

MASTEROPPGAVE

Masterstudium i skolerettet utdanningsvitenskap med
fordypning i naturfag og naturfagdidaktikk

Mai 2019

Eksplisitt begrepsundervisning i naturfag



Kilde: © 1980 Sidney Harris, *The American Scientist Magazine*

Anders Hestholm

Kandidat 326

OSLOMET

Sammendrag

Motivasjonen bak denne studien har vært å undersøke nytten av å dedikere tid til eksplisitt arbeid med begreper på grunnskolen. Det er i denne studien tatt utgangspunkt i begrepet *system*.

Naturfaget har et eget språk. Dette språket inneholder mange begreper. Noen av disse begrepene er særegne for faget, mens andre både har en plass i naturfagsspråket og i hverdagspråket. Systembegrepet er et begrep som både har en hverdagslig og en vitenskapelig betydning som ikke uten videre harmonerer. Forskning viser at det er disse begrepene som er vanskeligst for elevene ettersom elevene allerede stiller med en oppfatning av hva de betyr. Derfor de krever disse begrepene ekstra oppmerksomhet i undervisningskontekst.

Denne studien søker å gi innblikk i noen didaktiske tiltak som gjøres i undervisning for å støtte elevenes begrepsforståelse, samt undersøke hvilken utvikling elevene viser gjennom deltakelse i denne. For å undersøke dette er det gjennomført en pre- test og en post- test som sammen sier noe om hvilken begrepsforståelse elevene har før og etter å ha deltatt i undervisning. Videre søker studien å undersøke elevenes evne til å overføre den generiske kunnskapen om systembegrepet for å beskrive et nytt konkret system. For å undersøke elevenes begrepsutvikling og evne til overføring ble det dermed planlagt og gjennomført et undervisningsopplegg som eksplisitt tar for seg systembegrepet.

For å gi elevene begrepsforståelse er det tatt utgangspunkt i ulik didaktisk teori, men sentralt står teori om læring gjennom koblinger av Scott et al. (2011).

For å kartlegge elevenes utvikling og av systembegrepet samt evne til å beskrive det konkrete ut fra det abstrakte er elevenes språk analysert opp mot en sammensatt taksonomi som i stor grad bygger på begrepsforståelse av Bravo et al. (2008).

Datamaterialet viser at elevene i stor grad stiller med en førforståelse av systembegrepet og at denne førforståelsen har en tydelig tilkobling til hverdagslige språket. Videre viser datamaterialet at mange elever i stor grad utvikler en mer teoretisk og abstrakt forståelse av systembegrepet gjennom å ha deltatt i den eksplisitte begrepsundervisningen. Datamaterialet viser også at mange elever klarer å overføre det de har lært om det abstrakte systembegrepet, til å beskrive nye systemer. Dette kan gi en indikasjon på at en eksplisitt begrepsundervisning

kan være et redskap som både kan bidra til i at elevene lærer det særegne språket i naturfag, men også at det kan gi nyttige verktøy i videre arbeid med ulike systemer i naturfaget.

Forord

Masteroppgaven blir det siste arbeidet etter 6 år som student og før jeg skal ut som lærer å overføre og anvende kunnskapen til det den var ment for i skolen. Gjennom arbeidet med oppgaven har jeg lært fått innsikt i et tema som har stor overføringsverdi til arbeidet som fremtidig lærer, både i naturfag og andre fag. Arbeidet har gitt et dypere innblikk i hvordan kunnskap kan bygges gjennom koblinger i undervisningssammenheng. Samtidig anser jeg innsikten jeg har fått i egne læringsprosesser som minst like stor og nyttig.

Ord til Gunilla Eklund:

Tusen takk for bidrag og innspill knyttet til metodikk. Innspillene har vært til stor hjelp!

Ord til medveileder Christine Lindstrøm:

Tusen takk for svært dyp, faglig og akademisk innsikt og tilbakemeldinger til oppgaven. Det har virkelig ikke stått på tilbud, vilje eller kompetanse fra din side!

Ord til hovedveileder Katarina Pajchel:

En bedre veileder og medmenneske enn Katarina skal man lete lenge etter. Tusen takk for all støtte, for god faglig veiledning, for å være tilgjengelig og for å holde motet oppe. Du er akkurat den veilederen jeg trengte. Tålmodigheten din er noe jeg vil ta med meg videre som lærer og veileder for fremtidige elever.

Videre vil jeg takke alle andre, deriblant lærere på naturfagsseksjonen på OsloMet, som har bidratt med tilbakemeldinger og konstruktiv kritikk til oppgaven!

Anders Hestholm

Oslo, 15. Mai 2019.

Innholdsfortegnelse

1 Innledende kapittel	0
1.1 Bakgrunn for valg av tema	0
1.2 Forskningsspørsmål.....	1
1.3 Avklaring av sentrale begreper:	2
2 Teoretisk grunnlag	4
2.0 Introduksjon til kapittel.....	4
2.1 <i>Språket i naturfag</i>	4
2.1.1 Det naturfaglige språkets historiske forutsetninger	4
2.1.2 Språket i naturfag og hverdag.....	5
2.1.3 Begreper i naturfag	6
2.2 <i>Systembegrepet</i>	7
2.2.1 Å forstå systemene rundt seg	9
2.3 <i>Hva vil det si å lære et begrep?</i>	11
2.3.1 Konstruktivisme	11
2.3.2 Dybdelæring og overføring:	13
2.3.3 Hva kjennetegner begrepsforståelse?	16
2.4 <i>Å undervise for begrepsforståelse</i>	19
2.4.1 Eksplisitt begrepsundervisning	19
2.4.2 Didaktiske strategier som fremmer begrepsforståelse	20
2.4.3 Tidligere forskning og arbeid	26
3 Metode og design	27
3.1.1 Metode.....	27
3.1.2 Utvalget.....	28
3.1.3 Forskningsetikk	28
3.1.4 Oversikt over innsamlingsprosess.....	29
3.2 <i>Undervisningsopplegget</i>	31
3.2.1 Undervisningsform/didaktikk og pedagogikk	37
3.2.2 Validitet og reliabilitet i min rolle som lærer og forsker	37
3.3 <i>Datakilder</i>	38
3.3.1 Pre-test.....	38
3.3.2 Post-test	41
3.3.3 Overføringsoppgave.....	41
3.4 <i>Studiens koder</i>	43
3.5 <i>Verktøy for analyse</i>	48
3.5.1 Analytisk verktøy for pre- og post-test	48
3.5.2 Analytisk verktøy for overføringsoppgave	52
3.5.3 Muligheter og begrensninger ved de to verktøyene	56
4 Analyse og resultater	58
4.1 <i>Pre-test</i>	60

Nivå 0	61
Nivå 1	61
Nivå 2	63
Nivå 3	65
Nivå 4 og 5.....	66
Oppsummering	66
4.2 Post-test	68
Nivå 0	69
Nivå 3	69
Nivå 4	70
Nivå 5	71
Oppsummering	73
4.3 Utvikling fra pre-test til post-test.....	75
To eksempler på utvikling	78
4.4 Overføringsoppgave.....	80
Nivå 1	81
Nivå 2	82
Nivå 3	83
Nivå 4	84
Oppsummering	86
5 Diskusjon.....	88
5.1 Begrepsutvikling og eksplisitt undervisning.....	88
5.2 Anvendelse og overføring	91
6 Konklusjon	93
Bibliografi	97
Vedlegg.....	101
Vedlegg 1: NSD-søknad	101
Vedlegg 2: Informasjonsskriv og samtykkeerklæring	102
Vedlegg 3: Post- test	105
Vedlegg 4: Lysbilder fra eksplisitt undervisning (i rekkefølge)	107

1 Innledende kapittel

1.1 Bakgrunn for valg av tema

Begreper og begrepslæring er et tema som engasjerer meg. Det har alltid gledet meg å finne det overførbare i ting. Å se mønster, finne fellestrekk, strukturere og binde kunnskap sammen. Derfor liker jeg begreper godt. Begreper er en interessant og viktig kategori med ord, som er svært sentral i naturfag (Wellington & Osborne, 2001). Begrepene samler og sorterer det som finnes rundt oss i verden. Et begrep er merkelappen man fester på alle ting som deler noen felles egenskaper. Noe deler nesten alle egenskaper, mens andre ting deler færre. På denne måten befinner begrepene seg språklige hierarkier, hvor de grupperes og underordner hverandre (Howe, 1996).

System er et begrep. Systembegrepet er et begrep som befinner seg høyt i begrepshierarkiet. Etersom det befinner seg så høyt i hierarkiet underordner det mange har det en stor bredde av anvendelsesområder. Med en så høy plassering i begrepshierarkiet vil systembegrepet inneholde overførbare egenskaper. Men hva er egentlig et system? Finnes det noe som er felles for alle systemene i verden?

Som fremtidig lærer på barneskolen har det også alltid vært et ønske å finne de gode koblingene og bredt anvendbare verktøyene som gjør læringen lettere for elevene. Å gi elevene ei gryte heller enn en riskoker. For mens en riskoker er begrenset til å koke ris med, så vil gryta kunne brukes til å lage stort sett hva man måtte ønske, inkludert å koke ris. En sentral tanke og motivasjon i arbeidet med denne oppgaven har derfor vært tanken om at man gjennom å lære om det overordnede og generelle, det som er høyt i hierarkiet, så vil man endre forståelse av de mer underordnede og spesifikke tilfellene (Vygotsky, 1987). En annen grunntanke har vært at man ved å lære om det generelle og abstrakte systembegrepet én gang, gir elevene en grunnmur som deretter kan bygges videre på i den videre læringsprosessen.

Når man får kjennskap til hva et system er, får man også øynene opp for at systemer finnes i alle deler av naturfaget, og at elevene daglig/ukentlig arbeider med ulike systemer i naturfag og andre fag. Jeg gikk inn i arbeidet med en antakelse om at det abstrakte systembegrepet ikke var

forstått av elevene. Datamaterialet i denne studien viser at elevene til tross for hyppig eksponering av systemer i naturfagundervisning, ikke nødvendigvis fører med seg en forståelse av *hva* et system i naturfaget faktisk er. Et mål med denne studien har derfor vært å skape en bevissthet om det som tidligere var ubevisst (Howe, 1996).

1.2 Forskningsspørsmål

En antakelse om at systembegrepet var et uklart begrep for elevene, la grunnlaget for et forutsettende spørsmål jeg måtte stille meg. Hvordan kan man gi elevene forståelse av et abstrakt begrep? Som respons til dette og på grunnlag av søk i litteraturen, ble det planlagt et eksplisitt begrepsundervisningsopplegg. Dette undervisningsopplegget bygger på teori om utvikling av begrepsforståelse ved hjelp av pedagogiske kobling (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011). Dette undervisningsopplegget ble brukt som redskap for å belyse det som videre utviklet seg til studiens to forskningsspørsmål:

- 1) *Hvilken begrepsutvikling av systembegrepet viser elever ved å delta i eksplisitt begrepsundervisning?*
- 2) *I hvilken grad klarer elever å anvende generiske egenskaper ved det abstrakte systembegrepet, til å beskrive et nytt system?*

Sammen vil disse to spørsmålene brukes til å si noe om nytten ved å dedikere tid til eksplisitt begrepsundervisning i en ellers tettpakket skolehverdag. For å gi forståelse av det abstrakte systembegrepet ble det tatt utgangspunkt i det tekniske systemet *sykkel*. Deretter ble elevene bedt om å overføre det de hadde lært om sykkelen som system, til å beskrive et system fra en annen disiplin, det biologiske systemet *kroppen*. For å kartlegge hvilken begrepsforståelse elevene stiller med før undervisning, utvikler og klarer å anvende, vil det tas utgangspunkt i begrepsforståelse ut fra et teoretisk taksonomisk rammeverk (Bravo, Cervetti, Hiebert, & Pearson, 2008).

Tabell 1 En oversikt over studiens viktigste elementer

	<i>Forskningsspørsmål 1</i>	<i>Forskningsspørsmål 2</i>
<i>Fokusområde</i>	Begrepsforståelse av systembegrepet	Overføring og anvendelse
<i>Datakilde</i>	Skriftlige tester: Pre- test og post- test	Skriftlig oppgave: Kroppen som system
<i>Analyse</i>	Taksonomiske kjennetegn på begrepsforståelse	Taksonomiske kjennetegn på begrepsforståelse og overføring.

1.3 Avklaring av sentrale begreper:

Begrep: En språklig samlebetegnelse for ord og objekter som deler felles karakteristikk. Begrep vil utdypes i kapittel 2.1.3.

Konsept: Et «konsept» er en betegnelse som tett tilknyttet til begrepene. Begrep og konsept kan på norsk skape misforståelser ettersom de begge kan oversettes fra «concept» på engelsk. Det som skiller disse to, er at mens et begrep er samlebetegnelse for flere ting med felles karakteristikk, er konsept en samlebetegnelse på flere begreper som er tilknyttet et logisk sammenhengende nettverk av begreper (Lemke 1990).

System: En gruppe gjenstander eller prosesser satt sammen på en spesiell måte og som sammen har en funksjon. Systembegrepet vil utdypes ytterligere i kapittel 2.2.

Eksplisitt begrepsundervisning: Undervisning som omhandler et begrep ut fra det generelle og overførbare ved begrepet i stedet for det konkrete tilfellet. Oppfatningen av eksplisitt begrepsundervisning som en nødvendighet bygger på Lemke (1990), Bravo et. al, Scott et. al, Pickersgill og Lock (1991), Wellington og Osborne (2001).

Naturvitenskap kontra naturfag: Både naturvitenskap og naturfag kan oversettes fra det engelske betegnelsen «science» (Sjøberg, 2009, s. 39). Naturvitenskap og naturfaget står i en tett tilknytning til hverandre som omtales i kapittel 2.1. Dermed vil man kunne oversette betegnelsen «science» til begge disse. I denne oppgaven er det gjort vurderinger fra de

litteraturkildene og oversatt til naturfag eller naturvitenskap basert på en vurdering av hvilken som er mest riktig.

Systemsignifikant: Sentrale teoretiske egenskaper og tankelinjer ved et system. Disse anvendes for å beskrive systemene rundt oss (Klasander). Eksempelvis at systemet er delt opp i delsystemer og komponenter i et hierarki, eller at det transporteres noe mellom delene i systemet. De aktuelle systemsignifikantene i denne studien omtales i kapittel 2.2.

Teknologisk system: Et system konstruert av mennesker. Eksempelvis sykkel, datamaskin, bil eller ei bok.

Elektronisk system: Er en mer underordnet og spesifikk kategori innen teknologisk system. Elektronisk system er et teknologisk system som hvor elektriske signaler spiller en vesentlig rolle (til nyanse for elektrisk system, som i større grad omhandler elektriske kretser som energitransport). Eksempelvis telefon, datamaskin, internett eller kamera.

Naturlig system: Alle systemer som forekommer i naturen uavhengig av mennesker. Eksempelvis planter, solsystem, atom, kropp, dyr.

2 Teoretisk grunnlag

2.0 Introduksjon til kapittel

Måten kapittelet er bygget opp, er at det først vil gjøres rede for noen av årsakene til begrepenes sentrale rolle i naturfag. Her vil det også belyses hvordan systembegrepet befinner seg innen en av de mest utfordrende kategoriene av begreper i naturfaget, og dermed krever ekstra oppmerksomhet. Deretter vil det redegjøres for noe av det det ligger i å forstå begreper. Avslutningsvis i kapitlet vil fokuset gå over til begreper i undervisningssammenheng, hva man kan gjøre for å legge til rette for begrepsforståelse.

2.1 Språket i naturfag

Språket man bruker i hverdagen er på mange måter annerledes enn det elevene skal lære seg i naturfaget. Ofte har ord og begreper en mer definert og avgrenset betydning i naturfaget og naturvitenskapen (Bravo, Cervetti, Hiebert, & Pearson, 2008, s. 167).

2.1.1 Det naturfaglige språkets historiske forutsetninger

Naturfaget og naturvitenskapen står i tett tilknytning til hverandre (Andr e, 2007; Sjøberg, 2009). Naturfaget befinner seg mellom naturvitenskapen, med dens særegenhet, og hverdagens kultur (Eskilsson, 2001). Det som foregår i naturfagundervisningen kan dermed beskrives som en hybridkultur ettersom den orienterer seg mot det som foregår utenfor skolens kultur, i naturvitenskapen (Andr e, 2007, s. 158). Naturvitenskapen har på sin side utviklet seg over en lang tidsperiode og har utviklet visse særegne egenskaper (Sjøberg 2009; Lemke 1990,). En av disse egenskapene er det unike språket, som har begreper som skiller seg fra språket vi vanligvis bruker i hverdagen (Vygotsky, 1987 ; Sjøberg, 2009).

2.1.2 Språket i naturfag og hverdag

Språkets rolle i naturfag kan ikke undervurderes. Å lære seg det språket i naturfag er en av fagets fremste oppgaver (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011, s. 6; Wellington & Osborne, 2001, s. 2). Språket er vårt fremste redskap i overføring av informasjon, og nesten all læring foregår ved hjelp av språket (Wellington & Osborne, 2001, s. 3; Sjøberg, 2009, s. 54). Samtidig anses det naturfaglige språket ifølge Wellington & Osborne (2001) som å være en av de største utfordringene ved å lære naturfag (Wellington & Osborne, 2001)

Vygotsky (1987) setter søkelyset mot forskjellen på naturvitenskapelig språk og hverdagsspråk. Han skiller mellom vitenskapelige ord og de spontane ordene man bruker i hverdagen (Vygotsky, 1987; Scott, Mortimer, & Ametller, 2011, s. 6). I dagligtalen kan vi bruke språket uten å ta oss bryet av å vite alle ordenes definisjoner, men i forskning er det annerledes (Johannessen, Tuft, & Christoffersen, 2016, s. 45). Ifølge Sjøberg er de ord og begreper som utgjør språket i vitenskap gått gjennom en raffinering og presisering for at de skal kunne brukes i en entydig kommunikasjon (Sjøberg, 2009, s. 54). Ord som har startet med å beskrive noe hverdagslig kan ha blitt adaptert og presisert av vitenskapen og på denne måten blitt verktøy for å beskrive tanken (Einstein & Infeld, 1938, s. 14; Sjøberg, 2009, s. 54).

Mange av ordene elevene møter i naturfaget vil være helt nye for elevene (Wellington & Osborne, 2001, s. 9). Gjennom en typisk økt i naturfag blir det vanligvis presentert en stor mengde fremmedord og begreper. Ifølge Armstrong og Collier (1990) gjengitt etter Bravo et al. 2008, vil enkelte lærebøker i naturfag introdusere 45-50 prosent flere fremmedord enn det som vil introduseres i en typisk tilsvarende situasjon innenfor undervisning i et fremmedspråk (Bravo, Cervetti, Hiebert, & Pearson, 2008, s. 165).

Når elevene kommer til undervisning har de allerede dannet seg en antakelse om ulike begreper i naturfaget (Mork & Erlien, 2010). Hver og en har sine antakelser og assosiasjoner til ord og begreper og hva disse betyr. Andre ord og begreper allerede er kjente for elevene, men med en annen betydning og bruksområde i naturfaget enn i dagligtalen. Det kan tenkes at det er de siste som skaper mest forvirring blant elevene (Mork & Erlien, 2010). Likevel ligger ikke hovedutfordringen der man kanskje skulle trodd. Cassels og Johnstone gjorde i 1985 en studie som resulterte i en artikkel ved navn *Words that Matter in Science*. De gikk inn i arbeidet med en antakelse om at det var de tekniske ordene som skapte mest hodebry for elevene, hvor

tekniske ord er de som er særegne for faget. Det de fant var derimot at det var ordene fra dagligtalen som ble plassert inn i en vitenskapelig kontekst som utgjorde den største utfordringen for elevene. (Wellington & Osborne, 2001, ss. 10-11).

Wellington & Osborne (2001) påpeker at ettersom språket i naturfag kommer med disse utfordringene, så må det behandles med stor bevissthet. For mens en språkundervisning lærer nye og ukjente ord, vil naturfagundervisningen inneholde ord som også brukes i dagligtalen, men som likevel har en annen betydning. Dette gjør på mange måter undervisningen i naturfag enda vanskeligere enn den dedikerte språkundervisningen. Mange begreper har en annen og mer definert betydning i naturfaget enn det har i hverdagslige språket (Wellington & Osborne, 2001, s. 5). Et illustrerende kan man for eksempel ta utgangspunkt i begrepet «kraft», som vil ha helt ulik betydning dersom det brukes innen matlaging eller i naturfaget.

I følge Webb (2010) er målet med naturfagundervisning at elevene skal oppnå det som i den engelske litteraturen omtales som «literacy». For at man skal kunne regnes som å det som Webb omtaler som «scientifically literate» så kreves det en forståelse for den diskursen man befinner seg i. I naturfagets sammenheng inkluderer det å kunne skille mellom det hverdagslige språket man bruker hjemme, fra det spesialiserte språket man har i naturvitenskap som naturfaget retter seg mot (Webb, 2010, s. 448). Dette er i stor grad det Sjøberg omtaler som naturfaglig allmenndannelse, hvor forståelsen av språket en av de viktigste egenskapene elevene kan tilegne seg (Sjøberg, 2009).

I følge Pickersgill & Lock (1991) kan dette dog være vanskelig. Misforståelser elevene har bygget opp over flere år kan ha etablert seg kognitivt hos elevene, og er derfor vanskelige å endre. De konkluderer med at man derfor i undervisningen bør bruke tid til «overt teaching of non-technical terms» (Pickersgill & Lock, 1991, s. 78). Med andre ord bruke tid på tydelig begrepsundervisning av de ikke-tekniske ordene med som både har en faglig og hverdagslig betydning (Pickersgill & Lock, 1991, s. 79).

2.1.3 Begreper i naturfag

Introsetning. Ifølge Pickersgill & Lock (1991) er «concept» et av ordene som brukes flittig i naturfagundervisning, men som er et vanskelig ord (Pickersgill & Lock, 1991, s. 78; Wellington & Osborne, 2001, s. 13). For å kunne forstå og mestre språket i naturfag kreves det en

tilstrekkelig og presis forståelse av hva ordene som brukes betyr. Begrepene er en spesiell gruppe eller sjanger med ord. Begrepene er ikke noe som utelukkende befinner seg i naturfag, men naturfaget stiller med en svært høy tetthet av disse (Wellington & Osborne, 2001). Ettersom begreper er anvendt på tvers av ulike vitenskaper finnes det flere ulike definisjoner. Likevel er hovedbudskapet primært sett det samme. Johannesen, Tufte & Christoffersen (2016) sammenligner begreper med bokser. I boksene putter man konkrete eller abstrakte elementer som har noe til felles. (Johannesen, Tufte, & Christoffersen, 2016, s. 39). Begrepene er med andre ord noe som samler og kategoriserer objekter med felles karakteristikker.

2.2 Systembegrepet

Et «system» er et ikke-teknisk begrep som kan endre betydning ut fra konteksten det anvendes i. Den vitenskapelige definisjonen det tas utgangspunkt i ved denne studien er den som innledningsvis avklares som «En gruppe gjenstander eller prosesser satt sammen på en spesiell måte og som sammen har en funksjon.». Fra et etymologisk perspektiv har systembegrepet opprinnelse av betegnelsen «sammenstilling» (Store Norske Leksikon, 2018).

Systembegrepet er et sentralt begrep i naturfag og et sentralt tema innen det internasjonale rammeverket for naturfagundervisning, K12. K12 står for Kindergarten-12th grade og ble utviklet av National Research Council for å forbedre naturfaget gjennom det tolvårige utdanningsløpet. Rammeverket kan deles inn i tre hoveddeler inkluderer *Practices*, *Core Ideas & Crosscutting Concepts*. Disse regnes sammen som *Next Generation Science Standards* (NGSS). Det er særlig sistnevnte som er av relevans for denne studien da den har som hensikt å gi elevene forståelse for likhetstrekk på tvers av de ulike fagområdene. I dette rammeverket identifiseres det syv tverrfaglige emner i faget, deriblant *system and system models*, *energy and matter* og *Structure and function* (National Research Council, 2013). Tabell 2 viser utdrag av den mest relevante av disse, *systems and system models*:

Tabell 2 Egenskaper ved systemer. Hentet fra (National Research Council, 2013, s. 16)

4. Systems and System Models – A system is an organized group of related objects or components; models can be used for understanding and predicting the behavior of systems.			
K-2 Crosscutting Statements	3-5 Crosscutting Statements	6-8 Crosscutting Statements	9-12 Crosscutting Statements
<ul style="list-style-type: none"> Objects and organisms can be described in terms of their parts. Systems in the natural and designed world have parts that work together. 	<ul style="list-style-type: none"> A system is a group of related parts that make up a whole and can carry out functions its individual parts cannot. A system can be described in terms of its components and their interactions. 	<ul style="list-style-type: none"> Systems may interact with other systems; they may have sub-systems and be a part of larger complex systems. Models can be used to represent systems and their interactions—such as inputs, processes and outputs—and energy, matter, and information flows within systems. Models are limited in that they only represent certain aspects of the system under study. 	<ul style="list-style-type: none"> Systems can be designed to do specific tasks. When investigating or describing a system, the boundaries and initial conditions of the system need to be defined and their inputs and outputs analyzed and described using models. Models (e.g., physical, mathematical, computer models) can be used to simulate systems and interactions—including energy, matter, and information flows—within and between systems at different scales. Models can be used to predict the behavior of a system, but these predictions have limited precision and reliability due to the assumptions and approximations inherent in models.

Punktene i tabellen beskriver sentrale trekk og egenskaper felles for systemer og som dermed er generiske og overførbare på tvers av tilfeller. De dreier seg om en måte å forstå og beskrive systemer på.

Disse deler trekk med enkelte egenskaper ved systemer som Klasander (2010) omtaler som *systemsignifikanter*. Han beskriver systemsignifikanter som er en rekke kriterier som ligger til grunn for å beskrive verden som system ut fra sentrale begreper og tankelinjer (Klasander, 2010, s. 46; Svensson, 2011, s. 111). De aktuelle for denne studien er:

1) Systemets tekniske kjerne

Systemet er konstruert, og menneskers behov er systemets hensikt.

2) Komponent, delsystem og hierarkier

Systemer er bygget opp som hierarkier. Et system kan være bygget opp av mindre systemer, som videre kan være bygget opp av mindre deler. Systemets minste bestanddeler kalles enkeltdeler eller komponenter. Sammen utgjør komponentene og delsystemene det overordnede systemet.

3) Samspill og helhet

Delsystemer og komponenter med sine funksjoner og egenskaper, er i en koblet sammenheng for å danne det større systemet.

En annen signifikant egenskap ved systemer er flyt/transport. Denne tar for seg transport i systemet. Det kan enten transporteres *materie*, *informasjon* eller *energi* (Svensson, 2011).

2.2.1 Å forstå systemene rundt seg

I en diskusjon omkring naturfagets intensjon og innhold, står spørsmålet om nytteverdien av tilegnelse av naturvitenskapelig tankemåte sentralt (Sjøberg, 2009, ss. 191-194). Er det slik at alt innhold skal gjennom nåløyet av et hverdagslig anvendelsesområde? I så fall må man spørre seg hvilken nytte har det for elever å tilegne seg språket og metodene som utgjør naturvitenskapen. Hvilken nytteverdi har det for et barn å forstå den vitenskapelige årsaken til fenomenene rundt seg? Sjøberg beskriver ved at et barn fint kan leve et liv og bruke alle de teknologiske gjenstandene rundt seg, uten at man nødvendigvis trenger å forstå hvordan disse fungerer (Sjøberg, 2009, s. 192). I et slikt tilfelle, hvor man bruker uten å forstå, vil omverdenen da bestå av sorte bokser. På samme måte som at man ikke vet hva som foregår inne i boksen så vet man ikke vet ikke årsaken til fenomenet (Svensson, 2011, s. 113; Sjøberg, 2009, s. 192). Det må skilles mellom teknologiske ferdigheter og naturfaglige kunnskaper. Førstnevnte dreier seg om en forståelse av hvordan TV skal anvendes, sistnevnte dreier seg om hvordan tv fungerer, ved hjelp av de fysiske fenomenene som ligger til grunn.

