



LUND UNIVERSITY

Tryckt bild eller avbildat tryck?

Visuella representationer av begrepp relaterade till tryck i fysikläroböcker för högstadiet
Lagerholm, Charlotte

2020

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Lagerholm, C. (2020). *Tryckt bild eller avbildat tryck? Visuella representationer av begrepp relaterade till tryck i fysikläroböcker för högstadiet*. [Licentiatavhandling, Utbildningsvetenskap].

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00



Tryckt bild eller avbildat tryck?

VISUELLA REPRESENTATIONER
AV BEGREPPET TRYCK
I FYSIKLÄROBÖCKER
FÖR HÖGSTADIET

Charlotte Lagerholm

Läroböckers innehåll presenteras med både text och bild, det vill säga visuella representationer. Men vad säger egentligen de visuella representationerna? Hjälper de elever att förstå naturvetenskap och i så fall på vilket sätt? Hur dessa visuella representationer kan understödja elevernas förståelse av textens innehåll är en frågeställning som undersöks i denna avhandling.

Begrepp kan ha olika innebörd beroende på i vilket sammanhang de förekommer. Ett sådant är begreppet *tryck*. Det kan stå för en aktiv handling i uppmaning ”Tryck på knappen” eller för ett utfall, till exempel ett fingeravtryck.

Den här studiens syfte är att analysera vilka representationer som förekommer i fysikläroböcker för högstadiet, hur dessa används samt analysera vilka meningserbjudanden de har, när begreppet tryck behandlas.

Resultaten visar att läroböckernas sidor innehåller ett stort antal visuella representationer varav merparten är fotografier och teckningar. Dessa används främst för att avbilda konkreta begrepp till exempel föremål eller utrustning. Abstrakta begrepp och processer avbildas mer sällan. I analysen framkommer det att begrepp sällan beskrivas multimodalt, det vill säga med flera representationer.

Studien visar att många av representationerna kan ha en inneboende meningspotential att beskriva fysikens innehåll. Emellertid är många av dem förenklade så att meningen förloras eller kan vara svår att koppla till innehållet. Utifrån detta resultat dras slutsatsen att representationerna inte självständigt kan beskriva fysiken. För att representationer ska erbjuda mening och hjälpa eleverna att skapa förståelse för det naturvetenskapliga innehållet krävs en undervisning som aktivt arbetar med dem. Det finns ett gap mellan den inneboende meningspotential som representationer har i förhållande till den mening de i praktiken erbjuder. Genom att medvetandegöra lärare om detta kan undervisningen utvecklas på ett sätt som överbryggar detta gap.



TRYCKT BILD ELLER AVBILDAT TRYCK?

Tryckt bild eller avbildat tryck?

Visuella representationer av begrepp relaterade
till *tryck* i fysikläroböcker för högstadiet

Charlotte Lagerholm



LUNDS
UNIVERSITET

LUND STUDIES IN EDUCATIONAL SCIENCES NR 12

Lund Studies in Educational Sciences kan beställas via Lunds universitet:

www.ht.lu.se/serie/lse

e-post: skriftserier@ht.lu.se

Copyright Charlotte Lagerholm

Institutionen för utbildningsvetenskap
Humanistiska och teologiska fakulteterna

Lund Studies in Educational Sciences nr 12
ISBN 978-91-88899-97-2 (tryckt publikation)
ISBN 978-91-88899-98-9 (elektronisk publikation)
ISSN 2002-6323

Illustrationer: Charlotte Lagerholm
Omslag: Johan Laserna
Sättning: Media-Tryck

Tryckt i Sverige av Media-Tryck, Lunds universitet, Lund 2020



Media-Tryck är ett svanenmärkt och
ISO 14001:2015-certifierat tryckeri.
Läs mer om vårt miljöarbete på
www.mediatryck.lu.se

MADE IN SWEDEN 

Till min familj för kärlek och tålamod

FÖRORD

Under de 20 år som passerat sedan jag tog min lärarexamen har jag alltid gått till arbetet med nyfikenhet och intresse för vad denna dag skall rymma. Yrket ger så mycket tillbaka, den ena dagen är inte den andra lik och det finns alltid möjlighet att lära sig något nytt. Att möta alla elever är både en utmaning men framförallt en glädje. För några år sedan gick jag emellertid och funderade på hur jag skulle kunna utvecklas som lärare. Våren 2015 gick ett mail ut till skolorna i Vellinge kommun med informationen om att de skulle finansiera forskarstudier för en lärare. Detta var min chans och jag skickade in min ansökan. I juni kom så beskedet att jag var antagen och i augusti påbörjade jag denna spännande resa som i och med denna avhandling nått sitt mål. Här står jag nu med en bok i mina händer, som jag har skrivit.

Som det mesta här i livet har detta arbete varit en process som tagit många vägar jag inte kunnat förutse. Då jag påbörjade mina forskarstudier hade jag en tanke om att jag skulle forska om varför elever tycker naturvetenskap är svårt och varför våra elevers resultat i PISA-undersökningen blivit sämre. Istället kom mitt arbete att handla om vad representationer i fysikläroböcker har att erbjuda elever. Det har varit en intressant och lärorik resa även om jag ännu inte lyckats lära mig att stava till just ordet *representation*, vilket jag genomgående har stavat fel i detta arbete. Det är tur att det finns stavningskontroll!

Ett stort tack riktas till forskarskolan CSiS (Communicate Science in School). Tack till övriga licentiander Cristian, Johan, Karin, Louise, Mimmi, Eva P och Eva S för all feedback och glada tillrop. Tack också till Roger och Eva D som lett forskarskolan och skött allt det praktiska. Tillsammans har vi stöttat varandra både via våra seminarier och genom alla samtal vi fört. Vi fick tidigt förmånen att lära känna varandra genom att resa tillsammans till Bristol. Tack Roger och Anders för att ni anordnade denna resa. Förutom intressanta studiebesök hann vi även med viktiga skoinköp. Vi har också haft förmånen att tillsammans genomföra ett par skrivarinternat. Där har vi under professionell ledning av Susanne både utvecklat vårt skrivande och hunnit med att umgås. Minns särskilt skrivarinternatet i Simrishamn där vi hade svårt att hinna

med att skriva mellan alla måltider och fikastunder. Tur att det var busväder ute annars hade det varit svårt att koncentrera sig över huvud taget.

Eva P, Johan och Louise – bättre rumskamrater får man leta efter. Det har varit högt i tak och vi har ventilerat många olika ämnen. Ingen fråga har varit för stor eller för liten för att ställa och tillsammans har vi hjälpts åt för att nå våra mål.

En forskarutbildning innebär så mycket mer än att skriva en bok. Förutom själva forskningsarbetet, skrivandet och de kurser som ingått har jag haft förmånen att få delta på flera olika konferenser och studiebesök. Att få presentera sitt arbete under resans gång har varit både utmanande och utvecklande. Ett stort tack till de som varit med mig på dessa resor; utan ert sällskap hade det inte varit lika roligt. Christian för sällskap i Trondheim och NFSUN 2017, vilka fantastiska upplevelser med båtutflykt och konsert i Nidarosdomen, och så mycket lax vi åt. Eva P och Karin för sällskap i Dublin och ESERA 2017, vilket minne då vi smet iväg en eftermiddag för att besöka Trinity College. Eva P, Helena, Cristian och Ylva för sällskap till Bologna och ESERA 2019. Minns alla palats vi besökte och den goda maten samt våra upptäcktsfärder i stan.

Till Arbetslag 7 – 9 på Skanörs skola vill jag rikta ett stort och innerligt tack. Utan er (Anna K, Birthe, Caroline, Fredrik, Josephine, Lilly, Pia, Susanne och Ulrika) hade det varit omöjligt för mig att genomföra denna forskarutbildning. Under nästan fem år har ni fått ta hand om en del av mina arbetsuppgifter och ni har stöttat och ställt upp när det har behövts. Tack också till Gunilla som varit en perfekt vikarie vid alla de tillfällen jag behövt ändra mitt schema och som ställt upp med både glädje och kompetens och till Anna LH för korrekturläsning av mina engelska texter. Utan din hjälp vet jag inte hur de skulle sett ut.

Tack till min rektor Annica och biträdande rektor Ulf som helhjärtat funnits som stöd för mig i detta projekt och sett till att det varit möjligt att genomföra. Ingenting har varit omöjligt och jag har alltid känt ert stöd. Tack också till Vellinge kommun som stått bakom hela projektet och till Maria som varit ett stort stöd.

Tack till Claes och Urban, mina handledare, för allt stöd och uppmuntran samt er tro på mig. Tack också för all ovärderlig handledning. Alla kommentarer och konstruktiv kritik har lett fram till det här arbetet. Ni har varit uppriktiga och väglett mig när det sett ut att gå åt fel håll, som när jag blev rekommenderad att ändra inriktning från att skriva en sammanläggning till att skriva en monografi. Det blev ju mycket bättre så här.

Till mina läsare, Clas vid 25%-seminariet och Jesper vid 75%-seminariet, tack för all respons jag fick. Det gav mig många nya perspektiv och mitt arbete fick en skjuts framåt.

Tack till alla på UVET (Institutionen för utbildningsvetenskap, Lunds universitet) för hjälp med allt möjligt och omöjligt.

Sist men inte minst vill jag tacka min familj för allt stöd. Mamma Karin och pappa Björn och mina systrar Annika och Gunilla – utan er skulle det aldrig gått. Till min sambo Peranders – Tack för din förmåga att stötta mig och att hjälpa mig att se sakligt på frågor samt plocka ner mig på jorden då jag virrar till allt. Ditt tålamod har varit stort då jag haft långa dagar och trots det kommit hem och påstått att jag ingenting gjort. Ditt stöd har varit ovärderligt.

Som avslutning, ett stort tack också till alla andra som jag inte nämnt men som visat intresse för mitt arbete.

Charlotte Lagerholm, Skegrie i april 2020

INNEHÅLL

FÖRORD	7
KONFERENSBIDRAG	15
1 INLEDNING	17
1.1 Problemområde	18
1.2 Syfte och frågeställningar	20
1.2.1 Syfte	20
1.2.2 Forskningsfrågor	21
1.3 Vem riktar sig den här studien till?	21
1.4 Begrepp i avhandlingen	22
2 BAKGRUND	23
2.1 Begrepp och begreppsförståelse	23
2.2 Det naturvetenskapliga språket	24
2.3 Läromedel	26
2.3.1 Läromedels roll i undervisningen	27
2.3.2 Lärares relation till läromedel	28
2.4 Tidigare empirisk forskning	29
2.4.1 Representationer i läromedel	30
2.4.2 Användning av representationer	31
2.4.3 Meningserbjudande	32
2.5 Sverige i ett internationellt perspektiv	33
2.5.1 TIMSS	34
2.5.2 PISA	34
3 TEORI	37
3.1 Semiotik och multimodalitet	37
3.1.1 Socialsemiotik	38
3.1.2 Det semiotiska landskapet	40
3.1.3 Semiotiska resurser	41
3.1.4 Representationer	42
3.1.5 Multimodalitet	44

3.2	Diskurs	45
3.2.1	Fysikens diskurs för fenomenet tryck	47
3.3	Affordans	53
3.3.1	Didaktisk transduktion	55
3.4	Teoretiskt ramverk för att beskriva representationernas koppling till diskursen	56
4	METOD	63
4.1	Urval av läroböcker	63
4.1.2	Urval av ämnesområde	64
4.1.3	Vad studeras? Avgränsning av studien	65
4.2	Läroboksanalysens metoder	65
4.2.1	Metod för analys av förekommande representationer	66
4.2.2	Metod för analys av representationers användning	68
4.2.3	Analys av representationers meningserbjudande	71
4.3	Studiens kvalitet	72
4.3.1	Reflexivitet	72
4.3.2	Validitet	73
4.3.3	Reliabilitet	74
5	RESULTAT OCH ANALYS	77
5.1	Förekomsten av representationer i läroböckerna	77
5.1.1	Textrepresentationer	80
5.1.2	Grafiska representationer	87
5.1.3	Matematiska representationer	90
5.1.4	Multimodalt perspektiv	93
5.2	Läroböckers användning av representationer för att beskriva innehållet	93
5.2.1	Form och funktion	94
5.2.2	Erbjudande om tolkningsstöd	100
5.2.3	Placering av representationer	102
5.2.4	Integration av text och figur	104
5.3	Representationers meningserbjudande	107
5.3.1	Representationer som länk mellan teori och vardag	108
5.3.2	Elevers perspektiv förstärker meningserbjudandet	109
5.3.3	Förenkling av representationer leder till svårtolkat budskap	111
5.3.4	Transduktion – omvandling som hjälp för att tolka representationer	114
5.4	Summering av resultaten	117

6 DISKUSSION	119
6.1 Väl valda representationer kan bidra till förståelse	119
6.2 Det multimodala perspektivet	121
6.2.1 Representationer i kombination kan förstärka budskapet	123
6.3 Transduktion innebär att information förändras	124
6.4 Representationers meningserbjudande beror på flera olika faktorer	127
6.4.1 Att packa upp representationerna bidrar till att deras meningserbjudande stärks	128
6.4.2 Det sända och det mottagna budskapet överensstämmer inte alltid	129
6.4.3 Representationers meningserbjudande är beroende av elevers förförståelse	130
6.5 Socialsemiotik - kommunikation i ett sammanhang	131
6.5.1 Kommunikation är en social handling som med hjälp av semiotiska resurser fungerar meningsskapande	131
6.5.2 Det semiotiska landskapets betydelse för kommunikationen	132
6.6 Läroböckerna i relation till kursplanen för fysik	132
6.7 Implikationer och framtida forskning	135
6.7.1 Vad får den här studien för betydelse?	135
6.7.2 Förslag på vidare studier	136
6.8 Avslutningsvis	136
7 SUMMARY	139
7.1 Aim and research questions	139
7.2 Theory	140
7.3 Method	141
7.4 Result	141
7.5 Discussion	143
7.6 Implications and further research	144
8 LÄROBÖCKER SOM ANALYSERATS I DENNA STUDIE	145
9 REFERENSER	147
BILAGA 1	155

KONFERENSBIDRAG

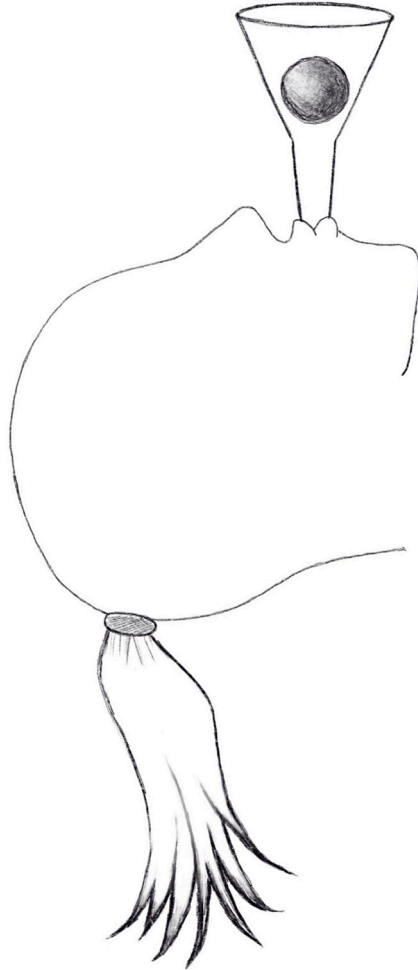
Följande konferenspresentationer har bidragit och format detta arbete. Värdefull respons har lett till bearbetning och utveckling av det material som rapporterats i denna avhandling.

Lagerholm, C., Malmberg, C., & Eriksson, U. (2017). *Analysing representations of concept in physics textbooks for lower secondary school in Sweden—The concept of pressure*. Konferensbidrag presenterat vid *NFSUN 2017: Science competencies for the future*, Trondheim, Norway, 7 – 9 June, 2017.

Lagerholm, C., Malmberg, C., & Eriksson, U. (2017). *Analysing representations of concept in physics textbooks for lower secondary school in Sweden— The concept of pressure*. Konferensbidrag presenterat vid European Science Education Research Association (ESERA), Dublin, Ireland, 21 – 25 August, 2017.

Lagerholm, C., Malmberg, C., & Eriksson, U. (2018). Säger en bild mer än tuden ord? Presenterad vid konferensen *Från forskning till fysikundervisning: Nationellt Resurscentrum för Fysik*, Lund, Sweden, 10 – 11 april, 2018.

Lagerholm, C., Malmberg, C., & Eriksson, U. (2019). Visual representations in physics— Examples from textbooks for secondary school, Presenterad vid *European Science Education Research Association (ESERA)*, Bologna, Italy, 26 – 30 August, 2019.



Försök 1. När man blåser i tratten bildas ett undertryck i tratten och runt pingisbollen. Det högre lufttrycket utanför tratten håller kvar bollen i tratten.

1 INLEDNING

De flesta elever är nyfikna och intresserade av naturvetenskap när de är yngre, men många tappas detta intresse när de kommer högre upp i skolan (Jidesjö, 2012). Naturvetenskap anses av många högstadiel elever vara ett svårt ämne (Skolverket, 2016a). Därom vittnar både elever och föräldrar jag mött som lärare. Elever jag undervisat säger att de många gånger klarar av att resonera kring olika frågeställningar men att de inte kan förklara vad det handlar om på ett naturvetenskapligt sätt. De upplever att de saknar ord och begrepp för att förmedla sina kunskaper. Att förmedla kunskap om begrepp och om hur dessa kan kommuniceras, samt att verka för öppen dialog kring hur elevernas förmåga i de naturvetenskapliga ämnena kan stärkas är därför något som engagerar mig. Jag har under lång tid undervisat högstadiel elever i fysik och då ställts inför och engagerat mig i frågor som ”hur behåller man elevernas intresse för ämnet samtidigt som man inför fler teoretiska och abstrakta begrepp” och ”hur kommunicerar man det naturvetenskapliga innehållet så att eleverna kan ta det till sig”.

Kan elevernas svårigheter i naturvetenskap delvis bero på vad läroböckerna tar upp eller på vilket sätt läroböckerna presenterar det naturvetenskapliga innehållet? För att förmedla det naturvetenskapliga innehållet använder vi oss av kommunikation med olika uttrycksformer, både verbala och visuella. Jag hade en känsla av att då läroböcker kom på tal var det deras text som vanligtvis var i centrum. Diskussioner om vad som står skrivet var ofta dominerande. Men läroböckerna består ju av så mycket mer. Kommunikation är en komplex process, bestående av många komponenter, som i grunden handlar om överförande av information. Förmedlande av innehåll kan ske på flera olika sätt: med hjälp av ord i skriven eller talad form eller med hjälp av bilder, både stilla och rörliga, så kallade modes eller modaliteter. De har alla olika meningsbärande förmåga och därmed olika möjlighet att kommunicera sitt budskap. Begreppet multimodalitet innebär att kommunikation sker genom flera av dessa modaliteter samtidigt och att de var och en bär på olika möjligheter till kommunikation av innehåll och mening (Kempe & Selander, 2010; Kress & van Leeuwen, 2001; Olsson, 2006). I arbetet med den här avhandlingen har fokus legat på att se hur begrepp pre-

senteras utifrån sitt sammanhang och på vilket sätt deras information kommuniceras. Ett budskap, eller information, kommuniceras med hjälp av det som finns till hands. Semiotiska resurser (representationer, verktyg och aktiviteter) kan kort beskrivas som sätt att förmedla information. Dessa kan användas för att skapa mening för eleverna (Airey & Linder, 2017). Exempel på representationer är fotografier, symboler eller diagram. Fysikaliska begrepp kan förtydligas och förklaras med hjälp av semiotiska resurser: till exempel kan ett föremål både beskrivas med ord i texten och representeras visuellt med ett fotografi, och ett abstrakt begrepp kan konkretiseras med hjälp av en schematisk skiss. I läroböcker används därför många olika semiotiska resurser för att beskriva innehållet. Det kan till exempel handla om textvariationer eller illustrationer. Dessa har i sig inte någon betydelse utan får sin betydelse genom sitt sammanhang (Selander & Kress, 2017). I kapitel 3 kommer en mer ingående redogörelse för representationer, kap. 3.1.4, och för relationen mellan semiotiska resurser och representationer, kap. 3.4. Multimodalitet är ett viktigt begrepp i den här avhandlingen och det kommer att noggrannare redogöras för i kapitel 3.1.5. De läroböcker jag stött på är att betrakta som multimodala eftersom de innehåller både text och bild. Multimodalitet är därför ett bra perspektiv att utgå från då läroböcker studeras. Text och bild kan tolkas enskilt, det vill säga var för sig, men också tillsammans, det vill säga som en del av en större helhet. Denna avhandling handlar om hur olika representationer används i läroböcker för fysik för att kommunicera mening till elever på högsta-diet.

Kommunikation ska dessutom ses ur två perspektiv, sändarens och mottagarens. Nyckeln till god kommunikation är språket; om sändare och mottagare inte har ett gemensamt språk kommer inget budskap att förmedlas dem emellan. Ett sätt att utveckla det naturvetenskapliga språket är att fokusera mer på hur vi använder det och på att diskutera innehållet i de representationer som är avsedda att beskriva ämnet. Sådana erfarenheter utgör således en del av bakgrunden till intresset för att utveckla undervisningen generellt men särskilt med fokus på hur kommunikation i klassrum sker. Att det många gånger är svårt att integrera de naturvetenskapliga begreppen i undervisningen vittnar bland annat resultaten i PISA-studierna om.

1.1 Problemområde

Läroböcker kan ha flera olika roller i dagens skola. Dels kan de ses som en garanti för att kursplanens mål uppfylls eftersom de förlag som ger ut dem understryker att de är uppdaterade enligt gällande läroplan, LGR 11. De kan därmed bli styrande för undervisningens innehåll. Dels har de en sammanhållande roll både genom att alla elever delges samma innehåll och genom att all information finns samlad (Englund,

1999). Samtidigt har de en central roll i och med att deras innehåll många gånger utgör stommen för undervisningen (Nelson, 2006). De är också en viktig utgångspunkt för lärare när de planerar sin undervisning. Lärares erfarenhet och kunskap i ämnet påverkar i sin tur hur stor del av undervisningen som bygger på läroböckerna (Wikman, 2004). Om undervisningen bygger på läroboken kan elever som uteblir från en lektion enkelt ta igen det missade innehållet (Englund, 1999). Att läroböcker har ett stort inflytande på undervisningen kan därför inte bortses ifrån. Frågan blir istället i vilken omfattning lärare reflekterar över läroböckernas påverkan? En aspekt att reflektera över är att läroboken endast behandlar ett urval av det som ämnesdisciplinen, exempelvis fysik, behandlar och att detta urval är anpassat, transformerat, för att nå fram till den elevgrupp det är avsett för. Det gäller till exempel de representationer som används i läroböcker.

Innehållet i läroböckerna är bearbetningar av fysikens diskurs och därför behöver lärare vara uppmärksamma såväl på innehållet som på hur det förmedlas. Den pedagogiska diskurs som förmedlas i läroböcker har anpassats till den elevgrupp som är förväntad mottagare. Det finns alltid en risk att omformulering av den primära diskursen leder till att den blir så förändrad att elevernas förståelse försvåras (Wikman, 2004). Lärare behöver därför inta ett kritiskt förhållningssätt till läroböckernas innehåll, dels för att kunna komplettera sin undervisning för att den ska bli så heltäckande i förhållande till kursplanen som möjligt men också för att justera eventuella missuppfattningar eller korrigerar felaktigheter.

Begrepp i läroböcker framställs idag multimodalt. Förutom själva texten består de av bilder, både foton och illustrationer, samt matematiska representationer som diagram eller tabeller. Även texten i sig kan bestå av flera representationer: färg, storlek och typsnitt kan varieras i oändliga kombinationer. Då flera representationer samverkar talar man om multimodalitet. En multimodal design är ämnad att sätta representationerna i ett sammanhang, det vill säga den sociala kontexten, men kan också addera nya perspektiv (Kress & van Leeuwen, 2001). Beroende på hur tydligt samspelet mellan modaliteterna är uppfattas läroböckerna som mer eller mindre lätta att ta till sig.

I fysikböcker förekommer en rad olika representationer. De används bland annat för att belysa ämnesinnehållet som helhet och åskådliggöra fysikaliska begrepp men också för att göra det intressant. Deras utformning är av stor betydelse och hur de placeras i relation till andra representationer eller i vilken skepnad de presenteras, till exempel storlek eller färgval, kan belysa deras roll i ett sammanhang eller hur betydelsefulla de skall betraktas som (Slough, McTigue, Suyeon, & Jennings, 2010). Ett läroboksuppslag förmedlar mening till elever då de via sitt aktiva handlande tar till sig dess innehåll. Elevers bakgrund och tidigare kunskaper har avgörande betydelse för vidare inläring. Även yttre faktorer påverkar hur eleverna lär sig, till exempel torde

grupperingar såväl som undervisningsmetoder vara av betydelse för elevernas förståelse.

I Sverige finns det inte längre en övergripande läromedelsgranskning utan detta arbete ligger på skolhuvudmännen, som vanligen delegerar det till lärarna för respektive ämne (Johnsson Harrie, 2009). En ordentlig genomgång av läroböcker är därför viktig för att försäkra sig om att det material som delges eleverna är relevant och korrekt. För att få stöd för sina val av läromedel behöver lärarna tillgång till forskning som visar på vilka kvaliteter som är relevanta och bör tas i beaktande. Ett sätt att bedöma en läroboks kvalitet är att undersöka om de representationer som ska förmedla ämnesinnehållet är meningsbärande och klarar av att nå fram till eleverna.

1.2 Syfte och frågeställningar

Den här studien avser att åskådliggöra vilka olika typer av representationer som används för att representera begrepp i fysikläroböcker för högstadiet. Vid studiens genomförande, 2016–2019, fanns på marknaden fem läroböcker i fysik för högstadiet tillgängliga på marknaden. Samtliga ingår i denna studie. De analyseras med avseende på hur naturvetenskapliga begrepp representeras inom ämnesområdet tryck. Representationer kan fylla flera olika uppgifter: dels kan de hjälpa till att peka ut viktiga delar eller exemplifiera begrepp (Kress, 2010), men de kan också vara ett sätt att underlätta elevernas förståelse genom att placera innehållet i ett sammanhang och därmed skapa anknytning till det vetenskapliga innehållet (Evagorou, Erduran, & Mäntylä, 2015).

1.2.1 Syfte

Syftet med denna studie är dels att studera vilka representationer som förekommer i fysikläroböcker dels att analysera deras funktion och samspel samt deras meningserbjudande. I fysikläroböcker kan diskursrelaterade begrepp representeras på flera olika sätt. Förutom att texten i sig kan representeras med olika typer av *modes*, till exempel med hjälp av variation av storlek, färg eller typsnitt, kan begreppen även representeras visuellt, i form av både foton och teckningar, samt med matematiska representationer, såsom diagram eller tabeller. Den multimodalitet som därmed uppstår kan därför varieras i oändliga kombinationer. Multimodala representationer kan tillföra dimensioner som var och en av representationerna inte på egen hand kan frambringa (Kress & van Leeuwen, 2001). Avsikten med denna avhandling är att genom att studera representationer och hur dessa används i läroböckerna se om de sätts in i ett samman-

hang och om och i så fall hur de kombineras för att förmedla ett budskap. Denna studie kommer därför att undersöka vilka representationer som används när fysikbegrepp relaterade till fenomenet tryck behandlas i läroböcker i fysik för högstadiet, samt beskriva och analysera de representationer som förekommer.

1.2.2 Forskningsfrågor

Med utgångspunkt i syftet ovan har följande tre forskningsfrågor formulerats.

1. Vilka kategorier av representationer förekommer i läroböcker för högstadiel elever i svenska skolor för att presentera begreppet tryck samt i vilken omfattning förekommer de?
2. Hur används representationer för att framställa begreppet tryck i fysikläroböcker?
3. Vilket meningserbjudande har representationerna i fysikläroböcker för högstadiet när de bidrar till att beskriva fysikämnets diskurs för begreppet tryck?

1.3 Vem riktar sig den här studien till?

Denna avhandling är ett bidrag till vetenskapen om semiotiska resurser och, mer specifikt, representationers användning i läroböcker för fysik på högstadiet. Studiens resultat kan bistå med kompletterande kunskap om representationers meningserbjudande och ge både bredd och djup till den forskning som redan finns. Resultatet kan förhoppningsvis bidra till nya idéer och fortsatt forskning om hur representationer kan ge ett så stort meningserbjudande som möjligt. Den här studien bidrar till kunskap om hur fysikämnet förmedlas och riktar sig därför även till lärare och blivande lärare inom de naturvetenskapliga ämnena och mer specifikt fysiklärare. Om man förstår hur representationer i läromedel är valda och konstruerade kan man utnyttja dem bättre i undervisningen, vilket i förlängningen skulle kunna leda till ökad förståelse hos eleverna. Avhandlingen riktar sig också till lärarutbildare då det är viktigt att lyfta lärarnas kompetens att utnyttja all den potential som finns inneboende i läromedlens representationer men som kan vara svår att komma åt. Slutligen riktas studien även till läromedelsförfattare och förlag samt till övriga läromedelskapare då den här studien förhoppningsvis kan hjälpa till att utveckla kommande läromedel.

I syfte att nå ut till lärare har denna studie presenterats under en fortbildningskonferens för lärare, *Från forskning till fysikundervisning*, 2018. Denna presentation resulterade sedermera i en artikel, bilaga 1.

1.4 Begrepp i avhandlingen

I den här avhandlingen används många termer specifika för det aktuella forskningsområdet. Nedan följer en lista, i alfabetisk ordning, över några av de mest väsentliga begreppen. De presenteras här med en kortfattad redogörelse. De kommer längre fram i texten att utförligare gås igenom.

<i>Begrepp</i>	<i>Beskrivning</i>
<i>Affordans</i>	Representationers förmåga att erbjuda mening (Airey & Linder, 2017), det vill säga deras möjlighet att företräda disciplinen.
<i>Didaktisk transduktion</i>	Överföring av information från en semiotisk resurs till en annan (Volkwyn, Airey, Gregorcic, & Heijkenskjöld, 2019). Då ett budskap förmedlas omformas det för att möta mottagaren (Kress, 2010).
<i>Diskurs</i>	Ett avgränsat område av kunskap eller sätt att förmedla kunskap inom en specifik disciplin. Diskursen är av betydelse för att tala om och förstå innehållet.
<i>Lärande</i>	Utveckling av förmågan att tänka och förstå genom användandet av kulturellt skapade tecken (Jakobsson, 2012).
<i>Lärobok</i>	Material bestående av pedagogiska texter och visuella representationer sammanställt i tryck bokform och avsett för undervisning.
<i>Mode</i>	Samlingsbegrepp för de semiotiska resurser vilka kan användas för att uttrycka en diskurs. I texten likställs modes med representationer.
<i>Multimodalitet</i>	Kommunikation som involverar två eller fler semiotiska resurser.
<i>Meningserbjudande</i>	Den mening som representationer kan tillhandahålla via sitt visuella uttryck. I detta arbete används meningserbjudande synonymt med affordans.
<i>Meningspotential</i>	Representationers inneboende möjlighet att erbjuda mening. Beroende på mottagaren kan dock den erbjudna meningen uppfattas olika.
<i>Representation</i>	Används för att förtydliga, förstärka eller komplettera begrepp eller innehåll. Representationer kan uttryckas med hjälp av till exempel textavvikelse, bilder eller matematiska formler.
<i>Semiotik</i>	Studie av tecken, till exempel text, bild eller föremål och deras användning för att förmedla information (Kress & van Leeuwen, 2006).
<i>Semiotisk resurs</i>	Används i kommunikation för att skapa mening och för att förstärka budskap. van Leeuwen (2005) sammanfattar semiotiska resurser i handlingar, material och artefakter som används i kommunikation.
<i>Semiotiska landskapet</i>	Semiotiska resurser är präglade av sammanhang, kultur och historia. Då kommunikation sätts in i ett sammanhang talar man om det semiotiska landskapet (Kress & van Leeuwen, 2006).

2 BAKGRUND

I följande kapitel beskrivs först begreppsförståelse och det naturvetenskapliga språket. Därefter definieras begreppet läromedel såsom det används i det här arbetet. Vidare framställs läromedlets roll i undervisningen, hur läromedel används i undervisningen samt lärares förhållningssätt till läromedel. Kapitlet redogör också för tidigare forskning inom fältet. Denna presenteras inom tre områden, representationer i läromedel, användning av representationer och representationers meningserbjudande. Slutligen presenteras svenska elevers resultat i internationella studier.

2.1 Begrepp och begreppsförståelse

Ett begrepp är en språklig term med ett innehåll som är knutet till det sammanhang vari det används. Det kan ha abstrakt eller konkret innebörd. Även det sammanhang där begreppet används har betydelse för dess innebörd. Begreppsförståelse handlar därmed inte bara om att förstå innebörden av begreppen utan i lika hög grad om att förstå hur de används korrekt i olika sammanhang. Begreppsanvändningen har tre olika nivåer av förståelse: Första nivån är att förstå begreppet. Andra nivån är att kunna använda begreppet i ett sammanhang. Den tredje nivån är att kunna generalisera kring begreppet (Mortimer & Scott, 2003).

Representationer underlättar elevernas förståelse av begrepps innebörd och utgör därmed ett viktigt inlärningsredskap (Liu & Khine, 2016). Det finns stark grund för att tro att användandet av representationer spelar stor roll för elevers förmåga att förstå begrepp (Mayer, 1995). Det är viktigt att välja representationer utifrån vad det är som man vill belysa. Valet av representationer kan därmed vara avgörande för förståelsen men det krävs förstås också att mottagaren, det vill säga eleven, arbetar aktivt med dem. Eleverna måste kunna avkoda representationerna och de måste förstå hur dessa interagerar med det sammanhang där de används (Ainsworth, 2006). Ur ett pedagogiskt perspektiv krävs disciplinär kunskap för att kunna ta del av och granska representationer. Detta kallar Eriksson, Linder, Airey och Redfors (2014) för disciplinärt

urskiljande. Det disciplinära urskiljandet sker i fyra steg: Det första steget handlar om att identifiera representationer. I steg två tilldelas dessa en betydelse. I steg tre ses denna betydelse i ett större perspektiv. Slutligen handlar steg fyra om att kritiskt kunna granska representationer.

Ett begrepp eller en process kan kommuniceras på flera olika sätt. Detta kallas multimodalitet och bygger på användandet av multipla representationer. Att förstå naturvetenskap med hjälp av multipla representationer handlar om att kunna tolka och förstå olika representationer av ett begrepp samt kunna växla mellan dem (Prain, Tyler, & Peterson, 2009). Multipla representationer kan understödja förståelsen av ett begrepp men också tillföra ytterligare information. Grundförståelsen börjar i en känd representation av ett fenomen eller begrepp. När ytterligare representationer tillförs kan förståelsen av ett begrepp eller en process vidgas och fördjupas. Även representationer som inte tidigare var kända för eleven kan bidra till ökad förståelse då de förankras i eller länkas med redan bekanta representationer (Airey & Linder, 2009). När flera olika kompletterande representationer av samma begrepp erbjuds kan missstolkningar av begrepp undvikas. Multipla representationer hjälper därmed till att skapa förståelse av begrepp. Det är dock viktigt att göra en avvägning av hur många representationer som det är rimligt att använda samt vilka representationer som är lämpliga för sammanhanget. Att ge många representationer kan få motsatt effekt och förvirra mottagaren i stället för att underlätta förståelsen (Ainsworth, 2008).

Den som läser en text använder sig naturligt av en linjär strategi. Detta gäller även för multimodala texter, det vill säga en kombination av skriven text och visuella representationer. Linjär strategi innebär att läsaren betraktar texten som hierarkiskt organiserad, vilket kan leda till antagandet att texten presenterar det viktigaste först (Sanchez, Lorch, & Lorch, 2001). Studier har visat att elever förväntar sig att information om ett begrepp skall följa tätt efter att det introducerats (Lindberg, 2007). När texter struktureras med hjälp av rubriker och underrubriker kan läsaren guidas genom en multimodal text utan tydlig linjär struktur (Sanchez et al., 2001).

2.2 Det naturvetenskapliga språket

Inom det naturvetenskapliga språket förekommer många termer och begrepp som inte används i vårt vardagsspråk (Ribeck, 2015). Dessutom förekommer många ord som har andra betydelser i andra sammanhang jämfört med om man sätter in dem i ett naturvetenskapligt sammanhang. Begrepp har därför en tydlig koppling till sina sammanhang och kan inte förklaras utan att man känner till vad de står tillsammans med (Bezemer & Kress, 2008). Det naturvetenskapliga språket har utvecklats mot att bestå av allt fler visuella representationer (Lee 2010, Yeh & McTigue, 2009). Elever

behöver därför utveckla förmågan att läsa dessa representationer. Då denna läskunighet inte automatiskt tillkommer genom att man behärskar den vetenskapliga disciplinen behöver eleverna hjälp med att avkoda, hantera och själva producera visuella representationer för att utveckla sin naturvetenskapliga kompetens såväl inom själva disciplinen som inom det naturvetenskapliga språket som helhet (Yeh & McTigue, 2009). För att kunna ta till sig ny kunskap och diskutera nya ämnesområden krävs det att man har gemensamma referensramar, det vill säga när nya begrepp används är det viktigt att de har samma innebörd hos alla som använder dem. Ett budskap i texten måste alltså förstås i sitt sammanhang (Karlsson, 2007). Det är en aktiv process där både sändare och mottagare är delaktiga i skapandet av innehållets betydelse. Begrepp kan framställas med hjälp av olika semiotiska resurser. Valet av dem avgörs av hur man vill belysa innebörden av begreppen. Även mottagaren kan ha betydelse för hur man väljer att representera ett begrepp (Karlsson, 2007; Kress & van Leeuwen, 2006). Sändaren har ett ansvar för att budskapet ska nå fram. Genom kännedom om mottagarens förutsättningar kan sändaren paketera budskapet på ett sätt som gör det mottagligt. Språkanvändningen i skolan är ett redskap med vars hjälp kunskap utvecklas, fördjupas och redovisas (Lindberg, 2007). Detta medför att eleverna behöver kunna hantera språket för att kunna förstå begrepp och samband inom det specifika ämnet (Eriksson, 2019; Eriksson & Pendrill, 2019; Olofsson, 2007). I detta arbete avser ”språk” teoretiskt alla semiotiska resurser men i huvudsak representationer.

Redan innan eleverna börjar läsa naturvetenskap i skolan har de förvärvat vardagsföreställningar om olika naturvetenskapliga fenomen och hur de hänger ihop. Dessa har de fått med sig tidigt i livet och de kan vara svåra att förändra (Andersson, 2008). Detta medför att elever tenderar att på sikt glömma bort den naturvetenskap skolan förmedlat medan deras vardagsföreställningar blir kvar. En stor skillnad mellan inläring av vardagsspråk jämfört med skolspråk är i vilken ordning begrepp och deras betydelse lärs in. I vardagsspråket lär man sig först att känna igen och förstå situationer, sammanhang eller objekt och sedan applicera ett begrepp på dem, men i skolspråket kommer man vanligen först i kontakt med begreppen för att därefter lära sig deras betydelse eller innebörd (Skolverket, 2012a). Att kunna förstå begrepp ur nya perspektiv innebär att man kan definiera dem. Hirschhorn (2004) jämför detta med då ett litet barn lär sig definiera olika djur. Först är alla lurviga djur på fyra ben en hund för dem, men allteftersom de erfar att så inte är fallet – till exempel när de får respons om att en katt inte är en hund – omdanar de sina referenser och utvecklar förståelse för det nya begreppet, katt. Denna utveckling handlar alltså om att förändra sin relation till kunskap eller sammanhang och kan ske på olika sätt. Till exempel kan den ske genom förvärv av ny kunskap, omorganisation av befintlig kunskap – exempelvis genom att skapa nya länkar mellan olika delar av kunskap – eller förmåga att omvärdera kunskap (diSessa & Sherin, 1998; Linder, 1993).

Relationen mellan det vetenskapliga tänkandet och vardagstänkandet kan vara komplicerad. Skolans mål är att eleverna ska få bestående insikter i begreppsvärlden genom att utveckla sitt vetenskapliga tänkande. Trots det visar det sig att efter genomgången skola är det fortfarande det vardagliga tänkandet som kvarstår hos många elever. Man måste därför ta avstamp i det vardagliga språket, vilket är rikt på erfarenheter men fattigt på generaliseringar, för att komma till det vetenskapliga språket (Andersson, 2008). Det vetenskapliga tänkandet bygger således på det vardagliga tänkandet.

2.3 Läromedel

Ur ett historiskt perspektiv har läromedel varit synonyma med **läroböcker**. I dagens skola är det inte bara som böcker utan även till exempel artefakter eller filmer som används i undervisningen, liksom digitala lärmiljöer, som betraktas som läromedel. (Selander & Skjelbred, 2004). Läromedlen har utvecklats mot att idag innehålla betydligt mer visuellt material (Lee, 2010). I naturvetenskapliga läroböcker betyder det att fler olika typer av representationer, till exempel fotografier, teckningar och tabeller, används för att komplettera textens innehåll. Hur dessa används i läroböcker är en del av det som kommer att studeras i detta arbete.

En entydig definition av begreppet läromedel är svår att ge. Innebörden av begreppet blir olika beroende sammanhanget, men övergripande kan läromedel beskrivas som ett hjälpmedel för undervisning. Selander och Skjelbred (2004) definierar läromedel som det material som framställts för lärande i olika sammanhang till exempel pedagogiska texter och artefakter. Traditionellt sett är det vanligen läroböcker man tänker på, såsom textböcker och övningsböcker, men även artefakter som till exempel modeller och miniräknare, kan betraktas som läromedel. På senare tid har det tillkommit digitala läromedel, som är multimodala till sin karaktär och kan såväl komplettera traditionella läromedel som ersätta dessa (Selander & Skjelbred, 2004).

Läromedel behandlar stora delar av ämnet och de är skrivna på ett sätt som riktar sig till den aktuella målgruppen. Det är dock inte oproblematiskt att använda läromedel av olika slag. Det är därför viktigt är att varje lärare är medveten om att läromedlet bara är ett sätt att skildra ämnesinnehållet och att man, när man undervisar, har ett ansvar att välja att använda det med omsorg. Eventuellt behöver man komplettera materialet för att göra undervisningen så heltäckande som möjligt och belysa ämnesinnehållet utifrån flera olika perspektiv (Englund, 1999). Sveriges läromedelsförfattares intresseorganisation, Läromedelsförfattarna, håller inte helt med om denna definition. De menar att läromedel är ett pedagogiskt material som följer läroplanen och alltså inte det material som används för att nå dess uppsatta mål. En surfplatta är i sig

inte ett läromedel utan ett verktyg. Den kan däremot fyllas av ett läromedel (Läromedelsförfattarna, 2020).

I den här studien analyseras läromedel i tryckt bokform, det vill säga läroböcker. Dessa anses falla inom ramen för både Selanders och Skjelbreds och Läromedelsförfattarnas definitioner. Selander och Skjelbred ger dock en vidare definition, vilken passar bättre in på den naturvetenskapliga undervisningen. Ett mätinstrument, exempelvis en dynamometer, vilken används för att mäta krafter kan inte fyllas med information om krafter men är av stor betydelse då förståelse för begreppet kraft ska skapas. En lärobok avser att beskriva en diskurs. Denna kommer fram genom användandet av semiotiska resurser, till exempel representationer i form av textavvikelser eller fotografier. Då de semiotiska resurserna inte har en entydig betydelse kommer deras innebörd fram först då de sätts in i den aktuella diskursen. När de semiotiska resurserna ges en innebörd kan meningsskapande ske.

2.3.1 Läromedels roll i undervisningen

Läromedel i Sverige är inte längre centralt producerade eller granskade, vilket de var fram till 1991 (Johnsson Harrie, 2009; Skolverket, 2006a). Skolverket kan dock genomföra riktad granskning av läromedel, vilket endast skett vid ett tillfälle då bland annat läroböcker i naturkunskap granskades (Skolverket, 2006a). Det finns således inga riktlinjer kring vilka läromedel som ska användas eller vad de ska innehålla. I detta avseende skiljer sig Sverige åt från många andra länder (Johnsson Harrie, 2009). Kvalitetssäkringen av dagens utbildningsmaterial ligger hos skolhuvudmännen, vilka vanligen delegerar detta inom sina organisationer. Lärarna uppger att de har stort utrymme att själva bedöma och välja vilka läromedel de vill använda i sin undervisning (Skolverket, 2015). Riksdag och regering beslutar om de styrdokument – skollag och läroplan – som skolorna har att förhålla sig till. Dessa består bland annat av centralt innehåll och kunskapskrav (Skolverket, 2019a). Med utgångspunkt i dessa styrdokument är det sedan skolhuvudmännens sak att skapa förutsättningar för att uppfylla målen. Då det inte finns någon kontrollorganisation som granskar läromedel är det i stället skolhuvudmännen som har ansvaret för val och kontroll av det material som används (Skolverket, 2015). I praktiken är det de enskilda skolorna som ansvarar för att lämpligt material delges eleverna. Det är således skolornas och i förlängningen lärarens ansvar att upprätthålla ett kritiskt förhållningssätt till det undervisningsmaterial som används. Då lärare förväntas granska och välja bland de läromedel som erbjuds krävs det att de har ett kritiskt förhållningssätt samt har utvecklat en medvetenhet om behovet av detta (Skolverket, 2006b).

Skolinspektionen (2011) gjorde en genomgång av hur lärare granskar och använder kemiläromedel. De kom fram till att i stort sett alla elever har tillgång till läromedel som täcker det centrala innehållet de ska undervisas om. Det framkom även att lärare kompletterar läromedlen med annat material till exempel filmklipp från internet eller upptryckta lösblad. Vidare visade det sig att den laborativa utrustningen (verktygen) ofta är bristfällig och att det inte är ovanligt att lärare tar med sig eget material för att komplettera skolans material. Ansvaret för läromedelsinköp är på de flesta skolor lärarnas. Trots detta är det få som granskar läromedlen utifrån läroplan och styrdokument. Läromedlen utvärderas inte heller systematiskt. Det är sällan eleverna involveras i beslut som rör läromedel. Denna sammanställning visar att det är viktigt att diskutera läroböckernas roll i undervisningen och att utvärdera både deras innehåll och användning. Lärare förlitar sig på läromedlen men bör vara observanta på att arbetet fokuserar på målen i läroplanen. Det har inte gjorts någon liknande studie om hur läromedlen används i fysikundervisningen, men det ser troligen ut på liknande sätt särskilt med tanke på att en stor andel av högstadielärarna undervisar både i kemi och fysik.

