensielle målgrupper, er det rimelig å forvente at grensesnittet skal legge mest vekt på et samspill mellom lærere, elever og det faglige innholdet. Men elever som brukergruppe er i utgangspunktet svært mangfoldig, og en kan ikke engang forutsette at de

vet hvilke mål de prøver å oppnå med å bruke grensesnittet. Målet om *transparens* der grensesnittet ikke kommer i veien for måloppnåelse blir enda vanskeligere å oppnå når en bruker ikke vet hvilke mål hen jobber mot. Vanlige strategier for grensesnitt-design bygger på en dialogmodell der brukeren har klart definerte mål og grensesnittet skal oppfylle brukerens forventninger slik at målene kan nåes med minst mulig friksjon (Bødker, 1991, s. 119ff). Programvare for brukere som ikke vet hvilke mål de prøver å nå, kan vanskelig utvikles etter slike prinsipper.

Et spesielt kjennetegn ved digitalt pedagogisk innhold, er at det ofte følger med dokumentasjon i form av lærerveiledninger. Slike beskriver de pedagogiske målene, gir råd om hvordan læremidlene brukes, og beskriver de lærer-rettete delene av grensesnittene. Veiledningene er ofte tilpasset papirversjonen av læreverket, men noen dekker også digitale aspekter.

## 4 Metode

### 4.1 Valg av metode

Jeg har gjennomført en kvalitativ analyse av digitale læremidler i naturfag. Analysen er basert på metoden innholdsanalyse. Dette er en metode som gjør det mulig å kvantifisere og oppsummere bestemte egenskaper ved et budskap eller et medium (Neuendorf, 2002, s. 10). Det skjer gjennom en prosess der en velger ut bestemte aspekter eller *variabler* som kan dreie seg om enten form eller innhold (2002, s. 24). Prosessen med å velge ut variabler preges ofte av en blanding av induksjon og deduksjon (s. 12), og det kan være spesielt interessant å velge ut medium-spesifikke aspekter (s. 104).

Når variablene er valgt ut, utgjør de en *kodebok* som hjelper *kodere* å klassifisere materialet. Klassifiseringen krever at materialet først deles opp i passende *enheter*, og bygger opp kvantitative data som gjør det mulig å identifisere for eksempel antall analyserte enheter som har blitt klassifisert under hver enkelt variabel - eller kombinasjoner av disse.

I min analyse vil virkemidler kartlegges gjennom variabler som dreier seg om form, og didaktiske mål gjennom variabler som dreier seg om innhold.

For å velge variabler som handler om form, gir min bakgrunn i programmering meg et deduktivt utgangspunkt. Jeg kjenner allerede mange av de grunnleggende virkemidlene en som programmerer nettsider kan velge å ta i bruk. I oversikten over digitale affordanser og virkemidler ([Figure 1](#)) er derfor de to nederste nivåene, de mediale og generelle, dedusert fra min egen erfaring. Nivået over er hovedsakelig induktivt, basert på observasjon av hva de digitale læremidlene bruker, skjønt det også er mulig å dedusere seg fram til virkemidler som ikke er i bruk, men som kan realiseres basert på funksjonalitet i lagene under.

For variablene som dreier seg om innhold har jeg valgt å ikke starte med en “smal” liste over kompetansemål jeg forventer egner seg for digitalt støttet undervisning. Mitt utgangspunkt er tvert imot en bred liste over elevens (og implisitt lærerens) mål - både fra læreplan og didaktisk litteratur - slik at jeg kan la datamaterialet avdekke hvilke mål fagfolkene bak læremidlene har vurdert som egnet for hvilke digitale affordanser. Gjennom induksjon og observasjon av hvilke mål som nevnes i innholdet, har jeg så kommet fram til noen utvalgte mål å kartlegge. Dette har vært en prosess med flere faser, der mange mål ble lagt bort



underveis. Noen mål er det registrert data for, men de ble lukt ut før analysen på grunn av få observasjoner, eller fordi målene overlappet andre mål i for stor grad, slik at funnene allerede ble drøftet i en annen kontekst.

Den analytiske enheten er en “side” i de digitale læreverkene. Hver side kan kodes med at den prøver å oppnå ett eller flere mål, og bruker ett eller flere digitale virkemidler.

Innholdsanalysens endelige mål er å knytte sammen ulike variabler (s. 107) for å utforske hvordan virkemidlene faktisk brukes til å møte elevers og læreres behov i deres veier mot læringsmålene i naturfag. Kodeboka med innholds- og form-relaterte variabler, med tilhørende begrunnelser for og nærmere definisjoner av hvilke virkemidler og kompetansemål jeg har valgt ut, blir mitt analytiske rammeverk. Ut ifra systematisk observasjon og innsamlede data vil jeg så prøve å oppdage mønstre og se om jeg kan si noe generelt om hvilke virkemidler som brukes, hvilke læringsmål de støtter - og muligens hvilke virkemidler eller læringsmål som ikke er implementert.

Min kodebok - i form av settene med variabler og mulige verdier - er lagt inn i en *datamodell*<sup>2</sup> i et system for å strukturere innhold, verktøyet *Sanity (The Composable Content Cloud - Sanity.Io, u.å.)*. Dette verktøyet setter opp et grafisk brukergrensesnitt for en datamodell, slik at en fortløpende, under analyse av datamaterialet, kan legge inn informasjon på en brukervennlig måte. Samtidig støtter Sanity både et API der informasjon kan legges inn og endres programmatisk, og et språk for å kjøre *spørringer* mot innholdet og hente data ut igjen. Spørringene kan avdekke korrelasjoner mellom variabler. Sanity studio brukes til å registrere data, og gjennom APIet har jeg kjørt spørringer og hentet data ut igjen.

## 4.2 Utvalgte læreverker og årstrinn

Aschehoug, Cappelen Damm og Gyldendal er de tre største forlagene på det norske lærebokmarkedet. Jeg regner med at alle tre satser sterkt på digital utvikling, og at det kan være interessant å undersøke hva slags valg de har tatt for sine digitale produkter så langt.

Læreverkene jeg har sett på er *Aunivers* med naturfagverket *Solaris* (Aschehoug forlag, 2023), *Skolen min* med naturfagverket *Naturfag* (Cappelen Damm undervisning, u.å.) og *Skolestudio* med naturfagverket *Refleks* (Gyldendal Undervisning, u.å.). I hvert læreverk har jeg gått gjennom innholdet for 1. trinn og 7. trinn. Ved å sammenligne funn kan jeg utforske

---

<sup>2</sup> Kode for å definere og kjøre spørringer mot datamodellen finnes på <https://github.com/hallvors/masterdata>

hvordan bruken av virkemidler utvikler seg fra innhold rettet mot skolestartere til innhold beregnet på eldste trinn i barneskolen.

I tillegg til innholdet og veiledningene på nettsidene, har jeg hatt tilgang til lærerveiledninger for 1. og 7. trinn for *Refleks* og *Solaris*, og lærerveiledning for 1. trinn for *Naturfag*<sup>3</sup>. Når lærerveiledninger er tilgjengelige bruker jeg dem aktivt i kartlegging av hvilke kompetansemål hvert kapittel skal oppfylle, og hvilke metoder forfatterne bak læreverket har hatt som intensjon at lærere skal bruke.

#### 4.2.1 Oppbygging av læreverket og identifisering av sider

Sammenlignet med mange andre former for programvare, er det påfallende hvordan de digitale læremidlene holder fast ved lærebokas måte å strukturere og porsjonere ut innholdet på. Det ligger også i mediet “nett” å dele opp innholdet i “sider”, men der nettet etter hvert har utviklet seg mot komplekse applikasjoner, bruker de digitale læremidlene en tydelig verk - tema/kapittel - side-struktur, gjerne med “forrige / neste”-knapper for å “bla” gjennom innholdet.

Alle læreverkene jeg har sett på er strukturert i kapitler. I hvert kapittel er det flere seksjoner eller delkapitler, og hvert delkapittel har en eller flere sider. Det passer derfor fint å bruke “side” som enhet i innholdsanalysen. Det hender også at sidene fyller flere skjermbilder - enten organisert vertikalt slik at de vises gjennom rulling nedover, eller organisert horisontalt med neste/forrige - knapper. Innhold som vises ved å rulle nedover regnes som samme side, mens innhold som en må bla til via knapper eller lenker regnes som separate enheter i analysen.

For å kunne identifisere sider og skjermbilder, bruker jeg et strukturert, hierarkisk tall som kombinert med tallet for hvilket klassetrinn vi er på, er unikt for hver side eller hvert skjermbilde. Hierarkiene skiller med punktum. For eksempel vil “skjerm 1.4.2” referere til 1. kapittel, 4. seksjon og 2. side. Fordi jeg kan legge til så mange siffer som nødvendig, er det også enkelt å identifisere et spesielt skjermbilde helt nøyaktig. Referansen “skjerm 1.4.2.3” viser at det er ett nivå til i navigasjonen, og peker til det 3. skjermbildet som kan nås med “neste/forrige”-knapper på side 2 i 4. seksjon i 1. kapittel. Jeg bruker ikke et ekstra nivå i hierarkiet for innhold som vises ved rulling nedover, fordi det oppleves som en del av samme

---

<sup>3</sup> Lærerveiledning for *Naturfag* for 7. trinn er planlagt utgitt sommeren 2023 og var derfor ikke tilgjengelig våren 2023 da denne analysen ble gjennomført.

“side” og fordi presis inndeling i “skjermbilder” for slikt innhold er avhengig av faktorer som skjermstørrelse, zoomnivå og så videre.

Å identifisere skjermer med slike tall er lett og praktisk for analysen, men tallene kan neppe fungere som stabile referanser til innholdet over lengre tid. Dersom kapitler, underkapitler, sider eller oppgaver flyttes, legges til eller endres vil det nødvendigvis gjøre at tall-referansene ikke lenger peker til riktig sted. Imidlertid er det ingen bedre løsning på problemet med å identifisere en bestemt analysert enhet på en entydig måte. Lenker (URLer) kan endre seg, og de inneholder ikke alltid nok informasjon til å identifisere et spesifikt skjermbilde. Det hender nemlig av og til at en “Neste”-knappen tar deg til et nytt skjermbilde på samme lenke. Enhetene for analysen kan derfor ikke knyttes til bestemte lenker. Tallene sammen med beskrivelser og figurer vil forhåpentligvis være gode nok veivisere til at det er mulig å finne igjen omtalt innhold.

## 4.3 Analyse

Jeg har gjennomført en kvalitativ analyse av *både* digitale virkemidler og naturfagdidaktiske kompetanser innholdet i læreverkene sikter mot å oppnå. Innholdsanalyse er en metode som passer til den analysen jeg ønsker å gjennomføre, fordi jeg ønsker å se form (digitale virkemidler) opp mot innhold.

Med bakgrunn fra programmering har jeg mulighet til å dedusere meg fram til en del variabler, men jeg kommer også til å basere utvalget på egenskaper ved materialet som skal analyseres. Jeg bruker altså både deduksjon og induksjon til å velge ut variabler og verdier det er interessant å utforske. Både mellom de didaktiske målene og de digitale virkemidlene har jeg altså valgt ut dem som virker mest relevante for å drøfte resultatene.

### 4.3.1 Analyse av naturfagdidaktiske mål

For å kode didaktiske mål for kunnskaper og ferdigheter vi ønsker at elevene skal oppnå, tar jeg som nevnt utgangspunkt i to av Svein Sjøbergs tre kategorier. Utvalget av kategorier er gjort gjennom en kombinasjon av induksjon og deduksjon. De er delvis basert på læreplanen, delvis på hva jeg oppfatter som mål i læreverkene og tilhørende lærerveiledninger, og delvis på naturfagdidaktisk teori. Tabellen under viser hvordan jeg kategoriserer de utvalgte kompetansemålene og ferdighetene etter Sjøbergs inndeling i produkt og prosess, etterpå går jeg gjennom hver kategori for å beskrive og avgrense dem nærmere.

<b>Produkt</b>	<b>Prosess</b>
Begrepsutvikling - aktivere forkunnskaper, utvikle vokabular og bruke faglige begreper	Undre, observere og resonnerer
Kjenne og forstå naturvitenskapelige forklaringer av prosesser	Forstå at naturvitenskapelig diskusjon er produktiv Diskutere fagstoff, hypoteser og observasjoner
Lese og tolke modeller i ulike kategorier, bl.a. skala	Lage modeller Forstå modellens formål og begrensninger
Forstå systematikk	Kategorisere ting
	Lage og endre bestemmelsesnøkler
	Forstå tentativitet og evidens Lage og teste hypoteser
	Gjennomføre forsøk

#### 4.3.1.1 Kategorier knyttet til vitenskapens produkter

Kategorien **begrepsutvikling** dreier seg om å utvikle vokabular og bruke faglige begreper.

Begrepsutvikling er i utgangspunktet en svært omfattende kategori. Hva slags faglig innhold kan *ikke* sies å være knyttet til begreper? For å avgrense dette nærmere vil jeg under koding bare klassifisere innhold som “begrepsutvikling” dersom det er tydelig fokus på fagord i oppgava (f.eks. oppgaver som “sett inn riktig ord i setning”, “kan du andre ord for...?”) eller mål knyttet til vokabular og fagord nevnes eksplisitt i lærerveiledning. For å knytte ny kunnskap til eksisterende og prøve å få bukt med misoppfatninger er det viktig å skaffe seg innsikt i elevenes forståelse. Oppgaver og innhold som på ulike vis utforsker elevenes kunnskapsgrunnlag eller vokabular kodes som “**aktivere forkunnskaper**”. Dette er spesielt viktig i naturfagdidaktikk fordi elever kan ha misoppfatninger som ikke passer med det faget skal formidle av kunnskaper. Dette er nært knyttet til begrepsutvikling, og jeg slår dem derfor sammen til én kategori i drøftelsen.

Kategorien **kjenne og forstå naturvitenskapelige forklaringer av prosesser** dreier seg om oppgaver og innhold knyttet til å forstå årsak/konsekvens og hvilken rekkefølge trinn i en prosess skjer i. Slik forståelse kan utvikles både for eksempel gjennom å lese om teorier og lover, og gjennom praktisk arbeid og forsøk.

Kategorien **lese og tolke modeller** handler om en sentral del av både vitenskap og undervisning. Når jeg bruker begrepet modell i denne oppgava, bygger jeg på Gilbert & Boulter's definisjon som legger vekt på modellens forenklete og avgrensede egenskaper. Fotografier og naturalistiske tegninger kodes dermed ikke som modeller.

**Forståelse for systematikk.** Denne kategorien handler om å hjelpe elevene å forstå hvordan den faglige kunnskapen struktureres. Oppgaver i denne kategorien kan dreie seg om kategorisering, kjennetegn, og å sette navn på eller beskrive stoffer eller arter. Det kan også dreie seg om innhold som ser på systemer i et meta-perspektiv, altså tematiserer systematikk som fenomen.

#### 4.3.1.2 Kategorier knyttet til vitenskapens prosesser

For å kategorisere innhold knyttet til prosess-dimensjonen, må vi stadig presisere hva slags prosess vi mener. Er det elevens pedagogiske prosess, eller naturfaglige prosesser slik forskere praktiserer dem?

Mange praksiser i naturfaget speiler eller minner om faktiske naturfaglige praksiser, men det varierer hvor eksplisitt læreverkene uttrykker slike forbindelser. I noen grad har jeg skilt mellom koding av innhold som gjør sammenhengene eksplisitt og ikke. Der det ikke er et skille, skyldes det den induktive framgangsmåten for å etablere kategoriene - her har jeg ikke observert innhold i kategorien som er eksplisitt om forbindelsen til vitenskapelig praksis.

**Undre, observere og resonnere** i naturfag handler om å *aktivt* knytte faglige begreper til det en ser og opplever. Læreverkene inneholder mange oppgaver som har som mål å bidra til overgangen fra hverdagsobservasjon til å bruke “fagets briller”, og i denne oppgava kodes aktiviteter og oppgaver som handler om å knytte sanseinntrykk til begreper og naturvitenskapelig forståelse i denne kategorien. Noe av innholdet knytter aktivitetene eksplisitt mot forskeres praksis.

I klasserommet har diskusjon litt av den samme dobbeltheten som Sjøberg understreker at forsøk har: diskusjon er en vesentlig del av vitenskapelig praksis, men den er *også* et pedagogisk verktøy. For å **forstå at naturvitenskapelig diskusjon er produktiv**, holder det derfor ikke nødvendigvis å ha diskusjoner i klasserommet. I denne kategorien kodes innhold som dreier seg om diskusjon, normer for debatt og diskusjonsfellesskap. Dette innholdet prøver å forklare hvordan vitenskapelige meningsforskjeller kan bidra til dypere forståelse av et fagområde over tid.

Det er imidlertid også interessant å se nærmere på hvordan læreverkene legger til rette for diskusjon som pedagogisk verktøy, og derfor kan oppgaver og innhold også kodes under **diskutere fagstoff, hypoteser og observasjoner**. Her ser vi etter eksempler på hvordan læreverkene bruker digitale grep som støttestrukturer for læreres samtale-ledelse.

**Forstå tentativitet og evidens** handler om hvordan vitenskap prinsipielt er åpent for endringer dersom bedre forklaringer eller modeller oppdages. Her kodes innhold som handler om selve konseptet tentativitet. Det kan, men må ikke overlape med oppgaver som utfordrer elevene på å **lage og teste hypoteser**. Aktiviteter som kodes i denne kategorien kan gå ut på å prøve å forutsi hva som kommer til å skje, og prøve ut om det stemmer. Merk at å besvare en

flervalgsoppgave med fasitsvar ikke regnes i denne kategorien, selv om det også dreier seg om å finne ut om noe en gjetter eller resonnerer seg fram til stemmer. Hypotesedannelse krever en aktiv kognitiv innsats, og hypotesene må *formuleres* før testing for at innhold skal kodes som “lage og teste hypoteser”.

**Lage egne modeller, og forstå modellers formål og begrensninger** handler om å utvikle egne modeller og lære å vurdere hvilke formål og svakheter en modell har. Mange oppgaver går ut på at elever skal uttrykke noe de har lært, og kan defineres som at elevene lager uttrykte modeller av sine mentale modeller. Når oppgaver er interaktive og bruker virkemidler som dra-og-slipp, kan elevene til og med uttrykke kunnskaper ved å arrangere elementer i rom, noe som vanligvis forbindes med aktiviteter for å lage modeller. I denne oppgava vil “lage modeller” defineres noe snevrere, ut i fra Gilbert & Boulterers presisering av at modellers formål er å *utvikle*, ikke bare uttrykke forståelse, og ut i fra Grosslights meta-perspektiver der modellers natur og formål skal kunne diskuteres. En oppgave der for eksempel et ord skal flyttes og plasseres ved riktig tegning uttrykker kunnskap i rom, men egner seg neppe særlig godt til meta-diskusjoner om modellers natur eller utvikling av forståelse. “Modeller” som lages på skjerm og bare krever repetisjon av innlært kunnskap regnes dermed ikke som modeller i denne sammenhengen.

Naturfagets kanskje mest typiske særpreg er at elevene forventes å **gjennomføre forsøk** - både utforskende og etter oppskrift. I denne analysen skilles “kokebokforsøk” og “utforskende forsøk” etter i hvor stor grad forsøket gjennomføres for å føre eleven til en forhåndsbestemt konklusjon læreverkforfatteren kjenner. For eksempel, et forsøk som dreier seg om å teste om gjenstander er magnetiske vil klassifiseres som et “kokebokforsøk” dersom elevenes datainnsamling går ut på å teste en spesifisert liste over gjenstander, og som utforskende dersom de kan velge gjenstander og materialer som skal testes.

Innhold som handler om teoretiske aspekter ved å bruke forsøk som forskningsmetode, men ikke har faktiske oppgaver elevene skal gjennomføre, kodes ikke som “gjennomføre forsøk”.

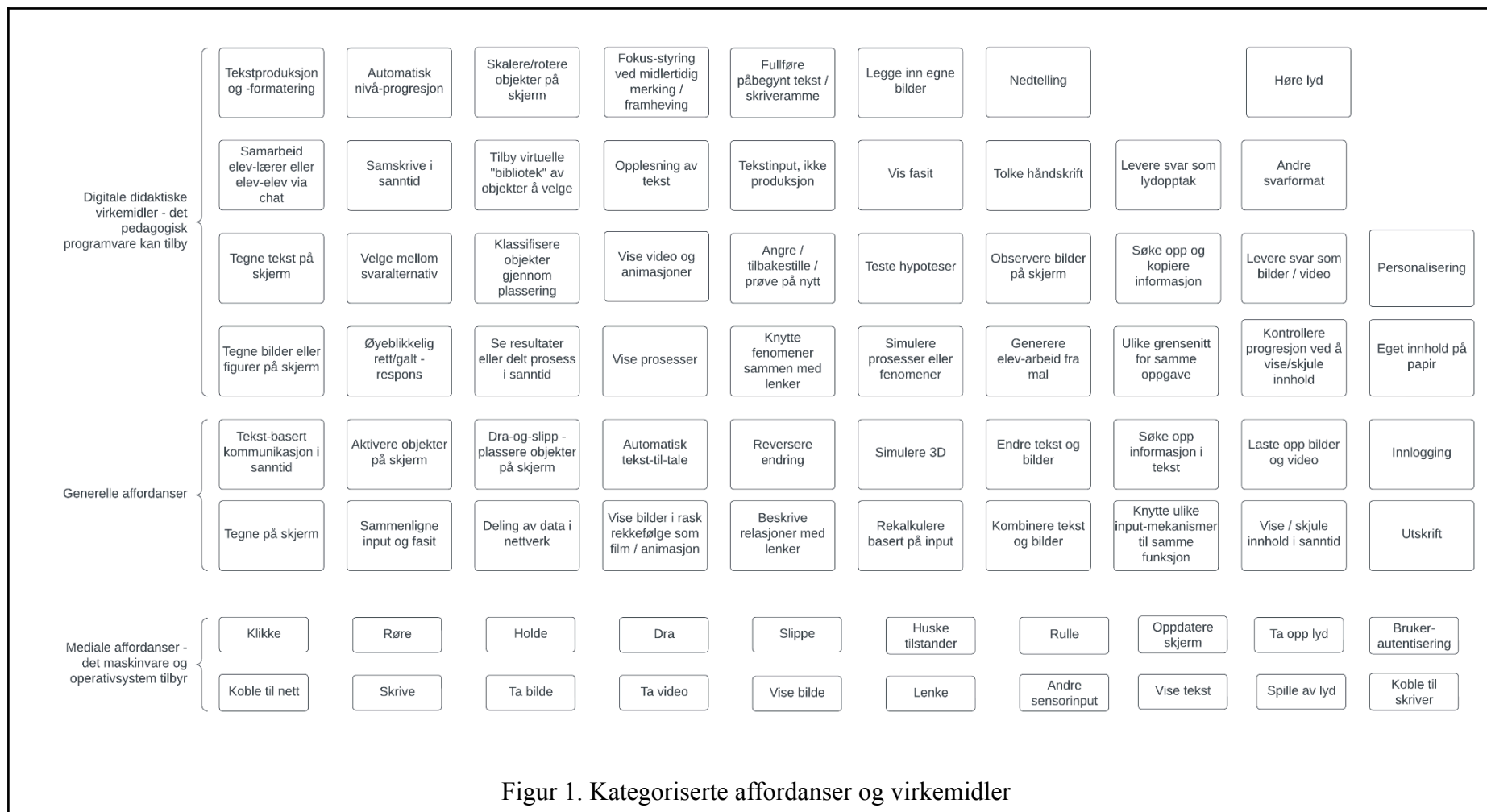
#### 4.3.2 Analyse av digitale virkemidler

Innenfor programvareutvikling er det vanlig å bruke en lagdelt modell for hvordan programvare bygges opp - “the software stack”. En slik inndeling gjør det enklere å forstå og analysere programvare, fordi det er mulig å definere lagene etter hvilke affordanser de tilbyr utviklere og brukere, og fokusere på det nivået som gjør analysen mest relevant for temaet.

