Topsar och cellmembran

Kroppens näringsupptag i
undervisning och elevtexter på
mellanstadiet

Alma Jahic Pettersson

Studies in Science and Technology Education
No. 111

Topsar och cellmembran –
Kroppens näringsupptag i undervisning och elevtexter på mellanstadiet

Alma Jahic Pettersson

Department of Behavioural Sciences and Learning (IBL),
TESER, Technology and Science Education Research
Educational Science
Linköpings universitet, SE-60174 Norrköping, Sweden
Norrköping, 2021

Detta verk är licensierat under en Creative Commons Erkännande-IckeKommersiell 4.0 Internationell Licens.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.sv>

© Alma Jahic Pettersson, 2021

Printed in Sweden by LiU-Tryck, Linköping 2021

ISSN 1652-5051

ISBN: 978-91-7929-627-8

Topsar och cellmembran –
Kroppens näringsupptag i undervisning och elevtexter på mellanstadiet

By

Alma Jahic Pettersson

April, 2021

ISBN: 978-91-7929-627-8

Studies in Science and Technology Education

No. 111

ISSN 1652-5051

SAMMANFATTNING

I avhandlingen studeras mellanstadieelevers meningsskapande kring näringsupptag. Avhandlingens artiklar baseras på två datainsamlingar. I den första studeras skriftliga svar på ett nationellt prov i biologi. I den andra studeras klassrumsundervisning i två skolor med en animation om näringsupptag som kontext. I den ena skolan hålls också en lärargenomgång. Det övergripande analysverktyget är innehållsanalys, mer specifikt används organisationsnivåer och systemisk funktionell grammatik (SFG). I kappan diskuteras resultatet ur tre perspektiv. För det första visas att naturvetenskapligt korrekta svar och koppling mellan matspjälknings- och cirkulationssystemet är associerade med antalet kopplingar mellan organisationsnivåer och förekomst av mesonivån i beskrivningarna. Näringsupptaget beskrivs ofta i termer av förflyttning (i ett logistiksystem), med explicita och/eller implicita aktörer där processen ofta uttrycks metaforiskt. För det andra ger resultatet en inblick i metaforernas möjligheter och begränsningar för elevernas meningsskapande genom att spåra var metaforerna kommer ifrån. I animationen används metaforiska uttryck för att förklara specifika funktioner. Eleverna använde flera spontana metaforer, vissa som även deras lärare tog upp användes. För det tredje visar avhandlingens resultat att eleverna i båda skolorna kombinerar naturvetenskapliga termer med vardagsuttryck. De elever som har haft lärargenomgång använder mer vardagsuttryck än de som inte har haft det. Vidare visar eleverna tecken på naturvetenskapligt meningsskapande på mesonivån genom att använda vardagsuttryck om membranproteinernas funktion i termer av molekyler som går genom kanaler och har sin egen ingång till blodet.

Nyckelord: *socialsemiotik, metaforer, vardagsuttryck, systemisk funktionell grammatik, organisationsnivåer, biologi, kemi, multimodalitet*

Institutionen för beteendevetenskap och lärande
Linköpings universitet
SE-60174 Norrköping, Sweden

ABSTRACT

This dissertation studies upper primary school students' meaning-making of nutrient uptake. The papers in the dissertation are based on two sets of collected data. In the first, written answers to a national test in biology are studied. In the other, classroom teaching is studied in two schools with an animation about nutrient uptake as a context. In one of the schools is a teacher review held in connection with the animation. The overall analytical method is content analysis, more specifically organizational levels and systemic functional grammar (SFG) is used. In this thesis, the results are discussed from three perspectives. First, it is shown that scientifically correct answers and the connection between the digestive and circulatory system are associated with the number of connections between organizational levels and the presence of the meso level in the descriptions. Nutrient uptake is often described in terms of relocation (in a logistics system), with explicit and / or implicit actors where the process is often expressed metaphorically. Second, the results provide an insight into the reach of the metaphors (affordances and limitations) for students meaning-making of nutrient uptake by tracing where the metaphors come from. The animation uses metaphorical expressions to explain specific functions. The students used several metaphors, some were also taken up and used by their teachers. Third, the results of the dissertation show that students in both schools combine scientific terms with everyday expressions. The students who had a teacher review use more everyday expressions than those who have not. Furthermore, students show signs of scientific meaning-making at the meso level by using everyday expressions about the function of membrane proteins in terms of molecules that go through channels and have their own entrance into the blood.

Keywords: social semiotic, metaphors, everyday expressions, systemic functional grammar, organizational levels, biology, chemistry, multimodality

Department of Behavioural Sciences and Learning
Linköping University
SE-60174 Norrköping, Sweden

Förord

Min tid som doktorand har varit en fantastisk resa, men den hade inte varit sig lik utan alla er som har varit med på den. Det har varit många roliga, lärorika och intressanta kurser, möten, konferenser, fikastunder och luncher tillsammans med kloka och inspirerande människor. Jag har inte haft någon utstakad plan för min tid som doktorand. Istället har jag tagit en dag i taget och det har gått bra tack vare att jag har fått så många möjligheter, sammanhang och samarbeten där jag har fått lära mig och utvecklas. Det är jag glad och tacksam över. Jag har stortrivts hela tiden.

Jag vill tacka mina handledare Carl-Johan Rundgren, Lena Tibell och Ragnhild Löfgren. Carl-Johan, att ha dig som handledare har känts bra från dag ett. Tack för din lugna och trygga inställning som du gång på gång har lyckats överföra till mig när jag har behövt det som mest. Lena, tack för alla trevliga luncher och fikastunder som har kombinerats med handledning i restaurangen på Visualiseringscenter. Du har stöttat mig i många olika sammanhang genom åren, inte minst inför flytten, och under tiden som vi bodde i Portland. Ragnhild, tack för den tid som du var min handledare. Som nybliven doktorand var jag på min första konferens tillsammans med dig, i Singapore! Det kommer jag aldrig glömma.

Nina, du varit en oerhört viktig person i mitt avhandlingsarbete. Du har inte varit min handledare men du har ändå stöttat, lärt och inspirerat mig så otroligt mycket. Ingen kan ge feedback som du. Varje arbetsmöte, oavsett om det har varit på Vetekatten, digitalt eller någon annanstans har gett mig glädje och inspiration att jobba vidare med analyser och texter. Tack för allt, den här resan hade inte varit sig lik utan dig.

Nu är boken färdig. Men för att den skulle bli det har de värdefulla kommentarer på 60- och 90 % seminariet varit viktiga. Tack Clas Olander, Karin Stolpe, Gunnar Höst, John Airey, Anders Jidesjö och Fredrik Jeppsson. Ett extra tack till dig Fredrik för allt stöd genom åren. Jag vill även tacka Jesper Haglund som har läst och kommenterat mina texter genom åren. Ett enormt stort tack till Kajsa Andersson Lundblad på FoU på Utbildningskontoret i Norrköping. Utan ditt stöd, din pepp och din förståelse så hade det inte gått att få ihop två jobb. Du är den bästa chef man kan tänka sig!

Johanna Frejd, Charlotta Nordlöf och Johan Sveningsson, jag är så glad att jag har er både som vänner och kollegor. Lotta och Johanna "tack förlåt" som Laleh sjunger, för allt jobb som ni har lagt ner på att granska referenserna i denna avhandling, och så mycket mer. Utan ert stöd hade

slutspurten varit betydligt svårare. Johanna, min jobbfru, min ställföreträdande handledare, min kära vän. Vi har prata om allt möjligt genom åren och det vet jag att vi kommer att fortsätta med. Lotta, min kollega gånger 2, och min fina vän. Jag ser fram emot många fler fika- och shoppingstunder tillsammans med dig när vi pratar om allt möjligt. Daniel Orraryd, våra promenader runt om i Norsholm har varit välbehövliga, de får vi fortsätta med. Tack för alla trevliga pratstunder: Johanna Andersson, Alma Memisevic, Helene Berggren, Cecilia Axell, Astrid Berg, Lars Björklund, Ulrika Sultan, Ulrika Bodén, Tünde Puskas och många fler. Astrid, tack för värdefull feedback på kappan när jag behövde det som mest. VLC-gruppen, Andreas Göransson, Gunnar Höst, Konrad Schönborn, Jörgen Stenlund, Gustav Bohlin och Lena Tibell, tack för alla intressanta diskussioner och trevliga samtal. Tack alla kollegor på LEN och TekNaD och tack Anna Ericson för att du alltid svarar på alla frågor med ett leende.