Med et slikt fokus blir realiteten en systemforståelse med et «artefakt-perspektiv». Dette fokuset vil kunne resultere i at elevene ikke får samme mulighet til å forstå systemet (Svensson, 2011, s. 123)

Svensson (2011) beskriver at fokus på artefakter, eller enkeltdelene av systemet, kan føre til teknologikonsumerisme. I dette ligger det kunnskap om hvordan bruke, men uten kunnskap om den større sammenhengen det befinner seg i. Noen bokser må forbli sorte, men å se komponenter i et større perspektiv og danne seg en systemforståelse. Dersom teknologi fokuserer på artefaktene uten forståelse predikerer Svensson to negative konsekvenser. Det første er teknikkonsumisme, som innebærer at teknologien oppfattes som autonom og elevene anvender uten forståelse. Da blir stående på utsiden av teknologien og betrakter den, og på denne måten blir man ikke delaktig i teknologien. Den andre er materialisme, hvor elevene deler adskilt fra sammenheng. Dette er kritisert ettersom man bør forstå teknologien som noe mer enn enkeltstående deler (Svensson, 2011, s. 113).

Naturvitenskapen og dens språk og metoder, gjør det mulig å forstå hva som skjer i en verden som i økende grad inneholder sorte bokser. Sjøberg stiller derfor spørsmålet om man kanskje bør holde fast på at det kan være viktig å forklare og forstå verden rundt seg (Sjøberg, 2009, s. 192). Det er jo tross alt vitenskapens idéer, begreper, teorier og lover, som er de beste

redskapene man har for å forstå virkeligheten som vi er en del av. Eksempelvis vil det kunne diskuteres hvilken praktisk nytte det har av å bruke tid og ressurser til å undersøke sorte hull. Likevel er dette noe som man gjør. Denne antakelsen om at kunnskap forståelse av omverden har en nytteverdi i seg selv er jo tross alt til grunn for drivkraften og visjonen bak naturvitenskapens utvikling (Sjøberg, 2009, s. 193). Til tross for at nytteverdien er til stede er distansen ofte stor mellom vitenskapens teorier og til de faktiske fenomenene, noe som resulterer i en potensiell distanse. Denne distansen er ifølge Sjøberg en del av vitenskapens natur. Naturvitenskapen søker nemlig ikke å forklare de praktiske fenomenene i sine ulike konkrete tilfeller, men søker heller mot å trekke ut det generelle fra det spesielle. I naturvitenskapen er det i større grad fokus på å isolere fenomenet fra den naturlige situasjonen det oppstår i, gjennom å definere og avgrense systemer gjennom forenkling (Sjøberg, 2009, s. 193).

2.3 Hva vil det si å *lære* et begrep?

2.3.1 Konstruktivisme

Læring foregår i følge Gagné som å bygge en hierarkisk mur (Gagné gjengitt av Imsen (2000) s. 178). Kunnskap bygges opp hierarkisk slik som mursteinene bygger en mur. Hvert begrep kan tenkes å være en murstein mens disse sammen danner det konseptuelle nettverket av den større muren. Forskning av Vygotsky (1987) viser at når en endring skjer høyt i et kognitivt hierarki, så får det konsekvenser for delene som er lengre nede i hierarkiet. Utgangspunktet var her elever som ved forståelse av algebra deretter endret syn på aritmetikken. Gjennom å mestre det som er høyt i hierarkiet, så endres synet på de underordnede delene, med et resultat av et mer generelt, abstrakt og friere syn på de mer underordnede delene i hierarkiet (Vygotsky, 1987, s. 176; Howe, 1996, ss. 39-40).

Ifølge Howe (1996) vil en elev som forstår hvor et begrep hører hjemme i et organisert hierarki, få en grunnmur å bygge og knytte nye begreper på (Howe, 1996, s. 39). Dette vil videre øke bevisstheten om kunnskap som tidligere var ubevisst hos eleven. På denne måten skapes det en metakognitiv generalisering av kunnskap (Howe, 1996).

I et barns møte med omverdenen kunne en kanskje tro at barnet utelukkende ser konkrete tilfeller. I følge Vygotsky er det derimot helt naturlig for barn å finne det som er felles og det som er abstrakt blant det ulike (Vygotsky, 1987). En læringsteori av Buhler (Gjengitt etter Vygotsky 1987), beskriver prosessen hvor begrepene dannes hos barna. Innlæringen av abstrakte begreper er ikke en lineær prosess, men er derimot en prosess som foregår i to retninger. På den ene siden bygges og utvikles begrepene fra det spesifikke til det generelle. Med dette menes det at man observerer enkelttilfeller som man siden grupperer og oppretter kognitive skjemaer for (assimilasjon og akkomodasjon). Ved å observere flere tilfeller som har de samme egenskapene og oppfyller de samme kriteriene, så vil man etterhvert få en stadig mer kompleks og komplett forståelse av tilfellene innenfor det aktuelle begrepet. På den andre siden utvikles begrepsforståelsen fra det generelle til det spesifikke. Dette bekreftes av det faktum at barn lærer begrepet «blomst», før det lærer navnet på de spesifikke tilfellene av arter som det finnes av blomster (Vygotsky, 1987, s. 159).

Jean Piaget er en svært sentral person innen konstruktivistisk læringsteori (Imsen, 2000, s. 36). Han er blant annet kjent for en teori som omhandler hvordan vår oppfattelse av omverden dannes og modifiseres i kognitive skjemaer. Hvert skjema har visse kriterier. Et klassisk er barnet som ser et dyr med fire bein som bjeffer og forelderen peker og forklarer at det er en hund. Siden kan barnet bruke dette skjemaet til å kjenne igjen nye hunder. Noen har kanskje en annen farge på pelsen enn den han opprinnelig hadde sett, men det er fremdeles en hund. I slike tilfeller må eksisterende skjemaer eller endres på slik at de passer til alle hunder. Problemet oppstår den dagen barnet ser en katt naturligvis ikke bjeffer. Da oppstår det en kognitiv konflikt hos barnet og det blir nødt til å lage et nytt skjema for dyr med fire bein som mjauer. Denne prosessen kalles akkomodasjon. Gjennom å gruppere det vi ser rundt oss utvikles også det Sawyer (2006) omtaler som «*objects to think with*» (Sawyer, 2006, ss. 38-39).

2.3.2 Dybdelæring og overføring:

Dybdelæring er et omfattende fenomen som det ikke er enkelt å beskrive med få ord. For hva er egentlig dybdelæring? Ludvigsenutvalgets utredning beskriver dybdelæring som en prosess hvor man «gradvis utvikler sin forståelse av begreper og sammenhenger innenfor et fagområde» (NOU 2014:7 s. 35). Dybdelæring har fått et tydeligere fokus i den nye læreplanen som lanseres i 2020. Fornyelsen har som hensikt å sikre bedre læring og faglig forståelse for alle elever (Det Kongelige Kunnskapsdepartement, 2015-2016, s. 7). En måte å bidra til kunnskap og kompetanse som varer over tid er at elevene må se og forstå hvordan enkeltdelene de lærer i et fag henger sammen og utgjør en helhet. I stortingsmelding 28 omtales dybdelæring som følgende:

For å oppnå kunnskap og kompetanse som varer over tid, er det viktig for elevene å se og forstå sammenhenger og hvordan enkeltdeler av det de lærer i et fag, utgjør en helhet. Dybdelæring innebærer at elevene gradvis utvikler sin forståelse av begreper og sammenhenger innenfor et fag eller på tvers av fag. En rekke forskningsbidrag frem hever at dybdelæring har betydning for elevens utvikling i og på tvers av fag, og for den enkelte når hun eller han senere skal delta som arbeids taker og samfunnsborger (Det Kongelige Kunnskapsdepartement, 2015-2016, s. 33)

Dybdelæring dreier seg med andre ord seg om å løfte blikket og se de overordnede eller underliggende strukturene og fenomenene som er felles og overførbart i og mellom fagene.

En motsats til dybdelæring kan være det som omtales som overflatelæring (Houghton, 2004) (Sawyer, 2006). Sawyer (2006) har samlet seks punkter for det mest sentrale kjennetegnene og skillene mellom dybdelæring og overflatelæring (tabell 3).

Tabell 3 Sawyer s.4 (2006) sin samling av kjennetegn og skiller mellom dybdel ring og overflatel ring. Oversettelsen er hentet fra NOU (2014:7, s. 36)

Dybdel�ring	Overflatel�ring
<ol style="list-style-type: none"> 1. Elever relaterer nye ideer og begreper til tidligere kunnskap og erfaringer. 2. Elever organiserer egen kunnskap i begrepssystemer som henger sammen. 3. Elever ser etter mønstre og underliggende prinsipper. 4. Elever vurderer nye ideer og knytter dem til konklusjoner. 5. Elever forstår hvordan kunnskap blir til gjennom dialog og vurderer logikken i et argument kritisk. 6. Elever reflekterer over sin egen forståelse og sin egen læringsprosess. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elever jobber med nytt lærestoff uten å relatere det til hva de kan fra før. 2. Elever behandler lærestoff som atskilte kunnskaps- elementer. 3. Elever memorerer fakta og utfører prosedyrer uten å forstå hvordan eller hvor for. 4. Elever har vanskelig for å forstå nye ideer som er forskjellige fra dem de har møtt i læreboka. 5. Elever behandler fakta og prosedyrer som statisk kunnskap, over f�r t fra en allvitende autoritet. 6. Elever memorerer uten å reflektere over formålet eller over egne læringsstrategier.

Fra tabell 3 finner man igjen det   finne mønstre og underliggende prinsipper i punkt tre under dybdel ring, samt organisering av kunnskap i sammenhengende begrepssystemer i punkt 2 under dybdel ring. Begge disse er sentrale prosesser i begrepslæring.

Overføring

En viktig egenskap ved dybdel ring, er evne til   bruke tidligere læring som verktøy i nye situasjoner Pellegrino & Hilton (2012) beskriver:

We define “deeper learning” as the process through which an individual becomes capable of taking what was learned in one situation and applying it to new situations (i.e., transfer). The competencies are structured around fundamental principles of the content area and their relationships rather than

disparate, superficial facts or procedures. It is the way in which the individual and community structures and organizes the intertwined knowledge and skills- rather than the separate facts or procedures per se- that supports transfer (Pellegrino & Hilton, Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century, 2012) s5-6.

Dette er en beskrivelse som inneholder en noe grov begrensning av dybdeløring, ettersom den utelukkende tar for seg overføringsprinsippet ved dybdeløring. Likevel vil det anvendes til å beskrive hvordan én av hensiktene med dybdeløring er at man skal kunne overføre det man har lært i én situasjon, og over til en annen. Overføring kan foregå på to nivåer, næroverføring og fjernoverføring (Salomon & Perkins, 1999). Næroverføring vil finne sted dersom man overfører fra og til to situasjoner som er i en lignende kontekst. Salomon & Perkins bruker eksempelet om en bilmekaniker som skal reparere en bilmotor. Dersom det er en ny bilmotor, men som i stor grad er lik den forrige modellen, så regnes det som en næroverføring. I fjernoverføring er kontekstene man overfører fra og til i større grad ulike og ukjente for elevene. Næroverføring og fjernoverføring er dog ikke tydelig definerte betegnelser. Dermed er det ikke nødvendigvis et tydelig skille mellom disse, men skilles i større grad ved hjelp av intuisjon (Salomon & Perkins, 1999).

Lemke (1990) omtaler også en form for overføring av kunnskap gjennom betegnelsen analogisk overføring. En analogi fungerer ved hjelp av noen enkle tematiske prinsipper. En god analogi viser til likhetstrekk og korrespondanse mellom to tematiske mønstre. Disse mønstrene har ulikt innhold og bestanddeler, men det tematiske mønsteret mellom disse er likt. Analogier er dermed effektive redskaper i å knytte ny kunnskap på noe allerede-eksisterende kunnskap (Lemke, 1990, s. 117). Dette er i stor grad i tråd med første punkt for dybdeløring vist i tabell 3. Gjennom å fokusere på det som er felles bygger elevene opp en generisk kunnskap som kan anvendes på tvers av flere temaer og disipliner (Pellegrino & Hilton, 2012, s. 160).

2.3.3 Hva kjennetegner begrepsforståelse?

Dersom man ønsker å undersøke hvordan noen *tenker* om omverdenen, så kan man undersøke hvordan de *kommuniserer* om omverdenen (Mortimer & Scott, 2003, s. 10 kapittel 2). Å lære seg ord er i følge Nagy & Scott (2000) ikke en binær prosess, hvor man går fra å ikke ha hørt om et ord til å kunne ordet. Læringsprosessen for ord går derimot mer nyansert og kan deles i flere trinn (Nagy & Scott, 2000, s. 459). Bravo et al. (2008) deler inn kunnskapen i tre primære nivåer, ingen kontroll, passiv kontroll, eller aktiv kontroll:

Vocabulary knowledge is multifaceted and can include having no control of a word (where a student has never heard or seen the word), passive control of a word (where a student can decode the term and provide a synonym or basic definition) or more active control (where students can decode the word, provide a definition, situate it in connection to other words and use it in their oral and written communications (Bravo, Cervetti, Hiebert, & Pearson, 2008, s. 164)

Ut fra disse egenskapene kan man danne seg et bilde av en taksonomisk orden av nivåer, tabell 4.

Tabell 4 Bearbeidet fra Bravo et al. (2008) s164

Nivå	Kjennetegn
Aktiv	Koble begrepet til andre tilhørende begreper
	Gi en bedre definisjon
	Kan dekode begrepet
Passiv	Kan gi grunnleggende definisjon
	Kan gi et synonym
	Kan dekode begrepet
Ingen kontroll	Vet ingenting om begrepet

Nederst i tabell 4 finner man elevene som ikke har kontroll over et ord i hele tatt. Disse klarer ikke tolke eller uttrykke noen forståelse av begrepet. Deretter finner man elever som har en mer passiv kontroll og som kan gi et synonym eller en helt enkel definisjon av ordet. Videre vil elever som har en mer aktiv forståelse kan bruke ordet i en semantisk sammenheng og gi en bedre og mer dekkende definisjon (Bravo, Cervetti, Hiebert, & Pearson, 2008).

For å illustrere kunnskapen som kreves innenfor de ulike nivåene kan man ta utgangspunkt i begrepet «fisk». For å oppnå passiv kontroll kreves det en begrenset men korrekt definisjon som eksempelvis kan være at en fisk er et dyr som lever utelukkende i vann. For at en skal bevege seg opp til et aktivt nivå, kreves det i større grad det Lemke (1990) i kapittel 2.4.2 omtaler som konseptuell forståelse. Konseptuell forståelse vises ved å beskrive hovedbegrepet (fisk) opp mot en rekke tilhørende begreper i et semantisk nettverk. Eksempelvis vil en mer utfyllende og aktiv definisjon av fisk være at den lever utelukkende i vann, puster ved hjelp av gjeller, er kaldblodig og legger egg.

For at en elev skal kunne oppnå det Lemke (1990) i kapittel 2.4.2 omtaler som konseptuell begrepsforståelse, kreves det med andre ord en aktiv forståelse. Enkelte begreper vil være viktige å tilegne seg denne aktive forståelse av, ettersom de er del av det grunnleggende ordforrådet og språket som naturfaget anvender (Rivard & Straw 2000, gjengitt etter Bravo et al. 2008.)

Haug & Ødegaard (2014) har også bearbeidet en taksonomi med utgangspunkt i Bravo et al. (2008). Denne bearbejdede taksonomien deler i større grad likhetstrekk med Blooms taksonomi. Det som først og fremst er interessant med denne er nivået *synthesis/syntese*, som beskriver en overføring av kunnskap i nye situasjoner (jf Salomon & Gavriel 1999 om dybdelæring).

Tabell 5 Taksonomisk fremstilling av Bravo et al. (2011), bearbejdet og hentet fra Haug & Ødegaard (2014) s. 781)

Table 1 Framework for word knowledge (based on Bravo et al. 2008)

Level of word knowledge	Cognitive process	Explanation
Low	Recognition	Knowing how a word sounds or looks when it is written.
Passive	Definition	Being able to recite a word's definition, but having little understanding of the meaning of the word or its implications.
Active	Relationship	Knowing the word's relationship to other words and concepts.
	Context	Knowing how to use the word in context. Understanding how the word fits in different sentences.
	Application	Knowing how to apply the word in context when engaging in inquiry about a phenomenon. Linking the word to the empirical data.
	Synthesis	Knowing how to use the word when communicating the emerging knowledge about the phenomena under study. Solving problems in new situations by applying acquired knowledge.

Conceptual knowledge develops alongside an increased level of word knowledge

Denne egenskapen bidrar til å illustrere overføring i nye situasjoner som det taksonomiske nivået *syntese*. Dette er på denne taksonomien det høyeste nivået, og forutsetter at eleven har en aktiv forståelse av begrepet.

I følge Gagné, gjengitt av Imsen (1998), så vil det å lære seg et begrep bety at man kobler et ord til en gruppe med objekter eller hendelser som deler noe felles (Imsen, 2000, s. 180). Når man står ovenfor en ny situasjon med de samme tilfellene, kan man bruke denne samlebetegnelsen på nytt, gjennom en *overføring*. En kritisk del av begrepslæring blir dermed å vite hvor skillet går mellom hva som skal inkluderes og ikke i begrepet. Ellers risikerer man det Solomon & Gavriel (1999) omtaler som negativ overføring, hvor man overfører feilaktig. I følge Imsen blir dermed delprosessene i begrepslæring:

- 1 **Abstrahering.** Å kunne ignorere ulikheter for å trekke ut de felles egenskapene fra mange eksempler.
- 2 **Symbolisering.** Det å sette navn på de felles egenskapene (verbal assosiasjon).
- 3 **Diskriminering.** Det å kunne skille mellom egenskaper som hører med og ikke.
- 4 **Generalisering.** Å kunne overføre de felles egenskapene til nye situasjoner

Disse punktene viser til viktige ferdigheter man må kunne for å oppnå begrepsforståelse (Imsen, 2000, s. 180).

2.4 Å undervise for begrepsforståelse

2.4.1 Eksplisitt begrepsundervisning

Ifølge Scott et al. (2011) er vitenskapelige begreper noe som må introduseres eksplisitt for elevene (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011, s. 6; Bravo, Cervetti, Hiebert, & Pearson, 2008, s. 167; Pickersgill & Lock, 1991). Eksplisitt kan defineres som noe som uttrykkes klart og tydelig. En naturlig motsetning til eksplisitt blir derfor «implisitt» hvor innholdet ikke er uttrykt i klartekst, men hvor budskapet uttrykkes «mellom linjene» og i større grad krever en fortolkning av den som mottar. Denne termen er ikke vanligvis brukt i litteraturen, men beskriver likevel godt hvordan arbeidet med systemer vil være i de fleste skoletimer hvor det faglige aspektet ved systemet er i fokus. Eksempelvis vil elevene gjennom skoleløpet lære om biologiske systemer som kroppen, næringsnett eller dyr og planters oppbygging. Elevene vil lære om fysiske og kjemiske systemer som solsystemet, energiproduksjon eller atomer. Det finnes ingen oversikt, men lista over systemer er fyldig. Likevel er det ikke en selvfølge at arbeidet med disse systemene hjelper eleven å forstå hva et system er. Som nevnt i kapittel 2.1.2 er vitenskapelige begreper noe som er konstruert og kommet frem til av forskere. En konsekvens av dette er at de da heller ikke åpenbares gjennom oppdagelse fra elevenes side. Disse faktorene fører sammen til at de vitenskapelige begrepene noe som må presenteres eksplisitt for elevene gjennom undervisning (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011, s. 6).

Videre øker nytten av denne eksplisitte undervisningen øker dersom de nye begrepene blir introdusert på en systematisk måte (Coyne et al. (2004) gjengitt etter Bravo et al. (2008) ss. 4). Dette kan gjøres ved å introdusere begrepet i den semantiske konteksten, eller det begrepsmessige nettverket ordet tilhører.

Lemke (1990) beskriver det som han omtaler som «metadiskurs», men som kan oversettes til eksplisitt begrepsundervisning, gjerne er en sjelden praksis i utviklingen av begrepsforståelse. En måte å tydeliggjøre for elevene at det er eksplisitt begrepsfokus er ved å flytte fokus fra det faglige innholdet, og over til fokus på vokabularet. Dette kan eksempelvis gjøres ved å stille spørsmål som: «Hva kan begrepet bety? Hva betyr begrepet i *denne* konteksten?» (Lemke, 1990, ss. 132-133).

Bravo (2008) bruker det svært brede organisme-begrepet. Det å introdusere dette begrepet semantisk vil innebære å knytte begrepet, i dette tilfellet organismebegrepet, opp mot et mer konkret eksempel på organisme, *tanclus* (isopod). Ved å beskrive *tanclus* som et insekt som gjenkjennes ved *egenskaper* som syv par med bein, flat kropp og finnes på skogbunnen, hvor den finner det den trenger for å *overleve*. Dette beskriver hva *tanclus* trenger for *overlevelse*, og hvilket *habitat* den er avhengig av (kursiv fra kilde). Ordene i kursiv beskriver et nettverk med begreper som er tett tilknyttet organismebegrepet, og som er viktige for å forstå hva en organisme er. Ordene satt i en semantisk sammensetning, danner et bilde av forholdet mellom kjernebegrepene. Å presentere begrepene i et slikt nettverk gir bedre grunnlag for en dyp forståelse av de vitenskapelige begrepene (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011).

Selv om det er vanlig at ikke-tekniske ord misforstås i naturfaget, så ligger kanskje utfordringen først og fremst i at lærerne ikke klarer å finne tid i den travle skoletimeplanen til å gi elevene eksplisitt begrepsforståelse (Pickersgill & Lock, 1991, s. 79).

2.4.2 Didaktiske strategier som fremmer begrepsforståelse

Som nevnt i kapittel 2.1.3 er begreper abstrakt av natur. Ingen begreper kan være helt konkrete, ettersom konkrete tilfeller i prinsippet ikke er en direkte beskrivelse av begrepet selv, men snarere et anvendt eksempel. Hva kan man som lærer da gjøre for å legge til rette for begrepsforståelse?

Haug og Ødegaard peker på lærerens sentrale rolle i elevenes begrepsutvikling. En lærer med riktig kunnskap kan legge til rette for og oppmuntre til bruk av det mer formelle språket som er i naturfaget. (Haug & Ødegaard, 2014, s. 781). En dyktig lærer kan også støtte elevene gjennom ulike didaktiske grep.

Scott, Mortimer & Ametller (2011) beskriver tre hovedkategorier av tiltak som kan gjøres i undervisning for støtte elevene i utvikling av begrepsforståelse (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011). Disse tiltakene omtales som *pedagogical linkmaking* og regnes som grunnleggende aspekter for å gi begrepsforståelse i naturfag/vitenskap. Videre vil *linkmaking* omtales som

koblinger. Tiltakene har på et overordnet plan som hensikt å gi elevene dyp forståelse av det aktuelle innholdet (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011, s. 5). Det første av de tre tiltakene er å bygge kunnskapen gjennom ulike *koblinger til tidligere kunnskap*. Det andre er å *koble kunnskapen på tvers av tid*. Det tredje er å legge til rette for *emosjonelt engasjement*. Gjennom disse legges det til rette for å bygge et hjelpende stillas som støtter elevenes begrepsutvikling (Haug & Ødegaard, 2014).

Det første av disse tre, *å koble kunnskap*, kan gjøres på ytterligere seks måter. I denne studiens kontekst er det først og fremst tre av disse som er aktuelle og som vil beskrives.

1 Separere og inkludere

Den første måten man kan koble kunnskapen på er gjennom en prosess av integrering og separering (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011, s. 7; Imsen, 2000; Howe, 1996, s. 39). Mortimer & Scott (2003) beskriver at det noen ganger det overlapp mellom begrepene elevene lærer og deres hverdagslige forestilling om begrepet. Der hvor det er stort overlapp mellom det nye ordet og elevens hverdagslige forståelse vil være mindre problematisk, ettersom eleven vil assimilere de kognitive mønstrene til å tilpasses det nye. Dersom det nye derimot er helt ukjent, så vil utfordringen være større for eleven ettersom de strever med å koble det til den nye kunnskapen (Mortimer & Scott, 2003, s. 10).

Noen begreper har i stor grad lik betydning i vitenskap og hverdagslig tale. Eksempelvis vil begrepet fart i stor grad ha samme betydning i hverdagsspråk og naturvitenskap, og vil bety hvor lang tid det tar å bevege seg over en gitt strekning. (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011, s. 6). I tilfellene hvor det er overlapp bør dette gjøres tydelig for elevene. Man bør utnytte de eksisterende forkunnskapene og på denne måten modifisere eller tilpasse kunnskapen til å bli presis. Andre begreper eller fenomener har betydning som i større grad spriker. Eksempelvis vil begrepet energi i hverdagsforestilling kunne være noe fysisk som brukes opp. Eksempelvis at hverdagslig tale sier at «jeg er tom for energi», «batteriet er tomt for energi» eller at «lyspæra bruker opp energien i ledningen». I fysikken er derimot energi en abstrakt kvantitet som bevares gjennom alle prosesser og dermed aldri kan brukes opp (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011, ss. 6-8).

Dersom det er ulik betydning innenfor hverdagslig og faglig beskrivelse av fenomen eller begrep, bør læringsprosessen innebære en prosess av å skille hvilke egenskaper som er

overførbare til forkunnskaper/hverdagsforståelsen og ikke. Dette gjøres ved å integrere kunnskapen som er felles og som er overførbart mellom hverdagslig og vitenskapelig kontekst. Den andre er å differensiere. Dette gjøres ved å tydeliggjøre hva som ikke er overførbart mellom hverdagslig og vitenskapelig kontekst (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011, s. 7). Det kan også tenkes å være hjelpemiddel med konstruktivistisk bakgrunn å knytte den formelle skolekunnskapen på den mer uformelle kunnskapen elevene har. Dette er en kunnskap som ofte blir ansett som å være av lavere verdi i skolen (Larochelle, Bednarz, & Garrison, 1998).

2 Koble med andre vitenskapelige begreper

Det andre tiltaket dreier seg om å plassere begrepet inn i et nettverk av andre tilhørende ord og begreper. Med andre ord dreier det seg om en kontekstualisering av ordet. På denne måten vil det dannes en mer overordnet og konseptuell forståelse av begrepet. Lemke (1990) beskriver begreper som byggesteiner i tematiske nettverk. Det tematiske nettverket består av begreper med en semantisk/logisk tilknytning til hverandre. Ønsker man å forstå et begrep er det dermed er det dermed tematiske mønstrene og nettverkene begrepet er tilknyttet man må få oversikt over, og ikke bare et enkeltbegrep i seg selv (Lemke, 1990, s. 91; Scott, Mortimer, & Ametller, 2011, s. 8).

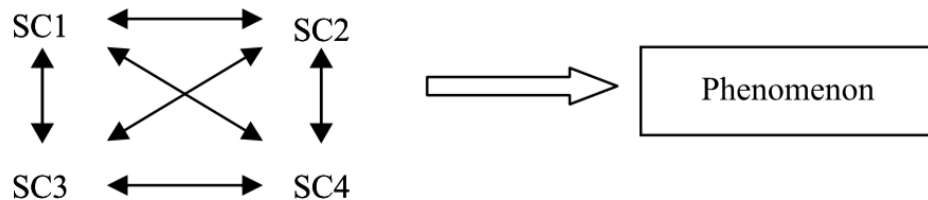


Figure 3. Linking scientific concepts.

Figur 1 Begreper i konseptuelt semantisk nettverk. Hentet fra Scott et al. (2011) s. 8.

I figur 3 ser man hvordan det som Scott et al. (2011) omtaler som «Science Concept 1 (SC1)» kan knyttes og anvendes til å beskrive SC2, eller andre tilknyttede begreper. Sammen utgjør disse og nettverket mellom disse en beskrivelse av det faktiske fenomenet (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011, ss. 8-9). Desto flere begreper man legger til, desto høyere konseptuell forståelse av fenomenet være.