I skolinspektionens kunskapsöversikt (2010) framkom det att en stor del av undervisningen i fysik baseras på läroböckernas innehåll. Innehållet i dessa har låg vardagsanknytning och eleverna upplever att de förväntas lära sig kunskap men utan att förstå kopplingen till hur denna ska användas. Fysik anses svårare än andra ämnen eftersom eleverna måste förstå till exempel matematiska formler – det räcker inte med att lära sig dem utantill. I kunskapsöversikten fastställs även att elever i svensk skola har låga kunskaper i ämnet fysik samt att detta dessutom har försämrats på senare år. De ser bland annat att läromedels innehåll och hur dessa används har stor betydelse för hur elevernas kunskapsutveckling. Rapporten ger inga entydiga svar men viktiga faktorer som lyfts fram för att öka kunskapsresultaten är motivation och engagemang.

2.3.2 Lärares relation till läromedel

Läroböcker används i större utsträckning i naturvetenskapliga ämnen än till exempel samhällsvetenskapliga ämnen. För många lärare utgör lärobokens innehåll en betydande del av undervisningen både vid genomförandet och planeringen (Englund, 2006). På vilket sätt eller i vilken utsträckning den används kan däremot variera beroende på en mängd olika faktorer, till exempel klasser, elever eller tillgång till annat material (Nelson, 2006). Lärares pedagogiska grundsyn, till exempel i fråga om tolkning av kursplanen eller uppfattning om kunskapens natur, påverkar också läroböckernas roll i undervisningen (Englund, 2006).

Läromedel har ofta fått kritik för att vara allt för styrande och ibland till och med ett hinder i undervisningen. Studier visar att det i grunden är föreställningen om läromedlen som styr dess inflytande, det vill säga ett läromedels inflytande är beroende på hur lärare och elever väljer att se på det (Englund, 1999).

Nelson (2006) gör en sammanställning över ett stort antal läromedelsstudier där fokus ligger på hur de används i undervisningen. Flera studier har visat att lärare i stor utsträckning använder lärobokens upplägg som utgångspunkt när de planerar sina lektioner i stället för gällande kursplan. De utgår då från att läromedelsförfattarna har skrivit läromedlen utifrån gällande läroplan och kursplan, vilket också flera av dem också påstår i sin introduktion eller marknadsföring av läromedlet. Det blir då läromedlens urval av ämnesinnehåll som blir rådande för vad som avhandlas i undervisningen och i vilken omfattning.

Brist på undervisningserfarenhet gör läroboken viktig för läraren oavsett hur goda ämneskunskaper denne besitter. En förklaring till detta fann Powell (1997) i sin studie av två nyutexaminerade lärare med olika stor ämneskunskap. Läraren med stor ämneskunskap fann det svårt att omsätta ämneskunskapen i undervisningen medan läraren med mindre ämneskunskap ansåg sina kunskaper otillräckliga för att undervisa utan stödet från läroboken. Oavsett vilken bakgrund en lärare har utgör alltså läromedlet en stomme för undervisningen.

2.4 Tidigare empirisk forskning

Detta arbetes teoretiska bakgrund innehåller begrepp som representationer, multimodalitet och affordans. Det är ett mångfacetterat område och beroende på hur man väljer att avgränsa sig belyses det på olika sätt. Beskrivningen av forskningen inom fältet har därför inget anspråk på att vara heltäckande utan vill snarare försöka beskriva den del som faller nära forskning om läroböcker.

Vid litteratursökningar och urskiljning av sökresultat har arbetets syfte och problemformulering varit centrala, något som rekommenderas av Friberg (2017) som menar att detta är det som ska avgöra vilket material som ska tas med i sammanställningen. Nedanstående sammanställning av tidigare forskning är inte avsedd att vara en regelrätt kunskapsöversikt utan är snarare ett försök att beskriva en del av den forskning som behandlar representationer i läroböcker. Allteftersom arbetet fortskridit har sökningarna förgrenats till följd av alla de infallsvinklar som påträffats och på så vis har material successivt samlats. Vetenskapliga studier och forskningsöversikter som gjorts tidigare är användbara för att hitta lämpliga referenser (Littell, Corcoran & Pillai, 2008). Utgångspunkten har varit att förutsättningslöst söka efter forskning som tangerar de begrepp som redan från början varit centrala för detta arbete. Exempel på

sådana begrepp är ”läroboksstudier i NO för högstadiet”, ”visuella representationer” och ”meningserbjudande”. Det urval som gjorts har självklart påverkat resultatet och indirekt arbetets riktning. Den inledande fasen av detta arbete utgick från begreppet multimodalitet. Betydelsefulla bidrag till kommunikationsforskningen i utbildnings-sammanhang har gjorts av bland annat Gunther Kress, Theo van Leeuwen och Staf-fan Selander. Deras teorier har sedan legat till grund för den stomme som arbetet bygger på. Med denna utgångspunkt har arbeten med liknande bakgrund sökts. Flera olika arbeten som handlar om läroböcker och deras innehåll har gått genom. Valet har varit att framförallt titta på empiriska studier. Ingen studie liknar helt denna, men de har alla något gemensamt med den. Nedan redovisas studier som är av intresse för den här avhandlingen. De grupperas i tre huvudområden: representationer i lärome-del, användning av representationer och meningserbjudande.

2.4.1 Representationer i läromedel

Liu och Khine (2016) har studerat illustrationer i läroböcker. De har kategoriserat dessa i tre klasser: 1) *Iconic diagrams*, dit representationer som foton eller teckningar hör, 2) *Schematic diagrams*, till denna grupp hör abstrakta illustrationer som till exempel en skiss över människans inre organ, och slutligen 3) *Charts and Graphs*, vilka visar information med inbördes relation, till exempel fördelningen av luftens gaser i ett cirkeldiagram. De fann i sin undersökning ett ökande antal variationer av bildre-presentationer allt eftersom läroböckerna riktade sig till äldre elever. I läroböcker för de yngsta eleverna fanns främst bilder som de kategoriserar som *iconic diagrams*, det vill säga bilder av konkreta föremål. Författarna skriver att *iconic diagrams*, är det som är lättast för läsaren att förstå, varför det kan vara en av anledningarna till att foton och teckningar är det som mest förekommer i läroböcker för yngre elever vilka saknar bakgrundskunskap i ämnet. De menar att illustrationer som klassas som avbildning är viktiga då de kan lägga grunden till utvecklingen av förståelsen av abstrakta illustrationer. Ju mer förhandsinformation eleverna väntas ha desto fler typer av representationer används. I läroböcker för de äldre eleverna introduceras steg för steg *schematic diagrams* vilka representerar abstrakta begrepp. Författarna drar slutsatsen att eftersom det krävs kunskap hos eleverna om hur man läser *schematic diagrams* är det naturligt att dessa introduceras senare i skolan; bland annat måste eleverna förstå hur de ska tolka pilar, avstånd i tid och rum, samt att kunna ”läsa” en representation med en abstrakt utgångspunkt (se också Eriksson et al., 2014).

Bungum (2008) har studerat nio norska fysikläroböcker utgivna mellan 1943 och 2007. De grafiska representationerna har kategoriserats i fem kategorier för att visa på det fysikinnehåll de innehar. Dessa kategorier är: involverar eleven i experiment, visu-

aliserar modeller, visar upp föremål, visar hur föremål eller processer är kopplade till modeller samt demonstrerar användningen av fysiken utanför klassrummet. Bungum fann att representationerna i läroböckerna blivit allt mer innehållsspecialiserade och består av fler generaliserande modeller. Användandet av konventioner ersätter experimentella detaljer och representationerna används allt mer för att kommunicera egenskaper hos vetenskapliga modeller. Bungum menar att detta inte gör att läroböcker idag framträder som mer abstrakta, eftersom realismen uttrycks genom avbildning av forskare i arbete och användningen av fysik i kända tekniska föremål. Vidare menar Bungum att elevens roll har förskjutits från att ha inbjudits till att utföra experiment till att allt mer observera fysiken.

Lee (2010) har studerat läroböcker för högstadiet och funnit att mängden grafiska representationer ökat över tid. Lee fann att i stort sett alla sidor i de läroböcker som studerades innehöll någon form av visuell representation, såsom bilder, tabeller, diagram eller figurer. Han fann också att läroböckerna med tiden minskat antalet ord per sida samtidigt som antalet representationer per sida stigit samt att storleken på sidorna ökat (Lee, 2010). Tendensen är också att allt fler fotografier används i stället för teckningar och abstrakta skisser samt att en förskjutning skett mot att representationerna visar användningen av naturvetenskapen snarare än förklaringar av den. Detta speglar en trend som kan förklaras utifrån begreppet transduktion som visar på vikten av att elever kan röra sig mellan olika representationer av samma fenomen (Volkwyn, Airey, Gregorcic, & Heijkenskjöld, 2019).

I en genomgång av forskningsmaterial där användandet av multipla representationer studeras finner Rosengrant, Etkina & van Heuvelen (2007) två trender. Dels ser de att när elever använder flera olika representationer för att lösa problem ökar deras förståelse. De ser att användandet av olika typer av representationer påverkar elevernas resultat positivt. Dessutom ser de att när eleverna har tillgång till många representationer är den enskilda representationens utformning av underordnad betydelse. De kommer fram till att representationer har en avgörande betydelse för elevernas inläring både vad gäller att förvärva kunskap och för förmågan att lösa problem.

2.4.2 Användning av representationer

Slough et al. (2010) har studerat visuella representationer i läroböcker i naturvetenskapliga ämnen. De har tagit fram en analysmodell som bygger på fyra principer om hur förståelse skapas: 1) Form och funktion vilken avser att belysa representationers syfte, 2) Tolkning av begrepp, hur läsaren instrueras att ta del av representationer, 3) Placering av representationer i förhållande till tillhörande text samt 4) Introduktion för läsaren att aktivt ta del av representationer. De såg att den vanligaste formen av

representationer var fotografier och att dessa främst fyllde funktionen att avbilda begrepp eller endast hade dekorationssyfte. En stor del av representationerna var inte eller bara svagt kopplade till texten. Men de såg också att ämnesinnehållet överlag var meningsfullt valt och att det fanns ett tydligt fokus på att integrera texten med representationerna. Fysikböckerna använde sig också av tabeller vilka var väl kopplade till innehållet. Författarna menar dock att deras största bidrag är framtagandet av analysverktyget vilket de anser kunna bidra till att bättre studera samspelet mellan text och grafiska representationer.

Bungum (2013) har studerat illustrationer i fysikläroböcker för att se hur de bjuder in eleverna till fysiken. Sådana illustrationer föreställer ofta föremål, fysikrelaterade aktiviteter med elever i olika situationer samt laborationsuppställningar. Bungum menar att illustrationerna har potential att bjuda in eleverna genom att skapa en förnimmelse av att de är delaktiga. Beroende på framställning och motiv kan eleverna adresseras på olika sätt. Illustrationer med koppling till vardagliga situationer ger känslan av att fysik är ett kunskapsområde värt att beakta då det har relevans utanför skolan. Genom att visa forskare i arbete inbjuder läroboken eleverna att se möjliga framtidsyrken inom fysiken.

Mayer, Steinhoff, Bower och Mars (1995) har studerat vilken betydelse placeringen av text och representation har för elevers problemlösningsförmåga. De studerade hur denna påverkades om text och representation placeras tillsammans eller separat. De visade att elevers problemlösningsförmåga ökade om representationer integreras med texten. De menar att integrerad text och representation främjar bildandet av referensförbindelser vilket krävs för problemlösning. Förståelse kan också ökas genom fler steg-för-steg illustrationer. Studien visade även att detta var viktigare för lågpresterande elever då dessa i större utsträckning saknar förkunskaper och erfarenheter att relatera till. De såg också att då denna integration förekom blev elevernas kreativa förmåga i problemlösningen större.

2.4.3 Meningserbjudande

Ferlin (2014) har studerat biologiböcker för högstadiet. Fokus har varit temat biologisk mångfald och den erbjudna mening som läroböckerna kan ge. I analysen av vad läroböckerna erbjuder läsarna lyfts speciellt att det finns en skillnad mellan erbjuden och uppfattad mening. Ferlin fann att begrepp, såsom art-begreppet, introduceras i läroböckerna på ett tidigt stadium. Därefter tas det för givet att eleverna kan förstå och hantera dem. I studien framkom även att det kan vara ett hinder för förståelsen om ett allt för stort antal *modes* används. I stället för att underlätta förståelsen kan detta hämma meningsskapande. Ferlin menar i sin slutsats att det finns mycket att

vidareutveckla när det handlar om presentationen av begrepp, till exempel bör läroböckerna använda begreppen mer konsekvent. Mer tid bör också användas för utvecklande av förståelse av grundläggande begrepp.

Testa, Leccia och Puddu (2014) studerade hur elever tolkar läroböckers representationer i astronomiavsnittet. De fann att representationer som består av flera delar riskerar att belysa fel saker utifrån ett helhetsperspektiv. De ger ett exempel som handlar om att skapa förståelse för årstiderna. Genom att visuellt poängtera jordens elliptiska bana runt solen ges intrycket att det är denna bana som är huvudorsaken till årstiderna och inte jordaxelns lutning. Då representationen dessutom kompletteras med teckningar av de olika årstiderna placerade längs med banan förstärks detta budskap ytterligare.

2.5 Sverige i ett internationellt perspektiv

Svenska elevers resultat i förhållande till andra länders elever, framförallt i de naturvetenskapliga ämnena, har varit i fokus för många diskussioner under senare tid. Utgångspunkten för dessa diskussioner har ofta varit de resultat från TIMSS-undersökningen som presenterades 2012 och PISA-undersökningarna som presenterats under 2012 och 2015. Diskussionerna tog på allvar fart 2012, då PISA-rapporten visade kraftigt sjunkande placeringar för svenska elever i flera olika kategorier. Diskussionerna har bland annat handlat om genomförda skolreformer och eventuella ytterligare förändringar (Skolverket, 2016a). Många har tankar och åsikter om skolan vilket gjort att diskussionerna fått stort utrymme både i media och bland befolkningen generellt. Fokus har främst varit på elevernas sjunkande resultat, och mindre på vad detta kan bero på, och näst intill obefintlig uppmärksamhet på vad man kan göra för att höja elevernas resultat.

Det går inte att utifrån dessa rapporter att svara på frågan om vad det är som ligger till grund för resultaten. Med största sannolikhet är inte heller en ensam faktor ansvarig. Många elever tycker att de naturvetenskapliga ämnena är svåra och därför inte heller så intressanta. Detta bekräftas i TIMSS-undersökningen där eleverna fått värdera hur högt de rankar matematik och de naturorienterade ämnen (NO): biologi, fysik och kemi. Svenska elever tillhör de som rankar NO-ämnena lägst. Man kan också se att elever med utländsk bakgrund rankar NO-ämnena högre än elever med enbart svensk bakgrund. Rapporten visar också att det finns ett samband mellan hur högt eleverna rankar ett ämne och hur deras resultat ser ut (Skolverket, 2016b). En möjlig faktor skulle kunna vara att eleverna tycker att informationen i läroböckerna i de naturorienterade ämnena är svår att ta till sig. Det här arbetet avser att se vad läroböckerna erbjuder eleverna och hur detta görs.

2.5.1 TIMSS

TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) är ett test som genomförs i länder över hela världen för att belysa skillnader i elevprestationer och i elevers attityder till matematik och naturvetenskap. TIMSS-undersökningen visade att resultaten för svenska elever i årskurs 8, sedan mitten av 1990-talet, har sjunkit i de naturvetenskapliga ämnena. I resultaten av TIMSS-undersökningen 2012 ser man att svenska elever klarar sig förhållandevis bra i biologi, där de presterar på medelnivå, medan de i kemi och fysik presterar under medelnivå. Undersökningen visar även att elever med minst en svenskfödd förälder presterar betydligt bättre än elever utan svenskfödda föräldrar. Detta utfall kan ses såväl i matematik som i naturvetenskap men är tydligare i de naturvetenskapliga ämnena. Man kan även se att elevernas självförtroende påverkar deras resultat. (Skolverket, 2012b). Detta resultat känns igen från arbetet som lärare. Elever betraktar biologi som ett lättare ämne medan fysik och kemi anses vara svårare.

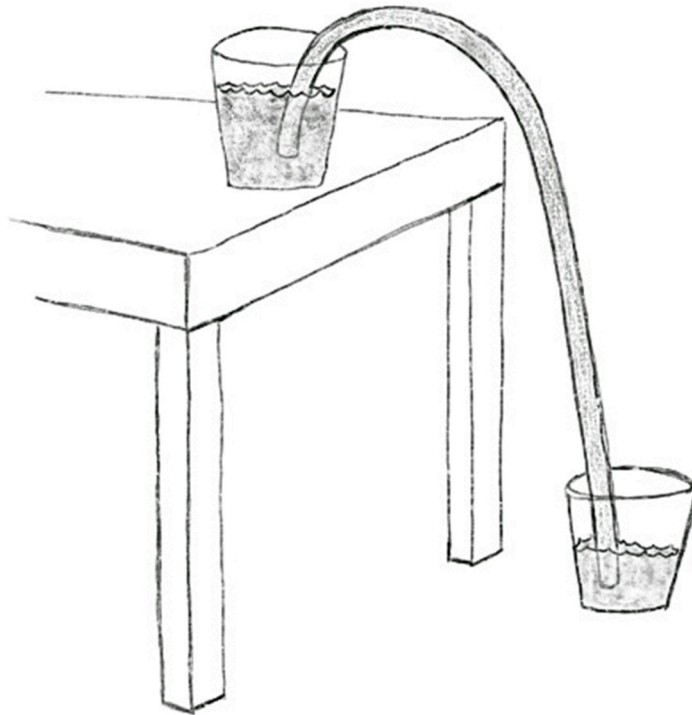
2.5.2 PISA

PISA (Programme for International Student Assessment) är ett OECD-projekt men även länder utanför OECD deltar i testet. Man mäter elevers kunskaper i matematik och naturvetenskap samt läsförståelse och testar även elevernas förmåga att förstå processer, tolka och reflektera över information samt lösa problem.

PISA-undersökningen 2012 visar att svenska elevers utveckling går åt motsatt håll jämfört med eleverna i OECD-länderna som helhet. Totalt sett har resultaten stigit medan Sveriges resultat har sjunkit. Framförallt ser man det på den andel elever som klarar PISA-testet sämst. Elevernas resultat i de naturvetenskapliga ämnena ligger under genomsnittet för elever i övriga OECD-länder. Sverige placerade sig 2012 på plats 26 av 34 medan vi 2003 låg på plats 9 i resultatlistan (Skolverket, 2013).

När resultaten för PISA-undersökningen som genomfördes 2015 presenterades såg man att de svenska elevernas resultat stigit i förhållande till övriga länder. För de naturvetenskapliga ämnena presterade svenska elever i denna undersökning på en genomsnittlig nivå i förhållande till elever i övriga OECD-länder. Vad dessa förbättringar beror på är inte klarlagt (Skolverket, 2016a). Att det dessutom varit olika årgångar elever som genomfört testet kan spela in.

I PISA-undersökningen 2018 såg man att den positiva utveckling som skedde 2015 fortfarande står sig. De svenska eleverna presterar över OECD-genomsnittet inom alla undersökta ämnesområden, läsförståelse, matematik och naturvetenskap (Skolverket, 2019b).



Försök 2. Då de båda kärlen förbinds med en slang fylld med vatten uppstår ett kommunicerande kärl. Vattnet kommer att förflyttas från det högre belägna glaset till det lägre så länge som det finns en höjdskillnad mellan de båda vattenytorna.

3 TEORI

I detta kapitel beskrivs den teoretiska grund på vilken avhandlingen vilar. Den här studien tar sitt avstamp i semiotiken och de tecken som används för att förmedla ett budskap. Först beskrivs kommunikation utifrån begreppen semiotik och multimodalitet. Därefter beskrivs det socialemiotiska perspektivet vilket innebär att kommunikation sker i samspel med omgivningen och alltid omfattar mer än en deltagare (Leijon & Lindstrand, 2013), i det här fallet både individer och artefakter i form av läroböcker. Därpå behandlas representationer av olika slag, till exempel textvariationer, grafik eller matematiska formler, och hur de används för att kommunicera ett ämnes diskurs och ett begrepps innebörd. Ett avsnitt om fysikens diskurs följer därefter. Sedan beskrivs representationers affordans, det vill säga deras inneboende potential att förmedla ett budskap. Detta följs av ett avsnitt om den didaktiska transduktion som representationer genomgår då de återges i läroböcker.

3.1 Semiotik och multimodalitet

Semiotik betyder studiet av tecken och deras användning. Detta innebär att man analyserar hur tecken, till exempel text, bild, ljud eller artefakter av olika slag, kan bidra till att förmedla information (Kress & van Leeuwen, 2006). Begreppet ”resurs” är enligt van Leeuwen (2005) att föredra framför tecken, eftersom begreppet tecken kan ge intryck av faktisk betydelse snarare än dess användning. En semiotisk resurs är socialt och kulturellt formad för att skapa mening. Till exempel kan man på museer ibland se en bild på en överstruken kamera, figur 3.1. För de flesta är innebörden klar: här är det inte tillåtet att fotografera. För kommande generationer som är växer upp med kamera enbart i mobilen kan symbolen för kamera eventuellt vara svårtolkad. Dessutom behöver man lära sig att en linje tvärs över en symbol betyder förbud vilket är en kulturellt förvärvad kunskap. Det är därför viktigt att man för att förstärka representationers kommunikativa kraft tar hänsyn till kulturella sammanhang och utnyttjar universella ikoner (Holsanova, 1996).



Figur 3.1. En överstruken kamera betyder i vårt samhälle att det inte är tillåtet att fotografera. Denna symbol har förekommit en längre tid och den motsvarar den inte längre utseendet på en modern kamera. Detta kan göra att den semiotiska resursen kan komma att bli svårtolkad om mottagaren inte längre kan referera till symbolen (Bild från Pixabay.com, 2019).

Mening skapas med hjälp av en uppsjö av olika semiotiska resurser och det är alltid mer än en resurs involverad då mening skapas. Det går inte att analysera en semiotisk resurs utan att ta hänsyn till de som använder den (Bezemer & Kress, 2008).

3.1.1 Socialsemiotik

Socialsemiotiken är en teori som handlar om att förstå kommunikation utifrån ett socialt sammanhang. Fokus ligger på de teckensystem som utgör grunden i kommunikationen (Halliday, 1978). Teorin kan delas upp i tre delar: den ideationella, den interpersonella och den textuella. Den ideationella aspekten handlar om hur verkligheten representeras genom semiotiska resurser; den interpersonella om den sociala relationen mellan sändare och mottagare; och den textuella aspekten om meningsfullhet och om det multimodala synsättet.

Ur ett socialsemiotiskt perspektiv är kommunikation en social process som påverkas av kulturen. Sammanhanget påverkar således den mening som skapas i interaktionen mellan människor. Kommunikation är dessutom alltid multimodal eftersom den består av flera komponenter, såsom visuella representationer, gester eller ljud (Insulander, 2010). Meningsskapandet sker inte enbart med texter eller verbala yttranden,

utan även med hjälp av exempelvis bilder, färger eller gester (Kress, 2010; Leijon & Lindstrand, 2013). En viktig del av socialsemiotiken är därför semiotiska resurser såsom text, bild eller handling (Kress & van Leeuwen, 2006).

Lärande innebär en utökad färdighet att använda sig av kulturellt skapade tecken (Jakobsson, 2012). Denna kompetens ger i sin tur förmåga att tolka och förstå det ämnesinnehåll man ställs inför. Det är en process som leder till en ökad förmåga att tänka och kommunicera med hjälp av semiotiska resurser. Kunskap kan förmedlas på många olika sätt och lärande sker på många olika arenor. Ett sätt att se på lärande är att se hur mönster, begrepp och modeller tar form hos mottagaren när ett budskap förmedlas. Lärandet ska betraktas som en interaktiv process. Därför bör man inte bara fokusera på resultaten utan även på den sociala process som sker vid inläring (Kress & Selander, 2012; Leijon & Lindstrand, 2013), det vill säga mening skapas då den uttrycks eller tolkas i ett sammanhang. Representationer är redskap för att tolka och förmedla budskap men de är aldrig heltäckande då de alltid är beroende av ett sammanhang.

I den socialsemiotiska teorin antas en representations inneboende **affordans**, det vill säga den **mening som erbjuds**, alltid vara tillgänglig inom ramarna för det sociala sammanhang i vilken den är placerad (Kress, 2010). Mening skapas i samverkan mellan individ och socialt sammanhang (Airey & Linder, 2017; Leijon & Lindstrand, 2013). Det betyder att kommunikation alltid är knuten till de individer och de sociala sammanhang i vilka den äger rum. Mening kan därmed inte ses som en färdig produkt utan som resultatet av en process där flera faktorer samverkar inom ramen för ett socialt sammanhang. Man kan inte heller bortse från de individer som är involverade i kommunikationen (Bezemer & Kress, 2008). De som använder de semiotiska resurserna i kommunikationen medverkar i att mening skapas och att innebörden förmedlas. Vad som anses vara en semiotisk resurs beror på sammanhanget och de sociala och kommunikativa resurser som behövs i det aktuella fallet (Bezemer & Kress, 2008). Den mening de tilldelats har utvecklats inom det sociala sammanhanget över tid och genom att använda dessa semiotiska resurser utvecklas lärandet. En semiotisk resurs kan förmedla flera olika budskap beroende på i vilket sammanhang eller situation den används. Ur ett socialsemiotiskt perspektiv bör därför alla semiotiska resurser som kan förmedla mening tas i beaktande (Airey & Linder, 2017). Fler semiotiska resurser ger därmed större möjligheter att nå fram med budskap.

I undervisningen bygger elevernas lärande på deras aktiva roll i meningsskapandet. Elevers bakgrund och tidigare kunskaper har således betydelse för vidare inläring. Även yttre faktorer påverkar hur eleverna lär sig. Till exempel har grupperingar eller de metoder som används i undervisningen betydelse för elevernas förståelse (Insulander, 2010). Ett läroboksuppslag kan anses vara socialsemiotiskt genom att det förmedlar mening till elever med hjälp av deras aktiva handlande då de tar till sig dess inne-

håll. Inläring sker inte bara via förproducerade artefakter såsom läroböcker utan också via sociala processer tillsammans med andra personer (Kress & Selander, 2012).

Socialemiotik innefattar kommunikation inom en viss social grupp där semiotiska resurser är meningsbärare. Inom fysikens disciplin används semiotiska resurser som generellt inte används i vardagssammanhang till exempel tabeller, diagram och matematiska formler. Specifika semiotiska resurser förutsätter att individerna som hanterar dem är involverade i fysikens disciplin (Airey & Linder, 2017).

3.1.2 Det semiotiska landskapet

Kommunikation kan endast förstås i sitt sammanhang. Informationen förmedlas av semiotiska resurser bestående av ett stort antal **modes**, till exempel textvariationer, gester eller illustrationer. Dessa har utvecklats över tid och påverkats av omgivande faktorer och de är alltså under pågående utveckling. De semiotiska resurserna formas både av sin egen inneboende potential som budskapsbärare och av samhällets omgivande kulturella och historiska faktorer. Sociala och kulturella strukturer har även stor inverkan på hur de används i kommunikationen (Kress & van Leeuwen, 2006). Varje form av semiotisk resurs har fördelar och nackdelar: allt kan inte förklaras eller beskrivas enbart med till exempel text men inte heller med enbart visuella representationer. Dessa kan i stället komplettera varandra. I många fall måste de dessutom tolkas i sitt sammanhang. Detta kallar Kress och van Leeuwen (2006) för det **semiotiska landskapet**. Genom valet av representationer kommer man att påverka mottagaren. Semiotiska resurser samverkar och påverkar gemensamt framställningen av begreppen (Fredlund, Linder, Airey, & Linder, 2014). All kommunikation sker via användandet av semiotiska resurser. Ur ett socialemiotiskt perspektiv handlar det om vilken betydelse en representation har i sitt sammanhang. En semiotisk resurs har vanligen flera disciplinära meningspotentialer, vilket medför att om man ska förstå en representation och den disciplinära mening den kan förmedla behöver den sättas in i ett sammanhang (Eriksson, 2019).

Det kan vid första anblicken verka som att en representation för fram ett klart budskap men så behöver inte alltid vara fallet. Om ett budskap framträder tydligt eller ej beror på huruvida mottagaren kan avkoda det eller ej. Kommunikation bygger alltid på att både sändare och mottagare känner till hur representationerna ska avkodas och tolkas (Kress & van Leeuwen, 2006). Om man inte känner till koderna för att tolka representationerna når deras budskap inte fram och de förblir icke avkodade. Kress och van Leeuwen (2006) visar med ett exempel från en femårig pojkes skisser att det skrivna eller talade språket inte behöver vara i centrum när man förmedlar sitt budskap. Pojkens skisser är enkla och de detaljer som representerar för pojken viktiga

delar kan vara svåra att urskilja om man inte vet vad skisserna ska föreställa. När han sedan ska föra budskapet vidare till en vuxen behöver han komplettera de visuella representationerna med verbal kommunikation, då den vuxne inte kan avkoda representationerna i hans skisser (Kress & van Leeuwen, 2006). De skisser pojken ritat representerar för honom det han vill förmedla men räcker inte hela vägen för att den vuxne ska ta emot budskapet. Pojken och den vuxne har inte samma sociala eller kulturella plattform att utgå från, sammanhangen överensstämmer inte och kommunikationen når därför inte fram utan att kompletteras av fler semiotiska resurser.

3.1.3 Semiotiska resurser

Semiotiska resurser är allt som kan används i kommunikation för att förstärka budskapet, till exempel visuella representationer, aktiviteter eller verktyg (Airey & Linder, 2009). Hur budskapet uppfattas och mening skapas hos mottagaren är kärnan i kommunikationen (Kress, 2010). För att ett budskap ska nå fram och tolkas så som sändaren avsett krävs det att både sändare och mottagare har samma referensram. Om de inte tolkar de semiotiska resurserna på samma sätt kan inte heller budskapet mottas på ett sätt som överensstämmer med sändarens avsedda mening. Flera faktorer har betydelse för hur informationen förmedlas och tas emot: vilka semiotiska resurser som används, vem som använder dem, med vilket syfte de används och hur de används är alla betydelsefulla element i kommunikationen. (Kress, 2010). Detta har i sin tur en effekt på vad och hur väl eleverna lär sig via undervisningen (van Leeuwen, 2005). Genom kombinationen av flera semiotiska resurser kan begrepps innebörd förmedlas och förtydligas. Semiotiska resurser kan ses som byggstenar för att skapa mening. Genom att lägga byggsten på byggsten skapas en byggnad. På samma sätt skapas mening i kommunikationen genom att semiotiska resurser läggs till varandra. På så vis kan de användas tillsammans för att kommunicera innebörden av begrepp. Om de semiotiska resurserna är generaliserande eller abstrakta kan de dock ges en allt för generell roll som modell för meningsskapandet (Myers, 2003). Processen för produktionen av de semiotiska resurserna behöver därför diskuteras, eftersom de annars kan vara svåra att applicera i nya sammanhang.

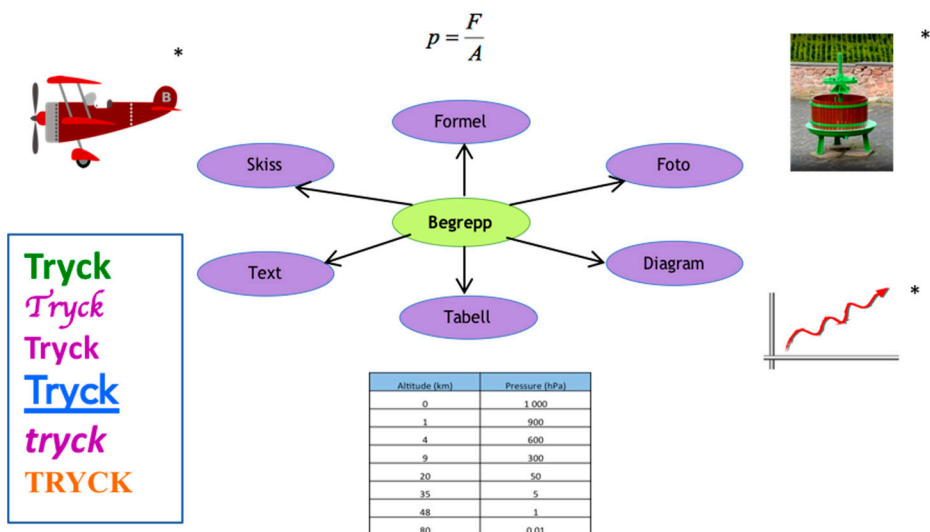
Förståelsen beror i stor utsträckning på de individer som är mottagare av kommunikationen. Deras förutsättningar är avgörande för hur de semiotiska resurserna kan tolkas och bli redskap för förståelse av begrepp och teorier. De sociala sammanhangen är dessutom inte konstanta utan varierar från tillfälle till tillfälle, varför även analysen av begreppen måste vara flexibel (Kress & Selander, 2012). Att lära sig något sker alltid i ett sammanhang: det handlar om att lära sig att kunna hantera de resurser som

hör till sammanhanget. I ett annat sammanhang kan de behöva hanteras på ett annat sätt.

3.1.4 Representationer

Då ett innehåll förmedlas används semiotiska resurser. Beroende på det sammanhang i vilket informationen förmedlas används olika semiotiska resurser. **Representationer** är exempel på semiotiska resurser. De är tecken som formats i sitt sammanhang (Selander & Kress, 2017). I samband med att naturvetenskapliga begrepp nämns i läroböcker är det vanligt att någon form av representation används för att förtydliga innebörden av dem. Representationer kan uttryckas med olika *modes*. Några exempel på sådana är ord, bilder, tabeller, grafer, datorsimuleringar, ljudillustrationer, matematiska formler med mera. Sambandet mellan semiotisk resurs, representation och mode visas i figur 3.7. Ord i skriven form kan bland annat representeras med hjälp av variation av typsnitt, stil och storlek, medan ord i talad form kan varieras med till exempel med volym eller betoning. Representationer, det vill säga bilder, text, språk, diagram, formler med mera samverkar och påverkar gemensamt framställningen av begreppen (Fredlund et al., 2014). Till exempel har placering, storlek eller färg betydelse för hur mening skapas med hjälp av representationer (Slough et al., 2010). Representationer kan stå för både för objekt och processer (Rosengrant et al., 2007). Då denna studie enbart fokuserar på visuella representationer i läroböcker kommer begreppen mode och representation att likställas. I texten kommer framöver begreppet representation företrädesvis att användas.

För att belysa och förtydliga naturvetenskapliga begrepp i läroböcker används visuella representationer. Det kan exempelvis vara fråga om variationer i den skrivna texten eller olika grafiska illustrationer. Figur 3.2 visar några former av representationer som är vanliga i läroböcker. För digitala läromedel tillkommer ytterligare representationer till exempel i form av filmer eller ljud. Även gester och kroppsspråk samt verktyg kan vara exempel på representationer (Kress & van Leeuwen, 2006; Leijon & Lindstrand, 2013).



Figur 3.2. Representationer används för att visuellt beskriva begrepp. Figuren ger några exempel på olika representationer som förekommer då begreppet tryck representeras i de analyserade läroböckerna. Exempelen beskrivs både med ord och grafisk representation. Textrepresentationer kan bestå av variation i teckenstil, färg eller storlek. Grafiska representationer kan vara fotografier, teckningar eller abstrakta skisser. De matematiska representationerna kan vara formler, tabeller eller diagram. (Lagerholm, Malmberg & Eriksson 2019, s. 49).

En representation kan stå för sig själv eller tillsammans med andra. Beroende på hur den används kan dess innebörd påverkas. På detta sätt kan olika delar av ett budskap förstärkas eller belysas (Leijon & Lindstrand, 2013). Till exempel kan en pil i kraftsammanhang stå för en krafts storlek och riktning medan den i ett flödesschema kan stå för en process.

Representation av begrepp är ett viktigt redskap för att kommunicera naturvetenskap och för att bygga upp den naturvetenskapliga diskursen. Genom att använda representationer för att beskriva begrepp kan man göra dem mer begripliga för mottagaren. Representationer kan stå för objekt, till exempel ord eller bilder av föremål och processer till exempel datorsimuleringar eller matematiska formler. Att hantera naturvetenskapliga begrepp och processer och att förstå deras inbördes relation är en viktig kompetens för att kunna förstå och lösa naturvetenskapliga problem, liksom att kunna omvandla och överföra information mellan representationer (Rosengrant et al., 2007). Representationers innebörd förändras genom att de används i kommunikation i olika sammanhang – detta kallas transduktion. Transduktion kan till exempel ske genom att läsa texter eller skriva egna texter, men kan också ske genom att gestalta begrepp i ord eller handling eller genom att analysera och beskriva visuella represen-

tationer (Selander & Kress, 2017). Transduktion beror också på att de individer som är mottagare av representationernas inneboende meningserbjudande hela tiden utvecklas och kan lägga till och omforma representationerna i nya sammanhang. Delar av dem kan plockas ut och föras samman med andra till nya semiotiska resurser. Dessa omformningar och omvandlingar är tecken på lärande (Airey & Linder, 2017; Selander & Kress, 2017; Volkwyn et al., 2019).

3.1.5 Multimodalitet

Kommunikation sker inte bara på ett sätt utan oftast är flera olika former involverade samtidigt (Kress, 2010). **Multimodalitet** är ett teoretiskt perspektiv på kommunikation. Det är kommunikation där två eller flera uttrycksformer samverkar. Skrivna text utgörs inte enbart av det skrivna budskapet – hur det skrivs har också betydelse. Begrepp i text kan bland annat representeras av typsnitt, storlek eller teckenstil men även färgen på texten och hur den placeras har betydelse för hur den mottas. Verbal kommunikation är inte enbart verbal utan kan även kompletteras med till exempel gester och mimik. Verbal kommunikation kan även representeras av att ton, volym och tempo varierar (Kress & van Leeuwen, 2006; Leijon & Lindstrand, 2013).

Multimodalitet handlar om att det finns flera semiotiska resurser i kommunikationen, vilka alla samverkar för att skapa mening (Kress & van Leeuwen, 2006). Multimodalitet är således en kombination av olika representationsformer för att förmedla ett budskap. Den omfattar alltså inte bara de semiotiska resurserna inom uttrycksformen utan handlar också om hur man förmedlar eller förstärker budskapet. Multimodaliteten i en lärobokstext kan bestå av kombinationer av olika typsnitt, storlek eller färg. Dessa kan i sin tur kombineras med andra resurser, till exempel fotografier eller tabeller. På ett läroboksuppslag kan dessa i sin tur presenteras tillsammans på en mängd olika sätt. Allt detta påverkar sedan hur budskapet förmedlas. I motsats till multimodalitet står monomodalitet där endast en modalitet används. Ett exempel kan vara en löpande text utan någon form av avvikelse. Det är viktigt att se den multimodala framställningen som en helhet och inte som en löpande text med illustrationer (Danielsson & Selander, 2016). Alla delar har lika stort meningserbjudande, varför det är viktigt att inäta ett reflekterande förhållningssätt i läsandet av multimodala texter.

Lärande kan betraktas som ett mottagande av den information som förmedlas. Men lärande kan även ses som en kombination av mottagande och skapande. Den nya information som tas emot läggs till redan befintlig kunskap och bygger på så vis upp en ny förståelse. Eftersom alla mottagare har olika förutsättningar kommer de att ta emot samma förmedlade information på olika sätt och var och en skapa sin egen kunskap. Genom ett mer multimodalt perspektiv på lärprocessen, där fler former av

semiotiska resurser är involverade, ges möjlighet att nå fler mottagare. Utifrån ett multimodalt perspektiv kan kommunikationen ses som att flera budskap förmedlas tillsammans. Dessutom varierar innebörden av budskapet mellan olika mottagare beroende på vilket modalitet som får störst utrymme hos mottagaren samt hur de tolkas och byggs ihop med redan befintlig kunskap (Selander & Svärden Åberg, 2009).

Genom att använda sig av multimodalitet kan man förstärka budskap. Man måste dock vara observant på hur man gör. Risken finns att man ger motstridiga budskap, exempelvis genom att placera det som betraktas som viktigast sist i ett stycke samtidigt som den inledande delen markeras med större storlek på texten. På ett uppslag med både text och grafisk representation finns det vanligen ingen given instruktion om hur dessa ska läsas eller i vilken ordning. Det är mottagarens fokus som avgör vilka delar av budskapet som förmedlas och detta kan skilja sig åt från mottagare till mottagare. Vid valet av representationer måste detta tas i beaktande. I en text är det tydligare i vilken ordning representationerna ska mottagas. Att använda flera representationer för ett och samma begrepp kan ibland försvåra snarare än underlätta förståelsen av begreppet. Det som sägs med ord kan till exempel motverkas med kroppsspråket. Budskap kan också vara svåra att tolka om det saknas riktlinjer för hur de olika representationerna ska prioriteras eller värderas (Leijon & Lindstrand, 2013). Det är en utmaning att tolka multimodala texter i sitt sociokulturella sammanhang. Representationers förmåga att påverka beror på sammanhanget varför läsaren utöver att kunna tolka representationerna även måste förstå detta sammanhang (Serafini, 2010).

3.2 Diskurs

Diskurs förklaras som ett begrepp vilket beskriver kunskap inom en specifik disciplin eller social praktik. Det kan också handla om sätt att tala om eller förmedla kunskap inom området. Den disciplinära diskursen är ofta subtil och svår att definiera. Språket kan vara specialiserat och utan vidare tas för givet av de invigda. Detta är något som de som är inne i diskursen inte alltid är medvetna om. Det som tas för givet av de inom diskursen kan vara utom räckhåll för de som befinner sig utanför, vilket kan leda till att kommunikationen kan få svårt att nå fram.

En diskurs är socialt konstruerad, det vill säga den har utvecklats i ett socialt sammanhang som innehåller individer som alla spelar sin roll i att skapa och dela kunskap (Kress & van Leeuwen, 2001). Den disciplinära diskursen visar hur kunskapen inom ett specifikt område byggs upp. För att beskriva den används semiotiska resurser, det vill säga representationer, aktiviteter eller verktyg. Med hjälp av dessa kan kunskapen bearbetas, utvecklas och föras vidare (Airey & Linder, 2009). Diskursen kan bara

beskrivas med de semiotiska resurser som utvecklats för att beskriva den (Kress & van Leeuwen, 2001). Även sätten att tala om eller förmedla kunskap inom området har utvecklats inom diskursen (Airey & Linder, 2009). Den disciplinära diskursen har således två delar: kunskapen inom området samt hur denna kommuniceras. Denna studie vill visa hur diskursen kommer till uttryck i fysikläromedel genom användandet av representationer.

Skillnaderna mellan olika semiotiska resurser innebär att de kan användas på olika sätt. Det betyder att de har olika affordanser (Bezemer & Kress, 2008). De semiotiska resurser som inom disciplinen är betydelsefulla för att föra ut budskapet, eller som krävs för att lösa problem eller förklara begrepp, kallar Fredlund, Airey och Linder (2015) för disciplinärt relevanta aspekter (DRA). Beroende på problem eller situation är det olika aspekter som är relevanta och valet av dem måste därför vara väl genomtänkt så att de fyller den funktion som avses. Fredlund et al. (2015) identifierar tre faktorer som är av betydelse för att representationer ska bistå inlärning. För det första handlar det om att identifiera de aspekter inom disciplinen som är av betydelse för att inlärning ska ske. Sedan gäller det att välja lämpliga representationer för att de ska erbjuda mening. Slutligen menar de att variation erbjuder möjlighet till vidare förståelse. Genom att man kombinerar olika semiotiska resurser kan olika delar av begrepp belysas olika mycket eller på olika sätt. Olika resurser har därmed olika affordanser, det vill säga, **meningspotentialer**. Genom sådana val kan man därför påverka budskapet. Det som gör det möjligt att sprida diskursens kunskap är de semiotiska resurser som utvecklats för att beskriva den. Dessa semiotiska resurser företräds av till exempel representationer eller handlingar. Med diskurs menas hela systemet av semiotiska resurser. Var och en av dessa semiotiska resurser förväntas ha olika affordanser, det vill säga olika möjligheter att företräda disciplinen. Ett begrepp får olika betydelse i olika diskurser. Till exempel har inom fysiken begreppet tryck en betydelse med matematisk bakgrund som belyser sambandet mellan area och kraft. Inom konsten kan begreppet tryck betyda en avbild av ett konstverk.

Diskursen beskrivs med hjälp av olika *modes* (MODE, 2012), vilket i den här avhandlingen likställs med representationer (Airey & Linder, 2009). En enda representation kan inte på egen hand representera diskursens helhet. När man växlar mellan olika representationer kan problem som annars skulle vara svårlösta lättare lösas. Det räcker alltså inte att behärska en enda representationsform, till exempel matematiska formler. För att kunna tillgodogöra sig diskursen som helhet behöver man vara flytande i flera av de representationer som beskriver den, det vill säga behärska dem obehindrat. Den som flytande behärskar de disciplinära representationer, som diskursen använder sig av, får tillgång till deras fulla affordanser. Dock ger inte förmågan att kunna hantera representationer flytande nödvändigtvis tillgång till förståelse för diskursen. Elever behöver övning i att använda disciplinära representationer för att dessa

ska erbjuda dem mening och förståelse för diskursen. Representationer används för att beskriva diskursen och är till hjälp för att konkretisera abstrakta begrepp. Då flera representationer används bidrar det till att disciplinen kan beskrivas med större komplexitet och abstraktion, alternativt att mer komplexa representationer används. Det kan dock argumenteras för att tillgång till för många representationer kan göra det svårt för eleverna att bli flytande i disciplinen (Airey & Linder, 2009).

3.2.1 Fysikens diskurs för fenomenet tryck

Nedan följer ett avsnitt som beskriver fysikens diskurs för fenomenet tryck ur ett vetenskapligt perspektiv. För att kunna analysera representationernas innehåll behöver man sätta dem i relation till fysikens diskurs. Med utgångspunkt i fysikens diskurs kan representationernas innehåll tolkas och deras användning i läromedlen belysas. Nedan följer en översikt över fysikens disciplinära diskurs utifrån Benson (1996), Hewitt (2006) och Young, Freedman, & Ford (2015).