Mamma och pappa, er kärlek och stöd är så självklar och ovillkorlig. Att ro denna avhandling iland hade inte gått utan ert stöd. Bara ni kan stötta mig till 100% utan att pressa mig. Familjen är och kommer alltid att vara prioritet nummer 1 för mig. Varje gång jag kramar er sprider sig en fantastisk, obeskrivlig känsla i kroppen och jag får åter perspektiv på tillvaron. Ni är mitt allt! Selma, jag har skrivit 98 sidor i kappan plus fyra artiklar. Du har rätt, det är ju helt otroligt faktiskt. Utan din glädje, pussar och kramar hade det inte gått. Hanna, äntligen är jag färdig med den här boken! Tänk att jag har hållit på med den sedan Selma föddes och i hela ditt liv. Utan din pepp och kärlek hade det inte gått. Ronnie, vår resa började mycket tidigare än detta avhandlingsarbete. Nu är doktorandtiden slut men vår resa fortsätter. Tack för allt stöd, pepp och pushning som du har gett mig. Det har betytt mer än vad du kan ana. Du är min trygghet, min klippa. Tack även för framsidan och all hjälp med formalia, den här boken hade inte varit så här snygg utan dig. Tack för att du är du, du är bäst! Fortsättning följer ☺

Norsholm april 2021
Alma Jahic Pettersson

Innehållsförteckning

Introduktion	1
Avhandlingens syfte och upplägg	4
Avhandlingens utgångspunkt och disposition	6
Kapitel 1: Varför ska man lära sig om näringsupptag?	7
Kapitel 2: Matspjälkning och näringsupptag utifrån NV-didaktisk forskning.....	9
Matspjälkningssystemet är bekant men inte dess funktioner ...	9
Kunskaper om matens väg	10
Maten sönderdelas till näringsämnen.....	12
Kapitel 3: Organisationsnivåer.....	13
Kopplingarna mellan kemi och biologi	14
Kopplingarna mellan organisationsnivåer.....	16
Kapitel 4: Språk i det naturvetenskapliga klassrummet	19
Vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer.....	20
Metaforer som en brygga mellan naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck	22
Kapitel 5: Teoretiska perspektiv.....	27
Meningsskapande i relation till ämnesinnehåll	27
Ett multimodalt socialsemiotiskt perspektiv på meningsskapande	28
Kapitel 6: Metod	37
Material, urval och design	37
Tillförlitlighet och generaliserbarhet	43
Metoddiskussion.....	44
Etiska aspekter.....	45
Kapitel 7: Analys	47
Innehållsanalys, ett verktyg för att studera tecken på naturvetenskapligt meningsskapande.....	47
Kapitel 8: Resultat	57

Artikel 1:	57
Artikel 2:	59
Artikel 3:.....	62
Artikel 4:	66
Kapitel 9: Diskussion.....	73
Organisationsnivåer synliggör tecken på naturvetenskapligt meningsskapande	73
Användning av metaforiska uttryck med anknytning till näringssupptag	77
Vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer i samband med förklaringar av näringssupptag.....	81
Kapitel 10: Slutsatser och implikationer för praktik och forskning	85
Organisationsnivåer.....	85
Metaforiska uttryck.....	86
Vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer.....	87
Kapitel 11: English summary.....	89
Background/ Previous research	89
Theoretical framework.....	91
Aim	92
Method and analysis	94
Results and discussion.....	95
Referenslista	99
Bilaga 1	117

Ingående artiklar

1. Jahic Pettersson, A., Tibell L., Löfgren R. (2021) 'The brain needs nutrition': pupils' connections between organizational levels. *NorDiNa*, 17 (1), 48-63.
<https://journals.uio.no/nordina/article/view/7930>
2. Pettersson, A. J., Danielsson, K., Rundgren, C-J (2020). 'Traveling nutrients': how students use metaphorical language to describe digestion and nutritional uptake. *International Journal of Science Education*.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1756514>
3. Pettersson, A. J., Danielsson, K., Rundgren, C-J (2021). 'Gates, VIP members, doors and threads': tracking metaphoric expressions in classroom interaction based on an animation. *International Journal of Science Education* (Under review).
4. Pettersson, A. J., Rundgren, C-J., Tibell L (2021). Students' meaning-making of nutrient uptake in relation to organizational levels - Using an animation in upper primary school science. *Designs for Learning* (Inskickat manuskript).

Introduktion

Både barn och vuxna rör sig dagligen i både formella och informella sammanhang där de implicit eller explicit kommer i kontakt med tankar och åsikter om mat, näring, energi, hälsa och kroppen. Exempel på informella sammanhang är TV-program, böcker, tidningar och deras förstasidor samt social media. Exempelvis handlar tidningarnas förstasidor många gånger om olika dieter eller hur man förbränner fett bäst. Ett annat exempel på informella sammanhang är reklam på TV och internet som ofta behandlar olika kosttillskott och bantningsmetoder.

Många barn börjar intressera sig för människokroppen och vad som händer med maten de äter redan i ung ålder. Det faktum att det finns lärandemål som inbegriper kroppen, mat och hälsa genom hela skolsystemet, från förskolan till gymnasiet (Skolverket, 2016; Skolverket, 2018; Skolverket, 2019) signalerar också att detta är ämnen som ses som viktiga i samhället.

Matspjälkning och näringsupptag är exempel på sammankopplade biologiska och kemiska processer i kroppen. Matspjälkning kan man mycket förenklat säga handlar om hur kroppen sönderdelar mat i mindre och mindre delar som till slut utgörs av näringsmolekyler som sedan tas upp av blodet (näringsupptag). Om man skulle kunna zooma in i kroppen och följa exempelvis en smörgås som man äter skulle man se att det i anknytning till matspjälkning och näringsupptag sker många olika biologiska och kemiska processer. Den mekaniska sönderdelningen är en biologisk process; medan sönderdelningen av näringsämnen, som exempelvis proteiner till aminosyror, är en kemisk process. Slutligen överförs näringsämnena från tunntarmen till blodet och därigenom till cirkulationen, vilket är en biologisk process. Förutom att röra sig mellan biologi och kemi sker detta alltså på en skala av olika storleksnivåer, från smörgåsen vi kan se med våra ögon, via cellerna vi kan se med mikroskop till de osynliga molekylerna, som i denna avhandling kommer att kallas för organisationsnivåer¹.

¹ Organisationsnivåerna makro, mikro, meso och submikro (se kapitel 5).

Introduktion

I de naturvetenskapliga ämnena omges skolelever av en blandning av naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck, intryck från vardagen, från läroböcker, från media, lärare och föräldrar osv. Man kan säga att eleverna i skolan navigerar i ett lärandelandskap med en mängd olika resurser. Kopplingarna mellan innehållet i de olika resurserna görs sällan tydliga, ej heller deras begränsningar. Vidare är ämnesinnehållet i de naturvetenskapliga ämnena till stor del abstrakt och komplext. Dessutom utspelar sig naturvetenskapliga fenomen på olika organisationsnivåer. Forskning visar att det är svårt för elever att röra sig mellan nivåerna och förstå hur de relaterar till varandra. Forskning visar också att lärare hoppar mellan olika organisationsnivåer när de förklarar naturvetenskapliga fenomen, exempelvis vid beskrivningar av organ och de molekylära processer som sker inom organen.

Den här avhandlingen har både ett ämnesmässigt och ett språkligt fokus och behandlar meningsskapande i årskurs 5 och 6. Med språkligt fokus syftar jag på både vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer. Exempel på naturvetenskapliga termer med anknytning till matspjälkningen är enzymer, cellmembran och molekyler. Vad det gäller vardagsuttryck så utgörs de inte sällan av metaforiska uttryck. I den här avhandlingen ser jag på metaforiska uttryck som en undergrupp till vardagsuttryck, men metaforiska uttryck förekommer också som en integrerad del av den naturvetenskapliga terminologin. Ett exempel är "cell" som kommer från latin och betyder kammare, det användes som benämning på cellernas utseende när man för första gången såg dem i mikroskop. Metaforiska uttryck återfinns således både inom vardagsuttryck och inom naturvetenskapliga uttryck.

Naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck inklusive metaforer vävs ständigt ihop i vårt sätt att tala, precis som kemi och biologi gör i matspjälkningsprocessen. Detta vill jag även illustrera med avhandlingens titel som innehåller exempel på elevers uttryck av både vardagsuttryck (tops som metafor för de fosfolipider som bygger upp cellmembranet) och naturvetenskapliga termer (cellmembran).

Vi söker och skapar mening genom hela livet, i en rad olika sammanhang. Vi skapar mening hela tiden med de resurser som finns

Introduktion

till vårt förfogande, det kan vara ljud, ord, gester, bilder och mycket mer. Genom att exempelvis imitera eller jämföra det nya som vi försöker skapa mening kring med det som vi redan vet, eller genom att söka mönster och omforma befintliga ord och termer av olika fenomen. I den här avhandlingen fokuserar jag på hur elever skapar mening i naturvetenskap. Det naturvetenskapliga innehåll som jag undersöker är näringsupptag (dvs. samverkan mellan matspjälkning och blodcirkulation). Med meningsskapande avser jag att lyfta fram lärande och kunnande som en ständigt pågående process snarare än som en tillägnad kunskapsmassa. Meningsskapande fokuserar på den process som äger rum när vi bearbetar något. Meningsskapande processer kan, men behöver inte per automatik, leda till ett lärande. I den här avhandlingen studeras meningsskapande utifrån de naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck (ofta metaforiska), som eleverna använder. Jag menar att elevernas meningsskapande synliggörs när de med olika termer och ord ger naturvetenskapligt meningsfulla förklaringar och beskrivningar om näringsupptagets molekylära processer, vilket jag här benämner *tecken på naturvetenskapligt meningsskapande*. Med denna avhandling hoppas jag bidra med ökad förståelse om mellanstadieelevers naturvetenskapliga meningsskapande om näringsupptag.

Avhandlingen består av fyra artiklar. I två av dessa studeras elevers skriftliga svar på ett nationellt prov och i de andra två artiklarna studeras klassrumsundervisning med en animation om näringsupptag som kontext. I kappan breddas artiklarnas bidrag genom att resultaten diskuteras med ett gemensamt fokus på hur eleverna skapar mening om näringsupptagets molekylära processer.

Avhandlingens syfte och upplägg

Det övergripande syftet med denna avhandling är att bidra med ökad förståelse av mellanstadieelevers meningsskapande om näringsupptag. Mer specifikt är avhandlingens syfte att undersöka följande tre forskningsfrågor:

1. Vad synliggörs genom att använda organisationsnivåer (makro-, mikro-, meso- och submikro, se kapitel 5) som ett analysverktyg för elevers tecken på naturvetenskapligt meningsskapande kring näringsupptag?
2. Hur används metaforiska uttryck med anknytning till näringsupptag?
3. Hur används vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer i elevernas beskrivningar av näringsupptag?

För att kunna undersöka fråga 2 tillämpas en lingvistisk metod (systemisk funktionell grammatik, SFG) för att analysera metaforiska uttryck för att på så vis få en bättre förståelse för hur dessa är uppbyggda och hur de används med anknytning till näringsupptag.