3 Koble vitenskapelig forklaring og faktisk fenomen

Vitenskapens begreper kan sies å være konstruert av mennesker for å forstå verden rundt oss (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011). Likevel vil begrepers tilknytning til virkeligheten er ikke åpenlys. Albert Einstein beskriver vitenskapens begreper slik: «Physical concepts are free creations of the human mind, and are not, however it may seem, uniquely determined by the external world. » (Einstein & Infeld, 1938, s. 33) Med andre ord er det ikke gitt at begrepene er et naturlig fenomen, men snarere noe konstruert og bearbeidet, som omtalt i kapittel 2.4.2, (Sjøberg, 2009). Utfordring som lærer blir da å fylle de vitenskapelige begrepene med konkrete og eksempler som elevene kjenner til fra før, slik at forståelsen for det abstrakte blir knyttet til flere ting elevene allerede har kunnskap om (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011).

Begrepene og ordene skilles da ved at begrepene er abstraksjon, mens ordet er symbolet som representerer denne abstraksjonen. Forholdet mellom begreper og virkeligheten kan derfor være et filosofisk spørsmål. Begreper er med andre ord konstruert og har dermed lite åpenbar tilknytning mellom begrepene og tilfellene begrepene representerer. Begrep som filosofisk fenomen vil ikke utdypes ytterligere, men nevnte egenskaper har implikasjoner for nødvendigheten ved å bearbeide begrepene gjennom eksplisitt undervisning (Jørnli & Krag, 2005).

2 Legge til rette for kontinuitet

På samme måte som kunnskap kan kobles sammen ved hjelp av de seks tiltakene, kan også kunnskapen knyttes sammen på tvers av tid. Ettersom et av målene med eksplisitt undervisning er å legge til rette for dyp forståelse, åpenbares det et problem i måten skolen er strukturert på. Med begrenset tid til hvert tema blir det en nødvendighet at kunnskapen må spres og kobles over tid. Dette gjøres ved det som omtales som kontinuitet i naturfagundervisningen. Med kontinuitet menes det at kunnskapen som skal læres, trekkes frem i søkelyset på ulike tidspunkt gjennom undervisningen. Scott et al. (2011) kategoriserer tilfellene av kontinuitet i 3 deler:

1) Mikro: Kontinuitet som linker sammen kunnskapen over en kort tidsskala. Dette kan eksempelvis være med noen minutters mellomrom ved å henvise til noe som ble sagt eller gjort tidligere i samme undervisningsøkt

2) Meso: Kontinuitet som linker sammen kunnskapen over en middels stor tidsskala. Dette kan eksempelvis være dager eller uker, ved at man henviser til noe som ble sagt eller gjort introduksjonsvis i starten av en rekke undervisningsøkter om et tema.

3) Makro: Kontinuitet som linker sammen kunnskap over en stor tidsskala. Dette kan eksempelvis være over flere måneder eller år, og kan være dersom man henviser til noe som ble sagt eller gjort om et tema i et tidligere undervisnings-år.

Det overordnede målet med kontinuitet innen læringen er dybdelæring for elevene. Dersom man ønsker å i størst mulig grad legge til rette for dybdelæring innenfor det aktuelle objektet for læring (systembegrepet) anbefaler dermed Scott et al. å sikre kontinuitet både innen mikro, meso og makro- nivået. På denne måten legges det til rette for at kunnskapen knyttes og linkes sammen over tid (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011).

3 Legge opp til emosjonelt engasjement.

Det siste grepet Scott et al. omtaler er å bruke koblinger som legger til rette for emosjonelt engasjement. Det er idag en generell konsensus av at elevers emosjonelle tilknytning er viktig og at denne påvirker elevenes motivasjon til læring (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011, s. 16).

Scott et al. (2011) beskriver at det er følelsene som ligger helt til grunn for følelsene elevene utvikler overfor naturfag og naturvitenskap (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011, s. 16). På engelsk skiller det mellom begrepene *feeling* og *emotion* ved at *feeling* beskrives som de mentale/kognitive opplevelsene man får av *emotion*, og at *emotion* er en beskrivelse av de organiske reaksjoner på stimuli utenfra. Man kan i prinsippet ikke observere følelser (*feelings*) hos andre mennesker, men man kan observere noen av noen av prosessene (*emotions*) som trigger følelser. Disse deles inn etter primære og sekundære, hvor man i begge finner positive og negative følelser. De primære er de spontane og automatiserte reaksjonene på stimuli, som Darwin blant annet underordner frykt, sinne, avsky, lykke og tristhet. De sekundære er derimot mer kulturelt betinget, og er resultatet av en ikke automatisk, mental prosessering av de primære følelsene. Blant disse kan man underordne ekstase, melankoli, panikk, å være sky. Ettersom de sekundære og sistnevnte, dreier seg om måten man tolker og håndterer de førstnevnte og primære følelsene, er det trolig at man i størst grad kjenner på de sekundære følelsene. Dette kan påvirke humøret og lærelysten hos elever både i positiv og negativ grad, men gjennom å

legge til rette for positive følelser i undervisningen kan man over tid bidra til et bedre og mer lysbetont læringsmiljø. Personlig engasjement kan dermed dreie seg om å være en hendelse som Scott et al. omtaler som «*Striking and memorable in itself, that help to engender the positive responses of the students*» (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011, s. 17).

Undervisningsform

Noen studier viser at elevene ofte blir overlatt til seg selv når de skal samtale i naturfag (Andersen, Lofgren, Ødegaard, Mork, & Hultman, 2011, s. 4). Dette kan være en effektiv arbeidsform dersom elevene er lært opp og vet hvordan de kan holde en naturvitenskapelig samtale.

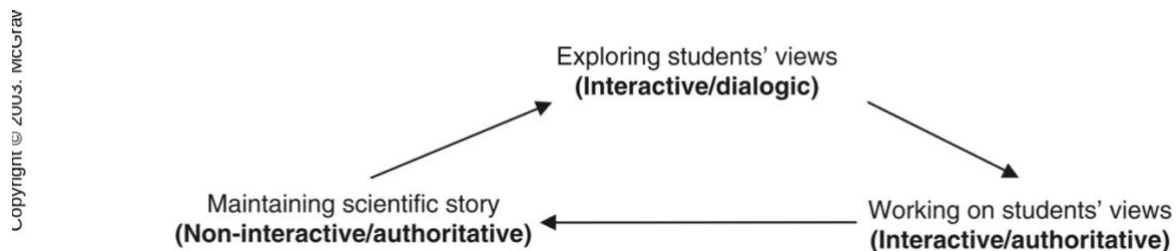


Figure 6.2 A teaching cycle.

Mortimer, E., & Scott, P. (2003). Meaning making in secondary science classrooms??. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com>
Created from hioa on 2019-02-28 12:35:09.

Figur 2 Undervisningssyklus. Figuren er hentet fra Mortimer & Scott, 2003 s. 103

Samtidig er det som lærer viktig å opprettholde den faglige samtalen og fokuset i undervisning. Mortimer & Scott (2003) beskriver en syklisk undervisningsform (Mortimer & Scott, 2003, s. 103). Først og fremst har man et vitenskapelig fenomen som skal læres. For å gjøre dette kan man utforske elevenes forkunnskaper og tanker om temaet gjennom en interaktiv samtale. Deretter har man et grunnlag for å bearbeide disse forkunnskapene og la disse ligge til grunn for videre undervisning. Som lærer sitter man på kompetansen til å vite hvor man vil med undervisningen og hvilken kunnskap og egenskaper man ønsker at elevene skal tilegne seg. På grunnlag av disse kan lærer ta mer kvalifiserte valg for å styre undervisningen der det er hensiktsmessig (Mortimer & Scott, 2003).

2.4.3 Tidligere forskning og arbeid

Det finnes allerede en rekke studier og masteroppgaver som deler tematiske trekk og har større eller mindre overlapp med denne studien. Det finnes noen eksempler på slike introduksjonstimer som eksplisitt arbeider med begreper, også systembegrepet.

Blant annet har Naturfagsenteret et slikt undervisningsopplegg hvor systembegrepet arbeides eksplisitt med (Naturfagsenteret, u.d.) Dette undervisningsopplegget legger først og fremst fokuset på begrepene *system*, *form* og *funksjon*. Her brukes den eksplisitte økten som en introduksjonsøkt til andre temaer hvor det er sentrale systemer i fokus. På Naturfagssenterets nettsider finnes det også undervisningsopplegg som beskriver det abstrakte systembegrepet med utgangspunkt i det konkrete systemet sykkel. Ved å bruke et slikt eksempel knyttes det nye og abstrakte begrepet opp mot kunnskap elevene allerede besitter.

I en masteroppgave skrevet av Hammerborg (2018) undersøkes det elevenes begrepsforståelse ut fra et dybdelæringsperspektiv (Hammerborg, 2018). I denne studien undersøkes langtidslæringen/dybdelæringen elevene får etter å ha deltatt i en slik undervisning. Her undersøkes det gjenbruksdata av syv elever som deltok i første trinn på barneskolen, og som deretter deltok i intervju om det aktuelle temaet etter seks år, i syvende trinn. Hammerborg konkluderer i sin studie at elevene etter seks år fremdeles viser begrepsforståelse på avansert nivå, som bekrefter dybdelæring, men at elevenes evne til å overføre i mindre grad er tilstede (Hammerborg, 2018, s. 62).

Det er også gjort en langtidsstudie av Assaraf & Orion (2010) som undersøker langtidseffekten av elevenes evne til systemtenkning av vannets kretsløp (Assaraf & Orion, 2010). Studien finner at elevenes evner svekkes over tid og at det dermed anvende kunnskapen over lengre tid for at den skal kunne etableres.

3 Metode og design

3.1.1 Metode

Studien har som formål å undersøke elevenes utvikling og anvendelse av systembegrepet og det konseptuelle nettverket som omgir dette. For å undersøke dette ble det vurdert flere ulike metodiske tilnærminger. Først ble det vurdert å ta i bruk case-metodikk. En styrke med denne er at man får undersøkt et fenomen grundig ved hjelp av en rekke kvalitative tiltak som sammen bidrar til en rik forståelse av fenomenet. Men sentralt ved denne metodikken er bruk av flere ulike datakilder som belyser samme fenomen (Yin, 2018). Videre ble det vurdert å ta i bruk en tilnærming innen aksjonsforskning. Denne metodikken har styrker ved at den gir god innsikt i praktiske tiltak samt effekten av disse. Dog er et viktig element innenfor denne metodikken, muligheten til å reflektere, revidere og gjenta intervensjonen i opptil flere sykluser (Cohen, Manion, & Morrison, 2011). Ettersom studiens tidsmessige rammer, samt disponibel tid til rådighet med aktuelle deltakere begrenses av ytre rammer, ble også denne gått bort ifra.

Begge disse tillæringene har likevel påvirket studiens metodiske tilnærming.

Studien henter egenskaper fra case-forskning ettersom den kvalitativt undersøker ett tilfelle, som i dette tilfellet er begrepsutvikling blant elever som deltar i et undervisningsopplegg som er spesifikt planlagt til denne studien. Dermed er studien i likhet med en case-studie både tids og stedsavhengig (Johannessen, Tuft, & Christoffersen, 2016). Den henter også egenskaper fra aksjonsforskning, ettersom det er gjort en intervensjon av forsker for å påvirke en situasjon og undersøke en effekt og dermed en forskning på egen praksis. Et viktig element i intervensjonsstudier er at man både planlegger og gjennomfører intervensjonen selv, for på denne måten å kunne reflektere over tiltak for videreutvikling av undervisning. Ettersom denne studiens metodiske tilnærming og intervensjon/undervisningsopplegg er gjennomført for første gang og på liten skala kan den også regnes som en pilotstudie.

Som følge av at studien ikke kan plasseres i en tydelig metodisk kategori, er utfordringen og viktigheten i desto grad større i å beskrive valgene som er tatt.

3.1.2 Utvalget

Studiens utvalg inkluderer 81 (av totalt 84) skoleelever fordelt over tre parallelle klasser på sjette trinn. Den aktuelle skolen er forholdsvis stor skole som ligger i Akershus. Ifølge klassenes lærere snakker 78 av de totalt 84 elevene på trinnet norsk hjemme. Ut fra dette tas det utgangspunkt i at majoriteten av elevene mestret norsk godt og dette har derfor ikke vært et fokusområde i denne studien. Skolen var valgt på grunnlag av villighet og interesse til å delta i forskningsprosjektet. Læreren som viste interesse og villighet til å la sine klasser få muligheten til å delta, var lærer på sjette trinn. Dermed var det dette trinnet som deltok i prosjektet.

Gjennom studien de 81 elevene som deltok omtalt med anonymiserte nummer. Elevene i klasse 1 ble anonymisert med nummer 1-28, klasse 2 ble anonymisert fra 29-54 og klasse 3 anonymisert til 55-81. Hensikten med å gi hver elev et nummer var at det på denne måten var mulig å spore hver elev gjennom de ulike datakildene.

3.1.3 Forskningsetikk

Som forsker er det svært viktig å følge forskningsetiske prinsipper og retningslinjer (Christoffersen & Johannesen, 2012, s. 41). Deltakelse i forskning skal være frivillig, og det skal kreves en aktiv handling fra deltaker for å kunne delta. Deltakerne i denne studien måtte signere på et informasjonsskriv om studien (Vedlegg 2). Dette informasjonsskrivet informerte om at deltakelsen var frivillig, og at samtykke og deltakelse når som helst kunne trekkes uten å oppgi grunn, og uten negative konsekvenser. Deltakere har videre rett til å bestemme hva som skal «slippes inn og ut» av ens privatliv (Johannessen, Tufte, & Christoffersen, 2016). Informasjonsskrivet beskrev derfor hva formålet med studien var, hvilke data som ville samles inn og at deltaker kunne be om innsyn i data som var samlet om seg selv dersom ønskelig.

I dette prosjektet inneholder datamaterialet først og fremst data om elevenes faglige kunnskaper. Dermed er det ikke uten videre sensitive data. Men for å kunne kartlegge elevene over tid ble elevenes navn knyttet mot de ulike besvarelsene. Navn er sensitive data. Derfor er alle navn som nevnt i kapittel 3.1.2 anonymiserte og omtales ved tall fra 1-81.

Som beskrevet i kapittel 2.1.2 er begrepsundervisning språkundervisning. Alle elever stiller med ulike språklige forkunnskaper, som påvirker hvilket utgangspunkt og resultat en gitt

undervisning vil ha. Av etiske og praktiske årsaker og årsaker knyttet til personvern, ble spesifikke elevers språklige kunnskaper er ikke formelt kartlagt eller vektlagt i denne studien. Det som ligger til grunn for elevenes språklige forkunnskaper er basert på lærerens informasjon om at 78 av de 84 elevene snakket norsk hjemme.

Utover dette er prosjektet er meldt til og godkjent av Norsk senter for forskningsdata (NSD). Studien fikk godkjenning før datamaterialet ble samlet inn. Godkjenningsdokument ligger som vedlegg (vedlegg 1).

3.1.4 Oversikt over innsamlingsprosess

Utgangspunktet for datakildene i denne studien er skriftlig datamateriale hentet på tre ulike tidspunkt gjennom undervisningsopplegget som ble planlagt spesifikt til denne studien. Undervisningsopplegget er inspirert av og basert på tidligere studier og litteratur omtalt i kapittel 2 med hensikt i å gi elevene begrepsforståelse av systembegrepet. Undervisningsopplegget beskrives ytterligere i kapittel 3.2. Dette undervisningsopplegget ble gjennomført over to uker. På disse tre ukene ble det gjennomført et undervisningsopplegg som totalt sett strekker seg over fire undervisningstimer (180 minutter) i naturfag. Undervisningstimene ble fordelt over to bolker på 90 minutter hver. Det var én ukes mellomrom mellom økt 1 og økt 2. Den overordnede hensikten i de to øktene var å gi elevene forståelse for en rekke egenskaper ved systembegrepet (omtalt i kapittel 2.2) gjennom en eksplisitt tilnærming. I tillegg ble noe av tiden i øktene dedikert til innsamling av studiens datakilder.

Tabell 6 Innsamlingsprosessens ulike stadier og datakilder

Del av innsamlingsprosess	Forskningsspørsmål	Datakilder (rekkefølge)	Vektlegging av datakilder
Økt 1	Forskningsspørsmål 1	(1) Pre-test systembegrep	Primær
		(2) Undervisning med video og lydopptak	Kontekstuell
		(3) Post-test systembegrep	Primær
Økt 2	Forskningsspørsmål 1	(4) Pre-test transportsystem	Kontekstuell
		(5) Undervisning med video og lydopptak	Kontekstuell
	Forskningsspørsmål 2	(6) Overføringsoppgave	Primær
Gruppeintervju	Forskningsspørsmål 1 og 2	(7) Video og lydopptak fra intervju	Kontekstuell/ekskludert

Studien startet med en bred innsamling av datakilder. Tre av disse er mer sentrale, mens resten i større og mindre grad regnes som kontekstualiserende datakilder (Tabell 6). To av disse har vært særlig sentrale som følge av fravær av kontrollgruppe i studien. I stedet for å sette fokus på kontrasten mellom undersøkelsesgruppe og kontrollgruppe, rettes fokuset mot kontrasten mellom elevenes begrepsforståelse *før* og *etter* deltakelse i undervisningsopplegget. For å belyse denne kontrasten er det samlet inn skriftlige data gjennom en pre-test som omtales i kapittel 3.3.1 og en post-test som omtales i kapittel 3.3.2. Sammen vil pre-test og post-test legge grunnlaget for å belyse det første forskningsspørsmålet.

Studiens andre forskningsspørsmål vil belyses på grunnlag av en skriftlig overføringsoppgave som samles inn i andre økt. Denne oppgaven omtales ytterligere i kapittel 3.3.3.

For å sikre et rikt datamateriale ble det tatt video og lydopptak av undervisning. Dette ble gjort ved hjelp av to lydopptakere, hvor en ble plassert foran og en bakerst i klasserommet. Video

ble tatt opp ved hjelp av ett kamera som stod bakerst i klasserommet. Disse datakildene ble først og fremst brukt for å kunne gå tilbake og undersøke hendelsesforløp der det ville være nødvendig. Gjenblikk ble primært sett brukt ved ett tilfelle omtalt i kapittel 3.3.1. Selv om videomaterialet ikke har vært tilgjengelig for andre enn meg selv og veileder, så har det bidratt til å styrke validitet og reliabilitet internt i arbeidet med materialet som følge av muligheten til gjenblikk på hva som spesifikt ble gjort og sagt i de ulike delene, både av lærer og elever.

3.2 Undervisningsopplegget

Forutsetninger

Som tidligere nevnt så ble det planlagt et undervisningsopplegg som la til rette for eksplisitt begrepsforståelse av systembegrepet. Eksplisitt begrepsundervisning er viktig men blir ofte forsømt (jf. Pickersgill & Lock 1991). I tillegg befinner systembegrepet seg i kategorien av ikke- teknisk begreper, og dermed befinner seg i en begrepsklasse som mange elever opplever som utfordrende (jf. Wellington & Osborne 2001, Pickersgill & Lock 1991). Undervisningsopplegget ble planlagt med et bakteppe av ulike teoretiske tiltak med hensikt i å støtte elevenes utvikling av begrepsforståelse for systembegrepet (Haug & Ødegaard, 2014). Til dette ble det, som omtalt i kapittel 2.2, tatt utgangspunkt i et utvalgt systemsignifikanter omtalt i kapittel 2.2 i nettverket som omgir begrepet. Systemsignifikantene ble valgt på grunnlag av at de er sentrale egenskaper som i særlig grad kan anvendes til å forklare både tekniske systemer og kroppen som system. Didaktisk sett ble undervisningen gjennomført for å legge til rette for konseptuell forståelse med utgangspunkt i tiltakene av Scott et al. omtalt i kapittel 2.4.2. Etterhvert som systembegrepet ble koblet til systemsignifikantene ble det lagt til rette for dannelse av et konseptuelt nettverk av begreper, som vist i figur 3 (Jf. Lemke 1990; Scott et al. 2011).

Undervisningen startet med pre- testen, hvor elevene skulle skrive ned sine tanker og assosiasjoner til systembegrepet. Denne er omtalt ytterligere i kapittel 3.3.1. Eleven skulle deretter diskutere de tre spørsmålene med medelever gjennom tenk- par- del (jf. Naturfagsenteret omtalt i kapittel 2.4.3).

Etter at pretesten var samlet inn ble undervisningsopplegget startet (se vedlegg 4 for lysbilder). For å gi elevene støtte i å danne koblinger til systembegrepet i en mer vitenskapelig kontekst ble det innledningsvis sett på likheter og ulikheter mellom betydningen mellom system i hverdagspråk og system i naturfaglig kontekst. Dette ble gjort ved å knytte elevenes forkunnskaper om system som orden og ryddighet, opp mot den mer teoretiske forståelsen av systembegrepet. For å gjøre dette ble ryddighetsegenskapen i elevenes forkunnskaper *inkludert* og *separert* opp mot delenes plassering i systemet. Dette ble gjort på følgende måte.



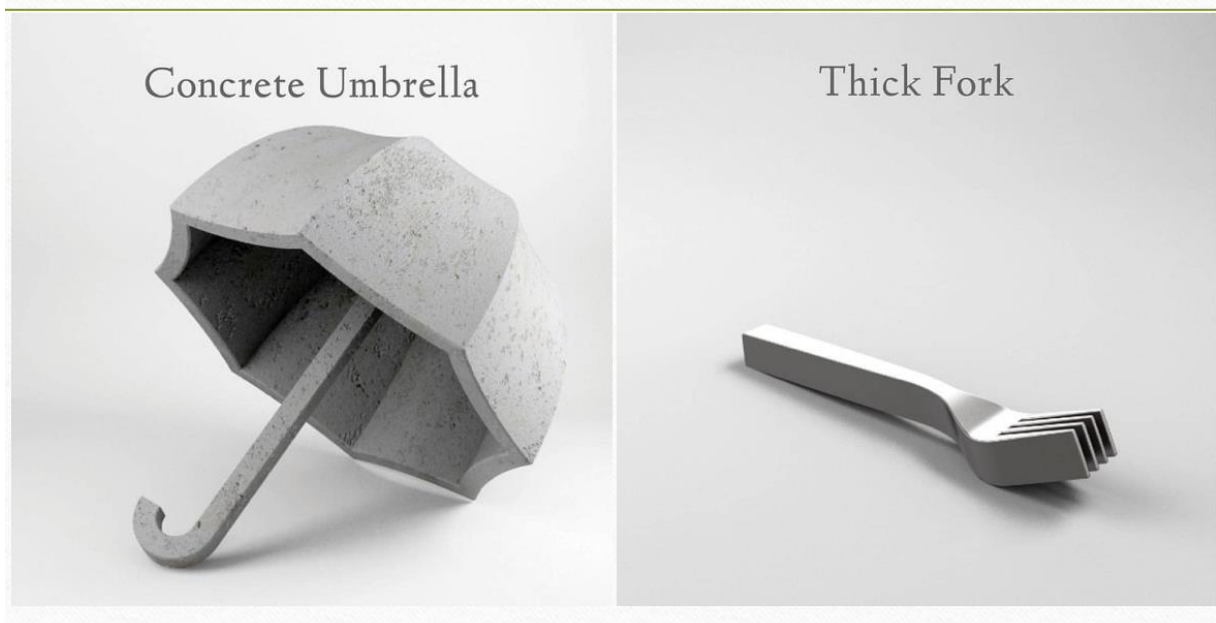
Figur 3 Plassering i systemet. Hentet fra egen undervisningspresentasjon

Først ble det vist to bilder (figur 6). Bildene viser to sykler, hvor den ene er montert og den andre er demontert. Her ble det gjennomført en klasseromsdialog hvor elevene skulle diskutere hva som var likt og ulikt mellom to bildene. Målet med diskusjonen var å komme frem til at delenes plassering ikke tilfeldig, og at plasseringen i systemet var viktig for på denne måten å knytte systembegrepet opp mot en mer teoretisk forståelse av sammenheng mellom *hensikt*, *form* og *plassering* i systemet. For å tydeliggjøre at systembegrepet hadde enkelte skiller til den mer hverdagslige betydningen, ble det stilt spørsmålet om hva system betyr i *denne* konteksten (jf Lemke 1990). Ved å etablere et skille mellom en hverdagslig og vitenskapelig forklaring av systembegrepet ble det også lagt til rette for at eleven kunne gjennomgå en *assimilasjon* av allerede-eksisterende skjemaer av begrepet (jf. Vygotsky 1987 omtalt i kapittel 2.3.1; Mortimer & Scott 2009 omtalt i kapittel 2.4.2). Ved å inkludere og plassere tidligere kunnskap om systembegrepet inn i en mer abstrakt kontekst, ble det også lagt til rette for å gjøre elevene bevisste på tilkoblingen mellom system og ryddighet, en kunnskap som kanskje tidligere er ubevisst (jf. Howe 1996). Dette ettersom det på samme måte som at delenes plassering i et system ikke er tilfeldig, og at det ikke er tilfeldig hvor man plasserer tingene man rydder bort i hverdagen.

Undervisningen tok videre opp temaene system, delsystem, enkeltdel/komponent og hierarkiet disse befinner seg i (jf. Klasander omtalt i kapittel 2.2). For å gi elevene støtte var det behov for et konkret eksempel å koble de abstrakte systemsignifikantene mot, for på denne måten å fylle de abstrakte begrepene (jf. Scott et al. 2011 omtalt i kapittel 2.4.2). I denne prosessen var fokuset på *abstrahering* (trekke ut de felles egenskapene blant eksempler) og *symbolisering* (sette navn på felles egenskaper) jf. Imsen (2000) omtalt kapittel 2.3.3. Men det å knytte og anvende disse egenskapene som kjennetegner det abstrakte og generelle systembegrepet uten et konkret støtte-eksempel, ville vært vanskelig. Derfor ble det bestemt at det abstrakte systembegrepet skulle konkretiseres og knyttes opp mot et konkret teknologisk system. Dermed oppstod behovet for å velge seg et system som kunne fungere som eksempel/mulig representant av systembegrepet. Inspirert av Naturfagsenteret (omtalt i kapittel 2.4.3), ble sykkel vurdert som et godt eksempel. Det var særlig to kriterier som var særlig viktige at oppfylles for å kunne fungere som et godt eksempel på systembegrepet for elevene i denne studien.

Det første var å finne et system som er tilstrekkelig avansert til å kunne analyseres og brukes som et eksempel på systembegrepet med det aktuelle konseptuelle nettverket som ble tilknyttet systembegrepet. Det andre var at det måtte være et system som så mange elever som mulig kjenner til fra før. Når man skal lære seg noe nytt er det stor hjelp i å bygge kunnskapen på noe konkret, og gjerne på tidligere kunnskap (jf. Scott et al. 2011). Etersom tiden disponibel for undervisning var begrenset, var det kritisk at ikke undervisningens fokus ville ende opp med å måtte undervise i teknisk kunnskap om sykler. Noen av delsystemene på en sykkel kan selvsagt være så avanserte at det ville være urimelig å anta at verken elevene eller eventuelle lærere ville hatt kunnskap om. Eksempelvis mekanikken inne i girboksen eller den detaljerte elektronikken i lykta. Slike systemer ble det i liten grad fokusert på i undervisningen. Sykkelen er med unntak av disse eksemplene et forholdsvis transparent system. Med transparent system menes det at delsystemer og komponenter er lett tilgjengelige og synlige, og at de er mekaniske framfor elektroniske. Dette gjør at de aller fleste har, eller kan danne seg en antakelse om hvordan de ulike delene virker. Som en motsetning til et transparent system ville man kunne si er ugjennomsiktig system, hvor delenes form og funksjon må omtales som det blant annet Sjøberg (2009) omtaler som «black box», hvor man bare må se på effekten av systemet, i stedet for at man har detaljene om hvordan disse egentlig fungerer.