I [figur 1](#) har jeg prøvd å dele funksjonaliteten de ulike lagene av maskin- og programvare tilbyr inn i mediale affordanser, generelle affordanser og didaktiske digitale virkemidler. De to nederste lagene er basert på egen erfaring som programvareutvikler. Det øverste er delvis basert på observasjoner av hvilke virkemidler læreverkene jeg har studert bruker, delvis på hva lagene under teoretisk legger til rette for. I tabellen har jeg forsøkt å organisere affordansene vertikalt slik at de høyere oppe bygger dem i laget under, men noen plasseringer avviker fra dette for å få plass til hele tabellen på en side.

Denne oppgava vil konsentrere seg om det nivået som i denne modellen kalles *digitale didaktiske virkemidler* - altså de fire øverste radene med bokser i figur 1. De mediale og generelle affordansene brukes ikke i analysen, men er med i figuren fordi de legger rammene for hva som er teknisk mulig og antyder at det fortsatt er ubrukte muligheter i det digitale landskapet, noe som kan være interessant for utviklere av digitale læremidler.





Figur 1. Kategoriserte affordanser og virkemidler

Nå vil jeg gå gjennom alle digitale didaktiske virkemidler i tabellen med utdypende definisjoner og presiseringer for å gi et bedre inntrykk av hva som skal kodes i hver kategori.

**Tekstproduksjon** brukes om grensesnitt med elementer som tillater å skrive inn fullstendige tekster. Hvor lange kan variere, alt fra en enkelt setning til lange resonnementer og rapporter. Det brukes ofte, men ikke alltid, sammen med **tekstformatering**. Andre støttestrukturer for skriving er **skriverammer** der flere forskjellige tekstfelt med tilhørende veiledningstekst skal settes sammen til et enhetlig dokument, noe som også gjerne kombineres med å **fullføre påbegynt tekst** i ett eller flere av tekstfeltene.

Dersom det bare skal skrives inn enkeltbokstaver eller enkelt-ord, klassifiserer jeg det som **tekstinput** - ikke tekstproduksjon. Det er interessant i analysen å skille mellom bruk av små tekstfelt for enkelt-bokstaver eller -ord og større bokser for lengre tekster, fordi oppgavene som bruker det ene eller det andre virkemiddelet er ganske forskjellige.

Å kunne skrive inn tekst på en enhet som er knyttet til nettverk, legger i teorien grunnlag for å tilby **samarbeid mellom elev-lærer eller elev-elev via chat** og **samskrive i sanntid** slik at elever kan skrive i samme dokument og fortløpende se hverandres bidrag. Gjennom tilknyttet nettverk får en også muligheten til å støtte **se resultater eller delt prosess i sanntid** dersom mange gjør samme oppgave samtidig.

Både berøringsskjerm og andre input-mekanismer som f.eks. musepeker kan støtte å **tegne tekst på skjerm, tegne bilder/figurer på skjerm og skalere/rottere objekter på skjerm**. Det første virkemiddelet kan teoretisk kombineres med **tolke håndskrift** - altså at programvare oversetter tegnede bokstaver til redigerbar tekst. Via slike former for input implementeres gjerne også å **velge mellom svaralternativ** i flervalgs-oppgaver, og ved å klikke eller berøre og dra kan eleven **klassifisere objekter gjennom plassering**, noe som ofte kombineres med **vis fasit** og **øyeblikkelig rett/galt-respons**. “Vis fasit” brukes om funksjonalitet som kan avsløre hvilke svar som forventes *før* at eleven har gjort oppgava, mens “øyeblikkelig rett/galt-respons” gir tilbakemelding på om valget eleven har gjort er det som forventes. Dette virkemiddelet kan i teorien også legge til rette for **automatisk nivå-progresjon** slik at datamaskinen gir deg progressivt vanskeligere spørsmål og oppgaver dersom du klarer de enkleste. Både tekst, tegning og flervalgs-oppgaver kan ha funksjoner for å **angre / tilbakestille / prøve på nytt**. I enkelte læreverker er det også **ulike grensesnitt for**

**samme oppgave** for mange av flervalgsoppgavene, slik at for eksempel ei oppgave med et grensesnitt som krever dra-og-slipp også kan besvares ved å velge elementer fra lister.

Skjermer kan vise både statiske og levende bilder, noe som legger til rette for affordanser som **observere bilder på skjerm, vise video og animasjoner** og bruke video eller animasjon mer spesifikt til å **vise prosesser**. Dersom animerte prosesser aksepterer parametre som kan konfigureres, klassifiseres det som å **simulere prosesser og fenomener** noe som teoretisk kan la eleven **teste hypoteser** med digitale virkemidler - for eksempel sette bestemte parametre for en simulering, oppgi hvilket utfall en forventer, og la programvaren svare på om antatt utfall er korrekt.

Enten bilder eller tekst kan tilbys i **virtuelle "biblioteker" av objekter å velge i**, slik at læremiddelet kan foreslå ord eller tekst-fragmenter når eleven skal skrive tekster og tilby bilder for multimodale dokumenter. Alternativt kan læremiddelet la elevene **legge inn egne bilder** i besvarelser. Dette er ofte en del av skriveramme-grensesnitt, slik at eleven kan legge inn et bilde og skrive noe om det. Dersom en oppgave *bare* skal besvares med et enkelt bilde eller en video som ikke skal utgjøre en del av en større besvarelse, kodes det som **levere svar som bilder / video**, og dersom enheten har mikrofon er det også mulig å **levere svar som lydopptak**. Enkelte oppgaver besvares hverken med tekst, bilder/video eller lydopptak, noe som klassifiseres som **andre svarformat**.

Noen læreverk legger elevs tekster og eventuelt utvalgte bilder fra skriverammer inn i en mal for å lage et dokument som egner seg for innlevering eller nedlasting, noe som kodes under **generere elev-arbeid fra mal**. En utskrifts-knapp tilbyr **egget innhold på papir**.

Et læreverk kan tilby kvalitetssikret innhold elevene kan gjenbruke i egne tekster og slik tilby **søke opp og kopiere informasjon**. Resten av Internett kan jo også tilby denne muligheten, men da er det ikke lenger læreverkets egen implementasjon vi vurderer. Slike oppgaver faller altså utenfor rammene av denne analysen. Læreverket kan også bruke hyperlenker til å **knytte fenomener sammen med lenker** - internt i samme læreverk eller til andre nettsider. Det å lenke til andre nettsider er en aktiv handling læreverket gjør, så slike lenker kartlegges dersom de brukes.

Enheter som kan spille av lyd støtter at tekst som vises på skjerm kan lyttes til gjennom **opplesning av tekst** - og noen oppgaver bruker andre lydeffekter som klassifiseres som **høre lyd**.

Elevers oppmerksomhet kan styres gjennom å **kontrollere progresjon ved å vise/skjule innhold** når læreren eller eleven kan kontrollere om innhold i ett skjermbilde er synlig eller ikke. Av og til brukes også **fokus-styring gjennom midlertidig merking / framheving** når et element utheves uten at andre skjules.

To mindre brukte affordanser er **nedtelling** der læreverket viser ei klokke som teller ned et gitt antall sekunder til null, og **personalisering** der læreverket bruker elevens egennavn i grensesnittet.

Når didaktiske affordanser implementeres i digitale læremidler og tas i bruk av eleven eller læreren, blir de grunnlaget for de pedagogiske virkemidlene som former undervisning og læringsopplevelser.

### 4.3.3 Registrering av funn

Som nevnt er kodeboka implementert som en datamodell som skal strukturere observasjonene. I verktøyet Sanity (*The Composable Content Cloud - Sanity.io*, u.å.) får hver analyse-enhet et eget skjema som følger datamodellen. I skjemaet legger jeg under koding inn data om klassetrinn og nummer for å identifisere side, et eller flere skjermbilder og registrerer hvilke didaktiske virkemidler og læringsmål jeg observerte under datainnsamling.

At informasjonen lagres strukturert, gjør det mulig å kjøre spørringer og hente ut informasjon om kombinasjoner av klassifiseringer - for eksempel kan jeg hente ut hvilke sider i hvert læreverk som er kodet med virkemidlet “klassifisere objekter gjennom plassering” og mål/virkemiddel “begrepsutvikling”. Det er også mulig å telle hvor mange sider som er kodet under alle mulige kombinasjoner av mål og virkemidler. Gjennom en slik kvantifisering blir det enklere å få oversikt over kombinasjoner som er interessante å se nærmere på. Fordi statistikken kan brytes ned på trinn, er det også interessant å observere hvordan læreverkene utvikler bruken av virkemidler på 7. trinn sammenlignet med 1. trinn.

### 4.3.4 Bruk av analytisk rammeverk

Selv med et rammeverk av utvalgte mulige virkemidler og mål, er det ikke nødvendigvis enkelt å analysere hvilke læringsmål hvert enkelt skjermbilde har som formål å støtte. Jeg har valgt ut flere didaktiske mål som til en viss grad er abstrakte, og det betyr at det må begrunnes for hver enkelt side som blir analysert hvorfor jeg mener at f.eks. “forstå modellens formål” eller “begrepsforståelse” er et av de didaktiske målene akkurat dette innholdet prøver

å bidra til. Et naturlig utgangspunkt er lærerveiledningstekstene, som ofte refererer til læreplanmål. Det er imidlertid ikke alle sider jeg har lærerveiledning for, og da må jeg under analysen prøve å følge nøye opp definisjonene for ulike mål i rammeverket.

Det er også mulig at affordanser kan brukes til andre formål enn det konkrete læringsmålet jeg prøver å finne støttestrukturer for. For eksempel er det ofte mulig å lytte til teksten på siden, og det kan vanligvis klassifiseres som at affordansen “opplesing av tekst” brukes til å tilpasse opplæringen til elever som ikke leser flytende eller strever med å uttale fremmede naturfaglige ord. Men “hørsel” er også et eget tema i naturfag, og det er mulig at affordansen “opplesing av tekst” kan brukes til å demonstrere faglige poenger omkring hvordan lydbilder oppfattes som meningsfull tale i kapitler om sanser. Det er et eksempel på at det er viktig å evaluere hvert skjermbilde grundig.

I utgangspunktet støttet datamodellen to mulige metoder å registrere data på:

1. Kode at et bestemt virkemiddel på denne sida *ser ut til å oppfylle* et bestemt pedagogisk mål, f.eks. “sida viser video og lærerveiledning sier at *målet med filmen* er å aktivere forkunnskaper og skape diskusjon i klassen”
2. Kode virkemiddel og mål separat, f.eks. “Sida viser video. Lærerveiledning sier at målet med *sida* er å aktivere forkunnskaper og skape diskusjon i klassen”

Den første metoden bidrar til større presisjon i datamaterialet, men det er samtidig en fare for at en kommer til å overtolke og gå glipp av mønstre. Korrelasjoner mellom hvilke virkemidler og mål sider bruker kan bidra til å oppdage sammenhenger som ikke kommer like tydelig til syne ved å binde mål og virkemiddel sammen. Med den andre metoden risikerer en riktig nok å lese “mønstre” som ikke finnes inn i dataene, for eksempel dersom to virkemidler ofte brukes sammen og bare den ene brukes til å fremme et bestemt mål. Å bygge analysen bare på korrelasjoner ville da konkludere med at begge brukes til dette målet. Mønstre funnet ved hjelp av kvantifisering og korrelasjoner må derfor bekreftes med videre analyse av sammenhengene.

Jeg har landet på å skrive spørringer som henter ut enkle data om korrelasjoner mellom oppgitte virkemidler og oppgitte mål. Det vil si at jeg bruker tilnærming 2 over for å registrere data. Videre analyse av korrelasjonene finnes i kapitlene om funn og drøfting.

#### 4.3.5 Andre viktige didaktiske begreper

Gjennom en induktiv tilnærming til stoffet dukket det også opp kategorier som er mer generelle og ikke passer like godt i produkt/prosess-skjemaet. Kodeskjemaet mitt hadde i utgangspunktet også mulighet for å registrere innhold i kategoriene “repetere kunnskap”, “presentere kunnskap” og “egenvurdering”. Jeg har valgt å ikke presentere disse kategoriene separat under funn og drøfting, men definerer begrepene her og inkluderer enkelte relevante observasjoner knyttet til begrepene der det kan belyse de andre funnene.

Didaktisk teori om skriving i naturfag opererer med kategorier som “tenkeskriving” eller “presentasjonsskriving” (Mork & Erlie, 2017, s. 95). Mange oppgaver og arbeidsformer kan kategoriseres enten som “repetere kunnskap” eller “presentere kunnskap”, og det er interessant å se hvilke virkemidler som brukes i de ulike tilfellene.

Å gjengi fakta skjer ikke nødvendigvis skriftlig - det kan også skje som flervalgsoppgaver, ved å laste opp foto eller andre metoder. Men virkemidler som å laste opp foto kan også brukes for å f.eks. legge inn bilder i en forsøksrapport med en imaginær mottaker - altså en oppgave som utfordrer eleven på å lage et “produkt”, for å “presentere” kunnskapen heller enn å bare gjengi den for å øve eller bevise for seg selv og andre at den er forstått.

Dette er altså et komplekst tema å analysere, der det kan være vanskelig å fastslå hvilken intensjon hver oppgave har - er det snakk om “tenkeskriving” eller “presentasjonsskriving”, “øving” eller “formidling”? Disse begrepene brukes heller ikke i læreverkene eller veiledningene, noe som kunne forenklet tolkningen av innholdet. Men et grensesnitt kan likevel signalisere at resultatet skal være et “produkt”, enten med læreren eller andre som mottaker. Dette kan uttrykkes i oppgavetekster, men også gjennom tekniske funksjoner som å kunne generere, forhåndsvisne, skrive ut eller laste ned dokumenter i PDF-format, basert på elevenes tekster og valg. Slike indikasjoner på at det skal lages et “produkt”, og eventuelle skriftlige instruksjoner om en tenkt målgruppe, kan bidra til mottakerbevissthet og skille en læringsprosess basert på å gjengi fakta for å øve på dem, fra en der fakta skal presenteres som et “elevprodukt”. Her kommer også sjangerkunnskap inn i bildet, ettersom en naturfaglig sjanger som en forsøksrapport har en implisitt mottaker. Det å øve på sjangerkunnskap gjennom oppgaver som tydeliggjør sjangerkrav og gir gode tekstlige forbilder vil derfor kodes som å lage “elevprodukter”. Denne typen oppgaver har vært en sentral del av naturfagets skriftlige tradisjon.

Å vurdere egen læring er også et viktig mål, fordi en metabevisssthet omkring egne læringsprosesser betyr mye for en elevs utvikling (Kolstø et al., 2011, s. 192). Noen læreverk har grensesnitt som legger til rette for egenvurdering, så dette er et nyttig begrep i analysen selv om det ikke i like stor grad hører hjemme i prosess/produkt-perspektivet.

## 4.4 Etikk og godkjenning

Prosjektet behandler ikke personlige data, og må derfor ikke ha godkjenning fra NSD.

Jeg trengte tilgang til de digitale læreverkene, og sendte først et spørsmål til alle de tre store forlagene om det var mulig å få tilgang. Gyldendal ordnet tilgang til skolestudio.no og læreverket Refleks gjennom min FEIDE-bruker for Høgskolen i Innlandet. Det lot til at dette ikke var så enkelt å ordne for de to andre forlagene. Cappelen Damms læremiddel Naturfag fikk jeg tilgang til da jeg var i praksis på Nordseter skole. Skolen lot meg beholde min FEIDE-bruker der i etterkant av praksis slik at jeg kunne se gjennom læreverket. Bolteløkka skole har vært så vennlig å la meg se gjennom Aschehougs Aunivers og verket Solaris.

Hverken Gyldendal, Nordseter eller Bolteløkka har gitt meg tilgang til faktiske elevers profil eller arbeid i læreverkene i naturfag. Jeg har ikke på noe vis prøvd å hacke eller misbruke min tilgang til de digitale læreplattformene, og ser ingen etiske betenkeligheter ved å få midlertidig tilgang for analytiske formål gjennom skoler jeg har et forhold til.

Bruken av skjermbilder fra læreverkene er avklart med forlagene. Alle tre forlag stiller seg positive til at jeg i begrenset omfang bruker skjermbilder og / eller sitater fra deres læreverk for akademisk analyse, i samsvar med lov om sitatrett.

## 4.5 Validitet, generaliserbarhet og reliabilitet

Digitale læremidler utvikles raskt. Det er fullt teknisk mulig å “utgi” nye utgaver flere ganger om dagen, dersom forlagene skulle ønske det. Noen av læreverkene har endret seg i løpet av tiden jeg har brukt til datainnsamling, og minst en skjerm jeg tidligere tok bilde av er tilsynelatende tatt bort. Dessuten legges det stadig til nye ting. Etter at datainnsamling var over, men før analysen, la for eksempel *Refleks* til en funksjon som heter “tekstversjon av bildet” der en kan lese eller få opplest for seg en skildring av hoved-bildet på et oppslag. Derfor er min analyse av de omtalte nettsidene bare øyeblikksbilder, en representasjon av tilstanden de var i vinteren og våren 2023. Jeg kan derfor ikke innestå for reliabiliteten i de

spesifikke observasjonene - læremidlene kan være oppdaterte og observasjonene utdatert før oppgava er ferdig.

Imidlertid vil sannsynligvis både mange av de tekniske mulighetene og de didaktiske utfordringene og målene være mer stabile enn en bestemt implementasjon. Å etablere kategoriene jeg koder observasjonene i gjennom å utforske de teoretiske tekniske mulighetene og bygge på didaktisk naturfagsteori, bør derfor bidra til validitet og generaliserbarhet i observasjonene. Jeg håper dermed at noen av de mer generelle aspektene av observasjonene er gyldige utover øyeblikket.

Å sikre validitet og reliabilitet er ekstra krevende med en induktiv tilnærming. Dersom jeg på grunnlag av observasjoner endrer kategorier underveis, er det ikke sikkert at eksisterende data fortsatt er pålitelige. Kanskje finnes det innhold jeg allerede har gått gjennom som egentlig hørte til i den nye kategorien, men ikke ble klassifisert slik fordi jeg ikke hadde lagt den til enda? Ideelt sett skal kodeboka være helt klar før analysen starter. Jeg har justert noe underveis, men har prøvd å sikre at jeg analyserer konsekvent gjennom å gå gjennom en god del innhold på nytt og evaluere eksisterende analyser etter å ha justert kategorier.

Det er videre viktig å begrunne tolkninger av virkemidler eller intensjoner. Jeg har gjennomført en form for koding, og det er i utgangspunktet en subjektiv prosess, selv med strenge kriterier. For eksempel, hvor dras grensen mellom et “utforskende” forsøk og et “kokebok-forsøk”? Jeg har gjennom revisjon av egne notater, diskusjoner med med-studenter og med veiledere prøvd å sikre at jeg har vært konsekvent i analysene.

Denne oppgava tar bare for seg de digitale delene av læreverkene på bestemte trinn, og funnene kan derfor ikke regnes som representative for læreverkene som en helhet. For eksempel kan det tenkes at jeg observerer lite stoff knyttet til et bestemt mål fordi læreverket har valgt å la elevene gjøre relaterte oppgaver på papir og ikke digitalt, at lærerveiledningen anbefaler fysiske aktiviteter ute uten digitale hjelpemidler knyttet til det aktuelle målet, eller ganske enkelt at stoffet er tenkt gjennomgått på et annet trinn enn 1. eller 7.



## 5 Funn

I dette kapittelet tar jeg for meg alle de utvalgte didaktiske målene og går gjennom en del utvalgte observasjoner om bruken av virkemidlene som er dokumentert brukt for hver av dem.

### 5.1 Produkt-dimensjonen

#### 5.1.1 Begrepsutvikling - aktivere forkunnskaper, utvikle vokabular og bruke faglige begreper

Naturfag er fullt av fagord, og det å utvide elevenes vokabular er selve nøkkelen til å gjøre fagstoffet tilgjengelig. Derfor er oppslag og oppgaver som dreier seg om ord og språk sentrale i alle tre læreverk.

Det mest brukte virkemiddelet for begrepsutvikling, er ganske enkelt å observere og snakke om bilder. Det brukes også forskjellige andre virkemidler for å stimulere til klasseromssamtaler: oppleste tekster med spørsmål for diskusjon, video med spørsmål til, og lærer-styrt progresjon mellom ulike spørsmål i et grensesnitt. Alle læreverkene legger også tekst over eller i bildene, to læreverk med virkemiddelet “vise/skjule innhold” og det siste med snakkebobler i bildene ([figur 2](#)).



Figur 2. Eksempel på “vise/skjule innhold” for begrepsutvikling. Innholdet er substantiver som beskriver elementer i bildet. De små boksene med substantiver kan vises og skjules med et klikk. *Refleks* 1. trinn skjerm 2.6.2 (utsnitt).

På 1. trinn er det også registrert noe bruk av video som samtale-startere. Videoene ender med undre-spørsmål som tilskueren skal kunne svare på og diskutere ut i fra egne erfaringer.

Et læreverk har også innhold som handler om selve begrepet *fagord* allerede på 1. trinn, blant annet med et enkelt “tabell”-aktig grensesnitt for å fylle ut eksempler på fagord brukt i ulike yrker, og lærerveiledningen foreslår å diskutere ordvalg i klassen ([figur 3](#)). Alle læreverk ser ut til å prioritere høyt å støtte opp under lærer-styrte samtaler i klasserommet i småskolen for å stimulere begrepsutvikling.



Figur 3. Eksempel på bruk av “tekstinput” for begrepsutvikling. Det skal skrives inn ett ord av gangen i “tabellen” over fagord for å utvikle forståelsen av selve begrepet *fagord* og arbeide med skillet mellom faglig og hverdagslig ordbruk. *Solaris*, trinn 1, skjerm 1.6.3 (utsnitt). Ordene til venstre er fylt ut av meg under testing av grensesnitt og virkemidler.

Samtaler i klassen er imidlertid ikke den eneste måten elevene kan høre fagordene på, for alle læreverkene tilbyr også virkemiddelet opplest tekst. Oppgaver og fagtekst kan leses opp med små “spill av”-knapper, og dersom ord skal flyttes på skjermen leses også ofte ordet du klikker på. Et læreverk har til og med oppslag på 1. trinn som bare lister opp relevante fagord med “spill av”-ikoner. Noen læreverk bruker delvis lydfiler som er lagd med tekst-til-tale teknologi (“robotstemmer”) til slik funksjonalitet.

Alle tre læreverk bruker altså å diskutere et bilde på felles skjerm som en sentral metode for å aktivere elevenes forkunnskaper og introdusere fagord på 1. trinn, men på 7. trinn skiller verkene seg fra hverandre. Et læreverk legger hovedsakelig til rette for individuell observasjon av bilder og aktivering av forkunnskaper gjennom virkemiddelet tekstproduksjon. Bilder vises ved siden av spørsmålene, men spørsmålene kan som regel besvares uten at det er nødvendig å studere bildet nærmere ([figur 4](#)).

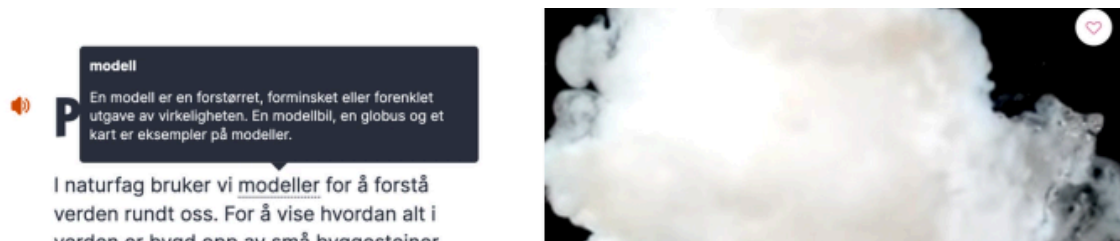


Figur 4. Eksempel på tekstproduksjon for aktivering og kartlegging av forkunnskaper i *Naturfag*, trinn 7, skjerm 2.1.1. Spørsmålet har en dobbelt funksjon fordi det kan dreie seg både om aktivering av forkunnskaper og å formulere hypoteser.