Fasta ämnen har en fixerad form medan fluider inte har någon fixerad form. Därför sjunker vätskor till botten och flyter ut i behållaren och gaser fyller den behållare de befinner sig i. Fasta ämnen och vätskor är nästan inkompressibla, medan det i gaser finns ett avstånd mellan molekylerna som är 10 gånger större än molekylernas diameter vilket gör dem kompressibla. Tryck (P) definieras som den kraft (F) som verkar på en bestämd areaenhet (A). Den verkar i varje punkt såväl i fasta objekt som i vätskor och gaser.

$$P = \frac{F}{A}$$

Densitet

Densiteten (ρ) beror på ett föremåls massa (m) och dess volym (V), det vill säga ett ämnes atommassa. Det är avståndet mellan atomerna är det som avgör densiteten. Även tryck och temperatur är av betydelse. För fasta ämnen och fluider är detta beroende dock litet medan det för gaser har stor betydelse.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Tryck i fasta ämnen

Ett fast ämne som utsätts för en kraft kan deformeras till storlek eller form eller båda. Förändringarna beror på hur bindningarna mellan atomerna i ämnet ser ut. Trycket i fasta ämnen beskrivs med hjälp av flera olika moduler för elasticitet: Youngs modul, sjuvmodul och bulkmodul. Elasticiteten beskrivs med det matematiska sambandet mellan spänning, vanligen kraft per areaenhet och töjning, den relativa förändringen i dimension eller volym.

$$Elasticitet = \frac{Spänning}{Ström}$$

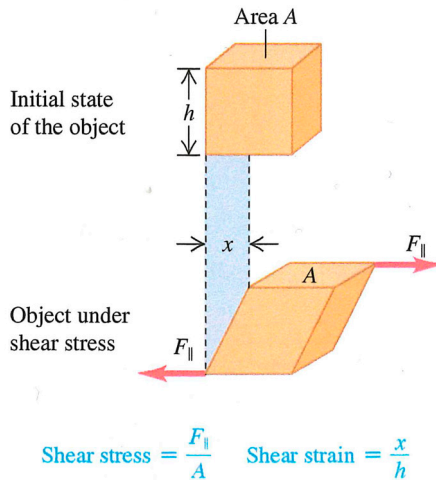
Youngs modul beskriver förhållandet mellan trycket på föremålet och det motstånd materialet ger. Det är en egenskap hos det aktuella ämnet och inte hos de föremål som består av ämnet. Youngs modul gäller så länge ämnet inte utsätts för alltför stora krafter. Vid *yield point* slutar ämnet att vara elastiskt. Det innebär att om man passerat denna punkt och sedan tar bort kraften återgår ämnet inte längre till sin ursprungliga form.

Sjuvmodulen beskriver fasta ämnes motstånd till sjuvning, det vill säga motstånd till den kraft som verkar vertikalt mot ämnets yta. Denna kan förekomma både som spänning och töjning. Sjuvning till följd av spänning beskrivs med ett matematiskt samband mellan kraften i tangentens riktning (F_n) och ytans area (A).

$$Sjuvning_{spänning} = \frac{F_n}{A}$$

Sjuvning till följd av töjning beskrivs med ett matematiskt samband mellan det relativa förhållandet mellan toppytan och bottenytan (Δx) och avståndet mellan toppytan och bottenytan (h). Figur 3.3 visar grafiskt hur sjuvning påverkar ett föremål.

$$Sjuvning_{töjning} = \frac{\Delta x}{h}$$



Figur 3.3. Representationen visar ett föremål som utsätts för sjuvning (Young et.al. 2015, s. 376). Detaljer som är av betydelse för att förstå de matematiska beräkningarna är utmärkta. Dessutom har två matematiska formler för beräkning av sjuvning lagts till för att förstärka representationens övriga delar.

Bulkmodulen (B) beskriver fasta ämnens och vätskors motstånd till förändring i volym. Då trycket på ett ämne ökar minskar dess volym med en mycket liten andel. Bulkmodulen (B) beräknas genom att denna förändring i tryck ΔP divideras med förändringen i volym delat med ursprungliga volymen (V_0).

$$B = \frac{\Delta P}{\Delta V/V_0}$$

Motsatsen till bulkmodulen är ett ämnes kompressibilitet (k) det vill säga förmågan att pressas samman.

$$k = \frac{1}{B}$$

Tryck i fluider

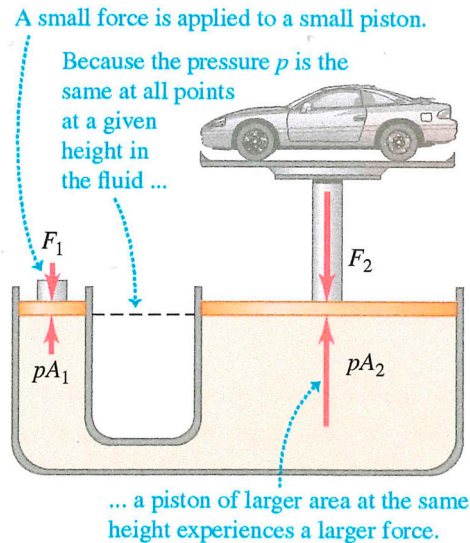
Trycket i en fluid är beroende på djupet, densiteten och tyngdaccelerationen. I en fluid är trycket detsamma i alla riktningar. Trycket ökar med djupet men är däremot inte avhängigt den mängd fluid som befinner sig runt omkring. Inte heller har formen på den behållare som fluiden befinner sig i någon betydelse för trycket. Tryck i vätskor mäts med en manometer. Tryck i atmosfären mäts med en barometer. Tryckets variation med djupet (P) kan matematiskt beräknas genom att trycket vid ytan (P_0)

adderas med vätskans densitet (ρ) multiplicerat med djupet (h) och tyngdaccelerationen (g).

$$P = P_0 + \rho gh$$

Pascals princip innebär att då ett externt tryck appliceras på en fluid som är innesluten i ett kärl distribueras detta tryck till fluidens alla delar. Detta kan utnyttjas i en hydraulisk domkraft, figur 3.4. En liten kraft (F_1) på en liten yta (A_1) skapar ett tryck (P). Då detta tryck möter en stor yta (A_2) kan en stor kraft (F_2) tas ut till följd av att trycket är det samma.

$$P = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$



Figur 3.4. Figuren visar en schematisk skiss över en domkrafts funktion (Young et.al. 2015, s. 397). De matematiska delarna har markerats i figuren. De detaljer som är av betydelse för funktionen har försetts med klargörande text.

En kropp förefaller vara lättare i vätska än i luften. Buoyants kraft eller lyftkraften verkar på det nedsänkta objektet. Arkimedes princip beskriver sambandet mellan lyftkraft (F_B) och den undanträngda vätskans volym (V) och densitet (ρ_f).

$$F_B = \rho_f V g = \text{tyngden av den undanträngda vätskan}$$

Ett föremål flyter om den undanträngda volymens massa är större än föremålets massa och vice versa sjunker ett föremål om den undanträngda vätskans massa är mindre än föremålets massa. Om den undanträngda vätskans densitet är högre än ett solitt föremåls densitet kommer föremålet att flyta och är den lägre kommer det att sjunka.

$$\rho_{obj} < \rho_{vätska} \rightarrow \text{objektet flyter upp}$$

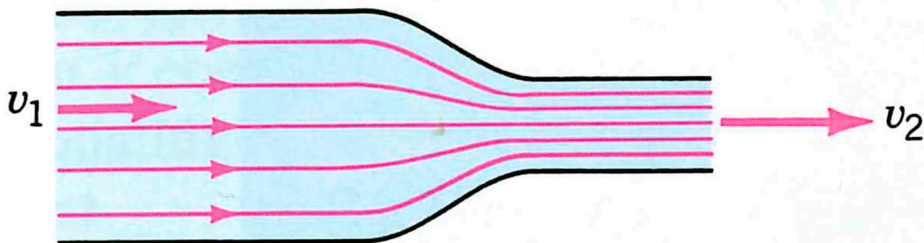
$$\rho_{obj} > \rho_{vätska} \rightarrow \text{objektet sjunker}$$

Flöde i fluider

Rörelse i fluider är svåra att beskriva men man kan i stället beskriva modeller för hastighet och tryck i specifika punkter. Dessa rörelser är antingen laminära eller turbulenta. Laminära rörelser beskrivs av strömlinjer i en flödestub. Dessa strömlinjer korsar aldrig varandra. En partikels hastighet i en given punkt är tangenten till strömlinjen. För turbulenta rörelser kan man inte förutsäga dess rörelser: en partikels rörelse är inte konstant längs en strömlinje. Även densiteten för fluiden i tuben och tubens genomskärningsarea varierar längs med tuben. Bernoullis princip beskriver att trycket på väggarna och i gasen eller vätskan i en tub minskar då den hastighet med vilken en fluid passerar genom tuben ökar. Turbulens uppstår av små variationer i tryck (P), hastighet (v) och densitet (ρ). Dessutom spelar avståndet till referensnivån (y) in. Detta genererar ett konstant värde vilket beskrivs av Bernoullis ekvation.

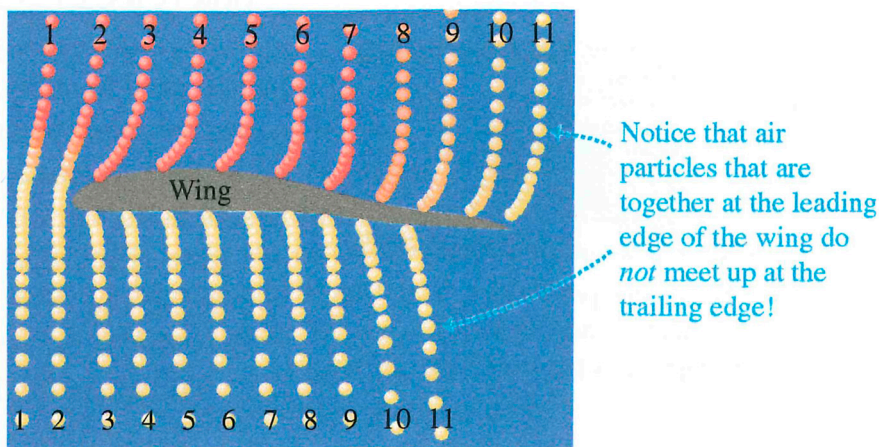
$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gy = \text{konstant}$$

Visuellt visas den ökande hastigheten genom tuben genom att strömlinjerna är närmare varandra då tuben smalnar av, figur 3.5.



Figur 3.5. Hastigheten hos en fluid som passerar genom en tub kommer att öka då tuben smalnar av. Detta illustreras genom att strömlinjerna tättnar (Benson 1996, s. 294).

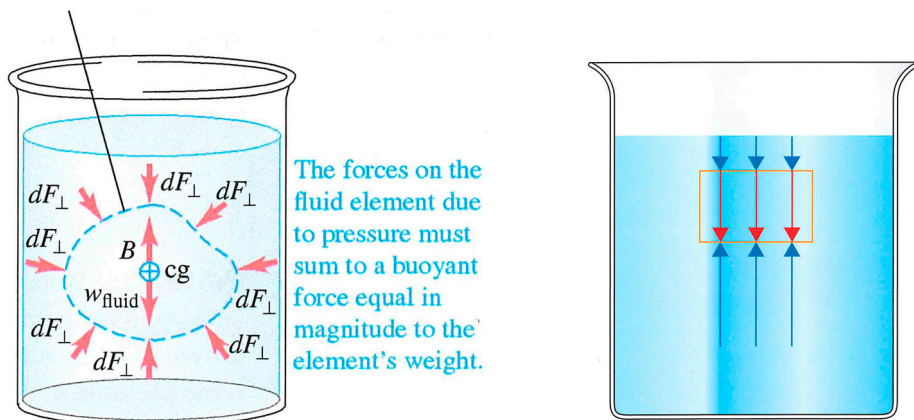
Bernoullis princip förklarar delvis varför ett flygplan lyfter. På grund av vingens utformning rör sig luften på ovsidan fortare än på undersidan. Detta illustreras genom de tätare strömlinjerna i figur 3.6. Detta leder till ett undertryck på vingens ovsida och en uppåtgående kraft som lyfter flygplanet. Det finns dock en missuppfattning då det handlar om att applicera Bernoullis princip på flygplans lyftförmåga.



Figur 3.6. Bernoullis princip förklarar hur luften rör sig fortare på en flygplansvinges ovsida än dess undersida vilket genererar ett lägre tryck (Young et.al. 2015, s. 409). Luften på ovsidan rör sig så mycket fortare än den på undersidan att luftmassorna inte möts vilket genererar ett ännu lägre tryck. Dessa samverkar för att lyfta flygplanet.

Dels är effekten otillräcklig för att lyfta ett flygplan. Dels är det en missuppfattning att den luft som delas då den träffar flygplansvingen kommer att mötas vid dess andra sida. Datorsimuleringar har visat att luften på ovsidan strömmar ännu fortare och når vingens ände tidigare än luften på undersidan. Detta genererar ytterligare lägre tryck som samverkar med Bernoulli-effekten för att lyfta flygplanet.

Fysikens diskurs skiljer sig från skolfysiken på flera olika sätt. För det första överensstämmer indelningen av ingående delar i en lärobok för högstadiet inte med en lärobok för högre studier. I stället för en uppdelning i två delar, i fasta kroppar och fluider, delar läroböckerna för högstadiet in begreppet tryck i tre delar: fasta ämnen, vätskor och gaser. För det andra tar skolfysiken sällan upp matematiska samband medan dessa är en central del i fysikens diskurs. Slutligen är de representationer som förekommer i skolfysiken så förenklade, jämfört med de som förekommer i fysiken i övrigt, att deras fysikaliska innehåll är svårt att urskilja, se exempel i figur 3.7 a och b.



Figur 3.7 a och b. En kropp som sänks ned i vätska verkar lättare än då den befinner sig i luft. Detta är ett exempel på Arkimedes princip. I figur 3.7 a. visas detta grafiskt i en lärobok för universitetsstudier (Young et.al. 2015, s. 400). Representationen har försetts med pilar, matematiska uttryck och klargörande text för att förklara dess innehåll. Motsvarande representation i en av studiens läroböcker visas i 3.7.b (Titano 2015, s. 113). Denna saknar kompletterande representationer vilket medför att dess innehåll inte tydligt framgår. Representationen saknar dessutom bildtext och lärobokens text relater inte heller till representationen.

I kursplanen för fysik definieras det centrala innehållet, vilket beskriver vilka områden inom fysiken som ska behandlas i grundskolan (SFS, 2010:800). Fysikläroböcker för högstadiet skiljer sig från läroböcker för högre studier i fysik. I läroböcker för högstadiet finns ett övergripande kapitel om tryck. Detta kapitel sammanfattar flera delar av fysikens diskurs och delas upp i tre avsnitt: tryck i fasta ämnen, tryck i vätskor och tryck i gaser. I läroböcker för högre fysikstudier i stället avhandlas detta innehåll i två kapitel under rubrikerna *fasta ämnen* och *fluider* (det vill säga vätskor och gaser). Medan stor vikt genomgående läggs vid den matematiska delen av fysikens diskurs i läroböcker för högre studier är denna del nedtonad i läroböcker för högstadiet och behandlas endast i den första delen, tryck i fasta ämnen.

3.3 Affordans

Alla semiotiska resurser har potential att förmedla ett budskap. Läroböcker erbjuder mening genom att i text och bild beskriva ämnesinnehållet. Detta innebär att i läroböcker erhålls helheten genom att visuella representationer och skriven text tillsammans behandlar det aktuella området. Meningsskapande utvecklas genom kombinationen av semiotiska resurser. Detta kallar Gibson (1979) för *affordance*. Begreppet kommer från engelskans *to afford* (att erbjuda) och myntades av Gibson då han stude-

rade djur och vad deras levnadsmiljö kunde erbjuda dem. Begreppet har ingen entydig svensk översättning utan vanligen använder man den försvenskade versionen *affordans*. Med det menas omgivande faktorers förmåga att erbjuda mening, vilket närmare kan beskrivas som de möjligheter som omgivningen kan ge i samspelet mellan aktör och omvärld (Gibson, 1979). I texten framöver kommer meningserbjudande att användas synonymt med *affordans*.

Affordans innebär att en resurs ger ett utfall som är vidare än det grundläggande syftet. *Affordans* kan inte uppnås utan att hänsyn tas till omgivningen (Greeno, 1994). Det innebär att allt runt omkring bidrar till att interaktion uppstår. *Affordans* i den naturvetenskapliga undervisningen kan uppnås på olika sätt, till exempel med hjälp av papper och penna, skrivna symboler, tabeller, aritmetiska metoder, tabellvärden, laborationsuppställning eller interaktiva datoranimationer. Gibsons teori innebär att inlärning alltid är någon form av förbättring. Inlärning ska fokusera på att uppfatta intryck från omgivningen och dess många olika kvaliteter och skapas på grundval av tidigare erfarenhet. Problemlösare som interagerar med materiella system såsom symboler gör tolkningen av symbolers betydelse till en viktig process för förståelsen. Dessa behöver dock identifieras för att de ska kunna bära viktig information (Greeno, 1994).

Var och en av de semiotiska resurserna har olika *affordanser*, det vill säga de har olika möjligheter att företräda disciplinen beroende på sammanhang och användning. Objekt erbjuder olika *affordanser* beroende på mottagaren: till exempel erbjuder en trappa inte samma möjlighet till alla. Ett spädbarn saknar möjlighet att ta sig upp eller ner för en trappa medan för en vuxen person erbjuder trappan en tydlig guidning för förflyttning upp eller ner en våning (Linderoth, 2016). Genom att kombinera olika semiotiska resurser kan begrepp eller delar av begrepp belysas ur olika perspektiv eller olika mycket. Semiotiska resurser kan således sägas ha olika *affordans* beroende på användning och sammanhang.

Gibson anser att ett föremål har *affordans* i sig självt oberoende av användaren. Norman (1988) problematiserar Gibsons idé genom att föreslå att ett föremåls *affordans* beror på att mottagaren vet hur det ska användas. Ett föremål som kräver instruktion för att erbjuda mening har enligt Norman låg *affordans* medan ett föremål med hög *affordans* tydligt visar vad som erbjuds eller hur det ska användas. Föremålets *affordans* är också beroende på användarens tidigare erfarenheter och vad denne kan urskilja av dessa (Eriksson et al., 2014).

Då man slagit fast att en fysisk aktivitet eller en artefakt kan utgöra en semiotisk resurs blir det möjligt att beskriva dess potential för meningsskapande. Detta beskrivs av van Leeuwen (2005) som resursers semiotiska potential. Han skiljer mellan begreppen potential och *affordans* på så sätt att potential står för mening som accepterats i sociala sammanhang – vilket följer Normans teori – medan han ser på begreppet *affor-*

dans på samma sätt som Gibson, då det även innefattar mening som ännu inte beskrivits utan ligger latent.

Urvalet av representationer är stort och de erbjuder olika affordanser beroende på innehållet de beskriver eller sammanhanget de placeras i (Kress & Selander, 2012). Den erbjudna meningen i en lärobok är formad i ett kulturellt sammanhang. Författarens personliga erfarenheter och den kulturella omgivningen påverkar utformningen av den erbjudna meningen. Denna behöver dock inte överensstämma med den mening som läsaren uppfattar. Läsarens uppfattade mening är beroende dels av läsaren själv, dels av den kultur eller det sammanhang, till exempel skolan, som läsaren befinner sig i (Selander & Kress, 2017). Då ett läromedels affordans betraktas utifrån Gibsons vinkling kan dess erbjudna mening ses som författarens intention med läromedlet. Om den i stället betraktas med Normans perspektiv har lärarens tolkning betydelse och den är inte något som författaren kan råda över. Det behöver således inte alltid vara så att den erbjudna affordansen överensstämmer med den uppfattade affordansen.

3.3.1 Didaktisk transduktion

För att förtydliga ett innehåll används representationer av olika slag. Detta innehåll kan dock vara svårtillgängligt för elever och behöver *packas upp* för att göras tillgängligt (Airey & Eriksson, 2019; Fredlund et al., 2014). Med begreppet packa upp en representation menas att denna bearbetas genom undervisning eller förses med tydligt tolkningsstöd. Kress (2010) beskriver transduktion som gestaltning genom ett nytt medium. Det innebär att informationen bearbetas och omgestaltas, till exempel genom att först läsa och sedan skriva (Selander & Kress, 2017). Då ett budskap förmedlas är det oundvikligt att dess innehåll genomgår en transduktion, det vill säga omformas för att möta mottagaren på grund av dennes olika förutsättningar. Dessutom förändras den sociala struktur som utgör bas för kommunikationen. Det går därför aldrig att åstadkomma en perfekt transduktion från en semiotisk resurs till en annan (Bezemer & Kress, 2008).

Den kunskap som förmedlas i de studerade läroböckerna har genomgått en **didaktisk transduktion** i flera led. Man utgår från att diskursens kunskap, går via den kunskap som enligt kursplanen ska läras ut, för att slutligen nå fram till kunskap som presenteras för eleverna. Genom denna process omvandlas informationen i viss mån för varje steg så att skolfysiken på flera håll skiljer sig från fysikens diskurs (Vaz, 2017). Den didaktiska transduktionen innebär att förenklingar av kunskapen skett, från den referensvetenskap som utgörs av diskursen till versionen i skolfysiken (Ricardo & Pietrocola, 2011). Att endast använda en bråkdel av diskursen vid undervis-

ning, samt att denna genomgått förändringar, kan utgöra hinder för förståelsen och därmed begränsa möjligheterna till inläring.

Det finns en skillnad i disciplinär affordans och pedagogisk affordans. Förenklat kan den disciplinära affordansen beskrivas som det diskursiva innehållet medan den pedagogiska affordansen handlar om meningserbjudandet. Representationer som är svåra att tolka och kräver mycket förkunskaper för att man ska kunna ta dem till sig har hög disciplinär affordans men låg pedagogisk affordans. Representationer med hög pedagogisk affordans kan å andra sidan ha låg disciplinär affordans om innehållet transformerats så att delar som är betydelsefulla för diskursen eliminerats helt eller delvis. En representation med hög disciplinär affordans men med låg pedagogisk affordans kan via undervisningen packas upp så att den blir mer meningsbärande (Airey & Eriksson, 2019). Eftersträvansvärt är att använda representationer med både hög diskursiv affordans och hög pedagogisk affordans. De som är invigda i en disciplin och dess representationer förbiser många gånger att de som står utanför inte har förmåga att ta till sig disciplinens diskurs därför att de helt enkelt inte kan tolka de semiotiska resurser som används för att beskriva den. I stället för att förenkla representationer så att deras disciplinära affordans förminskas eller försvinner föreslås att man lägger stor vikt vid att introducera de som är nya i disciplinen i hur man tolkar representationer för att höja deras pedagogiska affordans (Airey & Eriksson, 2019).

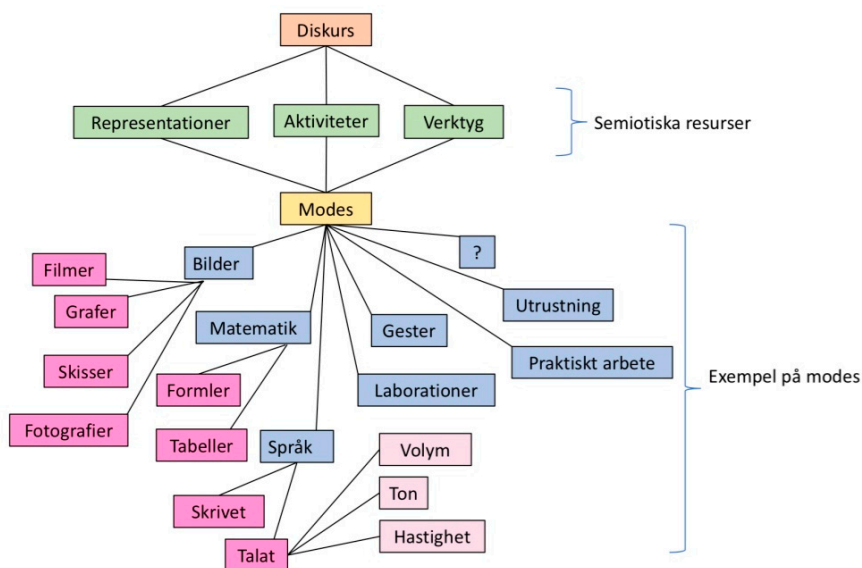
3.4 Teoretiskt ramverk för att beskriva representationernas koppling till diskursen

Det här avsnittet redogör för den teoretiska modell som ligger till grund för analysen av läroböckernas användning av semiotiska resurser. Modellen beskriver hur ett ämnes diskurs byggs upp i olika nivåer. Studien omfattar läroböcker i fysik för högstadiet vilka skiljer sig från läroböcker för andra skolämnen bland annat genom att texten är faktatät och ofta skriven i passiv form. Mängden abstrakta begrepp i naturvetenskapliga texter är högre än i andra discipliner (Ekvall, 2010). Begrepp kan beskrivas med hjälp av semiotiska resurser av olika slag och många av dem är anpassade för fysikämnet.

Varje disciplin karaktäriseras av en bestämd diskurs och dess specifika språk och kunskapsanspråk. En disciplin är uppbyggd av alla involverade individer vilka var och en spelar sin roll i att skapa och dela kunskap. Inom en disciplin byggs kunskapen upp genom att alla individer bidrar med olika delar, till exempel begrepp, teorier eller handlingar (Kress & van Leeuwen, 2001). Den disciplinära diskursen visar hur kunskapen inom ett område byggs upp. För att beskriva den används *representationer*, *aktiviteter* eller *verktyg*. Med hjälp av ett antal semiotiska resurser kan dessa sedan bearbetas, utvecklas och kommuniceras (Airey & Linder, 2009). Det kan också

handla om sätt att tala om eller förmedla kunskap inom området. Den disciplinära diskursen har således två delar: kunskapen inom området och hur den kommuniceras. Den disciplinära diskursen är ofta subtil och svår att definiera. Språket kan vara specialiserat och utan vidare tas för givet av de invigda (Kress, 2010). De som är inne i diskursen är inte alltid är medvetna om detta, det vill säga det som tas för givet av dem kan vara utom räckhåll för de som befinner sig utanför diskursen. Om dessa båda parter inte möts i kommunikationen kan det leda till att diskursen får svårt att nå fram. I detta arbete analyseras hur diskursen kommer till uttryck i fysikläromedel genom användandet av representationer. Läroboksförfattaren är den som är invigd i diskursen och ska förmedla dess budskap till eleverna som ännu inte är invigda i diskursen.

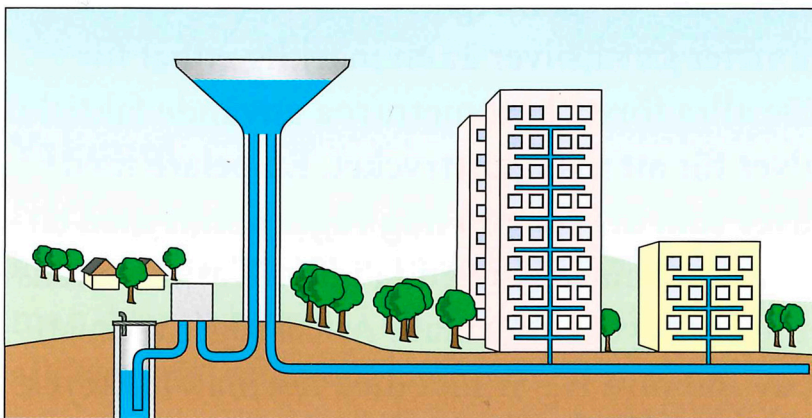
Modellen som visar hur begreppen diskurs, representationer och semiotiska resurser hänger samman har skapats av Airey och Linder (2009). De kallar den *”The disciplinary way of knowing”*, se figur 3.8. Modellen visar på ett komplext samband mellan ett ämnes diskurs, de delar som bygger upp den och hur dessa kan kommuniceras. Modellen består av tre nivåer av vilka den första nivån anger vilken diskurs man befinner sig i. Den andra nivån delar upp diskursen i tre delar: representationer, verktyg och aktiviteter. Den tredje nivån presenterar därefter de *modes* som kan kommunicera diskursen. Dessa modes är inte knutna till en specifik semiotisk resurs utan kan kopplas till alla beroende på hur de används.



Figur 3.8. Sambandet mellan ett ämnes diskurs, vad som utgör stommen i den och de semiotiska resurser vilka beskriver den samt de modes som kommunicerar diskursen. Modellen är omarbetad efter Airey och Linder (2009).

En teoretisk modell ska underlätta systematiseringen av det undersökta materialet. Det kan vara ett bra sätt att få en helhetssyn över det insamlade materialet. Ett starkt argument för att använda sig av en modell är att det minskar utrymmet i resultaten för forskarens värderingar och åsikter. Genom att använda sig av en modell tvingas forskaren reflektera över sina åsikter och slutsatser och sätta dem i relation till modellen. Det kan vara lätt att tolka information och dra slutsatser utan saklig förankring. En analytisk modell kan vara ett sätt att motverka detta. Dessutom minskar risken att information förbises om det finns ett redskap med vilket allt material behandlas (Bryman & Nilsson, 2011).

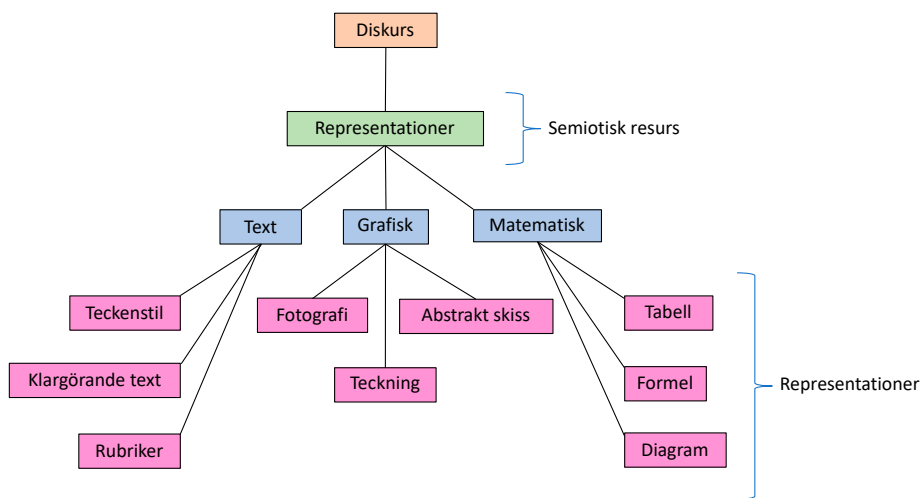
Alla discipliner har förutom generella representationer även specifika representationer. En representation i en fysikbok kan vara generell genom att den visar en större helhet, samtidigt som samma representation kan beskriva en specifik del i ett fysikaliskt fenomen. I figur 3.9 exemplifieras den generella aspekten genom att representationen visar upp hur vattentornet är en del av samhället och att alla hushåll är sammankopplade medan den specifika aspekten belyses genom att visa detaljer som hur vattnet kommer upp till reservoaren.



Figur 3.9. Teckningen av systemet med vattentornet och hur det är kopplat till husen är ett exempel på en representation som både är generell och specifik beroende på vad man väljer att lägga fokus på (Monthán 2015, s. 109). I det stora sammanhanget är den generell då den visar på hur alla hushåll är sammankopplade med varandra och med vattentornet. Men man kan också välja att studera detaljer som hur vattnet kommer upp till reservoaren eller hur det kommunicerande kärlet fungerar och representationen blir då i stället specifik.

Exempel på representationer som är specifika för fysiken kan vara laborationsutrustning, matematiska formler och diagram. Skillnader hos de semiotiska resurserna innebär att de kan användas på olika sätt både inom och mellan discipliner. Det betyder att de i olika sammanhang har olika affordans (Bezemer & Kress, 2008). Det är genom användandet av de semiotiska resurserna som den disciplinära diskursen skapas.

En representation kan överskådligt sammanfatta ett större stycke text likväl som den kan belysa en detalj i texten. Airey och Linder (2009) definierar den disciplinära diskursen som ett ”sätt att ha kunskap”. Med detta menar de den komplexa sammansättningen av semiotiska resurser. Detta sätt att definiera diskursen passar detta arbete väl eftersom det är de representationer som finns i läroböcker som studeras. Modellen används för att visa på hur fysikämnets diskurs kommer till uttryck i skolans läroböcker. Då tryckta läroböcker endast innehåller semiotiska resurser som kan sorteras in under kategorin representationer begränsas i denna studie analysen till representationer, varför aktiviteter och verktyg inte studeras. Dessa är semiotiska resurser som förekommer i arbetet med ämnesinnehållet, men som inte studeras i denna studie. För analysen i den här studien har därför den teoretiska modellen beskriven ovan bearbetats för att tydligare visa på de samband som förekommer i läroböcker, figur 3.10. De *modes* som uttrycker disciplinens innehåll kan direkt länkas till representationer, varför dessa båda begrepp likställs i denna avhandling.

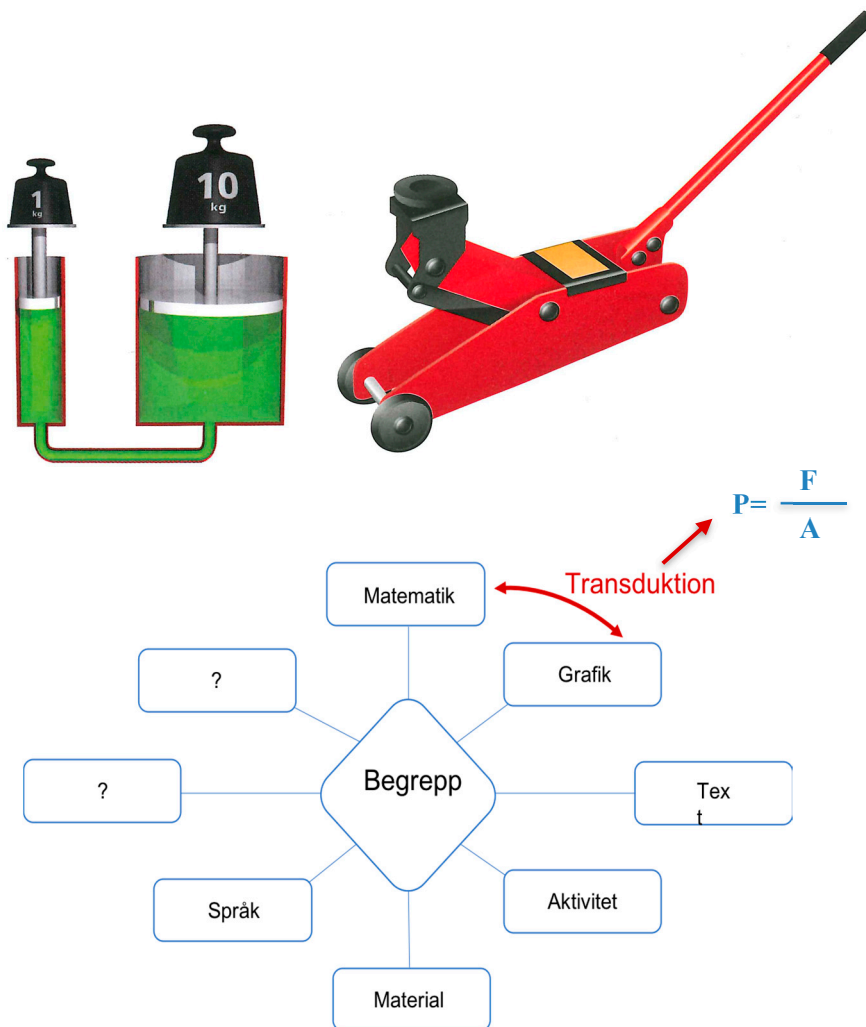


Figur 3.10. Bearbetad version av modellen "The disciplinary way of knowing". Kategorierna av representationer motsvarar de som utgör analysens kategorier i den andra delen av analysarbetet.

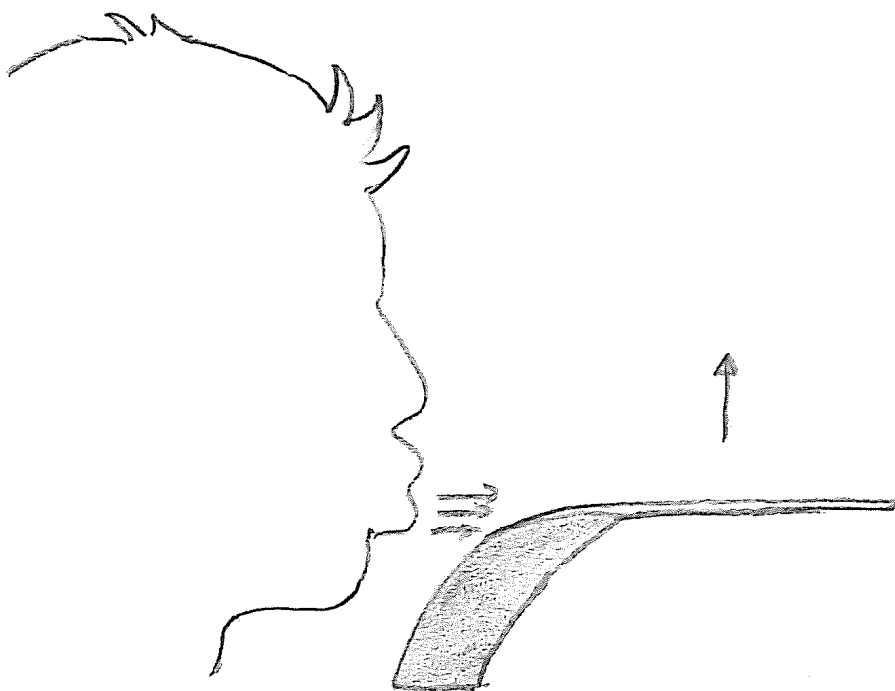
Genom att kombinera olika semiotiska resurser kan man belysa begrepp eller delar av begrepp ur olika perspektiv eller olika mycket. Semiotiska resurser kan således sägas ha olika affordans beroende på användning och sammanhang. Genom valet av dem, och det sätt på vilket man använder dem, kan man därför påverka det budskap man vill förmedla. Var och en av dessa semiotiska resurser förväntas ha olika affordanser, det vill säga olika möjligheter att företräda disciplinen. De semiotiska resurser som

utvecklats specifikt för att beskriva diskursen gör det möjligt att beskriva och sprida kunskapen inom disciplinen. Dessa semiotiska resurser företräds av till exempel fotografier, diagram eller matematiska formler. Med diskurs menas alltså hela systemet av semiotiska resurser och hur dessa används (Airey & Linder, 2009).

För att få en övergripande vy av diskursen kan det ofta behövas en kombination av flera olika semiotiska resurser. Många gånger kan diskursen inte beskrivas med enskilda semiotiska resurser. Det kan då behövas ytterligare semiotiska resurser för att skapa en länk mellan två eller flera semiotiska resurser, det vill säga transduktion. Dock klarar inte heller dessa av att beskriva begreppet på egen hand utan fungerar främst som en koppling mellan resurser, figur 3.11. En semiotisk resurs kan öppna upp möjligheten att ta till sig information förmedlad av flera andra resurser. Se till exempel figur 3.11 som beskriver hur en domkraft fungerar. I texten används avvikande teckenstil, fetstil, för att markera begreppet domkraft innan texten som förklarar dess funktion följer. Nedanför texten visas en schematisk bild och en teckning av domkraften. Ingen av dessa semiotiska resurser, avvikande teckenstil, teckning eller schematisk bild, ger en tydlig förklaring av hur arean hänger samman med domkraftens lyftkraft. Genom att tillföra ytterligare en semiotisk resurs i form av en matematisk formel skulle förklaringen kunna göras betydligt mer tillgänglig för mottagaren. En länk mellan befintliga semiotiska resurser kan på så sätt skapas. Denna utgörs av den matematiska formeln.



Figur 3.11. a och b. Varken avvikande teckenstil i lärobokens text eller teckningen av domkraften (3.11.a, övre) (Schultze 2010, s.84) räcker för att beskriva domkraftens funktion. Detta är ett exempel på att enskilda semiotiska resurser kan ha svårt att tydliggöra begrepps innebörd. Med hjälp av en matematisk formel skulle areans betydelse för trycket tydliggöras. Dock kan inte heller en matematisk formel på egen hand belysa helheten. Det är först när de olika elementen kombineras med varandra som den verkliga effekten uppstår. Den matematiska formeln blir då en länk mellan de övriga semiotiska resurserna, (3.11.b, nedre). Detta är exempel på transduktion.



Försök 3. När man blåser ovanför pappersarket rör sig luften där fortare än omgivande luft. Då bildas ett undertryck. När omgivande luft, med högre lufttryck, rör sig mot området med lägre lufttrycket följer arket med.

4 METOD

I det här arbetet studeras visuella representationer i fysikläroböcker för högstadiet. Metodkapitlet tar avstamp i forskningsfrågorna; vilka typer av representationer förekommer i läroböcker, hur används de och vilken meningspotential har de. Gemensamt för hela studien är representationerna i fysikläroböckernas kapitel inom det valda ämnesområdet ”tryck”. Först presenteras det kategoriseringsverktyg som använts för att analysera förekomst och frekvens av de visuella representationerna i läroböckerna. Därefter redogörs för hur användningen av representationer har analyserats med fokus på bland annat representationernas syfte och placering. Även i denna analys har representationerna kategoriserats med hjälp av ett kategoriseringsverktyg. Efter det beskrivs analysen av representationernas meningserbjudande. Slutligen diskuteras studiens kvalitet.

4.1 Urval av läroböcker

I Sverige finns fyra stora förlag som ger ut läroböcker i tryckt form: Gleerups, Liber, Natur & Kultur samt Sanoma, varav Gleerups ger ut två olika titlar. När fysikläroböcker används i svenska grundskolor är det troligtvis någon av dessa fem titlar. Alla läroböckerna i studien är uppdaterade enligt gällande läroplan, LGR 11. Alla fem läroböckerna har studerats i avsikt att täcka in en så stor del av läroboksmarknaden för svenska skolor som möjligt. Det finns även skolor som använder sig av andra läroböcker och många skolor i Sverige använder numera digitala läromedel i stället för tryckta läroböcker.

De läroböcker som ingått i studien är Fysik Direkt, Makro, Puls, Spektrum och Titano. Tabell 4.1 presenterar dessa läroböcker och redovisar titel, förlag, författare samt utgivningsår.

Tabell 4.1. Sammanställning över de läroböcker som ingår i studien. I tabellen redovisas titel, förlag, författare samt utgivningsår.

Titel	Förlag	Författare	Utgivningsår
FYSIK DIREKT	Sanoma	Per Andersson, Pernilla Andersson, Jerker Bengtsson	2011
MAKRO	Gleerups	Jacques Schultze	2010
PULS	Natur & Kultur	Börje Ekstig, Staffan Sjöberg	2011
SPEKTRUM	Liber	Anders Karlsson, Lennart Undvall, Margareta Hylén	2013
TITANO	Gleerups	Ingrid Monthán	2015

Det är de ordinarie läroböckerna i tryckt form som studerats. Några läroböcker har även förenklade eller inlästa versioner vilka inte studerats. I de förenklade versionerna tillkommer inte några nya representationer. De representationer som förekommer är ett urval av de som presenteras i huvudversionen av boken. De inlästa versionerna utgör endast en uppläsning av texten utan att representationerna belyses särskilt. Eftersom studien inriktat sig på att analysera visuella representationer föreföll valet att inte ta med dessa i studien naturligt.

4.1.2 Urval av ämnesområde

För att få en överskådlig och jämförbar uppfattning av hur läroböckerna behandlar fysikämnet fokuserades denna studie på kapitlet om tryck. Tryck är ett tydligt område inom fysiken. Det är avgränsat och ger utrymme både för stor användning av representationer och en bred variation av representationer. Dessutom uppvisar läroböckerna likheter inom detta avsnitt: bland annat är upplägget av kapitlet i de fem läroböckerna likartat. Genom detta val utslöts medvetet andra upplägg där en intressant vinkel skulle kunnat vara i vilka sammanhang begrepp kopplade till tryck kombineras med andra delar av fysikens ämnesområden. Ytterligare ett argument för val av kapitel

var att ämnesinnehållet innebar en möjlighet att beskriva begrepp med olika typer av representationer. Det finns, utifrån fysikens diskurs, underlag för att alla kategorier av representationer kan finnas med. Särskilt togs hänsyn till att matematiska samband skulle kunna representeras visuellt. Till exempel kan förändring redovisas med hjälp av diagram och samband med hjälp av matematiska formler.

4.1.3 Vad studeras? Avgränsning av studien

Läroböckernas kapitel om tryck har analyserats i sin helhet. Detta innebär att textrepresentationer i den löpande texten såväl som representationer som sticker ut från texten såsom, textrutor och rubriker, ingår i analysen. Grafiska representationer, såsom fotografier och teckningar samt matematiska representationer, till exempel tabeller och formler hör också till. Däremot har inte studieuppgifter och sammanfattningar tagits med. Det är inte alla böcker som har studieuppgifter i läroboken varför det inte blir rättvisande om representationer i dessa analyseras för några av läroböckerna. Att sammanfattningarna inte ingått beror på att det inte tillkom några nya representationer i dessa utan om det förekom några representationer var det en upprepning av de som redan presenterats tidigare i kapitlet.

4.2 Läroboksanalysens metoder

Den metod som använts för analysen av läroböckernas representationer är innehållsanalys. Innehållsanalys bygger på att material sorteras in i bestämda kategorier. Övergripande handlar det för den här studien om att studera vilka olika former av representationer som förekommer i läroböckerna samt analysera deras användning och meningserbjudande. Undersökningsmetoden är i grunden en systematisk och icke experimentell metod (Liu & Khine, 2016). Innehållsanalys är en välanvänd metod för både kvantitativ och kvalitativ undersökning av innehållet i ett material. Denna flexibilitet gör det möjligt att använda den för flera olika typer av studier (Babaei & Abdi, 2014). Metoden kan användas för att räkna ord eller bilder men också kan utgöra en metod för att utvinna innehåll från insamlade data (Cohen, Manion, & Morrison, 2011; Krippendorff, 1980).

För analysen av representationernas förekomst i läroböckerna användes en kvantitativ analysmetod där andelen av olika representationer analyserades. Fokus var att studera vilka representationer som förekom och i vilken omfattning. Analysen av användningen av representationer är en kvalitativ metod där de olika representationerna kommer att analyseras utifrån hur de stödjer texten. Fokus i den delen av arbetet låg

på läroböckernas användning av representationer vilket analyserades och beskrevs. För analysen av det meningserbjudande som representationer i läroböckerna har användes ett antal fokusområden, det vill säga områden som har möjlighet att erbjuda mening, såsom elevperspektiv.