Videre i undervisningen ble det didaktiske grepet kontrastering (jf. Svensson 2011) anvendt for å beskrive funksjon samt sammenheng mellom delenes hensikt og egenskaper. Til dette ble det brukt noen eksempler av systemer som på hver sine måter stred mot det man ellers i undervisningen hadde lært om systemer. På denne måten ble sentrale egenskaper ved et system fjernet eller snudd på hodet. Elevene skulle diskutere sammen med læringspartnerer hva som var galt med systemene på bilder. Eksempelvis vil paraplyen i figur 7 ha riktig form, men feil materiale, mens gaffelen vil ha riktig materiale, men feil form. Deretter fulgte en kort klasseromsdiskusjon om hvor viktig det er at hensikt, funksjon, form og materiale harmonerer.



Figur 4 «Omvendte systemer». Hentet fra egen undervisningspresentasjon

Disse eksemplene var også intendert å gi *emosjonelt engasjement* (jf. Scott et al. 2011). Det faglige innholdet dreide seg om å se de teoretiske signifikante egenskapene ved at systemets hensikt og funksjon, avgjorde hvilke egenskaper systemet eller delen burde ha. Egenskapene ble i dette tilfellet begrenset til form og materiale, men under samlebetegnelsen *egenskaper*. Tidligere i undervisningen hadde temaet vært hvordan det ikke var tilfeldig hvilken form og materiale delene på sykkelen hadde. Eksempelvis at dersom delen har som hensikt å få noe til å trille, så kunne det være hensiktsmessig at den for eksempel var rund, og at dersom det som skulle trille var tungt, så kunne det være en fordel at delen i tillegg var laget av et sterkt og stivt materiale. På denne måten vil også andre delers hensikt og funksjon både reflekteres gjennom valg av materiale og gjennom valg av form. For å illustrere viktigheten av dette ble egenskapene illustrert gjennom kontrasterende eksempler. Deretter var det elevenes oppgave å beskrive ut

fra et teoretisk perspektiv hva det var som fungerte og ikke fungerte ved systemet. Når elevene skulle forklare ble de bedt om å inkludere systemsignifikantene *hensikt, egenskaper, form og materiale* (tabell). På denne måten ble det lagt til rette for å skape det som i kapittel 2.4.2 omtales som kobling gjennom *følelse, og emosjonelt engasjement* (jf. Scott et al (2011)). Eksemplene kunne både trigge lykke ettersom eksemplene er morsomme, eller de kan trigge avsky, ettersom ting ikke er som de skal være.

Avslutningsvis skulle elevene bruke de teoretiske egenskapene som var omtalt i timen til å beskrive et svært nærliggende system til sykkelen. De skulle beskrive sparkesykkelen som et system.

Tabell 7 Skjema for å beskrive sparkesykkel som system. Original tabell hadde flere tomme rader

Navn på systemet:	Funksjon	Form	Materiale	
Navn på del:	Delens funksjon/hensikt:	På hvilken måte er formen egnet til jobben?:	Delens materiale. På hvilken måte er materialet egnet til jobben?:	Hva ville vært et dårlig materiale å lage delen av?

På denne måten ble det lagt opp til at elevene skulle få sette egne ord på og beskrive et nytt system som var svært nærliggende og innenfor samme disiplin som sykkelsystemet som var omtalt i timen. Oppgaven la dermed opp til næroverføring (jf. Salomon & Gavriel 1999).

Den neste undervisningsøkta startet med at de skulle diskutere med læringspartner hva de husker fra økt 1. Deretter delte noen elever det de husket med resten av klassen. Et av temaene

denne timen var transportsystemer. Transportsystem ble valgt som tema for å støtte elevene i forståelse av systemsignifikanten transport/flyt. Måten dette ble gjort på var gjennom en praktisk aktivitet hvor elevene stod i ring og fikk i oppgave å være et transportsystem for energi, materie og til slutt informasjon. I undervisningsøkt 2 var den viktigste delen av undervisningen at elevene skulle besvare den skriftlige overføringsoppgaven. Flere detaljer ved denne er omtalt i kapittel 3.3.3.

Resten av økta var rettet mot overføringsoppgaven. I forkant av overføringsoppgaven fikk elevene støtte i prosessen hvor de skulle beskrive kroppen som system. Det første var at det ble introdusert seks store systemer i kroppen i forkant av oppgaven. Disse 6 systemene er fordøyelsessystemet, nervesystemet, skjelettet, hjerte og blodsystemet, lymfesystemet og muskelsystemet. Måten disse ble introdusert på var et animert bilde av systemet etterfulgt av spørsmålene:

«Hvilket system er dette?»

Hvilken funksjon har det i kroppen?»

Hva skjer hvis vi fjerner systemet? Er det mulig å leve uten?»

Hensikten med å gå gjennom systemene på denne måten var å trigge systembegrepene og å repetere fagkunnskapene om de ulike delene i kroppen. Deretter var elevenes oppgave å overføre og formulere *hvorfor* kroppen var et system og komme med eksempler gjennom det Lemke (1990) omtaler som *analogisk overføring*, og det som Salomon & Perkins (1999) omtales som *næroverføring*. Elevene hadde muligheten til å hente faktakunnskaper fra videoserien «den magiske kroppen» fra NRK (NRK, 2018). Denne muligheten har blant annet to viktige konsekvenser for elevenes besvarelser. Den første er positiv, og er at elevene får repetert og gått mer i dybden på én eller noen av de *faglige* aspektene ved kroppens deler og systemer. De faglige aspektene skilles likevel mot de teoretiske og abstrakte aspektene, hvor det faglige sier noe om faktakunnskaper, mens det teoretiske sier noe om de generiske egenskapene. Det er sistnevnte det fokuseres på i analysen. Den potensielt sett negative konsekvensen ved å gi elevene denne muligheten, er at teksten de skriver ikke er deres egne, men at de henter faktakunnskap ordrett fra filmene. Dette strider åpenbart mot oppgavens hensikt og gjør det vanskelig å vurdere besvarelsene. For å i større grad ha muligheten til å gjennomskue tilfellene hvor dette forekommer, er alle videoene sett gjennom i detalj av meg

og notert hvor det er tilfeller av teoretiske systembeskrivelse i disse filmene. Når elevene hadde levert inn besvarelsene til overføringsoppgaven, ble undervisningsopplegget avsluttet.

3.2.1 Undervisningsform/didaktikk og pedagogikk

Undervisningsmetodikken brukt i denne studien er i stor grad vanlig. Eksempelvis er tenk- par- del som ble brukt, en vanlig metodikk innen forskerføtter og leserøtter hos Naturfagsenteret. Utover dette bestod undervisningen av en samling av dialogisk undervisning og aktiviteter. Som nevnt i kapittel 2.4.2 viser noen studier at elevene ofte blir etterlatt til seg selv i naturfaglige samtaler. Ulempen med dette er dersom elevene ikke har forutsetningene som er nødvendige for at dette skal være fruktbart. Som følge av den begrensede tiden som var til rådighet ble samtalen i fellesskap for å opprettholde en ledet faglig samtale. Dette ble gjort i kombinasjon med en utforskning av elevenes synspunkter og arbeid for å påvirke disse gjennom den faglige samtalen (jf. Mortimer & Scott, 2003, s. 103). Eksempler på dette er når elevene skulle diskutere hva som var galt mellom de to syklene i figur 6.

3.2.2 Validitet og reliabilitet i min rolle som lærer og forsker

I denne studien hadde jeg rollen som både forsker og lærer. Ved å være forsker og lærer kan man si at validiteten i studien styrkes, ettersom det er lettere å opprettholde fokus på det studien ønsket å undersøke, men samtidig mindre reliabelt ettersom en som forsker stiller med et større innblikk enn en lærer uten særlig forkunnskap ville gjort.

Ettersom beslutningen falt på å være både forsker og lærer, har det vært desto viktigere å være bevisst på å holde et åpent blikk på resultatene i datamaterialet. Det medfølger åpenbart en ekstra nærhet ved å både stå for den overordnede studien, planlegging i tillegg til gjennomføring av undervisningen. Fra et forskningsetisk perspektiv har grunnlaget for studien vært et genuint ønske om å få bedre innsikt og kunnskap om studiens forskningsspørsmål. Dermed har det gjennom hele prosessen vært et grunnleggende spørsmål om i hvilken grad validitet og reliabilitet styrkes eller svekkes gjennom valgene som er tatt.

Observasjonseffekt

Det er et kjent fenomen at personer som er objekt for observasjon kan oppføre seg annerledes enn de ville gjort i en liknende situasjon *uten* observasjon. Denne effekten kalles *observasjonseffekten*. I forskning ønsker man at det som observeres i så liten grad som mulig skal være påvirket av forskningskonteksten. I hvor stor grad observasjonsobjektet påvirkes av denne effekten er dog helt individuell og vanskelig å gi et entydig svar på. Observasjonseffekten kan også variere fra ulike situasjoner for det enkelte observasjonsobjektet.

For til en viss grad å kartlegge graden av observasjonseffekt i datainnsamlingen ble de ulike klassenes ordinære lærer bedt om å delta som observatør av elevene mens undervisningen pågikk. Den ordinære læreren er en kjent person for elevene og kjenner klassene godt. Læreren fikk i spesifikk oppgave å vurdere hvorvidt situasjonen i klasserommet og elevene var som normalt, eller avvik fra normalen. Konklusjonen i tilbakemeldingene tydet på at klassene stort sett oppførte seg som de vanligvis gjorde. Derfor vil ikke dette fokuseres på i særlig stor grad videre.

3.3 Datakilder

Praktiske beskjeder gitt til elever om den overordnede innsamlingen

De tre primære datakildene pre- test, post- test og overføringsoppgave, er alle sammen samlet inn skriftlig. For å styrke validiteten i det skriftlige datamaterialet fikk elevene tydelig beskjed om at de på ingen tidspunkt skulle bruke viskelær så lenge de deltok i undervisningen. Beskjeden sa videre at elevene heller skulle ta en strek over det de tenkte var feil, sånn at jeg kunne få innsikt i de første tankene elevene hadde gjort seg også. Årsaken til dette var at jeg ikke bare ønsket det polerte svaret, men også tanker elevene eventuelt hadde gjort seg på veien til svaret, men som de siden anså som feil.

3.3.1 Pre-test

Ettersom det første forskningsspørsmålet tar for seg progresjon innenfor forståelse av systembegrepet var det naturlig å starte med å samle inn hvilken forståelse elevene hadde av dette begrepet *før* undervisningen startet. Dette ble gjort ved å stille elevene tre spørsmål. Spørsmålene som ble stilt var:

- 1) *Hva er et system?*
- 2) *Hvilke tanker får du når du hører ordet «system»?*
- 3) *Kan dere komme på eksempler på systemer?*

Styrke og svakhet med spørsmålene

De tre spørsmålene hadde som hensikt å kartlegge elevenes forkunnskaper og å undersøke om elevene vet hva som kjennetegner systembegrepet. Det første spørsmålet hadde som hensikt å se hvordan elevene valgte å beskrive et generelt system. En svakhet til denne åpenheten i spørsmålet er at det ikke er sikkerhet i hvorvidt elevene forsøkte å trekke ut de generelle egenskapene ved systemer. Dette er en faktor i vurderingen av elevbesvarelsene. En bedre formulering til dette kunne derfor vært «Hva er det som gjør at et system er et system?» eller «Hva er felles for alle systemer?». En slik besvarelse dekker i større grad den ønskede vinklingen hos elevene.

Tidspunkt for pre- test

For å sikre at spørsmålene faktisk svarer på elevenes forkunnskaper, ble det sørget for at disse spørsmålene besvart *før* noe faglig systemrelevant informasjon ble undervist eller omtalt i klasserommet. Det eneste som stod på programmet før elevene besvarte disse spørsmålene, var at det ble holdt en kort innføring i hvem jeg var og hvor lenge prosjektet kom til å gå over. For å være sikker på at elevenes forkunnskaper ikke ble farget under introduksjonen, er videomaterialet fra denne gjennomgått i detalj, for å se etter uttalelser som kan ha påvirket fra min side. Elevene som rakte opp hendene i forkant av pre-testen ble også spurt om det de ønsket å si eller spørre om hadde noe med systemer og gjøre, og at det i tilfelle måtte vente noen minutter til *etter* at pre-testen var gjennomført. Dette ble gjort for å sikre pre- testens validitet, ved at pre- testen faktisk undersøkte hver enkelt elevs forkunnskaper.

Individuell besvarelse

Spørsmålene skulle besvares individuelt, uten å diskutere med andre elever. Grunnen til dette var at jeg ønsket individenes forkunnskaper separert. Elevene fikk senere diskutere de tre spørsmålene med medelever. Først i par, og deretter med klassen. Gjennom dette kan det tenkes at elvenes innspill farger av medelevenes assosiasjoner, og det var dermed kritisk at diskusjonen ble gjort i etterkant av pre- testen.

Formulering av spørsmål

En svakhet ved formulering av spørsmål er at det tredje spørsmålet formuleres ved flertall «dere». Oppgaven var individuell. Dette var ikke intensjonen fra min side. En gjennomgang av videomaterialet viser at dette ble støttet i muntlig beskjed fra min side som sa «*Jeg lurer på hva hver av dere tenker på når dere hører ordet system, derfor skal svare hver for dere uten å snakke sammen akkurat nå, men så skal dere få diskutere sammen senere*». Også den muntlige beskjeden brukte betegnelsen «dere», men med en tydelig vektlegging på «hver for dere». En gjennomgang av videomaterialet viser også at det var arbeidsro og at elevene ikke snakket sammen mens de skrev.

Styrke og svakhet ved begrenset tidsbruk pre- test

Elevene fikk tre minutter til å tenke og besvare spørsmålene i pre- test. Dette kan både være en svakhet, ettersom det kanskje ikke var nok tid for å gi tilstrekkelig tid til besvarelse. Det kan også være en styrke ettersom de tre minuttene viser hvilke assosiasjoner og eksempler på systemer som ligger fremst i hukommelsen hos elevene. Med andre ord de umiddelbare og spontane tankene.

Styrke og svakhet praktisk innsamling

Forkunnskapene ble skrevet ned for hånd på ark som ble samlet inn etter at pre- testen var gjennomført. På denne måten unngikk man problemet med at elevene faller for fristelsen med å viske og skrive nytt underveis og dermed revidere sin egen forkunnskap. Det at elevene skrev på ark var en styrke ved at det er forholdsvis enkelt å se dersom en elev har brukt viskelær.

Styrke og svakhet spørsmålsformulering

En mulig svakhet er at spørsmålene ikke eksplisitt ber elevene om å trekke inn relevante systemsignifikanter som senere vil være kritiske for å måle elevenes kunnskap og forståelse av systembegrepet. Grunnen til dette var at formuleringen skulle være åpen for på denne måten å se hvordan elevene selv valgte å vinkle besvarelsene. Det å velge ordene man bruker er en del av begrepsforståelsen. Som Scott et al (2011) skriver så kan ikke disse oppdages, men må introduseres for elevene. Dermed var det ikke forventet at elevene skulle stille intuitivt med denne begrepspakken, ettersom denne er konstruert og må introduseres, og kan ikke oppdages spontant av elevene (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011).

3.3.2 Post-test

Etter at undervisningen var gjennomført skulle elevene besvare 5 oppgaver/spørsmål som var relatert til undervisningens innhold (Vedlegg 3). Det er spørsmål 1 og 2 som er brukt i analyse av datamateriale. Resten av spørsmålene er sett bort ifra. Grunnen til dette er blant annet at elevene fikk mindre tid enn planlagt til å besvare post-testen. Dermed var det mange som ikke fikk tid til å besvare de videre spørsmålene. De to viktigste spørsmålene var sikret nok tid til besvarelse, ettersom de ble plassert fremst i spørsmålsrekka. Dermed er det tatt utgangspunkt i at elevene fikk tilstrekkelig tid til i det minste å besvare disse to.

De to spørsmålene elevene ble stilt var:

- «1) Beskriv hva et «system» er så godt du kan. Hva gjør at et system kan kalles et system?»*
- «2) Gi ett eller flere eksempler på systemer du kommer på. Gjerne et som ikke er nevnt i timen hvis du klarer»*

I likhet med spørsmålene i pre-test hadde spørsmålene som hensikt å kartlegge kunnskap og assosiasjoner elevene hadde til systembegrepet. Formuleringene er likevel noe annerledes enn i pre- testen. Disse to ble stilt noe ulikt som følge av tilpasning til tidspunktet de ble stilt på. Dermed finnes muligheten for at elevene tror at det blir spurt om noe annet i pre-test enn i post-test, selv om dette ikke er regnet som trolig. Begge spørsmålene ber elevene definere og gi eksempler på systembegrepet. Post- testen var også ment som en oppsummering til innholdet i timen.

3.3.3 Overføringsoppgave

Etter at elevene hadde deltatt i den eksplisitte undervisningen fikk de en oppgave hvor de skulle anvende og overføre de abstrakte systemsignifikantene i en ny konkret situasjon. Systemsignifikantene, er som omtalt i kapittel 2.3 er en måte å beskrive verden som system på (jf. Klasander 2010). Dermed var hensikten at elevene skulle ta utgangspunkt i disse signifikante egenskapene, når de skulle beskrive kroppen som system. Oppgaven som ble gitt til elevene var:

«Skriv en tekst om hvorfor og hvordan kroppen er et system».

I tillegg fikk elevene muntlig støttebeskjeder om at de skulle ta utgangspunkt i alle egenskapene vi hadde brukt til å beskrive sykkelens i forrige økt.

3.4 Studiens koder

Utviklingen av koder startet med gjennomgang av litteratur. Dette var tidlig i prosessen og i forkant av datainnsamlingen og la det teoretiske rammeverket som studien skulle bygge videre på. Denne studiens avgrensning av systembegrepet baseres på egenskaper som ble omtalt i kapittel 2.2 som tar utgangspunkt i rammeverk for K-12 (National Research Council, 2013), systemsignifikanter av Klasander (2010), diskriminering (Imsen 2000) omtalt i kapittel 2.3.3, og flyt (Svensson (2011) omtalt i kapittel 2.2. Ut fra denne samlingen av teori ble det formulert noen koder som kjennetegner måter å beskrive systemer på. I likhet med Klasander (2010) vil disse omtales som *systemsignifikanter*. Disse kodene har som hensikt å vise områder i elevbesvarelser hvor eleven viser kunnskap og anvendelse av å beskrive system med konseptuelt fokus. Disse kodene er hentet fra nevnt teori, men samlet, bearbeidet og tilpasset for denne studiens tema. De resulterende kodene er grunnlaget for analysen som er gjort i både pre- test, post- test og overføringsoppgave. En oversikt over disse finnes i tabell 6. Det neste stadiet startet i gjennomgangen av datamaterialet. Her utkrystalliserte det seg behovene for koder som viste noe *utover* de kodene som allerede var hentet fra litteraturen. Resultatet av disse tre stadiene er kodene vist i tabell 8. Sammen utgjør disse kodene et grunnlaget for å kategorisere de ulike elevbesvarelsene i kapittel 4. Disse kodene er knyttet små detaljerte bruddstykker innenfor de aktuelle elevbesvarelsene hvor eleven viser egenskaper som er tilknyttet den aktuelle koden. Det kan være alt fra en setning til et enkelt ord.

Beskrivelse til kodeliste

Inndeling av koder er fra venstre delt inn i to hovedgrupper, *positive teoretiske koder*, og *negative ikke-teoretiske koder*.

Tabell 8 Kodeliste

	Kategorier	Koder basert på systemsignifikanter	Litteratur
Positive teoretiske koder.	Hierarki/struktur (KB1)	1 Et system kan bestå av ett eller flere systemer (delsystemer og enkeltdeler).	(Klasander, 2010) (National Research Council, 2013)
		2 Et system kan være en del av et større system	(Klasander, 2010) (National Research Council, 2013)
	Intensjon og egenskaper (KB2)	3 Elev beskriver systemets intensjon og funksjon	(Klasander, 2010)
		4 Intensjonen bestemmer egenskaper	(National Research Council, 2013)
		5 Intensjonen bestemmer form	(National Research Council, 2013)
		6 Intensjonen bestemmer materiale	(National Research Council, 2013)
	Flyt og samspill (KB3)	7 Delene i systemet samarbeider	(National Research Council, 2013)
		8 En del er avhengig av en annen del	(National Research Council, 2013)
		9 To deler står i et gjensidig avhengighetsforhold til hverandre	(National Research Council, 2013)
		10 Det transporteres noe mellom delene	(Svensson, 2011) (National Research Council, 2013)
		11 Kontrastere- hva er konsekvensen dersom delen fjernes fra systemet?	(Svensson, 2011)
		12 Alle delene må til for at systemet skal fungere.	(National Research Council, 2013)
Negative ikke-teoretiske koder	Kvaliteten på koblingene	Eleven ikke diskriminere bort irrelevante egenskaper.	(Imsen, 2000)
		Eleven gir påstand uten begrunnelse	(Voloshinov, 1973)

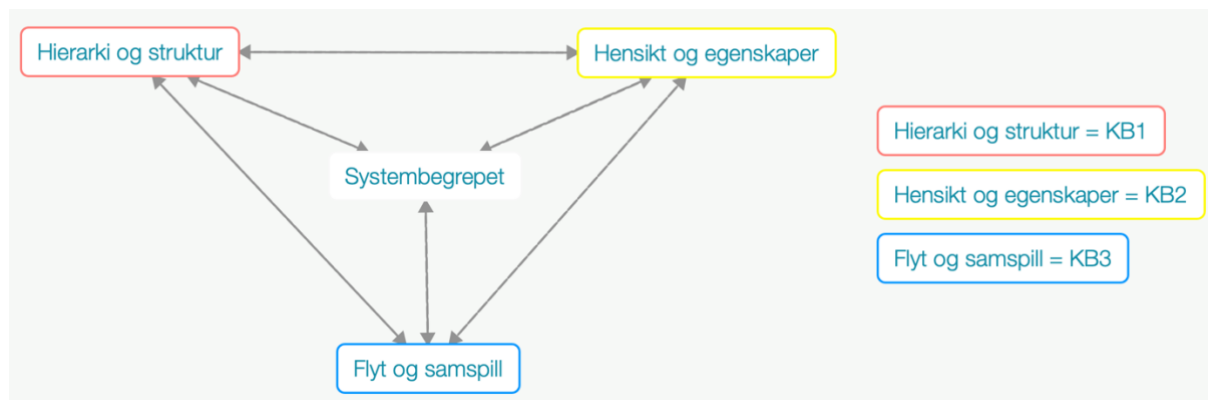
De positive og teoretiske kodene omhandler små detaljerte bruddstykker innenfor hver besvarelse. Det kan være alt fra en setning til et enkelt ord, hvor eleven viser forståelse av de teoretiske egenskapene ved systembegrepet. Hver anvendelse eleven bruker av disse vil styrke besvarelsen positivt.

De negative ikke-teoretiske kodene er derimot to koder som trekker elevbesvarelsen negativt. Den første av disse to er koden *ikke systemrelevant*. Denne brukes på deler av en elevbearelse hvor eleven ikke klarer å ekskludere hva som er relevant informasjon og ikke fra et systemteoretisk perspektiv (Jf. Imsen 2000). For å illustrere kan man ta utgangspunkt i en elev skal beskrive blodets rolle i systemet kroppen. En god fiktiv besvarelse kunne være dersom eleven beskriver at «*blodet samarbeider med hjertet og lungene for å transportere oksygen til cellene i kroppen*». Denne besvarelsen trekker inn blodets funksjon (kode 3), samarbeid med hjerte (kode 7) og transport (kode 10). På denne måten viser eleven kjennetegn på tre systemsignifikanter. En lite god besvarelse kunne derimot vært «noen mennesker besvimer av å se blod». Denne informasjonen kan være riktig isolert sett, men bidrar ikke til å begrunne hvorfor kroppen er et system.

Den andre av disse to kodene er koden *påstand uten begrunnelse*. Denne anvendes dersom en elev eksempelvis skriver at «kroppen er et system» uten å kunne begrunne påstanden sin. En slik påstand krever etterfølgende begrunnelse for å regnes å vise forståelse.

Begrep i nettverk

Ifølge Lemke (1990) står ikke et begrep alene. Ønsker man å gi en forståelse av et begrep er det som nevnt i kapittel 2.4.2 viktig at dette plasseres i konteksten av et konseptuelt nettverk av tilhørende begreper (Lemke, 1990) (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011). For å bygge forståelsen av dette begrepet ble det derfor tatt i bruk en rekke andre begreper som er semantisk og tematisk tilknyttet systembegrepet. Med utgangspunkt i figur 3 av Scott et al. (2011) kan man danne en oversikt over de konseptuelle begrepene (KB) som sammen danner nettverket rundt systembegrepet.



Figur 5 Konseptuelt nettverk for det avgrensede systembegrepet. Basert på figur 3 av Scott et al. (2011) s. 8

Felles for disse konseptuelle begrepene er at de ikke er stå i sentrum i seg selv, men er støtte til systembegrepet. Dette har konsekvenser for kriteriene som kreves for å anvende disse, omtalt i kapittel 3.4.

For å simplifisere kodene som ble anvend i denne studien er enkeltkodene samlet sammen til tre grupper. Hvert av de tre kategoriene med konseptuelle begreper er i prinsippet en samling av ytterligere begreper og signifikante egenskaper som sett i kolonne 2 og 3 i tabell 8. Tilknytningen til disse aspektene er svært tett og overlappende av natur. Dermed er det ikke helt åpenlyst hvordan man skal gruppere og skille disse. Eksempelvis vil systemets hensikt (KB2), både påvirke og påvirkes av hvilke delsystemer og deler det består av (KB1) men også hvilken flyt og samspill (KB3) som foregår på tvers av systemet.

I kodearbeidet måtte det tas et valg om en kode skulle være oppnådd først i det elevene nevner begrepene fra systemsignifikantene (funksjon, hierarki, samarbeid...) eksplisitt. Valget falt på at så lenge elevene anvender betydningen av disse i en kontekst som er korrekt, så vil besvarelsen tildeles den aktuelle koden. Det er noen grunner til dette. For det første var informasjonen som ble gitt i oppgaven først og fremst vinklet mot at bruken av systemsignifikantene først og fremst var en måte å beskrive systemer på. Dermed vil disse i større grad komme til uttrykk gjennom hvilke aspekter elevene velger å fokusere på i sine besvarelser. Som nevnt i kapittel 2.2 dreier systemsignifikantene seg om en måte å forstå og beskrive noe på (jf. Klasander 2010; Sjøberg 2009), og det er denne egenskapen som undersøkes.

En elev trenger dermed ikke nødvendigvis trenger å ha vært innom alle 3 (KB1,2,3) for å ha «høy» oppnåelse av systembegrepet. En av grunnene til dette er at det finnes flere undernivåer innenfor hvert av disse. En annen er at elevene ikke ble eksplisitt bedt om å dekke alle 3. Dermed var det rom for at elever kan velge å gå i mer i dybden på noen, og fremdeles få «høy» oppnåelse basert på øvrige kriterier. Eksempelvis vil en besvarelse som klarer å bruke få systemsignifikanter flere ganger gjennom besvarelsen vurderes høyt på samme måte som en besvarelse som bruker flere systemsignifikanter få ganger.

For å sikre god oversikt over det kompliserte og omfattende datamaterialet som ble innhentet gjennom de ulike innsamlingsprosessene i studien, ble det tatt i bruk det digitale hjelpeverktøyet, Hyper Research. Dette verktøyet har bidratt til å styrke behandlingen av datamaterialet på flere måter. Eksempelvis ved at man enkelt kan ekskludere besvarelser fra elever som var borte økt 1, og som dermed ikke kan vurderes ut fra forskningsspørsmål 2 på grunnlag av det første forskningsspørsmålet.

3.5 Verktøy for analyse

3.5.1 Analytisk verktøy for pre- og post-test

Analysen har i likhet med Bravo et al. (2008) som hensikt å se hvordan elevenes formuleringer endres etter å ha deltatt i eksplisitt språkundervisning.

Det å forstå et begrep ikke er enten eller, men kan strekke seg over et spekter av nivåer var det et behov for en måte å karakterisere og nyansere de ulike elevbesvarelsene på (Bravo, Cervetti, Hiebert, & Pearson, 2008; Nagy & Scott, 2000, s. 459). Datamaterialet består primært sett av to deler (pre-post og kroppen som system), ble det også utarbeidet to verktøy å måle besvarelsene opp mot. Disse tar begge to utgangspunkt i teori omtalt i kapittel 2, og bearbeidet til kodene i tabell 8. basert på systemsignifikantene omtalt i kapittel 2.2. Disse skilles dog på noen andre kriterier som følge av tilpasning til de ulike oppgavens rammer.