Avhandlingens struktur

Avhandlingen bygger på fyra artiklar där elevers tecken på meningsskapande om näringsupptag studeras utifrån två datainsamlingar i två olika kontexter. I Figur 1 markeras de artiklar som baseras på elevsvar på ett nationellt prov i biologi i årskurs 6 med grönt (artikel 1 och 2). Klassrumsundervisning med en animation och en lärargenomgång med koppling till ämnesinnehållet i animationen (artikel 3 och 4) markeras med orange i figur 1. I artikel 3 undersöks användningen av metaforer i klassrumsundervisning i en skola. I artikel 4 jämförs två skolor där bara eleverna i den ena skolan får en lärargenomgång, medan eleverna i den andra skolan inte får det. Istället börjar de omgående med grupparbetet med tillgång till animationen som resurs på en surfplatta.

Introduktion

Figur 1: Avhandlingens två kontexter: elevsvar från nationella provet är markerat med orange och klassrumsundervisning med en animation är markerat med grönt.

Artikel 1 och 2 ger en övergripande nationell stillbild av det meningsskapande som identifierades hos elever i årskurs 6 (nationellt prov 2014). I artikel 1 och 2 hade jag ingen kännedom om vilka semiotiska resurser som användes och därmed inte heller på vilket sätt som olika resurser bidrog till meningsskapande om näringsupptag. I artikel 3 och 4 ville jag därför undersöka vilken inverkan en animation och/eller en lärargenomgång med anknytning till animationen kunde ha på vilka tecken på naturvetenskapligt meningsskapande som eleverna uttryckte om näringsupptaget.

Avhandlingens utgångspunkt och disposition

Detta är en ämnesdidaktisk sammanläggningsavhandling i naturvetenskapernas didaktik. Ämnesdidaktik utgör en bro mellan ämne och pedagogik (Sjøberg, 2000). Ämnesdidaktik är i sin tur en specialisering av didaktiken. Enligt Egidius (2006) är didaktik läran om planering, genomförande och utvärdering av undervisningen, det handlar om didaktikens grundfrågor *varför, vad och hur*. De tre frågorna innebär att man beaktar vad det är för slags ämnesinnehåll som ska inkluderas utifrån läroplanen, hur och genom vilka resurser som innehållet ska presenteras, och varför det ska ingå i undervisningen (undervisningens mål). I förhållande till varför, vad och hur bör det också tas i beaktning vem som ska undervisas, det vill säga att elevernas tidigare kunskaper måste lyftas fram. Vidare svarar didaktiken på många andra frågor förutom varför, vad och hur, exempelvis *var* undervisningen ska ske (Sjøberg, 2000; Uljens, 1997).

Avhandlingen är strukturerad enligt följande: i kapitel 1 diskuteras varför elever har behov av kunskaper om matspjälkning och näringsupptag. Sedan följer Kapitel 2-5 som behandlar vad-frågan i avhandlingen. Kapitel 2 handlar om matspjälkning och näringsupptag utifrån ett NV-didaktiskt perspektiv. Kapitel 3 handlar om organisationsnivåer och kopplingar mellan kemi och biologi samt mer specifikt matspjälkning och näringsupptag. Sedan följer kapitel 4 som behandlar naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck samt metaforer som en brygga mellan de två förstnämnda. Det sista kapitlet som behandlar vad- frågan är kapitel 5 som handlar om vilka teorier avhandlingen bygger på. Slutligen behandlar kapitel 6 och 7 hur-frågan. Där beskriver jag hur tecken på naturvetenskapligt meningsskapande har analyserats med hjälp av de organisationsnivåer som jag föreslår, samt hur elevernas metaforiska uttryck har analyserats med hjälp av systemisk funktionell grammatik (SFG). Kapitel 8 är en sammanställning av resultat av de fyra studierna som ingår i avhandlingen, kapitel 9 är en gemensam diskussionen av de fyra artiklarna och kapitel 10 behandlar avhandlingens slutsatser samt bidrag till praktiken och forskningsfältet och kapitel 11 den engelska sammanfattningen.

Varför ska man lära sig om näringsupptag?

Det finns många anledningar till varför det är viktigt att lära sig om processerna matspjälkning och näringsupptag. För det första handlar det om den vardagskoppling som finns till matspjälkning och näringsupptag; föräldrar och andra vuxna pratar mycket om mat med barn. Barn blir exempelvis ofta tillsagda att de måste äta för att kunna orka springa och leka. Denna vardagskoppling gör det till ett lämpligt exempel på hur kemiska och biologiska processer är sammankopplade i kroppen. För det andra, upplever barn redan i tidig ålder konkreta kroppsliga erfarenheter som associeras till matspjälkningen, till exempel att magen kurrar eller fisar och rapar som låter. Eftersom detta innehåll är så viktigt så finns människokroppen, dess uppbyggnad och processer som mål i läroplanen från förskolan upp till gymnasiet.

Enligt kunskapskraven för biologi, hem- och konsumentkunskap och idrott ska elever visa en medvetenhet om hälsa (Skolverket, 2019). Det är viktigt att eleverna förstår sambanden mellan mat & näringsämnen och kropp & hälsa för att de lättare ska kunna navigera i all den hälsoinformation som omger dem i olika medier och för att de ska kunna utveckla ett kritiskt tänkande (Granklint Enochson, 2008; Wiblom m.fl., 2020). Anledningen till att detta innehåll fokuseras i biologi, hem- och konsumentkunskap och idrott är att den naturvetenskapliga undervisningen har tagit för lite hänsyn till den allmänbildande sidan, forskare menar att mer fokus bör ligga på att vara en kritisk konsument av vetenskaplig kunskap (Osborne & Dillon, 2008).

Att ha kunskaper om de processer som sker i kroppen, och om mat och hälsa är relevant för alla samhällsmedborgare. Jag menar att elevers meningsskapande om matspjälkning och näringsupptag har betydelse för samhällsutvecklingen utifrån att de i förlängningen kan använda sina kunskaper för att göra medvetna val som påverkar deras välbefinnande.

Sammanfattningsvis handlar meningsskapande i biologi eller kemi inte enbart om fakta, det handlar även om hur kunskapen blir meningsfull för individen (Flodin, 2015). Man talar i detta sammanhang om "Scientific literacy", ett begrepp som handlar om visionen att utbilda

Kapitel 1

framtida medborgare som kan delta i och fatta välgrundade beslut i naturvetenskapligt relaterade samhälls- och politiska frågor (Roberts, 2007).

Matspjälkning och näringsupptag utifrån NV-didaktisk forskning

I kapitel 1-4 redogörs för vad-frågan. Mer specifikt behandlas forskning inom naturvetenskapernas didaktik som berör matspjälkning och näringsupptag.

Matspjälkning och näringsupptag är främst en del av biologiundervisningen. Men de processer som pågår i kroppen är i allmänhet också kemiska reaktioner (Skolverket, 2019). Därför är det naturligt att betrakta matspjälkning och näringsupptag som exempel på sammankopplade biologiska och kemiska processer i kroppen. I detta kapitel sammanfattas tidigare forskning gällande elevers meningsskapande om matspjälkning och näringsupptag och därmed relationen mellan de två involverade organsystemen, matspjälkningssystemet med cirkulationssystemet.

Matspjälkningen börjar med att vi tuggar maten i munnen och blandar den med saliv som i sin tur innehåller enzymer som bryter ner kolhydraterna. När vi sväljer maten passerar den genom matstrupen på väg till magen där den bearbetas både mekaniskt och kemiskt. Den kemiska nedbrytningen sker med lågt pH (magsyra) och enzymer. I tolvfingertarmen blandas maten med galla som en del av nedbrytningen av fett. I magen och tunntarmen bryts maten ned till olika näringsämnen: monosackarider, aminosyror, fettsyror och nukleinsyror samt vitaminer och mineraler. Näringsämnena absorberas via cellmembranet i mikrovilli i tunntarmen, och vatten absorberas i tjocktarmen. Vissa kolhydrater som vi inte kan bryta ner och andra ämnen som vi inte kan ta upp kommer ut genom ändtarmen och anus. Sammanfattningsvis innebär matspjälkningen nedbrytning av mat till näringsmolekyler, följt av upptag och distribution av näringsämnena och utsöndring av icke-nedbrytningssbara produkter.

Matspjälkningssystemet är bekant men inte dess funktioner

I en studie med 342 elever (i åldrarna 4–7 år) har forskare visat att elever verkar ha en mer vetenskapligt adekvat bild av matspjälkningssystemet än många andra organsystem, som exempelvis andningsorganen (Garcia-Barros, Martínez-Losada och Garrido, 2011). Dessa resultat har

bekräftats av Dempster och Stears (2014), som visar att det mest kända av de mänskliga organsystemen bland barn i årskurs 1 är matspjälkningssystemet. En anledning till att barn är mer bekanta med matspjälkningssystemet jämfört med exempelvis nervsystemet kan vara att de vuxna som de interagerar med vanligtvis har en viss kunskap och ofta talar om mat och om vikten av att äta en allsidig kost. Cakici (2005) hävdar att barns vetenskapliga uppfattningar om matspjälkning påverkas av en kombination av sociala interaktioner och vardagsspråk. De flesta vuxna, och många barn, har åtminstone mer grundläggande kunskaper om matspjälkningen än vad som är fallet när det gäller näringsämnen och deras roll. Barnen har även egna fysiska upplevelser av att exempelvis känna maten åka ner genom matstrupen och höra magen kurra.

Flera studier har karakteriserat barns kunskaper om matspjälkningssystemets funktion vid olika åldersgrupper (3–15 år) (Garcia-Barros m.fl., 2011; Reiss, Tunnicliffe, Andersen, Bartoszeck, Carvalho, Chen & Marchenko, 2002; Teixeira, 2000), där alla indikerar att barn känner till matspjälkningssystemet men saknar kunskap om de olika inblandade organens funktion. Redan 1962 fann Gellert att de flesta barn och elever (4–16 år) kände till magen, men mindre än hälften kunde beskriva något om exempelvis magsäcken eller tunntarmen och dess funktioner. Detta är i linje med Garcia-Barros m.fl. (2011) som har visat att även fyraåringar identifierar magen som den plats där både fast och flytande mat omvandlas till något som kan användas som energi.