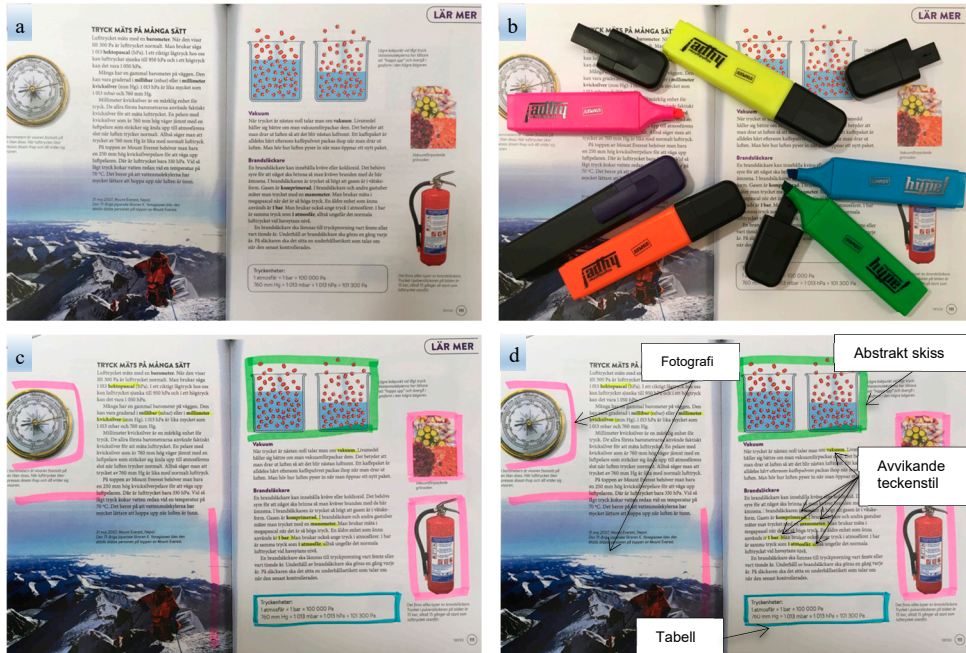
4.2.1 Metod för analys av förekommande representationer

Studiens första del är en kvantitativ sammanställning över de visuella representationer som förekommer i läroböckerna med avsikt att visa på helheten av alla förekommande representationer. Analysen av förekomsten av visuella representationer bygger på den uppdelning som Liu och Khine (2016) använder och som redovisas i den andra och tredje kolumnen i tabell 4.2: grafisk representation och matematisk representation. I deras modell förekommer det inte några kategorier för textrepresentationer. Vid översiktsläsningen av kapitlen i studiens läroböcker noterades att visuella textrepresentationer är relativt rikligt förekommande, varför analysens schemat kompletterades med kategorin textrepresentationer med tre undergrupper, variation i text, klargörande text och rubriker (kolumn 1 i tabell 4.2).

Tabell 4.2. Kategorier för de representationer som förekommer i läroböckerna. Dessa kategorier används för den kvantitativa delen av analysen i studien av läroböcker (Liu & Khine, 2016).

1. Textrepresentation	2. Grafisk representation	3. Matematisk representation
a) Variation av text. Då nya begrepp införs kan de representeras med avvikande teckenstil till exempel fetstil, kursiv stil eller understruken text. Textens storlek och typsnitt kan också varieras för att belysa ett begrepp.	a) Fotografi, representation som direkt avbildar ett begrepp.	a) Tabell används till exempel för att visa listor med information.
b) Klargörande text innebär att begreppen beskrivs ytterligare, till exempel i en textruta eller med text tillsammans med en annan representation.	b) Teckning är en representation som avbildar ett begrepp på ett generaliserat sätt.	b) Formler visar hur data inom ämnesområdet kan bearbetas matematiskt.
c) Rubriker. Genom uppdelning i delar med klargörande rubriker kan innehållet tydliggöras.	c) Abstrakt skiss, representation som avbildar ett abstrakt begrepp eller något som inte kan observeras direkt till exempel magnetfält, hur krafter angriper ett objekt eller ljudvågor.	c) Diagram visar ett begrepp i förhållande till ett annat, till exempel kan luftens fördelning av gaser visas i ett cirkeldiagram och lufttryckets förändring i förhållande till höjden över kan visas havet i ett linjediagram.

Kapiteln i läroböckerna lästes först översiktligt för att få en överblick över vilka representationer som förekom samt för att kunna få en övergripande bild av kategorierna utifrån den modell som Liu och Khine (2016) skapat. Varje kategori av representationer tilldelades en egen färg. Figur 4.1 visar i en serie fotografier hur metoden användes i analysen av ett uppslag i en av de analyserade läroböckerna. När läroböckerna sedan noggrant studerades markerades de olika representationerna med respektive färg. Slutligen räknades representationerna i varje kategori var för sig och sammanställdes.



Figur 4.1. Bildserien, a-d, visar tillvägagångssättet då representationerna urskildes. a) Översiktsbild av ett uppslag i TITANO (Monthán 2015, s. 110 – 111), b). Alla kategorier tilldelades en färg c) Då kapiteln genomlästes markerades alla representationer med olika färg beroende på vilken kategori de bedömdes tillhöra. d) Merparten av alla uppslag i läroböckerna, liksom detta exempel, innehåller ett stort antal representationer i flera olika kategorier.

I läroböckerna förekommer representationer som består av flera delar som var för sig skulle kunna placeras i olika kategorier. Det kan handla om en bildserie över en process där olika delar representeras på olika sätt, till exempel med fotografier, diagram eller en schematisk skiss. Lee (2010) föreslår att dessa komplexa representationer ska betraktas som en enhet om intentionen är att de som helhet ska representera ett begrepp eller en process. Den dominerande delen av representationen kommer därför i den här studien att vara det som avgör i vilken kategori representationen som helhet placeras.

4.2.2 Metod för analys av representationers användning

Vid andra delen av läroboksstudien studerades hur läroböckerna använder grafiska och matematiska representationer för att förstärka textens budskap. Bland annat studerades hur relationen till den löpande texten såg ut, hur de olika representationerna användes på ett systematiskt sätt och hur de placerades i förhållande till den löpande texten. Det är en kvantitativ såväl som en kvalitativ analys, där modellen för kategorierna är baserad på en studie av Slough et.al. (2010). Representationerna kategoriseras utifrån hur de verkar tillsammans med texten för att beskriva innehållet i läroboken, deras funktion utifrån vad de vill belysa samt med vilket syfte de placerats tillsammans med texten i läroböckerna. Representationers användning tillsammans med text i läroböcker kan betraktas utifrån två olika perspektiv. En representation kan beskriva texten eller en text kan beskriva representationen.

I studien sammanställs fyra principer för analys av grafiska och matematiska representationer. Den första principen handlar om representationers funktion i sammanhanget. På vilket sätt stödjer representationerna texten. Den andra principen handlar om representationers möjlighet att hjälpa till att tolka innehållet. Den tredje principen handlar om hur text och representation placeras i förhållande till varandra på sidorna i läroböckerna för att ge en helhetssyn av begreppet. Den fjärde principen, slutligen, handlar om hur texten stödjer samverkan med representationerna.

Utifrån dessa fyra principer har sedan 15 kategorier skapats för att gruppera representationerna. Nedan beskrivs dessa kategorier. Kategorierna visas även som en sammanställning i tabell 4.3.

Tabell 4. 3. Kategorier för representationer vilka används för analysen av representationers användning.

1. Form och funktion	2. Erbjuder tolkningsstöd	3. Placering av representationer	4. Integration av text och representation
a) Dekoration, tillägg utan att stödja texten.	a) Instruktioner för att hjälpa till att skapa förståelse.	a) Figur inkluderad i texten.	a) Hänvisning i texten till representationer.
b) Avbildning, visar direkt det som texten förmedlar.	b) Förklaring av komplexa processer eller system.	b) Figur placerad före texten.	b) Engagerande text till exempel med frågor till läsaren.
c) Organisation, sammanlänkar text och representation.		c) Figur placerad efter texten.	c) Uppmaning att aktivt ta del av representationer.
d) Förtydligande genom att lägga till information.		d) Figur placerad intill texten.	
e) Transformation, omvandlar till något som är lättare att komma ihåg.		e) Figur placerad på annan sida än texten.	

Grupp ett är representationer som kan sorteras in under den första principen: representationer som beskrivs utifrån sin form och funktion.

- 1a) Dekoration: En representation kan vara tilltalande att betrakta men utan att tillföra något till sammanhanget eller stödja förståelsen av texten.
- 1b) Avbildning: En representation som korrekt avbildar textens innehåll tillför ytterligare ett element.
- 1c) Organisation: En representation som organiserar materialet för att skapa en tydlighet och gör det mer lättöverskådligt till exempel pekar ut detaljer eller sammanlänkar delar.
- 1d) Förtydligande: Utvecklar organisationen genom att tillföra ytterligare information till exempel pilar som visar en processriktning eller klargörande text i representationen.
- 1e) Transformation: Omkodar informationen till något som är lättare att komma ihåg eller som kan kroka i redan befintlig kunskap. Transformation kommer i avhandlingen används synonymt med transduktion.

Grupp två omfattar representationer vilka är avsedda att hjälpa till att tolka begrepp eller andra representationer. Många begrepp och även de representationer som beskriver dem kan vara svåra att tolka. Genom att förklara hur representationer ska tolkas, kombinera flera representationer eller lägga till ytterligare delar kan läroboken hjälpa läsaren att förstå dem.

- 2a) Instruktioner: Processer kan vara svåra att avbilda. Genom att ge instruktioner om hur en representation ska läsas kan man hjälpa till att skapa förståelse. Att lägga till text i representationerna, exempelvis för att namnge detaljer eller genom att visa ett flödesförlopps riktning med hjälp av pilar, gör att den blir lättare att tolka.
- 2b) Förklaringar: Representationer, speciellt de som beskriver abstrakta begrepp eller komplexa system, kan vara svåra att tolka. Med beskrivande text i representationerna riktas fokus mot väsentliga delar vilket hjälper förståelsen. Att lägga till förklaringar i representationerna och utveckla resonemangen om komplexa system eller processer för att göra dem tydligare, eller skapa system av representationer där varje del utgör byggstenar för att se helheten, bidrar också till att hjälpa läsaren att förstå representationerna.

Den tredje gruppen av kategorier handlar om hur representationer är placerade i förhållande till den text som beskriver samma innehåll som representationen.

- 3a) Representation inkluderad i texten: Om ett längre avsnitt text handlar om en representation kan läsaren behöva skifta flera gånger mellan text och representation för att få en helhetsupplevelse. Genom att integrera representationen med den löpande texten kan avståndet mellan representation och tillhörande textinnehåll minskas. Överblicken blir tydligare ju kortare avstånd som fokus behöver förflyttas.
- 3b) Representation placerad före texten: Genom att placera en representation före den tillhörande texten kan man aktivera förkunskap som redan finns hos läsaren.
- 3c) Representation placerad efter texten: Visar direkt det som beskrivits i texten.
- 3d) Representation placerad intill texten: För att inte hindra läsflödet i den löpande texten men ändå ge läsaren närhet till tillhörande representationer kan de placeras bredvid texten.
- 3e) Representation placerad på en annan sida än texten: En placering på annan sida kan vara motiverad om en representation kräver stort utrymme för att vara tydlig.

Den fjärde gruppen av kategorier handlar om hur texten får läsaren att aktivt ta del av representationer.

- 4a) Hänvisning: När texten ger tydliga instruktioner om vilka representationer det handlar om blir det lättare för läsaren att ta till sig informationen.
- 4b) Engagerande text med frågor: Om texten innehåller frågor rörande representationerna får man läsaren att aktivt ta del av dem. Då representationen till exempel är ett diagram kan det bli lättare att tolka detta om det finns direktiv till vad det är man ska fokusera på.
- 4c) Uppmaning: För att få läsaren att rikta fokus mot representationerna kan man ge instruktioner att fokusera på specifika representationer eller delar av representationer i anslutning till texten om deras innehåll.

4.2.3 Analys av representationers meningserbjudande

Som grund för analysen av representationernas meningserbjudande ligger de grafiska representationerna. Ett urval av dem har utgjort material för djupare analys för att sedan kunna diskutera deras innehåll med avseende på det meningserbjudande de har. Analysen har gjorts med fokus på vardagsanknytning, elevperspektiv, förenkling och transduktion. I tabell 4.4. redovisas det analysstöd som använts för att analysera representationernas meningserbjudande.

Tabell 4.4. Tabellen redovisar det analysstöd som använts då representationerna analyseras med avseende på det meningserbjudande de har. I tabellens vänstra kolumn presenteras de fokusområden som utgjort basen för denna analys. I den högra kolumnen redogörs för de frågor som fungerat som själva analysstödet.

Fokusområde	Analysstöd
Vardagsanknytning	I vilken uträkning finns förutsättning för att elever ska känna igen föremål eller situationer? Är det troligt att en övervägande del av eleverna i undervisningen har kommit i kontakt med föremål eller situationer som avbildas i representationerna?
Elevperspektiv	Hur nära är eleverna knutna till föremål eller situationer? Finns förutsättningar i undervisningen för eleverna att ta till sig och sätta sig in i representationernas innehåll? På vilket sätt anknyter representationerna till eleverna?
Förenkling	Är representationerna övergripande, har detaljer uteslutits eller tonats ned? Saknas viktiga delar? Stödjer eller förstärker bildtexterna representationerna?
Transduktion	Hur förhåller sig representationerna till fysikens diskurs?

I analysen eftersöks detaljer som visar tecken på meningserbjudande. Även representationer som förefaller sakna meningserbjudande har varit av intresse för analysen. Representationerna har analyserats tillsammans med bildtexterna för att se helheten. Välformulerade bildtexter stärker deras meningserbjudande (Pettersson, 1991). Representationers meningserbjudande styrs även av hur de används, till exempel enskilt eller i kombination med andra representationer och i olika sammanhang, till exempel hur väl de passar till texten eller till övriga representationer. Därför har användning och sammanhang varit centrala begrepp för analysen av representationers meningserbjudande.

Den diskurs som förs fram i fysikläroböcker skiljer sig från fysikens diskurs bland annat genom att den i läroböckerna är anpassad till den specifika målgruppen, det vill säga elever på högstadiet. Den löpande texten är mer övergripande och representationerna har genomgått transduktion i flera olika led för att öka de pedagogiska meningserbjudandena. Då representationernas möjligheter att erbjuda mening analyseras

är begreppet diskurs centralt (Molin, 2006) och därför har fysikens diskurs hela tiden funnits med i sammanhanget då meningserbudandet hos läroböckernas representationer har analyserats.

4.3 Studiens kvalitet

Ett resonemang om studiens reflexivitet, validitet och reliabilitet görs för att fastställa avhandlingens vetenskapliga värde. Först behandlas begreppet reflexivitet. I denna studie är forskaren en aktiv del av arbetet med att placera representationer i kategorier och det är därför viktigt att reflektera över den betydelse detta får. Därefter tas studiens validitet upp, det vill säga ett resonemang om huruvida det som avses att studeras verkligen studeras samt om studien är förankrad i relevanta teoretiska begrepp. Slutligen redogörs för studiens reliabilitet, vilken handlar att studiens resultat blir desamma om undersökningen genomförs igen och oberoende av vem som genomför den.

4.3.1 Reflexivitet

Att förhålla sig reflexivt är att vara medveten om att forskarens roll bör ses som en del i det som studeras. Den lärarbakgrund som det här arbetets författare har kommer givetvis att påverka en del av analysarbetet, eftersom det inte går att helt bortse från författarens erfarenhet av att undervisa högstadieelever samt av att använda flera av de studerade läroböckerna. Författaren är i det här arbetet en del av kontexten. När tolkningar gjorts i analysarbetet har det därför varit oundvikligt att de egna erfarenheterna kommit att påverka resultaten och därmed blivit en del av arbetet. Det är viktigt att vara medveten om detta: tydlighet och transparens gör att missförstånd kan undvikas (Tracy, 2015).

I kapitel 4 beskrivs metodens delar: de analysverktyg bestående av kategorier under vilka representationerna sorteras in. I arbetet med att skapa dessa verktyg har ett teoretiskt ramverk tagits fram samtidigt som tidigare studier gått igenom och värderats med avseende på verktyg med vars hjälp representationer kan sorteras in olika kategorier på ett så objektivt sätt som möjligt. De kriterier som använts har grundats i tidigare studier men vidareutvecklats för att kunna besvara de uppställda forskningsfrågorna. Kriterierna har noggrant beskrivits för att de ska vara tydliga då de används i analysarbetet. Likväl är det forskaren som väljer vilka kategorier specifika data ska sorteras in under. Den som utför en kvalitativ analys måste därför vara väl medveten om, och uppmärksam på sin roll. Det finns alltid en risk att resultaten säger mer om forskaren än om den insamlade datamängden (Cohen et al., 2011). En noggrann

beskrivning av kategoriseringsverktyget skapar därför förutsättningar för att en objektivare kategorisering ska kunna genomföras. Även om kategorierna är tydliga är det viktigt att vara medveten om att forskarens subjektiva bedömning kan ha inverkan på kategoriseringen av representationerna. Särskilt gäller det analysen av representationernas meningserbjudande, då detta kategoriseringsverktyg lämnar utrymmer för större subjektivitet än de båda andra kategoriseringsverktygen. Den erfarenhet som författaren bär med sig utgör också stommen för delar av diskussionen, då de svårigheter som elever kan uppleva och resonemang som är värda att föra kring representationernas meningserbjudande är välbekanta för författaren.

4.3.2 Validitet

I en kvalitativ studie är de data som beskrivs kontextbundna, socialt förankrade, deskriptiva och holistiska (Cohen et al., 2011). Detta gäller även den data som analyseras i den här studien. Läroböckerna är skrivna utifrån de mål som beskrivs i kursplanen och representationerna i läroböckerna används i relation till läroböckernas löpande text. Forskarens bakgrund utgör dessutom en del av den kontext som analysen relaterar till. Validitet handlar om att säkerställa att det som avses att studeras också verkligen studeras. Som forskare i en kvalitativ studie är man en del av det sammanhang som studeras och kan därför inte vara helt objektiv. Validiteten beror därför snarare på vad som berättas än de data som samlats in eller den metod som använts (Cohen et al., 2011). En kvalitativ studie kan aldrig hävda att den är generell utan i stället eftersträva att vara beskrivande på ett så heltäckande sätt som möjligt.

Studien ska ha ett tydligt syfte och vara väl beskriven och dessutom ska studiens forskningsfrågor vara besvarade och diskuterade. För att säkerställa ett arbetes trovärdighet är det därför bra att ha ett ramverk att utgå från (Tracy, 2015). Nedan följer en redogörelse för detta arbetes validitet där de åtta kategorier som Tracy (2015) beskriver utgjort ett sådant ramverk. Dessa kategorier är a) relevans (*worthy topic*), b) stringens (*rich rigor*), c) uppriktighet (*sincerity*), d) trovärdighet (*credibility*), e) författarens genklang (*resonance*), f) signifikant bidrag (*significant contribution*), g) etisk tydlighet (*ethical*) och h) sammanhang (*meaningful coherence*). En studie med *relevans* är av intresse för både andra forskare och samhället. Den här studien bidrar till att visa på hur representationer lyfter fram fysikens diskurs i läroböcker. Den är av intresse både för fortsatta studier inom samma område och för författare och förläggare av läroböcker samt för lärare som använder dem i undervisningen. Sist i kapitel 6 beskrivs studiens *relevans* och hur dess resultat kan användas. I analysen har *stringens* uppnåtts genom att representationers förekomst, användning och meningserbjudande beskrivits ingående. Resultatet beskriver de representationer som används i läroböcker

erna och analysen lyfter fram deras styrkor och svagheter. Läroböckerna har analyserats parallellt utan att jämföras sinsemellan, vilket svarar mot syftet att analysera förekommande representationer inte att jämföra läroböcker. *Uppriktighet* innebär också att studiens syfte tydligt skall framgå samt att de uppställda forskningsfrågorna besvaras. Författarens bakgrund som lärare och erfarenheter från undervisning i fysik på högstadiet lyfts fram i inledningen. Genom att analysera de läroböcker som finns tillgängliga på marknaden får studien en omfattning som är tillräcklig för att anses *trovärdig*. En studie behöver, förutom att vara tillräckligt omfattande vad gäller insamlade data, också vara väl teoretiskt förankrad. Trovärdighet bygger på att de komplexa samband som förekommer runt data är väl beskrivna och framgår tydligt. Flera teoretiska perspektiv såsom multimodalitet, affordans och transduktion belyser komplexiteten i den här studien. Bakgrundskapitlet ger en tydlig bild av var den här studien placerar sig. Den tidigare forskningen har utgjort stommen för utvecklingen av analysmodellerna. I resultatet redogörs för forskningsfrågorna en i taget, och alla kan anses vara besvarade. Författaren ska förhålla sig självreflexivt i studiens alla delar. Den *genklang* som författarens lärarbakgrund ger och hur den kan ha influerat resonemangen synliggörs genom beskrivningen av bakgrunden till arbetet. Det är viktigt med *tydlighet* för att undvika missförstånd: bland annat hålls forskningsfrågorna aktuella i den här studiens alla delar. Avslutningsvis är det viktigt att säkerställa att arbetet uppfyller sitt syfte och har ett *sammanhang*. För det här arbetet är syftet att analysera representationer i fysikläroböcker. Detta genomsyrar hela arbetet varför det anses uppfylla kravet på sammanhang. Diskussionen av resultaten knyter an till teorin och på så vis kan arbetet ses som en sammanhängande enhet. Sammantaget anses arbetet ha validitet.

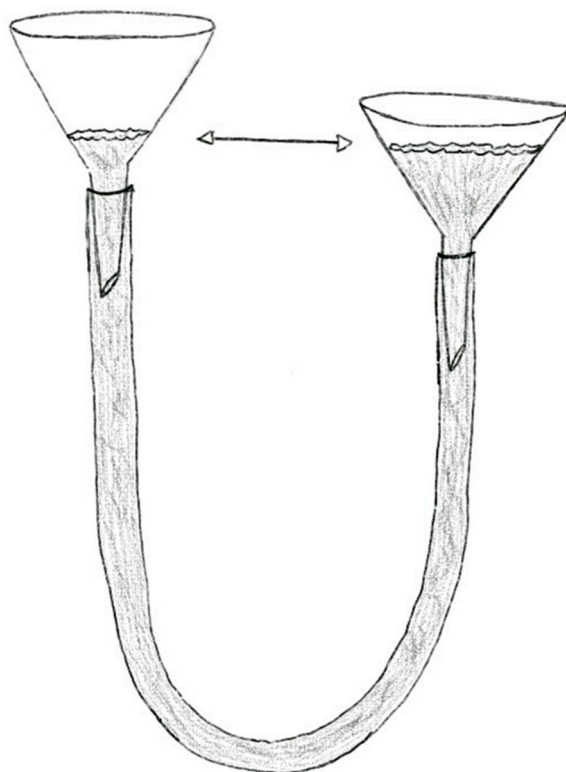
4.3.3 Reliabilitet

Reliabiliteten, det vill säga en studies tillförlitlighet, är ett sätt att beskriva hur väl studien beskriver det som avses, till exempel om den är tydlig och objektiv. Samma resultat skall gå att uppnå oavsett vem som utför studien. Detta gäller i hög grad för en kvantitativ studie medan det i en kvalitativ studie som den här inte går att knyta resultaten lika tydligt till enbart metoden. Genom att ge tydliga brevskrivningar av de kategorier som utgör analysverktyget säkerställs att arbetet med att kategorisera representationerna blir oberoende av vem som utför kategoriseringen. I den här studien har kategoriseringsverktygets alla delar beskrivits väl. Detta stärker studiens tillförlitlighet.

Forskaren är i mycket hög grad en del av en kvalitativ studie. Tillförlitligheten i studien säkerställs genom att resultaten beskrivs så noga som möjligt (Cohen et al., 2011). Forskarens förhållande till personer, kontext och metod är en del av den kvali-

tativa studien (Cohen et al., 2011). Genom att vara medveten om dessa faktorer och arbeta utifrån en tydlig struktur minimeras deras effekter på studien. Genom att reflektera över och vara medveten om att de egna tolkningarna är en del av analysen och genom att förhålla sig objektivt till de resultat som framkommer kan trovärdighet ändå uppnås genom att detta kommuniceras tydligt i arbetet. Det finns alltid en viss överlappning mellan kategorierna. En representation kan huvudsakligen passa in i en kategori men ha någon detalj som även passar in i en annan. Även inom kategorierna finns en spännvidd, en gradering av hur väl en representation passar in i en kategori (Vekiri, 2002). Detta gör att två forskare kan ha olika uppfattning beroende på deras förutsättningar. Det är därför viktigt med tydliga beskrivningar av kriterierna. Detta säkerställer att resultat inte uppnås slumpartat. Det gör också att resultaten kan diskuteras inom disciplinen och att annan forskning kan sättas i relation till studien (Tracy, 2015).

En kvalitativ studie kan inte göra gällande att dess resultat och slutsatser är generella utan den behöver i stället ha andra styrkor på vilka dess resultat och slutsatser vilar. Det behöver också finnas en beskrivning av vad som gör att avhandlingens resultat är värt att vidare beakta (Cohen et al., 2011). I den här studien har därför resultaten redovisats tillsammans med den analys som de ligger till grund för. Trovärdigheten i en kvalitativ studie ligger snarare i att man synliggör och motiverar sina val än i att den kan generaliseras (Stukát, 2011). Ett sätt att säkerställa den här studiens tillförlitlighet har varit att inkludera en väl genomgången och tydligt beskriven teoretisk bakgrund. I detta arbete har stor vikt lagts vid att beskriva den teoretiska stomme som arbetet vilar på, det vill säga representationer, multimodalitet och affordans. Dessutom har stor vikt lagts vid att beskriva den diskurs som de analyserade representationerna beskriver. I och med detta kan de resultat som framkommer i analysen relateras till den teoretiska bakgrunden och diskuteras utifrån denna.



Försök 4. Exempel på kommunicerande kärl. Lufttrycket ovanför de båda trattarna är detsamma. Därför ställer sig vattennivåerna i de båda trattarna på samma höjd.

5 RESULTAT OCH ANALYS

I detta kapitel görs först en sammanställning över förekomsten av representationer i läroböckerna. Representationerna kategoriseras i tre huvudgrupper med vardera tre undergrupper. Denna sammanställning avser att svara på den första forskningsfrågan: Vilka kategorier av representationer förekommer i läroböcker för högstadiel elever i svenska skolor för att presentera begreppet tryck samt i vilken omfattning förekommer de? I nästa steg beskrivs användningen av representationerna och de analyseras med avseende på hur de används i förhållande till texten och uppslaget i läroboken. Representationerna analyseras utifrån fyra huvudkategorier vilka totalt omfattar 15 underkategorier. Denna del avser att svara på den andra forskningsfrågan: Hur används representationer för att framställa begreppet tryck i fysikläroböcker? Sist i kapitlet analyseras det meningserbjudande de visuella representationerna har för att beskriva fysiken vilket avser att svara på den tredje forskningsfrågan: Vilken meningspotential har representationerna i fysikläroböcker för högstadiet när de bidrar till att beskriva fysikämnets diskurs för begreppet tryck?

5.1 Förekomsten av representationer i läroböckerna

Förekomsten av representationer har analyserats med hjälp av den modell som beskrivits i kapitel 4.2.1. I enlighet med modellen delas representationerna upp i tre huvudkategorier: *textrepresentationer*, *grafiska representationer* och *matematiska representationer* (Liu & Khine, 2016). Dessa delas i sin tur upp i vardera tre underkategorier för att tydligare redogöra för deras olika särarter. En sammanställning av alla representationer fördelade på de olika kategorierna presenteras för varje lärobok i tabell 5.1. Variation av teckenstil, rubriker, fotografier och teckningar utgör den dominerande delen av representationerna medan färre exempel redovisas i övriga kategorier. Andelen textrepresentationer i förhållande till grafiska representationer är något större i alla läroböckerna förutom i Makro där förhållandet är det omvända. För de matematiska

representationerna går det inte att urskilja någon skillnad mellan läroböckerna då det endast förekommer enstaka exempel i varje lärobok. Utifrån antalet representationer kan läroböckerna delas in i två grupper, där Makro, Titano och Spektrum har fler representationer än Puls och Fysik Direkt. Ett samband kan ses utifrån vilka förlag som ger ut läroböckerna. Natur & Kultur, som ger ut Puls, och Sanoma, som ger ut Fysik Direkt, har ett samarbete via *Bokinфо*, vilket är en samägdd databas. Förutom att dessa båda läroböcker innehåller ett totalt sett lägre antal representationer är även fotografierna desamma.

Tabell 5.1. Tabellen visar antalet representationer i de analyserade läroböckerna. Antalet representationer presenteras utifrån hur de fördelas på textrepresentationer, grafiska representationer och matematiska representationer. Även den procentuella fördelningen av representationerna visas i tabellens tre sista kolumner. Det totala antalet representationer i kapitlet om tryck varierar mellan 41 och 95. Två av läroböckerna Fysik Direkt och Puls har betydligt färre representationer, 41 respektive 43, än övriga tre läroböcker, Makro, Spektrum och Titano med 73, 95 och 66 representationer.

	Textrepresentationer			Grafiska representationer			Matematiska representationer			Sammanställning			
	Variation	Klargörande text	Rubriker	Foto	Teckning	Abstrakt skiss	Tabeller	Diagram	Formler	Summa	Andel text	Andel grafiska	Andel matematiska
Makro	19	1	15	20	12	5	0	0	1	73	48%	51%	1%
Titano	21	2	18	11	11	2	1	0	0	66	62%	36%	2%
Spektrum	25	1	32	25	6	3	1	0	2	95	61%	36%	3%
PULS	6	1	17	4	5	8	1	0	1	43	56%	40%	4%
Fysik Direkt	8	0	16	4	8	4	0	0	1	41	59%	39%	2%

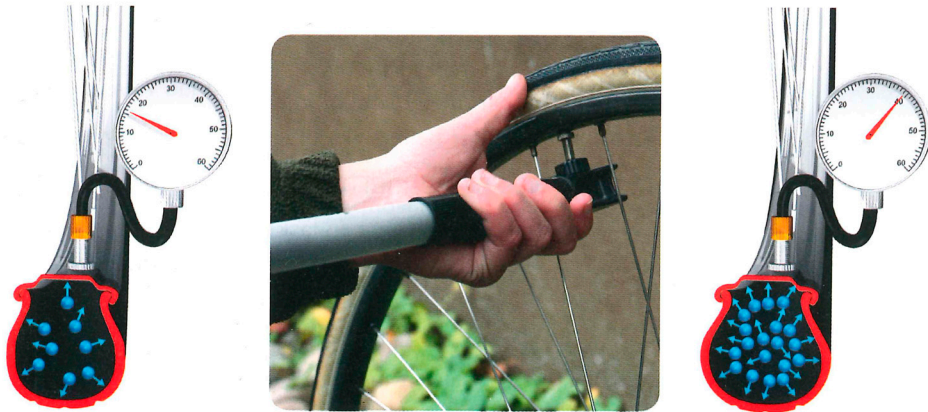
Många av representationerna i de studerade läroböckerna liknar varandra. För samma begrepp används till exempel fotografi i alla de studerade läroböckerna. Detsamma gäller även för teckning. Detta resultat kan jämföras med Bungums (2013): förutom att läroböcker liknar varandra är även representationernas utformning stabil över tid.

Det finns ett samband mellan antal representationer och antal sidor. Genomsnittet för alla läroböcker är fem representationer per sida. Antalet representationer i förhållande till antalet sidor i de olika läroböckerna visas i tabell 5.2. Ju fler sidor ett kapitel består av, desto fler representationer finns det. Genomgången av förekomsten av representationerna visar således att läroböckerna avsätter ungefär samma utrymme till representationer per sida i sin presentation av innehållet. Ett lägre antal sidor ger ett lägre antal representationer och därmed ett mer begränsat innehåll. Samma delar av det centrala innehållet i kursplanen tas upp i samtliga läroböcker men avhandlas i kortare form när antalet sidor är lägre.

Tabell 5.2. Tabellen visar det totala antalet representationer, antalet sidor i varje lärobok samt antalet representationer per sida. Utifrån tabellen kan utläsas att ju fler sidor ett kapitel består av desto fler representationer finns det: genomsnittet per sida är 5 representationer. Till exempel har Fysik Direkt 41 representationer fördelade på 7 sidor medan Spektrum har 95 representationer på 19 sidor.

Lärobok	Makro	Spektrum	Titano	Fysik Direkt	Puls
<i>Antal representationer</i>	73	95	66	41	43
<i>Antal sidor</i>	16	19	13	7	9
<i>Antal representationer per sida</i>	4,6	5,0	5,1	5,9	4,7

Varje begrepp representeras med endast en grafisk representation. Detsamma gäller, med något enstaka undantag, för textrepresentationerna. Då ett begrepp har varit markerat mer än en gång, har det varit i olika delar av kapitlet. Dessa textrepresentationer har dock bara räknats en gång eftersom det främsta syftet har varit att belysa variationen av representationer. Vissa representationer består av mer än en del. De har räknats som olika representationer om de inte tydligt utgör en enhet. Ett exempel på då en grupp av representationer har räknats som flera, är serien av representationer i figur 5.1. Den består av två abstrakta skisser som visar molekylerna i undertryck respektive övertryck. Mellan dessa finns ett fotografi föreställande ett cykelhjul. Denna serie har räknats som tre representationer då det inte tydligt visas att de hör samman. Hela serien av representationer kan vara svår att tolka, eftersom det är svårt att se hur de abstrakta skisserna överensstämmer med fotografiet i mitten. Ingen förklaring ges till vad det är som syns på vardera sidan om fotografiet. Bildtexten ”molekylerna blir fler i samma volym och trycket ökar” (Schultze 2010, s. 76) ger en övergripande förklaring men hjälper inte till med att utveckla förståelsen av begreppet tryck. Bildtexten pekar inte heller ut detaljerna i representationerna. I texten står förklaringen som bildserien avser att representera, men då det i texten saknas hänvisning till representationerna kan de ändå vara svåra att ta till sig.



Figur 5.1. Bildserien är ett exempel på representationer där varje del har räknats för sig (Schultze 2010, s.76). De abstrakta skisserna som visar molekylerna i över- respektive undertryck är separerade av ett fotografi. Det ges ingen guidning till hur deras relation ser ut. Därför har de betraktats som separata representationer.

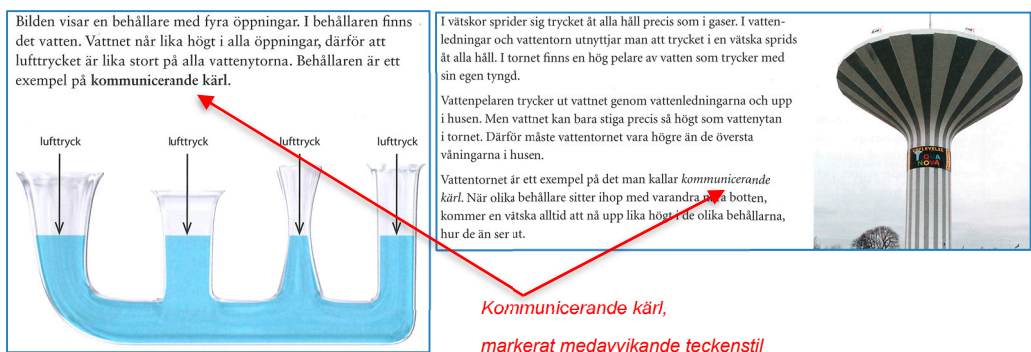
5.1.1 Textrepresentationer

Nedan följer först en beskrivning av texterna i läroböckerna. Genom att beskriva läroböckernas text kan man ge en uppfattning av hur texten är skriven och vilket syfte textrepresentationerna har. Därefter följer en analys av textrepresentationerna. De fyller funktionen att visuellt peka ut delar som utgör stommen i diskursen. Textrepresentationer gör den löpande texten visuellt mer tillgänglig. Textrepresentationernas tre underkategorier, varierande teckenstil, klargörande text och rubriker, kommer därefter att behandlas i tur och ordning.

Generellt är texterna i läroböckerna faktafyllda och skrivna med korta meningar som sällan består av mer än en sats. De presenterar innehållet utan att brodera ut texten. Korta meningar kan ge en mer svårläst text, eftersom sambandsmarkörer gärna faller bort då meningar görs kortare. Exempel på sambandsmarkörer är *såsom*, *genom att*, *exempelvis*, *med flera* (Lindberg & Johansson Kokkinakis, 2007). Det innebär att information om hur innehållet i meningarna hänger samman försvinner. En av läroböckerna i studien, Titano, skiljer sig från övriga läroböcker genom att ha både längre meningar och fler meningar med sambandsmarkörer. På Glerups webbsida (2019) beskriver förlaget Titano som en lärobok där ”språket är enkelt och innehållet tar sin utgångspunkt i elevernas vardag”. Det innebär att texten är skriven med längre meningar med sambandsmarkörer samt ett mer vardagligt språk. Detta innebär inte att den säger mer om innehållet, i stället har många viktiga fysikaliska begrepp uteslutits

och omskrivits med andra ord. Då texten genomgår denna form av transduktion, det vill säga omskriver begrepp inom fysikens diskurs med vardagsspråk, riskerar det att leda till att viktiga begrepp inte får en fysikalisk förankring i sin förklaring. Ett sådant exempel kan ses i avsnittet om lyftkraft. Läroboken beskriver begreppet densitet genom att göra en omskrivning av begreppet och endast tala om täthet. I sin tur syftar detta tillbaka på kapitlet om materia där rubriken är just tät materia men inte heller där nämns begreppet densitet. Texten blir lätläst men saknar förankring i fysikens diskurs.

Textrepresentationerna i de analyserade läroböckerna domineras av begrepp som märkts ut i texten med avvikande teckenstil. De består såväl av ämnesspecifika begrepp som av begrepp som generellt är språkligt svåra eller ovanliga. Läroböckerna har två olika strategier när de markerar begrepp: antingen med *kursiv stil* eller med **fet stil**, figur 5.2. De markerade begreppen är antingen begrepp som är ämnesrelaterade eller begrepp som generellt är språkligt svåra. Till de ämnesanknutna begreppen hör exempelvis *vakuum* och *kommunicerande kärl*; olika former av tryck, såsom *övertryck* och *undertryck*; mätutrustning, bland annat *aneroidbarometer* och *vätskemanometer*; och enheter, till exempel *bar* eller *mmHg*. Förutom dessa ämnesrelaterade begrepp markeras i Spektrum och Titano också namn på vetenskapsmän till exempel *Pascal* och *Arkimedes*. I alla läroböckerna markeras även ord som är viktiga för temat, exempelvis *vattentorn* och *domkraft*. I samtliga läroböcker markeras också begrepp som allmänt kan vara svåra att förstå även om de inte direkt är knutna till det specifika ämnesområdet, till exempel *komprimera* och *atmosfär*.



Figur 5.2. a och b. Figurerna visar två exempel på hur läroböckerna använder avvikande teckenstil då texten tar upp begreppet *kommunicerande kärl*. Båda de markerade begreppen pekas i figurerna ut med pilar. I Makro, 5.2.a används fet stil (Schultze 2010, s. 78) och i Fysik Direkt, 5.2.b används kursiv stil (Andersson et al. 2013, s. 117).


Den fetstilta teckenstilen är visuellt lättare att uppfatta men kan störa läsflödet, medan den kursiva teckenstilen lättare flyter med i läsningen och därför, jämfört med den fetstilta teckenstilen, lättare kan förbises. Läroböckerna gör ingen skillnad i sitt sätt att markera begreppen med avseende på om de är ämnesknutna eller ej. Läroböckerna är genomgående konsekventa med hur de markerar begrepp och i de allra flesta fall markeras de endast första gången de införs i texten. Titano använder sig av fet teckenstil för att markera begrepp medan Fysik Direkt, Puls och Spektrum använder sig av kursiv teckenstil när begreppen ska synliggöras visuellt. I Makro används fet teckenstil för att markera begrepp i den ordinarie löpande texten medan de markeras med kursiv teckenstil i den fördjupande texten.

Klargörande text är objektiv och deskriptiv och den talar indirekt till läsaren. Dess innehåll är kortfattat och avgränsat till ett specifikt område. Den klagörande texten som representation, figur 5.3, förekommer endast vid ett fåtal tillfällen och endast i fyra av de fem studerade läroböckerna, tabell 5.1.

Arkimedes princip

Lyftkraften på ett föremål som är nersänkt i vätska, är lika stor som den undanträngda vätskans tyngd.

Vad för känner du dig lättare i badet?
 Varför är det lättare än snälla upp och ner några decimeter när man badar i en pool jämfört med att studsa på samma sätt på land?
 Frågan besvarades redan för 2500 år sedan av en man som hette *Arkimedes*. Förklaringen kom därför att kallas *Arkimedes princip*. Din kropp tränger undan en viss mängd vatten. Enligt Arkimedes princip känner man sig just så mycket lättare som det undanträngda vattnet väger.
 Vatnet hjälper alltså till att lyfta dig. I fysiken säger man att du påverkas av en *lyftkraft* från vattnet. Alla väskor har en viss lyftkraft. Ju högre densitet väskan har, desto större är lyftkraften. Eftersom saltvatten har högre densitet än vanligt vatten, så är lyftkraften större i saltvattnet. Om du lyfter din pappas i saltvattnet på västkusten, så har du större chans att klara det än om du försöker i en sjö.
 Sitter du i en eka på sjön, så skapar vattnet en lyftkraft som är precis så stor som tyngden hos det vatten som ekan tränger undan.
 Eftersom ekan flyter så är lyftkraften lika stor som din och båtens sammanlagda tyngd!



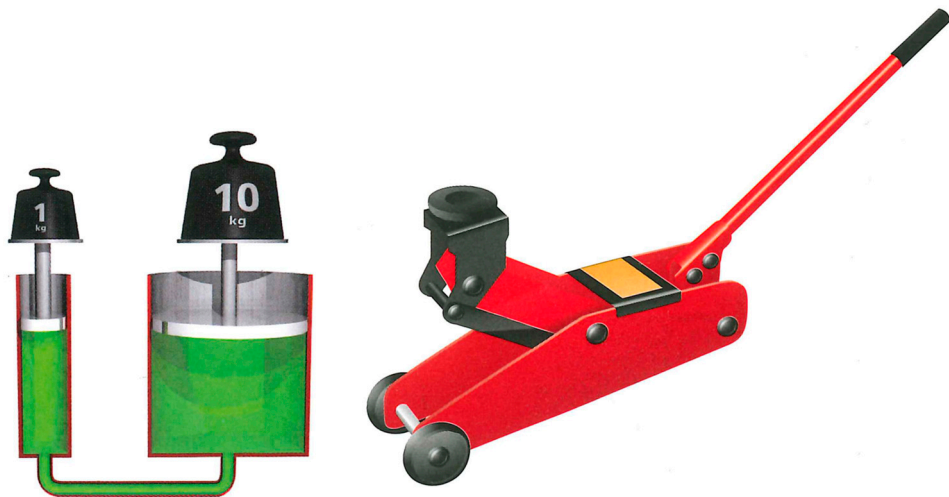
Det var när Arkimedes badade som han kom på det som idag kallas Arkimedes princip. Lyftkraften från vattnet är lika med tyngden på vattnet du tränger undan.

EXEMPEL
 En sten har tyngden 250 N och volymen 10 dm³.
 Stenen släpps ner i vatten.
 a) Hur stor är lyftkraften?
 b) Förklara varför stenen sjunker.
 a) Stenen tränger undan 10 dm³ vatten.
 Eftersom 1 dm³ vatten väger 1 kg så väger det undanträngda vattnet 10 kg. Tyngden av det undanträngda vattnet är då 100 N, vilket är lika med vattnets lyftkraft.
 b) Lyftkraften (100 N) är mindre än stensens tyngd (250 N).
 Därför sjunker stenen.
SVAR: a) 100 N b) För att lyftkraften är mindre än stensens tyngd.

Arkimedes princip
 Lyftkraften på ett föremål som är nersänkt i vätska, är lika stor som den undanträngda vätskans tyngd.

Figur 5.3. a och b. Den klagörande texten lyfts fram tydligt visuellt genom att den är markerad med en ram, 5.3. a. Den klagörande texten presenteras tillsammans med lärobokens huvudtext, ett fotografi och ett räkneexempel på samma sida i läroboken, 5.3.b. (Undvall & Karlsson 2006, s. 205). Detta är ett exempel på ett multimodalt sätt att beskriva Arkimedes princip.

Merparten av de grafiska representationerna i studiens läroböcker har endast försetts med kortare bildtexter som redogör för vad som visas utan detaljerade beskrivningar eller resonemang om deras innehåll. De är beskrivande snarare än förklarande och den vetenskapliga diskursen uteblir dessutom många gånger helt. Representationerna är således inte självständiga, det vill säga de beskriver inte den fysik de avser att representera, utan fungerar endast som komplement av lärobokens text. För att deras innehåll ska framgå måste antingen den löpande texten läsas parallellt med representationerna eller behövs undervisning om dem. Utan förkunskaper kan det vara svårt att koppla ihop information i den löpande texten med representationerna. Många representationer innehåller dessutom dold information. För att ta till sig denna krävs det ibland förhandsinformation eller förförståelse som eleverna inte besitter. Detta är representationen med domkraften i figur 5.4 ett exempel på. I den visas vikter placerade på kolvar. För att koppla dessa till tryck krävs det att man känner till sambandet mellan massa och tyngdkraft. Dessutom förutsätts kännedom om det matematiska sambandet mellan kraft, area och tryck samt trycks fortplantning i vätskor. I fysikens diskurs representeras detta samband av en matematisk formel, $P = \frac{F}{A}$.