Et annet verk bruker fortsatt observasjon av bilder og klassesamtaler på 7. trinn. Det legger til virkemiddelet “kontrollere progresjon ved å vise/skjule innhold” som en støttestruktur for diskusjonen. 3-4 spørsmål er tilgjengelige, knyttet til bilde og tema, og læreren kan vise ett av gangen.

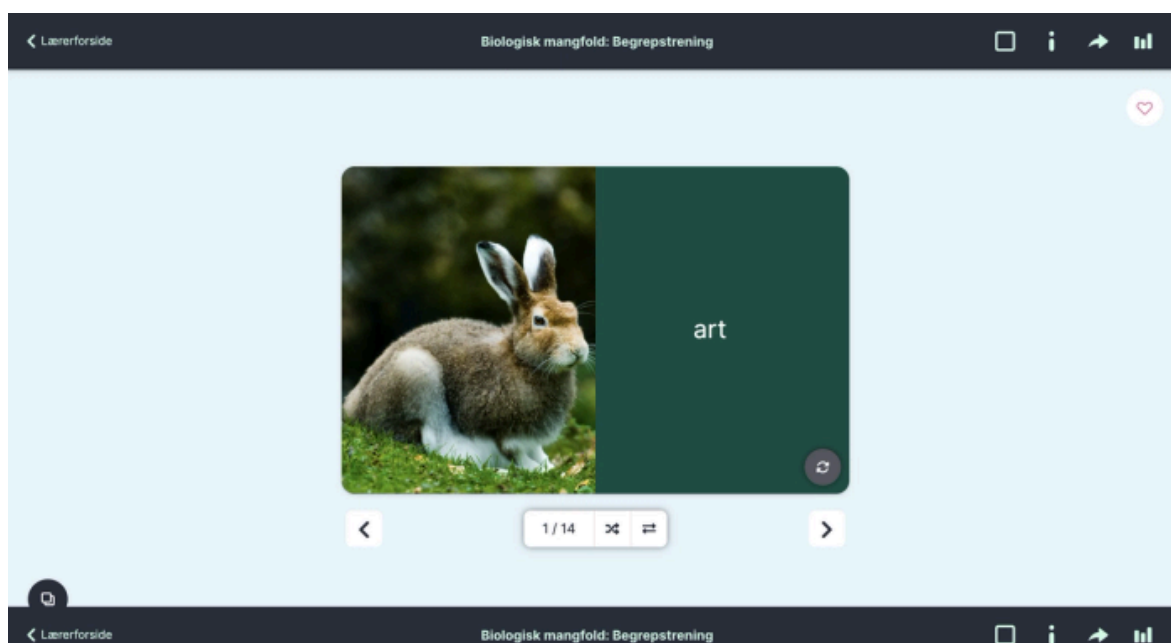
Et læreverk legger i tillegg til rette for tekstproduksjon som forberedelse til gruppe- eller plenumssamtale på 7. trinn. Her kan virkemiddelet tekstproduksjon støtte oppunder for eksempel en tre-steps “tenk - par - del”-organisering av en diskusjon, der “tenk”-delen ofte handler om å aktivere forkunnskaper.

Mellom andre digitale virkemidler det er interessant å se nærmere på her, er “knytte fenomener sammen med lenker”. To av læreverkene bruker lenker til definisjoner for å bedre forståelsen av fagord. Å klikke på lenkene viser små bokser med forklaringer ([figur 5](#)). Dette er et virkemiddel som nesten bare brukes på 7. trinn (det er bare registrert en gang på 1. trinn der teksten overraskende nok introduserer begrepet *umami*). Fagordene som utheves med definisjoner er valgt av læreverkets opphavspersoner, og er stort sett begrenset til naturfag-spesifikke fagord.



Figur 5. Eksempel på lenke til definisjon. Ordet “modeller” kan klikkes for å få opp den mørke boksen med definisjon. *Naturfag*, trinn 7, skjerm 2.12.1 (utsnitt).

Et grensesnitt som simulerer “kort” som kan “snus” for å knytte et ord med bilde til en definisjon er også et eksempel på tilrettelegging for øving på begrepsforståelse (figur 6). Et av læreverkene bruker et slikt grensesnitt på 7. trinn. Teknisk sett brukes her samme “vise / skjule innhold”-virkemidler som legger til rette for helklasse-samtaler når læreren viser hvilke ord som skjuler seg oppå et bilde på 1. trinn, men her brukes det for å legge til rette for den enkeltes individuelle innsats for å huske definisjoner på fagord.



Figur 6. Simulerte “tosidige kort” med begrep og definisjon bruker virkemiddelet “vise/skjule innhold” til individuelt arbeid med begrepsforståelse. Bilde og ord vises på den ene “siden”, og definisjonen på den andre. *Naturfag*, 7. trinn, skjerm 1.8.2.

En annen forskjell mellom 1. og 7. trinn er at det er langt flere oppgaver direkte knyttet til ordforståelse på 1. trinn. Alle tre læreverk bruker virkemidler som “velge mellom svaralternativ” og “klassifisere objekter gjennom plassering” med øyeblikkelig rett/galt-respons for å la elevene prøve ut sin egen ordforståelse på 1. trinn (figur 7, figur 8). Disse virkemidlene er knapt registrert for oppslag knyttet til begrepsutvikling på 7. trinn, der oppgaver heller tilrettelegger for tekstproduksjon.

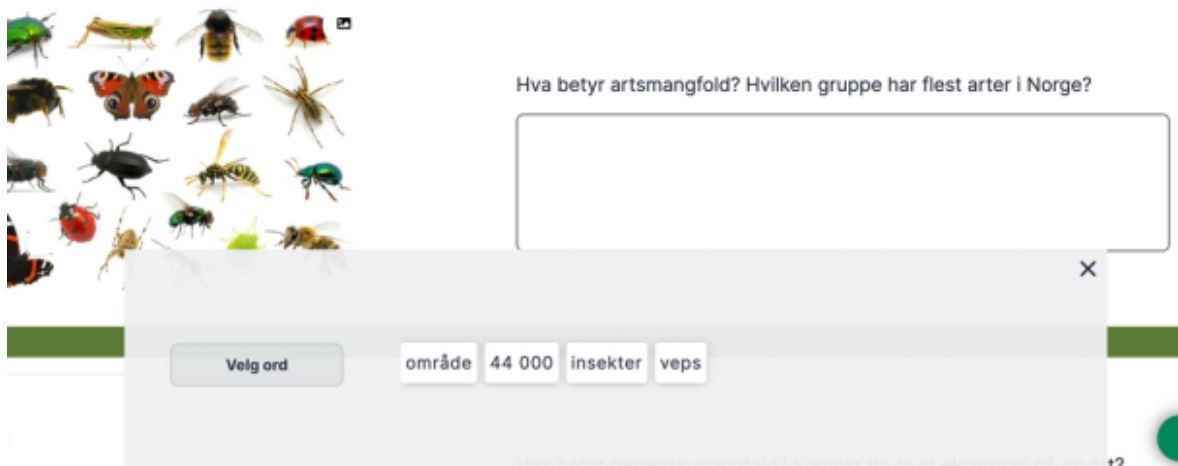


Figur 7. Eksempel på klassifisering av objekter gjennom plassering for begrepsutvikling, der eleven skal klikke og dra riktig objekt på skjermen og slippe det på ordet. *Naturfag*, trinn 1, skjerm 1.3.1.



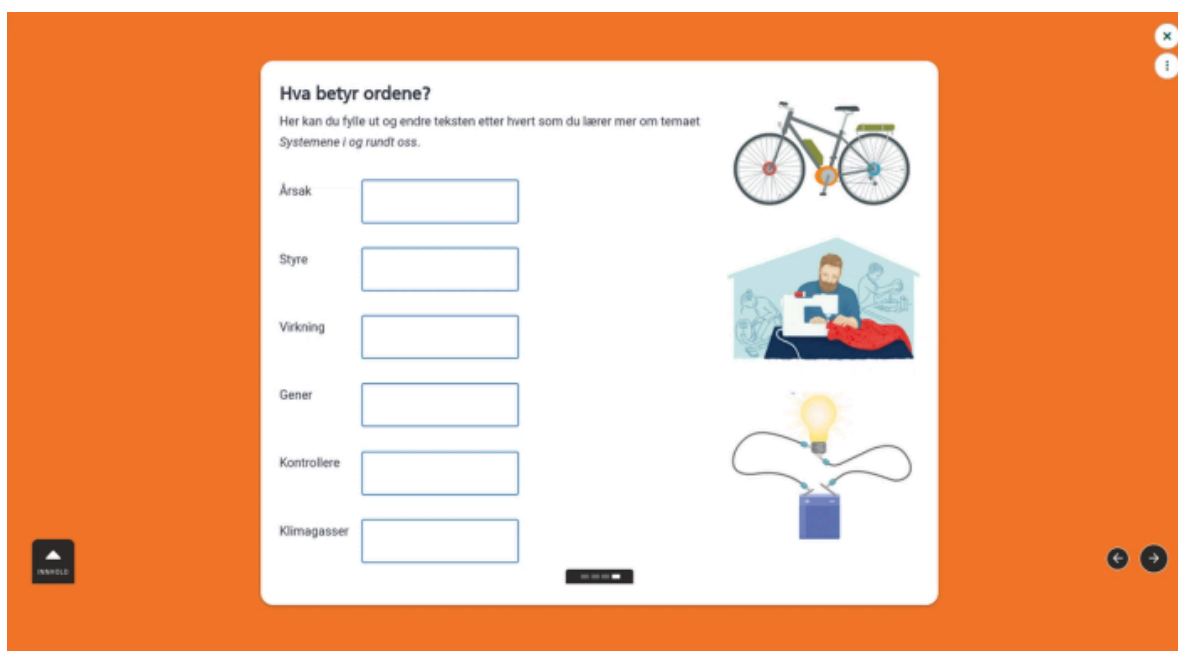
Figur 8. eksempel på øyeblikkelig rett/galt-tilbakemelding for begrepsutvikling. Ordene som skal velges blir grønne når de klikkes, ordene som ikke skal velges blir røde. *Solaris* for 1. trinn, skjerm 2.1.4 (utsnitt).

Oppgaver med tekstproduksjon legger av og til inn et “bibliotek” av forhånds-valgte begreper eller fakta som kan settes inn i teksten eleven er i ferd med å skrive ([figur 9](#)). Dette er også et virkemiddel som gir tydelige hint om hvilke begreper eleven forventes å forstå, men det er et tilbud - ikke et krav. Det er mulig å levere en tekst uten å bruke noen av de foreslåtte frasene.



Figur 9. Eksempel på “bibliotek” med relevante begreper og fakta som kan settes inn mens en skriver tekst i *Naturfag*. Trinn 7, skjerm 1.3.2.

Et læreverket som har et eget grensesnitt for å skrive og revidere egne definisjoner av forhåndsvalgte fagord for hvert kapittel ([figur 10](#)). Dette grensesnittet bidrar til at elevene før hvert kapittel får et hint om hvilke begreper som er viktige for det fagstoffet de skal gjennom. Her er ikke alltid de utvalgte ordene begrenset til “typiske” fagord. De fleste er fagord, men vi finner også ord som også har “hverdagslig” bruk, som “kontrollere”.



Figur 10. Eksempel på tekstproduksjon for aktivering og kartlegging av forkunnskaper i *Solaris*. Trinn 7, skjerm 5.2.4.

### 5.1.2 Kjenne og forstå naturvitenskapelige forklaringer for prosesser

En vesentlig del av naturvitenskapens “produkt” handler om å forstå og forutse prosesser. I alle tre læreverk er det bare registrert innhold knyttet til slike læringsmål på 7. trinn, der fagstoff om faseoverganger, kjemiske reaksjoner og geologiske kretsløp er registrert.

Innholdet presenteres hovedsakelig som tekst og statiske bilder på skjerm, der bildene enten er fotografi eller modeller. To av læreverkene bruker også noe video, det ene har i tillegg en interaktiv animasjon. De fleste videoene viser hverdagslige eksempler på kjemiske reaksjoner eller faseoverganger, og bare ett læreverk inkluderer en video om selve partikkelmodellen.

Den interaktive animasjonen forklarer hvordan atomer danner molekyler ([figur 11](#)).



Figur 11. Bruk av animasjon til modell av partikler i *Solaris* på trinn 7, skjerm 3.9.5.

Det er noe fokus på prosessord i nominalisert form i ett av læreverkene ([figur 12](#)).

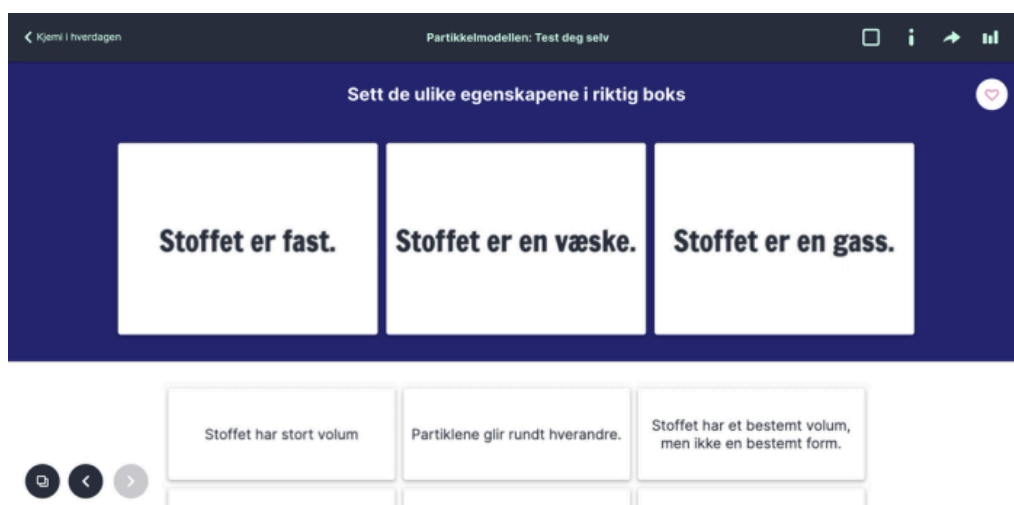


Figur 12. Fokus på prosessord i begreps-boks i *Refleks* trinn 7 skjerm 5.3.2 (utsnitt)

Mange oppgaver knyttet til dette stoffet handler om å repetere fakta, enten for å øve på dem eller for å gjengi dem overfor andre. Mellom de mest brukte virkemidlene for å øve på fakta finner vi “velge mellom svaralternativ” og “øyeblikkelig rett/galt-respons”. Begge brukes i alle læreverker både på 1. og 7. trinn. De brukes noe mer på 1. enn 7. trinn, og ett læreverk bruker begge deler vesentlig mer enn de to andre. “Klassifisere objekter etter plassering” brukes også en del til slike oppgaver, men nesten bare på 1. trinn. Disse virkemidlene kombineres også ofte med virkemiddelet “angre / tilbakestille” i form av knapper som fjerner valg som er gjort, slik at det blir mulig å prøve på nytt ([figur 13](#), [figur 14](#)).



Figur 13. Eksempel på velge mellom svaralternativ med tilbakestill-knapp for å øve på fakta i *Solaris*, trinn 1, skjerm 4.3.2.



Figur 14. “Klassifisere objekter gjennom plassering” brukt i oppgave for å øve på fakta fra fagtekst i *Naturfag*, trinn 7 skjerm 2.13.7.



Læreverkene velger noe ulike presentasjoner av øyeblikkelig rett/galt-respons, men fargene rødt og grønt går igjen. Dette virkemiddelet implementeres ofte gjennom en “sjekk svarene”-knapp ([figur 15](#))



Figur 15. Rett/galt-respons i flervalgsoppgave i *Naturfag*, trinn 1 skjerm 5.7 (utsnitt)

To av læreverkene bruker også tekstproduksjon i oppgaver jeg har kategorisert under øving på fakta, og ber om skriftlige svar på korte faktaspørsmål fra fagstoffet. I et av læreverkene kan svar også sendes inn som lydopptak ([figur 16](#)). Det tredje læreverket har en mer variert tilnærming, som i tillegg til tekstproduksjon også inkluderer flervalgsoppgaver, dra-og-slipp-oppgaver og oppgaver der en skal velge riktig ord for å fullføre setninger. Disse oppgavene gir øyeblikkelig respons, og noen kan også tilbakestilles og gjøres på nytt for repetisjon.



Figur 16. Løvere svar som lydopptak for å repetere fakta i *Refleks*, trinn 1, skjerm 3.3.4 (utsnitt).

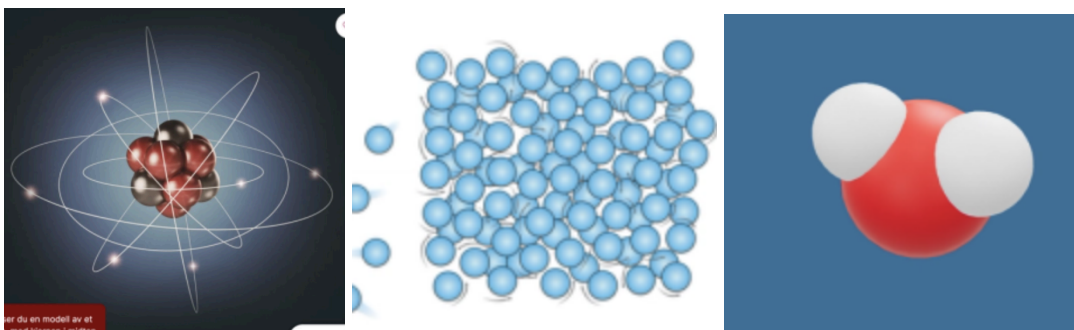
I oppgaver som handler om å lage et “produkt” som for eksempel forsøksrapporter eller presentasjoner, har tekstproduksjon et noe tydeligere formål. Slike grensesnitt har gjerne flere tekstbokser og mulighet for å legge inn ett eller flere bilder, og støtter virkemiddelet jeg har

kalt “generere presenterbart elevarbeid” gjennom å tilby funksjoner som “forhåndsvis”, “skriv ut” eller “last ned” som alle setter sammen et ferdig dokument basert på elevenes valg og tekster.

### 5.1.3 Lese og tolke modeller

Gjengivelser av virkeligheten i form av forenklede modeller kan hjelpe oss å forstå hvordan den fungerer. I våre tre læreverk er modeller helt klart regnet som bedre egnet for 7. klasse enn 1. klasse. I innholdet for de yngre er det mest fotografier, med vekt på å knytte fagstoffet helt konkret til hverdagen. En illustrasjon av fotosyntese fra ett av læreverkene er det eneste jeg har klassifisert som modell i innholdet for 1. trinn.

På 7. trinn er det langt flere modeller, og de dekker et vidt spektrum av fagstoff. Noen eksempler er partikkel- og atommodeller, illustrasjoner av krefter, solsystem og planeter, slektstre for arter, og næringsnett ([figur 17](#), [figure 18](#)). De aller fleste modellene presenteres som bilder, enkelte som video, og kan derfor klassifiseres som symbolske modeller som representeres visuelt. Det brukes også noen språklige modeller i form av sammenligninger, som når *Refleks* for 7. trinn på skjerm 3.12.2 sammenligner månen med en refleks. Samme tekst har en språklig skalamodell om den relative størrelsen på måne (“blåbær”), jord (“lime”) og sol (“stor trampoline”).



Figur 17. Eksempler på modeller av atomer og molekyler i innhold for 7. trinn i henholdsvis *Naturfag* (skjerm 2.12.2), *Refleks* (skjerm 5.7.3) og *Solaris* (skjerm 3.9.5).



Figur 18. Modell av geologiske prosesser i *Naturfag* for 7. trinn, skjerm 3.2.4

Det er registrert få oppgaver knyttet direkte til observasjon av modellene læreverket presenterer. Oppgavene som finnes bruker mest tekstproduksjon, i et læreverk også velge mellom svaralternativer.

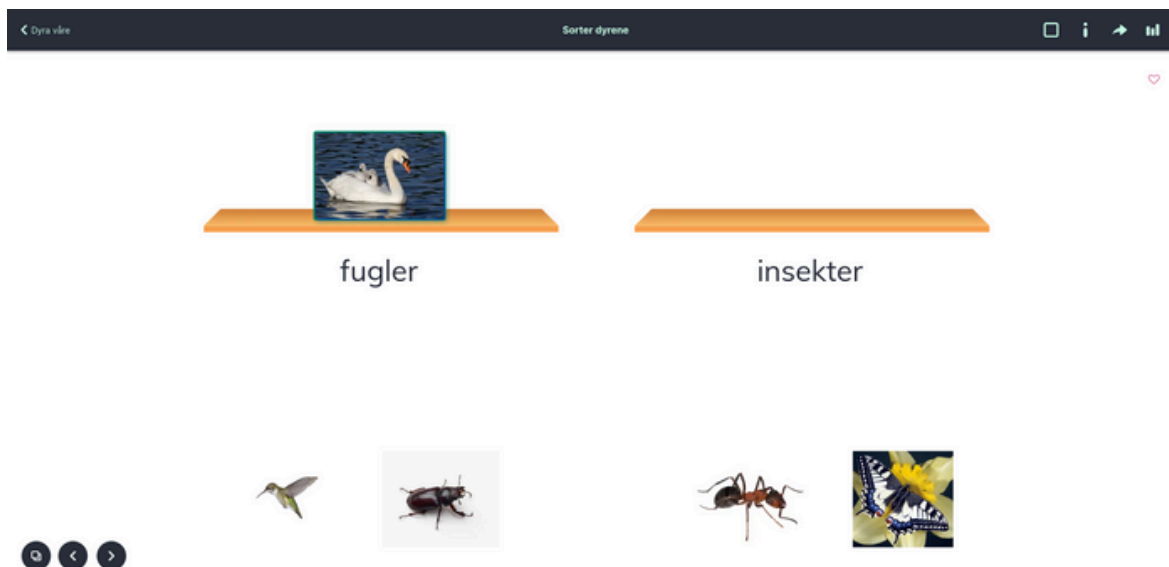
#### 5.1.4 Forstå systematikk

Navngi, beskrive og gruppere ting er fundamentet for mye naturvitenskapelig kunnskap. Forståelse for systematikk handler om både vitenskapens prosess - å systematisere og sortere - og produkt i form av eksisterende taksonomier, kategorier og navn. Fagstoff og oppgaver knyttet til dette emnet finnes både på 1. og 7. trinn i alle tre læreverk.

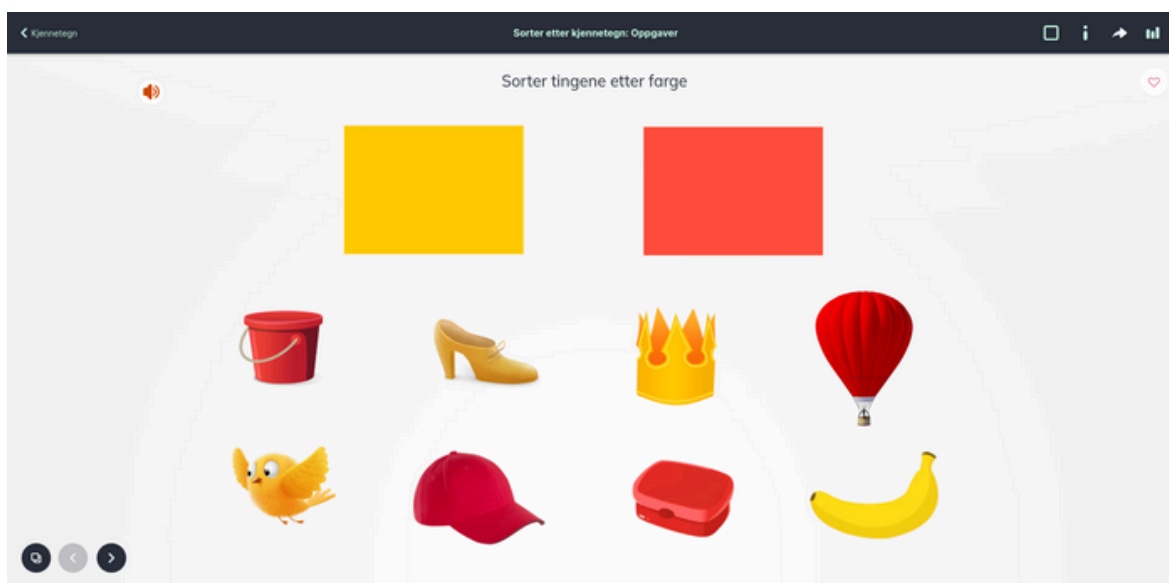
Alle læreverk bruker “klassifisere objekter etter plassering” i oppgaver som handler om systematikk, men det ene verket har vesentlig flere oppgaver med dette virkemiddelet. Bare én av disse oppgavene er registrert på 7. trinn.