Kunskaper om matens väg

Många studier som gjorts gällande elevers uppfattningar om vad som händer med maten i kroppen är genomförda med samma metod, nämligen att elever i olika åldrar får rita en människokropp (eller får konturerna av en kropp) för att sedan rita och skriva vad som händer med maten och vilka organ som berörs av matspjälkningen (Teixeria, 2000; Rowlands, 2004; Cakici, 2005; Carvalho m.fl., 2004 och Granklint Enochson, 2008).

Mer specifikt undersökte Teixeria (2000) vilka föreställningar barn mellan fyra och tio år har om vad som händer i kroppen när de äter en

Kapitel 2

chokladbit. De fick rita kroppskonturerna på ett papper och därefter beskriva chokladbitens väg genom kroppen och samtidigt försöka namnge organen. Studien visar att inga barn under 8 år har kunskap om matens nedbrytning (Teixeria, 2000). Även Rowlands (2004) undersökte hur tioåringar uppfattar matspjälkningsprocessen. I den studien visade ingen av de deltagande eleverna kunskaper om den kemiska nedbrytningen i matspjälkningen och nästan tre fjärdedelar av dem hade föreställningen att kroppen kunde dela upp maten i två delar, nyttig respektive onyttig mat. Vidare kunde Cakici (2005) i en studie med elever i årskurs 4 och 5 visa att merparten av eleverna använde metaforiska uttryck för att beskriva matspjälkning, exempelvis att "maten smälter" istället för kemisk och mekanisk nedbrytning. Cakici (2005) menar att elevernas metaforiska uttryck grundar sig i deras vardagliga erfarenheter och vardagsuttryck. I Sverige har vi det vanliga uttrycket "matsmältning" som förekommer i många undervisningssammanhang och läroböcker. Både Cakici (2005) och Rowlands (2004) skriver om problematiken att som pedagog använda vardagliga begrepp istället för naturvetenskapliga. Han visar att elever kan förklara och beskriva matens väg från munnen till magsäcken med vardagliga ord, men efter magsäcken har eleverna stora svårigheter att formulera vad som händer med maten, vilket tyder på bristande kunskap av tarmsystemet (Rowlands, 2004).

Även Carvalho m.fl. (2004) undersökte hur elever förklarar matens väg genom kroppen. Studien baserades på två elevgrupper, den ena gruppen var 5-6 år och den andra gruppen var 9-10 år. Båda grupperna fick som uppgift att rita och förklara vad som händer med en kaka som man äter. Många elever ritade och förklarade hur kakan gick runt i hela kroppen och de beskrev att kakans rörelsemönster påverkas av kroppens rörelser. Även de äldre barnen uttryckte att det var utmanande att redogöra för vägen mellan matspjälkningssystemet och blodsystemet. Carvalhos m.fl. (2004) slutsats var att lärare verkar fokusera mer på matspjälkningskanalen i sin undervisning än på hur näring når cellerna via blodet. Granklint Enochson (2008) visar att elever i årskurs nio (som är äldre jämfört med tidigare nämnda respondenter i andra studier) har goda kunskaper om matspjälkningskanalen och dess uppbyggnad. Även eleverna i Granklint Enochsons studie ansåg att det var utmanande

att förklara näringsupptaget och blodsystemet, vilket även bekräftas av Mason (1993) och Rowlands (2004). Sammanfattningsvis beskriver många elever i 10-årsåldern matspjälkningen som en huvudsakligen mekanisk process, utan att nämna kemiska processer (Cakici, 2005; Carvalho m.fl., 2004; Rowlands, 2004; Teixeira, 2000).

Maten sönderdelas till näringsämnen

Det verkar finnas många oklarheter i elevernas beskrivningar av matspjälkning och näringsupptag, trots att skolundervisningen bland annat inbegriper organens struktur och funktion samt näringsämnen (Cakici, 2005). Trots detta visar Cakici att majoriteten av eleverna (10 till 11-åringar) uppvisar förståelse om processerna i matspjälkningen, dock med vetenskapligt ofullständiga eller felaktiga förklaringar. Många studier visar att det är ovanligt att elever visar medvetenhet om hur näringsämnen tas upp från mat (Gripshover & Markman, 2013; Reiss & Tunnicliffe, 2001; Rowlands, 2004; Teixeira, 2000). Eleverna verkar ha svårt att uppfatta att intagen föda bryts ned till näringsämnen, som absorberas av tarmväggen, innan de distribueras av blodet i hela kroppen (Reiss & Tunnicliffe, 2001). Med andra ord, det verkar vara en utmaning för elever att förstå att kemiska processer uppstår under näringsupptag (Teixeira, 2000). Carvalho m.fl. (2004) visade dock att elever kunde förstå näringsupptaget om de fick explicit undervisning om detta. Eleverna ombads att rita, före och efter en undervisningssekvens, vad som händer i kroppen när man äter en tårtbit. Analysen av teckningarna som gjordes före undervisningssekvensen visar att eleverna ritade en hel tårta som passerade genom kroppen, medan de efter att ha fått undervisning ritade hur tårtan sönderdelas i matspjälkningssystemet. Men ingen av de 120 eleverna som deltog i studien gjorde kopplingen mellan näringsämnen och blodcirkulationen (Carvalho m.fl., 2004). Utmaningen för eleverna att göra kopplingar mellan matspjälknings- och cirkulationssystemet skulle kunna bero på bristande förståelse för att mat som vi äter sönderdelas till näringsämnen (ex. Reiss & Tunnicliffe, 2001).

Organisationsnivåer

Även i det här kapitlet redogörs för vad-frågan, men här handlar det om organisationsnivåer och kopplingar mellan matspjälkning och näringsupptag.

Organisationsnivåer benämns olika inom olika ämnen. Inom kemiundervisning kallas de olika nivåerna för: symbol, submikro och makronivå (Johnstone, 1982). Där man förenklat kan säga att symbolnivån omfattar kemiska formler, submikronivån den osynliga partikelnivån och slutligen makronivån som omfattar synliga fenomen som exempelvis färg och form. I biologiundervisningen används istället benämningarna molekylnivå, cellnivå, organnivå, organismnivå, population, biosfär med mera för att beskriva organisationsnivåerna (Schneeweiß & Gropengießer, 2019).

Knippels (2002) hävdar att förmågan att förklara på en relevant organisationsnivå är lika viktig som att använda relevanta begrepp. Men trots organisationsnivåernas betydelse menar Schneeweiß & Gropengießer (2019) att artiklar inom naturvetenskapernas didaktik sällan beskriver sambanden mellan organisationsnivåer, och att det saknas en konsensus gällande definitionen av organisationsnivåer.

Att göra det osynliga synligt och ansluta makronivån till mikro- eller submikro nivå genom användning av olika representationer är en central aspekt inom naturvetenskapen (Kozma, Chin, Russell och Marx, 2000). Kemister förflyttar sina resonemang mellan olika organisationsnivåer utan ansträngning, men för en nybörjare är samma perspektivskifte mycket mer krävande (Chandrasegaran, Treagust, & Mocerino, 2011; Kozma, 2003). Att explicit prata med eleverna och visa dem hur biologiska och kemiska fenomen associeras med olika organisationsnivåer kan underlätta deras förståelse och bidra med ökad koherens mellan olika skalor i elevernas förklaringar (Jördens, Asshoff, Kullmann & Hammann, 2016).

Kopplingarna mellan kemi och biologi

På senare år har Taber (2013) infört den så kallade erfarenhetsnivån inom kemins organisationsnivåer, som ett komplement till makro- och submikronivån. Skillnaden mellan erfarenhetsnivån och makronivån är att man med den erfarenhetsbaserade nivån endast avser erfarenhetsbeskrivningar som uttryckts med vardagsuttryck medan makronivån utgör en formell beskrivning av fenomenet. Klassrumsstudier i kemi visar att eleverna ofta beskriver fenomen baserat på de sinnesintrycket de får, som i sin tur ofta uttrycks i vardagsord som "det blir blått", "det bubblar", "det blir varmt" (Berg, Orraryd, Jahic Pettersson & Hultén, 2019). För att det ska ses som meningsskapande menar forskare att de erfarenhetsbaserade beskrivningarna måste kopplas till naturvetenskapliga termer. Ett exempel är att uttrycka färgförändringen "det blir blått" på makronivå med vetenskapliga termer "det blir basiskt" (Hultén, Berg, Eriksson & Danielsson, 2020; Talanquer, 2011).

Förr hävdade man att makro-, submikro- och symbolnivån som tillämpades inom kemi även kunde användas inom biologi (Johnstone, 1991). Men Gilbert och Treagust (2009) diskuterar de tre nivåerna och visar att elever har svårigheter att förstå hur de hänger ihop. Indelningen i tre nivåer (makro, submikro och symbol) är otillräcklig för många ämnesområden, exempelvis molekylärbiologi. Tsui och Treagust (2013) menar att mikronivån är nödvändig för att skapa mening om biologiska fenomen, det vill säga det krävs fyra nivåer (makro-, mikro-, submikro- och symbolnivån). Matspjälkning och andra processer som sker i kroppen är nära förknippade med biokemi (Kozma & Russell, 1997). Därför menar Knippels & Waarlo (2018) att det finns behov av att ansluta kemins organisationsnivåer med biologins (cell-, organ-, organism- och population).

Det är viktigt att ha kunskap om delarna, exempelvis varje organ och organsystem i matspjälkningskanalen men också kroppen som helhet, dvs. organsystemens interaktion med varandra (Knippels, 2002; Tripto, Ben-Zvi Assaraf, Snapir & Amit, 2016).