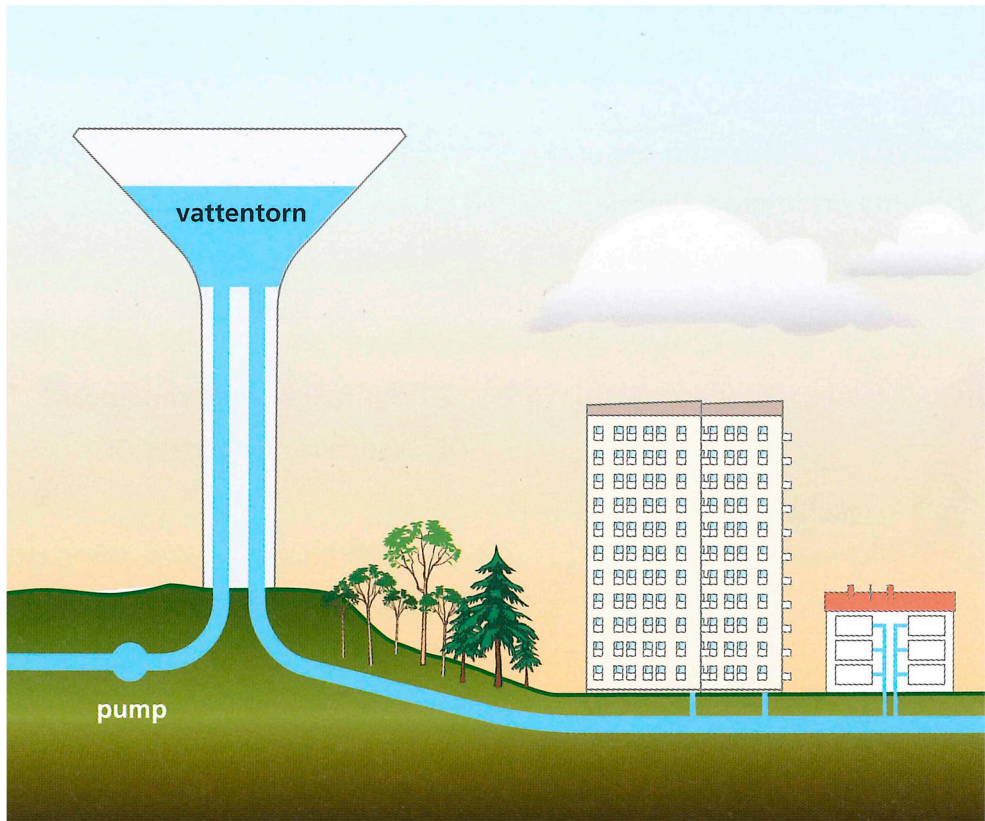
Figur 5.4. Teckningen och skissen av en domkraft och dess funktion är exempel på representation med dold information (Schultze 2010, s.84). För att förstå funktionen förutsätts kännedom om det matematiska sambandet mellan kraft, area och tryck samt trycks fortplantning i vätskor. Då det i bildtexten saknas vetenskaplig förklaring och information om det matematiska sambandet utelämnas blir fysiken i representationen svår att ta till sig.

I de analyserade läroböckerna beskriver övervägande del av bildtexterna endast kort det representationen visar och förklarar sällan den fysik de innehåller, (se exemplet i figur 5.5). I den här studien har bildtexterna därför inte studerats separat utan setts som en del av de representationer de hör samman med.



Figur 5.5. Exempel på bildtext där innehållet beskrivs utan att den fysik de representerar behandlas. Detta fotografi har den bildtexten "Dykare. På ryggen har han tuber med komprimerad luft." (Schultze 2010, s. 82).

Bildtexter kan vara av klargörande karaktär varför utförliga bildtexter skulle kunna vara ett alternativ till representationsformen klargörande text. Det finns representationer i de studerade läroböckerna som försetts med omfattande bildtexter där representationerna behandlas utförligt och information som inte tas upp i den löpande texten tillförs. I figur 5.6 visas ett sådant exempel. Representationen avbildar ett vattentorn och i den tillhörande bildtexten beskrivs hur vattentornet fungerar. Denna information saknas i den löpande texten vilket gör att representationen visserligen blir tydlig men svår att koppla till lärobokens text.



Figur 5.6. Teckningen i figuren har försetts med följande bildtext. "Vatten pumpas upp och lagras i vattentornet. Vattnet i tornet trycks sedan upp i husens vattenledningar av vattnets tyngd." (Andersson et al. 2013, s. 117). I bildtexten tillförs information om hur vattentornet fungerar, något som inte tas upp i lärobokens text.

Tilläggsinformation i bildtexter eller direkt i representationerna kompletterar lärobokens text. Bildtexten tillsammans med representationen kan på så vis bli mer meningsbärande. Det kan göra den mer begriplig och detaljer kan belysas ur fler eller nya perspektiv (Airey & Linder, 2009). En nackdel med detta är att information som inte tas upp av lärobokens huvudtext kan förbises. En lärobok med mycket information som endast är tillgänglig via representationerna kräver mer guidning från läraren än en lärobok med all information både i den löpande texten och i representationerna. I analysen framkommer också att en del representationer helt saknar bildtexter. Även om de är placerade på ett sådant sätt att de antingen hör ihop med andra representationer eller talar för sig själva utan bildtext hade en bildtext kunnat göra dem tydligare och mer meningsbärande.

Texterna i de undersökta läroböckerna delas in i ett stort antal avsnitt (15 till 32 delar) med tydliga rubriker och underrubriker, tabell 5.1. Uppdelningen i mindre delar gör att innehållet blir överskådligt och det blir lätt att hitta i texten med hjälp av rubrikerna (Sanchez et al., 2001). Risken med många rubriker är att texten kan bli alltför uppdelad och sambanden mellan de olika delarna svåra att se. Alltför många delar kan även hämma läsflödet samt göra det svårare att koppla ihop information från olika delar, figur 5.7.

Liten area ger högt tryck

I många sammanhang vill man att arean ska vara så liten som möjligt så att trycket blir högt. Knivar, yxor, spikar och nålar har en yta med väldigt liten area för att de lätt ska kunna tränga in i olika material. Den lilla arean på en spik i kombination med kraften från en hammare gör att trycket blir högt och spiken lätt åker in i träbiten.

Stor area ger lågt tryck

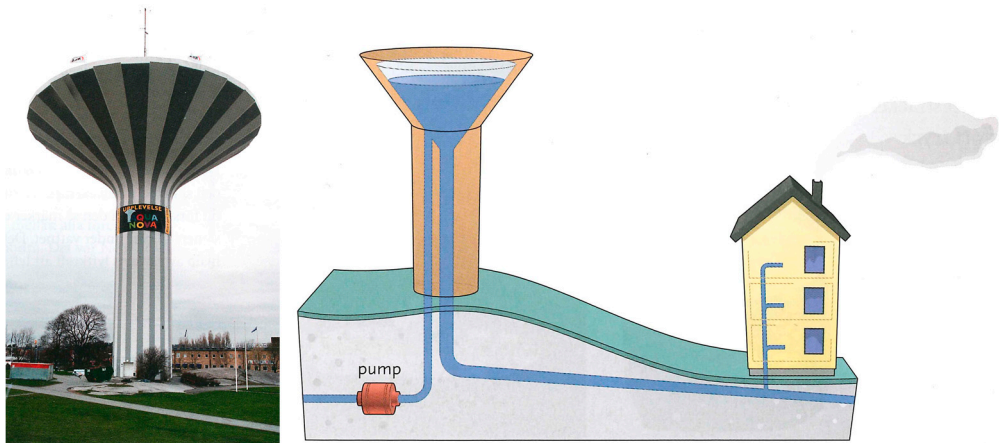
I vissa situationer är det livsviktigt att tänka på hur arean påverkar trycket. Det gäller till exempel om du åker långfärdsskridskor på en sjö. En smal skridskoskena ger ett högt tryck på isen och kan leda till att den brister. Om du ska hjälpa någon som har gått genom isen gäller det att minska ditt eget tryck på den svaga isen. Det kan du göra genom att lägga dig ner på isen och åla dig fram. På så sätt fördelar du kroppens tyngd över en större kroppsytta.

Figur 5.7. Figuren ger ett exempel på när texten är indelad i många avsnitt. När texten delas in under tydliga rubriker och underrubriker blir det enkelt att hitta i texten. Helheten kan också upplevas som lättare att ta till sig då den är uppdelad i mindre delar. Att varje stycke har en egen rubrik kan stoppa upp läsningen och göra det svårare att se sammanhangen mellan dem. Exemplet visar att stycken om stor respektive liten area skrivs under var sin rubrik. Risken finns att eleven inte kopplar ihop dessa båda stycken utan ser dem som separata delar (Undvall & Karlsson 2006, s. 201).

5.1.2 Grafiska representationer

Grafiska representationer förekommer på alla uppslag i de studerade läroböckerna och de utgör ett komplement till läroböckernas löpande text. De grafiska representationernas fördelning mellan de tre underkategorierna, fotografi, illustration och abstrakt skiss, visas i tabell 5.1. Antalet grafiska representationer varierar från 16 till 37. I stort sett alla de grafiska representationerna är i färg och de förekommer på alla uppslag. Texten varvas med grafiska representationer, och dessa är förhållandevis stora, vilket ger ett luftigt intryck. De grafiska representationerna som finns i läroböckerna är till stor del avbildningar av textens innehåll. Ett exempel: då texten handlar om trycket vid dykning används en grafisk representation i form av ett fotografi eller en teckning av en dykare, figur 5.5.

Fotografierna visar främst de övergripande sammanhangen, medan teckningarna och de abstrakta skisserna i större utsträckning belyser specifika delar av diskursen. Figur 5.8 illustrerar hur läroböckerna använder fotografier jämfört med hur de använder teckningar. Medan fotografierna främst visar exempel på olika begrepp, till exempel ett vattentorn, figur 5.8.a, visar en generaliserad teckning av ett vattentorn i större utsträckning funktionen hos detta. Figur 5.8.b visar hur vattentornet hänger samman med husen i ett samhälle.



Figur 5.8 a och b. Fotografiet av ett vattentorn (a) (Andersson et al. 2013, s. 117) visar en direkt avbild medan en schematisk skiss (b) (Sjöberg & Ekstig 2011, s.128) utgör en generaliserad teckning av ett vattentorn och dess funktion.

Fotografiet, figur 5.8a., ger läsaren en möjlighet att känna igen sig men visar bara hur ett vattentorn kan se ut och beskriver inte hur det fungerar. Teckningen, figur 5.8.b., visar i stället schematiskt hur ett vattentorn ser ut samt illustrerar hur det fungerar. De abstrakta skisserna kräver i större utsträckning än övriga grafiska representationer guidning för att kunna tolkas, något som ofta inte ges. Samtidigt som fotografier direkt avbildar det som texten handlar om ger det bara ett exempel på hur det kan se ut. Genom att teckningarna i stället är generaliserade och innehåller få disciplinära detaljer hjälper de till att förklara textens innehåll utan att gå in på detaljer. Generaliserade teckningar förtydligar dessutom de delar eller detaljer som är typiska.

Det förekommer fotografier som främst kan betraktas som dekoration utan syfte att ytterligare utveckla innehållet. Läroböckerna i studien inleder sina kapitel med stora färgfotografier, figur 5.9. Dessa är ofta fotografier av naturen, vilka kan vara svåra att direkt koppla till begreppet tryck. Till exempel visas i 5.9.a ett fotografi på vatten som forsar fram runt en vägkon. Det finns inte någon förklarande text om vad som visas eller varför motivet valts för att illustrera begreppet tryck. I figur 5.9.b. visas ett fotografi av en kaskelottval, utan närmare redogörelse för dess koppling till tryck.

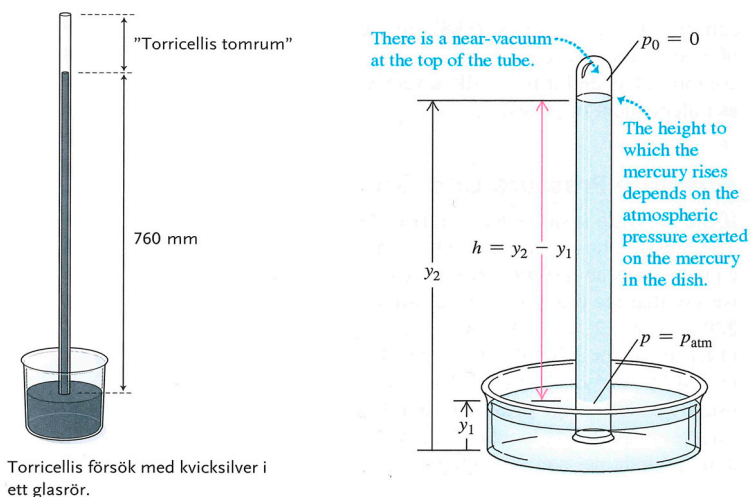
Figur 5.9 a och b. Läroböckerna inleder kapitlet om tryck med stora färgfotografier utan att ge någon beskrivning av



hur de ska kopplas ihop med begreppet tryck. Figuren visar två exempel på fotografier där fysikens diskurs kan vara svår att skönja. I a. illustreras tryck av vatten som forsar fram (Monthán 2015, s. 103) och i b. illustreras tryck med ett fotografi av en kaskelottval (Sjöberg & Ekstig 2011, s. 125).

De grafiska representationerna relaterar sällan tydligt till elevers vardag. De visar ofta upp ett vetenskapligt perspektiv som överensstämmer med de som finns i läroböcker för universitetens fysik och visar på ett diskursnära val snarare än ett elevnära val. Det kan bland annat ses i figur 5.10. Båda teckningarna visar en laboratorieuppställning av en kvicksilverbarometer. Representationen används i samband med att lufttrycket tas upp i lärobokens text och den avser att beskriva barometerns funktion då luft-

trycket mäts. Då kvicksilver inte längre förekommer i skolorna har denna representation lågt meningserbjudande eftersom den är svår att verklighetsförankra. Representationen i läroboken för universitetens fysikkurs är kompletterad med både matematiska representationer och klagörande text, vilket gör att dess fysikinnehåll kommer fram och att representationen är meningsbärande även om själva uppställningen inte visas i undervisningen. Den representation som används i läroboken för grundskolan har förenklats så mycket att dess fysikinnehåll inte framträder.



Figur 5.10. Teckningarna visar en laboratorieuppställning som används för att illustrera hur en kvicksilverbarometer fungerar. I 5.10.a. syns en för skolan förenklad version av representationen (Sjöberg & Ekstig 2011, s. 130). Motsvarande representation, 5.10.b., för universitetens fysikkurs är kompletterad med både matematiska representationer och klagörandet text (Young et al. 2015, s. 398).

Representationer med elevnära anknytning avbildar barn eller situationer som eleverna kan relatera till, men lyckas sällan med att förklara fysiken i dem. Exempel på detta ses i figur 5.11.



Figur 5.11. Fotografier och teckningar som relaterar till elevernas vardag är sällsynta i alla läroböcker. Representationer med vardagsanknytning avbildar barn eller situationer som eleverna kan relatera till. Till exempel 5.10.a. pojke med ballong (Undvall & Karlsson 2006, s. 211), 5.10.b. flicka som snorklar (Sjöberg & Ekstig 2011, s. 127) och 5.10.c. försök att öppna en glasburk med undertryck (Monthán 2015, s. 107).

Texten i Puls har ett tydligt läsarfokus. I sidornas marginaler finns med jämna mellanrum små figurer med pratbubblor. De uttalar intressanta frågor eller påståenden även om de i sig inte representerar några fysikaliska begrepp. Texten i dessa är riktade till läsaren med funderingar över olika saker, figur 5.12. De kan få eleverna att tänka vidare på styckets innehåll. De fyller dessutom funktionen att göra texten mindre kompakt.



Figur 5.12. Figurer med pratbubblor är en form av representation som endast förekommer i Puls (Sjöberg & Ekstig 2011, s. 127). De funderingar som figurerna har kan fungera som en ingång till diskussioner.

5.1.3 Matematiska representationer

Matematiska representationer är den form av representationer som det förekommer minst av i läroböckerna. Trots att fysik, och i allra högsta grad området om tryck, bygger på matematiska samband är antalet matematiska representationer litet. Matematiska representationer används således sällan för att förstärka innehållet. I analysverktyget som beskrevs i kap. 4.3.2 delas de matematiska representationerna in i matematiska formler, tabeller och diagram. Dessa ger innehållet en tydlig naturvetenskaplig karaktär. Tabeller och formler förekommer endast sparsamt och inte i alla läroböckerna. Det är värt att notera är att ingen lärobok använder diagram som representation trots att kapitlets innehåll i hög grad skapar förutsättningar för det. Man kunde till exempel visa på lufttryckets förändring i förhållande till höjd över havet. Diagram kan användas för att visa på större samband, till exempel när det handlar om

att visa på förändringar över en längre tid, i stället för att fokusera på små variationer (Yeh & McTigue, 2009). En tabell belyser varje mätvärde för sig medan ett diagram i stället förskjuter fokus från det enskilda mätvärdet för att visa på en utveckling.

Inom fysikdisciplinen används matematiska representationer och matematiska samband i stor utsträckning. Dessa är en del av fysikens språk och utgör en grund för förståelsen av ämnet. I stället för att använda matematiska representationer visar ibland de studerade läroböckerna de matematiska sambanden med hjälp av grafiska representationer som i figur 5.13. Sambandet mellan tryck och area visas med hjälp av två stenblock placerade i olika lägen på var sin tvättsvamp. Eftersom de har olika stor area utövar de olika stort tryck mot ytan vilket illustreras med att tvättsvampen sjunker ihop olika mycket.



Figur 5.13. Representationen visar grafiskt sambandet mellan area och tryck. När stenblock placeras på en tvättsvamp på ett sådant sätt att de har olika basarea medför detta att deras tryck mot ytan är olika stort vilket syns på att tvättsvampen sjunker ihop olika mycket (Undvall & Karlsson 2006, s. 199).

Jämte Spektrum är det Makro som i första hand tar upp den matematiska delen av fysikinnehållet såsom beräkningar och enhetsomvandlingar. Begrepp, men framförallt enheter, förtydligas i dessa läroböcker i en parentes i direkt anslutning till dem. Detta kan upplevas som bromsande av läsflödet och göra att det blir svårt att ta till sig texten samtidigt som det kan underlätta förståelsen genom att man inte behöver leta upp förklaringarna. Några exempel kompletteras med beräkningar, figur 5.14.; dock ges inga utförliga instruktioner för hur läsaren ska ta till sig de matematiska representationerna.

Enhet för tryck

Tryck mäts i enheten **newton per kvadratmeter (N/m^2)**. Denna enhet kallas också **pascal (Pa)**. Man kan också använda enheten N/dm^2 eller N/cm^2 .

En större enhet för tryck är **kilopascal (kPa)**. $1 \text{ kPa} = 1\,000 \text{ Pa}$.

Ett föremåls tryck på en yta får man genom att dividera tyngden av föremålet med storleken av den area som trycker mot underlaget.

a

Ett räkneexempel

Flickorna i bilden väger 40 kg vardera. Deras tyngd är då 400 N. Flickan till vänster har stövlar med en sammanlagd area på undersidan som är 5 dm^2 . Trycket på snön blir $400/5 \text{ N}/\text{dm}^2 = 80 \text{ N}/\text{dm}^2$.

Om varje skida har en area som är 20 dm^2 så blir båda skidornas area mot snön 40 dm^2 . Trycket på snön blir nu $400/40 \text{ N}/\text{dm}^2 = 10 \text{ N}/\text{dm}^2$. Genom att använda skidor har trycket minskat åtta gånger ($80/10 = 8$).

b



Figur 5.14. I texten om tryckets samband med area och tyngd kompletteras tryckberäkningen med ett räkneexempel, 5.14.a. Beräkningen refererar till teckninen, 5.14.b. på samma sida (Schultze 2010, s. 73).

5.1.4 Multimodalt perspektiv

Textrepresentationerna liksom de grafiska och matematiska representationerna, belyser visuellt begreppen i läroböckerna. Genom att presentera begrepp genom användning av flera olika representationsformer skapas fler möjligheter att förmedla budskapet och att på så vis nå ut till fler läsare eftersom alla har olika förutsättningar att ta emot och tolka information (Kress & van Leeuwen, 2006). Trots det är det endast en tredjedel av de markerade begreppen i texten som även är grafiskt representerade, tabell 5.3. Av de begrepp som representeras med både avvikande teckenstil och grafisk representation är det hälften som representeras med en teckning, en fjärdedel med ett fotografi, och en fjärdedel med en abstrakt skiss. De markerade begrepp som avbildas är konkreta och lätta att avbilda med ett fotografi eller att överföra till en teckning till exempel vattentorn eller domkraft. Begrepp som markerats i texten med avvikande teckenstil men som inte grafiskt eller matematiskt avbildats, är abstrakta begrepp, exempelvis övertryck, undertryck och vakuum.

Tabell 5.3. Tabellen visar andelen textrepresentationer som både representeras med avvikande teckenstil och grafiskt. I genomsnitt representeras 35 % av begreppen både med avvikande teckenstil och en grafisk representation, framförallt teckningar.

Lärobok	Makro	Spektrum	Titano	Fysik Direkt	Puls
<i>Antal textrepresentationer</i>	19	25	21	8	6
<i>Antal textrepresentationer som är grafiskt eller matematiskt representerade</i>	7	7	6	4	2
<i>Andel i %</i>	36 %	28 %	28 %	50 %	33 %

5.2 Läroböckers användning av representationer för att beskriva innehållet

Analysens andra del avser att svara på den andra forskningsfrågan, om hur visuella representationer används i läroböckerna. Den görs med hjälp av det kategoriseringsverktyg som presenterats i kapitel 4.2.2. Kategoriseringsverktyget utgörs av fyra huvudgrupper, vilka överensstämmer med de fyra principerna, *form och funktion*, *mental modell*, *placering* samt *integration* (Slough et al., 2010). Dessa fyra kategorier består i sin tur av totalt 15 underkategorier. För en utförligare beskrivning av kategorierna se tabell 4.3. Principerna analyseras nedan var för sig. De olika underkategorierna besk-

rivs med hjälp av exempel från läroböckerna. En övergripande sammanställning över fördelningen av alla representationer fördelade mellan de fyra principerna och de olika kategorierna de delats upp i visas i tabell 5.4.

Tabell 5.4. Sammanställning av fördelningen av representationerna i andra delen av analysen vilken bygger på modellen som presenterades i metodavsnittet, tabell 4.3. 1a, dekoration, 1b, avbildning, 1c, organisation, 1d, förtydligande, 1e, transduktion, 2a, instruktion, 2b, förklaring, 3a, figur inkluderad, 3b, figur placerad före texten, 3c, figur placerad efter texten, 3d, figur placerad intill texten, 3e figur placerad på en annan sida, 4a, hänvisning, 4b, engagemang samt 4c, uppmaning.

	Form och funktion					Tolkningsstöd		Placering av representationer					Integration			Summa
	1 a	1 b	1 c	1 d	1 e	2 a	2 b	3 a	3 b	3 c	3 d	3 e	4 a	4 b	4 c	
TITANO	7	9	0	7	1	1	1	2	1	6	15	1	1	1	1	53
PULS	4	11	1	1	0	0	0	0	1	3	8	1	2	1	0	33
SPEKTRUM	7	26	1	6	2	0	0	0	7	11	21	1	0	7	0	88
FYSIK DIREKT	3	14	0	4	1	0	0	0	2	5	9	1	0	0	0	39
MAKRO	9	20	0	6	1	1	0	8	5	14	10	0	1	2	2	79
Summa	30	80	1	24	5	2	0	10	16	39	63	4	4	11	3	

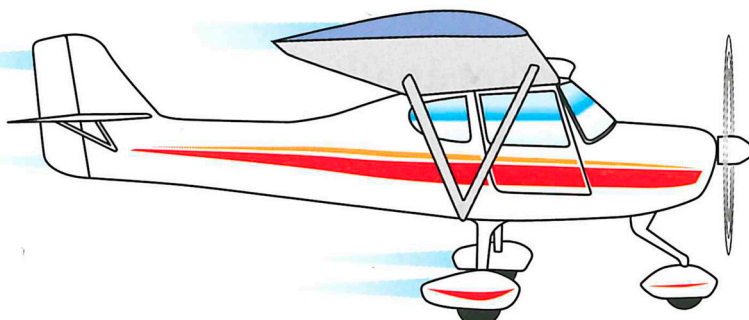
5.2.1 Form och funktion

Den första gruppen av kategorier handlar om representationernas form och funktion: hur representationerna är utformade för att erbjuda mening i förhållande till disciplinens relevanta aspekter och kursplanens mål. Det vill säga, hur representationerna är utformade för att förmedla fysikens diskurs och erbjuda möjlighet för eleverna att nå kursplanens mål. Representationer som inte förankras i texten betraktas som dekoration (kategori 1a). Vanligen är de placerade i början av kapitlet. De fyller ingen direkt funktion då de inte knyts tydligt till innehållet. I första analysdelen delas grafiska representationer upp i fotografier, teckningar och abstrakta skisser. Analysen visar att det främst är den första underkategorin, fotografier, som används i dekorationssyfte medan teckningar och abstrakta skisser har en tydligare koppling till texten. Figur 5.15 är ett exempel på en representation som kategoriserats som dekoration. Fotografiet visar en strand där en person går i vattenbrynet och lämnar fotavtryck efter sig. Texten däremot handlar om valars dykförmåga och människans öron som begränsar dykning men säger ingenting om fotavtryck, som ju till och med innehåller delordet tryck. Även om representationen ur ett fysikperspektiv innehåller relevanta aspekter används den inte för att komplettera texten. Koppling mellan text och representation saknas i det här fallet helt, varför representationen endast är att betrakta som dekoration.



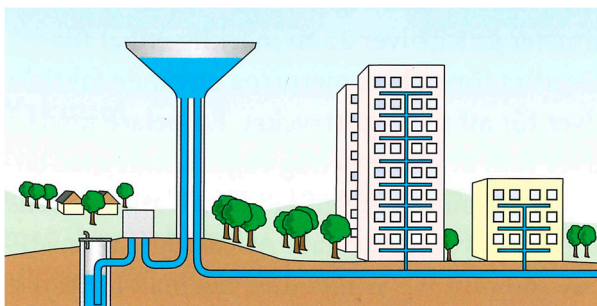
Figur 5.15. Fotografiet visar fotavtryck i vattenbrynet på en strand samtidigt som texten handlar om dykförmåga hos valar och människans tryckkänslighet i öronen. Detta är ett exempel på en representation som saknar koppling till texten (Sjöberg & Ekstig 2011, s. 124). Den placeras därför i kategorin dekoration.

Merparten av de grafiska representationerna hör till kategorin avbildning (kategori 1b). De visar endast det som texten beskriver utan att ge förklaringar till den fysik de innehåller. Då det handlar om dykning kan det vara en bild på en dykare eller när det handlar om varför ett flygplan lyfter är det en bild på ett flygplan, figur 5.16, eller en flygplansvinge. Även när det kommer till föremål som är beskrivna är det framför allt frågan om direkt avbildning snarare än beskrivning av deras funktion.



Figur 5.16. Exempel på avbildning utan en förklaring förankrad i fysikens diskurs (Monthán 2015, s. 107).

Ytterligare ett exempel på avbildning visas i figur 5.17. Teckningen föreställer ett samhälle med ett vattentorn, vilket är det som texten beskriver. Exemplet ger vid första anblicken ett intryck av att förklara vattentornets funktion men då det inte ges någon närmare förklaring till hur läsaren ska tolka sambanden mellan detaljerna i teckningen, exempelvis brunn, pump och vattenledning, kategoriseras den som avbildning. Här syns även ett exempel på textrepresentationen ”variation av teckenstil” då begreppet vattentorn markerats med fetstil.



”Vattenledningarna i en stad hänger också ihop. **Vattentornet** ska ligga högst. Då är vattennivån högst där. När du öppnar kranen gör trycket att vattnet kommer direkt.”

Figur 5.17. Teckningen föreställer ett vattentorn och vattnets ledningsnät. Texten till höger är lärobokens beskrivning av vattentornets funktion. Detta är ett exempel på hur läroböcker använder representationer för att avbilda textens innehåll (Monthán 2015, s. 109).

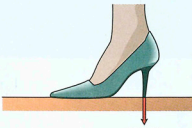
I analysen framkommer att läroböckernas texter och representationer sällan är integrerade med varandra. Texten står för sig och de grafiska representationerna är mestadels placerade bredvid texten eller efter texten. Detta begränsar deras möjligheter att förstärka varandra. En sammanlänkning av text och figur (kategori 1c) kan göra det enklare för läsaren att se vilka delar av texten som hör till vilka representationer, eller att se vilka representationer som hör samman i de fall flera representationer belyser samma innehåll. Sammanlänkning förekommer dock bara vid ett par tillfällen. Figur 5.18 är ett exempel på sammanlänkning. Användningen av annan bakgrundsfärg för en ruta medför att organisationen av hela upplägget tydligt visar hur text och representationer hör samman. Genom att placera text och representationer i ett större sammanhang visar läroboken tydligt att de beskriver samma del av innehållet. Läroböckernas innehåll bör organiseras så att det visuella materialet presenteras tillsammans med texten och skapar en sammanhängande enhet (Mayer et al., 1995; Slough et al., 2010). På så sätt skapas förutsättningar för att läsaren ska kunna ta del av dem tillsammans.

Matematik med tryck

Man kan räkna ut trycket genom att dividera kraften med arean som den verkar på.
Om kraften mäts i N och arean i m^2 får man trycket mätt i N/m^2 .

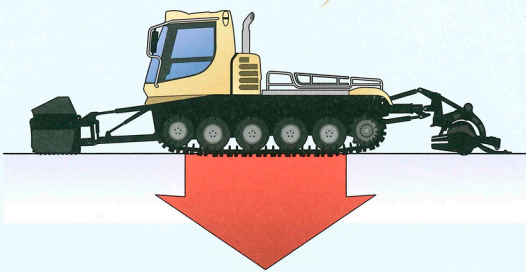
Trots att pistmaskinen väger 100 ggr mer än damen, ger hennes klack 1000 ggr större tryck mot underlaget än pistmaskinens band.

Om trycket betecknas med p , kraften med F och arean med A kan man skriva en formel, som visar hur man räknar ut trycket:
 $p = F / A$



500 N

Kraften 500 N på arean $0,0001 m^2$ orsakar trycket $500/0,0001 N/m^2 = 5\,000\,000 N/m^2$



50 000 N

Kraften 50 000 N på arean $10 m^2$ orsakar trycket $50\,000/10 N/m^2 = 5\,000 N/m^2$

Figur 5.18. Genom att ge flera representationer tillsammans med text en gemensam bakgrundsfärg sammanlänkas de (Sjöberg & Ekstig 2011, s. 126). Läroboken visar på så sätt tydligt vilka delar som hör samman.

Representationer kan användas för att lägga till information som inte tas upp i texten (kategori 1d). I representationen i figur 5.19 finns en matematisk formel i form av ett räkneexempel. Med hjälp av representationen belyses matematiskt areans betydelse för trycket. Denna beskrivs inte i texten utan endast i form av en representation som lagts till för att visa på sambandet mellan kraft, tryck och area. Det finns ingen hänvisning i texten till representationen och ingen bildtext som beskriver hur den matematiska representationen ska tolkas. Det finns inte heller någon vägledning i själva representationen till hur den ska tolkas.

EXEMPEL 2

Ett antal böcker ligger i en trave på ett bord. Böckerna väger sammanlagt 1 800 g. Den understa boken har måtten 18 cm x 25 cm. Beräkna trycket uttryckt i kilopascal.

Böckernas vikt är 1,8 kg, vilket ger tyngden 18 N.

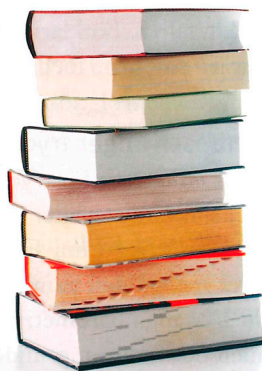
Kraften mot bordet är lika stor dvs 18 N.

Omslagets area är $18 \cdot 25 \text{ cm}^2 = 450 \text{ cm}^2 = 4,5 \text{ dm}^2$

$$p = \frac{F}{A}$$

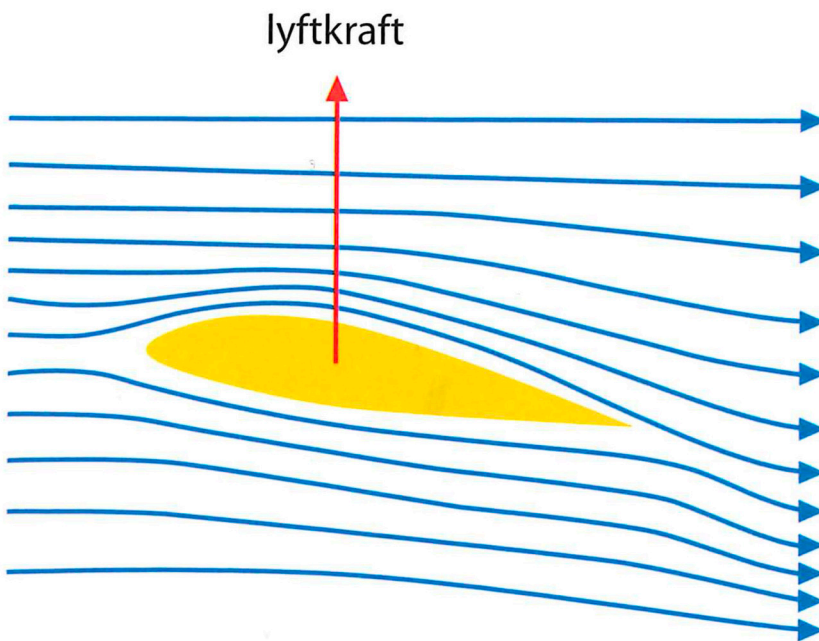
$$p = \frac{18}{4,5} \text{ N/dm}^2 = 4 \text{ N/dm}^2 = 400 \text{ N/m}^2 = 400 \text{ Pa} = 0,4 \text{ kPa}$$

SVAR: Trycket är 0,4 kPa.



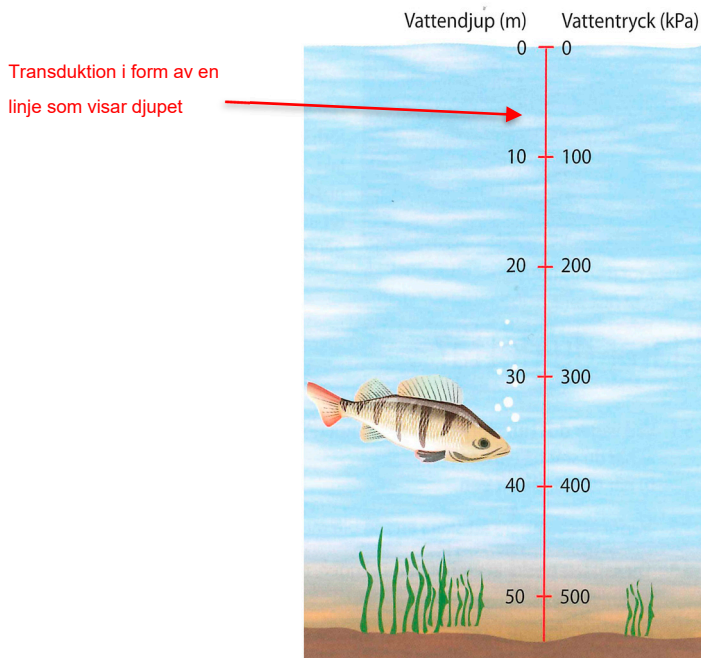
Figur 5.19. En formel som visar på det matematiska sambandet mellan kraft, area och tryck har lagts till som representation utan att det matematiska sambandet tas upp i den löpande texten (Undvall & Karlsson 2006, s. 200). Ett exempel på hur representationer kan tillföra information som inte tas upp av lärobokens text.

Kombinerade representationer förekommer ytterst sparsamt. Exempel på kombinerade representationer är till exempel när man i ett fotografi eller en teckning markerar något specifikt, exempelvis ringar in en del av en figur, pekar med en pil eller lägger in text som förtydligar detaljer. I de flesta representationerna förekommer det inte någon ytterligare representation som förstärker det som ska belysas. Genom att tillföra information (kategori 1c) i form av en pil kan innebörden av representationen förtydligas. Strömlinjerna visar luftens flöde då ett flygplan är i rörelse. Avståndet mellan strömlinjerna är olika. Detta visar att det uppstår tryckskillnader vilka hjälper planet att lyfta. I exemplet i figur 5.20 har lyftkraften markerats med hjälp av en pil för att förtydliga det budskap som förmedlas med hjälp av strömlinjerna.



Figur 5.20. Genom att införa en pil som visar lyftkraften förstärks det budskap som strömlinjerna förmedlar (Schultze 2010, s. 80).

Transduktion (kategori 1e) innebär att informationen med hjälp av representationer omvandlas så att den blir mer lättillgänglig för läsaren. Det kan göras genom att låta flera grafiska representationer beskriva texten, både med vetenskaplig karaktär och med mer vardaglig framställning. I figur 5.21 visar en djupmarkering hur trycket förändras beroende på djupet. Genom att placera djupmarkeringen i samma teckning som sjön förtydligas förhållandet mellan tryck och djup. Läsaren får en koppling mellan vattendjup och tryck. Att omvandla information för att göra den mer lättillgänglig är en representationsform som läroböckerna inte använder sig av i någon större omfattning.



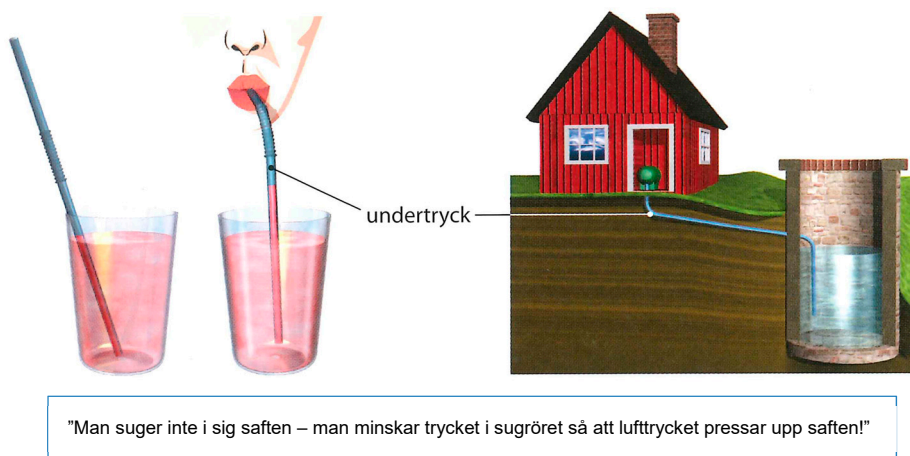
Figur 5.21. Genom att markera djupet med en linje markerad med en röd pil, tillsammans med en teckning av sjöns genomskärning, kan eleverna lättare komma ihåg att tryckförändringen beror på vattendjupet. Representationen är ett exempel på hur transduktion kan bidra till ytterligare förståelse eller förankring i befintlig kunskap (Schultze 2010, s. 82).

5.2.2 Erbjudande om tolkningsstöd

Den andra gruppen av kategorier handlar om principen att erbjuda läsaren tolkningsstöd. Det kan dels vara genom att ge instruktioner om hur representationerna ska tolkas eller vilka delar som ska sättas i fokus för att underlätta förståelsen (kategori

2a), dels genom att representationen förklarar hur de system eller de processer som den ska belysa fungerar (kategori 2b). Det är få representationer som åtföljs av läsinstruktioner. Förklaringar av processer och komplexa system behandlas i mycket liten utsträckning i böckerna. Figur 5.22 visar ett exempel på hur en klargörande text kan hjälpa till att tolka den information som representationen ska förmedla om hur en vattenpump fungerar. Med hjälp av sin erfarenhet av att dricka ur ett sugrör, tillsammans med informationen om trycket i texten, kan läsaren knyta an till något de redan känner till och på så vis skapa sig en förståelse för hur en vattenpump fungerar.

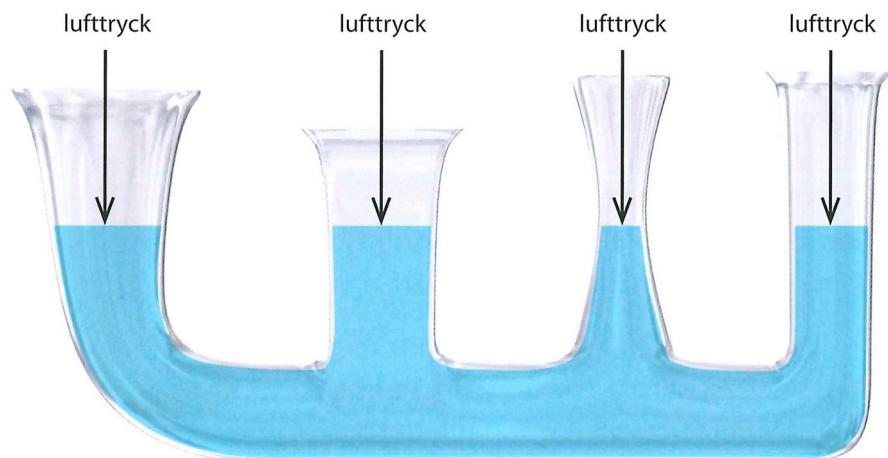
Emellertid saknar läroböckers representationer ofta instruktioner, etiketter eller annan läshjälp för att underlätta elevernas tolkning av innehållet. Det ges därmed inte mycket stöd för tolkningen av representationer i syfte att identifiera hur de relaterar till texten (Mayer et al. 1995). En sammanhängande representation med klargörande text eller utförlig bildtext kan hjälpa läsaren att organisera innehållet och fungera som en strukturell sammanfattning av fysikens diskurs.



Figur 5.22. Den kombinerade representationen där sugrörets funktion kopplas till pumpens funktion, kompletteras även med en klargörande text, blå rutan, (Schultze 2010, s. 79). Sugrörets funktion ger tolkningsstöd till representationen om vattenpumpen tack vare att eleverna ges en förklaring som de kan relatera till. Om eleven förstår hur ett undertryck skapas i sugröret blir det enklare för dem att överföra den kunskapen till ett större sammanhang, såsom då vatten ska pumpas upp till huset.

Hänvisningar i texten till representationerna och instruktioner om hur de som helhet, eller deras detaljer, ska tolkas förekommer sällan. Guidning och tolkningsinstruktioner är enligt Slough et al. (2010) till hjälp för förståelsen av innehållet, något som skulle kunna underlättas genom att läsaren ombads fokusera på en representation eller specifika delar i en representation i samband med att texten läses. Även kombinerade

representationer kan erbjuda tolkningsstöd, då det tydligt framgår var fokus ska ligga eller vilka detaljer som det handlar om. I figur 5.23 visar representationen att det är lika stort lufttryck på alla delar av det kommunicerande kärlet. Detta förtydligas genom att markera alla kärlets öppningar med likadana pilar.



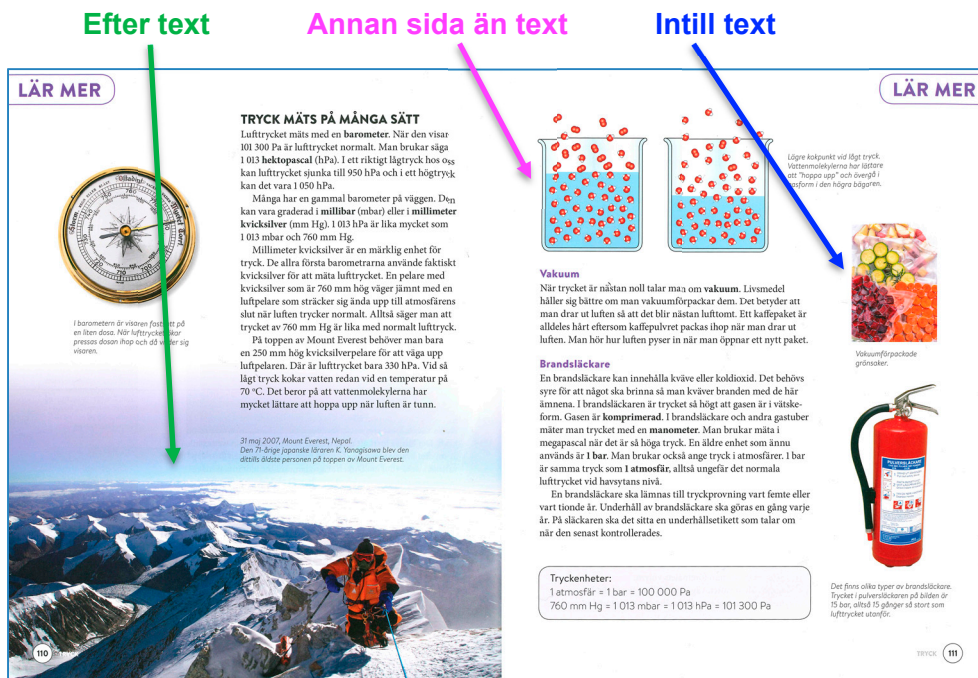
Figur 5.23. Genom att markera lufttrycket med likadana pilar tydliggörs att lufttrycket är detsamma över alla det kommunicerande kärlets öppningar och därmed ställer sig vätskenivån lika högt (Schultze 2010, s. 78).

5.2.3 Placering av representationer

Den tredje gruppen av kategorier handlar om hur representationerna är placerade i förhållande till texten. Var en representation placeras är beroende på vilket syfte den ska fylla. Slough et al., 2010, beskriver några alternativ för representationers placering. Genom att representationen kommer före texten (kategori 3b) kan läsarens förkunskaper aktiveras och utgöra basen för att förankra ny kunskap, medan en placering efter texten (kategori 3c) fyller den motsatta funktionen: genom att texten presenteras först kan sedan representationen förstärka dess budskap. En placering där representationen är inkluderad i texten (kategori 3a) inbjuder till att ta del av text och representation tillsammans och låta båda delarna utgöra en enhet. En placering intill texten (kategori 3d) har ett liknande syfte men läsaren förväntas ta del av text och representation var för sig. En placering på en annan sida (kategori 3e), slutligen, handlar främst om platsbrist, exempelvis då en representation för att vara tydlig kräver ett större utrymme än sidan erbjuder eller man vill undvika stora tomma ytor. Att ha representationen på ett annat uppslag fyller samma funktion, men kräver dessutom att läsaren aktivt vänder blad för att kunna ta del av text och representation växelvis.