“Velge mellom svaralternativer” er også et virkemiddel som brukes mest på 1. trinn i disse oppgavene, men nesten bare i et læreverk. Disse oppgavene er mer knyttet til kategorier som produkt, men med ganske overordnede kategorier som “dyr / insekt / fugl” eller “bartre / lauvtre” ([figur 19](#)).

Flere av oppgavene på 1. trinn er lek-pregede og bruker kriterier og kategorier vi ikke umiddelbart tenker på som vitenskapelige, som å sortere objekter etter om de er røde eller gule, eller klær etter årstid ([figur 20](#)).



Figur 19. Eksempel på dra-og-slipp grensesnitt der elevene skal forstå systematikk gjennom å plassere virtuelle objekter i riktig kategori. *Naturfag* 1. trinn skjerm 6.11.



Figur 20. Klassifisere objekter med plassering for å forstå kjennetegn og systematikk i *Naturfag* trinn 1 skjerm 7.3.2.

Enkelte av oppgavene her er knyttet til ekskursjoner og mål om å la elevene arbeide praktisk med kategorisering ute i det aller største klasserommet - naturen. Da kan oppgaver for eksempel knyttes til forberedelser ([figur 21](#)) - selve arbeidet med kategorisering og hvilke bestemmelsesnøkler elevene lager er det ikke tilrettelagt digital støtte for i dette læreverket.



Figur 21. Vise og skjule innhold i oppgave knyttet til systematikk, som forberedelse til praktisk oppgave med å samle inn og kategorisere løvblad. *Refleks* trinn 1 skjerm 2.3.1.2. En forventer kanskje ikke at det brukes så mange digitale virkemidler i oppgaver med feltarbeid, men “levere svar som bilder” og “legge inn egne bilder” er det registrert noe bruk av. Et av læreverkene har lagt til rette for å levere bilde av et tre i en oppgave og blad i en annen. I samme læreverk er det mulig å legge inn eget bilde til “fortell om et grunnstoff” på 7. trinn ([figur 22](#)).

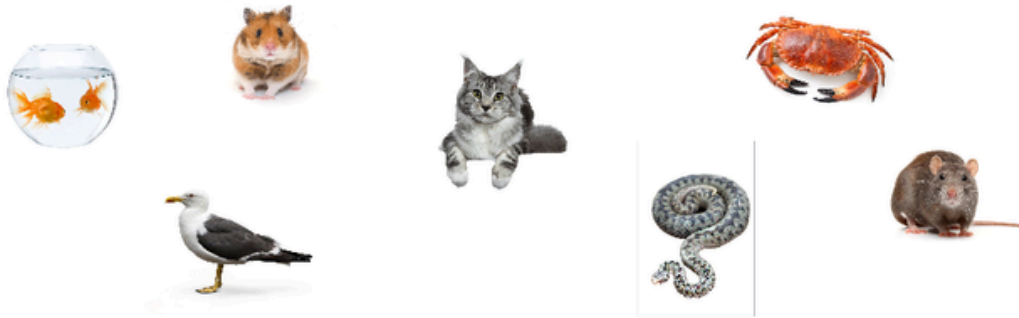


Figur 22. Legge til bilde i “fortell om grunnstoff”-oppgave, *Solaris* 7. trinn, skjerm 3.9.6

(utsnitt)

To læreverk har også ei oppgave hver der avspilte lyder fra dyr er et kjennetegn. I den ene oppgava er kategoriene “dyr som promper” og “dyr som ikke promper” ([figur 23](#)).

🔊 Hvilke dyr promper? Trykk på dyrene og lytt etter promp.



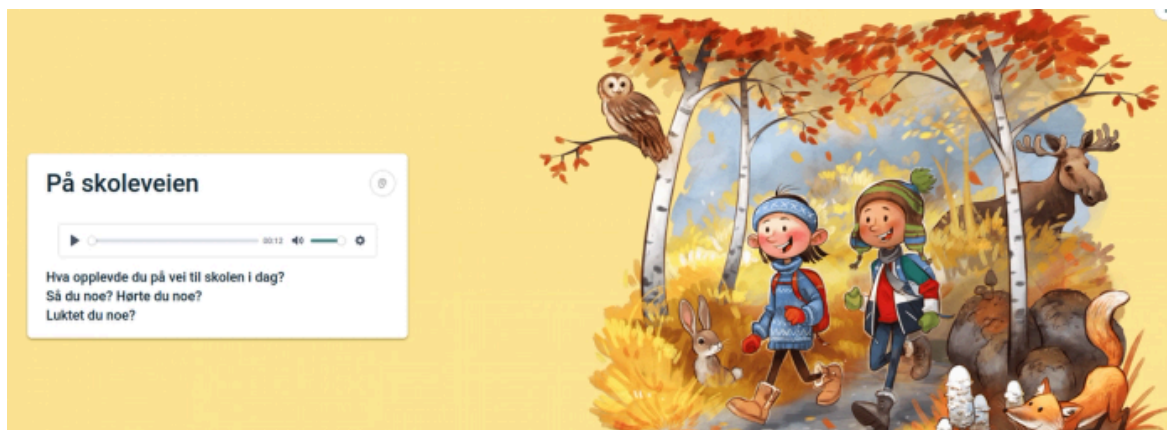
Figur 23. Dyrelyd 2: “spille av lyd” brukt til å lære om forskjellige dyreslag i *Solaris* trinn 1 skjerm 1.4.3 (utsnitt).

## 5.2 Prosess-dimensjonen

### 5.2.1 Undre, observere og resonnere

Å undre seg er det aller første målet i læreplanen for naturfag, og kan på sett og vis regnes som den mest fundamentale ferdigheten av alle. Undring og systematisk observasjon er ferdigheter som vi ønsker å jobbe med allerede fra første klasse. Å observere bilder på skjerm i plenum er et viktig virkemiddel for å øve på undring og observasjoner. Læreverkene inneholder bilder av bl.a. naturscener, dyr og teknologi. Et læreverk kombinerer bilder med innleste fortellinger som slutter med et “undrespørsmål” knyttet til bildet som introduksjon til hvert kapittel på 1. trinn. Det er også eksempler på grubletegninger og “hvem skal ut”-oppgaver ([figur 34](#)).

Målet med å undre og observere i naturfag er i følge didaktisk teori å knytte observasjoner til naturfaglige ord, noe som gjør undring og observasjon nært knyttet til begrepsutvikling. Særlig på 1. trinn ser vi at slike mål i praksis blir avhengige av lærer-styrte aktiviteter som samtaler i klasserommet, som læreverkene virkemiddelbruk legger til rette for ([figur 24](#)).



Figur 24. Tilrettelegging for samtaler i klasserommet om observasjoner fra elevenes hverdag, *Solaris* trinn 1, skjerm 1.1.3 (utsnitt).

Ulike virkemidler brukes for å styre et felles fokus når innhold skal gjennomgås, bilder studeres og samtaler ledes i plenum. Det er særlig skjule/vise innhold og muligheten til å tegne på bildet på skjermen som ser ut til å legge til rette for at læreren kan styre klassens oppmerksomhet. Et læreverk bruker også et virkemiddel på første trinn der en og en setning i et avsnitt framheves med mørkere skrift mens resten blir grått ([figur 25](#)). Det kan brukes sammen med opplesning av tekst, og knytter dermed tekst og tale sammen, eller læreren kan styre hvilken setning som merkes. Det er også en måte å samle fokus rundt en ting på, samtidig som det kan fungere for å binde sammen uttale og tekstbilde ved individuelt arbeid.

Hvem har lagd sporene? Dra dyrene til riktig spor.



Figur 25. Oppgave om spor tegn som krever observasjon og resonnement. *Solaris* trinn 1, skjerm 1.5.6.

To av læreverkene bruker video sporadisk for å presentere emner å observere eller undre seg over. Det er muligens noe overraskende at video omtrent bare er registrert på 7. trinn, der det i begge læreverk brukes som “krydder” for å vekke interesse for emner som faseoverganger og krefter ([figur 26](#)). Det er også registrert noe bruk av video for å vise hva som kommer til å

skje i et forsøk. Video brukes derimot nesten ikke til å *formidle fakta* i kapitlene jeg har sett på - å utforske prosesser og fakta må skje i samtalene og resonnementene videoene er ment å stimulere.



Figur 26. Undrespørsmål med video, *Naturfag* trinn 7, skjerm 2.2.1

To av læreverkene bruker virkemidlene for å legge til egne bilder i oppgaver jeg har klassifisert under dette temaet - men bare på 7. trinn. På dette trinnet finner vi også undrespørsmål med tekstproduksjon som virkemiddel for å uttrykke svaret ([figur 27](#)).



Figur 27. Undrespørsmål med tekstproduksjon, *Naturfag* trinn 7, skjerm 3.1.2 (utsnitt)

Læreverket som ofte bruker å levere lydopptak som et alternativ til tekst bruker dette virkemiddelet også i oppgaver som dreier seg om å undre seg og resonnerer. I utgangspunktet kan dette virke som en fin tilpasning til småskolen og tilrettelegging for elever som ikke er så

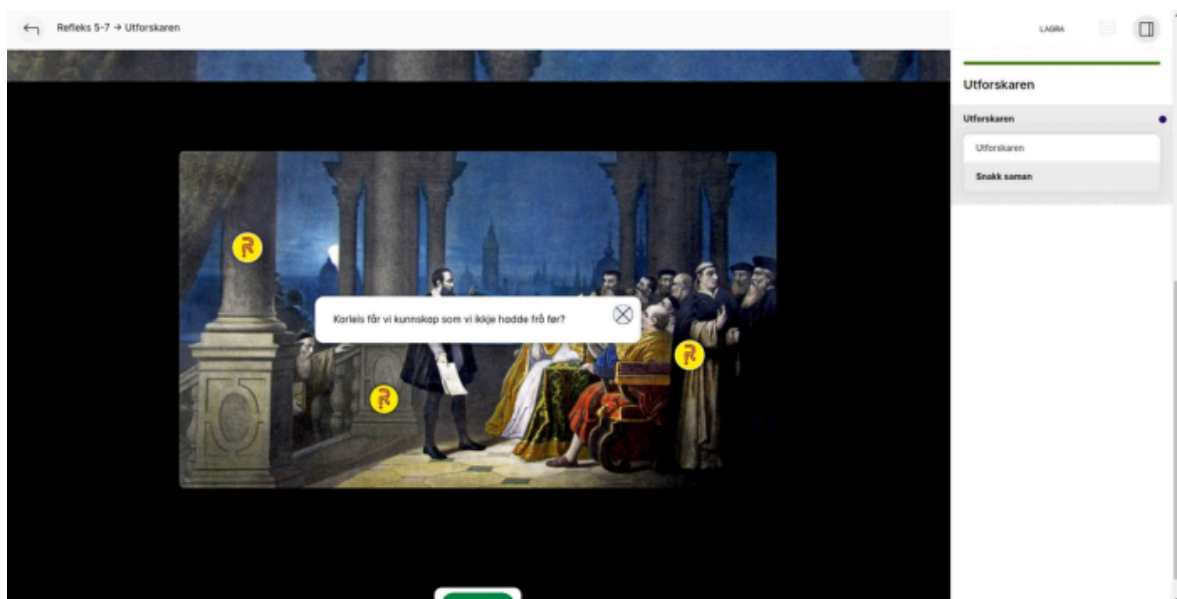


flinke til å skrive enda, men læreverket bruker det også på 7. trinn - til og med for ganske avanserte undre-oppgaver som spørsmålet “tror du vi har funnet ut alt om verdensrommet?”.

### 5.2.2 Forstå at naturvitenskapelig diskusjon er produktivt

Konstruktiv diskusjon er en del av vitenskapelig praksis, og det må en ikke ta for gitt at elevene har forstått. Likevel er det bare ett læreverk som dekker epistemologi og diskusjon faglig i innholdet for 7. trinn (det er selvfølgelig mulig at de andre læreverkene har plassert dette fagstoffet på 5. eller 6. trinn).

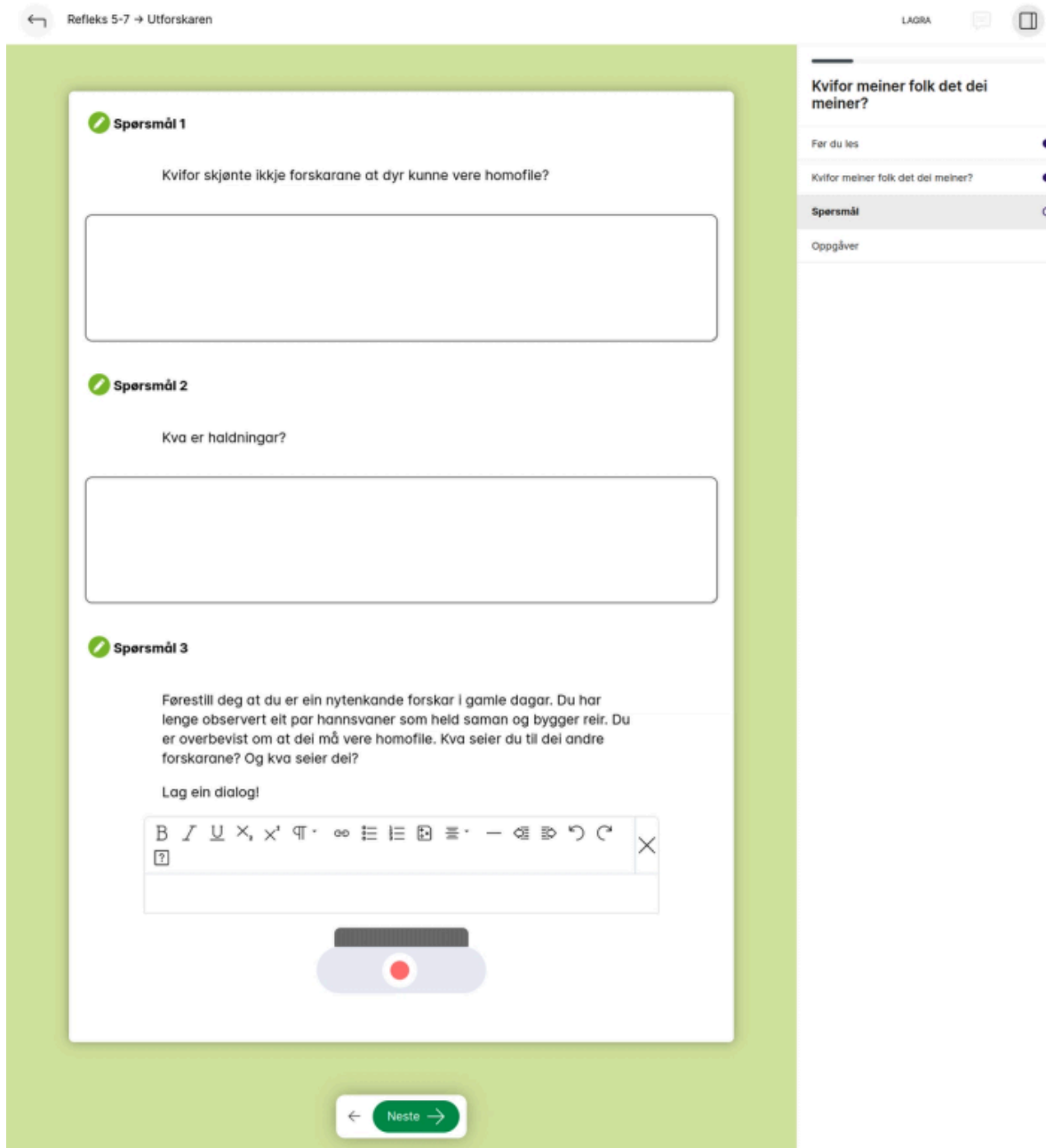
Læreverket som presenterer dette fagstoffet, bruker hovedsaklig tekstproduksjon med og uten formatering, bilder og vise/skjule innhold som virkemidler. Vise/skjule innhold brukes til å plassere et spørsmål av gangen på et bilde. Dette kan tilrettelegge for lærer-styrt plenums-diskusjon om de ulike spørsmålene ([figur 28](#)).



Figur 28. Vise/skjule innhold over et bilde knyttet til fagstoff om diskusjon, *Refleks* trinn 7., skjerm 1.1.2.

Tekstproduksjon brukes til å svare på oppgaver, og oppgavene faller ganske tydelig i to kategorier: den ene er rene fakta-spørsmål knyttet til påstandene om diskusjon som teksten legger fram. Den andre er mer kreative skriveoppgaver som “lag en dialog”. Det er interessant at læreverket legger til rette for *tekstformatering* for de mer kreative oppgavene, men ikke for fakta-svarene ([figur 29](#)). Når knapperaden for formatering legges inn blir det

mindre plass til å skrive, men høyden på boksene øker automatisk for å gi plass til det som skrives inn.



Figur 29. Oppgaver med tekstproduksjon og -formatering knyttet til fagstoff om kunnskapsutvikling gjennom diskusjon, *Refleks* trinn 7, skjerm 1.10.3.

Flere av oppgavene i læreverket kan også besvares ved å levere lydopptak. Det ligger en opptaks-knapp under tekstfeltene, for eksempel under tekstboksen til “lag en dialog”-oppgava i [figur 29](#). Det er noe uklart ut ifra grensesnittet om det er ment som et alternativ til å levere

tekst, eller om begge svarformat forventes, noe som selvfølgelig gir læreren fleksibilitet til å be om et bestemt format.

Av fire oppgaver som kan besvares med opptak, er tre mer kreative skriveoppgaver av typen “tenk deg at du er i denne situasjonen, hvordan ville du argumentert”. Den fjerde er en egenvurderingstekst om egne diskusjonsferdigheter.

### 5.2.3 Lage egne modeller og forstå modellens formål og begrensninger

Disse to målene omtales under ett fordi flere av læreverkene bruker muligheten til å ta opp meta-spørsmålene når elevene skal lage egne modeller.

På 1. trinn er det få funn i disse kategoriene, men et læreverk lar elevene uttrykke sin forståelse av hvilke materialer som er vanntette eller solide nok til å bygge hus med i et tegne-grensesnitt der eleven kan plassere blokker av ulike typer materialer for å konstruere hus ([figur 30](#)). Dette læreverket har også en “lag din egen værmelding”-oppgave der symboler skal plasseres på et kart ([figur 31](#)). Disse oppgavene kategoriserer jeg som å lage modeller, med potensial for å uttrykke og utvikle elevers forståelse for temaet.

Værmeldingskartet skal presenteres for klassen, og materialvalg i husene skal diskuteres.



Figur 30. Plassere ut digitale objekter som gjengir ulike materialer for å lage en modell av et hus i *Solaris* trinn 1 skjerm 3.1.4.



Figur 31. lag din egen værmelding i *Solaris* trinn 1, skjerm 2.4.7 støtter både tegning på skjerm og plassering av værsymbol.

Et læreverk har flere oppgaver på 7. trinn der elevene skal tolke eller reprodusere modeller med fysiske aktiviteter. De skal lage og sammenligne to modeller om sol, jordklode og måne. En annen aktivitet går ut på å dramatisere partikkelmodellen og faseoverganger ([figur 32](#)). Med Gilbert & Boulter's terminologi går denne aktiviteten ut på at elevene lager gestiske modeller.



Figur 32. Eksempel på aktivitet der elevene skal lage en gestisk modell, *Refleks*, trinn 7., skjerm 5.12.2 (utsnitt)

For å beskrive aktivitetene og modellene brukes det ingen digitale virkemidler utover å vise bilder og tekst, det vil si akkurat de samme modalitetene og semantiske ressursene som i læreboka. Når elevene får i oppgave å tolke eller sammenligne de konkrete modellene de har lagd ved hjelp av tegninger og instruksjoner, brukes tekstproduksjon til å svare på spørsmål. Dette er et sjeldent eksempel på innhold i kategorien “forstå modellens formål og begrensninger” ([figur 33](#)).

The screenshot shows a digital task interface titled "Oppgave 24". It contains two questions, each with a text input field below it. The first question asks for the difference between two models. The second question asks for the best model to explain something.

**Oppgave 24**

Samanlikn splittbindersmodellen frå modulen "Månen er den nærmaste naboen vår" med Isoporkulemodellen frå modulen "Dag og natt til ulik tid".

Kva er forskjellen mellom dei to modellane?

Kva er splittbindersmodellen best på å forklare?

Figur 33. Tekstproduksjon for å vurdere og sammenligne modeller. *Refleks* trinn 7, skjerm 3.15.1 (utsnitt)

En annen oppgave som nok er ment som et bidrag til å forstå modeller og modellering mer generelt, bruker observasjon av bilder på skjerm til å starte en faglig samtale med en humoristisk vri ([figur 34](#)). En slik samtale kan også bidra til forståelse av modellens formål.

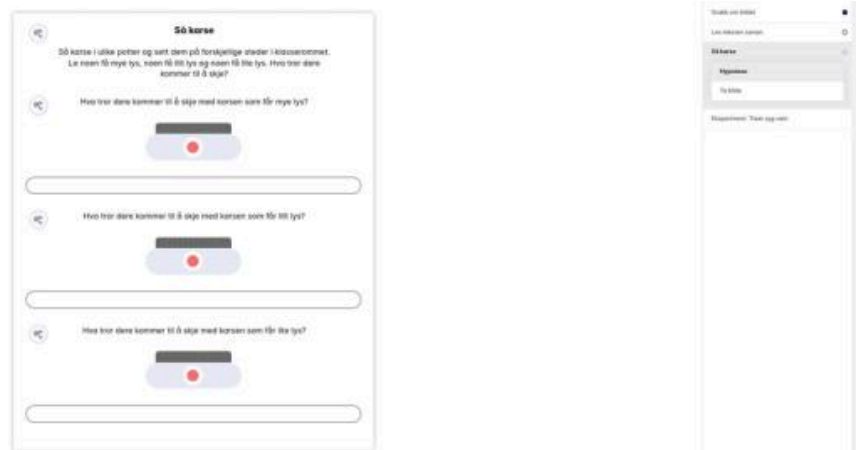


Figur 34. “Hvem skal ut”-skjerm fra *Naturfag* legger opp til en humoristisk vri på en faglig samtale om modeller. Trinn 7, skjerm 2.17.1.

#### 5.2.4 Forstå tentativitet og evidens / lage og teste hypoteser

Tentativitet og evidens er også en del av det vitenskapsteoretiske grunnlaget elevene må kjenne til. Å lage og teste hypoteser kan fremme forståelsen av tentativitet og evidens.

Det meste av fagstoffet i disse kategoriene er plassert på 7. trinn, selv om læreplanen har relaterte kompetansemål også etter 2. trinn. Et læreverk har en oppgave på 1. trinn som dreier seg om å så karse og formulere hypoteser om hvordan karsen vil spire under ulike forhold. Hypotesene skal leveres som tekst eller lydopptak, og funn dokumenteres med foto ([figur 35](#), [figur 36](#)).