Verktøy for pre-test og post-test

Det første verktøyet er laget for å kunne si noe om hvilken forståelse av systembegrepet elevene har før og etter deltakelse i den eksplisitte undervisningen i økt 1. Denne tar utgangspunkt i taksonomien utviklet etter Bravo et al. (tabell 4, kapittel 2.3.3). For at denne taksonomien skulle egne seg som redskap til å vurdere elevenes forståelse av systembegrepet ble det anvendt en rekke kjennetegn hentet fra litteratur omtalt i kapittel 2.

Tabell 9 Analytisk rammeverk for pre- test og post- test

Perspektiv	Nivå	Kjennetegn	Antall
Aktiv teoretisk	5	Eleven gir en mer aktiv og rik formulering av systembegrepet. Elevene vinkler besvarelsen mot minst tre systemsignifikanter.	
Aktiv teoretisk	4	Eleven gir en teoretisk men passiv formulering av systembegrepet. Eleven kan dekode, gi synonym eller en mer grunnleggende definisjon. Eleven vinkler mot én eller to systemsignifikanter.	
Passiv Teoretisk	3	Eleven kan gi ett stikkord eller ufullstendig setning om det eksplisitte teoretiske systembegrepet.	
Hverdagslig, naturfaglig	2	Forståelse av at et system også kan være et objekt i seg selv. Forståelse av at et system kan finnes naturlig.	
Hverdagslig, Ikke-faglig	1	Forståelse av at system utelukkende dreier seg som orden og ryddighet i hverdagslige ting.	
Ingen	0	Ingen forståelse	

Denne måten å bygge opp taksonomien på er kombinert med beskrivelsen av prosessen av forståelsens tilegnelse som beskrives i tabell 4, kapittel 2.3.3 av Scott et.al (2011) og Lemke (1990) om antallet og koblinger mellom tilhørende begreper i et nettverk. Med disse to som utgangspunkt ble det utarbeidet en taksonomi som vektlegger både antallet koblinger elevene gjør i beskrivelsen av systembegrepet mot det tematiske konseptuelle nettverket systembegrepet (jf. Lemke 1990) er en del av, kvaliteten på disse koblingene og anvender disse til å gi en forklaring av begrepet.

Nivå 0

Besvarelser som havner på nivå 0 kjennetegnes ved at de gjennom besvarelsen ikke klarer å uttrykke noen forståelse av hva et system er. For at en besvarelse skal være på dette nivået kreves det noen form for indikasjon på at eleven faktisk var tilstede på det aktuelle tidspunktet. Denne indikasjonen er hentet gjennom de kontekstuelle datakildene, eller ved at eleven besvarer

Nivå 1

Besvarelser som havner på nivå 1 kjennetegnes ved at de gjennom besvarelsen klarer å uttrykke en forståelse av hva et system er, men at denne er utelukkende knyttet mot en hverdagslig forståelse. Eksempelvis ved at eleven omtaler at et system handler om å «vite hvor man legger ting» eller om «å ha system på pulten sin».

Nivå 2

Besvarelser som havner på nivå 2 kjennetegnes ved at de gjennom besvarelsen klarer å uttrykke en forståelse av at et system også kan være et objekt i seg selv. Elevene på dette nivået er fremdeles innenfor en hverdagslig kategori, ettersom besvarelsen ikke tar for seg noen generiske og overførbare aspekter ved systembegrepet. Eksempelvis vil eleven kunne inkludere solsystemet, periodesystemet eller andre systemer i sine besvarelser. Disse systemene vil fremdeles beskrives ut fra et ryddighets og ordensperspektiv. Skillet mellom faglig og teoretisk på de ulike nivåene er at førstnevnte tar for seg et konkret tilfelle, mens sistnevnte tar for seg det abstrakte som er felles mellom alle de konkrete tilfellene. Dermed er sistnevnte, teoretisk, å regne som abstrakt og generisk/overførbart.

Nivå 3

Besvarelser som havner på nivå 3 kjennetegnes ved at de gjennom besvarelsen har en begrenset og stikkord-aktig forståelse men klarer å inkludere én korrekt og vesentlig teoretisk egenskap ved systembegrepet. Eksempelvis dersom en elev skriver «System har funksjon». Det er først på dette nivået at elevene er på et teoretisk nivå.

Nivå 4

Besvarelser som havner på nivå 4 kjennetegnes ved det samme som nivå 3, men skiller seg ut ved at de klarer å inkludere 2 eller 3 teoretiske aspekter i sin beskrivelse av systembegrepet. Eksempelvis dersom en elev skriver «Et system består av flere deler som hører sammen i bestemt plassering». Dermed viser de noe forståelse av det konseptuelle nettverket som omgir systembegrepet. Disse elevene oppnår dermed en (mer) aktiv og konseptuell forståelse av systembegrepet.

Nivå 5

Besvarelser som havner på nivå 5 kjennetegnes ved det samme som på nivå 4, men skiller seg ut ved at de klarer å inkludere 3 eller flere teoretiske aspekter i sin besvarelse av

systembegrepet. Eksempelvis dersom en elev skriver «Et system kan bestå mindre systemer som er satt sammen på en spesiell måte og har en funksjon sammen». Ettersom de inkluderer flere teoretiske aspekter viser de en aktiv og konseptuell forståelse av systembegrepet.

3.5.2 Analytisk verktøy for overføringsoppgave

For å kunne belyse det andre forskningsspørsmålet ble det utviklet en oppgave hvor elevene skulle anvende det konseptuelle nettverket tilknyttet systembegrepet for å beskrive «hvordan og hvorfor kroppen er et system». For å analysere elevenes evne til å overføre og anvende nettverket ble det utviklet et analyseverktøy. Dette verktøyet har forholdsvis store likhetstrekk med det som ble laget for å kategorisere besvarelsene i pre-test og post-test.

Kriterier

Det oppstod et behov for å skille elevene basert på i hvilken grad de klarte å næroverføre egenskapene til en ny situasjon (jf Salomon & Gavriel 1999; Lemke 1990). Med egenskap menes det de teoretiske og generiske egenskapene ved systembegrepet som, reflekteres gjennom kodene basert på systemsignifikantene i tabell 8 i kapittel 3.4. Ettersom systemsignifikantene dreier seg om å beskrive omverden som system (jf. Klasander 2010), er elevenes evne til å trekke inn disse egenskapene en viktig del av vurderingskriteriene.

For å vurdere besvarelsene ble det tatt utgangspunkt i et sammensatt teoretisk bakteppe av ulike kjennetegn på begrepsforståelse.

Det første er at oppgaven som helhet befinner seg på det taksonomiske nivået «anvendelse» i tabell 5 av Haug & Ødeggard (2014) sin taksonomiske fremstilling av Bravo et al. (2008). I dette ligger det at elevene skal tilpasse kunnskapen de allerede har over i en ny situasjon. Dermed er det også viktig det Salomon & Gavriel (1999) omtaler som *næroverføring*. Dette fenomenet deler store trekk ved Lemke (1990) omtaler som *analogisk overføring*, hvor man finner de tematiske nettverk som er felles for to ulike situasjoner. Imsen (2000) omtaler også dette som en *generalisering* av begrepskunnskapen.

For å kategorisere elevbesvarelsene ble det tatt utgangspunkt i to faktorer til. Den første tar i likhet med taksonomi for pre- test og post- test, utgangspunkt i Scott et al. (2011) og Lemke (1990) om å belyse et begrep ved hjelp av det tematiske konseptuelle nettverket som omgir begrepet. På denne måten er det ikke bare lengden til en elevbesvarelse som avgjør hvilket nivå eleven havner på, men snarere antallet systemsignifikanter som belyses. Samtidig vil dette implisere at også en kort besvarelse kan få høy oppnåelse dersom innholdet er relevant for å beskrive kroppen som system. En viktig egenskap i forståelsen er å forstå hvilken informasjon

som er relevant og bør inkluderes, og hvilken som er irrelevant og bør diskrimineres (jf. Imsen 2000).

Basert på disse faktorene ble det gjort en helhetsvurdering av hver besvarelse som avgjorde hvilket nivå besvarelsen havnet på. Det resulterende taksonomiske verktøyet ble utformet på denne måten, med etterfølgende beskrivelse av hvert nivå:

Tabell 10 Analytisk rammeverk for overføringsoppgave

Perspektiv	Kropp nivå	Kjennetegn	Antall
Høy aktiv anvendelse	4 Høy	Beskriver i høy grad kroppen som system ut fra konseptuelt nettverksperspektiv. Dette gjøres ved hjelp av omkring 5 eller flere systemsignifikante egenskaper. Oppnår konseptuell forståelse av begrepet. Besvarelse inneholder lite irrelevant informasjon som ikke bidrar til å beskrive kroppen som system.	
Middels aktiv anvendelse	3 Middels	Beskriver i noen grad kroppen som system ut fra konseptuelt nettverksperspektiv. Dette kommer til uttrykk ved at eleven bruker opptil 5 systemsignifikante egenskaper. Besvarelse inneholder mindre irrelevant informasjon som ikke bidrar til å beskrive kroppen som system.	
Lav passiv anvendelse	2 Lav	Beskriver i liten grad kroppen som system ut fra konseptuelt nettverksperspektiv En eller to konseptuelle begreper. Besvarelse inneholder en del irrelevant informasjon som ikke bidrar til å beskrive kroppen som system.	
Svært lav anvendelse	1 Svært lav	Beskriver i svært lav grad kroppen som system ut fra konseptuelt nettverksperspektiv. Eleven inkluderer én eller ingen systemsignifikante egenskaper. Besvarelse inneholder stort sett bare irrelevant informasjon som ikke bidrar til å beskrive kroppen som system.	
Ekskluderes	For kort	Ekskluderes i omtale, men er med i oversikt.	
Ekskluderes	Tomme	Ekskluderes	

Besvarelser som ikke oppnår nivå 1

Ettersom oppgaven legger opp til en overføring og anvendelse av den abstrakte kunnskapen er kriteriene for å i heletatt havne på første nivå i taksonomien forholdsvis høyt. Dermed vil alle elever som vurderes til nivå 1 og opp ha noe form for anvendelse og overføring.

I datamaterialet var det enkelte besvarelser som enten var helt tomme, eller at de inneholdt så lite tekst at det ikke ble ansett som hensiktsmessig å inkludere i databehandlingen. Ettersom det er kvalitativ analyse kreves det tekst å analysere. Selv om disse kan inneholde verdifulle data i seg selv, blir de prioritert bort i gjennomgangen av datamaterialet. Årsaken til dette er at det mangler data og verktøy som kan kartlegge hvorfor elevene ikke besvarte eller besvarte så kort.

Nivå 1

Besvarelser som oppnår nivå 1 kjennetegnes ved at de i svært begrenset grad klarer å overføre de konseptuelle egenskapene ved systembegrepet til en ny situasjon ved næroverføring. Elevene på dette nivået vil alle klare å næroverføre opptil én systemsignifikant, men i svært liten grad.

Nivå 2

Besvarelser som oppnår nivå 2 kjennetegnes ved at de klarer å næroverføre til en viss grad. De overfører én eller to systemsignifikanter, men besvarelsen inneholder også mye irrelevant informasjon. Dette tyder på at eleven ikke mestrer å diskriminere (jf. Imsen 2000) irrelevant informasjon i så stor grad.

Nivå 3

Besvarelser som oppnår nivå 3 kjennetegnes ved at de klarer å næroverføre i større grad. De overfører opptil fem systemsignifikanter. Elevene på dette nivået befinner seg dermed på den mer konseptuelle anvendelse av begrepet. Dermed klarer elevene også i større grad en analogisk overføring av kunnskap til ny situasjon og en mer aktiv begrepsforståelse.

Nivå 4

Besvarelser på nivå 4 kjennetegnes ved at de i stor grad klarer å næroverføre det konseptuelle nettverket. Elevene på dette nivået klarer å overføre og anvende fem eller flere egenskaper fra det konseptuelle nettverket. Besvarelsene kjennetegnes også ved at de i stor grad klarer å ekskludere irrelevant informasjon.

3.5.3 Muligheter og begrensninger ved de to verktøyene

De to verktøyene for å vurdere elvenes forståelse kommer med både muligheter og utfordringer.

Den første muligheten dreier seg om tilpasning. De to verktøyene er basert på tidligere forskningslitteratur og er dermed generelle, men tilpasset denne studiens rammer. Eksempelvis plasseres elevbesvarelser blant annet på grunnlag av antallet signifikante systemegenskaper de inkluderer i besvarelsen sin. Systemsignifikantene er hentet fra teori, men antallet signifikanter mellom de ulike taksonomiene er bestemt på grunnlag av skjønn fra min side. Til grunn for dette skjønnnet ligger det hvor lang tid elevene hadde til å besvare de ulike oppgavene. Eksempelvis ville det vært urimelig å forvente at en elev trekker inn flere 30 tilfeller av systemsignifikanter i en skriftlig oppgave med tidsramme på under en time. Dermed ble det et viktig element i vurderingen hvor stor del av bevarelsen som inneholder relevant informasjon, for på denne måten å se om eleven har forstått hvilket fokus besvarelsen skulle ha. Likevel var det forhåndsbestemt at elevene måtte vise minst tre systemsignifikanter for å kunne regnes å ha en mer konseptuell forståelse. Dette som grunnlag av at man ikke har et nettverk av begreper før det er tre eller flere.

En annen utfordring ved det teoretiske grunnlaget ved de taksonomiske nivåene, er at de inneholder så flere ulike kjennetegn innenfor hvert nivå. Utfordringen ved dette ligger i at det på denne måten kan være vanskeligere å plassere en elev tydelig på et gitt nivå. En elev kan eksempelvis inkludere 10 signifikante systemegenskaper men svekkes på grunnlag av at oppgaven er formulert stikkord-aktig. Førstnevnte kjennetegner aktiv og konseptuell forståelse, mens sistnevnte kjennetegner en mer passiv forståelse. Dermed må det gjøres en vurdering av oppgaven som helhet for å kunne tilknyttes et taksonomisk nivå.

Basert på disse to er det gjort revideringer av de ulike nivåene underveis i analyseprosessen. Ettersom kriteriene for antallet tilfeller av systemsignifikanter i besvarelsen har blitt endret på underveis, oppstod det dermed et behov for å flytte på elevbesvarelser mellom nivåene underveis.

Flere av elevbesvarelsene er også vurdert flere ganger for å se at ikke de blir vurdert annerledes mellom hver gang. Dette har ikke vært tilfellet, men nivåene har derimot endret kriterier underveis, og dermed behovet for å flytte elevene mellom nivåer vært nødvendig. Betegnelsene «høy, middels, lav» på de ulike nivåene er dermed konstruerte og tilpasset denne studien, og en annen studie vil måtte tilpasse disse etter sine rammer. Tilpasningene som er gjort for å trekke frem karakteristiske trekk ved begrepsbruk, og ikke kvantifisere mellom sprangene. Funksjonen de to taksonomiene gir er å få frem karakteristiske trekk i elevenes begrepsforståelse og overføring. Ettersom datamaterialet er forholdsvis stort er det gjort kvantisering av de kvalitative dataene. Dette er gjort for å gi en oversikt over det analyserte materialet. Analysen av elevbesvarelsene er kvalitative. Dermed bidrar oversiktstallene først og fremst med hensikt å få frem trender i datamaterialet.

4 Analyse og resultater

Oppbygging av kapitlet

I dette kapitlet vil resultatene og analyse fra de aktuelle delene av datamaterialet gjennom undervisningen presenteres. Datamaterialet kan primært sett deles inn i to deler.

Den første delen legger grunnlaget for å belyse det første forskningsspørsmålet og omhandler elevenes kunnskaper om systembegrepet før og etter deltakelse i den eksplisitte begrepsundervisningen i økt 1. For å belyse dette vil det tas utgangspunkt i datamaterialet fra pre-test og post-test. Dermed vil først resultatene fra pre-testen presenteres for å vise hvilke forkunnskaper og assosiasjoner elevene hadde av systembegrepet *før* deltakelse i det eksplisitte systemundervisningsopplegget. I denne gjennomgangen vil det først legges frem en oversiktstabell over fordelinger av elevbesvarelser på ulike nivåer. Deretter vil det tas for seg hvilke karakteristiske trekk elevene viser på de ulike nivåene. For å belyse dette vil det tas utgangspunkt i noen illustrerende elevtekster. Deretter vil resultatene fra post-testen presenteres for å se hvilken begrepsforståelse eleven viser *etter* deltakelse i det eksplisitte systemundervisningsopplegget. I likhet med datamaterialet fra pre-test vil det i gjennomgangen først legges frem det resulterende tallmaterialet, men det vil ikke vektlegges eleveksempler ettersom kriteriene er like for pre og post-test i like stor grad. Grunnen til dette er at kriteriene er like for pre-test og post-test og at besvarelsene innenfor et gitt nivå innenfor disse er å regne som like. Likevel vil det gis noen eksempler. Det er to grunner til dette. For det første var det enkelte av de taksonomiske nivåene som ingen elever ble plassert i etter pre-testen. Dermed, for å gi inntrykk av hvordan elevbesvarelsene på disse nivåene ser ut, var det ønskelig å gi eleveksempler på disse nivåene i post-test. For det andre vil to elever følges gjennom hele datamaterialet. Dermed har det vært viktig at disse belyses gjennom alle datakildene.

Den andre delen har tilknytning til forskningsspørsmål 2 og undersøker elevenes evne til å næroverføre og anvende det konseptuelle nettverket av systembegrepet til å beskrive kroppen som system.

Om valg av elevksempler: Elevantekstene blir valgt på grunnlag av at de fungerer som eksempler på nivået de befinner seg på. To elever vil også følges gjennom hele datamaterialet (11 og 57). Disse er valgt som illustrerende eksempler på utvikling, men også på grunnlag av at de besvarer alle deler.

Når disse to er presentert vil de brukes som grunnlag for å se hvilken utvikling som kan spores fra før til etter deltakelsen.

4.1 Pre-test

Resultatene i pre-testen svarer til spørsmålene elevene fikk:

«Hva er et system?»

Hvilke tanker får du når du hører ordet «system»?

Kan dere komme på eksempler på systemer?»

Med utgangspunkt i kriteriene omtalt i kapittel 3.5.1, ble fordelingen mellom nivåene som vist i tabell 11:

Tabell 11 Fordeling mellom taksonomiske nivåer fra pre- test

Perspektiv	Nivå	Kjennetegn	Antall
Aktiv teoretisk	5	Eleven gir en mer aktiv og rik formulering av systembegrepet. Elevene vinkler besvarelsen mot minst tre systemsignifikanter.	0
Aktiv teoretisk	4	Eleven gir en teoretisk men passiv formulering av systembegrepet. Eleven kan dekode, gi synonym eller grunnleggende definisjon. Eleven vinkler mot én eller to systemsignifikanter.	0
Passiv teoretisk	3	Eleven kan gi ett stikkord eller ufullstendig setning om det eksplisitte teoretiske systembegrepet	2
Hverdagslig, naturfaglig	2	Forståelse av at et system også kan være et objekt i seg selv. Forståelse av at et system kan finnes naturlig.	41
Hverdagslig, Ikke-faglig	1	Forståelse av at system utelukkende dreier seg som orden og ryddighet i hverdagslige ting.	28
Ingen	0	Ingen forståelse	0

Nivå 0

Resultat:

Resultatet viser at ingen elever befinner innenfor nivå 0. Det vil med andre ord si at alle elevene hadde assosiasjoner til systembegrepet og gav besvarelser som kunne vurderes til nivå 1 eller høyere.

Nivå 1

Resultat:

Resultatet viser at 28 elever befinner seg innenfor nivå 1. Ut fra kriteriene som var satt for dette nivået, impliserer det at 28 elever har en utelukkende hverdagslig ikke-faglig forståelse av systembegrepet. Denne hverdagslige forståelsen kommer til uttrykk gjennom en rekke kjennetegn i elevbesvarelsene. Mest fremtredende er det kanskje at elevene kobler systembegrepet opp mot orden og ryddighet i sine beskrivelser. Det er særlig noen støtteord som går igjen i besvarelsene hos disse elevene. Ordene som er mest fremtredende hos disse er fra mest til minst høyfrekvent er «orden», «ryddighet», «å ha styr på noe», «sortering» «ha kontroll over noe» og «organisering».

Ettersom både elevene på nivå 1 og 2 har en hverdagslig tilnærming vil både elever på nivå 1 og 2 anvende disse begrepene i sine besvarelser. Totalt sett på nivå 1 og 2 er det 40 elever som eksplisitt omtaler ett eller flere av disse begrepene i sine besvarelser. Eksempelvis ordet «orden» eksplisitt 33 ganger, fordelt over 26 ulike elever. Enkelte nevner ordet opptil flere ganger, noe som kan tyde på en større grad av sikkerhet. Utover dette brukes andre beskrivende støtteord for å underbygge disse. Følgende kommer det noen eksempler på elevutdrag innenfor disse kategoriene: De aktuelle ordene er markert med uthevet skrift.

Eksempler:

Elev 11:

«Et system er når man **plasserer** ting på forskjellige steder sånn at man husker det (**orden**).» -Elevenes parentes.

Elev 43:

«System holder **orden**.

At du har ting på rett **plass**.

I klasserommet **hvor** ting er.»

Elev 44:

«Jeg tenker at et system er noe du holder **orden** på. Eller liksom holder **styr** på.»

«Jeg tenker at det liksom skal være **orden**. At det er noe du holder **styr** på, for eksempel rommet ditt.»

Kjennetegn:

De tre utdragene representerer elevene som har en sterk tilknytning mellom systembegrepet og orden. Det er også tydelig hvor hverdagslig vinkling av bruken av orden er. Det handler i stor grad om hvor man har lagt i fra seg noe, slik at man skal finne det igjen senere. Denne forståelsen har en svært stor overlapp til det nest mest brukte ordet elevene brukte og assosierte systembegrepet med, *ryddighet*.

Eksempler:

Elev 10:

«Et system er at du har et system om hvordan du tenker og at du har et system rundt deg. **Ryddig** rundt deg, et system på ting.»

Elev 65:

«Det er en måte å ha **kontroll** over hvem som skal gjøre hva.

Jeg tenker på å ha **kontroll** over hva du gjør.

Hvem som skal **rydde** der.»

Kjennetegn:

Elevene i nivå 1 viser åpenbart forkunnskaper om systembegrepet. Disse er også velbegrunnet både gjennom tilstrekkelige formuleringer, men også gjennom eksempler. Likevel ser man en tydelig tendens mot å knytte systembegrepet opp mot en hverdagslig forståelse av system som ryddighet og orden.

I arbeidet med analyse av elevtekstene har det også dukket opp besvarelser som i første øyekast utgir seg for å befinne seg på et annet nivå enn de muligens egentlig er på.

Eksempel:

Elev 41

«Et system er noe du har orden på. Når jeg hører system tenker jeg på system i teknologi. Som å ha system i ledninger og pcer og sånt. Et eksempel er for eksempel å ha like ting på samme sted. Kropp, hus, bil, stol, fly, vogn, dør, ski, skap, sko, tv.»

Kjennetegn:

I besvarelsen til elev 41 synliggjøres det hvorfor det er viktig å være oppmerksom og fortolkende i analysearbeidet med besvarelsene. I første øyekast bruker eleven ord som teknologi, PC, ledning, fly, kropp og resten av eksemplene eleven gir. Alle disse i kombinasjon med at eleven i den andre setningen uttrykker eleven at system er noe som har med teknologi å gjøre, legger opp til en antakelse om at eleven forstår at et system kan være et objekt, som er et kjennetegn på elevene som er på nivå 2. Men i den påfølgende setningen fortsetter eleven med å tydeliggjøre at det dreier seg om å ha system i ledningene, datamaskinene. Dermed dreier det seg ikke om at verken datamaskin eller ledning er systemer i seg selv, men snarere en tilknytning mot «orden og ryddighet» i denne teknologiens ledninger. Dermed er eleven som i første øyekast kan virke som en elev på nivå 2, er dermed i større grad på nivå 1.

Nivå 2

Resultat: 41 besvarelser ble kategorisert til nivå 2. I likhet med nivå 1, så vil mange elever innen dette nivået ha en hverdagslig forståelse av systembegrepet. Det som skiller elevene på dette nivået, er først og fremst at de gjennom besvarelsene viser kunnskap om en mer naturfaglige eksempler systemer.

Eksempler:

Elev 22:

«Et system er at du vet hvor det ligger og at du har orden på det.»

«Jeg tenker på system teker jeg på *planetsystem, solsystem, datasystem.*»

«System og orden.»

Elev 37:

«Jeg tror at et system er kanskje en måte å gjøre noe på. Eller hvordan tingene skal være. Jeg tenker på *strøm og system. Matte systemer, tekniske systemer.*»

Elev 57:

«Et system er at man holder/legger ting i grupper.

Jeg tenker at et system er grupper som sorteres i forskjellige rekker.

Et eksempel er *periodiske system.*»

Kjennetegn:

De tre første eksemplene viser alle sterk tilknytning til den hverdagslige tilnærmingen til systembegrepet i den forstand av at begrepet tilknyttes orden og menneskelagde produkter/teknologiske systemer. Samtidig kommer det frem gjennom eksemplene at elevene tilknytter systembegrepet opp mot mer faglige og naturlige systemer. Dermed kommer det til uttrykk en forståelse for at systemene kan eksistere naturlig og uavhengig av mennesker.

Elev 22 viser forståelse for at et system kan finnes naturlig gjennom eksemplene «planetsystem» og «solsystem». Også disse eksemplene er bare i stikkordsform og de vil dermed bare antas å vise at eleven har en forståelse av systembegrepet som strekker seg utover det hverdagslige menneskelagde på nivå 1.

Elev 37 viser en mer faglig forståelse av systembegrepet gjennom eksemplene «strøm» og «strømssystem». Selv om strømmettet i seg selv er noe menneskelagd så er elektrisitet et naturlig fenomen. De to eksemplene «mattesystem» og «tekniske systemer» viser også en bredere forståelse av systembegrepet ettersom de strekker seg utover den helt hverdagslige oppfatningen av systemer som ryddighet og orden. Likevel er de ikke på et abstrakt nivå og tar ikke i bruk noen systemsignifikanter, slik som kjennetegner nivå 3.

Elev 57 viser en hverdagslig men også faglig forståelse av systembegrepet. Dette kommer til uttrykk gjennom den sterke tilknytningen besvarelsen har til periodesystemet. Eleven nevner

ikke systemteoretiske aspekter som uttrykker en abstrakt forståelse av systembegrepet, og oppnår dermed ikke nivå 3, men beskriver systembegrepet ut fra en faglig kontekst og med et fokus på orden og ryddighet.

Nivå 3

Resultat: To elever ble vurdert til å være på nivå 3 i pre- testen. Besvarelsene på dette nivået kjennetegnes ved en mer abstrakt og teoretisk forståelse og at eleven trekker inn en systemsignifikant egenskap, som er generisk og overførbart, som omtalt i kapittel 2.2.

Eksempler:

Elev 35:

«System er flere objekter som samarbeider.

Kroppen og... Kroppen, hode, armen»

Elev 78:

«Når jeg hører system tenker jeg på kroppen vår.

Et system er noe sammenhengende, noe som hører sammen.

I magen vår er det et system.»

Kjennetegn:

Elev 35 beskriver et system som «flere objekter som samarbeider». Dette er en helt tydelig faglig korrekt tilnærming til det generelle systembegrepet. Begge disse tyder på en elev med en faglig forståelse som utgangspunkt. Ut fra kriteriene om antallet koblinger på de ulike nivåene ble eleven vurdert til nivå tre ettersom det fremstår forståelse av to konseptuelle begreper, men at formuleringen er kort og til dels mangelfull. Den første systemsignifikanten er at et system består av flere objekter. Bruk av kvantiteten «flere» viser en forståelse av at det ikke er et spesifikt antall, men at det i det minste er mer enn én. Videre beskriver eleven at disse «samarbeider». Noe som også er interessant er at eleven tilknytter disse konseptuelle egenskapene opp mot gode eksempler ved å beskrive kroppen som system allerede i pre- testen. Sammen bidrar disse til en begrenset men naturfaglig forståelse av systembegrepets konseptuelle egenskaper.