Vikten av mesonivån

Att lära sig om människokroppen kräver att biokemiska fenomen relateras på nivåer som sträcker sig från molekylär-submikronivå till makronivå. Organens funktion involverar komplexa processer på mikronivå i celler och vävnader (Tsui & Treagust, 2013) och kemiska reaktioner på submikronivå (Bucat & Mocerino, 2008). Följaktligen är det en stor utmaning att växla mellan de olika organisationsnivåerna (de Jong & van Driel, 2004) då det innebär skalor på millimeter, mikrometer och nanometer att relatera fenomen på makronivå till submikro (molekylär) nivå. Flertal forskare har påpekat att den stora luckan mellan makro och submikro måste minskas i mindre steg med mellanliggande "meso"-strukturer för att på så vis koppla de makroskopiska fenomenen till submikroskopiska nivåer (Millar, 1990; Besson & Viennot, 2004; Meijer, Bulte, & Pilot, 2009; van Mil, Postma, Boerwinkel, Klaassen & Waarlo, 2016).

Meijer m.fl. (2009) använder termen meso men identifierar inget fast antal mesonivåer, istället utgör mesonivån allt mellan makro (10^0) och submikronivån (10^{-10}) därför kan det inom denna skala finnas olika antal meso-nivåer. Vidare använder Meijer m.fl. (2009) uttrycket makro-mikrotänkande (eng. macro-micro thinking) utan att submikronivån ingår i uttrycket/benämningen även fast makro-mikrotänkande involverar processer på submikronivå.

Däremot Alberts (1998) och Hartwell, Hopfield, Leibler och Murray (1999) definierar mesonivån som skalan för cellulära biokemiska processer. På samma sätt definierar Johnson, Autin, Al-Alusi, Goodsell, Sanner och Olson (2015) och Goodsell, Franzen och Herman (2018) det som en nivå som överbryggar mikro- och molekylära submikronivåer (skalan nanometer till mikrometer). I likhet med de sistnämnda väljer jag att definiera mesonivån mellan mikro och submikro. Det vill säga att den totala indelningen av organisationsnivåer är: makro-mikro-meso-submikro (se kapitel 4). Meningsskapande om processer på mesonivå är avgörande för att förstå cellbiologi eftersom de länkar molekylära (submikro-) fenomen i celler till makromolekylära system (Goodsell m.fl., 2018).

Kopplingarna mellan organisationsnivåer

I biologiundervisningen har organisationsnivåerna ofta undervisats på enskilda nivåer där både lärare och läroböcker ofta hoppar över flera nivåer, det är också vanligt att man inte tydliggör vilka organisationsnivåer som behandlas och hur de hänger ihop (Knippels & Waarlo, 2018; Schneeweiß & Gropengießer, 2019). Att nivåerna inte tydliggörs och explicitgörs leder ofta till att eleverna bland annat beskriver fenomen utifrån endast en organisationsnivå eller att de blandar ihop nivåerna (Jördens m.fl., 2016; Knippels & Waarlo, 2018; Schneeweiß & Gropengießer, 2019). Därför har det blivit allt viktigare att koppla samman strukturer och funktioner på olika organisationsnivåer (Schneeweiß & Gropengießer, 2019).

Schneeweiß och Gropengießer (2019) menar att elevernas vardagliga uppfattningar och uttryck kan vara anledningen till att de har svårigheter för organisationsnivåerna. Assaraf, Dodick och Tripto (2013) påpekar att elever ofta fokuserar på enskilda organ snarare än deras interaktioner. Elevernas utmaning är att se samband och använda kunskaper från en nivå på en annan nivå, till exempel att använda kunskaper om mättade och omättade fettsyror från den submikroskopiska nivån i diskussioner om matspjälkning på systemnivå och vice versa (Assaraf m.fl., 2013).

Det är rimligt att se biologiska fenomen som en helhet där olika nivåer samverkar. Men inte förrän i gymnasiets ämnesplan för biologi (Skolverket, 2019) nämns ordet nivåer (Tabell 1). I samband med biologiämnets syfte beskrivs att biologi studeras på olika nivåer, från den enskilda molekylen till globala ekosystem, och att sammanhangen är komplexa.

Kapitel 3

Tabell 1: Kunskapskrav för slutet av årskurs 3, 6, 9 och biologi 1 på gymnasiet (Skolverket, 2016; Skolverket, 2019).

Stadium	Kunskapskrav
I slutet av årskurs 3	Människans kroppsdelar och sinnen, faktorer som påverkar människors hälsa
I slutet av årskurs 6	Hälsa, sjukdom och pubertet, användning av biologins begrepp, samband i människokroppen
I slutet av årskurs 9	Hälsa, sjukdom, sexualitet och ärftlighet, samband som rör människokroppens byggnad och funktion
Gymnasium, Biologi 1	Biologiska samband på olika nivåer, från molekylnivå till ekosystemnivå

Enligt det centrala innehållet för årskurs 4-6 anges det att eleverna ska kunna "Människans organsystem. Organens namn, utseende, placering, funktion och samverkan." Medan det för årskurs 7-9 står "Kroppens celler, organ och organsystem och deras uppbyggnad, funktion och samverkan. Evolutionära jämförelser mellan människan och andra organismer". Det vill säga att den mikroskopiska nivån inte nämns förrän på högstadiet (Skolverket, 2019).

I många andra länder har det blivit centralt att ämneskunskaper och undervisning i biologi ska ske på olika organisationsnivåer (se Schneeweiß & Gropengießer, 2019). Knippels (2002) föreslår en undervisningsmetod där man gör organisationsnivåerna och deras relationer till varandra explicita, och att man ska röra sig fram och tillbaka mellan olika nivåer. Knippels (2002) betecknar denna undervisningsmetod som Yo-Yo-lärande. Yo-Youndervisningsmetoden utgår ifrån systemtänkande där man menar man att undervisningen bör börja på en nivå som är bekant för eleverna och sedan förflytta sig till lägre eller högre nivåer. Grovt kan man säga att det biologiska systemets funktioner och organisationivåer står i fokus där man utgår ifrån att eleverna organiserar sin kunskap utifrån systemet och dess funktion, och att kopplingar mellan de olika delarna ligger i fokus istället för att delarna beskrivs var för sig (Raved & Yarden, 2014; Verhoeff, Knippels, Gilissen, & Boersma, 2018).

Inom biologi som akademiskt ämne studerar man strukturer och processer på många olika nivåer samtidigt och växlar fram och tillbaka mellan dem. Det är målsättningen även för undervisningen i skolan

Kapitel 3

(Skolverket, 2019). Men först måste eleverna vara medvetna om de olika nivåerna. Studier visar att systemtänkande allt oftare förekommer som ett uttalat mål inom biologiundervisningen (Assaraf m.fl., 2013; Verhoeff m.fl., 2018).

Språk i det naturvetenskapliga klassrummet

Detta kapitel kopplar till didaktikens vad-fråga eftersom språket har en viktig roll för meningsskapande inom naturvetenskap. För att kunna kommunicera om naturvetenskapliga fenomen behöver eleverna lära sig ett naturvetenskapligt språk. Till en början kan eleverna ha svårigheter att ta till sig de naturvetenskapliga termerna och lära sig i vilka sammanhang och hur de ska användas. Vardagsuttryck kan ha en viktig funktion som stöd under processen att tillägna sig den naturvetenskapliga terminologin. Kapitlet handlar även om hur metaforiska uttryck kan fungera som en brygga mellan naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck.

Som tidigare nämnts i introduktionen ser jag i den här avhandlingen på metaforiska uttryck som en undergrupp till vardagsuttryck. Vidare återfinns metaforiska uttryck till stor del i både vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer. I naturvetenskapen kan metaforerna dels uttryckas genom vardagsspråk (enzym är som "saxar"), dels som naturvetenskaplig terminologi ("magnetfält") eller analogier etc. som bygger på andra områden av naturvetenskapen ("elektronernas banor liknar planetbanor").

Lemke (1990) beskriver vikten av samtal i naturvetenskaplig undervisning. Han menar att lära sig naturvetenskap innebär att lära sig ett specifikt språk, ett sätt att prata om fenomen. Även styrdokumentet relaterar till den språkliga dimensionen, i syftetexten för naturvetenskapliga ämnen står det att undervisningen ska "bidra till att eleverna utvecklar förmågan att samtala om, tolka och framställa texter och olika estetiska uttryck med naturvetenskapligt innehåll" (Skolverket, 2019). Man har dock inte explicitgjort om det innebär att eleverna ska använda naturvetenskaplig terminologi. Man kan ha förmåga att samtala om naturvetenskapliga fenomen med vardaglig terminologi utan att behärska det naturvetenskapliga språket. Användning av vardagsspråk kan för många elever utgöra nödvändiga steg på vägen till ett naturvetenskapligt språk (Rundgren, 2006a). Användning av vardagsuttryck kan också utgöra en del av så kallade semantiska vågor, det vill säga växlingar mellan vardagsspråk och naturvetenskapligt språk (Nygård Larsson & Jakobsson, 2017). Således har språk en central roll vad det gäller meningsskapande inom naturvetenskap (t.ex. Lemke, 1990; Mortimer & Scott, 2003). Forskare både från språkvetenskap och naturvetenskap har därför intresserat sig för att undersöka sambanden

mellan språk och meningsskapande inom naturvetenskap och därmed bidragit till forskningsfältet utifrån olika teoretiska perspektiv och metodologiska inriktningar (Tang & Danielsson, 2018; Danielsson, Löfgren & Pettersson, 2018; Pettersson, Danielsson & Rundgren, 2020).

Läraren är en viktig resurs för att gradvis introducera eleverna till det naturvetenskapliga språket (Mortimer & Scott, 2003). Eftersom det naturvetenskapliga språkbruket inomvetenskapligt skiljer sig så pass från det vardagliga språkbruket kan det vara en utmaning för många elever (Gibbons, 2006; Schlepppegrell, 2004). I förlängningen kan meningsskapandet i naturvetenskap bli lidande på grund av språkliga hinder (Gee, 2004; Mortimer & Scott, 2003).