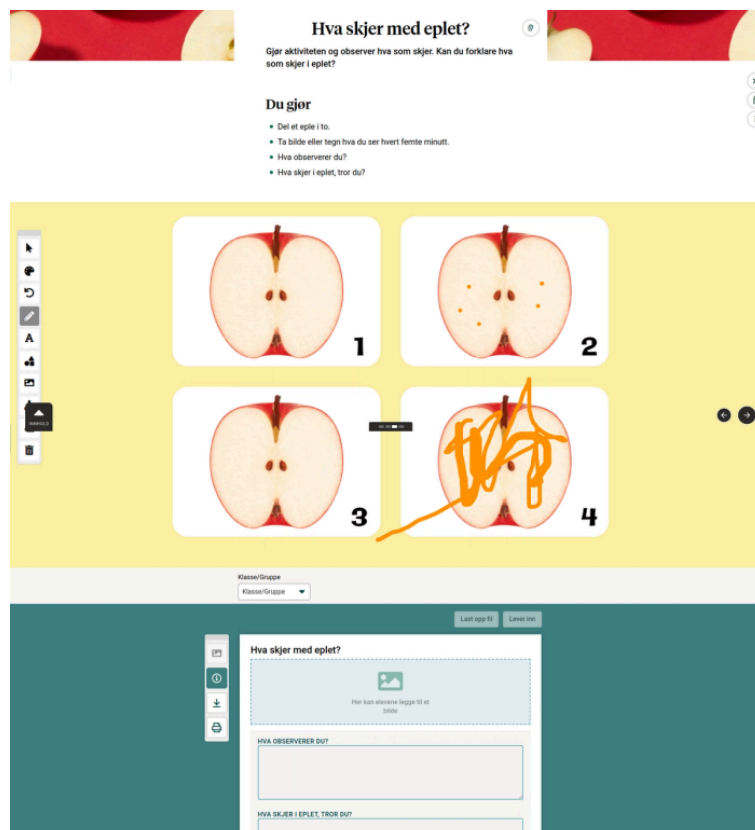


Figur 35. Skriveramme med opptaksmulighet for å formulere hypoteser om karse i *Refleks* 1. trinn, skjerm 2.5.5 (utsnitt).



Figur 36. Laste opp bilder for å dokumentere utfallet av karse-prosjekt, *Refleks* trinn 1, skjerm 2.5.6 (utsnitt)

Et av de mindre vanlige virkemidlene som er registrert her er “tegne bilder eller figurer på skjerm”. Det brukes i et læreverk for å dokumentere hva som skjer med fruktkjøtt fra et eple når det blir utsatt for luft. Målet er at elevene skal diskutere fargeendringer som evidens for kjemiske reaksjoner. (figur 37).



Figur 37. *Solaris* trinn 7 skjerm 3.2.3, “hva skjer med eplet?”. Eksempel på skriveramme for å skille mellom observasjoner og konklusjon, utskriftsfunksjon og tegning på skjerm for å forstå evidens og slutninger. (utsnitt)

Et læreverk legger til en knapp som bruker virkemiddelet “angre / tilbakestille / prøve på nytt” når eleven skal besvare en serie vitenskapsteoretiske faktaspørsmål om evidens og slutninger (figur 38). Denne vil slette all tekst eleven har skrevet inn på alle 6 skjermene og starte fra første skjerm igjen. Det er slik mulig å fylle ut tekstfeltet om slutninger mange ganger.



Figur 38. Spørsmål om tentativitet og evidens med tilbakestill-knapp i *Solaris 7*. trinn skjerm 3.10.4.3.

Virkemiddelet tekstproduksjon brukes både til svar på enkle spørsmål og i skriverammer som skiller tydelig mellom hypoteser, evidens og slutninger - men det er ikke lagt til virkemidler eller for relaterte prosesser som kommentarer og revisjon, som jo er sentrale egenskaper både ved vitenskapelige utviklingsprosesser og elevers læringsarbeid.

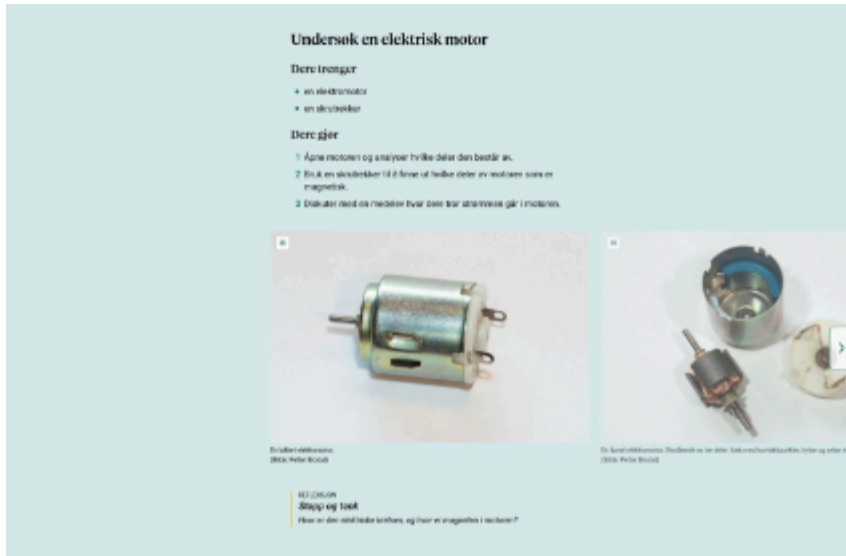
### 5.2.5 Gjennomføre forsøk

Forsøk er en populær kategori i naturfagdidaktikk, og elevene skal ofte både få konkret erfaring med fagstoffet og bli kjent med naturfaglige sjangre som forsøksrapporter. De fleste forsøkene i læreverkene er “kokebok-forsøk”, det vil si oppskrifter elevene skal følge mot et resultat lærebokforfatteren vet vil skje.

Forsøkene har ofte en todelt struktur, først forklaringer og instruksjoner, så rapportering. Av og til blir det eksplisitt etterspurt hypoteser som skal formuleres før gjennomføring.

Instruksjonene blir stort sett gitt som lister, noen ganger med bilder, og et forsøk har også små videoer for å formidle hva som forventes å skje. Et forsøk i ett læreverk bruker virkemiddelet vise/skjule innhold for å kontrollere progresjon og vise ett steg av gangen ([figur 39](#)).





Figur 39. Vise/skjule innhold for å lage et “karusell”-grensesnitt for å konsentrere seg om ett steg i et forsøk av gangen, *Solaris* trinn 7, skjerm 4.6.1

To av læreverkene bruker virkemidlet tekstinput, altså at en skal skrive inn enkelt-ord eller tilsvarende kort tekst for å registrere data. Et eksempel er forsøket “hva leder strøm?” som oppgir en del materialer som skal testes med små tekstfelt for å skrive inn hypotese, begrunnelse og resultat (figur 40). Det er et effektivt grensesnitt for data-registrering, men resultatene blir så vidt jeg ser ikke brukt til noen flere formål som statistikk eller rapportering.

**Kva leier straum?**

No skal du lage eit teknologisk system for å teste kva som leier og ikkje leier straum.

**Del 1**

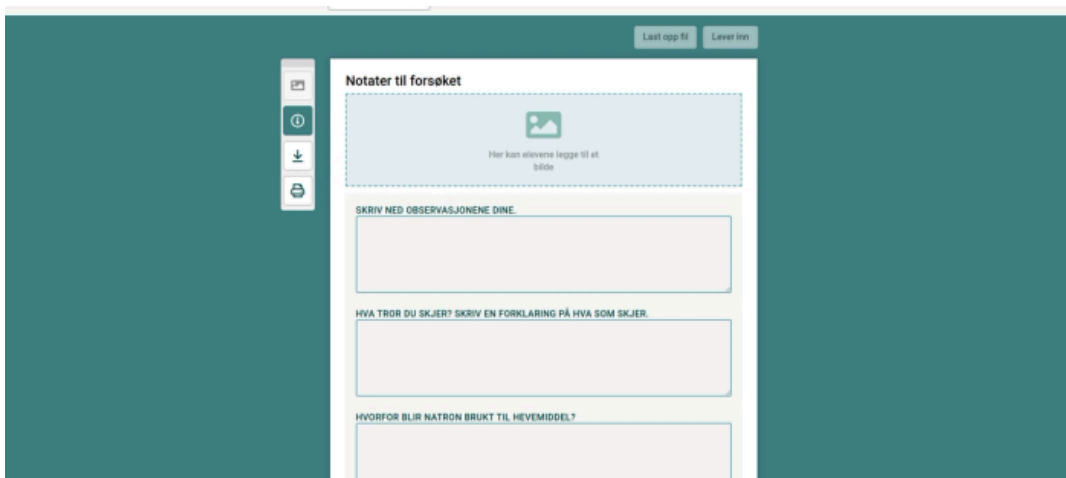
I tabellen nedanfor er det lista opp seks ulike materiale og gjenstandar. Nokre av dei leier elektrisk straum, andre leier ikkje elektrisk straum. Utfordringa di er å finne ut kva for nokre materiale og gjenstandar som er leiarar, og kva for nokre som er isolatorar. Finn eit par materiale sjølv som du vil teste. Før testinga må du lage ein hypotese for kvar av gjenstandane.

Testobjekt	Hypotese – leiar eller isolator?	Kvifor trur du det?	Leier straum	Isolerer straum
Vatn	Skriv svaret ditt her <input type="text"/>	Skriv svaret ditt her <input type="text"/>	Skriv svaret ditt her <input type="text"/>	Skriv svaret ditt her <input type="text"/>
Handflata di	Skriv svaret ditt her <input type="text"/>	Skriv svaret ditt her <input type="text"/>	Skriv svaret ditt her <input type="text"/>	Skriv svaret ditt her <input type="text"/>

Figur 40. Tekstinput for å registrere resultat mens en gjennomfører forsøk i *Refleks*, trinn 7 skjerm 2.12.1 (utsnitt). Skjermbildet er kuttet, og lenger nede i tabellen er det flere rader der elevene selv skal velge materialet som skal testes.

Alle tre læreverk bruker ulike varianter av skriverammer på 7. trinn, der tekstproduksjon i en gitt mal er sentralt. Tekstproduksjon kombineres gjerne med å legge inn egne bilder, velge bilder eller fraser fra virtuelle “bibliotek”, og fullføre påbegynte fragmenter av tekst.

Selv om alle tre læreverk bruker skriverammer, er det store forskjeller mellom måten disse er lagt opp på. To av læreverkene har en enkel “svar på spørsmålene”-mal der hver tekstboks som skal skrives i er under et spørsmål som skal besvares. Noen steder kan det legges til et bilde, men bare ett ([figur 41](#) fra *Solaris*, [figur 42](#) fra *Refleks*, se også skriveramme nederst i [figur 37](#)).

The image shows a screenshot of a digital writing template. At the top right, there are two buttons: "Last opp fil" and "Lever inn". On the left side, there is a vertical toolbar with icons for a folder, a clock, a download arrow, and a printer. The main content area is titled "Notater til forsøket" and contains a dashed box with a plus icon and the text "Her kan elevene legge til et bilde". Below this are three text input fields, each preceded by a question: "SKRIV MED OBSERVASJONENE DINE.", "HVA TROR DU SKJER? SKRIV EN FORKLARING PÅ HVA SOM SKJER.", and "HVORFOR BLIR NATRON BRUKT TIL HEVEMIDDEL?".

Figur 41. Skriveramme med tekstproduksjon, sett inn eget bilde og generer elevprodukt for å laste ned eller skrive ut-knapper, *Solaris*, trinn 7 skjerm 3.7.1 (utsnitt)

The image shows a mobile application interface for writing a report. At the top, there are icons for a microscope, a chemical structure, and a flask, followed by the title "Rapport". Below this is a "TITTEL:" label and an empty text box. The main area contains several "Velg..." (Choose...) buttons, each followed by a text input field. A rich text editor toolbar is visible between the first and second input fields, containing icons for bold, italic, underline, strikethrough, text color, background color, bulleted list, numbered list, indent, outdent, link, unlink, undo, redo, and a close button. Below the input fields, there is a large black area with a camera icon and the text "Start kamera". To the right, a sidebar menu is visible with the title "Tre fasar - ei sprøyte" and a list of items: "Tre fasar - ei sprøyte", "Rapport - Tre fasar", and "Oppgaver". At the bottom, there is a green button with the text "Neste" (Next) and arrows on either side.

Figur 42. Skriveramme for forsøksrapport, *Refleks*, trinn 7 skjerm 5.5.6

Det tredje læreverket gir skriverammene en form som er nærmere en ekte forsøksrapport. Her ligger bl.a. framgangsmåten allerede inne som redigerbar tekst - stegene elevene skal følge blir en del av den endelige rapporten, samtidig som de kan endres dersom forsøket skal utføres på en annen måte. Elevene kan både laste opp egne bilder og velge fra relevante illustrasjoner forlaget har forberedt, og det er ofte mulig å legge inn 2-3 bilder for hvert

forsøk. Skriveramme-grensesnittet indikerer også hvor i det ferdige dokumentet bildene vises. Tekstfeltene legger opp til å skrive hypotese, framgangsmåte, observasjoner, konklusjon og diskusjon, og det er knapper for å forhåndsvisne den genererte rapporten og skrive den ut på papir. (figur 43).

Tittel på eksperimentet:


## Hva skjer når luft varmes opp?

Oppdrag:

- undersøke hva som skjer når luft varmes opp
- bruke partikkelmodellen til å forklare hva som skjer

Ting du trenger:

- ballong
- glasskolbe
- gassbrenner
- stativststyr
- vernebriller

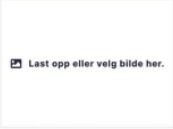


Hypotese:

Hva tror du skjer med ballongen når vi varmer opp lufta i glasskolben?

Framgangsmåte:

- Tre ballongen over åpningen på glasskolben.
- Sett glasskolben på stativet.
- Tenn gassbrenneren og sett den under glasskolben.
- Hva skjer med ballongen?
- Beskriv hva du observerer.

 Last opp eller veig bilde her.

Observasjoner og resultater:

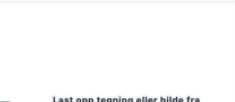
Beskriv hva du observerte. Hva skjedde da du varmet opp lufta i glasskolben? Var det andre ting du la merke til?

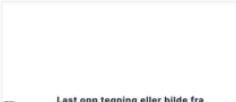
Konklusjon:

Hva fant du ut? Bruk partikkelmodellen for å forklare hva som skjedde.

Diskusjon:

Gikk eksperimentet som planlagt? Var det noe som overrasket deg?

 Last opp tegning eller bilde fra

 Last opp tegning eller bilde fra

**FERDIG**

Figur 43. Skriveramme med tekstproduksjon og legg til egne bilder for å skrive forsøksrapport, *Naturfag* trinn 7, skjerm 2.15.2

# 6 Drøfting

## 6.1 Produkt-dimensjonen

### 6.1.1 Begrepsutvikling - utvikle vokabular og bruke faglige begreper

Et sterkt fokus på “det begrepsmessige innhold i faget” (Sjøberg, 2011, s. 399) er essensielt for et fag fullt av ord og begreper.

Kunnskap bygges stein på stein, og det er ofte lettere å huske ny kunnskap om den knyttes til eksisterende. Da må en først huske hva en kan fra før som kan knyttes til emnet det skal undervises i, og både bromodellen (Thise & Vilién, 2021, s. 18ff) og mye annen didaktikk understreker betydningen av å bli kjent med elevenes forkunnskaper og mulige misoppfatninger om et emne når en skal introdusere nye begreper (Sjøberg, 2011, s. 348; Smith, 2016, s. 322; Staberg et al., 2020, Kapittel 4).

Dersom vi sammenligner bruken av virkemidler med “bromodellen”, ser vi at de mest brukte virkemidlene - å observere bilder eller video på skjerm som støtte for samtaler, og tekstproduksjon - ser ut til å passe best i fasene 1, 2 og 4. Å samtale om bilder med fagord knyttet til innholdet i bilder eller video legger trolig til rette for fase 1 og 2, “aktivere hverdagsspråk” og “introdusere fagspråk”, og tekstproduksjon for fase 4, “produsere fagspråk”.

De fleste funnene som synes å støtte opp under “aktivere hverdagsspråk”-delen av bromodellen, er virkemidler som egner seg for lærer-styrte samtaler i plenum. Sett under ett er tekstproduksjon det eneste digitale virkemiddelet for å aktivere hverdagsspråk og forkunnskaper som legger opp til individuell aktivitet fra hver elev. Bilder, videoer og spørsmål til diskusjon legger i større grad til rette for lærer-styrt aktivitet.

Virkemidlene som legger til rette for klasseromssamtaler er mest brukt på barnetrinnet og tekstproduksjon mest på 7. trinn. Her kan tekstproduksjon være brukt til å aktivere hverdagsspråk i form av enkelt-spørsmål i forkant av gjennomgang av fagstoff, ofte knyttet til et bilde eller en kort video.

Det er påfallende at de digitale læreverkene synes å legge best til rette for fasene 1, 2 og 4, fordi fasen bromodellen er klar på at undervisningen bør bruke mest *tid* på er den tredje

fasen, “arbeide med fagspråk sammen”. Det er ikke i noe læreverk lagt til rette for noe *samarbeid* om skriftlig tekst. Det er teknisk mulig å legge til rette for f.eks. at flere kan redigere samme tekst samtidig, men ingen av læreverkene støtter dette.

Det er heller ikke tydelig hvordan underveisvurdering av tekster, som Mork og Erlie regner som en viktig del av prosessen (2017, s. 105), vil vises i grensesnittet. Jeg regner med at tekster skrevet inn i læreverkens tekstproduksjons-verktøy blir presentert for læreren for retting, men hvor vil rettelser og kommentarer vises dersom en lærer retter feil eller kommenterer på en tekst? Skriftlig underveisvurdering og tilbakemeldinger er en form for “arbeide med fagspråk sammen”-aktivitet. Det kunne vært lagt til rette for f.eks. lærer-kommentarer knyttet til markerte deler av en tekst som redigeres, forslag fra læreren til alternative formuleringer eller ord, og kan hende til og med en revisjons-historikk for tekster som ville latt eleven se utvikling i sin egen begrepsbruk.

Det finnes noen få eksempler på oppgaver som dreier seg om å sette inn riktige fagord for å fullføre en tekst med “hull” i. Mork og Erlie skriver om slike oppgaver at de ikke anerkjenner “betydningen av å vurdere elevenes evne til å bruke det naturvitenskapelige språket” (Mork & Erlie, 2017, s. 91), så selv om jeg koder dem under begrepsutvikling er ikke forskningen helt overbevist om at det er en effektiv måte å jobbe med ordforråd på.

På 7. trinn bruker noen læreverk tekstproduksjon til å besvare et “hva tror du..?” spørsmål i starten av kapitlet, for eksempel starte kapitlet om faseoverganger med å spørre hvor vannet som forsvinner fra en kokende kjele blir av. Dette er også en type oppgaver som hører til i fase 1 av bromodellen, fordi poenget er å aktivere elevens eksisterende kunnskaper og vokabular. Vurdert opp mot Mork og Erlies viktige aspekter ved skriving i naturfag (Mork & Erlie, 2017, Kapittel 3) framstår det som noe uklart om teksten som skal skrives for å besvare slike spørsmål har en mottaker, eller om det er ren tenkeskriving for egen del. Om spørsmålet diskuteres i klassen er det en helt annen og mer konkret mottaker for et utsagn. Når spørsmålet er formulert som “hva *tror* du..?” er det også uklart om og hvordan læreren bør gi tilbakemelding.

En original løsning som bare finnes i ett læreverk, er å be eleven prøve å definere noen utvalgte og viktige begreper *før* gjennomgang av fagstoffet, og så vise samme side på nytt og be dem *revidere egne definisjoner* etter at kapitlet er gjennomgått. Gjennom virkemiddelet tekstproduksjon legger dette til rette for individuell innsats for å aktivere kunnskaper om ordene som er utvalgt. Dette kan fungere som en måte å involvere elevene i en kartlegging av

forkunnskaper på, noe som ifølge Kolstø et al kan være et grunnlag for utviklingen av metakognisjon og evne til egenvurdering (2011, s. 129). Det kan også bidra til tydelige læringsmål og kriterier, og gjøre elevene mer bevisste om egen utvikling, men det er også her noe mer uklart hvordan de konstruktive tilbakemeldingene og underveisvurderingene skal formidles. Her er det heller ingen digitale virkemidler knyttet til mulige kommentarer fra lærer eller medelever. Dette bidrar til at skillet mellom tankeskriving for egne notater og presentasjonskriving for å formidle noe til en mottaker også i dette grensesnittet forblir uklart. Eleven får nok en implisitt forståelse av hvordan hans egne kunnskaper om de utvalgte begrepene har utviklet seg, men oppgavas potensiale for egenvurdering blir neppe helt utnyttet uten konstruktive tilbakemeldinger på utviklingen og en mer summativ bekreftelse på at definisjonene til sist er blitt korrekte. En slik summativ vurdering bør gis på en måte som samsvarer med formative vurderinger underveis (Kolstø et al., 2011, s. 175), noe som også hadde vært lettere å gjennomføre dersom læreverkene hadde hatt flere digitale virkemidler for å gi fortløpende tilbakemelding på skrevne tekster. I følge Kempe et al støtter “collaborative digital text books” i det svenske markedet funksjoner for formativ tilbakemelding på skriftlige oppgaver (2019, s. 2193).

I grensesnittet for å skrive og revidere definisjoner av fagord før og etter gjennomgang av stoffet kjenner vi også igjen fase 1 og 4 fra bromodellen, og det er heller ikke her tilrettelagt for fase 3. Dette gjøres også bare på 7. trinn, kanskje fordi tekstproduksjon er virkemiddelet grensesnittet er basert på. Å bruke andre virkemidler, for eksempel lydopptak, kunne lagt til rette for at også elever på barnetrinnet ville kunne formulere og revidere definisjoner.

Når læreverkene legger til rette for opplest tekst følger mesteparten av den oppleste teksten, men ikke alt, Kubas et al.s prinsipp om stemmebruk ettersom den er lest inn av virkelige mennesker (Kuba et al., 2021). Noen læreverk eksperimenterer i større eller mindre grad med tekst-til-tale teknologi og data-genererte lydfiler for opplesing av tekst. Etter å ha lyttet til en del av resultatene må jeg si meg enig med Kuba i at en menneskelig oppleser fortsatt er et bedre alternativ. Jeg har blant annet registrert tilfeller der den automatiske stemmen bruker feil tonem eller andre former for gal uttale. Begreper skal brukes både muntlig og skriftlig, så å lære feil uttale vil helt åpenbart være en ulempe for arbeidet med begrepsutvikling.

På 7. trinn introduserer læreverk tekst-baserte, autoritative definisjoner knytta til viktige fagord. To av læreverkene bruker lenker som virkemiddel, slik at eleven kan klikke på noen få, utvalgte ord som lærebokforfatteren regner som vanskelige, og få opp forklaring i en liten

boks. Virkemidlet “vise/skjule innhold” brukes på liknende måte i oppgava med digitale “kort” som skal “snus” for å vise definisjonen av et bestemt ord. Det at begrepsutvikling i 1. klasse fokuserer på samtaler og på 7. trinn på å vise/skjule definisjoner og tekstproduksjon antyder kanskje at læreverkene regner med at å bygge vokabular i større grad er et felles prosjekt på 1. trinn, men et mer individuelt på 7. Her bør nok lærerens opplegg utfylle de digitale virkemidlene slik at språket fortsetter å være et felles kommuniserende fenomen også på 7. trinn, for eksempel ved å bruke høytlesing og diskusjon knyttet til korte skriveoppgaver (Mork & Erlie, 2017, s. 35).

Både muligheten for å få tekst opplest og at fagord lenkes til definisjoner som kan vises med et klikk kan ses som forsøk på å tilpasse læremiddelet til hver enkelt elevs behov for lesestøtte og begrepsutvikling. Utstrakt bruk av opplest tekst kan jo sies å støtte individuelt arbeid med fagord før leseferdighetene har kommet langt nok til at teksten dekodes flytende. Samtidig er det et virkemiddel som muligens kan komme litt i veien for trening på å *lese* tekst, dersom elevene foretrekker å lytte også når de egentlig burde trene mer på lesing. Så vidt jeg vet tillater ingen av læreverkene læreren å styre hvilke virkemidler som brukes overfor hver enkelt elev. Å kunne skru av opplest tekst for bestemte elever ville muligens vært et virkemiddel for å stimulere til å øve på egen lesing.