Ingen av de analyserade läroböckerna har konsekvent valt att göra på ett visst sätt. Detta kan göra läroboken svårare att hantera, särskilt om det som representeras är begrepp som är okända för läsaren. Det kan också bli svårare att navigera rätt om det finns ett stort antal representationer i närheten av texten. Då studiens läroböcker i medeltal har ungefär fem representationer per sida kan ett konsekvent val, till exempel alltid efter texten, möjligen göra läroboken något tråkigare men dess tydlighet skulle öka då det är givet hur delarna hänger ihop. För det mesta är det i de studerade läroböckerna tydligt vilket textavsnitt som hör till vilken representation. Dock kan det, när det förekommer flera representationer på samma sida, vara svårare att veta vilken representation som hör till vilket textavsnitt, särskilt om det rör sig om abstrakta begrepp. Att representera begrepp multimodalt i läroböcker kan bidra till ökad förståelse av begrepp och samband och Slough et al. (2010) menar att detta sker särskilt om de placeras i nära anslutning till varandra. En annan möjlighet är att ge tydliga hänvisningar eller grafiskt visa vilka delar som hör samman exempelvis genom att delar som hör ihop ges samma bakgrundsfärg.

Figur 5.24 visar tre exempel på representationers placering: efter texten, intill texten och på annan sida än texten. Placeringen av den övervägande majoriteten av representationerna är intill texten (kategori 3d) eller efter texten (kategori 3c). Även placering före text och inkluderad i text förekommer i läroböckerna. Endast några få representationer är placerade på en annan sida än texten (kategori 3e). I samtliga fall handlar det om samma uppslag: ingen lärobok kräver att man vänder blad för att ta del av de representationer som texten är knuten till. I tabell 5.4 visas en sammanställning över alla grafiska och matematiska representationers placering.



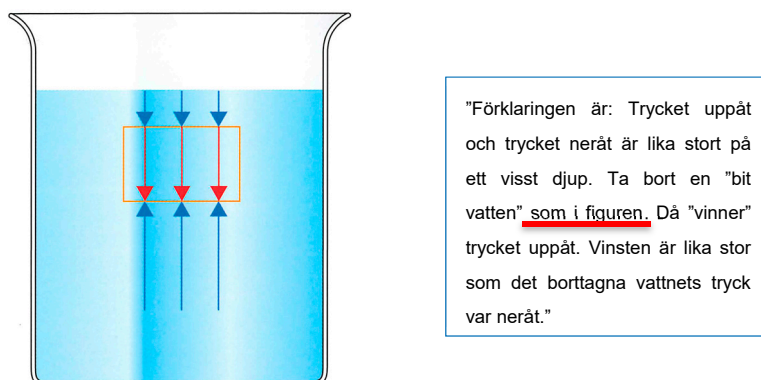
Figur 5.24. Representationers placering i förhållande till texten kan delas upp i fem kategorier: a) inkluderad i text, b) före text, c) efter text, d) intill text och e) på annan sida än text. Figuren visar ett exempel på ett uppslag (Monthán 2015, s.110-111). Här ges tre exempel på placering av representationer i förhållande till texten. Grön pil – representation placerad efter texten; blå pil – representation placerad intill texten; och lila pil – representation placerad på annan sida än texten.

5.2.4 Integration av text och figur

Den fjärde gruppen av kategorier handlar om integrationen mellan text och representation. Att integrera texten med representationerna medför att budskapet förstärks.

Det kan göras genom att ge hänvisningar i texten till representationerna (kategori 4a). Det kan också handla om att ställa frågor till läsaren (kategori 4b) eller att i den löpande texten uppmana läsaren att aktivt ta del av representationernas innehåll (kategori 4c).

I de analyserade läroböckerna finns få hänvisningar i texterna till de olika representationerna. När läsaren ombeds att aktivt ta del av representationer eller delar av representationer ges de möjlighet att ta till sig relevant information (Slough et al., 2010). Analysen visar att läsaren förväntas att på egen hand koppla samman text och representation. Ofta är det naturligt att se vilken representation som är kopplad till texten men om det är detaljer man ska lägga märke till kan det bli svårare. Om en sida innehåller många representationer kan det även vara oklart vilken av dem det är meningen att man ska ta del av tillsammans med textens olika delar. Figur 5.25 visar ett exempel på hur en hänvisning kan se ut. Detta är dock en otydlig hänvisning och för att den ska fungera förutsätts det den inte kan misstolkas, till exempel genom att det finns flera representationer i närheten av varandra.



Figur 5.25. Exempel på en hänvisning i texten till en representation, markerat med en röd linje (Monthán 2015, s. 113).

Integrerad text och representation är ovanligt i läroböckerna och förekommer inte i alla de studerade läroböckerna. I de fall där text och representation tydligt samverkar främjas läsarens uppbyggnad av referensförbindelser mellan text och representation. Mayer et al. (1995) menar att där referensförbindelser uppstått skapas en bättre förståelse än då enbart separata representationer förekommer. Referensförbindelser kan uppstå genom att text och representation framställs som en enhet eller genom användandet av exempelvis ramar, textetiketter eller pilar i representationerna. Detta är dock ingen garanti för att eleverna ska kunna ta till sig kunskapen. Liu & Khine (2015) menar att elevers begreppsförståelse hänger samman med hur väl de förstår hur representationer ska tolkas: ökad skicklighet i att tolka representationer ger därför

ökad begreppsförståelse. Eftersom eleverna behöver tolka dold information i representationerna behöver de vara införstådda med hur denna ska tolkas. För att kunna göra det behöver elevernas erfarenheter lyftas fram så att ny kunskap kan länkas samman med befintlig kunskap. Dessutom behöver läroböckernas innehåll diskuteras och bearbetas i undervisningen för att undvika missförstånd eller felaktigheter. I denna analys framkommer att läroböckerna inte kan fungera som separata enheter utan behöver fungera i ett sammanhang. Lärarens roll blir därför viktig om läroböckernas budskap ska förmedlas.

Den fjärde principens kategorier omfattar sådant som kan skapa en helhet av innehållet men analysen visar att dessa kategorier förekommer sparsamt. Till exempel ger inte alla läroböckerna hänvisningar. Frågor och uppmaningar som utmanar läsarens tankar om innehållet finns inte i alla läroböckerna. Frågor om innehållet i representationer, figur 5.26, eller uppmaningar figur 5.27, vilka ber läsaren att ta del av representationer eller utmanar läsarens tankar om innehållet kan hjälpa till att rikta fokus mot representationerna. Läroböckerna utnyttjar inte den möjlighet sådana frågor och uppmaningar kan ha för att hjälpa till med förståelsen, då de är sällsynta.

120 genom 60

Blodtrycket är 120/60 mm Hg, säger läkare varje dag till den som är ung och frisk. Enheten uttalas millimeter kvicksilver. Det första talet anger trycket som skapas i blodet när hjärtmuskeln pumpar ut blodet och det andra talet anger trycket då hjärtat vilar.

FRÅGA


1. Känner du till något annat sammanhang där enheten mm Hg används?
2. Varför tror du att enheten mm Hg används istället för grundheten pascal (Pa)?

Figur 5.26. Genom att ställa en fråga till läsaren uppmanas han eller hon att ta del av textens och representationens innehåll (Undvall & Karlsson 2006, s. 213).

ARKIMEDES

Arkimedes levde på 200-talet f. Kr. I världens alla skolor berättas fortfarande historien om honom. Denna är hämtad från en kinesisk fysikbok:


阿基米德的故事
(阅读材料四)



(1) 二千二百年前，有个叙拉古王国，国王为了举行隆重的祭神仪式，特别称出一块金子，下令工匠给他赶制一顶纯金的漂亮王冠。

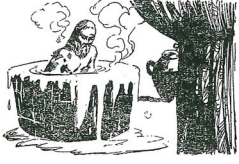


(2) 纯金的王冠做好后，国王却疑心工匠掺了假，但又没法鉴别。




(3) 国王要阿基米德在不损坏王冠的情况下作出判断，这可难住了阿基米德。

(4) 这个不规则的金冠的体积阿基米德真使学者大伤脑筋，他冥思苦索，始终不得其解。于是，他决定洗个澡清醒一下头脑。当他进入盛满水的澡盆时，水从盆边溢出。这个现象启发了阿基米德，使他茅塞顿开。



(5) 他立即去到王宫，当着国王的面将金冠和同样重的金块分别放入盛满水的盆中，然后收集被排开溢出的水进行比较，结果它们的体积相等。这就说明它们的密度相同，属于同一种物质——黄金。阿基米德的发现，不仅解开了国王的疑团，拯救了工匠，还为物理学作出了一项新的贡献！



(1) Kung Hieron i Syracusa på Sicilien, som då tillhörde Grekland, beställer en ny guldkrona.

(2) Han misstänker att guldsmeden har fuskat och blandat för mycket silver i guld. Han väger kronan. Vikten är rätt.

(3) Kung Hieron har en matematiker och vetenskapsman i staden, den kände Arkimedes. Han får i uppdrag att lista ut om kronan är riktigt gjord.

(4) En dag när Arkimedes tar ett bad kommer han på hur han ska lösa problemet. Det berättas att han blev så glad att han skuttade ur badet och sprang naken ut på gatan och ropade: "Heureka" (Jag har kommit på det).

(5) Det han kom på var hur han skulle få reda på kronans volym. Han stoppade den i en burk full med vatten och mätte hur mycket som rann ur. När han visste vikten och volymen var det lätt att räkna ut om det var för mycket silver eftersom silver har mindre täthet än guld.

(Berättelsen säger att kungens misstanke stämde. Det gick riktigt illa för guldsmeden.)

Figur 5.27. Att aktivt be läsaren ta del av representationer förekommer sällan i de studerade läroböckerna. Uppmaningar som ber läsaren att ta del av representationer är många gånger svåra att definiera. I detta exempel utgörs de av ett kolon efter texten (Markerat med en pil). Det blir då naturligt att fortsätta att ta del av representationen och dess tillhörande bildtext (Monthán 2015, s. 112).

5.3 Representationers meningserbjudande

Representationer har en inneboende meningspotential som är beroende av en rad faktorer, bland annat mottagarens förkunskaper i ämnet, dennes kompetens att avkoda representationer och representationernas tydlighet i vad de visar. Utifrån den tredje forskningsfrågan om representationers meningserbjudande har de visuella representationerna i läroböckerna analyserats med avseende på hur de skapar mening för läsaren. I analysen framkommer det att ett stort antal representationer har god möjlighet att erbjuda mening men att möjligheten till meningserbjudande inte utnyttjas fullt ut. Flera av läroböckernas representationer har meningspotential. Med

små justeringar och tillägg skulle dessa dock kunna bli mer meningsberedande. Utökade läsinstruktioner och bildtexter samt markering av fler detaljer är några exempel.

5.3.1 Representationer som länk mellan teori och vardag

Det är mycket få representationer som har en tydlig koppling till eleverna. För att bjuda in dem till fysiken används i de studerade läroböckerna representationer som avbildar elever i någon form av vetenskaplig handling. Men precis som Bungum (2013) fann handlar det mestadels om skolfysik och inte om fysikens diskurs. Ett exempel på denna form av inbjudan visas i figur 5.28. Fotografiet föreställer en pojke som hugger ved. Ett avbildat barn är ett försök att komma närmare elevernas vardag. Men då det inte är så många elever som själva varit med om att hugga ved och kan översätta situationen till något de är bekanta med begränsas representationens meningspotential. Bildtexten säger ”Stor kraft på liten area gör att trycket blir högt. Därför är en yxa bäst när den är riktigt vass.” (Undvall & Karlsson 2006 s. 201). Representationen hade kunnat bli mer meningsbärande om en uppförstoring av yxans huvud med en pil som pekar på dess egg tydligt pekat på att det endast är på den lilla arean ytterst som kraften fördelas. När en kombination av både representationens delar och dess funktioner förklaras tillsammans ökar dess meningspotential.



Figur 5.28. Få representationer har koppling till eleverna. I fotografiet av pojken som hugger ved görs ett försök att komma närmare elevernas vardag (Undvall & Karlsson 2006, s. 201). Detta till trots är situationen inte välbekant för flertalet elever vilket gör att meningspotentialen som skulle kunnat finnas i representationen uteblir.

Representationen i figur 5.28 är vardaglig och därför i linje med Bungums (2008) resonemang om vardagsanknytning. Emellertid saknas nödvändig information i figuren eller en utförligare bildtext för att fysiken i den skall framgå. Representationens funktion att skapa en modell för tryck är därmed svag då dess diskursrelaterade innehåll inte lyfts fram.

I denna studie framkommer att representationerna främst uppvisar appliceringar av fysik snarare än förklaringar av dess diskurs vilket även flera andra studier observerat (Lee, 2010; Bungum, 2008). Med appliceringar menas att de grafiska representationer som förekommer framförallt är avbildningar. Även om representationerna i sig inte tydligt visar hur de representerar begreppets diskurs kan de ändå, via igenkänning, nå fram till läsaren. Genom att använda representationer som är välkända för läsaren underlättar man för dem att skapa sig modeller av abstrakta begrepp (Bungum 2008). Då fysikaliska samband sällan beskrivs ingående uteblir dock förklaringen av diskursen.

5.3.2 Elevperspektiv förstärker meningserbjudandet

I studien framkommer att andra representationer skulle kunna ha valts för att tydligare knyta an till elevernas vardag samt beskriva fysikens diskurs. Föra att representera begreppet övertryck har fotografiet i figur 5.29 valts. Detta visar tryckventilen på en tryckkokare, vilket troligen är ett kokkärl som de flesta elever inte känner till. Därför skulle ett fotografi av hela kokkärlet, tillsammans med en uppförstoring av tryckventilen, ha hjälpt till att sätta in det i ett sammanhang som eleverna kunde relatera till. För att förstärka fysikens diskurs ytterligare borde visaren på tryckmätaren vara synlig och dess funktion tydligt beskriven.



Figur 5.29. Fotografiet visar tryckventilen på en tryckkokare vilket förmodligen är något som de flesta elever inte känner till (Schultze 2010, s. 85). Genom att endast visa en detalj ger representationen inte eleverna förutsättning att förstå sambandet mellan temperatur och tryck, då de har svårt att föreställa sig själva tryckkokaren och dess användning i hemmet. Representationer som eleverna kan relatera till har högre meningspotential.

Om representationer inte är direkt kopplade till elevers vardag kan detta medföra att de får svårt att knyta an till dem och sätta in dem i sammanhang som de är bekanta med. Försök att skapa kontakt med elevernas vardag görs främst genom att teckningar och fotografier föreställer barn, dock inte alltid i situationer som är bekanta eller generella för barn. En teckning föreställande två unga personer vid en isvak i figur 5.30 är ett exempel på detta. Genom att det är unga individer som är avbildade kan eleverna lättare relatera till dem, men elever som bor i södra Sverige eller i storstäderna kan ha svårt att relatera till sjöar med is, antingen på grund av klimatet eller därför att de inte kommer i kontakt med naturen. Genom en tydligare koppling mellan läroböckernas representationer och den kontext som eleverna befinner sig i kan deras budskap förankras bättre i den kunskap eleverna redan besitter, och på så vis ge eleverna ökade möjligheter att förstå dem. Representationers meningspotential är beroende på det sammanhang i vilket de presenteras. Man bör därför ta hänsyn till de sociala processerna vid inläringen och inte bara se till resultaten (Selander & Kress, 2017). Airey och Linder (2017) menar är det viktigt att läsaren av de semiotiska resurserna är involverad i disciplinens sätt att använda dem. I läroböckerna saknas instruktioner och förtydliganden om hur dessa resurser ska tolkas eller vad de betyder. Detta gör att deras styrka ur ett socialemiotiskt perspektiv inte framträder särskilt tydligt.



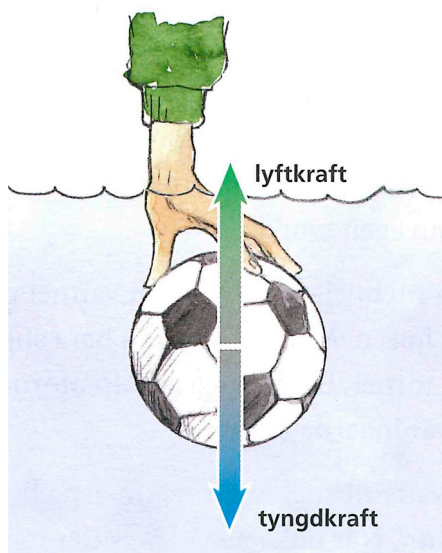
Figur 5.30. Två personer vid en isvak. De representationer som förekommer i läroböckerna relaterar till eleverna framförallt genom att de avbildar barn (Monthán 2015, s. 106).

I läroböckerna i den här studien förekommer inga representationer med laboratorieuppställningar. Det eleverna praktiskt utför under lektionerna blir inte förankrat i det som framställs i läroböckerna. Bungum (2008) såg i sin studie att elevens roll i läroböckerna allt mer förflyttats till att observera fysik med en mer verklighetsanpassad framtoning, till exempel rymdstationer eller verkstäder, i stället för en mer skolbaserad framtoning med bland annat laborationsuppställningar vilket var fallet i de tidigare böckerna. Det är troligare att elever kommer i kontakt med skolans laborationsut-

rustning än att de besöker olika verksamheter där fysiken uttrycks i praktiken. Utifrån ett socialsemiotiskt perspektiv kan läroböcker därför anses ha förhållandevis låg meningspotential.

5.3.3 Förenkling av representationer leder till svårtolkat budskap

Många av de analyserade representationerna, speciellt teckningarna, är förenklade och flera för diskursen viktiga detaljer har uteslutits. Detta gör dem svårtolkade och deras meningserbjudande därmed begränsat. Det finns även exempel på när förenklingar leder till direkta fel. I figur 5.31 visas en boll som sänks ner under vattenytan för att belysa begreppet lyftkraft. I teckningen ges intrycket att lyftkraften och tyngdkraften upphäver varandra. Kraften från handen som trycker ner bollen finns inte markerad i teckningen, vilket kan leda till missuppfattningen att det inte har någon betydelse för bollens läge under ytan om handen tas bort eller ej. De flesta elever känner troligen till att om handen tas bort kommer bollen att flyta upp. Detta leder till att det budskap som representationen avser att förmedla står i konflikt med elevernas förförståelse, vilket gör att meningserbjudandet i representationen är lågt.



Figur 5.31. Förenklingar i representationer kan leda till att fysikens innehåll inte beskrivs korrekt. I teckningen illustreras begreppet lyftkraft (Andersson et al. 2013, s. 118). Kraften från handen har uteslutits vilket kan leda till missuppfattningen att den inte har någon inverkan på att bollen stannar under vattenytan.

Många representationer är inte tydliga i sin framställning av de begrepp de representerar. Strävan efter att vara tillgänglig för en stor och bred målgrupp leder till att många representationer, men också texter förenklas. Förklaringarna är kortfattade och många ämnesspecifika begrepp utesluts. I figur 5.32 representeras begreppet kommunicerande kärl med en teckning av ett för skolan typiskt föremål för att demonstrera hur kommunicerande kärl fungerar. I texten som beskriver detta har dock själva begreppet *kommunicerande kärl* uteslutits och i stället skrivs ”vattenrör som hänger ihop” (Monthán 2015, s. 109). Förklaringen lyder ”så måste det bli om trycket ovanför är lika” (Monthán 2015, s. 109). Varken texten eller representationen förklarar fysiken som ligger bakom fenomenet.

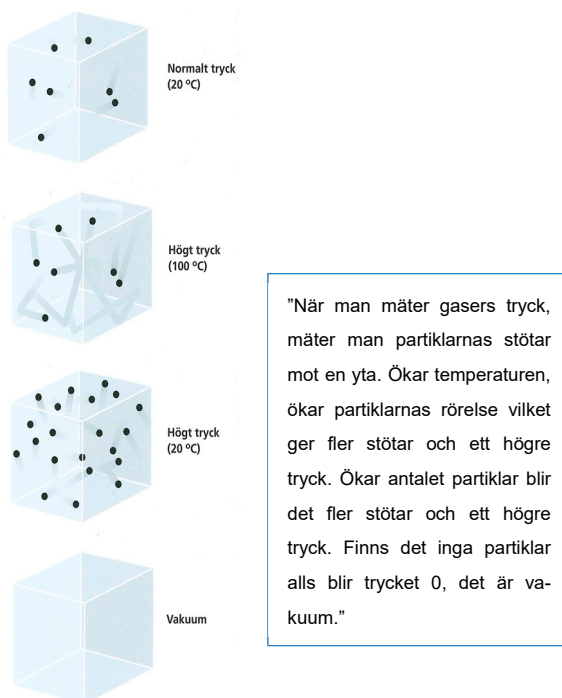


Figur 5.32. Ett exempel på ett kommunicerande kärl, vilket ofta förekommer som laborationsutrustning i svenska grundskolor. Texten som beskriver kommunicerande kärl använder inte begreppet kommunicerande kärl utan omskriver det med rör som hänger ihop (Monthán 2015, s. 109).

Generaliseringar av representationerna kan rikta fokus på de väsentliga delarna vilket i vissa fall kan tydliggöra vad som bär fram fysiken. Men om meningserbjudande innehåll utesluts kan följderna bli att representationerna inte fullt ut klarar av att beskriva den fysik de avser. Konkreta teckningar kan riskera att framträda som abstrakta skisser då deras möjlighet att skapa referensförbindelser förloras i förenklingarna. Detta gör att de inte förankras i elevernas tidigare erfarenheter, vilket leder till att meningserbjudandet i representationerna går förlorat. I sin studie av representationer i läroböcker ser Bungum (2008) att nutida läroböcker har en högre innehållsspecialisering än tidigare och att innehållet presenteras med hjälp av generaliserade modeller. Till skillnad från det som framkommer i denna studie menar Bungum att en generalisering av representationerna visserligen leder till en abstraktion men att denna verkar som en pedagogisk modell vilken stödjer elevens förståelse av abstrakt innehåll. I de representationer som analyserats i denna studie kan sådana pedagogiska modeller inte skönjas.

Förenklingarna leder snarare till att de kräver mer guidning av läraren än att de lyfter fram fysiken.

I stället för att representationerna förenklas skulle de kunna bearbetas för att på så sätt lyfta fram deras meningspotential. Meningserbjudandet skulle kunna bli tydligare bland annat genom en kombination av flera olika representationer. Till exempel kan ett fotografi belysa helheten, samtidigt som en abstrakt skiss med delarna markerade kan visa på detaljer och förklara funktioner. Representationer som visar samma begrepp ur olika perspektiv skulle kunna länkas samman med hjälp av ramar eller avvikande bakgrundsfärg. Genom att länka samman två eller flera representationer, eller använda pilar som pekar på viktiga detaljer och använda textrutor i anslutning till en detalj, kan man tydligt peka ut var fokus ska riktas. Mayer (1995) föreslår att illustrationer där processer beskrivs steg för steg ger bättre förståelse. I de studerade läroböckerna finns inga sådana processer beskrivna, utan det närmaste exemplet är en bildserie där molekyltäteten visas vid olika tryck med bibehållen volym, figur 5.33. I kombination med den utförliga bildtexten utgör detta ett exempel på god meningspotential, då representation och bildtext samspelar väl.



Figur 5.33. En serie av representationer som visar molekyltäteten vid olika tryck med bibehållen volym. I kombination med en utförlig bildtext, blå rutan, förklaras fysiken i representationen. Tillsammans är de bärare av fysikens diskurs vilket höjer deras meningspotential (Andersson et al. 2013, s. 116).

Att utförliga bildtexter kan stärka representationerna meningserbjudande är tydligt i figur 5.33. Förklaringen kommer i direkt anslutning till representationen i stället för att läsaren ska behöva leta upp den i texten. Detta medför även att representationen bär fysikens diskurs, det vill säga att oavsett om man läser texten eller representationen först kommer innehållet fram. Informationen i den grafiska representationen är därför, precis som Slough et al. (2010) skriver, tydlig genom att den utförliga bildtexten både beskriver vad representationen föreställer och ger förklaringar till vad det innebär. Representationens meningserbjudande skulle öka ytterligare om viktiga delar pekades ut tydligare, till exempel molekylernas stötar mot kärlets väggar. Om man dessutom hade givit en beskrivning av hur representationen ska läsas skulle meningserbjudandet öka ännu mera.

5.3.4 Transduktion – omvandling som hjälp för att tolka representationer

Representationerna i de analyserade läroböckerna har genomgått olika grad av transduktion. Det innebär att det har omarbetats och förenklats för att göra dem mer lättillgängliga för eleverna. Det får till följd att skolfysiken inte helt överensstämmer med fysikens diskurs. När det gäller begrepp som är beskrivna i läroböckerna är det framförallt en fråga om avbildning av konkreta föremål och många representationer visar endast det som texten beskriver. Dessa representationer har en meningspotential som är begränsad till att ge läsaren en visuell bild att hänga upp innehållet på. Få representationer är kompletterade med andra representationer. Flera studier har visat att representationers meningspotential kan ökas genom att de kombineras med fler representationer, förses med utförligare bildtexter eller ges tolkningsstöd eller genom att detaljer i dem pekas ut (Airey & Linder, 2017; Leijon & Lindstrand, 2013). Trots att meningserbjudandet kan förstärkas genom att representationer kombineras förekommer detta sparsamt i läroböckerna. Representationer i kombination har dessutom möjlighet att erbjuda större mening än de har var och en för sig genom att en representation kan öppna upp möjligheten att tolka andra representationer, så kallad transduktion. Analysen av läroböckerna visar dock att denna möjlighet sällan används för att förstärka representationernas meningspotential.

Även om transduktionen kan underlätta förståelsen krävs att den som är mottagare av representationernas innehåll kan avkoda dem. Då representationen inte förankras i en förklaring eller motivering uteblir dess meningspotential. Exemplet i figur 5.34 föreställer en person som sjunkit ner i snön. Fotografiet visar inte tydligt det matematiska samband som man vill belysa, bland annat på grund av att arean inte är synlig. En transduktion i form av en matematisk formel används här för att matematiskt belysa areans betydelse för trycket. Formeln länkar samman fotografiet med textens teoretiska innehåll. Ingen beskrivning av detta ges i texten och inte heller någon instruktion om hur delarna ska tolkas i förhållande till varandra. Hur delarna i denna kombinerade representation hänger samman är därför oklart, vilket gör att den erbjudna meningen hos representationen är låg och detta kan skapa svårigheter att förstå fysiken i den.

EXEMPEL 1

Wille väger 30 kg och står ute i snön. Hans båda pjäxor har tillsammans arean 5 dm². Hur stort blir trycket mot snön?

Willes tyngd är 300 N. Arean är 5 dm².

$$p = \frac{F}{A}$$

$$p = \frac{300}{5} \text{ N/dm}^2 = 60 \text{ N/dm}^2$$

SVAR: Trycket är 60 N/dm².



Figur 5.34. Figuren visar hur representationer kan tillföra information som inte tas upp av lärobokens text. En formel visar på det matematiska sambandet mellan kraft, area och tryck. Denna formel behandlas inte i lärobokens text (Undvall & Karlsson 2006, s. 200).

I samma lärobok finns på föregående uppslag en teckning föreställande en skidåkare och en person utan skidor, figur 5.35. De två personerna står med olika stor area mot snöns yta, och personen med den mindre arean sjunker djupare ner i snön jämfört med personen som har den större arean mot snöns yta. I stället för att använda denna teckning som redan introducerats och som förstärker övriga delar av representationen i figur 5.34 tillförs i detta sammanhang ytterligare en representation i form av fotografiet, vilket snarare försvårar än underlättar förståelsen av areans betydelse för trycket. Teckning i figur 5.35 belyser det matematiska sambandet tydligare än fotografiet i figur 5.34. Dock är teckningen placerad på föregående uppslag tillsammans med den tillhörande texten. I texten beskrivs sambandet mellan tryck, area och kraft men i den text som beskriver teorin är det endast ordet tryck, och inte orden area och kraft, som är markerat med avvikande teckenstil. Genom att markera alla tre orden hade man tydligare kunnat visa på att de hör ihop. Vidare kan man i den matematiska beräkningen av trycket se enheten N/dm^2 . Detta är en enhet som endast förekommer i skolans läroböcker, medan enheten som används inom diskursen utanför skolan är N/m^2 . Ingenstans ges en förklaring till detta val eller till vad det innebär. Enheten visar visserligen på sambandet mellan kraft, area och tryck men visar inte på kopplingen till tryckenheten Pascal (Pa). Sammantaget hjälper representationerna i figur 5.34 inte till att skapa förståelse för sambandet mellan tryck, area och kraft.



Figur 5.35. Figuren föreställer två personer där den ena sjunker ner i snön medan den andra står uppe på snön på grund av att denne har större area i form av ett par skidor. Med hjälp av teckningen och dess illustration av vad som sker med personerna kan det matematiska sambandet mellan kraft, area och tryck beskrivas grafiskt (Undvall & Karlsson 2006, s. 198).

Analysen av teckningen i figur 5.35 visar att med lite bearbetning skulle dess meningserbjudande kunna öka. Bland annat skulle en kompletterande teckning där en genomskärning av snön visar att personen som sjunkit ner står på en mindre area jämfört med personen som står på skidor, eftersom skidornas hela yta utgör arean på vilken kraften fördelas. Dessutom behöver representationen belysa att för att kunna jämföra de båda personernas tryck förutsätts att de påverkas av samma tyngdkraft, det vill säga att deras massa är densamma (Young et al., 2015).

5.4 Summering av resultaten

I studien framkommer att visuella representationer förekommer i stor mängd i alla de studerade läroböckerna. De grafiska representationerna, fotografi och teckning, tillsammans med markerade begrepp i texten hör till de vanligast förekommande representationerna, medan det endast förekommer några få matematiska representationer. Avvikande teckenstil används främst för att peka ut var i texten begreppen behandlas. De grafiska representationerna används företrädesvis för att avbilda textens innehåll. Kombinerade representationer, till exempel i form av integrerade pilar, texter, grafer eller fotografier, förekommer sällan. Analysen visar att läroböckerna använder textrepresentationer och grafiska representationer i stor utsträckning men att den multimodala aspekten inte utnyttjas fullt ut.

Elevanknytningen i representationerna handlar om att avbilda elever i olika situationer. Dock är det sällan som själva situationerna är elevnära vilket gör att de ändå inte når fram till eleverna trots att intentionen finns.

Meningserbjudandet hos många av representationerna är lågt till följd av hur de används eller hur de behandlas. De har ofta en inneboende potential att förklara fysikens diskurs men utan undervisning når denna inte fram. Då många representationer endast har beskrivande i stället för förklarande bildtexter blir deras meningserbjudande inte fullt utnyttjat. Läroböckerna utnyttjar inte all den inneboende meningspotential som representationerna har, dels genom att de inte aktivt ber läsaren att bearbeta dem, och dels genom att representationerna inte tilldelas tolkningsinstruktioner i bildtexten eller förses med kompletterande detaljer som riktar fokus mot de centrala delarna.

Läroböckernas representationer är inte alltid distinkta i sin utformning och många gånger har de ett otydligt budskap. Ofta kan de inte på egen hand förmedla sitt budskap utan det behövs guidning av lärare för att deras fulla meningspotential ska framträda. Det krävs ofta förkunskaper för att förstå representationerna. Eleverna behöver undervisning inte bara om fysiken i representationerna utan även om hur de skall

tolkas. En generell slutsats är att läroböckernas representationer inte ensamma kan beskriva fysikens diskurs utan de behöver bearbetas tillsammans med texten eller ges guidning genom undervisning.

6 DISKUSSION

I det här kapitlet diskuteras det som framkommit i analysen av representationerna i de fem studerade läroböckerna. Syftet med studien är att studera användningen av representationer i fysikläroböcker för högstadiet. Fokus ligger på representationernas meningsbärande och på hur de skulle kunna utvecklas för att ytterligare förstärka det budskap de avser att förmedla.

Först behandlas de olika representationerna och läroböckernas framställning av dem, vilket har att göra med den första forskningsfrågan: Vilka typer av representationer förekommer i läroböckerna och i vilken omfattning? Därefter diskuteras hur representationerna förstärker läroböckernas budskap samt hur de används ur ett multimodalt perspektiv för att belysa den andra forskningsfrågan: Hur används representationerna för att beskriva begrepp? Vidare diskuteras den transduktion som representationerna i de studerade läroböckerna genomgått i förhållande till fysikens diskurs. Diskussionen belyses med exempel på ytterligare representationer från de studerade läroböckerna. Anledningen till att fler exempel införs än de som tidigare tagits med i avhandlingen är en önskan att visa på den mångfald som finns i läroböckerna. Därpå diskuteras tredje forskningsfrågan: Vilken meningspotential har representationerna? Därefter behandlas det socialemiotiska perspektivet för att diskutera läroböckerna utifrån ett användarperspektiv, det vill säga i undervisningen. Sedan följer ett resonemang om kursplanens betydelse för valet av och framställningen av representationerna i läroböckerna. Avslutningsvis följer en diskussion om implikationer samt ges förslag på vidare forskning om representationer i läromedel.

6.1 Väl valda representationer kan bidra till förståelse

Studiens läroböcker innehåller många visuella representationer, framförallt textrepresentationer och grafiska representationer. Merparten av de grafiska representationerna avbildar konkreta begrepp, till exempel kommunicerande kärl, medan endast ett fåtal

behandlar abstrakta begrepp, till exempel övertryck. I den första resultatdelen, kapitel 5.1, kan man se att merparten av de grafiska representationerna i studien kategoriseras som avbildning, antingen fotografier eller generaliserade teckningar. Det är en övervikt av konkreta fotografier i förhållande till abstrakta skisser. Lee (2010) finner i sin studie att det över tid har skett en viss fokusförflyttning från abstrakta illustrationer till fler ikoniskt avbildande representationer, vilket stämmer väl överens med resultaten i den här studien.

I den här studien kan det konstateras att många av de abstrakta, diskursnära fysikaliska begreppen, till exempel undertryck, komprimerad och vakuum, inte är representerade visuellt i läroböckerna. En orsak kan vara att de är svåra att direkt avbilda. Då visuella representationer främjar förståelsen av begrepp (Mayer et al., 1995) är det dock motiverat att använda ett brett urval av representationer. Denna effekt förstärks ytterligare när text och representation presenteras sammanhängande, eftersom eleverna då kan hålla dem aktiva i arbetsminnet samtidigt (Mayer et al., 1995). Genom att använda fler abstrakta skisser skulle därmed fler begrepp kunna representeras visuellt, vilket således skulle underlätta elevernas förståelse. Vid redogörelser för processer eller större sammanhang skulle konkreta representationer antingen kunna kompletteras med abstrakta representationer eller med detaljer som förstärker den information som är avsedd att förmedlas. Mayer et al. (1995) visade att just textförklaringar i representationerna förstärkte sambandet mellan den löpande texten och tillhörande representation. Genom användande av flera representationer tillsammans kan alltså budskap förmedlas utifrån ett multimodalt perspektiv.

Då begrepp inte representeras, eller endast representeras övergripande i läroböckerna, krävs det i stället att de behandlas på annat sätt i undervisningen för att eleverna ska förstå dem. Analysen visar att de visuella representationerna inte alltid konkretiserar de naturvetenskapliga begreppen. Därför menar Danielsson och Selander (2016) att det är viktigt att de representationer som används är väl valda. Om flera representationer överlappar varandra finns risken att de, i stället för att komplettera varandra, sänder motstridiga budskap.

Textrepresentationer i form av avvikande teckenstil markerar begreppen i den löpande texten, medan grafiska representationer används för att illustrera textens innehåll. För att tydligare skilja ut vilka begrepp som är typiska för tryck hade de kunnat markeras med en annan typ av avvikande teckenstil än övriga markerade begrepp. Läsare av läroböckerna skulle då på ett enkelt sätt få hjälp att sortera ut ämnesspecifika begrepp, vilka kan bidra till en utveckling av kunskapen om den aktuella diskursen.

Alla sidor i de studerade läroböckerna innehåller grafiska representationer. I sin studie uppmärksammade Lee (2010) att mängden representationer har ökat över tid, företrädesvis genom användning av fler fotografier. Då fotografier främst handlar om

direkta avbildningar leder det till en mer konkret beskrivning av fysiken. Det finns emellertid enligt Ferlin (2014) en risk att den löpande texten förkortas och de utförliga förklaringarna uteblir, då antalet visuella representationer ökar.

Det finns även grafiska representationer med oklar koppling till innehållet. Dessa representationer av dekorationskaraktär förekommer i alla de studerade läroböckerna. De utgör exempel på när representationers information förbises och inte behandlas i texten. Dessa representationer skulle kunna fylla funktionen av att erbjuda ytterligare alternativ för att beskriva ett begrepp eller skapa flera olika förutsättningar för att koppla samman delar eftersom det, om man har goda förkunskaper om diskursen, går att finna diskursrelaterade detaljer i dem. Då innehållet i representationer av dekorationskaraktär inte förklaras eller motiveras uteblir deras meningsbärande funktion och syftet med dem blir otydligt. Även om de inte hjälper till att beskriva textens innehåll kan de ändå fylla funktionen av att utgöra ett diskussionsunderlag som kan användas i undervisningen, men för detta krävs det handledning av läraren så att de knyts till innehållet. Ett annat syfte med dem skulle kunna vara att minska mängden text per sida. För många elever med lässvårigheter kan ett uppslag med enbart text verka avskräckande. Många representationer på samma sida skapar en komplexitet som riskerar att leda till förvirring om vilka delar av texten som hör samman med de olika representationerna. Det finns en risk med alltför komplexa sidor i läroböcker då de enligt Ferlin (2014) kan bidra till att eleverna inte ens försöker sätta sig in i innehållet. Då får det som skulle bidra till ökad förståelse i stället motsatt effekt. Balansgången är svår och behöver ta hänsyn till många olika faktorer, exempelvis elevers bakgrund, förutsättningarna för undervisningen eller klassens sammansättning. Lärarens undervisning blir då avgörande som hjälp för eleverna att ta till sig innehållet.

Analysen visar vidare att informationen i läroböckernas representationer inte alltid framgår tydligt. Representationerna i fysikläroböckerna är många gånger komplexa och det krävs kunskap om hur de ska tolkas och förstås. Detta kan enligt Bungum (2008) vara en anledning till att fysik anses vara ett av de svårare skolämnena. Denna komplexitet och den i analysen framkommande otydligheten bland representationerna skulle även kunna vara en anledning till att de svenska eleverna inte presterar i topp i PISA-mätningarna. Detta innebär att undervisningen kommer att behöva förändras om bättre resultat ska uppnås.

6.2 Det multimodala perspektivet

De begrepp som tas upp i de studerade läroböckerna är visuellt markerade i den löpande texten med avvikande teckenstil och många av dem är även representerade grafiskt, samt i några fall matematiskt. I de studerade läroböckerna används överlag,

utöver den avvikande teckenstilen i texten, bara en enda grafisk eller matematisk representation för att representera ett begrepp. Kress och van Leeuwen (2006) menar att om flera representationer används för varje begrepp erbjuds en multimodalitet som genom sin variation har möjlighet att nå ut till fler läsare, eftersom alla har olika förutsättningar att ta emot och tolka informationen. Det sammantagna meningserbudandet hos representationer kan således vara annorlunda då de uppträder i kombination med varandra är det som de erbjuder var för sig. Denna multimodala effekt syns inte nämnvärt i studiens läroböcker, då det endast sällan förekommer flera representationer per begrepp.

Den multimodala styrkan ligger enligt Fredlund et al. (2014) i att den information som varje representation erbjuder överlappar andra representationer. Då endast ett fåtal av begreppen i studiens läroböcker är representerade med flera olika representationer (generellt är det en representation per begrepp) blir den multimodala styrkan begränsad. I läroböckerna förekommer många begrepp som både är markerade med avvikande teckenstil och representerade med grafisk representation, till exempel en teckning. Begrepp som både beskrivs med avvikande teckenstil i den löpande texten och representeras med en grafisk representation skulle kunna betraktas som multimodalt representerade utifrån perspektivet att två olika formerna av visuella representation används. När den avvikande teckenstilen används görs dock ingen skillnad i markeringen så att det framgår vilken typ av begrepp som avses. Begrepp från fysikens diskurs och begrepp som allmänt betraktas som svåra markeras på samma sätt. Detta minskar den meningspotential som avvikande teckenstil har. Den fungerar i stället som markörer för att hjälpa läsaren att hitta rätt i texten men bidrar inte till att belysa fysikens diskurs (Slough et al., 2010). Dessutom kommer fysikens diskurs inte fram i ett markerat ord vilket gör att det multimodala värdet av avvikande teckenstil som representation blir litet. I modellen som Airey och Linder (2017) beskriver förklaras hur flera representationer tillsammans bygger upp förståelsen av begrepp. Det kan röra sig om flera representationer var för sig eller flera representationer i kombination med varandra. Då det sällan förekommer flera representationer per begrepp i de studerade läroböckerna uteblir denna effekt.

I analysen av de grafiska representationerna framkommer att dessa sällan försetts med utförliga bildtexter eller klagörande texter varför deras meningserbudande förmåga är mindre än den skulle kunnat vara. Bildtexter kan används för att koppla samman den löpande texten och de visuella representationerna (Pettersson, 1991). Analysen visar dock att bildtexterna inte utnyttjas till att förmedla eller komplettera representationernas innehåll.

Det är en viktig avvägning mellan att erbjuda stor variation av representationer för att beskriva information ur flera olika perspektiv och risken att skapa förvirring på grund av många infallsvinklar. Om det inte ges beskrivningar av representationernas

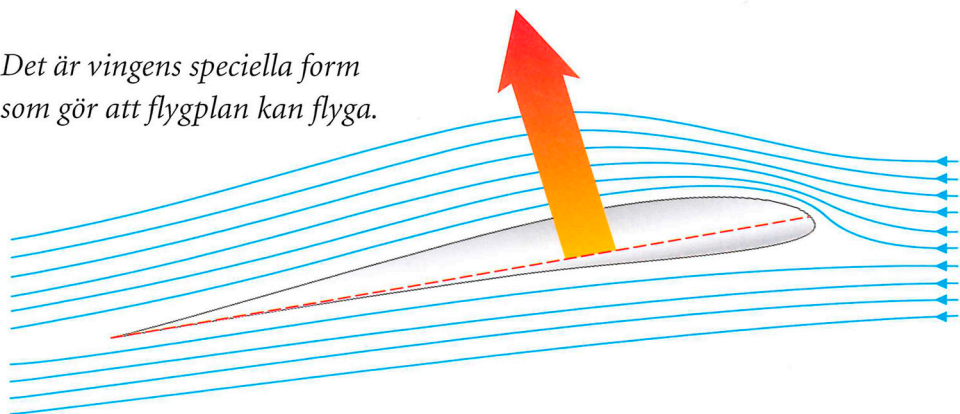
innehåll eller instruktioner om hur de ska tolkas kan den multimodala effekten utebli till följd av för stor mängd information vilken kan vara svår att hantera (Leijon & Lindstrand, 2013). I de studerade läroböckerna beror risken för missförstånd snarare på att det endast finns få hänvisningar och tolkningsinstruktioner till representationerna än på antalet representationer. Att koppla samman teoretiska begrepp med visuella representationer kan hjälpa till med förståelsen. Flera studier, bland annat Airey och Linder (2017) och Leijon och Lindstrand (2013), lyfter fram att när flera olika representationer används ges eleverna ökad möjlighet att ta till sig och tolka informationen. Fler representationer, vare sig de är enskilda eller kombinerade, ökar samtidigt risken för motstridiga budskap vilket ytterligare stärker argumentet att utförliga bildtexter har ett stort värde för att förmedla representationers budskap.

Elever som har tillgång till flera olika representationer påverkas enligt Rosengrant et al. (2007) mindre av representationsformatet än om de endast har en representation att tillgå. Ett större utbud av representationer ger alltså varje elev ökad förutsättning att ta till sig informationen på det sätt som passar just dem bäst. Dessutom kan representationernas information komplettera varandra så att budskapet tydligare framträder, vilket även Ferlin (2014) betonar. Detta är ett argument för att alltid erbjuda flera olika representationer för att beskriva begrepp. Att beskriva begrepp multimodalt avser att belysa begrepp ur flera perspektiv vilket alltså sällan sker i de studerade läroböckerna.

6.2.1 Representationer i kombination kan förstärka budskapet

Genom att representera ett begrepp på flera olika sätt skapas förutsättningar för att de tillsammans ska förstärka det budskap som ska förmedlas (Kress & van Leeuwen, 2006). Analysen av studiens läroböcker visar dock att denna multimodala styrka sällan utnyttjas. I figur 6.1 ges ett exempel på det multimodala perspektivet när en representation försetts med flera olika delar för att förtydliga dess fysikinnehåll. Representationen avser att visa varför ett flygplan lyfter. Utöver den abstrakta skissen av flygplansvingen och luftens strömlinjer har representationen kompletterats med en pil för att märka ut det undertryck som bildas och ger upphov till en lyftkraft. Representationen har även försetts med en klargörande text för att förstärka dess budskap. Intentionen med den här representationen är att erbjuda en multimodalitet för att underlätta förståelsen men då det inte ges instruktioner om hur dess detaljer ska utläsas förblir den oupppackad (Fredlund et al., 2014).

*Det är vingens speciella form
som gör att flygplan kan flyga.*



Figur 6.1. Den abstrakta skissen av en flygplansvinge och luftens strömlinjer avser att förklara varför ett flygplan lyfter (Andersson et al. 2013, s. 118). Exemplet visar att kombinerade representationer inte automatiskt leder till en ökad förståelse av fysiken i representationerna. För att förstå betydelsen av pilarna i figuren krävs kunskap om hur dessa ska tolkas, vilket det inte ges instruktioner om. Trots detaljer som är ämnade att underlätta förståelsen förblir representationen svårtolkad.

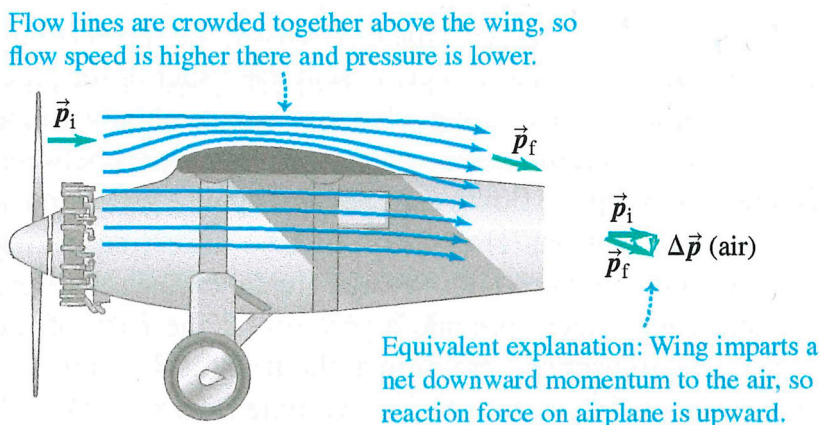
Representationer förtydligas genom att de kombineras med ytterligare representationer. När flera representationer kombineras ökar meningspotentialen. Om man dessutom skapar en transduktion mellan representationer kan denna fylla det tomrum som uppstår när representationer inte fullt ut kompletterar varandra (Airey & Linder, 2017). Analysen av läroböckernas representationer visar dock att transduktion sällan förekommer. I kombinationen av flera representationer uppstår en komplexitet som gör att det lyfts fram många aspekter att ta fasta på när ett budskap ska tolkas, vilket ger fler möjligheter att skapa mening. Samtidigt stiger risken för att missuppfattningarna blir fler när alternativen utökas (Leijon & Lindstrand, 2013).