Den som förstår processerna i matspjälkning och näringsupptag har även möjlighet att förstå vad som menas även om ämnesinnehållet uttrycks med vardagsuttryck eller om ord utelämnas (Lemke, 1990). Men för eleverna är ämnesinnehållet oftast nytt och det blir svårt att bedöma vad som är ett språkligt uttryckssätt utan någon specifik mening och vad det är som karakteriserar en förklaring med bäring på ett naturvetenskapligt innehåll. Meningsskapande i skolan sker genom deltagande i den gemensamma praktiken i klassrummet som bygger på elevers kommunikation med läraren och med varandra (Lave, 1997; Rogoff, 2003; Wenger, 1998). Därför har läraren en viktig roll att explicitgöra och diskutera terminologi i samband med förklaringar av naturvetenskapliga fenomen (Nygård Larsson, 2011).

Vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer

Kommunikationen i det naturvetenskapliga klassrummet är så mycket mer än vardagsuttryck respektive naturvetenskapliga termer. Den inbegriper gester, bilder och symboler, kulturella aspekter och så vidare. Men jag har ändå valt att undersöka elevers användning av vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer (i skrivet språk) där jag ser dem som en del av helheten tillsammans med till exempel bilder och gester (se multimodala ensembler i kapitel 4).

Den naturvetenskapliga terminologin kan i många fall upplevas som abstrakt. Vardagsuttryck används ofta för att förklara de

naturvetenskapliga termerna. Flertalet forskare menar att vardagsuttryck fyller en viktig funktion i läroprocessen där elever kan verbalisera sin naturvetenskapliga förståelse genom att använda vardagsuttryck (Olander, Wickman, Tytler & Ingerman, 2018; Prain, 2004). I en studie har man gett eleverna tillgång till en jordglob under intervjun (Säljö, Schoultz och Wyndham, 1999). Resultatet antyder att eleverna kan svara på frågor med naturvetenskapligt innehåll utan att uttrycka sig med naturvetenskapliga termer. Elever baserar ofta sina förklaringar på vardagliga erfarenheter och uttrycker sig med vardagliga uttryck (Schoultz, 1999). Men, att lära sig naturvetenskap innebär som tidigare nämnts att socialiseras in i naturvetenskapens specifika terminologi och arbetssätt, därför är det viktigt att eleverna även använder naturvetenskapliga termer (Schoultz, 2002). Ett flertal forskare poängterar att om lärare explicitgör det naturvetenskapliga språkbruket och vad som kännetecknar den naturvetenskapliga terminologin kan det bidra till elevernas begreppsmässiga förståelse (Reveles & Brown, 2008; Lemke, 1990; Östman, 2002; Strömdahl, 2002).

Brown och Ryoo (2008) argumenterar för att lärare inledningsvis bör uttrycka sig med vardagsord när de talar om naturvetenskapliga fenomen och därefter i allt högre grad introducera naturvetenskaplig terminologi, för att på så vis underlätta för elevernas meningsskapande om ämnesinnehållet. Andra studier visar att elevers meningsskapande gynnas om undervisningen bygger på en explicit och medveten växling mellan naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck (Kambrelis & Wehunt, 2012). När elever försöker förstå de naturvetenskapliga termerna genom att använda vardagsuttryck utvecklar de ett så kallat hybridspråk (Barnett, 1992; Lemke, 1990). Dock kan vi inte skilja ämne från språk. Att lära sig ett nytt ämnesinnehåll, som biokemi, innebär bland annat att gradvis närma sig ämnesspråket (t.ex. Halliday & Martin, 1993; Unsworth, 2001; Wellington & Osborne, 2001; Schleppegrell, 2004).

Sammanfattningsvis kan man se vardagsuttryck som en viktig resurs i processen att skapa mening kring de naturvetenskapliga termerna (Olander, 2009). Som lärare är det dock av största vikt att man kan

tydliggöra ”gränsövergången” mellan vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer samt stötta elevernas användning av naturvetenskapliga termer (Aikenhead, 1996). Genom att gradvis närma sig det naturvetenskapliga språket och göra det till sitt eget lär man sig språket (Lemke, 1990). Studier visar att lärande i naturvetenskap kan främjas av att läraren ”packar upp” de naturvetenskapliga termerna genom att omväxlande använda vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer (Nygård Larsson, 2011). Risken finns dock att undervisningen stannar vid att den naturvetenskapliga terminologin packas upp i vardagsuttryck och inte packas tillbaka till en naturvetenskaplig terminologi (Hipkiss, 2014).

Många studier har diskuterat de svårigheter som elevers utmaningar med det naturvetenskapliga språket och några av förklaringarna är att det beror på den specifika och tekniska terminologin inom naturvetenskap, vilket ofta är termer som inte är en del av vardagsspråket, som exempelvis diffusion och organeller (Aikenhead, 1996; Sutton, 1992). Förutom tekniska termer förekommer ett stort antal metaforer inom det naturvetenskapliga språket, det vill säga ord eller uttryck som har lånats från andra sammanhang för att beskriva naturvetenskapliga fenomen. Metaforer används också för att jämföra naturvetenskapliga fenomen och processer med liknande vardagliga fenomen (Sutton, 1992).

Metaforer som en brygga mellan naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck

Redan i förskoleålder har studier visat att användning av metaforer är ett sätt att skapa sammanhang mellan vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer och på så vis förstå något nytt mot bakgrund av något mer bekant (Thulin, 2011).

Grunden för metaforer är att jämföra två områden, för att på så sätt utnyttja kunskap inom ett område för att lättare kunna förstå ett annat område. Exempelvis metaforen ”matsmältning” är vanlig i både vardagen och i undervisningssammanhang. Metaforen ger en bild av hur maten finfördelas allt mer så att kroppen kan tillgodogöra sig näringen.

Men bilden är missvisande eftersom maten inte smälter utan degraderas (blir mindre och mindre bitar och till slut molekyler).

Metaforer drar alltså samman mängder av fakta till en enda begriplig bild som är lätt att komma ihåg och att förhålla sig till (Selander & Kress, 2010). Metaforer används mycket i undervisning när man knyter an elevernas vardagliga kunskaper och upplevelser till naturvetenskapliga förklaringar av liknande fenomen (Aubusson, Harrison & Ritchie, 2006; Gentner, 1983; Tobin, 2006). Exempel på vanliga metaforiska uttryck som används inom naturvetenskap är förutom "matsmältning" "elektronmoln", "elektronskal", "cell" och "näringsskedja". Ytterligare exempel på metaforer är kedjor och byggstenar som ofta används för att förklara hur proteiner är uppbyggda: "Proteiner består av långa kedjor av en slags byggstenar som kallas aminosyror." På grund av att metaforiska uttryck är vanliga inom naturvetenskap så är det lärarens roll att hjälpa eleverna att packa upp metaforerna (Danielsson & Selander, 2014).

Till skillnad från metaforen matsmältning, som är missvisande, använder Rogoff (1995) människokroppen som en systemmetafor när hon beskriver hur systemets olika delar förhåller sig till helheten. Hon försöker visa hur människokroppen hänger ihop som en helhet, där delarna inte kan fungera ensamma. Exempelvis är matspjälkningen ett exempel på systemtänkande då det är beroende av blodomloppet, nervsystemet med mera för att fungera.

Framöver väljer jag att använda mig av begreppet *metaforiska uttryck*, i det begreppet inkluderar jag analogier, metaforer och liknelser. Anledningen till detta val är att jag inte vill djupdyka i skillnaderna mellan dessa uttryck; istället är jag mer intresserad av deras språkliga karaktärsdrag (se SFG-beskrivningen i kapitel 5) och betydelse för meningsskapandet. Genom språkliga belägg undersöker jag hur metaforer kan bidra till elevernas meningsskapande. Därför är min utgångspunkt språkliga analyser (SFG) av elevernas beskrivning av näringsupptaget (i artikel 2 och 3). Jag använder alltså ett semiotiskt perspektiv på metaforer där jag till skillnad från t.ex. Gentner och Gentner (1983) och Lakoff och Johnson (2008), inte likställer

yttrandena med respondentens genuina förståelse för fenomenet. Flera forskare med kognitivt perspektiv, som Haglund (2013) och Duit (1991), menar att man bör särskilja mellan metaforer och analogier; metaforer fokuserar på språkanvändning och uttalade jämförelser, de gör implicita kopplingar mellan två domäner, medan analogier explicitgör kopplingarna mellan domänerna. Jag ser snarare metaforer som en semiotisk resurs som kan användas som en slags modell för att skapa mening om abstrakta fenomen. Metaforer liksom modeller kan inte utgöra en exakt 1-1 avbildning. Därför väljer jag som sagt att använda mig av begreppet metaforiska uttryck.

När meningsskapande sker är det vanligt att elever inledningsvis uttrycker sig metaforiskt, efter ett tag lär de sig, de ersätter och lägger till uttryck. Studier har exempelvis visat att elever uttrycker att näringsämnen "hoppa" in i organ och att delar av molekyler beskrivs i termer av "pluppar" (Olander m.fl., 2018; Rundgren, 2006a). Olander m.fl. hävdar att elevens användning av "hoppa" är exempel på ett tillfälligt uttryck som bidrar till elevernas begreppsutveckling.

Användningen av metaforiska uttryck inom naturvetenskapernas didaktik har studerats i stor utsträckning (t.ex. Else, Clement & Rea-Ramirez, 2008). Vidare har metaforiska uttryck länge setts som ett pedagogiskt verktyg eftersom man menar att de har potential att göra abstrakt kunskap mer tillgänglig (Aubusson m.fl., 2006; Ogborn, Kress, Martins & MacGillicuddy, 1996). För att stötta inlärning inom naturvetenskap menar Duit (1991) att det är viktigt att man använder olika metaforiska uttryck på grund av att det inte alltid är tydligt hur långt de metaforiska uttrycken med dess förenklingar och generaliseringar når (Haglund, 2013). För att de metaforiska uttrycken ska bidra till meningsskapande är det viktigt att lyfta fram både deras potential och begränsningar (Rundgren, Hirsch & Tibell, 2009).