Når et læreverk sammen med virkemiddelet tekstproduksjon tilbyr et “bibliotek” av utvalgte ord som kan settes inn i teksten, er det nærliggende å tro at dette er spesielt viktige fagord i akkurat denne sammenhengen. For at elevene skal øve mest mulig på å bruke dem, hadde det kanskje vært en idé å kreve at hele utvalget skal brukes for at teksten skal kunne sendes inn? Det hadde også vært interessant om læreren kunne styre hvilke ord som blir foreslått.

Når forskningen viser at elever også har problemer med ord som ikke er naturfag-spesifikke (Mork & Erlie, 2017, s. 29f), er det et paradoks at læreverkene så vidt jeg har observert i svært liten grad jobber med å forklare vanlige ord av typen *kompleks*. På 1. trinn er de aller fleste ordene elevene jobber med navn på konkrete ting eller adjektiver som beskriver konkrete egenskaper. På 7. trinn knyttes lenkede forklaringer nesten bare til rent “naturfaglige” ord.

Begrepsutvikling har kanskje den største variasjonen i virkemiddelbruk og oppgavetyper av alle de didaktiske utfordringene. 1. trinn har eksempler på for eksempel tankekart, kryssord, “stokk bokstaver riktig”-oppgaver, “fullfør ord med manglende bokstaver”-oppgaver og “sorter elementer i riktig rekkefølge”-oppgaver. På trinn 7 bruker et av læreverkene



“nedtelling” - en elevstyrt aktivitet som dreier seg om at to medelever skal snakke i annenhver gang i 30 sekunder om et oppgitt emne, mens grensesnittet teller ned til hver enkelt er ferdig. Det brukes til å stimulere til muntlig aktivitet om stoff i ulike faser, og presenterer en klar utfordring for elevenes vokabular og forståelse av fagord. På samme trinn finnes til og med en quiz som en klasse kan gjøre sammen og se resultater i sanntid (faktisk det eneste tilfellet av sanntids-kommunikasjon om resultater i alt analysert materiale!).

På tvers av læreverkene er det altså en stor variasjon i virkemidler og oppgaveformer i denne kategorien, noe som reflekterer hvor viktig begrepsutvikling er. Samtidig vil jo de fleste lærere bare ha ett læreverk tilgjengelig, og det er helt åpenbart rom for å øke variasjonen i oppgaver *innenfor* hvert verk selv om alle verkene sett samlet begynner å tilby et ganske rikt spekter av oppgavetyper. Det er også en tydelig tendens at variasjonen avtar på 7. trinn, der den økte bruken av virkemiddelet tekstproduksjon antyder kravene som stilles til elevene i starten av ungdomsskolen, og muligens sier noe om at læreverkene regner med at de ikke lenger har behov for å prøve sin egen forståelse av enkeltord med oppgaver som gir øyeblikkelig rett/galt-svar, eller ikke lenger er lekne nok for å klikke og dra for å kategorisere etter plassering. Med tanke på hvor viktig begrepsforståelse er, og at elever har store utfordringer med å tolke og bruke mange typer ord som brukes i naturfag-sammenheng korrekt, er det trolig viktig å holde fast på en stor variasjon i både typer ord som forklares og arbeides med og bruke et bredt spekter virkemiddel og oppgavetyper også på ungdomstrinnet.

### 6.1.2 Kjenne og forstå naturvitenskapelige forklaringer for prosesser

Innhold knyttet til å forstå prosesser er bare registrert på 7. trinn, og dette skyldes nok at læreplanen for 1.-2. trinn konsentrerer seg om observerbare egenskaper og kvaliteter, og at emner som forklaringer på fysiske, kjemiske eller biologiske prosesser regnes som mer avanserte (Utdanningsdirektoratet, 2020).

Alle tre læreverk introduserer partikkelmodellen og belyser prosesser som faseoverganger og kjemiske reaksjoner i innholdet for 7. trinn. Et læreverk dekker også geologiske prosesser og det geologiske kretsløpet.

Dette fagstoffet i naturfag er kjennetegnet av fakta som bygger på hverandre. Faseoverganger og kjemiske reaksjoner som observeres på makronivå forklares gjennom partikkelmodellen på mikronivå (Hannisdal & Ringnes, 2021, s. 20). For å kunne knytte nye kunnskaper til eksisterende og la mer komplekse mentale modeller bygges fra de enklere, må elevene ha en

basis av faktakunnskap om for eksempel partikkelmodellen. Samtidig er det å formidle og presentere kunnskap en viktig side av naturfaglig praksis, og oppgaver knyttet til dette kan hjelpe elevene å sette fagstoffet inn i en sosial kontekst, med *formidling* til forestilte eller reelle mottakere som formål (Mork & Erlie, 2017, Kapittel 3). Derfor har alle læreverkene oppgaver som handler om både innøving og formidling av kunnskap, og mange av disse er knyttet til fagstoffet om partikkelmodell og prosesser.

Virkemidlene som er registrert for å presentere dette fagstoffet, er noe overraskende hovedsakelig statiske bilder og tekst, med sporadisk bruk av video. De fleste av de få videoene viser prosesser på makronivå, som hverdagslige eksempler på faseoverganger eller kjemiske reaksjoner.

Interaktive animasjoner og simuleringer for å lære om naturfaglige spørsmål er det utviklet mange av, for eksempel fra det kjente PHET-prosjektet ved universitetet i Colorado (Wieman et al., 2008) - men læreverkene ser ikke ut til å ha tatt slike virkemidler i bruk i noen særlig grad. I alle læreverkene til sammen er det bare registrert én interaktiv animasjon, som handler om atomer og molekyler. Jeg har også bare registrert to forekomster av video som prøver å forklare partikkelmodellen på mikronivå.

Når det gjelder oppgaver knyttet til stoffet, er det litt større variasjon i bruken av virkemidler - men ett av de tre læreverkene står for det meste av variasjonen, de to andre bruker mest tekstproduksjon samt noe bruk av opplasting av egne bilder. Dette reflekterer nok at tekstproduksjon generelt brukes i mye større grad enn andre virkemidler i oppgaver på 7. trinn, der alt dette innholdet altså er plassert. Det er også knyttet til at en del av oppgavene rundt dette fagstoffet er forsøk det skal skrives forsøksrapporter for. Virkemidlene knyttet til gjennomføring av forsøk og disse rapportene kommer jeg tilbake til i et eget kapittel.

Dette stoffet er fullt av relativt abstrakte fakta, og det kan være vanskelig tilgjengelig dersom ikke elevene får rike muligheter til å bearbeide innholdet og vurdere sin egen forståelse av det. Det kan være fristende å tenke at fakta i våre dager er noe du søker opp heller enn øver på. Sjøberg hevder at det kanskje er tvert om - at mengden ustrukturert informasjon på nett heller øker betydningen av fagkunnskap (2011, s. 417) - og det skrev han flere år før vi ble presentert for kunstig intelligens i form av store språkmodeller som kan hallusinere de mest forunderlige fakta-aktige fantasier.

En ulempe med tekstproduksjon som virkemiddel, er at det er langt vanskeligere for læreverket å gi fortløpende rett/galt tilbakemelding når eleven skal svare med fri tekst. Her skiller altså det ene læreverket seg ut med langt større variasjon i oppgavene og mer bruk av øyeblikkelig rett/galt-tilbakemelding i oppgavene som ikke bruker tekstproduksjon som virkemiddel. De to læreverkene som i større grad har byttet ut andre virkemidler med tekstproduksjon på 7. trinn har altså færre muligheter til å tilrettelegge for dette.

Alt innholdet jeg har registrert knyttet til innøving og formidling av kunnskap om prosesser er oppgaver som dreier seg om fakta. Det vil si at jeg ikke har funnet noe i læreverkene som presenterer teori om *hvordan* en kan øve inn eller formidle kunnskap. Slik teori er implisert i måten oppgavene er implementert på, men studie- eller presentasjonsteknikk er altså i svært liten grad gjort eksplisitt. Det er ikke en gang implisert i grensesnitt og virkemidler at *repetisjon* kan være nyttig for å lære noe (Kang, 2016; Kuba et al., 2021). Riktignok er det flere steder lagt inn en “tilbakestill”-knapp, men jeg har ikke registrert noen veiledning for enten elev eller lærer som forklarer hvordan denne kan brukes. Spesielt når virkemiddelet for å svare på spørsmål er tekstproduksjon, er det uheldig å prøve en “tilbakestill”-knapp - den sletter nemlig alt som hittil er skrevet. Med eller uten en algoritme for intervall-basert repetisjon (Schimanke et al., 2014), hadde det vært interessant for innøving og vurdering av egen læring å ha flere oppgaver med øyeblikkelig rett/galt-tilbakemelding og tydeligere tilrettelegging for repetisjon.

En annen overraskelse er at jeg ser relativt lite fokus på prosessord, spesielt i nominalisert form (Mork & Erlie, 2017, s. 27). Når læreverkene for eksempel gir oppgaver av typen “fullfør setningen med å sette inn riktig ord” er også i dette fagstoffet relativt konkrete substantiver som *vann* og *is* som skal brukes for å fullføre setninger. Det virker ikke som om læreverkene har en klar målsetting om å la elevene bruke prosessord aktivt.

### 6.1.3 Lese og tolke modeller

Modeller er varierte, men forenklete representasjoner som uttrykker aspekter ved vår forståelse av virkeligheten (Pajchel et al., 2019). De fleste modellene elevene skal lese og tolke i læreverkene er visuelle. Noen er språklige, for eksempel når månen sammenlignes med en refleks, men jeg har ikke funnet noen som kan kategoriseres som matematiske, gestiske eller konkrete (Gilbert & Boulter, 2012, s. 13). Dersom et læreverk ønsket å presentere for eksempel modeller som uttrykkes i konkrete materialer eller gester for at

elevene skal tolke dem, ville de trolig bli implementert som video i den digitale verden vi opererer i her. Det finnes noen oppgaver som går ut på å lage egne konkrete og gestiske modeller - disse drøftes i kapitlet “lage egne modeller”.

Ettersom mitt fokus har vært digitale virkemidler, kan jeg ha oversett modeller som er integrert i løpende tekst og ikke knyttet til oppgaver eller andre typer innhold som bruker de digitale virkemidlene jeg ser etter. Jeg har heller ikke kartlagt språklige modeller i særlig grad, men har notert meg enkelte eksempler.

Som med fagstoff om prosesser, er bruk av modeller nesten bare registrert på 7. trinn, og modaliteten som brukes for modeller elevene skal lese og tolke er hovedsakelig statiske bilder. Hvilke virkemidler som brukes sammen med disse bildene, kan påvirke hva slags bruk modellene egner seg for. Et læreverk bruker for eksempel “vise/skjule innhold” sammen med modeller - et element av gangen kan vises og skjules. Innholdet dreier seg om navn på deler av modellen eller utdypende forklaringer. Dette kan tilrettelegge for diskusjon i plenum, og bidra til å styre progresjon og fokus når læreren eller en annen person som leder samtalen viser et navn eller en forklaring av gangen.

Når det er knyttet oppgaver til modellene, har et læreverk enkelte “klassifiser objekter etter plassering”- og “velg riktig ord”-oppgaver, mens et annet bruker tekstproduksjon. De førstnevnte, mer interaktive oppgavene tilbyr øyeblikkelig rett/galt-tilbakemeldinger og kan bekrefte at en elev tolker modellen riktig. Disse kan tenkes å støtte et tydeligere fokus på selve ferdighetene knyttet til å tolke modeller - men det er altså bare noen få av modellene i ett av læreverkene som knyttes til slike oppgaver. Det er også relativt få av modellene som har det tidligere nevnte virkemiddelet med som kan vises og skjules på bildet for mulig tilrettelegging for diskusjoner i plenum.

Når virkemiddelet tekstproduksjon brukes i oppgaver, er spørsmålene som stilles hovedsakelig faktaspørsmål om fagstoffet i modellene. Svarene skal lagres og trolig gis tilbakemelding av læreren. Igjen er det relativt få av bildene jeg har kategorisert som modeller som har tekstoppgaver knyttet til seg, og bare i ett av læreverkene.

Av dette følger at de aller fleste modellene er plassert som illustrasjoner i løpende tekst, og omtrent to av tre illustrasjoner klassifisert som modeller er *ikke* knyttet til noen oppgaver på samme underside(r) utover diskusjoner teksten oppfordrer til. Det er mulig at oppgaver som gjelder fagstoffet presentert i modellene finnes på et annet sted i læreverket, men dette bryter

i så fall med Mayer og Morenos prinsipp om sammenheng i tid og rom (2002, s. 113) og det er vanskelig å se for seg at elevene i så fall relaterer oppgavene om dette fagstoffet til modellen.

Inntrykket blir derfor at elevene hovedsakelig skal lære seg å tolke modeller gjennom å se på for det meste statiske bilder, lese tekster og eventuelt delta i eller lytte til diskusjoner. Det virker som læreverkene generelt oppfatter modellene som noe som skal illustrere teksten uten å kreve noe særlig øvelse for å tolkes. At to av tre modeller bare er brukt som illustrasjoner uten oppgaver direkte knyttet til seg i det hele tatt, underbygger at læreverkene i liten grad regner det å *tolke* modeller som en faglig utfordring elevene trenger støtte til.

Noen av læreverkene *har* innhold knyttet til å vurdere og sammenligne modeller, men dette innholdet er utelukkende knyttet til modeller elevene skal lage selv. Det gir læreverkens egne modeller en muligens utilsiktet autoritetsposisjon. For eksempel er det mange måter å representere atomer på, og de tre læreverkene bruker typisk nok tre helt ulike representasjonsformer. Her kunne læreverkene i langt større grad gitt elevene alternative modeller å sammenligne og evaluere, for å gå inn i metaperspektivene rundt hvilke modeller som egner seg best til å forklare ulike egenskaper og observasjoner.

Jeg hadde forventet å finne flere visuelle skalamodeller. Det er ulike modeller av f.eks. solsystem og partikler, men ingen av dem går helt konkret inn på *hvor* store eller små ting er. Det er interessant at skalamodeller i læreverkene først og fremst er språklige - de finnes bare i setninger som prøver å sammenligne ulike objekters skala med noe elevene kjenner bedre. Når modalitetene er tekst og statiske bilder, som i læreboka på papir, er det nok utfordrende å lage visuelle modeller for å forklare så store skalaforskjeller som det er snakk om her - men ekstra modaliteter som video og animasjon bør åpne nye muligheter.

#### 6.1.4 Forstå systematikk

Vitenskapelig kunnskap er nøye strukturert kunnskap, ofte arrangert i hierarkier og taksonomier. For å få en dypere forståelse for kunnskapen, er det viktig å bli kjent med de systematiske strukturene den organiseres etter (Sjøberg, 2011, s. 399). Heldigvis er det å sortere og klassifisere er en så grunnleggende aktivitet at dette fagstoffet introduseres allerede i 1. klasse. Men det er ganske tydelige forskjeller mellom både innhold og virkemiddelbruk på 1. og 7. trinn.

Å kunne dra objekter på skjermen hit og dit for å sortere dem eller knytte dem til kategorier er en form for oppgaver som skulle passe godt til “produkt”-perspektivet i dette fagstoffet - å bli kjent med vitenskapens kategorier og taksonomier. Likevel er det bare ett læreverk som har mange oppgaver som bruker virkemiddelet “klassifiser objekter etter plassering” for dette fagstoffet. En mulig grunn til at det ikke brukes enda mer, er at det helt tydelig regnes som et virkemiddel som passer best på barnetrinnet. Bare en oppgave knyttet til systematikkforståelse på 7. trinn med dette virkemidlet er registrert, samtidig som vi vet fra læreplanen at systematikk som *produkt* blir sterkere vektlagt på høyere trinn.

På barnetrinnet er det også mer lek-pregede oppgaver der kategorier ikke er de vitenskapelig “nyttige” kategoriene vi er vant til. For eksempel er det registrert ei oppgave der leker og andre objekter skal sorteres etter farge. Dette viser hvordan prosess-aspektene ved systematikk (“å sortere”) introduseres før produkt-aspektene (“vitenskapelige kategorier”) ved hjelp av den generelle affordansen dra-og-slipp og det didaktiske virkemidlet klassifisere objekter etter plassering. Sjøberg understreker at det er et læringsmål å bli kjent med kategorier som er nyttige og produktive i naturfaglig sammenheng, og problematiserer et læringssyn som ser på ferdigheter som et fenomen uavhengig av innhold (Sjøberg, 2011, s. 399). Å sortere leker etter farge introduserer neppe førsteklassinger for vitenskapelig produktive kategorier. Å sortere fotografier av *blomster* etter farge kunne kommet noe nærmere Sjøbergs anbefalinger, siden blomsterfarge er en av nøklene som kan brukes for å finne riktig art i botaniske oppslagsverk.

Det er også interessant at både virkemidlet “velge mellom svar-alternativ” og dra-og-slipp brukes litt om hverandre til oppgaver knyttet til dette innholdet. Jeg mener å observere at “velg riktig svar”-type grensesnitt brukes mer når oppgaver handler om kvaliteter og egenskaper, og “klassifiser objekter etter plassering” brukes når oppgaver handler om faktiske kategorier som “fugler” og “insekter” eller “bartrær” og “løvtrær”. Det å flytte på ting i rom tar lengre tid, og kan derfor gi et sterkere inntrykk av prosess og aktivitet - noe som uttrykker at det å systematisere i kategorier er en aktiv handling.

Enkelte av oppgavene her knyttes til ekskursjoner, der det f.eks. skal fotograferes høstløv sortert etter form og farge. Det å legge inn bilder burde være et virkemiddel som passer godt til for eksempel feltarbeid eller etterarbeid knyttet til innsamlingsoppgaver i felt, og dermed burde en kunne lage mange fine oppgaver knyttet til praktisk arbeid med systematikk. (Det er riktignok gjort noen grep som virker mindre gjennomtenkte - det er uklart hvordan det er

tenkt at en elev skal gå fram for å *fotografere et grunnstoff* og laste opp sitt eget bilde. De fleste vil nok måtte stole på et bildesøk på Google.)

Å legge inn egne bilder knyttet til ekskursjoner for å arbeide med systematikk virker som et eksempel på at et svært enkelt digitalt virkemiddel kan støtte opp under utforskende aktiviteter i naturen. Som sagt i innledningen er det neppe et mål å prøve å oppfylle alle didaktiske ønsker i naturfag med digitale midler, og læreverkene burde kunne utarbeide mange flere oppgaver der det digitale bare er et ekstra verktøy under verdifullt praktisk arbeid utendørs. Kanskje er det ikke en gang nødvendig å lage oppgaver som ser på “å sortere” som en abstrakt ting som må øves på ved å flytte objekter på skjermen til rød og gul kategori dersom elevene like gjerne kan sortere steiner eller blad i nærmeste skog eller park?

På samme måte er det nok artig å spille av lydopptak for å sortere ut dyr som kan prompe - men med tanke på alle dyre- og fuglelyder som kan brukes, er dette også et virkemiddel som trolig kan tas i bruk i større grad for dette fagstoffet, og det å kunne gjenkjenne noen karakteristiske fuglelyder ville kunne knytte kunnskapen fra de digitale læremidlene til elevens hverdag på en mer konkret måte enn det å vite om hoggormer kan prompe vil. Sjøberg understreker som sagt at målet er å lære elevene om kategorier som er nyttige og produktive i et vitenskapelig perspektiv, og dette målet kommer altså ikke alltid til uttrykk i innholdet for barnetrinnet. Det at virkemidlene gjør det mulig med en “leken” tilnærming skulle legge til rette for å introdusere flere av vitenskapens faktiske kategorier og systemer. Det er også mulighet for å kombinere virkemidler på flere måter enn det som gjøres i dag, for eksempel å kunne både spille av lyd og flytte på noe på skjermen slik at elevene kan lytte og kategorisere. Eller hva med å kunne skalere opp bilder for å studere mindre kjennetegn før en velger en kategori?

### 6.1.5 Oppsummering produkt-dimensjonen

Hvordan brukes så digitale virkemidler for at elevene skal lære om naturvitenskapens produkter?

Vi ser at fagstoffet introduseres på ulike trinn i tråd med læreplanen: begrepsutvikling og systematikk er representert på begge trinn, forståelse for prosesser og tolkning av modeller bare på 7. trinn. Hva presentasjonen av det faglige innholdet angår, gir bruken av foto, modeller som statiske bilder og fagtekster fortsatt et inntrykk av å være overført fra papir til skjerm. Dette er mindre merkbart på 1. trinn og mer på 7. trinn, kanskje fordi det blir langt

mere tekst å forholde seg til på 7. og det er enklere å tilpasse de kortere og mer visuelle presentasjonene på 1. trinn til skjermer.

I oppgavene knyttet til stoffet er det tydelig at det brukes flere forskjellige virkemidler i grensesnitt for å besvare oppgaver på 1. trinn enn på 7. trinn. Dette kan kanskje virke overraskende, for det ville være naturlig å forvente enklere grensesnitt på 1. og mer kompliserte på 7. trinn. Det handler imidlertid om at det stadig legges mer vekt på skriftlig arbeid oppover i skolen. To av de tre læreverkene gir nesten bare oppgaver som skal besvares skriftlig på 7. trinn, noe som kommer til uttrykk i datamaterialet ved at tekstproduksjon tar over for alle de andre virkemidlene.

Alle tre læreverk ser ut til å legge vekt på å støtte samtaler i klasserommet som pedagogisk framgangsmåte, og alle tre har mer innhold for slike samtaler på 1. trinn enn på 7.

Naturfag er kjent som et fag med mange fakta, og kanskje særlig i det fagstoffet som handler om vitenskapens produkter. Å lære fakta - både mer overfladig innlæring og dybdelæring når fakta skal knyttes til hverandre og kunne brukes til resonnementer - krever studieteknikk og at det øves på det å lære. Læreverkene har, så vidt jeg har kunnet observere, ikke stoff om studieteknikk. Virkemidlene som brukes legger også i liten grad til rette for repetisjon og øving. Det er riktignok en del "tilbakestill"-knapper knyttet til oppgaver, men jeg har ikke registrert at hverken lærere eller elever får noen veiledning fra læreverket om disse knappene og hvordan de er tenkt brukt. Vi vet at repetisjon er nyttig for å øve inn kunnskaper, kanskje spesielt intervall-repetisjon ("spaced repetition"), og en mulig bruk av dette virkemiddelet kunne være å oppfordre elevene til å tilbake stille og gå gjennom oppgavene på nytt med jevne mellomrom. Det ser imidlertid ikke ut til at dette er hensikten, ettersom det ikke er noen veiledning knyttet til slik bruk.

Klassifiser objekter etter plassering og flervalgsoppgaver med øyeblikkelig rett/galt-tilbakemelding og tilsvarende måter å sjekke egne svar på, er raskere og mer effektivt enn å vente på tilbakemelding fra en lærer. Dette kunne støtte kjapp repetisjon, og systemet kunne til og med kartlegge elevens progresjon med å lagre antall riktige svar fra ulike forsøk på de samme settene med oppgaver. Disse mulighetene brukes ikke.

Tekstproduksjon er et annet virkemiddel som kan ha en noe uklar funksjon. Dersom vi prøver å bruke teorien om elevers ulike mulige formål med å skrive på oppgavene som bruker tekstproduksjon til å gjengi fakta for å øve, ser vi at det er uklart om eleven egentlig forventes



å utføre *tenkeskriving* eller *presentasjonsskriving* (Mork & Erlien, 2017, Kapittel 3). Er det et notat, en *kunnskapslagrende* tekst eleven selv kan referere til senere, eller er det først og fremst en tekst som skal *presentere* elevens kunnskap for læreren? Det samme spørsmålet kan stilles når en kan svare med lydopptak - er det noe eleven selv skal kunne lytte til for å repetere pensum, eller noe som skal vurderes?

Å bruke naturvitenskapelig språk aktivt skriftlig er en viktig ferdighet. Men når tekstproduksjon brukes for å øve på fakta, legger de digitale læreverkene altså ikke på noen tydelig måte til rette for at elever skal bruke *tankeskriving* i form av notater, akkurat som de ikke støtter å la eleven permanent framheve ord, tegne figurer i margene eller på andre måter forholde seg like aktivt til teksten som det er mulig å gjøre på papir. Det hadde vært mulig å klargjøre ved å bruke ulike virkemidler om eleven skriver tekst som skal gjennom en skriveprosess med retting og kanskje revisjon, og når hen bare tar notater til eget bruk.