Elev 78 viser gjennom sin besvarelse, i likhet med elev 35, kunnskap om to aspekter ved systembegrepet. For det første beskriver eleven system ut fra en samling av flere deler, ved at det ikke begrenses til et spesifikt antall. Dette kommer til uttrykk gjennom formuleringen «noe sammenhengende, noe som hører sammen». Gjennom disse kan det antydes forståelse for flere egenskaper. Både at systemet er hierarkisk, ettersom det er flere deler som er sammenhengende. Dette impliserer også at det må bestå av flere deler, men uten at det begrenses til et visst antall. Utover dette bekreftes det at eleven har en mer naturfaglig forståelse ved gjennom bruken av eksemplene som gis. Den umiddelbare assosiasjonen til system er «kroppen» og eleven kan videre vise til eksempel om at magen inneholder et system.

Nivå 4 og 5

Resultat:

Ingen elever ble vurdert til nivå 4 eller 5 i pre- testen.

Oppsummering

Datamaterialet fra pre- testen viser flere interessante elementer.

Nivå 1

Mange av elevene (28) stiller med en utelukkende hverdagslig forståelse av systembegrepet. Dette kommer først og fremst til uttrykk ved formuleringer som belyser system ut fra et ryddighetsperspektiv. På dette nivået dreier systembegrepet seg først om å ha orden i det man har rundt seg, og en måte å ha oversikt over omgivelsene på.

Nivå 2

Flesteparten (41) av elevene viser en hverdagslig forståelse, men som strekker seg noe utover forståelsen av system som ryddighet i tingene sine. Deres forståelse er likevel å regne som hverdagslig, ettersom det ikke fremkommer en forståelse av teoretiske systemsignifikanter som binder systemene samme. Det som skiller elevene på nivå 2 fra elevene på nivå 1 er at systembegrepet tilkobles teknologiske objekter og naturlige systemer. Dette indikerer at et objekt kan være et system i seg selv eller noe som kan eksistere uavhengig av mennesker.

Nivå 3

To elever viste en passiv, men teoretisk førforståelse av systembegrepet. De to elevene som gjorde dette knyttet systembegrepet opp mot noe sammenhengende og noe som samarbeider. Dette er to sentrale teoretiske egenskaper ved systembegrepet. En av elevene tilknytter systembegrepet opp mot kroppen allerede i økt 1 noe som kan indikere at kroppen er et nærliggende eksempel å knytte systembegrepet mot.

Nivå 4 og 5

Ingen elever befant seg på disse nivåene. Dette indikerer at ingen elever klarte å knytte flere systembegrepet opp mot flere systemsignifikanter. Dermed var det heller ingen elever som regnes å ha en aktiv eller konseptuell forståelse av systembegrepet.

Validitet og reliabilitet i post- test

Det er observert tilfeller hvor to tilfeller hvor elevene besvarer enkelte spørsmål identisk. Dette tyder på at elevene sannsynligvis satt på siden av hverandre og at disse på denne måten er farget av hverandre, enten det er enveis, hvor en elev ser på en annens besvarelse, eller toveis, hvor to elever samarbeider for å komme frem til et svar. Det er vanskelig å si noe om elevenes kunnskaper i slike tilfeller, men det kan antas at i det minste én av elevene i disse tilfellene er usikker på det faglige innholdet, ettersom situasjonen oppstod i utgangspunktet. Det er bare registrert to tilfeller av dette. Disse to vil fremdeles være med i datamaterialet, men det vil med andre ord ikke antas å farge resultatene i datamaterialet i særlig stor grad.

4.2 Post-test

Ettersom kriteriene er like i pre-test og post-test vil resultatene i post- testen vektlegge besvarelser på nivåene 3-5, ettersom disse er mindre belyst i pre- testen. Ettersom det ikke var noen elever på nivå 0 i pre- test vil besvarelsen på dette nivået i post- test begrunnes kort. Resultatene i post-testen svarer til spørsmålet elevene fikk:

- 1) *Beskriv hva et «system» er så godt du kan. Hva gjør at et system kan kalles et system?»*
- 2) *«Gi ett eller flere eksempler på systemer du kommer på. Gjerne et som ikke er nevnt i timen hvis du klarer»*

Disse spørsmålene er som nevnt i kapittel noe tilpasset post- test men er utover dette like spørsmålene som ble stilt i pre- testen.

Med utgangspunkt i kriteriene omtalt i kapittel 3.5.1, ble fordelingen mellom nivåene som vist i tabell 12:

Tabell 12 Fordeling mellom taksonomiske nivåer fra Post- test

Perspektiv	Nivå	Kjennetegn	Antall
Aktiv teoretisk	5	Eleven gir en mer aktiv og rik formulering av systembegrepet. Elevene vinkler besvarelsen mot minst tre systemsignifikanter.	23
Aktiv teoretisk	4	Eleven gir en teoretisk men passiv formulering av systembegrepet. Eleven kan dekode, gi synonym eller grunnleggende definisjon. Eleven vinkler mot én eller to systemsignifikanter.	38
Passiv teoretisk	3	Eleven kan gi ett stikkord eller ufullstendig setning om det eksplisitte teoretiske systembegrepet	9
Hverdagslig, naturfaglig	2	Forståelse av at et system også kan være et objekt i seg selv. Forståelse av at et system kan finnes naturlig.	1
Hverdagslig, Ikke-faglig	1	Forståelse av at system utelukkende dreier seg som orden og ryddighet i hverdagslige ting.	4
Ingen	0	Ingen forståelse	1

Nivå 0

Resultat:

Det er én enkelt elev 63 som befinner seg på nivå 0 i post-testen. Denne elevens besvarelse består utelukkende av formuleringen «*kommer ikke på noe*». Besvarelsen viser både at eleven deltok i undervisningen, ettersom eleven har gitt en besvarelse. Den viser også at eleven har forsøkt å svare, men at eleven mangler kunnskapen til å besvare. Dermed regnes eleven med å ikke vise noen forståelse av systembegrepet, slik som kjennetegnes på nivå 0.

Nivå 3

Resultat:

Åtte elever befinner seg på nivå 3 i post-testen.

Eksempler:

Elev 57:

«*At det er en funksjon.*»

Elev 54:

«*To ting som kan jobbe sammen.*»

Elev 80:

«*Et system er to forskjellige ting som er sammenbundet.*»

Elev 28:

«*Det er flere deler.*»

Kjennetegn:

Elev 57 er en av elevene som følges gjennom datainnsamlingen. Eleven viser i besvarelsen evne til å beskrive systemer gjennom begrepet funksjon. Dette er en av de mest signifikante egenskapene ved systembegrepet. Dermed er eleven vurdert til å måtte være innenfor den

teoretiske delen av taksonomien (nivå 3 -5). Samtidig er besvarelsen kort, mangelfull og stikkord-aktig. Bare én systemsignifikant inkluderes. Dermed viser eleven kjennetegn på en teoretisk men passiv forståelse som kjennetegnes ved nivå 3.

Elev 54 viser gjennom sin besvarelse kjennetegn på en teoretisk forståelse, noe som kommer til uttrykk gjennom en forståelse av at deler i systemet samarbeider. Dette er en viktig teoretisk egenskap. Samtidig begrenses det i besvarelsen at antallet deler som kan jobbe sammen er to. Formuleringen er videre noe kort og begrenset, noe som kjennetegner en passiv forståelse. Dermed viser besvarelsen kjennetegn fra en teoretisk men passiv begrepsforståelse av systembegrepet.

Elev 28 viser gjennom sin besvarelse kjennetegn på en teoretisk forståelse som er teoretisk. Dette kommer til uttrykk gjennom at system omtales som *flere deler*. Dette er en av de grunnleggende teoretiske egenskapene ved systemer. Samtidig viser eleven gjennom bruken av ordet *flere*, at det ikke er begrenset til et spesifikt antall, men at det er nødt til å være flere.

Nivå 4

Resultat:

39 elever befinner seg på nivå 4 i post- testen. Felles for disse er at de både befinner seg innenfor et faglig fokus, men også at de gjennom besvarelsene viser forståelse av flere systemaspekter.

Eksempler:

Elev 34:

1 «Systemer er noe som er *satt sammen av masse ting*.

2 «Mikrofon, kalkulator, tavle, white board, telefon, klokke, strøm, pult, stol, ledninger, stift, kamera, rør, sekk, rullestol, iPod, pc, kamera, robot.»

Elev 39

«*Flere deler. Bestemte deler. Bestemt plassering.*»

Minnebrikke.»

Elev 59:

«*Et system er deler som jobber sammen.*

Fly sykkel bil».

Kjennetegn

Elev 34 viser gjennom sin besvarelse kjennetegn på en teoretisk begrepsforståelse, ettersom det uttrykkes generelle trekk ved systembegrepet. Dette kommer til uttrykk ved at eleven beskriver at systemer er noe sammensatt, noe som er en helt grunnleggende teoretisk egenskap ved systembegrepet. Videre beskriver elevene at denne sammensetningen består av *masse ting*, som kan bety en forståelse av at det ikke er gitt hvor mange deler ett system består av, men at det i det minste må være flere. Eleven inkluderer dermed noen få teoretiske og generiske og overførbare egenskaper, og i en kort formulering, noe som kjennetegner en mer aktiv og teoretisk begrepsforståelse.

Elev 39 velger å formulere seg gjennom korte setninger. Disse inneholder likevel svært sentrale teoretiske egenskaper ved systembegrepet. Eksempelvis viser eleven i første setning forståelse av at systemet må bestå av flere deler. Den etterfulgte setningen presiserer at det ikke er tilfeldig hvilke deler, noe som kan tyde på forståelse for at delenes egenskaper er viktige. I siste setning beskriver vises det forståelse av at delenes plassering i systemet heller ikke er tilfeldig. Dermed viser besvarelsen kjennetegn på flere viktige teoretiske og generiske egenskaper, men pakket inn i en noe stikkord- aktiv formulering. Likevel er det tydelig at besvarelsen viser en teoretisk og aktiv forståelse av systembegrepet.

Nivå 5

Resultat:

23 elever ble vurdert til nivå 5 i post- testen.

Eksempler:

Elev 2:

«Et system er at flere deler som **passer henger sammen**. Alle delene til sammen blir til en funksjon som kan bevege på seg når vi feks trækker på pedalene på en sykkel.»

Elev 5:

«Et system er **mange deler/ting** som er **satt sammen** og **hvis** en av delene tas vek **funker ikke** systemet **som det skal**.»

Elev 7:

«Et system er en **orden** av **flere ting** som **fungerer helt helt riktig sammen**.
Slektssystem, datasystem, biologisk celle system, solsystem.»

Elev 11:

«Et system er **flere ting** som **settes sammen** så blir det et **hjelpemiddel**.
Det må være flere ting for at det skal bli et system.»

Kjennetegn:

Elev 2 viser gjennom sin besvarelse kjennetegn på teoretisk begrepsforståelse ettersom det gjennom besvarelsen beskrives ved å passe sammen og henge sammen. Disse tyder på en forståelse av at det ikke er tilfeldig hvilke egenskaper eller plassering delene har i systemet. Eleven skriver videre at alle delene blir til en funksjon. Denne setningen tolkes til å inneholde feil bruk av verb, og at eleven egentlig mener at alle delene sammen *har* en funksjon. Dette er også en viktig egenskap ved systemer, ettersom delene sammen har funksjon utover det enkeltdelene har isolert sett. Formuleringene er utfyllende og inneholder flere teoretiske systemsignifikanter, noe som kjennetegner en teoretisk og aktiv begrepsforståelse.

Elev 5 viser gjennom sin besvarelse en teoretisk begrepsforståelse ved at det trekkes inn egenskaper som at et system må bestå av flere deler. Videre vises det forståelse av at disse er satt sammen, noe som tyder på en forståelse av at delenes plassering ikke er tilfeldig. Videre beskriver eleven funksjon gjennom et generelt eksempel og ved hjelp kontrastering, ved at systemet er avhengig av alle delene for at det skal fungere som det skal. Det at eleven avslutter med at et system fungerer som det skal, tyder også på en forståelse av at systemet har en hensikt, og at det fyller et behov. Gjennom en rik formulering med mange signifikante egenskaper regnes besvarelsen å vise kjennetegn på en teoretisk og aktiv begrepsforståelse.

Elev 7 viser gjennom sin besvarelse en teoretisk begrepsforståelse ved at det trekkes inn teoretiske generiske og overførbare egenskaper. Eksempelvis starter eleven med å beskrive system som en orden av flere ting som er satt sammen. Dette tyder på en forståelse av at systemet må inneholde flere deler og at disse delenes plassering i systemet ikke er tilfeldig. Det at systemet må bestå av flere deler bekreftes også eksplisitt gjennom den siste setningen i besvarelsen. Eleven skriver også at delene *fungerer helt helt riktig sammen*, noe som tyder på forståelse av at delenes egenskaper heller ikke er tilfeldige, og at disse har en funksjon sammen. Her er elevens valg av ord *fungerer*, tett tilknyttet egenskapen *funksjon*. Formuleringen er også mer utfyllende og dekker flere teoretiske og abstrakte egenskaper, noe som kjennetegner en teoretisk og aktiv begrepsforståelse.

Elev 11 formidler gjennom sin besvarelse en forståelse av et system må være satt sammen av flere ting. Bruken av ordet «flere» indikerer forståelse av at det spesifikke antallet kan variere, men at det må være mer enn én. Videre skriver eleven at et system er «ting som settes sammen» og at delene dermed har en plass i forhold til hverandre. Fortsettelsen av setningen «så det blir et hjelpemiddel» indikerer forståelse av at systemers egenskaper ikke er tilfeldige, men at disse hører tett sammen med systemets rolle i et større bilde og dermed det som i denne kapittel 2.2 omtales som systemets *hensikt*.

Oppsummering

Nivå 0

En enkelt besvarelse viser kjennetegnene på nivå 0 i post-testen. Dette impliserer at det blant de 76 elevene bare var én som ikke klarte å uttrykke noen forståelse for systembegrepet.

Nivå 1

Fire besvarelser viser kjennetegn fra utelukkende hverdagslig nivå etter deltakelse i undervisningsopplegget. Dette impliserer at de ikke viste noen forståelse av systembegrepet ut fra et teoretisk og abstrakt perspektiv. Dette kommer til uttrykk gjennom et totalt fravær av systemsignifikanter i besvarelsene. Elevene knytter utelukkende systembegrepet opp mot å ha orden i tingene rundt seg. Det kommer heller ikke til uttrykk en forståelse av at objekter kan være et system i seg selv, eller at systemer kan finnes uavhengig av mennesker.

Nivå 2

En besvarelse viser kjennetegn fra nivå 2 som impliserer en hverdagslig men faglig forståelse av systembegrepet. I likhet med elevene på nivå 1 inkluderer heller ikke disse elevene inn noen systemsignifikanter i sine besvarelser. Elevene på dette nivået viser derimot en forståelse av at systemer kan være objekter i seg selv og/eller at systemer kan finnes uavhengig av mennesker.

Nivå 3

Ni besvarelser viser kjennetegn fra nivå 3. Dette impliserer at disse elevene klarer å trekke inn én signifikant egenskap ved systemer. Disse elevene skiller seg dermed fra nivå 1 og 2 ved at de har en mer abstrakt og teoretisk tilnærming til systembegrepet. Besvarelsene er dog korte og stikkord-aktige, og viser dermed bare en passiv teoretisk forståelse av systembegrepet. Ettersom elevene bare trekker inn én systemsignifikant, kan de heller ikke regnes å ha en konseptuell forståelse av systembegrepet, ettersom dette krever flere egenskaper.

Nivå 4

38 besvarelser viser kjennetegn fra nivå 4, og dermed en mer aktiv teoretisk forståelse av systembegrepet. Dette impliserer at de klarer å ta i bruk mer enn én signifikant egenskap i sin beskrivelse av systembegrepet. Ettersom det begynner å danne seg et nettverk av egenskaper rundt systembegrepet, vil elevene være på vei mot en konseptuell forståelse av begrepet.

Nivå 5

23 besvarelser viser kjennetegn fra nivå 5, og dermed en mer aktiv teoretisk forståelse av systembegrepet. Dette impliserer at elevene gir en bedre beskrivelse og har en aktiv forståelse av systembegrepet. Dette kommer til uttrykk ved at de klarer å trekke inn minst tre systemsignifikanter gjennom sine besvarelser. Dermed er systembegrepet i større grad tilknyttet et konseptuelt nettverk, noe som gjør at elevene regnes å ha en konseptuell forståelse av systembegrepet.

4.3 Utvikling fra pre-test til post-test

Resultat

Tabell 13 viser fordelingen av elevbesvarelser på pre-test og post-test.

Dersom man tar utgangspunkt i de 71 som besvarte pre- testen, og de 76 som besvarte post- testen så er det 67 elever som besvarte begge to. Dermed er det disse som kan si noe om utvikling mellom de to målepunktene pre- test og post- test utgjør.

Tabell 13 Utvikling fra pre-test til post-test

Perspektiv	Nivå	Antall pre-test	Antall post-test
Aktiv teoretisk	5	0	23
Aktiv teoretisk	4	0	33
Passiv teoretisk	3	2	9
Hverdagslig, naturfaglig	2	41	1
Hverdagslig, Ikke-faglig	1	28	4
Ingen	0	0	1

I pre- testen kommer det til uttrykk en stor tyngdeforskyvning av besvarelser som viser kjennetegn på nivå 1 og 2. Nivået med flest tilfeller er her nivå 2. Dersom man slår sammen de 28 tilfellene på nivå 1 og de 41 tilfellene på nivå 2, kommer det frem at 69 av 71 tilfeller befinner seg på disse to nivåene. Med andre ord er det 69 av 71 besvarelser som viser kjennetegn på en hverdagslig begrepsforståelse av systembegrepet i pre- testen. Videre viser de 2 siste besvarelsene kjennetegn på et mer abstrakt og teoretisk nivå (nivå 3-5) i pre-testen. Dette nivået kjennetegnes dog ved en teoretisk men passiv forståelse, og er dermed det laveste av de tre abstrakte og teoretiske nivåene.

I post- testen ser man en forholdsvis stor endring i fordeling mellom de ulike nivåene. Nivået med flest tilfeller er her nivå 4. Dersom man slår sammen de 9 tilfellene på nivå 3, de 33 tilfellene på nivå 4 og de 23 tilfellene på nivå 5, finner man at 65 besvarelser viser kjennetegn

på en mer abstrakt og teoretisk forståelse av systembegrepet. Av disse finner man at 9 har en teoretisk men passiv forståelse, mens 56 elever viser en teoretisk og mer aktiv forståelse. Totalt 5 elever viser kjennetegn på en hverdagslig forståelse som kjennetegnes på nivå 1 og 2. En elev befinner seg på nivå 0 som kjennetegner at det ikke uttrykkes noen forståelse gjennom besvarelsen.

Sprang mellom nivåene

Tabell 14 viser en oversikt over plassering i de taksonomiske nivåene på pre- test og post- test. Hver fargekodet celle representerer et startpunkt på pre- test og slutt punkt i post- test. Disse kommer til uttrykk gjennom hvilke av de fem taksonomiske nivåer cellen spenner seg over horisontalt. I kolonnen til venstre for de fargelagte cellene er det totale spranget formulert som tall.

Hver celle inneholder også informasjon om antallet elever som befinner seg innen hver kategori. Dette symboliseres gjennom tall inne i cella, og visualiseres gjennom fargekoder. Mørkere fargekode representerer et større antall tilfeller, mens lysere fargekoder representerer færre tilfeller.

Tabell 14 Utvikling mellom nivåene fra pre- test til post- test.

		Taksonomisk nivå				
		1	2	3	4	5
Utvikling Fra-til	1-1	2 elever				
	1-2	1 elev				
	1-3	1 elev				
	1-4	10 elever				
	1-5	13 elever				
	2-3		6 elever			
	2-4		23 elever			
	2-5		9 elever			

Utvikling fra 2 - 4

Fra tabell 14 ser man at den største gruppa elever gjennom besvarelsene viste kjennetegn på nivå 2 i pre- test, og nivå 4 i post -test.

Utvikling fra 1 - 5

Den nest mest dominerende ... er at 13 elever startet med en hverdagslig begrepsforståelse som kjennetegnes ved nivå 1, og endte opp med en teoretisk og aktiv begrepsforståelse som kjennetegnes ved nivå 5. Besvarelsene hos disse elevene gikk med andre ord fra å beskrive *system* ut fra å *ha det ryddig rundt seg*, til å beskrive systembegrepet de mer abstrakte og generisk/overførbare trekkene ved systembegrepet. Dermed utviklet det konseptuelle nettverket seg fra å inneholde mer hverdagslige begreper som *orden, ryddighet, sortering* og over til fokus på teoretiske og generiske egenskaper som *funksjon, intensjon, sammenheng, egenskaper, og samarbeid*.

Utvikling fra 1 - 4

Den tredje mest dominerende er at 10 elever som startet med en hverdagslig begrepsforståelse som kjennetegnes ved nivå 1, og endte opp med en mer teoretisk og aktiv begrepsforståelse som kjennetegnes ved nivå 4.

Utvikling fra 2 - 5

Den fjerde mest dominerende er at 9 elever som startet med en hverdagslig men faglig begrepsforståelse som kjennetegnes ved nivå 2, og endte opp med en teoretisk og aktiv begrepsforståelse som kjennetegnes ved nivå 5.

Sammen utgjør de fire mest dominerende gruppene 55 av de 67 målbare elevene i pre- test og post- test. Overordnet sett går 55 av disse fra en hverdagslig begrepsforståelse, og over til en teoretisk og abstrakt begrepsforståelse.

Oppsummering

Etter at elevene hadde deltatt i den eksplisitte økta er det mulig å se en utvikling innen forståelsen av systembegrepet hos nesten alle elever. Kanskje den mest omfattende endringen er det faktum at majoriteten av de målbare besvarelsene endrer fokus og går fra en hverdagslig til en mer abstrakt teoretisk beskrivelse av systembegrepet. Alle de 55 elevene i de fire mest dominerende utviklingsgruppene går fra en hverdagslig, til en begrepsforståelse som både er teoretisk, men også aktiv. Med andre ord er det mulig å se endringer og utvikling i elevenes begrepsforståelse av systemer etter deltakelse i den eksplisitte undervisningen. Man ser en mer abstrakt forståelse av systemer (jf. Howe 1996)

To eksempler på utvikling

For å illustrere utviklingen fra pre- test til post- test er det tatt utgangspunkt i to besvarelser.

I pre- testen til elev 11 ser man hvordan fokuset går fra et hverdagslig og ryddighetsfokus. Dette kommer til uttrykk gjennom bruk av verb og formuleringer som «man plasserer for å huske» I post- testen ser man derimot at fokuset går over til å bli mer teoretisk og abstrakt.

Beskrivelse av system	
Pre- test	Post- test
Elev 11: «Et system er når man plasserer ting på forskjellige steder sånn at man husker det (orden).» -Elevenes parentes.	Elev 11: «Et system er flere ting som settes sammen så blir det et hjelpemiddel . Det må være flere ting for at det skal bli et system.»

Tabell 15 Utvikling fra pre- test til post- test elev 11

Dette kommer til uttrykk gjennom de abstrakte og generiske egenskapene som trekkes inn. Eleven viser både forståelse for at system må bestå av et uspesifisert antall (men flertall) deler. Dette kommer til uttrykk gjennom benevningen *flere*. Videre vises det forståelse av at plasseringen er viktig, ettersom delene settes sammen. Avslutningsvis trekker eleven inn systemets hensikt. Dette kommer til uttrykk gjennom formuleringen *så det blir et hjelpemiddel*.

Dermed er det tydelig at eleven går fra et hverdagslig til en mer teoretisk og abstrakt begrepsforståelse. Eleven trekker inn tre generiske egenskaper/ systemsignifikanter. Dermed viser besvarelsen også at han er på vei mot en konseptuell forståelse.

Elev 57 ser tilsynelatende ut til å gå ned i begrepsforståelse i første øyekast. Med et nærmere blikk kommer det likevel frem at eleven starter med en faglig, hverdagslig begrepsforståelse, men ender med en mer abstrakt begrepsforståelse. Dette kommer til uttrykk ved at han starter ved å beskrive egenskaper i pre- test som i større eller mindre grad kun beskriver periodesystemet. Disse egenskapene har ikke overføringsverdi til andre systemer og er dermed ikke generiske. Elevens besvarelse i post- test er kortere, men den viser likevel forståelse for en svært sentral systemsignifikant- funksjon. Gjennom den korte besvarelsen trekker eleven inn at det som er viktig for at et system skal kunne kalles et system er at det har en funksjon. Dermed viser eleven en progresjon til tross for at besvarelsen er merkbart kortere.

Tabell 16 Utvikling fra pre- test til post- test elev 57

Beskrivelse av system	
Pre- test	Post- test
<p>«Et system er at man holder/legger ting i grupper.</p> <p>Jeg tenker at et system er grupper som sorteres i forskjellige rekker.</p> <p>Et eksempel er periodiske system.»</p>	<p>«At det er en funksjon.»</p>

4.4 Overføringsoppgave

Med utgangspunkt i taksonomien av tabell 5 omtalt i kapittel 2.3.3, ser man at overføringsoppgaven som helhet befinner seg i et høyt kunnskapsnivå (syntese). Dermed vil alle elevbesvarelser som inkluderes i taksonomien finnes i denne, dog på ulike nivåer og dermed til ulik grad. Overføringen til kroppen er i dette tilfellet regnet som en næroverføring ettersom situasjonen er så lik den kunnskapen allerede er knyttet til. Tomme besvarelser og besvarelser med for lite tekst sees bort fra. Resultatene i denne delen svarer til oppgaven elevene fikk «*Beskriv hvordan og hvorfor kroppen er et system*».

Med utgangspunkt i kjennetegnene omtalt i kapittel 3.5.2, ble fordelingen mellom nivåene som vist i tabell 17:

Tabell 17 Taksonomisk fordeling i overføringsoppgave

Perspektiv	Nivå	Kjennetegn	Antall
Høy aktiv anvendelse	4 Høy	Beskriver i høy grad kroppen som system ut fra konseptuelt nettverksperspektiv. Dette gjøres ved hjelp av omkring 5 eller flere systemsignifikante egenskaper. Oppnår konseptuell forståelse av begrepet. Besvarelse inneholder lite irrelevant informasjon som ikke bidrar til å beskrive kroppen som system.	22
Middels aktiv anvendelse	3 Middels	Beskriver i noen grad kroppen som system ut fra konseptuelt nettverksperspektiv. Dette kommer til uttrykk ved at eleven bruker opptil 5 systemsignifikante egenskaper. Besvarelse inneholder mindre irrelevant informasjon som ikke bidrar til å beskrive kroppen som system.	17
Lav passiv anvendelse	2 Lav	Beskriver i liten grad kroppen som system ut fra konseptuelt nettverksperspektiv. En eller to konseptuelle begreper. Besvarelse inneholder en del irrelevant informasjon som ikke bidrar til å beskrive kroppen som system.	14
Svært lav anvendelse	1 Svært lav	Beskriver i svært lav grad kroppen som system ut fra konseptuelt nettverksperspektiv. Eleven inkluderer én eller ingen systemsignifikante egenskaper. Besvarelse inneholder stort sett bare irrelevant informasjon som ikke bidrar til å beskrive kroppen som system.	11
Ekskluderes	For kort	Ekskluderes i omtale, men tallfestes	3
Ekskluderes	Tomme	Ekskluderes	14

Nivå 1

Resultater: 11 elever ble plassert i nivå 1.