Metaforiska uttryck kan fungera som verktyg för meningsskapande, men de kan även vara utmanande för eleverna. Bland annat kan elevernas utveckling av naturvetenskapligt språk missgynnas av metaforiska uttryck, de kan även tolkas bokstavligt (Danielsson m.fl., 2018). Men elevernas användning av metaforiska uttryck kan även utgöra början på

en djupare vetenskaplig förståelse och därmed utveckling av ett vetenskapligt språk (Rundgren, 2006b). Därför är det viktigt att de metaforiska uttrycken diskuteras uttryckligen med elever (Danielsson m.fl., 2018; Rundgren m.fl., 2009).

Redan i förskolan ser man att det antropomorfiska språkbruket är vanligt förekommande mellan barnen och pedagogerna oavsett vad samtalen handlar om, alltså att något icke-mänskligt beskrivs med mänskliga egenskaper. Thulin (2011) menar att antropomorfa uttryckssätt kan bidra till barns nyfikenhet och intresse men att mer utrymme bör ges för reflekterande samtal om naturvetenskapliga aspekter som exempelvis rör organismers byggnad och dess roll i ekosystemet. En konsekvens av en hög förekomst av antropomorfiska uttryck är att de naturvetenskapliga begreppen och sammanhanget inte kommer till sin rätt. Det ser man även i grundskolan, exempelvis i läroböcker (Figur 2).

Figur 2: Antropomorfism i anknytning till matspjälkning i en lärobok för mellanstadiet (Bjärbo, Karlander & Rodell, 2008, s. 44-45).

Det finns även en serie på Utbildningsradion (UR) som heter "utflykter till livets kärna" med olika delavsnitt som kallas: cellstaden, fabrikena, världens minsta restaurang, smarta virus och immunförsvaret

Kapitel 4

(Utbildningsradion, 2021). Där cellstaden sammanfattas enligt följande med en mängd metaforiska och antropomorfiska uttryck:

”En människas kropp är uppbyggd av många tusen miljarder celler. Varje cell innehåller ett samhälle i miniatyr och är uppbyggd nästan som en stad. De innehåller en massa beståndsdelar som har liknande funktioner som man kan hitta i en stad, som restauranger, sopstation, elverk, vägar och bibliotek. Staden har också massor av invånare som fraktar proteiner till olika arbetsplatser i cellen. Vi följer med fotografen Lennart Nilsson på en resa till livets kärna.”

Vidare står följande sammanfattning om avsnittet som kallas världens minsta restaurang:

”Att kroppens motor behöver mat och dryck för att fungera som den ska är kanske ingen nyhet. Men vad händer med det vi äter och dricker när det har passerat vår mun? Nere i magen och tarmarna börjar en fantastisk resa när maten bryts ner och görs i ordning för att kroppen ska få ny energi. Följ med på en ny spännande resa i cellen!”

Sammanfattningsvis är metaforiska och antropomorfiska uttryck vanliga i undervisning och kan hjälpa elever att förstå ett naturvetenskapligt innehåll, men det finns också nackdelar som exempelvis att man tolkar dem bokstavligt. Därför är det viktigt att veta mer om hur elever själva använder metaforer. Den här avhandlingen fokuserar på metaforförekomsten med anknytning till näringsupptaget som exempel på en process som dels inte går att se, och dels involverar flera organsystem i kroppen.

Teoretiska perspektiv

Det här är det sista kapitel där jag redogör för vad-frågan av de tre didaktiska grundfrågorna. I detta kapitel redogör jag för de teoretiska perspektiv som jag lutar mig mot. Mer specifikt redogör jag för meningsskapande utifrån multimodal socialsemiotik. Vad-frågan utgörs i detta kapitel av en beskrivning av det lärande som sker och vilka teoretiska verktyg som jag använder för att kunna beskriva elevernas meningsskapande.

Meningsskapande i relation till ämnesinnehåll

Begreppen meningsskapande och lärande är nära besläktade, men de är inte synonymer till varandra. Lärande definieras av Selander (2008, s. 12) som "en ökad förmåga att använda semiotiska resurser på ett meningsfullt sätt i olika situationer". Både meningsskapande och lärande innebär att man omskapar och bearbetar det innehåll som uttrycks genom semiotiska resurser för att på så vis uttrycka förståelse (Kress, 2003; Rostvall & Selander, 2010; Selander, 2009; Selander & Kress, 2017). Vi människor är i ständigt samspel med varandra, således är meningsskapande och lärande kreativa och kommunikativa processer som pågår hela tiden (Kress, 2010; Jewitt, 2014).

I min avhandling väljer jag att betrakta meningsskapande som ett sätt att finna samband som underlättar tolkningen av omvärlden. Meningsskapande är en process där olika idéer och perspektiv möts för bearbetning (Mortimer & Scott, 2003). Meningsskapande behöver inte leda till lärande men däremot ser jag meningsskapande som ett villkor för att lärande ska äga rum. Som nämnts tidigare studeras varken elevernas meningsskapande eller lärande longitudinellt i den här avhandlingen. Avhandlingen ger istället en ögonblicksbild av de *tecken på naturvetenskapligt meningsskapande* som eleverna uppvisar i relation till ämnesinnehållet (jfr "tecken på lärande" av Selander och Kress (2017) där förändring över tid studeras).

Tecken på naturvetenskapligt meningsskapande synliggörs i de sammanhang där eleverna med vardagsuttryck, naturvetenskapliga termer och/eller metaforiska uttryck ger naturvetenskapligt meningsfulla förklaringar och beskriver specifika processer

För att förklara vad jag menar med tecken på naturvetenskapligt meningsskapande kan man föreställa sig följande situation: exempelvis i en dialog mellan två elever uttrycker en av eleverna en mening om ett fenomen varpå den andra eleven föreslår en annan mening. Den första eleven antar den andres mening och transformerar sin förståelse genom att uttrycka en ny mening. Tecken på naturvetenskapligt meningsskapande blir synliga när eleverna transformerar mening genom semiotiska resurser. Med andra ord kommer deras förståelse till uttryck i exempelvis reflektioner innehållande naturvetenskapliga termer, vardagsuttryck och/eller metaforiska uttryck (Selander & Kress, 2017).

Ett multimodalt socialsemiotiskt perspektiv på meningsskapande

Socialsemiotiken tar utgångspunkt i Hallidays (1978) språksociologiska forskning som analyserar hur verbalt språk får sin betydelse i det sociala samspelet och i kommunikationen mellan människor. Under de senaste decennierna har socialsemiotiken vidareutvecklats och inbegriper också ett multimodalt perspektiv där man menar att meningsskapande och kommunikation alltid involverar ett flertal andra semiotiska resurser utöver det verbala språket, exempelvis bilder (statiska och rörliga), gester, färg och ljud. Tillsammans kommunicerar därmed flera modaliteter ett meningsfullt erbjudande (Halliday, 1978; Jewitt, Bezemer, & O'Halloran, 2016; Kress, 2010).

Ett exempel på hur olika semiotiska resurser tillsammans kan bidra illustreras med ett exempel ur en lärobok i Figur 3. Bilderna visar en överskådlig bild av matspjälkningsorganen och en mycket inzoomad bild på tarmluddet i tunntarmen. I lärobokens brödtext ges annan central information som krävs för att förstå illustrationerna, bland annat att vi (människor) i likhet med många andra organismer behöver mat för att leva. Mat ger oss både energi och de byggstenar, det vill säga olika ämnen som behövs för att bygga upp vår kropp. Men innan kroppen kan ta tillvara energin och de ämnen som finns i maten, måste maten spjälkas, det vill säga brytas sönder i så små delar så att de kan sugas upp av blodet. Näringsämnen från maten sugas upp av blodet i den sista delen

av tunntarmen, i tarmens vägg, där väggarna är veckade och böjliga, där det sitter utskott som kallas för tarmbludd.

Figur 3: Multimodalitet i en biologi lärobok för mellanstadiet som beskriver matspjälkningen och näringsupptaget (Delshammar, 2014, s. 130-131).

Bilderna (Figur 3) relaterar inte explicit till brödtexten och det går inte att förstå allt som står i brödtexten enbart genom att titta på bilderna. Läroboksexemplet visar också hur multipla och multimodala semiotiska resurser kombineras till en helhet, i detta fall skriven text och bild, i så kallade *multimodala ensembler*, där helheten blir mer än summan av delarna (Jewitt m.fl, 2016).

Olika semiotiska resurser har olika *affordance* (ungefär “potential för meningsskapande”, men motsvarande term saknas egentligen på svenska) (se t.ex. Gibson, 1977; Kress, 2010; Danielsson, 2016). Affordance innebär till exempel att en karta blir meningsfull och användbar när man förstår dess symboler. Bilder fungerar till exempel särskilt bra för att uttrycka spatiala egenskaper, medan ord har större potential för att resonera om orsak och verkan (Kress, 2010). Begreppet *affordance* lyfter således fram meningspotentialen hos en semiotisk resurs i en specifik situation. Hur en person tolkar en semiotisk resurs är beroende av situationen, tidigare erfarenheter och kunskaper med mera

(Selander & Kress, 2017; Van Leeuwen 2005). I anknytning till tecken på naturvetenskapligt meningsskapande är också begreppet *pedagogical affordance* (Airey & Eriksson, 2019) relevant som jag framöver benämner som *pedagogisk affordance*. Pedagogisk affordance relaterar till att semiotiska resurser har olika möjligheter att påverka meningsskapande.