## 6.2 Prosess-dimensjonen

### 6.2.1 Undre, observere og resonnere

Elevene må øve seg i å bruke fundamentale ferdigheter som observasjon i en naturfaglig kontekst. Det er en aktiv og kompleks handling (Eberbach & Crowley, 2009, s. 43).

Alle læremidlene har innhold som jeg har klassifisert som innhold for å hjelpe elevene å øve opp observasjonsferdigheter.

Særlig på første trinn bruker læreverkene virkemidler stort sett for å legge til rette for samtaler i klasserommet og andre lærer-styrte aktiviteter som skal bidra og tilrettelegge for elevenes aktive observasjon. Dette er i tråd med teoretiske perspektiver på hvor viktig samtale er for å utvikle observasjonsferdigheter i en vitenskapelig retning (Eberbach & Crowley, 2009, s. 56). Her er det svært vanlig med bilder som utgangspunkt for samtale, med virkemidler som "vise/skjule innhold" og muligheten for å framheve en setning av gangen som kan bidra til å samle og styre klassens oppmerksomhet. Av og til brukes andre modaliteter enn bilder - både korte videoer og lydopptak som ender med et undrespørsmål for å få i gang samtalen i klasserommet. Bilder er likevel langt vanligere.

Når det gjelder akkurat hvilke begreper som skal brukes og hvordan samtalen skal integrere naturfaglig språk, er det ofte overlatt til lærerens eget skjønn. Det å legge tekst oppå bilder

eller legge en enkel fagtekst ved siden av bildet er i større grad styrende for samtalen, og noen læreverk velger å gjøre det, mens andre bruker lærerveiledningene til å utdype hvilken retning samtalen bør ledes i. Tematisk er innholdet knyttet til hverdagslige ting som alle elevene har erfaringer om - blant annet hva som skjer på vei til skolen, mat, vær, årstider og kropp.

Ett av læreverkene har innhold som konkretiserer observasjon ved å omtale spor og sportegn, og dette grepet legger til rette for at læreverket prøver å formidle enkel informasjon om *hvordan* en kan observere. Det er lagt opp til diskusjon om hvilke sanser en kan bruke for å finne sportegn, og teksten beskriver observasjon som å arbeide “som en detektiv”. Dersom 1. trinns-elevne ikke forbinder noe med ordet “detektiv”, er det opp til læreren å utdype begrepet.

De andre læreverkene overlater i enda større grad til læreren å formidle meta-informasjon om observasjonsferdigheter. Det er sjelden klargjort for elevene at målet er å lære noe om *hvordan* en kan observere.

Det er selvfølgelig også en del oppgaver knyttet til innholdet i denne kategorien. Mange oppgaver på 1. trinn dreier seg om enkel gjengivelse av fakta eller riktig kategorisering, og slike oppgaver er ikke kodet som oppgaver knyttet til målet “undre, observere og resonnerer”. Men ett av læreverkene har et par oppgaver der fasiten er litt mindre tydelig. Virkemiddelet er “klassifisere objekter etter plassering” og oppgavene har spørsmål som “hvem har lagd sporene?” og “hvem har bæsjet?”. Disse spørsmålene er ikke like direkte knyttet til fakta i teksten, og selv om det er klare fasitsvar er det ikke forklart i samme skjermbilde hvordan en skal komme fram til svarene. Derfor krever disse oppgavene en noe mer undrende tilnærming. At virkemiddelet er nettopp dra-og-slipp basert kan muligens bidra til en mer undrende, lekende utforskning av spørsmålet. Det er mulig å gjette seg fram, plassere et dyr og se om det ble riktig. Virkemidler som å kategorisere objekter etter plassering og gi øyeblikkelig rett/galt respons støtter slik formålet å undre seg og resonnerer, gjennom å legge til rette for å prøve seg fram og finne ut om et resonnement er riktig.

På 7. trinn er innholdet jeg har kodet i kategorien “undre, observere og resonnerer” ganske forskjellig. Det er nesten ingen bilder som skal stimulere undrende samtaler i plenum. Virkemiddelet "kategorisere objekter etter plassering" forsvinner helt, også i læreverket som brukte det på 1. trinn. De aller fleste oppgavene bruker nå tekstproduksjon, og dersom det er

lagt opp til samtale er det som regel for å diskutere innholdet i lengre fagtekster med læringspartner eller i små grupper.

De eldre elevene får fortsatt undrespørsmål, noen av dem formulert som “hva/hvordan tror du...”, men nå skal disse besvares med tekstproduksjon og/eller innspilling av lyd.

Tekstproduksjon som virkemiddel brukes oftere til oppgaver der målet er å gjengi fakta fra fagtekstene, og der eleven trolig er vant til å få tilbakemelding på hva i teksten som er riktig og galt. Det er et interessant grep å stille “hva *tror* du..?”-spørsmål med samme virkemiddel. Er det om å gjøre å “tro” noe som er nærmest mulig den naturfaglige forklaringen? Hvordan vil læreren gi tilbakemelding på svaret dersom det ikke forholder seg til et naturfaglig verdensbilde, men for eksempel tar inn kreasjonistiske perspektiver på spørsmål som “hvorfors steiner så forskjellige?”. Oppgava har jo helt eksplisitt etterspurt elevens *tro*, så et eventuelt svar om at steinene er ulike fordi Gud har skapt dem slik kan neppe kalles feil. I følge Sjøberg er distinksjonen mellom tro og naturvitenskap allerede uklar for mange (2011, Kapittel 4). Det er kanskje ikke så lett å stille gode spørsmål for å skape muligheter for undring i en naturfaglig ramme uten å gjøre slike grenser enda mer uklare.

Å levere svar som lydopptak kan både legge til rette for å tilpasse opplæringen til elever med f.eks. dysleksi eller andre skrivevansker, og fungere spesielt godt for oppgaver som dreier seg om undring og resonnement fordi det å snakke fritt kan legge til rette for en tankestrøm uten de ekstra mentale oppgavene som kreves for å også produsere tekst, som å tenke gjennom og revidere språket som brukes (Mork & Erlien, 2017, s. 144).

Noen få oppgaver på 7. trinn bruker virkemiddelet “legge inn egne bilder”. Det å knipse og velge ut bilder virker som en aktivitet som kan være enkel for begynnere og kan støtte systematisk observasjon - for eksempel i felt. Selvfølgelig kan digitale enheter være sårbare for skader dersom de skal tas med på feltarbeid i småskolen, men flere oppgaver som bruker virkemiddelet “levere bilder” vil trolig kunne åpne for å dokumentere elevenes undring og observasjoner. Tilsvarende ser jeg ikke hvorfor “klassifisere objekter etter plassering” bare skal brukes på småtrinnet når en kan lage oppgaver som støtter så godt opp om undring og resonnementer ved hjelp av dette virkemiddelet.

Selv om mye av arbeidet med å relatere observasjoner til begreper fra naturfagets vokabular overlates til læreren, er det rom for å lage flere oppgaver knyttet til å observere både bilder og video. For eksempel oppgaver knyttet til å telle hvor mange fugler med et bestemt kjennetegn som finnes på et bilde eller i en video kunne bidra til observasjonsferdigheter gjennom

individuell arbeid eller i små grupper. Mange av oppgavene, spesielt på barnetrinnet, synes vektet mot undringsaspektet men det å også vektlegge observasjon og resonnementer kan åpne for større variasjon i oppgaver og virkemidler. Dette kan en for eksempel oppnå ved at oppgavene søker å dekke flere enn bare det første av Eberbach og Crowleys tre stadier (2009, s. 55f).

### 6.2.2 Forstå at naturvitenskapelig diskusjon er produktivt

I vår polariserte samtid er det kan hende vanskeligere enn før å forstå begrepet diskusjonsfellesskap (Sjøberg, 2011, s. 85) - og det er ganske sikkert også *viktigere* å forstå det enn det noensinne har vært.

Bare ett av læreverkene dekker dette grundig i innholdet jeg har gjennomgått - det er mulig de andre læreverkene regner med at det å legge til rette for diskusjoner og klasseromssamtaler i tilstrekkelig grad vil lære elevene at diskusjon er positivt, men per Sjøbergs distinksjon mellom å praktisere noe og virkelig forstå praksisen (2011, s. 397) bør dette neppe tas for gitt. Det er selvfølgelig også mulig at de andre læreverkene dekker teori om vitenskapelig diskusjon på et annet trinn enn det sjuende.

Her vil jeg først se på innholdet som tematiserer diskusjonsferdigheter og diskusjon i en vitenskapelig kontekst, deretter se på hvordan læremidlene legger til rette for diskusjon som praksis i klasserommet.

Virkemidlene som brukes for å presentere fagstoffet *om* diskusjon og tilhørende oppgaver er begrenset til bilder (noen med skjulte ord på) med tilhørende tekst, tekstproduksjon og -formatering, og opptak av lyd. Noen av bildene er klassifisert som modeller. Disse er alle historiske modeller (Gilbert & Boulter, 2012, s. 12), som skal eksemplifisere hvordan vitenskapelig forståelse har utviklet seg gjennom diskusjoner i tidligere tider.

Her hadde det virkelig vært interessant å finne for eksempel virkemiddelet "vise video" og presentere virkelige diskusjoner som elevene kunne evaluere kvaliteten på. Prinsippene for gode diskusjoner presenteres imidlertid bare som tekst, med en illustrerende grubletegning som den eneste alternative modaliteten.

Når svarene skal leveres skriftlig, har læreverket valgt å skru på tekstformatering for enkelte av oppgavene, men ikke alle. Det veksles ofte mellom skrivefelt som har og ikke har formatering på samme skjerm bilde. At tekstformatering brukes til noen oppgaver og ikke

andre, kan virke som et underlig grep. Det er i utgangspunktet uklart hvorfor noen tekstbokser har knapperad for å formatere tekst og andre ikke har det. Det virker som tanken bak, i alle fall i noen læreverk, er at enkle faktasvar ikke trenger formatering, men oppgaver som krever *lengre tekster* gjør det. Derfor signaliserer kanskje virkemidlet tekstformatering til elevene at en mer omfattende og bearbeidet tekst forventes, men jeg har ikke funnet noen forklaring som gjør dette eksplisitt klart - hverken for lærere eller elever.

Selve feltet teksten skal skrives i krymper når verktøylinje for formatering legges til, slik at det ser ut som det er plass til mindre tekst der, men den kommer til å vokse automatisk igjen dersom det skrives inn nok tekst. Dette er heller ikke forklart, men noe elevene må erfare, og til en viss grad kan det kommunisere det motsatte av det jeg antok i forrige avsnitt - det kan antyde at eleven bare forventes å skrive litt i den mindre boksen. Det er ikke egentlig noen teknisk begrunnelse for at verktøyene for formatering skal "stjele" av plassen som er satt av til skriving - jeg ser det som en tilfeldig detalj som kan misforstås.

Virkemiddelet formatering brukes i disse oppgavene der elevene skal skrive en tenkt diskusjon, eller utarbeide mer komplekse rekker av argumenter som forberedelse til diskusjon. Det brukes selvfølgelig også i flere andre kategorier, men her er det interessant nettopp fordi rikere muligheter for å formatere tekst kan gjøre det enklere for elevene å organisere ulike replikker eller argumenter, og derfor også helt ned på et typografisk nivå jobbe med sin forståelse for emnet diskusjon. Argumenterende tekster er i følge studier underrepresentert i både fag- og oppgavetekster (Mork & Erlie, 2017, s. 145f). Det er derfor positivt å finne oppgaver knyttet til argumenterende tekst i en kontekst som tematiserer hva som kjennetegner en god diskusjon, med virkemidler som støtter utheving, ulike fonter o.l. Likevel hadde dette vært enda tydeligere med eksempler på hvordan typografiske virkemidler kan brukes til å skrive "manus" til argumenterende tekster.

Å levere lydopptak åpner interessante muligheter for å også jobbe med muntlige ferdigheter knyttet til temaet, men det er interessant at ingen av oppgavene eksplisitt etterspør samarbeid og dramatisering av en diskusjon. Det er kanskje fordi virkemidlet først og fremst er sett på som et alternativ til individuell innlevering av tekst? Læreren kan selvfølgelig velge modalitet for innlevering, og står generelt fritt til å bruke grensesnittet på mer kreative måter enn veiledning og gitte oppgaver foreslår. Det hadde likevel vært spennende å se læreverket legge til rette for f.eks. samskriving av dialog og opptak av dramatisering som en del av arbeidet med dette temaet.

Tilrettelegging for diskusjon som didaktisk *virkemiddel* og praksis i klasserommet gjøres både i tilknytning til stoffet om diskusjon og på mer generell basis knyttet til annet fagstoff.. Diskusjon skal ikke bare forstås teoretisk som et aspekt ved vitenskapelig praksis, men også praktiseres. Det å diskutere er en ferdighet som krever trening, samtidig som diskusjonen er et verdifullt verktøy for å jobbe med det faglige i fellesskap.

Helklassesamtaler kan tilrettelegges bedre dersom oppmerksomheten samles om en ting av gangen, og det er en form for progresjon fra det ene spørsmålet til det andre. “Vise/skjule innhold” er et mye brukt virkemiddel i slike sammenhenger. Det lar læreren kontrollere både fokus - hvilket innhold er vist og skjult akkurat nå - og progresjon. Riktignok trenger læreren enten god hukommelse eller et skjermbilde med alt innhold synlig for å huske hvilke ord eller spørsmål som skjuler seg hvor. Det er også interessant at bare ett læreverk bruker slike virkemidler på 7. trinn. Er ikke fokus og progresjon i helklassesamtaler viktig på ungdomstrinnet også?

Å spille inn lyd gir store muligheter for å dokumentere og evaluere diskusjon i små grupper. I våre dager er podcast et medium mange kjenner, og innholdet i en podcast-episode er ofte nettopp diskusjoner i små grupper på 2-4 personer. Det gir elevene mange fine eksempler på gode diskusjoner, og åpner for oppgaver der det å ta opp og sende inn lyd er en naturlig del av prosessen. Selvfølgelig er dette også praktisk noe krevende - hele klassen kan ikke lage podcast i små grupper i samme rom samtidig. Det krever også at læreren kan sette av nok tid til å høre på alle opptak, og det kan være vanskelig å finne en god form for tilbakemelding. Likevel er dette et spennende virkemiddel å bruke for å stimulere til faglige samtaler og diskusjon, for eksempel for å gjennomføre oppgaver av typen “rollespill-debatter” (Mork & Erlie, 2017, s. 152). Ingen av læreverkene foreslår podcast som format for å levere opptak, selv der virkemidlet “spille inn lyd” legger teknisk til rette for slik innlevering.

Det er interessant at enkelte læreverk foreslår at flervalgsoppgaver med øyeblikkelig rett/galt tilbakemelding og/eller “vis fasit”-virkemidler skal brukes til diskusjoner og samtaler. Det legger til en sosial dimensjon i oppgaver som i utgangspunktet kan oppfattes som individuelle. Som virkemiddel krever “vis fasit” det selvfølgelig at elevene har selvdisiplin nok til å faktisk gjennomføre samtalen før de sjekker svarene. Det er mulig å se for seg varianter der elevene må bruke litt tid på diskusjonen før det blir mulig å avsløre svaret - en slags teknisk variant av Wæges observasjoner rundt hvor viktig det er å bruke god til for å stimulere til gode samtaler i klasserommet (Wæge, 2015).

### 6.2.3 Lage egne modeller og forstå modellens formål og begrensninger

Det er interessant å se at digitale virkemidler i et læreverk brukes til å introdusere modelleringsaktiviteter knyttet til materialkunnskap på første trinn i oppgavene om å tegne solide og vanntette hus til de tre små grisene i eventyret. Her brukes muligheter for å tegne på skjermen, plassere, skalere, rotere og flytte objekter til å gjennomføre en form for modellering. Selv om produktet presenteres for eleven som *tegning* og ikke en *modell*, vil jeg påstå at elevene her lager visuelle modeller som uttrykker deres kunnskaper om materialer som murstein eller papir. Kart er også per definisjon visuelle modeller, så "lag din egen værmelding"-oppgava er et enda klarere eksempel på at elever kan lage og presentere egne modeller med digitale hjelpemidler allerede i småskolen. Her blir også deres mentale forestillinger om vær uttrykt i mer generelle værsymboler, og modellen brukes til å presentere stoff for andre og kan dermed kalles en undervisningsmodell (Pajchel et al., 2019, s. 151) som elevene selv lager. Dette læreverket har altså innhold som impliserer en utvikling fra barnetegninger til mer abstrakt modellering, og en kreativ bruk av "innholdsverksted"-sidene kan også bidra til en slik utvikling.

Det kunne likevel vært enda flere oppgaver og mer lærerveiledning knyttet til dette aspektet ved oppgavene. Det er ikke klargjort i lærerveiledninger at disse oppgavene kan knyttes til idéer om modeller, så det kan virke som tilfeldigheter heller enn et didaktisk gjennomtenkt modellperspektiv. Det er heller ingen eksplisitt tilrettelegging for stegene i Gilberts modelleringsprosess (2004, s. 120f).

Når det gjelder å evaluere modellens formål og begrensninger, er det ikke registrert noe innhold på første trinn som tar opp slike spørsmål. Et læreverk introduserer gestiske modeller og lar elevene lage sol/jord/måne-modeller med konkreter på 7. trinn, og dette verket har oppgaver knyttet til å sammenligne ulike konkrete modeller. Dette virker som gjennomtenkte opplegg, og det å se en sammenheng mellom modellen i et bilde på skjermen og en fysisk aktivitet kan hjelpe elevene å forstå sammenhengen mellom modellen og det den skal representere siden det bidrar til dypere forståelse å sammenligne ulike representasjonsformer av samme fenomen (Pajchel et al., 2019, s. 149).

Fra vårt perspektiv er det imidlertid lite å hente av digitale grep. Oppskriftene på å lage modellene presenteres ganske enkelt i tekst og bilder, uten å bruke digitale virkemidler utover dette. At oppgaver knyttet til å sammenligne og vurdere modeller bare er registrert i ett læreverk, underbygger ellers også at didaktiske grep rundt og perspektiver på modeller

kanskje ikke har fått mye oppmerksomhet i prosessen med å utvikle disse læreverkene. Det kan selvfølgelig finnes oppgaver og innhold på trinnene jeg ikke har gjennomgått, men det ser ut som et tema med mange ubrukte muligheter både digitalt og innholdsmessig.

#### 6.2.4 Forstå tentativitet og evidens / lage og teste hypoteser

Det at vitenskapen kan ombestemme seg og finne bedre forklaringer er avhengig av et skille mellom evidens og tolkning (Kolstø, 2003, s. 63ff). Både hypoteser og forsøk som arbeidsformer kan bidra til en forståelse for dette.

I denne kategorien finner vi de fleste registreringene på 7. trinn. Oppgava om å så karse og lage hypoteser om hvilke forhold plantene vil spire best under er imidlertid et eksempel på hvordan virkemidler som lydopptak og foto kan gjøre oppgaver knyttet til mer avanserte emner som hypoteser og evidens tilgjengelige for elever helt nede på 1. trinn! At de ikke helt har ferdigheter for tekstproduksjon på plass er dermed ingen hindring for å erfare vitenskapsteoretiske problemstillinger.

Et læreverk legger opp til at elever skal dokumentere evidens for kjemiske reaksjoner på 7. trinn ved å tegne på skjerm for å beskrive at eplekjøtt blir brunere når det utsettes for luft. Å tegne på skjerm virker som et virkemiddel det er vanskelig å finne gode bruksområder for. De grove strekene og prikkene det er mulig å tegne blir en relativt dårlig gjengivelse av at eplekjøtt blir brunere. Å tilby andre måter å manipulere bilder på, som for eksempel å legge på et filter for å endre farge, hadde nok tillatt eleven å presentere funn på en mer tilfredsstillende måte. Det hadde også vært mulig å legge til virkemidlet “legge inn egne bilder” for en alternativ måte å dokumentere eplets utvikling på.

En knapp for å angre eller tilbakestille oppgava dukker opp i flere grensesnitt, også i læreverket som ber eleven besvare en rekke vitenskapsteoretiske faktaspørsmål med tekstproduksjon. Det er noe uklart om det er meningen at eleven skal øve eller revidere egen forståelse ved å svare på spørsmålene flere ganger (det kunne for eksempel vært lagt opp til “første runde”, “andre runde” med tilbakemeldinger imellom dersom dette var intensjonen). Men mer interessant: Et virkemiddel som angre/tilbakestill kunne til og med vært brukt som *eksempel på* tentativitet, slik at elevene kunne få i oppgave å skrive en “midlertidig” forklaring ut ifra observasjoner så langt, og så tilbakestille når nye observasjoner fører til andre konklusjoner - kanskje aller best med et grensesnitt som tar vare på en “logg” over



tidligere versjoner slik at eleven kan reflektere over egen utvikling. Ingen læreverker bruker "tilbakestill"-funksjonalitet slik.

Tekstproduksjon brukes også i skriverammer som skiller fint mellom hypoteser, evidens og slutninger. I faktisk vitenskapelig arbeid hadde slike skriveprosesser også involvert kommentarer fra fagfeller og revisjon. Selve teksten blir på en måte tentativ. Det hadde vært spennende å se virkemidler som tillot kommentarer eksplisitt knyttet til tekst - kan hende til og med legge til rette for å utveksle slike kommentarer med med-elever, spesielt ettersom Knain og Kolstø peker på at elever ofte får et forenklet inntrykk av hypotetisk-deduktiv metode og overser de sosiale aspektene (2011b, s. 34f).

Selv om det er godt innhold om hypoteser og slutninger, har jeg ikke registrert innhold som forklarer selve begrepene *evidens* og *tentativitet*. Min tentative konklusjon etter gjennomgangen er at disse trolig forblir teoretiske og vage begreper for mange elever uten lærerinnsett.

### 6.2.5 Gjennomføre forsøk

Forsøk kan bl.a. ha som formål å bekrefte teorier og hypoteser og bidra til kjennskap til utstyr som reagensrør eller mikroskop (Sjøberg, 2011, s. 403ff) - og forsøk skaper avveksling og variasjon i klasserommet.

Utforskende praksis, der elevene formulerer egne problemstillinger og resultater (Knain & Kolstø, 2011a, s. 17ff), er det svært få eksempler på. Det finnes oppgaver der *deler av* forsøket er mer utforskende, som for eksempel når eleven får lov til å legge til egne ting på slutten av en lang liste over materialer som skal testes for å finne ut om de leder strøm. Her brukes virkemiddelet tekstinntast for å legge til nye ord. Det gjør at elevene står fritt til å velge å teste alt som er innenfor rekkevidde - i alle fall alt som de vet navnet på. At bare en variabel i forsøket kan velges, mens gjennomføring og dataregistrering ellers holdes som før, gjør det selvfølgelig til en form for utforskende arbeid med liten grad av faktisk frihet (Knain & Kolstø, 2011b, s. 28).

De aller fleste forsøkene er altså "kokebok-forsøk" der elevene må følge steg-for-steg oppskrifter og forhåpentligvis når tilstander og konklusjoner som læreboka ønsker å demonstrere. Oppgavene bruker generelt få digitale virkemidler til å presentere framgangsmåtene. Selv om vi har sett både virkemidlet "vise/skjule innhold" og andre brukt

til å styre fokus mot et punkt av gangen, er “oppskriftene” på forsøk i nær alle oppgaver gitt som enkle lister, uten å bruke noen virkemidler til å styre fokus eller indikere hvilket steg vi er på. Det virker som virkemidler og grensesnitt som allerede er i bruk for å styre oppmerksomhet og fokus med fordel kunne legges til her også, men jeg finner bare ett eksempel på at innhold vises og skjules for å fokusere på det gjeldende steget i et forsøk.

Det er også registrert noe bruk av video. Her er video ikke brukt til å dokumentere hvordan forsøket skal gjennomføres, men for å vise hva som kommer til å skje.