Eksempel:

Elev 25

«1 Hjernen er en av de mest viktige delene vi har i kroppen. 2 Uten hjernen hadde det vært tomt i huet. 3 I hjernen har vi mange kontorer vi bruker dem til mange ting. 4 I hjernen er det en motorvei med mange beskjeder som kjører overalt. 5 Motorveien har også masse blod som kjører til hjernen hver dag.»

Kjennetegn:

Det er flere grunner til at denne besvarelsen er en forholdsvis svak besvarelse og ble plassert i nivå 1. I første setning skriver eleven at hjernen muligens er en av de viktigste delene vi har i kroppen, noe som i seg selv er korrekt. Setningen er likevel først og fremst en påstand som krever ytterligere begrunnelse for å vise forståelse. Den andre setningen, som leder opp til årsaken til hjernens viktighet, fokuseres det på at det ville vært «tomt i huet» dersom hjernen ikke var der. Gjennom denne formuleringen uttrykkes det at hjernen finnes for å ha noe å fylle skallen med, mens det i virkeligheten er mer motsatt. En bevarelse som er mer systemteoretisk vinklet kunne tenkes og snudd på dette ved å heller skrive at hjernen er den viktigste delen, men at den er myk og skjør, og at den derfor er beskyttet av en hard og hul hodeskalle. Setning tre, fire og fem, er relevante fra et systemteoretisk perspektiv, ettersom de beskriver transport og funksjon til hjernen. Men ettersom disse er identifisert som hentet forholdsvis direkte fra en video eleven hadde til rådighet, teller ikke disse positivt i særlig stor grad. Som en oppsummering vil eleven vise noe, men svært lav overføring av det det konseptuelle nettverket.

Eksempel:

Elev 80

«Kjøtt er muskel. Nerver og muskler samarbeider.»

Kjennetegn:

Eleven starter med å si at muskler og kjøtt er det samme, noe som nok kan være en åpenbaring for mange som barn. Denne informasjonen er dog ikke relevant for å beskrive kroppen som

system og er dermed informasjon som kunne vært ekskludert i denne sammenhengen. Videre skriver eleven at nerver og muskler samarbeider. Samarbeid mellom deler er en grunnleggende egenskap ved systembegrepet og er dermed svært sentral. Likevel får ikke eleven begrunnet på hvilken måte nervene og musklene samarbeider. Besvarelsen viser dermed kjennetegn på svært lav anvendelse, men likevel *noe* anvendelse.

Eksempel:

Elev 48

«Man bruker hjernen for å tenke. Hjernen trenger blod.»

Kjennetegn:

Eleven starter med å beskrive at hjernens brukes til å tenke. På denne måten viser eleven evne til å beskrive funksjon, en viktig teoretisk egenskap ved systemer. Videre starter eleven med å beskrive at hjernen trenger blod. På denne måten kobles delsystemet hjerne, opp i et avhengighetsforhold mot blodsystemet i kroppen. Oppgaven viser dermed kjennetegn på overføring og anvendelse av generiske signifikante systemegenskaper i beskrivelsen av kroppen som system. Dette er likevel gjort i lav grad, ettersom besvarelsen er så kort og inneholder få egenskaper.

Nivå 2

Resultat:14 elever

Eksempel:

Elev 1:

«1 Hvis du fjerner nervesystemet kan du ikke bevege deg og du føler ingen ting. 2 Det er masse tråder i musklene som gir strømsignaler fra hjernen og tungen er den muskelen som jobber hardest. 3 Den raskeste muskelener øyelokkene og den største muskelen vi har i kroppen er rompa. 4 Når du trener og tar masse push ups hver dag så tenker kroppen at du må få større muskler.»

Kjennetegn:

Eleven starter i første setning med å belyse nervesystemets funksjon ved hjelp av virkemiddelet kontrastering. På denne måten legges det opp til I den andre setningen trekker eleven frem samarbeidet mellom nervesystemet, hjernen og signalet mellom disse, noe som viser forståelse for de generiske egenskapene som samarbeid og transport i systemet. Disse er begge teoretiske aspekter ved systembegrepet, noe som kjennetegner en teoretisk forståelse. Videre preges resten av besvarelsen av det som i denne oppgavens tilfelle regnes som løsrevne fakta uten begrunnelser. Eksempelvis beskriver eleven i den tredje setningen at øyelokket er den raskeste muskelen og at rompa er den største muskelen, men begrunner ikke hvorfor disse musklene har de nevnte egenskapene. Dermed vises det i mindre grad evne til diskriminering av kunnskap som ikke bidrar til å beskrive kroppen som system. Disse peker mot lavere og mer passive kjennetegn.

Nivå 3

Resultat: 17 elever

Eksempel:

Elev 13

«1 Muskelsystemet er et system som er veldig viktig for kroppen, det vil si at hvis du tar det bort dør du. 2 Den muskelen du trener mest er hjertet ditt. 3 Hvis du tar bort skjelettet fra musklene hadde ikke musklene hatt noe feste. 4 Og dermed ikke gjort noen nytte. 5 Jeg synes at delene gjør en god jobb. 6 Blodsystemet er veldig viktig for kroppen hvis du tar det bort dør du ganske fort. 7 Blodsystemet er et system som pumper blod fra hjerte til hele kroppen.»

Kjennetegn:

Eleven starter besvarelsen med å belyse viktigheten/funksjonen av muskelsystemet ved hjelp av virkemiddelet kontrastering. Påstanden er dog ubegrunnet, ettersom eleven skriver at man dør, uten å nevne *hvorfor* man dør. I den tredje setningen kontrasterer eleven igjen, men denne gangen i større grad begrunnet. I den samme setningen trekker også eleven frem samarbeidet mellom skjelettsystemet og muskelsystemet. Dermed forklarer eleven systemet ut fra systemsignifikanten *samarbeid*.

Nivå 4

Resultat:

22 elever.

Elev 15

«1 Nerve systemet er et viktig system fordi deg gjør sånn at du kan bevege deg. 2 Nerve systemet er et system som gjør at du feks kan løfte armen din. 3 Nerve systemet henger sammen med muskel systemet, de systemene henger godt sammen. 4 Hjernen din sender feks beskjed til armen din at du skal løfte armen og så gjør den det. 5 Det som gjør det er på en måte strøm. 6 Hvis man ikke har nerve systemet så tror jeg at kroppen ikke kan bevege seg lenger, fordi hvis du tar vekk et system så funker ikke de andre systemene og da kan man ikke leve. 7 Nerve systemet gjør en viktig jobb.

Muskel systemet.

8 Muskel systemet er et viktig system fordi det er der du kan bevege deg.

9 Muskel systemet henger ganske godt sammen med nerve systemet.

10 Hvis du trener så blir musklene dine sterkere og større.

11 Det er mye fett og tråder i muskler og det er bra fordi hvis vi ikke hadde tråder eller fett i musklene så hadde det bare vært kjøtt og kjøtt gjør ingen ting, så derfor er det viktig med fett og tråder i musklene, tror jeg.»

Begrunnelse:

Gjennom besvarelsen vises det flere kjennetegn på en høy anvendelse. Innledningsvis i de to første setningene starter eleven med å beskrive nervesystemets hensikt og funksjon i kroppen. Deretter kobles nervesystemet i setning 3 sammen med muskelsystemet. På denne måten trekkes det inn samarbeid mellom deler, som en svært sentral egenskap å beskrive systemer ut fra. Deretter belyses samarbeidet mellom hjernen og musklene. I setning 6 beskrives det hvordan de andre systemene i kroppen er avhengig av nervesystemet. På denne måten viser eleven forståelse for et avhengighetsforhold mellom delene i systemet.

Eksempel:

Elev 11

«1 Kroppen er satt sammen av flere systemer eller delsystemer. 2 Som for eksempel hjerte, blodårer, lungene og hjernen. 3 Alle de tingene trenger oksygen for å virke. 4 Hvis de ikke får oksygen så fungerer ikke kroppen som den skal. 5 Så kan det hende at vi mennesker dør. 6 Så det er ikke så lurt å holde pusten. 7 Å så har du noe i kroppen som heter lymfesystemet. 8 Det er noe som danner celler. 9 Og uten cellene så dør vi, så det er et delsystem.»

Kjennetegn:

Elev 11 viser gjennom sin besvarelse forståelse av flere systemaspekter. Innledningsvis i setning 1 skriver eleven at kroppen er satt sammen av flere systemer eller delsystemer. Det at eleven sidestiller system og delsystem kan til dels rettferdiggjøres ved at alle delsystemene i kroppen kan regnes som systemer isolert sett, og derav navnet delsystem. I setning 2 gir eleven flere gode eksempler på noen delsystemer kroppen består av, noe som bekrefter forståelse av anvendelsen av dette forholdet mellom system og delsystem. I den tredje setningen viser eleven forståelse av at kroppens delsystemer står i en avhengighet av oksygen for å fungere. Eleven bruker også kontrastering i setning 4,5,6 og 9 ved at noe fjernes for så å belyse konsekvensen av dette, og på denne måten belyser delsystemenes funksjon samt samspill med andre delsystemer. Besvarelsen viser både anvendelse av flere av aspektene i det konseptuelle nettverket systembegrepet befinner seg i, men beholder stort sett hele besvarelsen et relevant systemfokus. Disse er kjennetegn på en høy og aktiv anvendelse.

Elev 57

Skjelettet

«1 Mister du skjelettet faller du sammen som en potetsekk. 2 Du kan brette det. 3 Det blir sterkere av kalsium.

4 Et voksent skjelett har ca 206 bein og et spedbarn har ca 231 bein i kroppen. 5

Funksjonen til skjelettet er å holde deg oppe så du kan gå og løpe. 6 Vi har 7

halsvirvler og 12 brystvirvler og og hvis du mangler en av de 12 brystvirvlene så må

du trene opp ryggen så du ikke får en skeiv rygg. 7 Leddene gir skjelettet bevegelighet

der to knokler glir mot hverandre. 8 Mister du skjelettet så bare faller du sammen og

da kalles du lam. 9 Skjelettet gjør at musklene blir brukt. 10 Å musklene gjør sånn at

du kan spise fordi du har muskler til å spise med. 11 Til og med hjertet er en muskel. 12 Derfor når du spiser så bruker du tennene og fordi tennene går opp og ned. 13 Muskler bruker man hele tiden. 14 Hvis man ikke har det så dør man. 15 For eksempel hjerte bein lunger hjerne er noen muskler. 16 Og hjernen og musklene samarbeider fordi hjernen sender ut nerver til musklene som sier hva musklene skal gjøre. 17 Å hjertet sender blod til hjernen og hjernen sender nerver tilbake. 18 Hjernen er det viktigste systemet i kroppen fordi den sender ut nerver til å se. 19 Det jeg skriver og greier.. 20 Og fordøyelsessystemene gjør sånn at når du spiser så går den gjennom tynntarmen, tykktarmen og endetarmen å når den har gått gjennom tykktarmen så har tynn og tykktarmen tatt alt energien og laget en bæsje. 21 Kroppen er et system har du lært nå.»

Kjennetegn:

I setning 1 beskriver eleven skjelettet som reisverk ved å ta i bruk kontrastering. Kontrastering ble også brukt i setning 6 og 8. Eleven trekker videre i setning 2 og 3 inn sammenhengen mellom den signifikante egenskapen om hensikten til systemet og materialet/egenskapene det har ved å koble det mot adjektivet *sterkt* og at man kan *brekke det*. I setning 5 tar eleven opp tråden igjen ved skjelettets funksjon og beskriver mer eksplisitt hvilken funksjon skjelettet har for bevegelse av kroppen. I setning 7 trekker eleven inn leddenes egenskaper for at knoklene skal kunne gli mot hverandre. Det er uspesifisert om det er form eller materiale det vises til. Totalt sett viser eleven anvendelse til flere systemsignifikanter, og besvarelsen inneholder også stort sett relevant informasjon. Dermed vises det flere kjennetegn på en høy og aktiv anvendelse og overføring.

Oppsummering

Nivå 1

11 besvarelser ble plassert i nivå 1. Dette impliserer at de i svært lav grad tar beskriver kroppen som et system med utgangspunkt i et teoretisk perspektiv ved hjelp av systemsignifikanter. Det elevene derimot inkluderer i sine besvarelser er i større grad informasjon som er regnet som irrelevant i denne konteksten. Dermed mestrer elevene også i liten grad å ekskludere ut informasjon som er relevant for å beskrive kroppen som system. Disse klarer likevel å overføre og anvende noen form for teoretiske egenskaper, men da gjerne gjennom formuleringer som er

preget av å være hentet noe direkte fra andre kilder. Dermed er det vanskelig i si noe om hvorvidt elevene har forståelse for det de skriver.

Nivå 2

14 besvarelser ble plassert i nivå 2. Dette impliserer at de i lav, men noen grad klarer å beskrive kroppen som et system med utgangspunkt i et teoretisk perspektiv ved hjelp av systemsignifikanter. Elevene på dette nivået kjennetegnes ved at de viser noe teoretisk forståelse, men at besvarelsene i stor grad inneholder informasjon som er irrelevant eller ubegrunnet for å forklare kroppen som et system. Ettersom elevene bare inkluderer én signifikant egenskap regnes de ikke å næroverføre et konseptuelt nettverk, men snarere bruddstykker på tvers av nærliggende situasjoner.

Nivå 3

17 besvarelser ble plassert i nivå 3. Dette impliserer at de i større grad klarer å beskrive kroppen som et system med utgangspunkt i et teoretisk perspektiv. Elevene på dette nivået kjennetegnes annet ved at de klarer å næroverføre opptil 5 signifikante egenskaper ved systembegrepet i sine beskrivelser. Dermed kan disse elevene i større grad regnes å overføre et konseptuelle nettverk på tvers av den liknende situasjonen som lå til grunn for oppgaven.

Nivå 4

22 besvarelser ble plassert i nivå 4. Dette impliserer at de i stor grad klarer å beskrive kroppen som et system med utgangspunkt i et teoretisk perspektiv. Elevene på dette nivået kjennetegnes ved at de klarer å næroverføre fem eller flere signifikante egenskaper ved systembegrepet i sine beskrivelser. Dermed kan disse elevene i høy grad regnes å overføre et konseptuelt nettverk på tvers av den liknende situasjonen som lå til grunn for oppgaven.

5 Diskusjon

For å diskutere de to forskningsspørsmålene er det først tatt utgangspunkt i forskningsspørsmål 1 og deretter forskningsspørsmål 2.

Tabell 18 Oversikt over sentrale deler ved studien

	<i>Forskningsspørsmål 1</i>	<i>Forskningsspørsmål 2</i>
<i>Fokusområde</i>	Begrepsforståelse av systembegrepet	Overføring og anvendelse
<i>Datakilde</i>	Skriftlige tester: Pre- test og post- test	Skriftlig oppgave: Kroppen som system
<i>Analyse</i>	Taksonomiske kjennetegn på begrepsforståelse	Taksonomiske kjennetegn på begrepsforståelse og overføring.

5.1 Begrepsutvikling og eksplisitt undervisning

Studiens første forskningsspørsmål retter seg mot hvilken begrepsutvikling elevene viser ved å delta i en eksplisitt begrepsundervisning. Resultatene viser at det store flertallet blant elevene startet med en hverdagslig begrepsforståelse i forkant av undervisningen og viser etter undervisningen en mer teoretisk og abstrakt begrepsforståelse. Med andre ord er det tydelig at det har skjedd en utvikling blant mange elever fra før til etter deltakelse i undervisningen. Følgende vil det belyses kjennetegn ved denne utviklingen.

Resultatene fra pre- testen viser at de aller fleste av elevene startet en førforståelse av systembegrepet, noe som kan forklares med at systembegrepet er et ikke- teknisk begrep, og dermed også har en hverdagslig betydning (Wellington & Osborne, 2001). En ting som blir synlig gjennom denne førforståelsen til elevene, er at det ikke fremkommer en bevissthet om hva som er felles for systemer. I besvarelsene trekker elevene i stor grad frem konkrete hverdagslige tilfeller, fremfor å trekke ut den felles kjernen av generiske egenskaper som kan overføres mellom systemene (jf. Lemke 1990). Besvarelsene tyder dermed på at elevene ikke er bevisste på *hvorfor* et system er et system. Den eksplisitte begrepsundervisning brukte disse

hverdagslige forkunnskapene til sin fordel ved sette søkelyset mot likheter og ulikheter mellom disse forkunnskapen (jf. Scott et al. 2011), og den teoretiske kunnskapen om begrepet. På denne måten fungerte undervisningen som en støtte i å assimilere og bearbeide førforståelsen av systembegrepet (jf. Mortimer & Scott 2003) til en mer vitenskapelig begrepsforståelse. Dette er blant annet gjort ved å koble systembegrepet opp mot det konseptuelle nettverket av støttebegreper, blant annet funksjon, samarbeid og egenskaper (figur 5). På denne måten bygges det konseptuelle nettverk som sammen bidrar til forståelse av hva et system er. Dermed blir undervisningen som et stillas for elevene i begrepslæringen (Haug & Ødegaard, 2014). Ved å inkludere og dermed koble sammenhengen mellom elevenes hverdagslige forkunnskaper om system som orden, opp mot det teoretiske systembegrepets krav til plassering (jf. Scott et al. 2011), ble det også lagt til rette for å gjøre elevene bevisste på det som tidligere var ubevisst (Howe, 1996).

I overgangen til elevenes besvarelser i post- testen er det i stor grad mulig å se endringer i begrepsforståelse. Gjennom besvarelsene viser elevene i mye større grad kjennetegn på forståelse for det abstrakte systembegrepet. Dette kommer til uttrykk ved at elevene i større grad fokuserer på det generiske og overførbare, fremfor å fokusere på det konkrete ved begrepet. Elevene trekker i større grad inn signifikante egenskaper som funksjon, samarbeid og egenskaper gjennom besvarelsene. Det at elevene velger å fokusere på det abstrakte i motsetning til det konkrete ved begrepet, viser en mer abstrakt og teoretisk begrepsforståelse. Mange elever viste også evne til å trekke inn et større nettverk av disse begrepene i sine besvarelser, noe som tyder en mer aktiv og konseptuell forståelse av systembegrepet (jf. Lemke 1990). Dette er et kjennetegn som var fraværende i pre- testens besvarelser.

Det at de ikke- tekniske begrepene er de mest utfordrende for elevene (jf. Pickersgill & Lock 1990) er i utgangspunktet en utfordring i undervisningssammenheng, ettersom elevenes forkunnskaper kan være et hinder i å forstå den teoretiske og naturfaglige kunnskapen ved begrepet. Denne utfordringen kan likevel kunne snus til en fordel ved å ta i bruk integrering og differensiering (jf. Scott et al. 2011). Gjennom å koble den nye kunnskapen om systemet til elevenes forkunnskaper endres, legges det med et konstruktivistisk bakteppe, til rette for å knytte den formelle skolekunnskapen opp mot den uformelle forkunnskapen til elevene (jf. Larochelle et al. 1998). På denne måten utnytter man verdien av kunnskapen elevene allerede besitter.

Det å koble ny kunnskap på tidligere kunnskap ved å finne det felles og overførbare i faget er også nært tilknyttet dybdelæring, som i desto større grad vil være et fokusområde i den kommende læreplan som lanseres i 2020 (Det Kongelige Kunnskapsdepartement, 2015-2016) (Sawyer, 2006) (Pellegrino & Hilton, Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century, 2012). Dermed kan det håpes på at dette gir grobunn at eksplisitt undervisning av begreper i større grad kan løftes frem som et redskap for dybdelæring i naturfaget.

5.2 Anvendelse og overføring

Studiens andre forskningsspørsmål retter seg mot elevenes evne til å overføre og anvende det abstrakte for å beskrive det konkrete. Oppgaven som ble gitt elevene var at de skulle anvende systemsignifikantene som for elevene bare var brukt for å forklare tekniske systemer, til å beskrive kroppen som system. For å gjøre dette kreves det en overføring av det konseptuelle nettverket (jf. Lemke 1990) bestående av systemsignifikanter, for deretter å beskrive kroppen ut fra disse generiske egenskapene.

Resultatene viser at den store majoriteten av elevgruppa klarte å anvende noen form for systemsignifikanter i sine besvarelser, noe som med andre ord vil si at aller fleste elevene klarte å overføre og anvende i noen grad. Det finnes ikke et definert skille mellom næroverføring og fjernoverføring (Salomon & Perkins, 1999). Overføringsoppgaven ba elevene bruke kunnskap som tidligere var knyttet til et teknisk system, til å beskrive et biologisk system. Dermed måtte elevene overføre på tvers av disipliner. Resultatene viser at de fleste av elevene klarte å ta i bruk flere generiske egenskaper i å beskrivelsen av kroppen som system. Med andre ord klarte elevene å ta i bruk tidligere læring som verktøy i nye situasjoner (Pellegrino & Hilton, *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*, 2012).

Evnen til å overføre er også en sentral egenskap i dybdelæring. Selv om innholdet i undervisningen la opp til dybdelæring gjennom tiltakene for kobling, så er det ikke lagt til rette for å omtale langtidseffekten av dybdelæringen i denne studien. Til det, mangler den nytt datamateriale som er samlet i tilstrekkelig tid etter at undervisningen ble gjennomført. Det finnes dog tidligere studier og forskning som i større grad har fokusert på langtidseffekten av dybdelæring etter tilsvarende undervisningsopplegg, deriblant Assaraf & Orion (2010) og Hammerborg (2018). Felles for disse er at elevene som undersøkes etter seks år viser evner til både kunnskap om, og evne til overføring nokså nylig etter deltakelsen. Men de viser også at elevene gradvis mister evnene til å overføre i nye situasjoner dersom kunnskapen ikke blir stimulert gjennom repetisjon. Dermed er det tydelig at koblingen av kunnskap (jf. Scott et al. 2011) må skje over tid. For at kunnskapen skal sette seg ordentlig kreves det dermed av lærer å aktivt trekke inn nye systemer og koble til den eksplisitte undervisningen som befant seg tidligere. På denne måten legges det til rette for dybdelæring gjennom kontinuitet (Scott,

Mortimer, & Ametller, 2011). Lærerens rolle i elevenes begrepsutvikling kan dermed ikke undervurderes (Haug & Ødegaard, 2014).

Som nevnt i kapittel 2.3.1 så har forståelse av et begrep høyt i hierarkiet påvirkning for hvordan man oppfatter de mer laverestående begrepene. Når elevene tilegner seg kunnskapen om det overordnede begrepet, kan det generiske innholdet overføres til nye situasjoner (Vygotsky, 1987). Dermed har det elevene lærer i den eksplisitte undervisningen potensiale til å endre overføres og anvendes til nye eksempler, og endre hvordan elevene forstår og strukturerer systemene rundt seg (Vygotsky, 1987; Howe, 1996). Selv om elevene fikk støtte i forkant, og det gjennom undervisningen ble tydelig tilrettelagt for overføring fra teknisk til biologisk system, antyder det likevel at elevene i noen grad evnet å føre de generiske egenskapene over til et eksempel som befant seg i en ny fagdisiplin. De generiske egenskapene er ikke ment til å forbli anvendt i bare ett område. Ettersom egenskapene som arbeides med i undervisningen er generiske og overførbare til andre systemer, kan den eksplisitte systemundervisningen være en fin introduksjonsøkt i forkant av arbeid med andre faglige systemer også. Et slikt bruksområde ser man også at er tilfellet på Naturfagsenterets nettsider (Naturfagsenteret, u.d.). Det å dedikere tid til den eksplisitte begrepsforståelsen er en investering ettersom begrepene er byggesteinene, redskapene og på mange måter hensikten med faget (Lemke, 1990); Wellington & Osborne, 2001; Sjøberg, 2009; Einstein & Infeld, 1938).

6 Konklusjon

Kort oppsummering.

Gjennom studien er det åpenbart seg hvor viktig arbeidet med begreper er, og hvor viktig det er at begrepene introduseres eksplisitt for elevene (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011). Begrepene er en vanskelig gruppe med ord i naturfag. På toppen av dette befinner systembegrepet seg i gruppa av ikke- tekniske begreper, som er ekstra utfordrende for elevene (Wellington & Osborne, 2001). Dermed er systembegrepet et begrep som fortjener ekstra oppmerksomhet i naturfagundervisningen. Samtidig viser forskningen at begrepene sjelden arbeides eksplisitt med i undervisning (Pickersgill & Lock, 1991). Dette kan skape problemer for elevenes læring ettersom begreper er konstruerte og dermed er ikke kan oppdages av elevene på egenhånd (Einstein & Infeld, 1938; Wellington & Osborne, 2001). På grunnlag av disse utfordringene, er begrepene, og da kanskje særlig de ikke- tekniske begrepene, noe som bør arbeides med eksplisitt med elevene (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011). Det kan dog virke å være som at det er det motsatte som er tilfellet i mange klasserom (jf. Pickersgill & Lock).

Studiens funn bekrefter viktigheten av en eksplisitt undervisning ved å avdekke at elevene faktisk stiller til undervisning med en begrenset og lite bevisst forståelse av systembegrepet, noe som i utgangspunktet kan være en utfordring. Funnene viser også at gjennom å faktisk koble disse hverdagslige forkunnskapene opp mot den teoretiske kunnskapen eksplisitt, så er det mulig å snu utfordringen ved elevenes hverdagslige forkunnskaper til noe positivt. Dette ved at man får noe å bygge videre på ved hjelp av kobling av kunnskap gjennom inkludering og separering (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011). Funnene viser at en stor del av den undersøkte elevgruppa gjennomgikk en forholdsvis stor utvikling i begrepsforståelsen av systemer i løpet av den forholdsvis korte tiden den eksplisitte undervisningen gikk over. Dermed peker det mot at den undervisningen som ble planlagt til studien, med de didaktiske redskaper som er omtalt, faktisk bidrar til å utvikle elevenes begrepsforståelse (Scott, Mortimer, & Ametller, 2011).

Så tilbake til de to forskningsspørsmålene studien søker svar på:

- 1) *Hvilken utvikling av systembegrepet viser elevene etter å ha deltatt i det eksplisitte begrepsundervisningsopplegget?*

Selv om svaret på spørsmålet selvsagt er sammensatt, viser de store trekkene i datamaterialet at de fleste elevenes begrepsforståelse i stor grad gikk fra en hverdagslig og ubevisst begrepsforståelse og over til en mer abstrakt, teoretisk og aktiv begrepsforståelse.

- 2) *I hvilken grad klarer elevene å anvende de generiske egenskapene ved det abstrakte systembegrepet til å beskrive et nytt system?*

Svaret på dette spørsmålet er også sammensatt, men de store trekkene i datamaterialet viser at de fleste elevene klarer å anvende opptil flere generiske egenskaper for å beskrive kroppen som system. Ved dette vises at elevene har tilegnet seg og klarer å overføre og anvende ett eller flere begreper fra det konseptuelle begrepsnettverket, og at de klarer å anvende dette i en ny men lignende situasjon. Det at de klarer å overføre til en ny situasjon er et kjennetegn på dybdelæring gjennom overføring (Pellegrino & Hilton, 2012).

Gjennom disse to viser elevene kjennetegn på dybdelæring gjennom at de klarer å trekke ut underliggende prinsipper og overføre til nye men nære situasjoner (jf. Sawyer 2006). Etersom dybdelæring i desto større grad vil være et fokusområde i den kommende læreplan som lanseres i 2020 gir det et håp for et økt fokus på eksplisitt undervisning som redskap for dette. Dermed kan det håpes på at dette gir grobunn at eksplisitt undervisning av begreper i større grad kan tildeles tid (jf. Pickersgill & Lock 1990) i en ellers travel skolehverdag.

Eksplisitt begrepsundervisning er et tema som fortjener større plass, og tydeligere fokus i undervisning. Gjennom arbeidet er det også blitt synliggjort noen utfordringer som kommer ved en slik måte å undervise om et slikt tema. For det første kreves det kunnskap og innsikt av lærer for å tilrettelegge undervisning på en måte som legger til rette for konseptuell forståelse. Til dette kreves det kunnskap om didaktiske grep som kobler kunnskap, både til annen kunnskap, men også på tvers av tid. En stor del av byrden ligger dermed på lærer. Det kreves både kompetanse til å gi elevene støtte på de områdene og ved hjelp av de tiltakene som trengs

(jf. Haug & Ødegaard 2014). Det kreves også et oppmerksomt hode i videre arbeid for å bygge videre og koble kunnskapen mot annen kunnskap og i et større tidsperspektiv (jf. Scott et al. 2011) slik at elevenes evne til å overføre og anvende kunnskapen opprettholdes (jf. Assaraf & Orion 2010; Hammerborg 2018).