6.3 Transduktion innebär att information förändras

Ett mer komplext system av representationer, eller representationer bestående av kombinationer av flera delar, behöver inte nödvändigtvis leda till ökad förståelse. I figur 6.1 markerar de blå linjerna luftens rörelse och avståndet mellan dem deras inbördes hastighet. Ju tätare linjerna är desto högre är luftens hastighet. Linjerna har kompletterats med pilar för att visa rörelsens riktning. Representationens utförande leder till att man kan uppfatta det som att luften rör sig när det i stället är flygplanet

som rör sig. Den röda pilen markerar flygplanets riktning då det lyfter till följd av det undertryck som uppstår. Representationen har försetts med den klagörande texten "Det är vingens speciella form som gör att planet lyfter" (Andersson et al. 2013, s. 116). Intentionen är att i kombination med den abstrakta skissen av flygplansvingen förstärker dessa pilar, de blå och den röda, representationens budskap, om orsaken till att ett flygplan lyfter. För att kunna ta till sig innehållet i denna typ av representation krävs det förkunskaper om hur dess delar ska tolkas. I figur 6.1 behöver man bland annat förstå innebörden av linjernas täthet, vilket läroboken inte ger någon instruktion om. Denna representation betraktas därför som svårtolkad. Även om den består av komponenter som avser att underlätta för förståelsen bär den på grund av brister i tolkningsstödet inte fram sitt budskap.

Jämför man representationen i figur 6.1 med motsvarande representation i en lärobok för universitetet, figur 6.2, ser man att det skett en transduktion från fysikens diskurs till en skoldiskurs. Genom att den abstrakta skissen läggs ovanpå en teckning av ett flygplan skapas en kombinerad representation som visar luft och flygplan i förhållande till varandra. Representationen i läroboken för universitetet har dessutom flera klagörande texter som beskriver luftens rörelse och de krafter som uppstår. Utöver dessa finns även en matematisk representation som visar sambandet mellan vingens moment nedåt och den resulterande reaktionskraft som hjälper planet att lyfta. På grund av att informationen i lärobokens representation har genomgått transduktion har innehållet förändrats så att det inte längre överensstämmer med fysikens diskurs.



Figur 6.2. Bernoullis princip förklarar hur luften rör sig fortare på en flygplansvinges ovansida än på dess undersida vilket genererar ett lägre tryck (Young et al. 2015, s. 409). En missuppfattning är att luftmassorna möts vid slutet av vingen. I verkligheten rör sig luften på ovansidan ännu fortare och när vingens kant före luften på dess undersida.

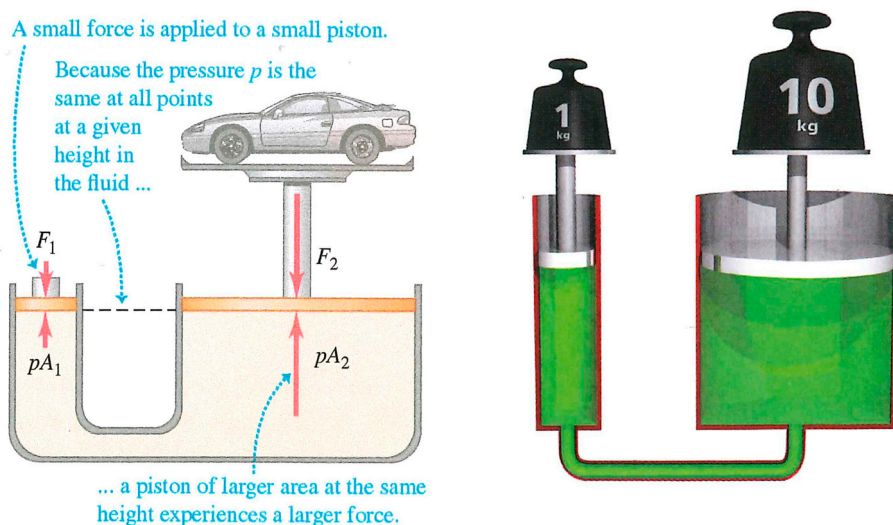
I relation till innehållet i fysikens diskurs har det i läroböckerna skett en transduktion där man skalat bort och tolkat innehållet i stället för att packa upp det som Fredlund et al. (2014) menar att man bör göra. Det betyder i det här fallet att att tolkningsstöd som förtydligar representationens innehåll skulle ha kunnat tillföras.

Den diskurs som presenteras i läroböckerna skiljer sig i stora delar från fysikens diskurs. Till exempel är den matematiska aspekten i stort sett helt frånkopplad från innehållet i läroböckerna för högstadiet medan den är en central del i fysikens diskurs. Det innehåll som tas upp i läroböcker har genomgått en kedja av transduktioner, från fysikens diskurs via undervisad kunskap till den kunskap som eleverna lär sig. I denna process kan kunskapen komma att förändras i olika hög grad och i en del fall till och med förvanskas eller helt tas ur sitt sammanhang (Vaz, 2017).

I analysen framkommer att flera av representationerna i de studerade läroböckerna har genomgått en transduktion i form av förenkling. Exempel från de studerade läroböckerna visar att transduktionen kan leda till att den kunskap läroböckerna vill förmedla inte överensstämmer med den kunskap som finns i fysikens diskurs. Det är därför viktigt för lärare att vara observanta på den didaktiska transduktionen så att de via sin undervisning kan korrigera information som eventuellt förvanskats. I figur 6.1 leder den transduktion som representationen genomgått till att en missuppfattning om budskapet kan uppstå, det vill säga att det undertryck som bildas på grund av att den delade luften har olika hastighet är tillräcklig för att lyfta ett flygplan. Detta felaktiga budskap är det som förmedlas i tre av de fem studerade läroböckerna; i den fjärde finns en kompletterande förklaring om att ytterligare lyftkraft skapas när ”vingen pressar luft snett neråt bakom sig” (Undvall & Karlsson 2006, s. 210), medan den femte läroboken inte alls behandlar varför flygplanen lyfter.

Ytterligare ett exempel på transduktion visas i figur 6.3. Representationens grund överensstämmer med motsvarande representation från en av universitetens läroböcker vilken tydligare beskriver fysikens diskurs. I representationen från studiens lärobok har de detaljer som beskriver fysiken uteslutits. Båda representationerna avser att beskriva funktionen hos en domkraft. Figur 6.3.a. visar tydligt fysikens diskurs genom att använda sig av en kombinerad representation bestående av en abstrakt skiss kompletterad med pilar och klagörande text. I representationerna visas krafterna med pilar och deras riktning pekar ut hur krafterna verkar. Sambandet mellan krafterna och areorna visas genom markering med siffror. Dessutom kompletteras den kombinerade representationen med klagörande text som förklarar att det är samma tryck i alla punkter i domkraftens vätska. I 6.3.b. visas motsvarande representation från en av de studerade läroböckerna. Den transduktion som innehållet i den genomgått har lett till att den avsedda förenklingen i stället gör att representationen inte kan förmedla sitt budskap: hur en domkraft fungerar. För att markera att en kraft verkar nedåt från

varje tyngd på domkraften hade representationen kunnat kompletteras med pilar och det matematiska sambandet $10\text{ N}=1\text{ kg} \cdot 9,82\text{ m/s}^2$.



Figur 6.3. a och b. Fysikens diskurs beskrivs i 6.3.a. genom användningen av en abstrakt skiss av en domkraft vilken har kompletterats med pilar och klargörande text (Young et al. 2015, s. 397). Motsvarande representation från en av studiens läroböcker, 6.3.b. visar att representationens innehåll genomgått en transduktion (Schultze 2010, s. 84). Till följd av förenklingen har många förklarande delar tagit bort.

6.4 Representationers meningserbjudande beror på flera olika faktorer

Detta arbete handlar om representationer som bärare av läroböckernas budskap och om den meningspotential de besitter då det gäller att förmedla detta budskap. I läroböckerna finns många exempel på erbjuden mening i representationerna, men analysen visar också att detta budskap inte alltid framgår tydligt samt att valet av representationerna i en del fall behöver motiveras tydligare, vilket även Testa et al. (2014) kom fram till. För att representationers erbjudna mening ska nå fram till eleverna måste de tränas i att ta del av denna erbjudna mening, eftersom representationernas komplexitet annars riskerar att motverka deras inneboende meningspotential.

Representationer används i stor utsträckning för att illustrera den löpande textens innehåll men även representationer med oklar koppling till innehållet förekommer. I analysen framkommer också att flera av representationerna är förenklade i förhållande

till fysiken diskurs. Representationer som inte är tydligt kopplade till innehållet bör inte användas då de tillför överflödigt information. I stället för att förstärka förståelsen kan detta göra det svårare för läsaren att tolka och ta till sig budskapet eller väcka andra typer av frågor som inte rör den aktuella delen av fysikens diskurs. Detta kan medföra att representationerna förutom att vara otydliga även kan bidra till att förmedla flera budskap som i värsta fall dessutom kan vara felaktiga, se figur 5.31. Om en representation dessutom har flera meningspotentialer är det viktigt att eleverna förstår vilken specifik aspekt som de ska fokusera på (Airey & Linder, 2009).

Multimodal effekt uppstår då flera representationer samverkar vilket ger ett högre meningserbjudande. Då man använder sig av flera olika representationsformer kan deras gemensamma meningserbjudande därför bli större än deras separata meningserbjudande. Genom att behärska en viss typ av representationer kan man förstå andra: det vill säga, via redan kända representationsformer kan man utveckla förmågan att hantera nya representationsformer och på så vis kan ökad inläring ske. Airey och Linder (2009) föreslår därför att man använder sig av sin förmåga att tolka en viss typ av representationer som ingång till att lära sig behärska nya representationsformer. På så vis kan dessa utgöra en språngbräda för förståelsen av flera andra representationer. De menar vidare att för att täcka in hela kursen behövs detta multimodala perspektiv, något som dock förutsätter att begreppen är representerade på flera olika sätt vilket analysen i detta arbetet inte påvisat.

6.4.1 Att packa upp representationerna bidrar till att deras meningserbjudande stärks

Av analysen av representationerna i läroböckerna kan utläsas att det många gånger är svårt att tolka representationernas innehåll och att deras koppling till texten på flera håll är otydlig. För att packa upp representationerna så att deras innehåll görs tillgängligt för eleverna krävs undervisning om representationerna och om hur de ska tolkas. Eleverna behöver således guidning från läraren för att kunna ta del av representationernas innehåll. För att kunna behärska de olika representationer som förekommer i läroböckerna behöver eleverna träna på att tolka dem vilket även Airey och Linder (2009) skriver om. De menar att det är nödvändigt att eleverna kan hantera representationerna för att den diskurs de beskriver ska vara tydlig.

I de analyserade läroböckerna ges sällan hänvisningar eller tolkningsstöd i samband med representationerna vilket gör att innehållet inte alltid packas upp för eleverna. Representationer har en uppsjö av olika meningspotentialer och därför menar Airey och Linder (2017) att det är viktigt att veta hur de ska användas och tolkas för att de ska vara meningsbärande. När det krävs förkunskaper för att förstå representationerna

blir innehållet svårt att ta till sig på egen hand. Det gör att läroböckerna inte ensamma kan beskriva fysiken utan endast utgöra en del av undervisningen. Även om representationerna inte ensamma har förmåga att erbjuda mening kan de fungera som underlag till många intressanta diskussioner. Undervisningen bör därför fokuseras inte bara på den inneboende disciplinära meningspotential som varje enskild representation har utan också på meningspotentialer som uppstår då hela system av representationer samverkar, vilket även Airey och Linder (2017) betonar.

I de analyserade läroböckerna kan en brist på transduktion som förstärker budskapet noteras. Exempel på sådana transduktioner kan vara bristfälliga bildtexter eller total avsaknad av dessa, dolda förklaringar som inte lyfts fram, få eller otydliga hänvisningar. Då det inte finns någon koppling mellan representationerna framstår de som separata delar i stället för att komplettera varandra. Även om representationerna också var för sig har ett meningserbjudande så förstärks inte deras gemensamma meningspotential om det inte finns någon transduktion mellan dem. Trots att representationerna har ett visst mått av disciplinär affordans kan bristen på transduktion medföra att de får låg pedagogisk affordans. Bland de studerade läroböckernas representationer förekommer sällan sådana som har både disciplinär och pedagogisk affordans vilket Airey och Eriksson (2019) menar är eftersträvansvärt om deras innebörd skall förmedlas.

6.4.2 Det sända och det mottagna budskapet överensstämmer inte alltid

Läroböckernas representationer har en inneboende potential som meningsbärare för det budskap som författaren önskar förmedla. Läsaren sätter sedan in den erbjudna meningen i ett sammanhang och skapar sin uppfattade mening då budskapet tolkas (van Leeuwen, 2005). Det finns alltid en skillnad mellan den mening som läroböckernas författare har som intention att förmedla och den mening som läsaren uppfattar, något som även Ferlin (2014) resonerar kring. Den som skapat läroboken har ingen möjlighet att i efterhand påverka elevens uppfattade mening. Det är därför av största vikt att de representationer som väljs är tydliga och att deras meningserbjudande är starkt. Elever kan inte urskilja de budskap som inte går att upptäcka (Serafini, 2010) En otydlig representation utvecklar alltså inte elevernas förståelse för fysiken utan kan i stället leda till missuppfattningar.

6.4.3 Representationers meningserbjudande är beroende av elevers förförståelse

Analysen visar att flera av de studerade läroböckernas representationer är så förenklade att den information de innehåller inte framkommer. När representationer innehåller dold information blir läraren och dennes undervisning en viktig faktor för att hjälpa eleverna att tolka den dolda informationen samt instruera eleverna i hur representationer ska läsas. Eleverna behöver mötas där de befinner sig och tränas i att gå från ett vardagsspråk till ett ämnesspråk (Ausubel et al., 1978). Undervisningen blir således länken mellan lärobokens erbjudande och elevernas mottagande. Även Ferlin (2014) menar att det är svårt att skapa mening utan grundläggande kunskaper i ämnet. Detta får konsekvensen att utan förkunskaper eller guidning om hur representationer ska tolkas framkommer inte läroböckernas innehåll. Det krävs därför diskussioner kring begreppen och representationerna för att fysikens diskurs ska tydliggöras.

Elevernas förkunskaper och förmåga att ta till sig ny kunskap är av betydelse för att kunna urskilja disciplinärt innehåll med hjälp av representationerna (Eriksson et al., 2014). Förmågan att ta till sig representationernas erbjudna mening handlar lika mycket om kunskaper i ämnet som kunskap om hur representationer överlag ska tolkas. Selander och Kress (2017) menar även att det sammanhang i vilket eleven befinner sig är av stor betydelse. Lärare behöver medvetandegöras om de inneboende möjligheter representationer har, samt deras styrkor och svagheter i förmedlingen av fysikens innehåll. Särskilt behöver man lyfta fram hur man kan arbeta med representationer i undervisningen för att öka deras meningserbjudande. Även det multimodala perspektivet behöver lyftas.

En stor andel av representationerna i de studerade läroböckerna är grafiska representationer medan det endast förekommer ett fåtal matematiska representationer. Grafiska representationer behöver inte nödvändigtvis gynna alla elever (Vekiri, 2002). Med hänsyn till den stora mängd matematiska representationer som förekommer i fysikens diskurs och att det inte ges något stort utrymme för dem i de studerade läroböckerna finns det mycket arbete att göra för de undervisande lärarna när det blir fråga om de matematiska sambanden.

Läroböcker erbjuder mening men elevernas möjlighet att ta till sig det budskap som förmedlas är beroende av deras förförståelse. Elevernas förkunskaper varierar och är beroende av tidigare erfarenheter (Kress, 2010). Det gör att var och en har olika möjlighet att tolka och ta till sig budskapen. Samspelet mellan löpande text och representation kan många gånger vara svårt att tolka. I Skolverkets rapport (2012a) står att läsa att eleverna ofta tar för givet att representationen endast ska illustrera texten. De behöver undervisning i hur man läser och tolkar multimodala texter. Det är då lärarnas uppgift att bistå eleverna vid de svårigheter som kan uppstå.

6.5 Socialsemiotik - kommunikation i ett sammanhang

I studiens analys framkommer det att läroböckerna inte kopplar löpande text och representation till varandra i någon större utsträckning. Det teoretiska innehållet presenteras främst visuellt med grafiska avbildningar men representationernas innehåll bearbetas sedan endast i liten utsträckning. Då semiotiska resurser används på båda håll i kommunikationen, dels när man ska tolka ett budskap och skapa förståelse för dess innebörd och dels när man ska förmedla ett budskap, är det viktigt att eleverna ges förutsättningar att kunna tolka och förstå de representationer de påträffar. Den kompetens som krävs för att hantera de semiotiska resurserna utvecklas genom att man träffar på dem i olika sammanhang och genom träning i användandet av dem (Leijon & Lindstrand, 2013). Med tanke på den obetydliga variation av semiotiska resurser och deras användning som de studerade läroböckerna erbjuder ges eleverna liten möjlighet att utveckla sin förmåga att hantera kommunikation på flera olika plan och i olika sammanhang.

6.5.1 Kommunikation är en social handling som med hjälp av semiotiska resurser fungerar meningsskapande

En lärobok kan betraktas ur ett socialsemiotiskt perspektiv såtillvida att den är en bok fylld av en mängd semiotiska resurser vilka representerar begrepp ur innehållet. Semiotiska resurser är dock bara förmedlare av budskap – det är när de mottas som deras innehåll får betydelse. Beroende på hur de mottas ges de dessutom olika betydelse. Detta talar för att utvecklade resonemang om representationernas innehåll och användning ger dem större meningspotential. Studiens läroböcker lämnar detta resonemang till användarna av läroböckerna men utan att ge instruktioner om hur det ska ske. Kommunikation sker med hjälp av semiotiska resurser och det är i användningen av dem som mening uppstår (Leijon & Lindstrand, 2013). Kommunikationen är därför i själva verket en produkt av social handling (Kress & van Leeuwen, 2006). Hur de semiotiska resurserna används påverkar således deras meningspotential. Den sociala interaktionen är därmed av stor betydelse för hur budskapet uppfattas. Den uppfattade meningen och hur denna bearbetas är högst individuell för varje undervisningstillfälle, bland annat beroende på elevgrupper och lärare. Då studiens läroböcker lämnar stor del av detta arbete till de undervisande lärarna kommer innehållet att föras ut på många olika sätt. Det leder till att skolfysiken inte bara skiljer sig från fysikens diskurs men också varierar mellan skolor och till och med klasser beroende på de undervisande lärarnas olika bakgrund, erfarenhet och förutsättningar.

6.5.2 Det semiotiska landskapets betydelse för kommunikationen

Representationer är alltid kopplade till ett sammanhang och kan bara förstås i relation till detta sammanhang. Deras betydelse är exempelvis beroende av kontexten och de intentioner individer har när de för fram ett budskap. Dessutom behöver såväl avsändare som mottagare kunna hantera och avkoda representationerna på liknande sätt. Den helhet som uppstår då representationer samverkar och kompletterar varandra, så att kommunikationen blir meningsbärande, kan beskrivas som det semiotiska landskapet.

De representationer som analyserats i den här studien är starkt kontextbundna. De kan bara förstås i relation till den löpande textens innehåll. Utan förklaringar är det svårt att urskilja vad de avser att förmedla. Utifrån resultaten av den här studiens analys kan man därför dra slutsatsen att läroböckerna behöver vara en aktiv del av undervisningen. Representationerna kan inte på egen hand förmedla den diskurs de avser att förmedla.

Kress och van Leeuwen (2006) menar att den visuella kommunikationen alltid är knuten till ett sammanhang och endast kan förstås som en del av detta, vilket de beskriver som det semiotiska landskapet. Det semiotiska landskapet består dels av sammanhanget självt, det vill säga de former av kommunikation som finns, och dels av användning och värdering av denna. Även *modes* bör ses i detta sken. För de analyserade läroböckerna är detta landskap inte alldeles tydligt varför det behöver belysas genom undervisningen. Detta styrker argumentet för att se läroböckerna endast som en del undervisningen.

Det semiotiska landskapet är bara begripligt med hänsyn taget till dess utveckling, historia och sammanhang. Det visar inte minst en jämförelse mellan läroböckernas val av representationer. I läroböckerna är de väl överensstämmande med varandra. Det vill säga det finns en stark tradition av att använda en viss typ av representation för ett visst begrepp, exempelvis är begreppet *kommunicerande kärl* representerat med en schematisk teckning i alla de analyserade läroböckerna.

6.6 Läroböckerna i relation till kursplanen för fysik

Alla läroböcker i studien uppger att de följer LGR 11, den aktuella läroplanen. Sett till det centrala innehållet så omfattar alla studiens läroböcker detta i dess helhet. Där emot understödjer de inte alla de förmågor som beskrivs i kursplanens inledande text. Framförallt omfattas de två första övergripande förmågorna inte av läroböckernas innehåll i någon större utsträckning. Läroböckerna saknar avsnitt som behandlar den

första förmågan, att granska och ta ställning till information. Endast vid enstaka tillfällen uppmanas eleverna att ta ställning eller resonerar kring frågor. De studerade läroböckerna är textböcker riktade till eleverna. De behandlar i mycket liten omfattning hur systematiska undersökningar kan genomföras. Representationer vilka beskriver laboratorieutrustning anpassad för skolan förekommer inte i de studerade läroböckerna. Även Bungum (2013) fann att läroböckernas representationer hellre avbildade verkliga företeelser än laboratorieuppställningar. Det medför att läroböckerna inte har fokus riktat mot den andra förmågan som eleverna skall behärska, att genomföra systematiska undersökningar. För att arbeta med dessa förmågor krävs annat material. En slutsats som därmed kan dras är att det inte räcker med endast läroböckerna för att nå alla fysikens kunskapskrav, vilka bygger på alla tre förmågorna. Till alla läroböckerna hör dock ett lärarmaterial med kopieringsunderlag där det bland annat finns instruktioner för laborationer.

Läroböckernas exempel är främst beskrivningar av fysikfenomen hämtade utanför skolans verksamhet. Exempel är olika situationer och företeelser vilka går att finna inom olika yrkeskategorier, såsom kontrollrum i till exempel rymdbaser eller kraftverk eller dykare och deras utrustning. Detta stämmer överens med de resultat som Bungum (2013) såg i sin studie. Genom att visa upp fysiker i arbete menar Bungum att eleverna bjuds in till fysiken. Analysen i den här studien visar att representationerna har potential att bjuda in eleverna till fysiken men eftersom deras innehåll står långt från eleverna kan fysikens innehåll ändå vara svårt att nå. Bungum finner vidare att äldre läroböcker i större utsträckning kompletterar representationerna med förklarande texter. Även i denna studie framkommer det att klargörande text och utförliga bildtexter hade kunnat komplettera representationerna.

I kursplanen står att eleverna ska ha kunskap om samband och kunna konstruera enkla tabeller och diagram men det nämns inte uttryckligen att de ska ha kunskap om de bakomliggande matematiska sambanden (Skolverket, 2018). Även om kursplanen tar upp att eleverna ska lära sig dokumentation i form av tabeller och diagram är det ingen av läroböckerna som använder diagram som en representationsform och tabeller endast i enstaka fall. Matematiska representationer såsom tabeller och formler är enligt Ribbeck (2015) en del av det naturvetenskapliga språket. Trots det är de överlag ovanliga i alla läroböckerna även om Spektrum och Makro ger något mer uppmärksamhet åt beräkningar av tryck.

De matematiska representationerna utgör bara en liten andel av den totala mängden representationer i de analyserade läroböckerna. Begreppet matematiska samband har uteslutits från formuleringarna i kursplanen för fysik. Därmed lämnas utrymme för läroboksförfattarna att tolka gällande kursplan som att den matematiska delen av fysiken, såsom de matematiska sambanden, inte behöver behandlas i läroböckerna. En allt vagare läroplan har enligt Johnsson Harrie (2009) lett till att läromedlen fått en

allt starkare ställning. För den som inte är van att tolka matematiska representationer kan det vara svårt att ta till sig informationen i dem, vilket kan vara en förklaring till den sparsamma frekvensen av matematiska representationer.

Läroböcker utgör grunden för många lärares undervisning och lärare ser, enligt Englund (1999), läroböckerna som en garant för att kursplanens mål kan uppfyllas. Studien visar dock att läroböckerna inte helt korrekt beskriver fysikens diskurs. Därför är det viktigt att göra en faktagranskning av läroböckernas innehåll innan de används i undervisningen. Då det inte förekommer central kontroll av läroböcker i Sverige (Skolverket, 2006a) kommer detta ansvar att decentraliseras till lärarna (Molin, 2006). Ett stort ansvar vilar på landets alla lärare att förutom att genomföra undervisningen även säkerställa att det material som produceras för skolor innehåller korrekt information.

Då texterna i kursplanen är korta lämnar de enligt Molin (2006) tolkningsutrymme för både läroboksförfattare och de undervisande lärarna. Flera av läroböckerna i studien är skrivna av författare som enligt förlagen har lärarbakgrund. Det gör att den kontext som läroböckerna är avsedda att användas i är bekant för författarna, vilket borde underlätta för deras budskap att nå fram till eleverna. Den här studien visar dock att så inte alltid är fallet. Ferlin (2014) tar upp att det finns både fördelar och nackdelar med att det är lärare som skrivit läroböckerna. Det kan vara en fördel utifrån perspektivet att författarna har erfarenhet av undervisning och kännedom om vilka delar som kan behöva utvecklas och förstärkas. Men det kan också vara hämmande såtillvida att författarna underförstått har en bild av hur undervisning går till och inte skriver böckerna så att de kan vara självständiga utan ser dem som ett stöd för undervisningen. De riktar sig snarare till lärarna än till eleverna. Författarnas bakgrund kan vara det som avgör om boken är anpassad för målgruppen. Det kan också vara en nackdel om författaren varit lärare men inte längre aktivt arbetar som lärare genom att synen på läroböckernas innehåll konserveras. Lärare ges sällan tid att granska och reflektera över läroböckerna. Att lärare skrivit läroböckerna kan ses som en garant för att deras innehåll är relevant och stämmer både med fysikens diskurs och med kursplanen (Ferlin, 2014; Skolverket, 2006a). Detta medför att läroboksförfattarna får ett stort inflytande inte bara på undervisningens innehåll men också på implementeringen av kursplanen (Englund, 2006). Den här studien visar på vikten av att granska läroböckernas innehåll för att minimera risken för att felaktig information sprids.

6.7 Implikationer och framtida forskning

Samspelet mellan löpande text och representation påverkar hur väl ett budskap förmedlas och därmed kvaliteten på läroböckerna. Representationerna i de studerade läroböckerna innehåller en stor mängd dold information och ingen vägledning ges om hur denna ska behandlas eller tolkas. Det blir en viktig uppgift för lärare att genom sin undervisning underlätta för eleverna att tolka läroböckernas representationer. Studiens analys påvisar att de läroböcker som studerats kräver att de aktivt används i undervisningen. Det är således inte läroböcker som är ämnade för självstudier. Analysen visar också att det är viktigt att lärare är medvetna om fysikens diskurs för att upptäcka avsnitt där missuppfattningar lätt kan uppstå samt eventuella felaktigheter. Därför är det viktigt att lärare utvecklar kompetens i att kunna granska och analysera läroböcker och de representationer som förekommer däri. Det behövs verktyg för att systematiskt kunna granska läroböcker och deras representationer för att sedan kunna göra medvetna val gällande de läroböcker man använder i undervisningen. En multimodal analys av läroböckers representationer kan därför utgöra stöd för lärare och andra när de står inför val av läroböcker. Denna avhandling lyfter fram delar som man kan fokusera på samt presenterar verktyg för att kunna genomföra en sådan granskning och analys. Det behövs ett reflekterande perspektiv vid läsandet av multimodala texter. Genom att vara medveten om styrkor och svagheter hos representationerna kan man säkerställa att en så bra lärobok som möjlig väljs och dessutom blir man medveten om var man behöver komplettera läroboken med annat material i sin undervisning.

6.7.1 Vad får den här studien för betydelse?

Den här avhandlingen lyfter fram att den pedagogiska diskurs som presenteras i läroböcker skiljer sig från fysikens diskurs. Läroböckerna består av en pedagogisk text som reproducerar diskursen. I en lärobok finns didaktiska mål och därför har innehållet anpassats och urval och avgränsningar av fysikens diskurs gjorts. Lärare måste vara medvetna om att fysikens diskurs har genomgått transduktioner, ibland i flera led. Därför är det viktigt att lärare är insatta i fysikens diskurs så att de kan förstå dessa transduktioner och omsätta den disciplinära affordansen till den pedagogiska affordansen genom sin undervisning. Detta är något som lärare behöver göras medvetna om.

Resultaten från den här studien skulle dessutom kunna användas av kommande läroboksförfattare för att ge nästa generation läroböcker större meningspotential samt minska risken för missuppfattningar. Resultaten skulle även kunna användas inom lärarutbildning och i fortbildningssyfte för aktiva lärare för att lyfta diskussionen

kring användningen av representationer och deras meningserbjudande. De skulle även kunna utgöra diskussionsunderlag för att lyfta fram vikten av att aktivt använda representationer i undervisningen och inte enbart låta eleverna läsa läroböckerna på egen hand.

6.7.2 Förslag på vidare studier

I den här studien har endast ett kapitel valts ut att analyseras. Intressant att undersöka vidare är hur det ser ut i andra delar av fysiken. Då samma författare skrivit läroböckerna som en helhet görs antagandet att det ser ut på likartat sätt genom hela läroböckerna. Hur det egentligen ser ut skulle vara intressant att studera bland annat med avseende på hur innehållet förhåller sig till fysikens diskurs samt om det finns skillnader i framförallt de matematiska representationerna beroende på ämnesområde.

Fokus i denna studie har varit på vilka representationer som förekommer i läroböckerna, hur dessa används för att representera begrepp och vilket meningserbjudande de ger. I studien framkommer att flera av representationerna har meningspotential men att det krävs undervisning om dem för att denna ska framträda. Det hade därför varit intressant att studera hur dessa representationer aktivt används i undervisningen av fysik för att stärka elevernas förståelse.

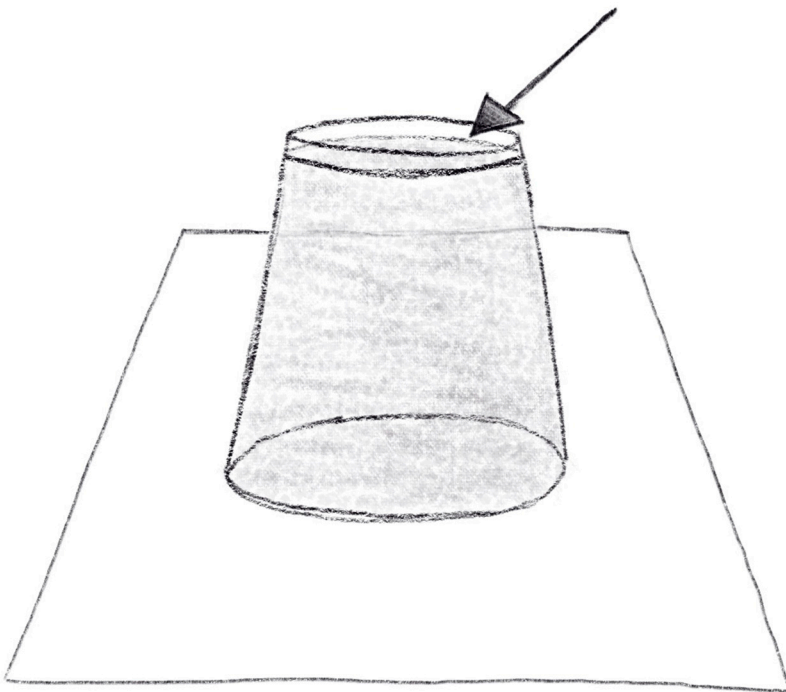
Då representationerna många gånger ger utrymme för diskussioner och stor variation i undervisningen kring dem bör lärarhandledningen vara ett stöd för lärarna. Denna borde ge inspiration till diskussioner, guidning till fördjupande material och uppslag till laborativt arbete men hur ser det egentligen ut? Ett uppslag för fortsatt forskning på temat representationers meningsbärande är hur lärarhandledningarna stöttar lärarens undervisning.

Idag har på många skolor de tryckta läroböckerna ersatts av digitala läromedel. Dessa innehåller betydligt fler *modes* än läroböcker gör. Hur klarar de digitala läromedlen av att beskriva fysikens diskurs? Vilken meningspotential bär de med sig? En studie av det meningserbjudande som representationerna i de digitala läromedlen har skulle vara ett bidrag till diskussionen kring de digitala läromedlens ställning i undervisningen.

6.8 Avslutningsvis

I inledningen skrev jag om mitt intresse för hur elever förstår naturvetenskap, och hur jag som lärare kan hjälpa dem att förstå de naturvetenskapliga begreppen, vuxit fram under mina år som verksam lärare. Under resans gång, med den här avhandlingen,

har jag tagit till mig många olika saker om representationer förmåga att erbjuda mening samt vilken betydelse det kan ha för hur eleverna tar till sig budskap. Jag har också förändrat min egen undervisning. Bland annat har jag lagt mer tid på att diskuteras representationer tillsammans med eleverna, både de som förekommer i läroböckerna men också andra visuella representationer. Min medvetenhet om representationers meningserbjudande och hur dessa kan packas upp har därför utvecklat min undervisning.



Försök 5. Då glaset och pappersarket vänds upp och ned kommer pappersarket att bukta nedåt något på grund av tyngdkraften. Då uppstår ett undertryck i den lilla mängd inneslutna luft i glaset. Den tryckskillnad som då uppstår får arket att hållas kvar.

7 SUMMARY

Images of pressure

– Visual representations of the concept of pressure in physics textbooks for lower secondary school

In order to conceive and understand and communicate knowledge about science it is important to understand concepts in relation to the content. This is a study on how visual representations in physics textbooks for lower secondary school communicate scientific content on the topic of pressure. When textbooks introduce physics concepts, they use many visual representations. These representations can be expressed in different modes, for example photos, sketches, tables, graphs or formulas (Fredlund, Linder, Airey & Linder, 2014). Most children are inherently interested in scientific phenomena, but as they grow older, many find science more difficult and some of them lose their interest. Natural science is therefore regarded by many students as a difficult subject at school (Skolverket, 2016a). One explanation may be that they lack the disciplinary words and the ability to read representations in teaching situations and material such as textbooks, hence negatively affecting their skills to reason about science.

7.1 Aim and research questions

The aim of this study is to investigate representations used when physics concepts, related to the phenomenon of pressure, are described in textbooks aimed for lower secondary school students in Sweden. The analysis also examines how they are used in textbooks and put into the context. Finally, the ambition of the study is to analyse their affordances.

This purpose has been compiled into three research questions:

- 1 What types of representations are used to represent the concept of pressure in textbooks for secondary school in Sweden?
- 2 How are these representations used to represent the concept of pressure in textbooks?
- 3 What affordances do the representations have?

7.2 Theory

This thesis is based on the theory of social semiotics, that is, how signs and their use can contribute to disseminate the content (Kress & van Leeuwen, 2006). By understanding communication from its social context, communication becomes meaningful. This meaning is created by the use of semiotic resources. They are used in communication to reinforce the message. The physics discourse is described by various semiotic resources, which differ from other discourses. The semiotic resources are used to describe the discourse and supports the understanding of abstract concepts; they represent the language of physics.

Examples of semiotic resources are representations, which may consist of variations in text, photographs or mathematical formulas. Representations have affordances, that is, an inherent ability to offer meaning to the recipient. However, it is then assumed that the recipient, in this case the student, has the opportunity to decode the message. Meaning is accordingly created in the interaction between transmitter and receiver (Leijon & Lindstrand, 2013). In order to take advantage of the discourse, it is necessary to understand and use the representations in their context (Airey & Linder, 2009). In order to be able to do so, it requires practice in using them and, to some extent, teacher's guidance.

Multimodality, i.e. when concepts are presented with more than one kind of representation, is used to amplify the meaning of a concept. All representations have a meaning on their own, but put together they reinforce each other and further offer meaning that they cannot achieve individually (Kress & van Leeuwen, 2006). Multimodal communication is thus a combination of different forms of representation to increase the meaning of a message.

7.3 Method

The aim of the study is to investigate and analyse representations of concepts in physics textbooks directed to students of lower secondary school in Sweden. The selection consists the five most commonly used textbooks. The choice of subject this study focus on is pressure. The arrangement of the chapters in these five textbooks is similar, hence making them suitable for comparison.

The first part of the study is a quantitative content analysis which aims to answer which types of visual representations are present and how frequently they occur. The categories of the analysis are based on the model by Liu and Khine (2016). This model categorises graphical and mathematical representations. In this study the model has been completed with another category, textual representations, as a result of the presence of many textual representations, for example variation in fonts.

The use of graphical and mathematical representations has been analysed on the basis of four principles (Slough et al., 2010). The first principle is about how the representations support the text. The second principle is about the ability of representations to help interpret the content. The third principle is about how text and representation are placed in relation to each other on the pages of the textbooks, to give a holistic view of the concept. Finally, the fourth principle is about how the text supports collaboration with the representations.

The analysis of the affordances of the representations has been done on graphic and mathematic representations. A selection of representations has provided material for the analysis. In the analysis, details of affordances have been distinguished and described. Focus has been on connections to everyday life, student perspective, simplification and transduction.

7.4 Result

A representation can fulfil many different functions and not all of them describe a physics content. Often representations are used to visually supplement what is described in the text. But they can also be used to organize the content or link different parts together. Furthermore, they can supplement or transduce the text to make concepts easier to understand. The results in this study show that text representations mainly consist of concepts marked in divergent fonts. Graphic representations are represented by equal amounts of photographs and sketches and mathematical representations are rare. There is a connection between the number of pages and the number of representations. The more pages, the more representations, thus the representations are given the same space on the book spread, in all the textbooks studied.

Explanations of the concepts are given in the text, but the analysis shows that the concepts are not described in the captions. Adding text to the representations, for example, naming details or displaying the direction of a process with arrows, facilitates interpretation. By providing descriptive text in the representations, the focus is directed to essential parts which promote understanding. Nevertheless, such clarifying text only appears on a few occasions.

The results show that a large proportion of the representations are depictions of the content described in the text, for example by photos or sketches. Many of these representations are similar, or the same, for all textbooks. Photographs show a direct image of an object or situation and sketches show a generalized picture of a concept, where details that are of no importance in physics have been eliminated. A photograph can help to anchor the theory in real situations, while a generalized sketch, on the other hand, can give a holistic picture and help to create a larger context.

Different positions of representations can fulfil different purposes. An illustration before the associated text can activate the student's prior knowledge, while positioning it after is highlighting the previous text. If a longer section of text is about a representation, the student may need to switch between text and representation several times in order to have an overall experience. By integrating the representations, a clearer context is provided, while the reading flow may be hindered. The result shows that most of the graphic representations are placed next to the corresponding text but they are not systematically placed either to the right or to the left of the text. By consistently placing representations in one way, textbooks could become clearer in their usage of the representations. The more abstract concepts dealt with, the more important it becomes. If the content is unfamiliar to the student, it may be difficult to find out which representation belongs to which part of the text.

There are few instructions that actively engage the students to take part of the representations, such as direct instructions in the text about which representations or parts of representations that the focus should be directed to in order to highlight the content and facilitate navigation. For example, when a representation is a chart, it may be easier for students to understand it if there are instructions on what they should be looking for. There are not many questions about the representations asking the students to focus their attention on the representation.

Combined representations occur rarely, as for example, in graphic representations there is no further representation in the form of sketches, arrows or text that clarify what to highlight. Very few representations are related to the everyday life of students.

7.5 Discussion

The results show that the textbooks consist of a large number of graphic representations and that many representations contain appresent (hidden) information. They all have the opportunity to help explain the content but the textbooks do not convey information about how the representations should be interpreted. A large number of the representations require guidance from the teacher, otherwise their message will not reach the students.

The study shows that concepts are usually presented with only one representation and that most of them are concrete depictions. Clarifying texts or other representations integrated in the main representation are seldom present. When representations overlap, their overall affordances get even better than for each of them. Thus, the meaning of the representations reinforces their message (Fredlund et al., 2014). Further, a combination of representations would complement each other (Ferlin 2014). To provide representations with detailed captions will reinforce their affordances (Pettersson, 1991). The analysis though, shows that the textbooks rarely use more than one representation for each concept which will reduce the multimodal capacity. The captions are usually only a description of the representation rather than an explanation of the physics in it. Students that get access to several different representations are less affected by the design of a single representation (Rosengrant et al., 2007). In this study, there is no sign of risking to confuse the students by providing too many representations with contradictory messages. Instead, there is a risk that students misunderstand the representations due to the fact that there are few references to them or no guidance to help them interpret the content.

The representations analysed in this study consist of few details and their content has been interpreted instead of, as Fredlund et al. (2014), suggest, being unpacked. To unpack representations means to reveal their content without losing the physics. Doing so, the representations become available to the students based on their prior knowledge. It also makes sure that the representations don't divert from the discourse. The analysis shows that most representations could, with some editing, become even more distinct when it comes to explaining the content. This can be done by combining multiple representations, for example by using a photo together with an abstract sketch focusing on specific details, by linking two or more representations with frames or by using arrows that point to important details or by writing more detailed captions to the graphical and mathematical representations.

7.6 Implications and further research

All representations have affordances but they likely need further guidance by teachers in order for their affordances to be unpacked so that students can access them. Teachers therefore become an important link between the textbook and the students. The focus of the teaching should be on discussions about the representations and their ability to convey disciplinary meaning. By educating teachers about representations and their strengths and weaknesses and how representations can work together to explain the content, the teaching can help to increase the students understanding.

The results of this study can therefore be used in several ways. Teachers can be reminded that representations have affordances but they must be discussed in the teaching in order to be reveal it. The same goes for teacher educators, who have a great mission to educate future teachers. Furthermore, based on the results textbook authors can develop representations in new textbooks to promote students' understanding.

This study is performed on the topic of pressure in physics textbooks. Future studies may focus on other topics in physics and also in other school subject. As many schools in Sweden use digital teaching materials, a further study should be focused on these.

8 LÄROBÖCKER SOM ANALYSERATS I DENNA STUDIE

De läroböcker som analyserats i den här studien består av fem läroböcker vilka finns tillgängliga på den svenska läromedelsmarknaden. Alla uppfyller kraven att de skall vara uppdaterade enligt gällande kursplan.

Följande läroböcker ingår i studien:

Andersson, P., Andersson, P., & Bengtsson, J. (2013). *Fysik direkt* (3. uppl.). Stockholm: Sanoma utbildning.

Monthán, I. (2015). *Titano fysik* (3. uppl.). Malmö: Gleerups Utbildning AB.

Schultze, J. (2010). *Makro Fysik* (1. uppl.). Malmö: Gleerups utbildning AB.

Sjöberg, S., & Ekstig, B. (2011). *PULS Fysik* (3. uppl.). Stockholm: Natur & kultur.

Undvall, L., & Karlsson, A. (2013). *Spektrum Fysik* (4. uppl.). Stockholm: Liber AB.

9 REFERENSER

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183-198.
- Ainsworth, S. (2008). The Educational Value of Multiple-representations when Learning Complex Scientific Concepts. I Gilbert, Reiner & Nakhlehn (Red.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education*. Dordrecht: Springer.
- Airey, J., & Eriksson, U. (2019). Unpacking the Hertzsprung-Russell Diagram: A Social Semiotic Analysis of the Disciplinary and Pedagogical Affordances of a Central Resource in Astronomy. *Designs for Learning*, 11(1), 99-107.
- Airey, J., & Linder, C. (2009). A Disciplinary Discourse Perspective on University Science Learning: Achieving fluency in a critical constellation of modes. *Journal of Research in Science Teaching*, (1) 27.
- Airey, J., & Linder, C. (2017). Social Semiotics in University Physics Education. I Treagust, Duit, & Fischer (Red.), *Multiple Representations in Physics Education* (s. 95-122). Cham: Springer International Publishing.
- Andersson, B. (2008). *Att förstå skolans naturvetenskap: Forskningsresultat och nya idéer*. Lund: Studentlitteratur.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Werbel & Peck.
- Babaei, B., & Abdi, A. (2014). Textbooks Content Analysis of Social Studies and Natural Sciences of Secondary School Based on Emotional Intelligence Components. *Universal Journal of Educational Research*, 2(4), 309-325.
- Benson, H. (1996). *University Physics*, (2:a uppl.), New York: Wiley.
- Bezemer, J., & Kress, G. (2008). Writing in multimodal texts: A social semiotic account of designs for learning. *Written Communication*, 25(2), 166-195.
- Bryman, A., & Nilsson, B. (2011). *Samhällsvetenskapliga metoder* (2:a uppl.). Malmö: Liber.
- Bungum, B. (2008). Images of physics: an explorative study of the changing character of visual images in Norwegian physics textbooks. *Nordic Studies in Science Education*, 4(2), 132-14.