Når elevene gjennomfører forsøk i naturfag, knyttes det ofte skriftlig arbeid, og forsøksrapport er en klassisk sjanger som fortsatt er mye brukt. Forsøksrapporter har en fast struktur som minner om forma IMRaD - Introduction, Methods, Results and Discussion (Mork & Erlie, 2017, s. 109f).

Alle tre læreverker har lagd ulike varianter av skriverammer for å støtte forsøksrapporter. Klassiske skriveramme-grensesnitt på papir typisk er tabeller med to spalter, overskrift eller tema til venstre og elevens tekst til høyre (Mork & Erlie, 2017, s. 108). Teksten eleven skriver i tabellen kan være stikkord-basert eller en kladd, og skal som regel renskrives til en ferdig tekst utenfor skriveramma.

De digitale skriverammene er langt mer fleksible. De har overskrifter med flere nivåer, og tekstbokser der tekstene skrives rett inn. Alle tre støtter å legge inn bilder i tillegg til tekst. To av de tre læreverkene bruker i tillegg virkemiddelet “generer presenterbart elev-arbeid” for å kombinere tekster og bilder til et ferdig PDF-dokument.

Disse avanserte kombinasjonene av tekstproduksjon, legg inn bilder og generering av dokumenter gir elevene en implisitt innføring i sjangeren forsøksrapport. Dette bidrar nok til den tydeliggjøringen av sjangerkrav som Lykknes og Torvatn etterlyser (2011, s. 179), men det blir fortsatt ikke forklart helt eksplisitt at forsøksrapporter er en egen sjanger som er viktig for forskere.

Selv om de tre læreverkene bruker mange av de samme virkemidlene - tekstproduksjon, tekstformatering, last opp egne bilder - er skriveramme-grensesnittene for forsøksrapporter svært forskjellige. Den enkleste varianten er svært enkel - ett foto, to til fire bokser for å skrive tekst under faste overskrifter definert av læreverket, en “last ned”-knapp. En litt mer avansert variant lar eleven velge fra et utvalg forhånds-definerte overskrifter over hver tekstboks. Det kan virke som noe av den implisitte hjelpen til å forstå en IMRaD-struktur

forsvinner dersom elevene kan velge rekkefølge på overskriftene, men det er gjort slik at overskriftene som er tilgjengelige over hver tekstboks fortsatt samsvarer med rekkefølgen i en IMRaD rapport. Det er altså mulig å velge overskrifter som er knyttet til kategorien introduksjon over de første boksene, overskrifter som har noe med metode å gjøre over de neste og så videre. Dette gjør at elevene må ta flere valg, men fortsatt introduseres for en overordnet IMRaD-struktur.

Det siste læreverket har utviklet skriverammer som i større grad gjør bruk av forhåndsutfylt, redigerbar tekst. Overskriftene er faste, og framgangsmåten for å utføre forsøket er allerede lagt inn under “metode”. Det betyr at stegene som beskriver hvordan forsøket utføres blir med i den ferdige rapporten uten at eleven må skrive noe - men det er mulig å redigere, dersom en for eksempel har endret noe i måten forsøket ble utført på. Det er mulighet for å legge til flere foto enn bare ett, og det er enkelte steder også lagt til noen halv-fullførte tekster som eleven må fullføre. Mork og Erlien understreker behovet for gode eksempler for å lære seg å skrive i denne sjangeren (2017, s. 109), og både den klare strukturen og det at noe tekst allerede er fylt ut virker som interessante måter å gi elevene støttestrukturer og eksempler på.

Enkelte forsøk har behov for en slags datainnsamling. Virkemidlet tekstininput dominerer her, og det er et par tilfeller av at læreverkene lager tabell-aktige grensesnitt med mange ett-linjes tekstfelt for tekstininput. Hvor effektivt denne måten å samle inn data på er, kommer delvis an på typen data. Dersom det for eksempel er ja/nei-svar, ville det kunne være mer effektivt med bokser å krysse av enn tekstfelt som eleven må skrive ja eller nei som tekst i. Enda mer potensielt interessant er hva som skjer med data som er lagt inn. Kan det genereres statistikk eller andre presentasjoner av data? Et læreverk bruker innholdet fra slike tekstfelt i genererte “forsøksrapporter”, men jeg har ikke registrert noen mer interessante måter å bearbeide og presentere data på. Når data først finnes i en slik tabell-aktig form hadde det vært interessant å kunne for eksempel eksportere til Excel for å lage grafer eller andre presentasjoner der, eller ha verktøy for dette som en del av læreverkene. Dette kunne bidratt til tverrfaglig arbeid og samarbeid med f.eks. matematikkfaget om statistikk, eller gjort det mulig å presentere data for andre og slik støttet de sosiale og kommunikative dimensjonene av faget (Knain & Kolstø, 2011b, s. 35).

## 6.2.6 Oppsummering prosess-dimensjon

Hva har vi observert om bruken av digitale virkemidler for at elevene skal lære om naturvitenskapens prosesser?

Prosess-dimensjonen er full av viktige men noe abstrakte verb: undre, observere, resonnere, diskutere, modellere, eksperimentere og rapportere. Det virker som læreverkene strever noe mer med å finne virkemidler som passer til dette innholdet, og det er kanskje ikke så rart med tanke på at dette er handlinger elevene helst skal både *praktisere* og lære *om*. Ved første blick er det kanskje ikke innlysende hvordan slik praksis kan understøttes med digitale didaktiske virkemidler?

Når det er sagt, har jeg også her observert interessant bruk av enkelte virkemidler.

I disse kategoriene er det kanskje enda tydeligere at de ulike læreverkene har ulike styrker: ett har mer omfattende innhold om diskusjon, et annet har de mest avanserte skriverammene for forsøksrapporter osv.

Under undring og observasjon har vi notert at “klassifisere objekter gjennom plassering” er et virkemiddel som ser ut til å passe spesielt godt til reflekterende og undrende oppgaver. Dessverre brukes ikke slike interaktive oppgaver lenger på 7. trinn, der vi igjen ser at interaktivitet reduseres til omtrent bare tekstproduksjon.

Tekstformatering *kan* muligens tilføre skriveoppgaver under emnet diskusjon noe, men det er fortsatt et underdokumentert gap mellom hva det er teknisk tilrettelagt for og hvilke hensikter som er presentert for elever og lærere. Trolig vil få elever, også på 7. trinn, spontant bruke formateringsverktøy på en måte som bidrar semantisk i argumenterende tekster og dialoger. Likevel er det muligheter her, og kanskje lærere kan tydeliggjøre hvordan formatering kan brukes i slike tekster.

At aktiviteter som forsøk og å lage modeller skal utføres i virkeligheten og ikke digitalt, er jo helt på sin plass - at innholdet som presenterer aktivitetene bruker få digitale grep og egentlig framstår som kopiert direkte fra papir er kanskje noe skuffende. På den andre siden er skriverammer bedre digitalt, og de mer utarbeidede grensesnittene for forsøksrapporter ser ut som de kan gi elevene god støtte. Men jeg noterer likevel at læreverkene egentlig ikke går inn på *hva* som er formidlende ved det å lage en forskningsrapport. Skriverammene gir en innføring i sjangerkonvensjonene for rapporter, men bidrar dette i seg selv til å understreke at

formidling er en del av faget, og at dokumentet skrives *for* noen? Riktignok vil reell målgruppe fortsatt “bare” være læreren, og det hadde vært interessant å se læreverkene åpne opp for at elevprodukter aktivt kan deles også med andre - enten det er andre skoler som bruker samme læreverk, eller familie og venner. Det ville virkelig signalisert at *formidling* er sentralt i vitenskapelige og naturfaglige prosesser.

## 7 Avslutning og tanker om videre forskning

De digitale læremidlene i naturfag begynner å ta i bruk mange av de mediale og generelle affordansene maskinvare og operativsystem tilbyr. Når utviklere og designere bygger didaktiske virkemidler, oppstår det intenderte affordanser som vi håper kan støtte opp under læring når eleven møter og tar i bruk grensesnittene.

Den endelige testen på om virkemidlene ender opp som realiserte affordanser og skaper læring, skjer selvfølgelig i klasserom og hjem, når virkelige elever skal observere på skjerm, lese tekster og interagere med oppgaver. Men vi må ha i mente at ifølge Gibson kan affordanser også ha en negativ effekt (2014, s. 33). Det er selvfølgelig mulig at noen av virkemidlene vi har sett på *ikke* vil støtte oppunder læring, men virke forvirrende eller distraherende. Derfor er det et stort behov for videre forskning på hvordan læreverkene faktisk fungerer i klasserommene, inkludert undersøkelser som avdekker om virkemidlene beskrevet i denne oppgava virkelig blir realiserte affordanser i møte med elevenes erfaringer og ferdigheter - og om de realiseres på en måte som gir en gunstig effekt på læring.

Denne oppgava har bare så vidt antydnet mangfoldet i mulige forskningsemner. Hvert eneste virkemiddel kunne fortjent en egen studie som ser nærmere på hvordan elevenes opplevelse og læringsutbytte faktisk er.

Et spennende tema er muligheten for repetisjon av fagstoff. Mye digitalt innhold for barn og unge, særlig spill, bruker mye repetisjon for pedagogiske formål. Tenk på hvordan en spiller beveger seg rundt i en labyrinth, unngår monstre og husker stadig mer om ruta helt til hen “dør” og må *prøve på nytt*. Repetisjonen etter hvert “dødsfall” og det at spilleren stadig kjenner på mestring ved å komme litt lenger enn forrige gang er helt essensielle virkemidler for å bli kjent med og “suges” inn i spillet. Naturfag regnes som et fag med mye innhold på pensum, men er det virkelig mer å lære enn hva mange elever helt frivillig memorerer fra komplekse spill-verdner? I følge Gee har alle vellykkede spill raffinerte didaktiske metoder for å trekke spillere inn - som han sier, “good commercial games deliver learning as part and parcel of gameplay” (2005). Nå tenker jeg ikke nødvendigvis på å emulere et spill-aktig *grensesnitt* og tro at det *i seg selv* vil skape motivasjon - men kan pedagogiske grep fra spill bidra til innlæring av fagstoff i naturfag, og i så fall hvordan?

Et annet spesielt interessant emne som det ikke ble plass til å gå inn på i denne oppgava, er tilgjengelighet og tilpasset opplæring. Læreverkene bruker grep som opplesing av tekst,

tastaturnarveier for mus-basert funksjonalitet og alternative grensesnitt for oppgaver for å prøve å legge til rette for tilpasset opplæring. Imidlertid er slike virkemidler lite beskrevet i lærerveiledninger eller annen dokumentasjon, og det er et spennende spørsmål å forske både på om slike virkemidler faktisk understøtter tilrettelagt undervisning for målgrupper med spesielle behov - og hvordan de fungerer for *alle* elevene, siden virkemidlene er tilgjengelig for alle.

Selv om mange av de didaktiske digitale virkemidlene er tatt i bruk, ser vi også at en del av virkemidlene denne analysen har sett etter i liten grad tatt eller slett ikke brukes. Det antyder at det fortsatt er et stort rom for å gjøre nyskapende grep på feltet.

Digitale læremidler har flere funksjoner som ikke synes intuitive, hverken for lærere eller elever. Det er en utfordring at lærerveiledninger fortsatt i stor grad er knyttet til papirbøker og sjelden virkelig går i dybden på hvordan de digitale delene av læreverket er tenkt brukt.

Heldigvis er digitale læremidler fortsatt under utvikling. For at utviklingen skal være målrettet og praksisnær, trengs det også forskning. I denne sammenhengen er det interessant å nevne at nettsider og andre digitale medier vanligvis genererer logger og store mengder metadata mens de brukes. Elevtekster sendes inn og lagres i plattformene, og hvert klikk en elev gjør kan telles. Digitale læremidler stiller altså potensielt enorme datamengder til rådighet for analyse.

En viktig forutsetning for at dette faktisk kommer forskningen til gode, er at slike data ikke blir værende i forlagenes lukkede rom. Norske forlag som får kontrakter på å levere digitale læremidler til offentlige norske skoler bør måtte *forplikte seg til* å levere data til forskningsformål. Dersom forlagene ikke må gjøre data tilgjengelig for offentlig forskning, vil data likevel brukes gjennom maskinlæring og stordata-analyse, og forlagene vil da eie kunnskapen om hvordan digitale virkemidler fungerer i norsk skole.

## 8 Litteraturliste

Arnesen, T. (2011). På sporet av affeksjon og substans i naturfagtekster. I J. Smidt (Red.),

*Skriving i alle fag: Innsyn og utspill* (s. 207–230). Tapir akademisk forl.

Aschehoug forlag. (2023, januar 27). *Digitale læremidler—Alle fag. Alle trinn.*

<https://aunivers.no/>

Brochmann, G. (2020). *De digitale prøvekaninene: Historien om hvorfor barnet mitt plutselig*

*kom hjem med en iPad i skolesekken* (1.utgave, 1.opplag). Cappelen Damm.

Bødker, S. (1991). *Through the interface: A human activity approach to user interface*

*design*. L. Erlbaum.

Cappelen Damm undervisning. (u.å.). *Skolen min*. Henta 4. mars 2023, frå

<https://skolenmin.cdu.no>

Chapin, S. H., O'Connor, M. C., & Anderson, N. C. (2009). *Classroom Discussions: Using*

*Math Talk to Help Students Learn, Grades K-6*. Math Solutions.

Eberbach, C., & Crowley, K. (2009). From Everyday to Scientific Observation: How

Children Learn to Observe the Biologist's World. *Review of Educational Research*,

79(1), 39–68.

Fernández, M., Wegerif, R., Mercer, N., & Rojas-Drummond, S. (2015). Re-conceptualizing

«Scaffolding» and the Zone of Proximal Development in the Context of Symmetrical

Collaborative Learning. *The Journal of Classroom Interaction*, 50(1), 54–72.

Fujihata, M. (2001). On interactivity. *Takeover: Who is doing the art of tomorrow*, 316–319.

Gee, J. P. (2005). What Would a State of the Art Instructional Video Game Look like?

*Innovate: Journal of Online Education*, 1(6). <https://www.learntechlib.org/p/107271/>

Gee, J. P. (2008). Good videogames, the human mind, and good learning. I *Children's*

*learning in a digital world* (s. 40–63). Blackwell Publishing.

Gibson, J. J. (2014). *The Ecological Approach to Visual Perception: Classic Edition*.



Psychology Press.

Gilbert, J. K. (2004). Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education.

*International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115–130.

<https://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4>

Gilbert, J. K., & Boulter, C. (Red.). (2012). *Developing Models in Science Education*.

Springer Science & Business Media.

Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use

in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799–822.

<https://doi.org/10.1002/tea.3660280907>

Gyldendal Undervisning. (u.å.). *Skolestudio er Gyldendals digitale læringsmiljø for alle fag*

*og trinn*. Henta 4. mars 2023, frå <https://www.skolestudio.no/>

Hannisdal, M., & Ringnes, V. (2021). *Kjemi for lærere: Naturfag i*

*grunnskolelærerutdanningen 5.-10. trinn* (3. utgave.). Gyldendal.

Heeter, C. (2000). Interactivity in the Context of Designed Experiences. *Journal of*

*Interactive Advertising*, 1(1), 3–14. <https://doi.org/10.1080/15252019.2000.10722040>

Hoel, T. L. (2008). Utprøvande skrijving i læringsprosessen. I R. T. Lorentzen & J. Smidt

(Red.), *Å skrive i alle fag* (s. s. 39-50). Universitetsforl.

Jahnke, I., Bergström, P., Mårell-Olsson, E., Häll, L., & Kumar, S. (2017). Digital Didactical

Designs as research framework: iPad integration in Nordic schools. *Computers & Education*, 113, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.006>

Jones, R., & Hafner, C. (2012). Information Everywhere. I *Understanding Digital Literacies*

(s. 29–44). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203095317-8>

Kang, S. H. K. (2016). Spaced Repetition Promotes Efficient and Effective Learning: Policy

Implications for Instruction. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*,

3(1), 12–19. <https://doi.org/10.1177/2372732215624708>

- Kempe, A.-L., & Grönlund, Å. (2019). Collaborative digital textbooks – a comparison of five different designs shaping teaching and learning. *Education and Information Technologies*, 24(5), 2909–2941. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09897-0>
- Knain, E. (2000). *Naturfag mellom linjene: Hvordan kan ideologier i naturfag se ut, og hvordan finne dem?* Høgskolen i Vestfold.  
[https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb\\_digibok\\_2009073001032](https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2009073001032)
- Knain, E. (2001). *Naturfagets tause stemme: Bd. nr 4*. Norsk sakprosa Norsk faglitterær forfatter- og oversetterforening.  
<https://www.nb.no/search?q=oaiid:%22oai.nb.bibsys.no:990122033004702202%22&mediatype=bøker>
- Knain, E., & Kolstø, S. D. (Red.). (2011a). *Elever som forskere i naturfag*. Universitetsforlaget.
- Knain, E., & Kolstø, S. D. (2011b). Utforskende arbeidsmåter—En oversikt. I E. Knain & S. D. Kolstø (Red.), *Elever som forskere i naturfag*. Universitetsforlaget.
- Kolstø, S. D. (2003). Et allmenndannende naturfag. Fagets betydning for demokratisk deltagelse. I Jorde & B. Bungum (Red.), *Naturfagdidaktikk* (s. 53–82). Gyldendal Akademisk.
- Kolstø, S. D., Bjonness, B., Klevenberg, B., & Mestad, I. (2011). Vurdering ved bruk av utforskende arbeidsmåter. I E. Knain & S. D. Kolstø (Red.), *Elever som forskere i naturfag* (s. 171–211). Universitetsforlaget.
- Kress, G. R. (2010). *Multimodality: A Social Semiotic Approach to Contemporary Communication*. Taylor & Francis.
- Kuba, R., Rahimi, S., Smith, G., Shute, V., & Dai, C.-P. (2021). Using the first principles of instruction and multimedia learning principles to design and develop in-game learning

- support videos. *Educational Technology Research and Development*, 69(2), 1201–1220. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-09994-3>
- Kunnskapsdepartementet. (2019a). *Grunnleggende ferdigheter—Læreplan i naturfag (NAT01-04)*. <https://www.udir.no/lk20/nat01-04/om-faget/grunnleggende-ferdigheter>
- Kunnskapsdepartementet. (2019b). *Kjerneelementer—Læreplan i naturfag (NAT01-04)*. <https://www.udir.no/lk20/nat01-04/om-faget/kjerneelementer>
- Kunnskapsdepartementet. (2019c). *Overordnet del: 2.3 Grunnleggende ferdigheter (LK20 utg.)*. <https://www.udir.no/lk20/overordnet-del/prinsipper-for-laring-utvikling-og-danning/grunnleggende-ferdigheter/>
- Kvåle, G. (2015). Multimodale modeller i Microsoft Word: Programvare som semiotisk ressurs. I G. Kvåle, E. Maagerø, & A. Veum (Red.), *Kontekst, språk og multimodalitet. Nyere sosialsemiotiske perspektiver*. (s. 153–167). Fagbokforlaget.
- Likestillings- og diskrimineringsloven – ldl. (2018). *Lov om likestilling og forbud mot diskriminering* (01.01.2022). Kultur- og likestillingsdepartementet. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-16-51/>
- Lykknes, A., & Torvatn, A. C. (2011). Om astronauter, blandinger og skruketroll. I J. Smidt (Red.), *Skriving i alle fag: Innsyn og utspill* (s. 11–35). Tapir akademisk forl.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2002). Aids to computer-based multimedia learning. *Learning and Instruction*, 12(1), 107–119. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00018-4](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00018-4)
- Mork, S. M., & Erlien, W. (2017). *Språk, tekst og kommunikasjon i naturfag* (2. utg.). Universitetsforl.
- Neuendorf, K. A. (2002). *The content analysis guidebook*. Sage Publications.
- Nielsen, J., & Budiu, R. (2012). *Mobile Usability*. Pearson Education.
- Norman, D. (2013). *The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition*.

Hachette UK.

Oliver, M. (2005). The Problem with Affordance. *E-Learning and Digital Media*, 2(4), 402–413. <https://doi.org/10.2304/elea.2005.2.4.402>

Pajchel, K., Ramton, A. M. S., & Sollid, P. Ø. D. (2019). Modeller og modellering i naturfag. I L. O. Voll, A. B. Øyehaug, & A. Holt (Red.), *Dybdeløring i naturfag* (s. 142–170). Universitetsforlaget.

Penne, S., & Hertzberg, F. (2015). *Muntlige tekster i klasserommet* (2. utg.). Universitetsforl. [https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb\\_digibok\\_2018072007144](https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2018072007144)

Sandnes, F. E. (2022). *Universell utforming av IKT-systemer*. Universitetsforlaget.

Schimanke, F., Mertens, R., & Vornberger, O. (2014). Spaced repetition learning games on mobile devices. *Interactive Technology and Smart Education*, 11(3), 201–222. <https://doi.org/10.1108/ITSE-07-2014-0017>

Sjøberg, S. (2011). *Naturfag som allmenndannelse: En kritisk fagdidaktikk* (3. utg.). Gyldendal akademisk.

Slemmen, T. (2011). *Vurdering for læring i klasserommet* (2. utgave). Gyldendal Akademisk.

Smidt, J. (2011). Skrivekulturer og skrivesituasjoner i bevegelse—Fra beskrivelse til utvikling. I J. Smidt (Red.), *Skriving i alle fag: Innsyn og utspill* (s. 11–35). Tapir akademisk forl.

Smith, L. (2016). Jean Piaget (1896-1980). I J. P. Cooper (Red.), *Routledge Encyclopaedia of Educational Thinkers* (s. 319–322). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315739502>

Staberg, R. L., Tandberg, C., & Grindeland, J. M. (2020). *Biologididaktikk for lærere* (1. utgave.). Gyldendal.

*Technology Integration Matrix*. (u.å.). TIM. Henta 6. januar 2024, frå <https://fcit.usf.edu/matrix>

*The Composable Content Cloud—Sanity.io.* (u.å.). Henta 25. januar 2023, frå

<https://www.sanity.io/>

Thise, H., Vilien, Katja, & Vilien, K. (2021). *Broen til fagspråket 32 ideer som styrker språket i alle fag.*

Tønnesen, E. S. (2015). Analytisk blikk på mediet i analyse av multimodal kommunikasjon. I G. Kvåle, E. Maagerø, & A. Veum (Red.), *Kontekst, språk og multimodalitet. Nyere sosialsemiotiske perspektiver.* (s. 25–38). Fagbokforlaget.

Utdanningsdirektoratet. (2020). *Kompetansemål etter 2. Trinn—Læreplan i naturfag* (NAT01-04 utg.).

<https://www.udir.no/lk20/nat01-04/kompetansemaal-og-vurdering/kv81>

*Web Authoring Statistics | Webmasters | Google Developers.* (2012, april 17).

<https://web.archive.org/web/20160403144408/https://developers.google.com/webmasters/state-of-the-web/2005/#introduction>

Webb, M., & Cox, M. (2004). A review of pedagogy related to information and communications technology. *Technology, Pedagogy and Education*, 13(3), 235–286. <https://doi.org/10.1080/14759390400200183>

Webb, M. E. (2005). Affordances of ICT in science learning: Implications for an integrated pedagogy. *International journal of science education*, 27(6), 705–735.

Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2008). PhET: Simulations That Enhance Learning. *Science (American Association for the Advancement of Science)*, 322(5902), 682–683. <https://doi.org/10.1126/science.1161948>

Willassen, E. (2020). En viss forvirring av ideer – for hva er egentlig en art? *Naturen*, 144(3), 84–96. <https://doi.org/10.18261/issn.1504-3118-2020-03-04>

Wilson, B. (2008, oktober 15). *MAMA - Dev.Opera.*

<http://maqentaer.github.io/devopera-static-backup/http/dev.opera.com/articles/view/m>

ama/

Wæge, K. (2015). Samtaletrekk—Redskap i matematiske diskusjoner. *Tangenten* (trykt utg.).

Zeldman, J. (2003). *Designing with Web Standards*. New Riders.