Studiens bidrag

Gjennom studien er søkelyset rettet mot nødvendigheten av begrepslæring som fagdidaktisk tema. Det er også gitt et innblikk i empiri som belyser ett av mange mulige perspektiv ved begrepslæring i undervisning. Utover dette, er det utarbeidet et undervisningsopplegg som i stor grad kan anvendes som en introduksjonsøkt til systemer på ulike trinn og i forkant av arbeid med ulike systemer. Videre er det også utarbeidet analyseverktøy for å kunne identifisere kjennetegn på hvilken begrepsforståelse elevene har og utvikler ved deltakelsen i et undervisningsopplegg som legger til rette for eksplisitt begrepsforståelse.

Videre forskning

Denne studien begrenses til å omtale korttidseffekten av læringen. Studier som Hammerborg (2018) og Assaraf & Orion (2010) undersøker langtidseffekten ved nærliggende temaer. Disse undersøker likevel fenomenet først og fremst ut fra noen få målepunkter med stort tidsspenn, og uten at det nødvendigvis er lagt til rette for at repetisjon og utvikling underveis. Et forslag kunne dermed være å gjennomføre en tilsvarende studie, men hvor læreren legger til rette for kobling av kunnskap og repetisjon gjennom både mikro, meso og makro-stadiet (jf. Scott et al. (2011). På denne måten legges det til rette for kontinuitet, og det er trolig da det virkelige dybdelæringen vil finne sted.

Begrepet som var i sentrum for denne studien var systembegrepet. En utfordring kan være å finne ut balansen mellom hvilke begreper som det skal arbeides med, hvilke tiltak som skal gjøres, og hvor mye tid man skal vie. Det finnes mange gode eksempler på andre begreper som kunne vært i sentrum for en tilsvarende undervisning og studie. Eksempelvis ville begrepet *modell* vært et nyttig begrep. Modell er i likhet med system, et ikke- teknisk begrep og har dermed en noe ulik betydning i hverdagspråk og i naturfaget. Modeller har en svært sentral rolle i naturfag og naturvitenskap, og de inneholder både muligheter og begrensninger som både lærere og elever bør være klar over. Modeller, i likhet med systemer, dreier seg om forenkling

av en kompleks virkelighet, og dermed om en måte å forstå verden rundt seg på. Dermed kunne det vært interessant å plassere dette begrepet i sentrum av en eksplisitt begrepsundervisning.

Bibliografi

- Andersen, H. M., Lofgren, R., Ødegaard, M., Mork, S. M., & Hultman, G. (2011). KIMEN. *Explora nr 2*.
- Andr e, M. (2007). Den levda l roplanen (Doktorgradsavhandling). *En studie av naturorienterande undervisningspraktiker i grundskolan*. S-100 26, Stockholm, Sverige: HLS Förlag.
- Assaraf, O. B.-Z., & Orion, N. (2010, 02 22). Four Case Studies, Six Years Later: Developing System Thinking Skills in Junior High School and Sustaining Them over Time. *JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING*, ss. 1253-1280.
- Brandsford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School: Expanded Edition*. Washington, D.C. 20418: National Academy Press.
- Bravo, M. A., Cervetti, G. N., Hiebert, E. H., & Pearson, D. P. (2008). From Passive to Active Control of Science Vocabulary. I *The 56th yearbook of the National Reading Conference* (ss. 164- 177). Chicago: National Reading Conference.
- Christoffersen, L., & Johannesen, A. (2012). *Forskningsmetode for L rerutdanningene* (Vol. 1). 0130, Oslo: Abstrakt Forlag.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). *Research Methods in Education*. Abingdon, OX14 4RN: Routledge.
- Det Kongelige Kunnskapsdepartement. (2015-2016). *Fag – Fordypning – Forstå else: En fornyelse av Kunnskapsloftet*. Hentet fra Regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-28-20152016/id2483955/>
- Einstein, A., & Infeld, L. (1938). *The Evolution of Physics*. London: Cambridge University Press.
- Hammerborg, A. C. (2018, 05). Jeg elsker systemer!- En kvalitativ studie om eksplisitt begrepsundervisning i naturfag (Masteroppgave). Oslo: UiO.
- Haug, B. S., & Ødegaard, M. (2014, 03 14). *From Words to Concepts: Focusing on Word Knowledge When Teaching for Conceptual Understanding Within an Inquiry-Based Science Setting*. Hentet fra www.Springer.com: <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9402-5>

- Houghton, W. (2004, 03). Learning and Teaching Theory. *Engineering Subject Centre Guide: Learning and Teaching Theory for Engineering Academics*.
- Howe, A. C. (1996). Development of Science Concepts within a Vygotskian Framework. *Science Education* 80, ss. 35-51.
- Imsen, G. (2000). *Elevers verden* (Vol. 3). Tangen: Aschehoug.
- Jøranli, N., & Krag, A. (2005). *Filosofi: en innføring*. Hentet 11 2018 fra Epistemologi: <https://filosofi.no/epistemologi/>
- Johannessen, A., Tufte, P. A., & Christoffersen, L. (2016). *Introduksjon til Samfunnsvitenskapelig Metode* (Vol. 5). 0255 Oslo: Abstrakt Forlag.
- Klasander, C. (2010). *Talet om tekniska system – förväntningar, traditioner och skolverkligheter*. S-601 74 Norrköping: Linköpings universitet.
- Kvale, S., & Brinkmann, S. (2015). *Det kvalitative forskningsintervju* (Vol. 3). 0130: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Larochelle, M., Bednarz, N., & Garrison, J. (1998). *Constructivism and Education*. CambridGe UK: Cambridge University Press.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking Science: Language, Learning, and Values*. 35 Chestnut Street, Norwood: Ablex Publishing Corporation.
- Mork, S. M., & Erlien, W. (2010). *Språk og digitale verktøy i naturfag*. 0105: Universitetsforlaget.
- Mortimer, E. F., & Scott, P. H. (2003). *Meaning Making in Secondary Science Classrooms*. Philadelphia: Open University Press.
- Nagy, W. E., & Scott, J. A. (2000). *Vocabulary Processes*. Handbook of Reading Research. National Research Council. (2013, 04). *Next Generation Science Standards*. Hentet fra Crosscutting Concepts: <https://www.nextgenscience.org/sites/default/files/Appendix%20G%20-%20Crosscutting%20Concepts%20FINAL%20edited%204.10.13.pdf>
- Naturfagsenteret. (u.d.). *Naturfag.no - Naturfagsenteret*. Hentet 01 2019 fra Elektrisitet- Små og store systemer- Introduser system: https://www.naturfag.no/forsok/vis.html?tid=2170995&within_tid=2170993
- Naturfagsenteret. (u.d.). *Naturfag.no - Naturfagsenteret*. Hentet 01 2019 fra Forsøk og praktisk arbeid- Økt 5: Ei celle- mange funksjoner: https://www.naturfag.no/forsok/vis.html?tid=2161629&within_tid=2160437

- NRK. (2018). *NRK.no*. Hentet 11 2018 fra Den Magiske Kroppen:
<https://tv.nrksuper.no/serie/den-magiske-kroppen/>
- Pellegrino, J. W., & Hilton, M. L. (2012, 06 06). (Report Brief) Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century. *Education*.
- Pellegrino, J. W., & Hilton, M. L. (2012). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. Washington, DC 20001: THE NATIONAL ACADEMIES PRESS.
- Pickersgill, S., & Lock, R. (1991, 07 07). Student Understanding of Selected Non-Technical Words in Science. *Research in Science & Technological Education*, 9(1), ss. 71-79.
- Salomon, G., & Perkins, D. N. (1999, 06). Transfer of Learning. I *International Encyclopedia of Education, Second Edition*. Oxford, England: Pergamon Press.
- Sawyer, K. R. (2006). *The Cambridge Handbook of The Learning Sciences*. Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo : CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS.
- Scott, P., Mortimer, E., & Ametller, J. (2011, 03 16). Pedagogical link-making: a fundamental aspect of teaching and learning scientific conceptual knowledge. *Studies in Science Education*, 47(1), ss. 3-36.
- Sjøberg, S. (2009). *Naturfag som Allmenndannelse- en kritisk fagdidaktikk*. 0130: Gyldendal Aakademisk.
- Store Norske Leksikon. (2018, 02 20). *SNL*. Hentet fra System: https://snl.no/system_-_filosofi
- Svensson, M. (2011). Tekniska system i grundskolan – kritiska aspekter som didaktisk möjlighet. *NorDiNa*.
- Utdanningsdirektoratet. (2016, 08 04). *Udir.no*. Hentet 01 2018 fra Å forstå progresjon:
<https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/a-forsta-progresjon/>
- Voloshinov, V. N. (1973). *Marxism and the Philosophy of Language*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Vygotsky, L. S. (1987). *The Collected Works Of L. S. Vygotsky. Volume 1. Problems of General Psychology. Including the Volume Thinking and Speech. Edited by Robert W. Rieber and Aaron S. Carton* (Vol. 1st edition). 233 Spring Street, New York 10013, New York: Plenum Press.
- Warren, H. (2004). *Engineering Subject Centre Guide: Learning and Teaching Theory for Engineering Academics*. The Engineering Subject Centre.

- Webb, P. (2010). Science Education and Literacy: Imperatives for the Developed and Developing World. *ScienceMag*, 448- 450.
- Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. 19106 Philadelphia: Open University Press.
- Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods. Sixth edition*. Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC, Melbourne: Sage Publications Inc.

Vedlegg

Vedlegg 1: NSD-søknad

Meldeskjema for behandling av personopplysninger

09.05.2019, 20:20



NSD sin vurdering

Prosjekttittel

Planlegging av eksplisitt systemundervisning i grunnskolen

Referansenummer

327020

Registrert

02.10.2018 av Anders Hestholm - s196887@stud.hioa.no

Behandlingsansvarlig institusjon

OsloMet - storbyuniversitetet / Fakultet for lærerutdanning og internasjonale studier / Institutt for grunnskole- og faglærerutdanning

Prosjektansvarlig (vitenskapelig ansatt/veileder eller stipendiat)

Katarina Pajchel, kapaj@oslomet.no, tlf: 48993453

Type prosjekt

Studentprosjekt, masterstudium

Kontaktinformasjon, student

Anders Hestholm, s196887@oslomet.no, tlf: 47662548

Prosjektperiode

20.08.2018 - 20.06.2019

Status

07.11.2018 - Vurdert

Vurdering (1)

07.11.2018 - Vurdert

Det er vår vurdering at behandlingen av personopplysninger i prosjektet vil være i samsvar med personvernlovgivningen så fremt den gjennomføres i tråd med det som er dokumentert i meldeskjemaet

Vedlegg 2: Informasjonsskriv og samtykkeerklæring

Deltakelse i forskningsprosjektet

«Systemundervisning som bidrag til dyp læring i naturfag»

Dette er en forespørsel om deltakelse i et forskningsprosjekt hvor formålet er å undersøke en undervisning som er laget for at elevene skal forstå hva systemer er. Det vil undersøkes hvilket læringsutbytte eleven får av denne. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for elev.

Formål

Hensikten med forskningsprosjektet er å undersøke hvordan man kan undervise på en måte som gir forståelse av systemer og hvordan disse henger sammen med andre systemer. Gjennom grunnskolen skal elevene lære om mange ulike systemer innenfor flere fag. Denne studiens undervisning vil forsøke å gjøre elevene klar over hva systemer egentlig er, hva som er felles for systemer og hvordan systemer er bygget opp. Håpet med undervisningen er at elevene lærer å gjenkjenne og forstå systemene de møter, både på skolen og privat, med litt større forståelse.

Gjennom datainnsamlingen i studien er det to fokusområder. Det første er hvordan man som lærer planlegger og gjennomfører undervisning med fokus på systemer og systemforståelse. Det andre er mer rettet mot det faglige læringsutbyttet elevene får gjennom undervisningsopplegget.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Navnet på forskningsleder er Anders Hestholm. Det er jeg som leder prosjektet og som vil gjennomføre undervisningen. Jeg er student ved Oslomet- storbyuniversitetet, og gjennomfører for tiden en master i skolerettet utdanningsvitenskap med fordypning i naturfag. Det er Oslomet (Oslo Metropolitan University) som er behandlingsansvarlig institusjon for forskningsprosjektet.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Gjennom kontakt med ansatt/lærer på skolen er det avtalt at klassene på sjette trinn på din skole har muligheten til å delta i dette forskningsprosjektet.

Hva innebærer det for deg å delta?

Deltakelse i studien innebærer for ditt barn at han/henne er tilstede som elev i den aktuelle undervisningen, på samme måte som i øvrig undervisning. Undervisningen er satt til 180 minutter fordelt over to uker (uke 47 og 48). Det er også lagt opp til gruppeintervjuer i etterkant av undervisningen. Det er mulig å delta i noe uten å delta i alt.

Undervisningen blir gjennomført av prosjektleder/ meg selv, men klassens opprinnelige lærer vil ha mulighet til å være til stede som observatør.

Undervisning

Underveis i prosjektet vil det samles inn informasjon til forskningsprosjektet på ulike måter. Hensikten med materialet som samles inn er å kunne undersøke elevenes faglige utvikling gjennom undervisningsopplegget. Det skriftlige arbeidet elevene gjør underveis vil samles inn. Dette skriftlige elevarbeidet vil kun ha faglig innhold og kan være for eksempel et flytskjema/tankekart. Det vil også bli gjort observasjon av meg selv som lærer/underviser underveis i undervisningen. Det vil bli tatt opp film og lyd gjennom undervisningen. Grunnen

til dette er for å sikre et rikt og detaljert datamateriale fra undervisningen i prosjektet. Video og film er en hjelp til meg selv til å sikre datamateriale og huske hva som har skjedd i undervisningen, ettersom jeg selv er opptatt med å undervise mens det pågår. Det skal umiddelbart understrekes at verken lyd eller film vil publiseres eller være tilgjengelig for andre enn meg selv og de to veilederne for prosjektet. Alt lyd og videomateriale vil behandles konfidensielt og krypteres og lagres på en passordbeskyttet disk. Verken lyd eller video finner direkte sted i det endelige resultatet og det vil ikke være mulig å spore noe data fra sluttresultatet tilbake til eleven.

Klassens kontakt/faglærer vil kunne bli spurt om informasjon om klassen og elever. Denne informasjonen vil bare være faglig rettet og vil ikke inneholde sensitive personopplysninger.

Intervju

I etterkant av undervisningen vil det gjennomføres noen frivillige gruppeintervjuer som omhandler det faglige temaet som har vært i undervisningen. Tidsrammen er satt til maksimalt 30 minutter, men intervjuet vil trolig fullføres på kortere tid enn dette. For å sikre et rikt, detaljert og korrekt datamateriale vil det bli tatt opp lyd og film av intervjuet. Som med det øvrige innsamlede datamaterialet så vil også dette behandles konfidensielt og ikke bli direkte brukt i den endelige teksten. All video og lyd transkriberes og anonymiseres.

Det skal også opplyses at foreldre har rett til å se intervjuguide på forhånd om ønskelig. Dersom dette er aktuelt kan det sendes forespørsel på mail til Anders Hestholm på s196887@oslomet.no, eller til min telefon 47662548.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykke tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle opplysninger om deg vil da bli anonymisert. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg. Dersom du ikke ønsker å delta vil det ikke påvirke forhold til forsker, lærer, skole, eller noen andre.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrevet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

- De eneste som har tilgang til rå-data fra datainnsamlingsmaterialet er meg- Anders Hestholm, min veileder, Katarina Pajchel og med-veileder, Christine Lindstrøm. Kontaktinformasjon til disse står oppført mot slutten av dokumentet.
- For å kunne spore materiale til hver elev underveis og i etterkant, vil elevens navn benyttes. I den endelige teksten vil alle elevs navn byttes ut med oppdiktete navn. Ingen navn vil finne sted i den endelige teksten.
- Det vil brukes en kodeliste for å knytte elevenes navn opp mot det nye navnet de får tildelt. Denne kodelisten vil oppbevares passordbeskyttet, kryptert og adskilt fra resten av datamaterialet.

Deltakerne vil ikke kunne gjenkjennes i publikasjonen. Verken personlige navn, navn på skole, lyd /bildefiler eller noe annen identifiserbar informasjon vil finne sted i den endelige publikasjonen.

Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?

Prosjektet skal etter planen avsluttes innen juni 2019. Da vil all innsamlet rå-data destrueres slik at bare den ferdig transkriberte og anonymiserte dataen brukt i oppgaven er igjen.

Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg,
- å få rettet personopplysninger om deg,
- få slettet personopplysninger om deg,
- få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet), og
- å sende klage til personvernombudet eller Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om ditt barn?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra universitetet *OsloMet* har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Hvor kan jeg finne ut mer?

Dersom du har spørsmål til studien, ta kontakt med:

- Anders Hestholm på telefonnummer 47662548 eller mail s196887@oslomet.no.
- Veileder for prosjektet er Katarina Pajchel og kan kontaktes på telefon 48993453 eller mail kapaj@oslomet.no.

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- Vårt personvernombud ved Oslomet Ingrid Jacobsen, ingrid.jacobsen@oslomet.no
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på epost (personverntjenester@nsd.no) eller telefon: 55 58 21 17.

Med vennlig hilsen prosjektleder/masterstudent:

Anders Hestholm

Vedlegg 3: Post- test

Navn:

Posttest

1) Beskriv hva et «system» er så godt du kan. Hva gjør at et system kan kalles et system?



2) Gi ett eller flere eksempler på systemer du kommer på. Gjerne et som ikke er nevnt i timen hvis du klarer 😊

3) Ta utgangspunkt i sykkel eller et system du skrev i oppgave 2. Del opp dette etter system, delsystem og komponenter. Hvis du vil kan du tegne opp slik som figuren under viser.



Navn:

Posttest

4) Sett strek under om du tror påstanden er riktig eller galt.

a) Funksjonen til en del bestemmer hvilken form den bør ha og hvilket materiale den bør være laget av. (riktig) (gal)

b) Det spiller ingen rolle hvilket materiale en del er laget av så lenge den har riktig form. (Riktig) (Gal)

c) Delenes plassering er ikke så viktig. (Riktig) (Gal)

5) Kan du gi to eller flere eksempler på delsystemer på bildet? Forsøk å skrive hvorfor disse er delsystemer.



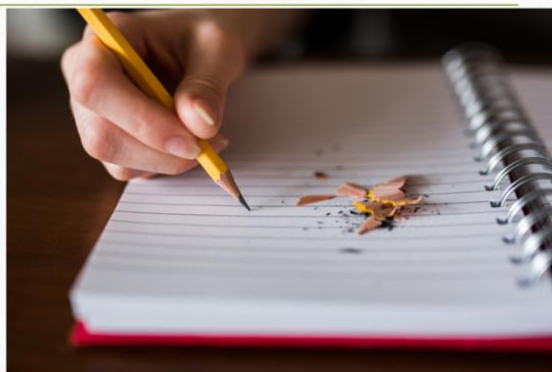
Vedlegg 4: Lysbilder fra eksplisitt undervisning (i rekkefølge)

Systemer- hva er det?

Og er det noe som er felles for alle systemer?

Hva er deres tanker om systemer? Skriv ned:)

- Ca 3 minutter
 - 1) Hva er et system?
 - 2) Hvilke tanker får du når du hører ordet «system»?
 - 3) Kan dere komme på eksempler på systemer?
- Diskuter med en annen elev hva dere kom frem til.
- Ca 1 minutt.
- Del med klassen det dere tenkte på☺



Tanker om systemer:

Hva er et system?

- Hva er felles for systemene dere nevner?
- For å finne ut av dette må vi vite hva et system er.



Læringsmål

01

Forklare:

Et system er noe som består av deler som samarbeider og sammen har en funksjon.

02

Dele opp et system:

- 1 System
- 2 Delsystem
- 3 Enkelt-del.

03

Beskrive

Hvordan delens funksjon bestemmer utforming og materialbruk.

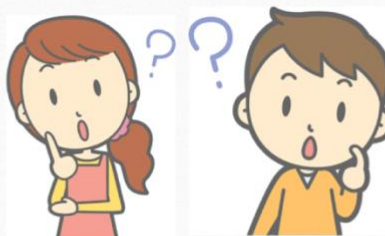
Definisjon av system

01

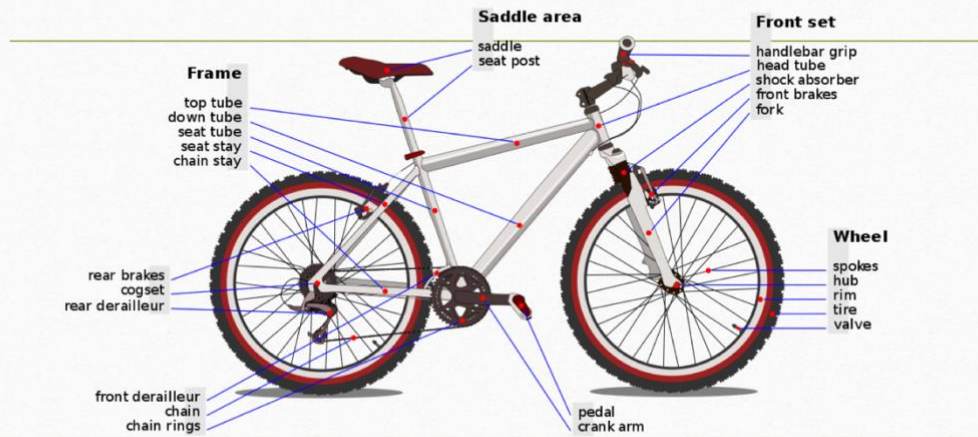
Forklare:

Et system er satt sammen av deler som sammen har en funksjon.

Funksjon, hva betyr det?



- 1) Hvilke deler består en sykkel av?
- 2) Hvilken funksjon har hver del?
- 3) Hvilken funksjon har alle delene sammen, altså sykkelen?

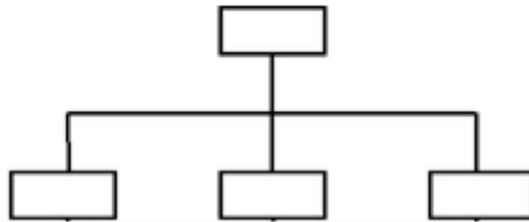


Hva er forskjellen på de to bildene?
De har de samme delene og cirka samme avstand til hverandre?

Plassering er viktig i et system

Hierarki

- Et system= flere deler som arbejder sammen. Hierarki:



Delsystemer og enkelt-deler

02

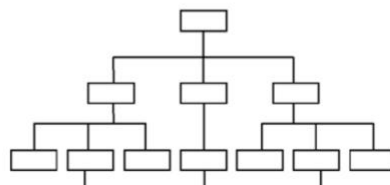
Dele opp et system:

1 System

2 Delsystem

3 Enkelt-deler.

- Et system er noe som er satt sammen av flere deler, men av og til er disse delene satt sammen av mindre deler.
- Med andre ord et system i et system!
- For eksempel motor, lyspære eller batteri.

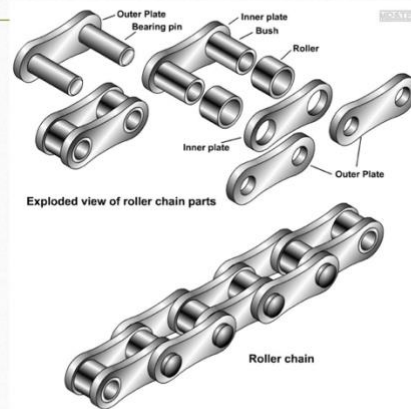


Delsystem og enkelt-del

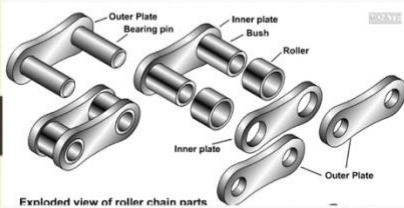
- Av og kan en av delene i systemet bestå av egne deler. Da er det et **delsystem**.
- En **kjetting** er en del av systemet **sykkel**.
- Kjettingen er satt sammen av mindre deler.



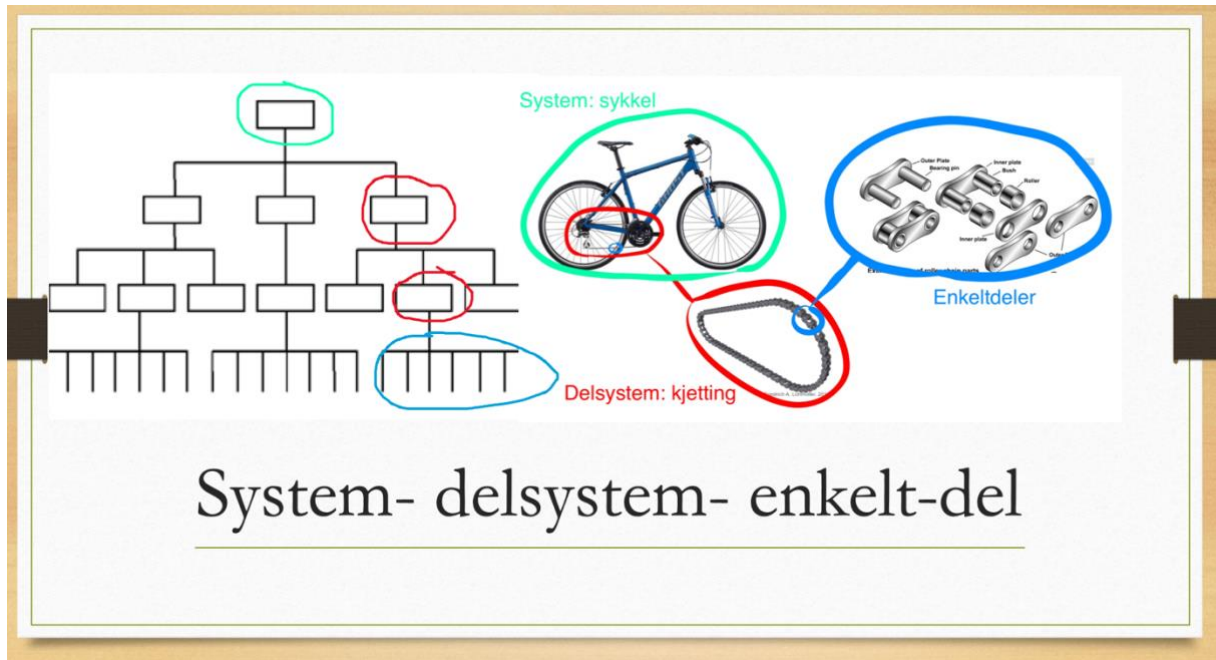
© Friedrich A. Löffelmeier, 2010



Enkelt-deler



- Et spørsmål man kan stille seg er: Består delen av flere deler? Hvis ikke er det bare en **komponent** eller en **enkelt-del**.



System- delsystem- enkelt-del

Hensikt bestemmer form og materiale.

Beskrive **03**
 Hvordan funksjonen
 bestemmer
 utforming og
 materialbruk.

Concrete Umbrella



Thick Fork



Er noe galt med
denne sklia?

Begrunn ut fra hensikt,
form og materiale



The Uncomfortable Teapot



Long Mug



Håpløse hver for seg. Perfekte sammen! Av og til er delene tilpasset én spesiell oppgave



Oppgave: Sparkesykkelsystemet

Navn på systemet:	Funksjon	Form	Materiale	
Navn på del:	Delens funksjon/hensikt:	På hvilken måte er formen egnet til jobben?:	Delens materiale. På hvilken måte er materialet egnet til jobben?:	Hva ville vært et dårlig materiale å lage delen av?

Hvorfor skal vi tenke på noe som et system?

- Dersom vi ønsker å forstå systemet, hjelper det å forstå delene det består av, og hvordan disse arbeider sammen.
- Sammen bidrar de til å gi et bilde av hele systemet