- Bungum, B. (2013). Textbook Images: How Do They Invite Students into Physics? *Physics Education*, 48(5), 648-656.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). *Research methods in education*. Milton Park, Abingdon, Oxon, Routledge.
- Danielsson, K., & Selander, S. (2016). Reading multimodal texts for learning—A model for cultivating multimodal literacy. *Designs for Learning*, 8(1), 25-36.
- diSessa, A. A., & Sherin, B. L. (1998). What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, 20(10), 1155-1191.
- Ekvall, U. (2010). Läroboken i ett kemiklassrum. I Falk, Nord & Palm (Red.) *Svenskans beskrivning 30: Förhandlingar vid Trettionde sammankomsten för svenskans beskrivning*. Stockholm: Institutionen för nordiska språk, Stockholms universitet.
- Englund, B. (1999). Lärobokskunskap, styrning och elevinflytande. *Pedagogisk Forskning i Sverige*, 4(4), 327-348.
- Englund, B. (2006). *Vad har vi lärt oss om läromedel? En översikt över nyare forskning. Underlagsrapport till Läromedelsprojekt; Läromedelsundersökningen—lärares val, användning och bedömning av läromedel i bild, engelska och samhällskunskap i årskurs, 5 och 9*.
- Eriksson, U. (2019). Disciplinary discernment: Reading the sky in astronomy education. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1).
- Eriksson, U., Linder, C., Airey, J., & Redfors, A. (2014). Introducing the anatomy of disciplinary discernment, An example from astronomy. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 2(3), 167-182).
- Eriksson, U., & Pendrill, A.-M. (2019). Up and down, light and heavy, fast and slow-but where? *Physics Education*, 54(2).
- Evagorou, M., Erduran, S., & Mäntylä, T. (2015). The role of visual representations in scientific practices: From conceptual understanding and knowledge generation to 'seeing' how science works. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 1-13.
- Ferlin, M. (2014). *Biologisk mångfald i läroböcker i biologi*. Göteborg: Göteborgs universitet, Institutionen för biologi och miljövetenskap.
- Fredlund, T., Airey, J., & Linder, C. (2015). Enhancing the possibilities for learning: Variation of disciplinary-relevant aspects in physics representations. *European Journal of Physics*, 36(5).
- Fredlund, T., Linder, C., Airey, J., & Linder, A. (2014). Unpacking physics representations: Towards an appreciation of disciplinary affordance. *Physical Review Special Topics- Physics Education Research*, 10(2).
- Friberg, F. (2017). *Dags för uppsats: Vägledning för litteraturbaserade examensarbeten*. Lund: Studentlitteratur.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Greeno, J. G. (1994). Gibson's affordances. *Psychological Review*, 101(2), 336-342.

- Halliday, M. A. K. (1978). *Language as social semiotic: The social interpretation of language and meaning*. London: Edward Arnold.
- Hewitt, P. G. (2006). *Conceptual Physics* (10. ed. ed.): San Fransisco: Pearson Addison Wesley.
- Hirschhorn, M. (2004). Is conceptual change in science possible? *Alberta Science Education Journal*, 36(1), 31-38.
- Holsanova, J. (1996). När säger en bild mer än tusen ord? Om samspelet mellan text och bild i gränssnitt. I Löwgren (Red.) *Teman i människa-datorinteraktion.*, (s. 65-76). Lund: Lund University Publications.
- Insulander, E. (2010). Tinget, rummet, besökaren: Om meningsskapande på museum: Stockholm: Institutionen för didaktik och pedagogiskt arbete, Stockholms universitet.
- Jakobsson, A. (2012). Sociokulturella perspektiv på lärande och utveckling: Lärande som begreppsmässig precisering och koordinering. *Pedagogisk forskning*, 17(2-4), 152-170.
- Jidesjö, A. (2012). *En problematisering av ungdomars intresse för naturvetenskap och teknik i skola och samhälle: Innehåll, medierna och utbildningens funktion*. (Doctoral dissertation, Linköping University Electronic Press).
- Johnsson Harrie, A. (2009). *Staten och läromedlen: En studie av den svenska statliga förhandsgranskningen av läromedel 1938-1991*. Linköping: Institutionen för beteendevetenskap och lärande: Linköpings universitet.
- Karlsson, A-M. (2007). Multimodalitet, multisekventialitet, interaktion och situation. Några sätt att tala om "vidgade texter". I Gunnarsson & Karlsson (Red.), *Ett vidgat textbegrepp*. Uppsala: FUMS, Institutionen för nordiska språk, Uppsala universitet.
- Kempe, A.-L., & Selander, S. (2010). *Design för lärande* (2. Uppl.) Stockholm: Norstedt.
- Kress, G. R. (2010). *Multimodality: a social semiotic approach to contemporary communication*: London: Routledge.
- Kress, G., & Selander, S. (2012). Multimodal design, learning and cultures of recognition. *The Internet and Higher Education*, 15(4), 265-268.
- Kress, G., & van Leeuwen, T. (2001). *Multimodal discourse: The modes and media of contemporary communication*: London: Arnold.
- Kress, G., & van Leeuwen, T. (2006). *Reading images: the grammar of visual design*. London: Routledge.
- Krippendorff, K. (1980). *Content analysis: an introduction to its methodology*. Beverly Hills, Calif.: Sage.
- Lagerholm, C., Malmberg, C., & Eriksson, U. (2017). *Analysing representations of concept in physics textbooks for lower secondary school in Sweden—The concept of pressure*. Konferensbidrag presenterat vid NFSUN 2017: Science competencies for the future, Trondheim, Norway, 7-9 June, 2017.
- Lagerholm, C., Malmberg, C., & Eriksson, U. (2017). *Analysing representations of concept in physics textbooks for lower secondary school in Sweden— The concept of pressure*. Konferens-

- bidrag presenterat vid European Science Education Research Association (ESERA), Dublin, Ireland, 21-25 August, 2017.
- Lagerholm, C., Malmberg, C., & Eriksson, U. (2018). Säger en bild mer än tuden ord? Presenterad vid konferensen *Från forskning till fysikundervisning: Nationellt Resurscentrum för Fysik, Lund. 10-11 april 2018*,
- Lagerholm, C., Malmberg, C., & Eriksson, U. (2019). Säger en bild mer än tusen ord I Stolpe, K., Höst, G., & Larsson, A. (red.). *Naturvetenskapernas och teknikens didaktik*; 4 (s. 49-59) Linköping: Linköping University Electronic Press.
- Lagerholm, C., Malmberg, C., & Eriksson, U. (2019). Visual representaions in physics– Examples frpm textbooks for secondary shcool, Presenterad vid *European Science Education Research Association (ESERA), Bologna, Italy, 26-30 August, 2019*.
- Lee, V. R. (2010). Adaptations and Continuities in the Use and Design of Visual Representations in US Middle School Science Textbooks. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1099-1126.
- Leijon, M., & Lindstrand, F. (2013). Socialsemiotik och design för lärande: Två multimodala teorier om lärande, representation och teckenskapande. *Pedagogisk forskning i Sverige*, 17(3-4), 171-192.
- Lindberg, I., & Johansson Kokkinakis, S. (2007). *OrdiL: En korpusbaserad kartläggning av ordförrådet i läromedel för grundskolans senare år*. Göteborg: Institutet för svenska som andraspråk, Göteborgs universitet.
- Linder, C. J. (1993). A challenge to conceptual change. *Science Education*, 77(3), 293-300.
- Linderoth, J. (2016). *Lärarens återkomst: Från förvirring till upprättelse (1:a uppl.)*: Stockholm: Natur & kultur.
- Littell, J. H., Corcoran, J., & Pillai, V. (2008). *Systematic reviews and meta-analysis*: Oxford, New York: Oxford University Press.
- Liu, Y., & Khine, M. S. (2016). Content Analysis of The Diagrammatic Representations of Primary Science Textbooks. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(8), 1937-1951.
- Läromedelsförfattarna. (2020). Läromedel. Hämtad 2020-01-07 från <https://www.slff.se/om-oss/Laromedel/>
- Mayer, R. E. , Steinhoff, K., Bower, G., & Mars, R. (1995). A Generative Theory of Textbook Design: Using Annotated Illustrations to Foster Meaningful Learning of Science Text. *Educational Technology Research and Development*, 43(1), 31-41.
- MODE (2012). Glossary of multimodal terms. <https://multimodalityglossary.wordpress.com/>. Hämtad 2020-02-20 från <https://multimodalityglossary.wordpress.com/>.
- Molin, L. (2006). *Rum, frirum och moral: en studie av skolgeografins innehållsval*. Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis.
- Mortimer, E., & Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press.

- Myers, G. (2003). Words, Pictures, and Facts in Academic Discourse. *Ibérica*, (6), 3-13
- Nelson, J. (2006). Hur används läroboken av lärare och elever? *Nordic Studies in Science Education*, 2(2), 16-27.
- Norman, D. A. (1988). *The psychology of everyday things*: New York: Basic Books.
- Olofsson, M. (2007). *Symposium 2006: Bedömning, flerspråkighet och lärande*. Stockholm: HLS förlag.
- Olsson, A. (2006). Från att ge röst till att ge och ta plats. Oral history, retorik och intersektionalitet. I Thor (Red.), *Muntlig historia*. Lund: Studentlitteratur.
- Pettersson, R. (1991). Bilder i läromedel. Tullinge: Institutet för infologi.
- Powell, R. R. (1997). Teaching Alike: A Cross-Case Analysis of First-Career and Second-Career Beginning Teachers' Instructional Convergence. *Teaching and Teacher Education*, 13(3), 341-356.
- Prain, V., Tytler, R., & Peterson, S. (2009). Multiple representation in learning about evaporation. *International Journal of Science Education*, 31(6), 787-808.
- Ribeck, J. (2015). *Steg för steg: Naturvetenskapligt ämnesspråk som räknas*. Göteborg: Institutionen för svenska språket, Göteborgs universitet.
- Ricardo, E. C., & Pietrocola, M. (2011). *Epistemological Vigilance and Didactic Textbooks: demonstrating the didactic transposition process of physics knowledge*. Paper presenterat vid Un panorama de la TAD An overview of ATD, 241.
- Rosengrant, D., Etkina, E., & Van Heuvelen, A. (2007). An Overview of Recent Research on Multiple Representations. *AIP Conference Proceedings*, 883(1), 149-152.
- Sanchez, R. P., Lorch, E. P., & Lorch, J. R. F. (2001). Effects of Headings on Text Processing Strategies. *Contemporary Educational Psychology*, 26(3), 418-428.
- Selander, S., & Kress, G. (2017). *Design för lärande: Ett multimodalt perspektiv* (5:e uppl.). Lund: Studentlitteratur.
- Selander, S., & Skjelbred, D. (2004). *Pedagogiske tekster for kommunikasjon og læring*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Selander, S., & Svärdemo Åberg, E. (2009). *Didaktisk design i digital miljö: Nya möjligheter för lärande* (1. uppl.) Stockholm: Liber.
- Serafini, F., (2010). Reading Multimodal Texts: Perceptual, Structural, and Ideological Perspectives. *Children's Literature in Education*, 41(2), 85-104.
- Skolinspektionen. (2010). Hur står det till med fysikundervisningen?. Hämtad 2020-01-06 från <https://www.skolinspektionen.se/globalassets/0-si/01-inspektion/kvalitetsgranskning/fysik-i-grundskolan/bilaga-5-kunskapsöversikt-fysik.pdf>
- Skolinspektionen. (2011). *Innehåll och användning av läromedel: En kvalitetsgranskning med exemplet kemi i årskurs 4 och 5*. (2011). Stockholm: Skolinspektionen.
- Skolverket. (2006a). *Läromedlens roll i undervisningen grundskollärares val, användning och bedömning av läromedel i bild, engelska och samhällskunskap*. Stockholm: Skolverket.

- Skolverket. (2006b). *I enlighet med skolans värdegrund? En granskning av hur etnisk tillhörighet, funktionshinder, kön, religion och sexuell läggning framställs i ett urval av läroböcker*. Stockholm: Skolverket.
- Skolverket. (2012a). Greppa språket: Ämnesdidaktiska perspektiv på flerspråkighet. Stockholm: Skolverket.
- Skolverket. (2012b). *TIMSS 2011: Svenska grundskoleelevers kunskaper i matematik och naturvetenskap i ett internationellt perspektiv*. Stockholm: Skolverket.
- Skolverket. (2013) *PISA 2012: 15-åringars kunskaper i matematik, läsförståelse och naturvetenskap*. Stockholm: Skolverket.
- Skolverket. (2015). Hur väljs och kvalitetssäkras läromedel. Hämtad 2016-11-15 från <http://www.skolverket.se/skolutveckling/forskning/didaktik/tema-laromedel/hur-valjs-och-kvalitetssakras-laromedel-1.181769>
- Skolverket. (2016a) *PISA 2015: 15-åringars kunskaper i naturvetenskap, läsförståelse och matematik*. Stockholm: Skolverket.
- Skolverket. (2016b). *TIMSS 2015: Svenska grundskoleelevers kunskaper i matematik och naturvetenskap i ett internationellt perspektiv*. Stockholm:
- Skolverket. (2018). *Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet 2011: reviderad 2018*. Stockholm: Skolverket.
- Skolverket. (2019a). Ansvar vem gör vad. Hämtad 2020-02-17 från <https://www.skolverket.se/for-dig-som-ar.../elev-eller-foralder/skolans-organisation/ansvar---vem-gor-vad>
- Skolverket. (2019b). *PISA 2018: 15-åringars kunskaper i läsförståelse, matematik och naturvetenskap*. Stockholm: Skolverket.
- Slough, S. W., McTigue, E. M., Suyeon, K., & Jennings, S. K. (2010). Science Textbooks' Use of Graphical Representation: A Descriptive Analysis of Four Sixth Grade Science Texts. *Reading Psychology, 31*(3), 301-325.
- Stukát, S. (2011). *Att skriva examensarbete inom utbildningsvetenskap*. Lund: Studentlitteratur.
- Testa, I., Leccia, S., & Puddu, E. (2014). Astronomy textbook images: Do they really help students? *Physics Education, 49*(3), 332-343.
- Tracy, S. J. (2015). Qualitative Quality: Eight "Big-Tent" Criteria for Excellent Qualitative Research. *Qualitative Inquiry, 22*(1), 17-24.
- van Leeuwen, T. (2005). *Introducing social semiotics*. London: Routledge, 2005.
- Vaz, L. M. A. (2017). The Didactic Transposition in Brazilian High School Physics Textbooks: A Comparative Study of Didactic Materials. World Academy of Science, Engineering and Technology. *International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering, 11*(4), 948-951.
- Vekiri, I. (2002). What Is the Value of Graphical Displays in Learning? *Educational Psychology Review, 14*(3), 261-312.

- Volkwyn, T. S., Airey, J., Gregorcic, B., & Heijkenskjöld, F. (2019). Transduction and science learning: Multimodality in the physics laboratory. *Designs for Learning*, 11(1), 16-29.
- Wikman, T. (2004). *På spaning efter den goda läroboken: om pedagogiska texters lärande potential*. Åbo: Åbo Akademis förlag.
- Yeh, Y.-F. Y., & McTigue, E. M. (2009). The Frequency, Variation, and Function of Graphical Representations within Standardized State Science Tests. *School Science and Mathematics*, 109(8), 435-449.
- Young, H. D., Freedman, R. A., & Ford, A. L. (2015). *Sears and Zemansky's university physics: With modern physics; Scandinavian edition*. Harlow: Pearson.

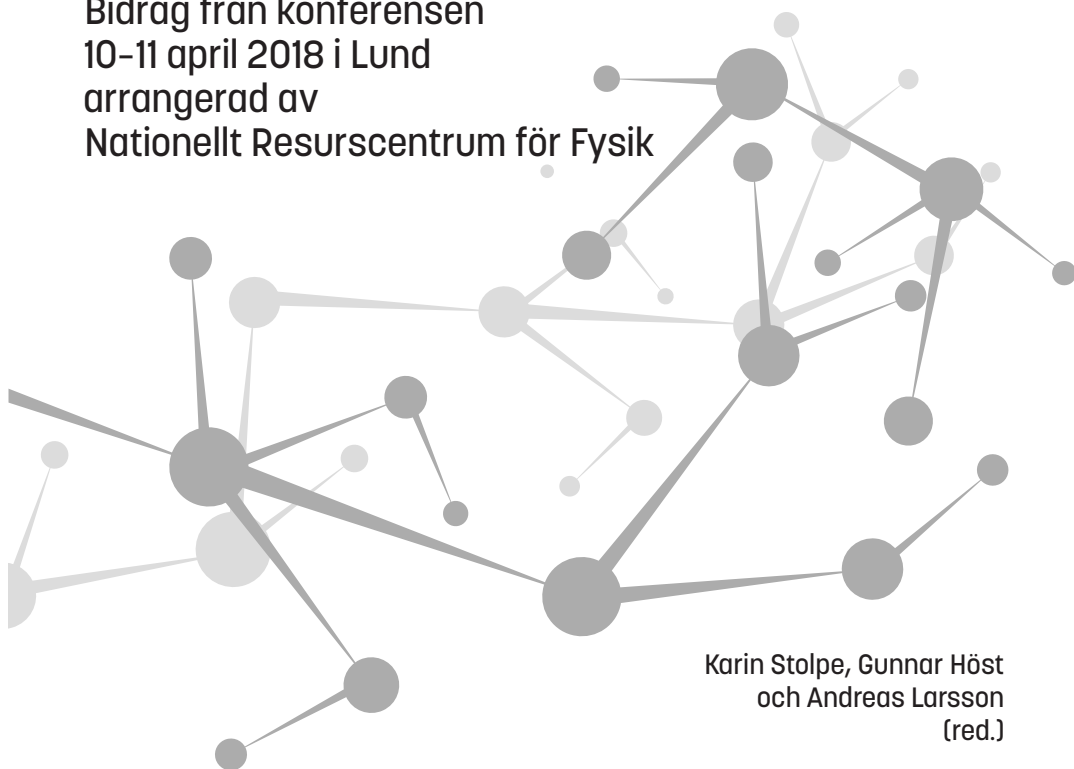
Bilaga 1



Naturvetenskapernas och teknikens didaktik nr 4 2019

Från forskning till fysikundervisning

Bidrag från konferensen
10-11 april 2018 i Lund
arrangerad av
Nationellt Resurscentrum för Fysik



Karin Stolpe, Gunnar Höst
och Andreas Larsson
(red.)

li.u LINKÖPINGS
UNIVERSITET

NATDID

Nationellt centrum för naturvetenskapernas
och teknikens didaktik

Från forskning till fysikundervisning

Bidrag från konferensen
10-11 april 2018 i Lund
arrangerad av
Nationellt Resurscentrum för Fysik

Karin Stolpe, Gunnar Höst och Andreas Larsson (red.)

Nationellt centrum för naturvetenskapernas och teknikens didaktik (NATDID) vid Linköpings universitet inrättades 2015 efter ett beslut från regeringen. Centret verkar för att sprida ämnesdidaktisk forskning inom naturvetenskap och teknik till personer verksamma inom skolan. På så sätt bidrar NATDID till att stödja skolutvecklingen på nationell nivå inom naturvetenskap och teknik. Denna forskningsspridning bygger på att skapa möten mellan lärare och forskare för att på så sätt bidra till att upprätta långsiktiga relationer och dialog mellan parterna.

<http://www.liu.se/natdid>

©Nationellt centrum för naturvetenskapernas och teknikens didaktik och författarna. Distribueras av Nationellt centrum för naturvetenskapernas och teknikens didaktik vid Institutionen för samhälls- och välfärdsstudier, Linköpings universitet, karin.stolpe@liu.se, gunnar.host@liu.se och andreas.b.larsson@liu.se.

Omslag: Tomas Hägg

Tryck: LiU-Tryck, Linköping 2019
ISBN: 978-91-7929-980-4

Innehåll

<i>Ann-Marie Pendrill</i> Inledning.....	5
<i>Margareta Enghag, Karin Haglund, Linda Schenk, Karim Hamza, Leena Arvanitis, Iann Lundegård och Andrzej Wojcik</i> Riskbedömningar på gymnasiets fysikkurser – om kommunikation med radiovågor	7
<i>Lena Hansson, Lotta Leden, Ann-Marie Pendrill och Åsa Arvidsson</i> Naturvetenskapernas karaktär i klassrummet	23
<i>Helena Johansson, Magnus Oskarsson och Peter Nyström</i> Fysikbegreppens flyktighet: En konsekvens av kursplane- förändringar?	33
<i>Charlotte Lagerholm, Claes Malmberg och Urban Eriksson</i> Säger en bild mer än tusen ord?	47
<i>Ann-Marie Pendrill</i> Med telefonen utanför klassrummet	59

Säger en bild mer än tusen ord?

Charlotte Lagerholm

Lunds universitet

Claes Malmberg

Högskolan i Halmstad

Urban Eriksson

Högskolan Kristianstad, Lunds universitet

Sammanfattning

Svenska läroböcker i fysik har utvecklats från att vara främst textbaserade till att numera innehålla ett stort antal representationer. Fotografier och teckningar men också variation i teckenstil eller matematiska formler är exempel på representationer som används för att förtydliga innehållet i texten. Studiens huvudsakliga syfte är att analysera vilka representationer som förekommer i fysikläroböcker för högstadiet i Sverige och hur dessa representationer används. För denna studie har ett kategoriseringsverktyg tagits fram. Verktöget används såväl för att kategorisera representationerna som för att analysera användningen av dem. Läroböckerna uppvisar stora likheter när det gäller hur de representerar begrepp. Resultatet visar att liknade representationer används i alla läroböckerna. Böckernas kapitel inleds med stora färgfotografier, inte alltid med ett tydligt syfte eller koppling till innehållet. Få fotografier och teckningar är relaterade till elevers vardag. Matematiska representationer såsom tabeller och formler är sällsynta och ingen av läroböckerna har med något diagram. Sammanfattningsvis är dessa inte läroböcker som kan sättas i händerna på elever utan vägledning från läraren. Ofta förväntas eleverna kombinera text och representation på egen hand där det krävs förkunskaper för att förstå representationerna. Det hade därför varit till nytta om representationerna bidrog med mer detaljerad information om hur de ska läsas.

Inledning

Inom naturvetenskap används många begrepp som inte finns i det vardagliga språket eller som har en annan betydelse i allmänna sammanhang. Ett sådant exempel är begreppet tryck. I vardagliga sammanhang kan det betyda till exempel att trycka på hissknappen eller en tryckt avbild av ett konstverk. I fysiksammanhang har det en mer specifik betydelse med en matematisk bakgrund. Bland an-

nat innebär ordet tryck i fysik ett samband mellan area och kraft. När läroböckerna behandlar begrepp som anses vara av naturvetenskaplig karaktär och inte sådana som elever vanligtvis är bekanta med används ofta representationer. Representationer kan förenklat beskrivas som sätt att förmedla information, det vill säga att de är exempel på olika knep för att förtydliga vad begreppen handlar om. Det kan vara bilder föreställande begreppet, förstörad text, markeringar med understrykningar, pilar som pekar på huvuddrag i en bild eller matematiska beräkningar.

Läromedel kan övergripande beskrivas som material producerat att används i undervisning, det kan till exempel vara läroböcker, digitala resurser, eller laborativt material. I den här studien är det läroböckerna som stått i fokus. Läroböcker har gått från att tidigare främst vara textböcker till att idag innehålla en stor mängd representationer såsom fotografier, skisser eller tabeller. I denna studie har fem fysikläroböcker för högstadiet analyserats med avseende på vilket sätt text och representation förstärker böckernas budskap. Syftet är att få syn på vilka representationer som förekommer i läroböckerna och hur de används för att belysa fysikbegrepp inom området tryck. Meningen är att användandet av representationer ska underlätta för eleverna att förstå innehållet i en text. Men gör de det?

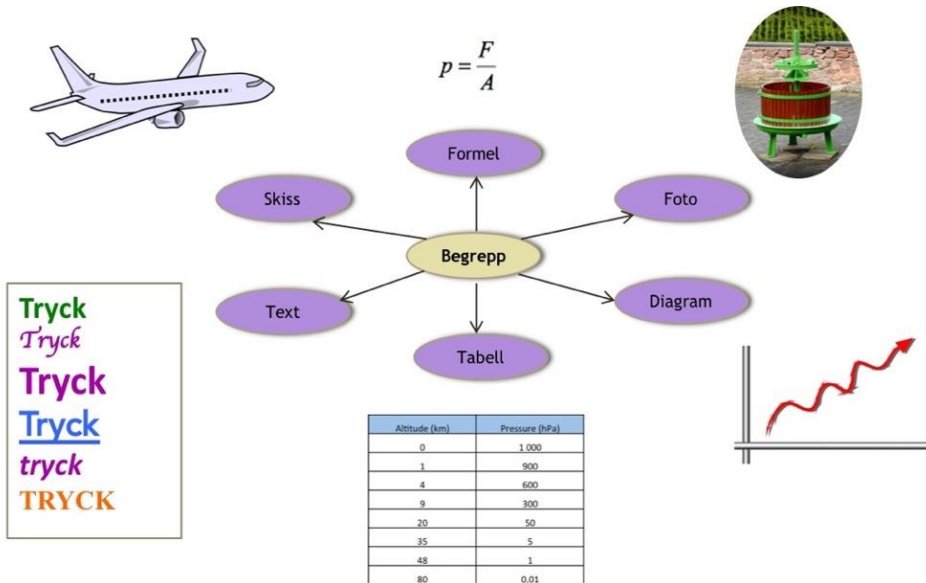
Studien har haft följande forskningsfråga i fokus: *Vilka representationer förekommer i fysikläromedel för högstadiet och hur används de?* I ett försök att svara på denna fråga har fem läroböcker i fysik för skolår 7-9 analyserats.

Urvalet gjordes med hjälp av en genomgång av de fysikböcker för högstadiet som läromedelsförlag erbjuder. Sökningen gjordes via förlagens internetsidor. Sökningen har gjorts utifrån kriterierna att läroböckerna ska vara övergripande, det vill säga bestå av hela fysikkursen för högstadiet samt att de ska vara aktuella enligt gällande läroplan. I Sverige finns fyra stora förlag som tillsammans ger ut fem läroböcker vilka alla svarar mot urvalskriterierna. Utifrån detta beslöts att alla fem skulle ingå i studien.

Teori

I en fysiklärobok förmedlas innehållet inte bara med text. I samband med att vetenskapliga begrepp behandlas i läroböckernas text är det vanligt att någon form av visuell representation används för att beskriva, förtydliga eller förstärka betydelsen av dem (Liu & Khine, 2016; Rosengrant, Etkina, & Van Heuvelen, 2007). Representationer kan uttryckas visuellt på flera olika sätt. Några exempel är fotografier, skisser, tabeller, grafer och matematiska formler. Men även ord i skriften form kan visuellt representeras på olika sätt, till exempel med hjälp av variation av typsnitt, teckenstil och textstorlek (Selander & Kress, 2017). Figur 1 visar ett urval av representationer som förekommer i fysikläroböcker. Representationerna kan fylla flera olika syften. De kan bland annat visuellt peka ut begrepp i

texten, avbilda det texten beskriver eller tillföra information utöver texten (Slough, McTigue, Suyeon, & Jennings, 2010). Normalt krävs flera olika representationer för att förklara ett begrepp (Fredlund, Linder, Airey, & Linder, 2014). Multimodalitet innebär att ett innehåll förmedlas med flera olika representationsformer. Representationer av begrepp är ett viktigt verktyg för att förstå naturvetenskap men även hur de används i förhållande till varandra har betydelse för hur budskapet förmedlas (Kress & van Leeuwen, 2006).



Figur 1. Figuren visar exempel på några olika representationer som används för att beskriva eller klargöra begreppens betydelse. Varje representationsform i figuren belyses med ett bildexempel. Textrepresentationer kan vara olika typsnitt, storlek eller färg på det skrivna orden. Grafiska representationer kan bland annat vara fotografier eller skisser. De matematiska representationerna kan exempelvis vara formler, tabeller eller diagram.

Läroböcker erbjuder mening genom att de med hjälp av text och representationer beskriver ett ämnesinnehåll. Elevens meningsskapande är dock beroende på eleven själv och dennes förkunskaper och förmågan att ta till sig ny kunskap. Detta sker genom disciplinärt urskiljande av representationernas meningserbudanden (Eriksson, Linder, Airey, & Redfors, 2014). Dessutom spelar det sammanhang i vilket eleven befinner sig också en stor roll för meningsskapandet (Selander & Kress, 2017).

Metod

Läroböckerna har först översiktligt studerats för att få en överblick över vilka representationer som förekommer samt för att kunna sammanställa ett analysverktyg med kategorier, vilka representationerna kan sorteras in under. Analysverktyget tar avstamp i en studie av Liu och Khine (2016). De presenterar två kategorier för representationer. Grafiska representationer (Bildrepresentationer) och matematiska representationer. De grafiska representationerna delas i sin tur upp i tre underkategorier, fotografier, teckningar och abstrakta skisser. De matematiska representationerna delas upp i underkategorierna tabeller, diagram och matematiska formler. Utöver dessa båda kategorier lades kategorin textrepresentationer till, vilken i sin tur består av underkategorierna variation av teckenstil (t.ex. fet stil, kursiv stil), klagörande text och rubriker. Analysverktyget består således av totalt nio kategorier. Sammanställningen över kategorierna visas i tabell 1.

Var och en utav underkategorierna tilldelades en färg. När läroböckerna sedan noggrant gick igenom markerades de olika representationerna med respektive underkategoris färg. Då varje uppslag innehåller många representationer från flera olika kategorier blev det tydligt med färgmarkeringarna. Slutligen räknades var kategori för sig och sammanställdes. Studien omfattar fem svenska läroböcker för högstadiet. Fysik Direkt (Sanoma), Puls (Natur och Kultur), Spektrum (Liber), samt Makro (Gleerups) och Titano (Gleerups). Från dessa läroböcker har kapitlet om tryck valts att studeras eftersom det inom det ämnesområdet finns möjligheter att beskriva begrepp med representationer från alla underkategorier.

Tabell 1. Tabellen visar en sammanställning över de tre huvudkategorierna, textrepresentation, grafisk representation och matematisk representation, under vilka de visuella representationerna kan sorteras in. Tabellen visar även de underkategorier som ytterligare delar upp huvudkategorierna.

Kategorier			
<i>Text-representation</i>		<i>Grafisk representation</i>	<i>Matematisk representation</i>
Under-kategorier	Variation av teckenstil	Fotografi	Tabell
	Klargörande text	Teckning	Formler
	Rubriker	Abstrakt skiss	Diagram

Resultat

Samtliga läroböcker har en stor mängd representationer på sina uppslag. Sett till antal är textrepresentationer och grafiska representationer i klar majoritet fördelat på ungefär lika många vardera medan de matematiska representationerna endast utgörs av något enstaka exempel i varje lärobok.

Textrepresentationer

I de undersökta läroböckerna dominerar textrepresentationerna av begrepp i texten markerade med avvikande teckenstil, fetstil eller kursiv stil. De markerade begreppen är antingen direkt knutna till ämnesinnehållet eller sådana begrepp som generellt kan anses vara språkligt svåra. Texterna har många indelningar med tydliga underrubriker. Dessa underlättar för läsaren att hitta i texten och att tydligt dela upp innehållet i olika beståndsdelar. Rubriker och underrubriker gör att läsaren lättare kommer ihåg textens innehåll jämfört med texter utan (Sanchez, Lorch, & Lorch, 2001). Förtydligande av innehållet är en typ av textrepresentation som är sällan förekommande i de studerade läroböckerna.

Grafiska representationer

Alla läroböckerna i studien har en stor andel grafiska representationer, i stort sett alla i färg, på sina uppslag. Texten varvas med grafiska representationerna vilket ger ett luftigt och inbjudande intryck. De grafiska representationerna som finns i läroböckerna är till stor del avbildningar av detaljer som texten tar upp. Till exempel, då texten tar upp trycket vid dykning används en grafisk representation i form av ett fotografi eller en teckning av en dykare. Genom att använda både text och grafisk representation för att förmedla budskapet skapas möjlighet att nå ut till fler läsare eftersom alla har olika förutsättningar att ta emot och tolka informationen (Kress & van Leeuwen, 2006). Fotografierna visar främst övergripande sammanhang, medan teckningarna och de abstrakta skisserna belyser specifika delar av ämnesområdet. Merparten av skisserna innehåller vanligtvis få disciplinära detaljer. Få grafiska representationer relaterar tydligt till elevers vardag även om undantag finns. Många gånger har de valts utifrån ett vetenskapligt perspektiv snarare än ett vardagligt. Alla läroböckerna inleder kapitlet om tryck med stora färgfotografier. Dessa fotografier har dock inte alltid en tydlig koppling till innehållet.

Matematiska representationer

Till gruppen matematiska representationer hör matematiska formler men också tabeller och diagram. Tabeller och formler förekommer endast sparsamt i alla

läroböckerna. Det är värt att notera är att ingen lärobok använder diagram som representation trots att kapitlets innehåll i hög grad skapar förutsättningar för det. Inom fysikdisciplinen används matematiska representationer och matematiska samband i hög utsträckning. Dessa är en del av fysikens språk och kan sägas utgöra en grund för förståelsen av ämnet. Trots att fysik är ett naturvetenskapligt ämne med en hel del matematiska samband används de matematiska representationerna generellt sett inte så ofta. Matematiska representationer och sambanden beskrivs i stort sett inte i läroböckerna även om de hade kunnat bidra till tydlighet. Diagram kan bland annat förskjuta fokus från mindre variationer och visa på större samband, exempelvis när det handlar om att visa på förändringar över en längre tid (Yeh & McTigue, 2009).

Användningen av representationer

Resultaten visar att läroböckerna använder textrepresentationen variation av teckenstil både för att peka ut relevanta fysikbegrepp men även för att markera exempelvis namn på vetenskapsmän eller språkligt svåra ord. Rubriker används för att dela upp texten i ett stort antal delar, ofta bestående av endast ett stycke. De grafiska representationerna används främst för att avbilda textens innehåll och som dekoration, det vill säga de lättar upp sidorna så att de inte blir så kompakta men bidrar inte till att öka förståelsen av textens innehåll. De få matematiska representationer som förekommer i läroböckerna används främst som ett komplement till de grafiska representationerna. Få instruktioner ges till hur dessa skall tolkas vilket gör att deras styrka som representation inte lyfts fram.

Analys och Diskussion

En stor del av analysen har ägnats åt grafiska representationer eftersom det finns många olika sätt att använda dessa för att representera innehållet. I läroböcker kan de bistå till ökad förståelse av begrepp och samband (Mayer, Steinhoff, Bower & Mars, 1995). Studien visar dock att den inneboende potential för meningsskapande som finns hos grafiska representationer inte används i någon större utsträckning. Grafiska representationer används framförallt för att avbilda textens innehåll. I dessa förekommer dock sällan någon ytterligare representation, i form av skisser, pilar eller text, för att peka på och förtydliga vad representationerna avser att belysa. Sådana kombinerade representationer hade kunnat stärka innehållet. När flera olika representationer används både separat och i kombination skapas möjligheter för eleverna att ta till sig informationen på fler sätt, vilket flera studier lyfter fram (Airey & Linder, 2017; Leijon & Lindstrand, 2013). Samtidigt

innebär kombinationer av representationer att det också finns en risk för motstridiga budskap. Det är något läraren bör vara medveten om och eventuellt förutse genom sin undervisning.

Läroböckerna ger få hänvisningar till de olika representationerna i texten. Trots det är det ofta relativt enkelt att se vilken representation som är kopplad till texten. Då bilderna visar övergripande begrepp eller teman fungerar det bra men om det är detaljer eleven ska lägga märke till blir det svårare att få informationen eller helheten förmedlad. Likaså, om en sida innehåller många representationer, kan det vara oklart vilken av dem det är meningen att eleven ska fokusera på. Ett grepp som skulle kunnat bidra till ökad förståelse är att ge en hänvisning i texten till specifika representationer eller detaljer hos en representation. Studier av exempelvis Slough och kollegor (2010) visar att förståelsen ökar om de grafiska representationerna förses med utförliga bildtexter speciellt om både representationens delar och dess funktioner förklaras. Merparten av de grafiska representationerna i den här studien har endast en kort bildtext som beskriver vad de föreställer. För att göra representationerna mer meningsbärande bör de förses med utförligare bildtexter som inkluderar förklaringar samt stöd att tolka representationerna. De bör även hjälpa till att uppmärksamma detaljer i representationerna. Detta är ett knep som bara används på ett fåtal ställen i läroböckerna. Många representationer innehåller dessutom dold information om hur de ska tolkas. Eleverna behöver förutom att förstå ämnesinnehållet även förstå hur representationer skall tolkas för att de ska ha möjlighet att ta till sig deras erbjudna mening. För detta krävs det ibland förhandsinformation som det inte är självklart att eleverna har. Läraren utgör i dessa fall en viktig länk för att förmedla representationernas information.

De flesta grafiska representationerna är placerade på samma sida som tillhörande text. Vanligen placeras de intill texten eller efter texten. Endast enstaka representationer placeras före texten. Genom att placera representationen före texten kan eleverna få en inblick i det som kommer. En representation som presenteras före texten kan aktivera elevernas förkunskaper och diskussionen kring representationen kan komma att handla om att utveckla och fördjupa den befintliga kunskapen och om att koppla samman befintlig kunskap med ny kunskap (Slough et al., 2010). Detta är dock ett sätt att placera representationer som läroböckerna inte använder i någon större utsträckning. Endast någon enstaka representation finns på en annan sida än texten den hör samman med och då alltid på samma uppslag. Att integrera representationerna i texten är ett annat sätt att använda grafiska representationer (Slough et al., 2010). Därmed inbjuds eleverna att ta dem till sig tillsammans med texten. På så sätt kan de förstärka textens innehåll. Dock är det endast en av läroböckerna som använder detta sätt att varva grafiska eller matematiska representationer tillsammans med text.

Med hjälp av frågor eller uppmaningar kan elevernas fokus riktas mot specifika och väsentliga delar av representationerna (Slough et al., 2010). Analysen

av läroböckerna visar dock att frågor och uppmaningar är sällsynta. Läraren får därmed en uppgift att genom sin undervisning kompensera för denna brist.

Matematiska representationer är generellt sett sällsynta i alla läroböckerna. Detta skulle kunna bero på läroboksförfattarnas tolkning av gällande läroplan, LGR 11 (Skolverket 2018), där de matematiska sambanden inte skrivs fram särskilt tydligt. Eleverna ska ha kunskap om samband och kunna konstruera enkla tabeller och diagram men det nämns inget om de bakomliggande matematiska sambanden. Genom att begreppet matematisk utesluts från formuleringen kan läroplanstexten tolkas som om den matematiska delen av fysiken inte behöver behandlas i läroböckerna.

Många representationer är lika i alla läroböckerna. Begrepp presenteras med liknande fotografier och teckningar. I strävan att göra innehållet enkelt och tillgängligt för eleverna används kortfattade förklaringarna, där många ämnes-specifika begrepp saknas. Slutsatsen är att läroböckerna generellt är skrivna på ett sätt som gör att innehållet har svårt att stå för sig själv. Därmed krävs det att läraren utvecklar och gör tillägg till det område läroboken behandlar.

Avslutningsvis

I den här analysen av läroböcker i fysik för skolår 7-9 har visuella representationer studerats med syfte att se vilka meningserbjudanden de har. Resultaten visar att läroböckerna består av ett stort antal representationer vilka alla innehar möjlighet att hjälpa till att förklara innehållet. Denna möjlighet är dock beroende av elevernas förmåga att ta till sig det budskap som förmedlas. Detta i sin tur är beroende av elevernas förförståelse för ämnet men också för deras kännedom om hur representationer överlag skall tolkas (Selander & Kress, 2017). I läroböckernas kapitel om tryck finns det en stor mängd grafiska representationer som enbart är att betrakta som dekoration med syfte att göra läroböckerna visuellt attraktiva. Flertalet representationer skulle med lite bearbetning kunna bli tydligare i sitt meningserbjudande då det kommer till att förklara deras innehåll. Detta kan ske genom att kombinera flera representationer såsom ett fotografi tillsammans med en abstrakt skiss med delarna utmärkta, länka samman två eller flera representationer med ramar eller använda pilar som pekar på viktiga detaljer. Genom att skriva utförligare bildtexter till de grafiska och matematiska representationerna kan man hjälpa till att tydliggöra de begrepp de avser att förklara.

Ovan har getts en del förslag på hur läroböckerna skulle kunna utvecklas med avseende på hur representationer används för att förklara begrepp. Under tiden ligger detta arbete hos den enskilde läraren att i dialog tillsammans med sina elever arbeta med texterna och representationerna för att öka förståelsen av innehållet. Läraren behöver möta eleverna där de är för att hjälpa dem att gå från

ett vardagsspråk till ett ämnesspråk (Ausubel, Novak, & Hanesian, 1978). Läraren blir då en viktig länk mellan lärobokens framställning och elevernas mottagande, genom sin undervisning. Även om representationerna inte alldeles självklart beskriver de begrepp de representerar, eller står för sig själva, kan de utgöra underlag till många intressanta diskussioner. Fokus i undervisningens diskussioner bör då ligga på representationerna och deras inneboende förmåga att förmedla disciplinär meningspotential, både som enskilda representationer och hur de samverkar (Airey & Linder, 2017).

”Bilderna”, det vill säga de visuella representationerna, i fysikläroböckerna säger inte alltid mer än tusen ord men kan bidra till omfattande diskussioner om de begrepp de står för. Genom att medvetandegöra lärare om representationers inneboende styrkor och svagheter samt hur representationer tillsammans kan verka för att tydliggöra innehållet kan lärarens arbete, tillsammans med eleverna, hjälpa till att öka förståelsen för begreppet tryck och sannolikt också för fysikens begrepp generellt.

Referenser

- Airey, J., & Linder, C. (2017). Social Semiotics in University Physics Education. In D. F. Treagust, R. Duit, & H. E. Fischer (Eds.), *Multiple Representations in Physics Education* (pp. 95-122). Cham: Springer International Publishing.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: a cognitive view*. New York, cop. 1978
- Eriksson, U., Linder, C., Airey, J. & Redfors, A. (2014). Introducing the anatomy of disciplinary discernment: an example from astronomy. *European Journal of Science and Mathematics Education*, (2:3, 167-182).
- Fredlund, T., Linder, C., Airey, J., & Linder, A. (2014). Unpacking physics representations: Towards an appreciation of disciplinary affordance. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 10(2), 020129.
- Kress, G., & van Leeuwen, T. (2006). *Reading images: the grammar of visual design*. London: Routledge.
- Leijon, M., & Lindstrand, F. (2013). Socialsemiotik och design för lärande: två multimodala teorier om lärande, representation och teckenskapande. *Pedagogisk forskning i Sverige*, 17(3-4), 171-192.
- Liu, Y., & Khine, M. S. (2016). Content Analysis of The Diagrammatic Representations of Primary Science Textbooks. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(8) 1937-1951.

- Mayer, R. E., Steinhoff, K., Bower, G., & Mars, R. (1995). A generative theory of textbook design: Using annotated illustrations to foster meaningful learning of science text. *Educational Technology Research and Development*, 43(1), 31-41.
- Rosengrant, D., Etkina, E., & Van Heuvelen, A. (2007). An Overview of Recent Research on Multiple Representations. AIP Conference Proceedings, 883(1), 149-152. doi:10.1063/1.2508714
- Sanchez, R. P., Lorch, E. P., & Lorch, J. R. F. (2001). Effects of Headings on Text Processing Strategies. *Contemporary Educational Psychology*, 26(3), 418-428. doi:10.1006/ceps.2000.1056
- Selander, S., & Kress, G. R. (2017). *Design för lärande: ett multimodalt perspektiv* (Andra upplagan). Lund: Studentlitteratur.
- Skolverket (2018). *Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet 2011, reviderad 2018*. (Femte upplagan). Stockholm: Skolverket.
- Slough, S. W., McTigue, E. M., Suyeon, K., & Jennings, S. K. (2010). Science Textbooks' Use of Graphical Representation: A Descriptive Analysis of Four Sixth Grade Science Texts. *Reading Psychology*, 31(3), 301-325. doi:10.1080/02702710903256502
- Yeh, Y. F. Y., & McTigue, E. M. (2009). The frequency, variation, and function of graphical representations within standardized state science tests. *School Science and Mathematics*, 109(8), 435-449.

Författarpresentationer



Charlotte Lagerholm

Jag delar min tid mellan att arbeta som lärare och att vara forskarstuderande. Min grundtjänst är som Ma/NO- lärare på Skanörs skolas högstadium. Skanörs skola är en liten skola i Skanör, Vellinge kommun. Vi har ca 80 elever i år 7-9 där jag för närvarande undervisar årskurs 9 i matematik, fysik, biologi och kemi och årskurs 7 i fysik. Jag har dessutom förmånen att vara kommunlicentiand för Vellinge kommun. Det innebär att jag på halva min tjänst är forskarstuderande. Jag deltar i forskarskolan CSiS, ett samarbete mellan Lunds universitet, Malmö universitet, Högskolan i Halmstad och Högskolan Kristianstad. Min forskning handlar om representationer i fysikläroböcker.



Claes Malmberg är handledare till Charlotte. Claes är professor i naturvetenskapens didaktik, Högskolan i Halmstad. Hans forskning handlar om hur demokrati kommer in i skolans naturvetenskap och berör bland annat områden som hälsa och hållbar utveckling.



Urban Eriksson är biträdande handledare till Charlotte. Han är universitetslektor i fysik med inriktning astronomididaktik vid Högskolan Kristianstad, samt forskare vid Nationellt Resurscentrum för fysik, Fysiska institutionen, Lunds universitet. Urban Eriksson är doktor i fysik med inriktning mot astronomididaktik. Hans forskning handlar om hur disciplinär kunskap förmedlas med representationer, både i fysik och astronomi

LUND STUDIES IN EDUCATIONAL SCIENCE

Previously published in the Series:

11. Malm, Mimmi 2020. *Barn resonerar kring naturvetenskapliga fenomen – I sagans värld på förskolan.*
10. Lundberg, Janna 2020. *Samhällskunskap för alienerad elit – Observationsstudie av Särskilda läroverket.*
9. Blennow Katarina 2019. *The Emotional Community of Social Science Teaching.*
8. Ollinen, Karin 2019. *Digitala verktyg i en naturvetenskaplig undervisningspraktik - Lärares beskrivningar och hur deras TPACK påverkar undervisningen.*
7. Teke, Hans 2019. *Increasing Ethical Awareness – The Enhancement of Long-Term Effects of Ethics Teaching: A Quantitative Study.*
6. Karlsson, Ingemar 2019. *Elever i matematiksvårigheter – Lärare och elever om låga prestationer i matematik.*
5. Lind, Johan 2019. *Elevers förståelse av tekniska system och designprocesser – Det är tekniskt, ganska svårt och avancerat.*
4. Abrahamsson, Cristian 2019. *Elevenngagemang ur ett NO-lärarperspektiv – Hur lärare uppfattar elevers engagemang och dess betydelse för lärarrollen och undervisningen.*
3. Bosseldal, Ingrid 2019. *Vart tog behaviorismen vägen? Social responsivitet mellan barn och vuxen, hund och människa.*
2. Pennegård, Eva 2019. *Att se undervisningen genom elevernas ögon – En studie om hur lärare och elever beskriver att lärares undervisning gynnar elevers lärande i naturvetenskapliga ämnen på högstadiet.*
1. Malmström, Martin 2017. *Synen på skrivande – Föreställningar om skrivande i mediedebatter och gymnasieskolans läroplaner.*