I relation till begreppet pedagogisk affordance (Airey & Eriksson, 2019) finns även begreppet *disciplinary affordance*. Medan pedagogisk affordance handlar om hur en viss resurs kan fungera som stöd för den som lär sig något nytt handlar disciplinary affordance snarare om disciplinens vedertagna sätt att uttrycka innehållet, exempelvis naturvetenskaplig terminologi (Airey, 2015). Komplexa naturvetenskapliga termer som relaterar till exempel till processer eller teoretiska begrepp så som näringsupptag, semipermeabla membran och naturligt urval har en hög disciplinary affordance men däremot en låg pedagogisk affordance (jfr Figur 5) i ett naturvetenskapligt klassrum (Airey, 2015; Airey & Eriksson, 2019). Vardagsuttryck, förutsatt att de är tillräckligt tydliga i relation till ämnesinnehållet, som exempelvis saxar som klipper och kanaler som släpper in näring, har å andra sidan vanligen en hög pedagogisk affordance men en låg disciplinary affordance. Sedan finns det även mindre komplexa naturvetenskapliga termer som relaterar till exempelvis strukturer eller ämnen så som saltsyra och molekyler (Figur 5).

Figur 5: Termer och uttrycks olika grad av disciplinary och pedagogisk affordance (utvecklad från Airey & Eriksson, 2019).

Exempelvis har elektronmikroskopbilden på tarmluddet en hög disciplinary affordance (högra bilden i Figur 3). Genom att göra medvetna val i undervisningen och att valen görs med hänsyn till exempelvis elevgruppens förkunskaper har lärare möjlighet att ge stöd för elevernas meningsskapande av resurser som har hög disciplinary affordance.

I figur 4 saxar som en visuell metafor för enzymer. För den som lär sig ämnet kan metaforen enzymer är "små molekylsaxar" ha en hög pedagogisk affordance (Airey & Eriksson, 2019), även om det uttrycket inte är naturvetenskapligt korrekt (jfr *disciplinary affordance*, nedan). Vi kan inte se hur enzymer spjälkar molekyler, men genom att använda metaforen som beskriver enzymer som "klipper" molekyler till mindre bitar kan vi föreställa oss den processen.

Kapitel 5

Maten måste sönderdelas

För att maten ska kunna nå fram till cellerna måste näringsämnena först sönderdelas. Annars kan de inte passera tarmväggen och tas upp av blodet.

Maten sönderdelas i ett cirka sju meter långt rör som börjar i munnen och slutar med ändtarmen. Det kallas *matspjälkningskanalen*. Under resan genom kanalen sönderdelas maten både mekaniskt och kemiskt. Den *mekaniska* sönderdelningen börjar när vi tuggar maten och fortsätter när musklerna i magen knådar maginnehållet.

Enzymer är små "molekylsaxar"

Den *kemiska* sönderdelningen sköts av enzymer. Det är ämnen som kan liknas vid små "saxar" som klipper itu stora molekyler till mindre.

Kolhydrater består ofta av långa kedjor av socker-molekyler. Med hjälp av enzymer kan de sönderdelas till bland annat *druvsocker*.

Proteiner är uppbyggda av olika *aminosyror* som sitter ihop i långa kedjor. Ett protein kan bestå av allt från femtio till flera tusen sådana aminosyror. Vid matspjälkningen sönderdelas proteinerna till aminosyror. *Fetter* i sin tur delas till glycerol och fettsyror.

Vitaminer, mineralämnen, salter och vatten är däremot redan så små molekyler att de inte behöver sönderdelas för att tas upp till blodet.

Många organ deltar i sönderdelningen av maten. Det tar mellan ett och två dygn för maten att passera från mun till ändtarm.

254

Figur 4: Metaforiska uttryck i en biologibok för högstadiet som förklarar enzyms funktion i matspjälkningen (Fabricius, Holm & Nystrand, 2013, s. 254).

I klassrumssammanhang måste elever tolka olika semiotiska resurser, till exempel skrift och bilder i en lärobok, lärares tal och gester (Danielsson & Selander, 2014). När eleverna ska gestalta sitt meningsskapande omvandlar de resurserna. Omvandling av mening kan ske inom samma typ av semiotisk resurs som till exempel text till text, vilket kallas *transformation*. Ibland kan förflyttning av mening ske mellan två olika modaliteter till exempel från bild till text. Denna process kallas *transduktion* (Bezemer & Kress, 2008; Kress, 2010).

Som exempel på transduktion och transformation, kan man föreställa sig en situation mellan två elever som under ett grupparbete jobbar med instuderingsfrågor om en text som de har läst. Den ena av eleverna uttrycker verbalt en mening om det fenomen som texten handlade och

skissar samtidigt en teckning. Den andra eleven uttrycker sin mening om fenomenet genom att skriva svaret på instuderingsfrågan. Den första eleven gör alltså en transduktion genom att uttrycka sin förståelse med andra semiotiska resurser än de som användes i texten som hen läste. Den andra eleven gör en transformation, det vill säga uttrycker sin förståelse med samma semiotiska resurs som användes inledningsvis.

Eftersom all social interaktion är multimodal kan transduktion även utgöras av multimodala ensembler som överförs till andra multimodala ensembler. Exempelvis transduktion av verbala uttryck och bilder till verbala uttryck men istället för bilder kombineras de verbala uttrycken med gester eller bilder. Även metaforer kan ingå i transduktioner, exempelvis om de introduceras med ord för att sedan uttryckas med gester. Vi kan inte se hur enzymer spjälkar molekyler, men genom att som i Figur 4 använda metaforen att enzymer "klipper" näringsämnen i mindre bitar kan vi skapa oss en inre bild av en sådan process (Pettersson m.fl., 2020).

Multimodalitet och multipla representationer

Representationer inom naturvetenskapen utgörs exempelvis av fysiska eller visuella modeller, metaforiska uttryck, grafer, simuleringar och animationer. En representation fungerar som en bro mellan ett fenomen och den bild vi har av det (Airey & Linder, 2009). En representation kan aldrig vara heltäckande utan den uppmärksammar endast vissa framträdande drag i ett specifikt sammanhang (Kress och Selander, 2017).

Multipla representationer innebär att flera representationer av samma innehåll används. Ett exempel är olika visuella representationer av hjärtat, exempelvis som en digital bild av människokroppen framifrån, där alla organ syns, och där hjärtat visas i form av en animation av ett bultande hjärta eller en bild av hjärtat i genomskärning med en illustration av blodflödet i hjärtat. Genom att använda olika representationer synliggör man olika saker. Olika representationer har olika affordance. I det första exemplet fokuseras hjärtat men hjärtat visas också som en integrerad del av kroppens övriga organsystem, i det andra fallet fokuseras en process, nämligen blodcirkulationen.

Multimodala representationer innebär att representationerna i sig innehåller flera olika semiotiska resurser som exempelvis en visuell animation som kombineras med talad text eller en lärobok där grafer, visuella modeller och skrift kombineras. I undervisning används multipla representationer eftersom det i alla multimodala representationer är vissa aspekter av ett specifikt fenomen som framhävs, medan andra hamnar i bakgrunden eller inte synliggörs alls för eleverna (Kress, Jewitt, Ogborn & Tsatsarelis 2001; Lemke, 1990 Fredlund, 2015).

Eftersom naturvetenskap i allmänhet handlar om strukturer och processer som är för små, för stora, för långsamma, för snabba, för komplexa eller för abstrakta för att kunna registreras med våra sinnen är multipla och multimodala representationer i form av bilder, animationer med mera nödvändiga för att resonera om naturvetenskapliga fenomen. Multipla och multimodala representationer är vanliga för att sammanlänka fenomen på olika nivåer, vilket är centralt i biologiundervisningen, som inbegriper rörelse mellan olika strukturella och funktionella nivåer och förmågan att växla mellan dessa (Tsui & Treagust, 2013). Några exempel på ett naturvetenskapliga ämnesområden där multipla och multimodala representationer används flitigt är evolution, vars innehåll sträcker sig mellan molekyler, celler, organismer, populationer och biosfären. Andra exempel är cellmetabolism och fotosyntes och många fler. För att underlätta elevers meningsskapande av abstrakta vetenskapliga fenomen kanske meningsskapande i naturvetenskap skulle behöva associeras tydligare med att "lära sig att tänka med representationer" (Klein & Kirkpatrick, 2010, s. 88). Men det är inte alltid lätt för elever att förstå hur de olika representationerna relaterar till varandra. Därför är det centralt att lärare och elever resonerar om hur de olika representationerna hänger ihop och diskuterar deras förtjänster och begränsningar (Halloun, 2007).

Representationers pedagogiska affordance

För att främja meningsskapande föreslår Schönborn och Anderson (2006) att mer realistiska representationer används istället för de vanligt förekommande schematiska. De föreslår även att visuella representationer och övning i "visual literacy" borde introduceras tidigt i skolan då det kan underlätta meningsskapande i naturvetenskapligt bland yngre elever. Cokelez (2012) studie visar att elever (12-13 år) föredrar detaljerade abstrakta representationer framför förenklade.

Studier har visat att förenklingar i vissa fall kan minska representationernas pedagogiska affordance (t.ex. Rundgren & Tibell, 2010; Bohlin m.fl., 2017). Anledningen är att förenklingar ofta innebär att man hoppar över t.ex. kopplingar mellan olika processer, strukturer eller fenomen som äger rum på olika skalor eller organisationsnivåer. Följden av det blir en typ av "blackboxing" där endast resultatet av processen visas och inte de olika stegen däremellan, vilket kan försvåra elevernas meningsskapande.

Animationer- dynamiska representationer

Man kan säga att animationer är dynamiska representationer av specifika fenomen. Syftet med animationer är att tydliggöra, visualisera och väcka intresse för fenomen som är för små, för stora eller för komplexa för att visa på andra sätt (Rundgren & Tibell, 2010). Forskare har föreslagit att ett framgångsrikt sätt för meningsskapande med animationer är att komplettera animationen med ett elevaktivt arbetssätt där eleverna diskuterar ämnesinnehållet i animationen (Hackling m.fl., 2010; Hammar Chiriac, 2003). I den här avhandlingen baseras datainsamling 2 på användning av en animation, vilket här avser rörliga bilder i form av en film, som i detta fall visar näringsupptaget. Fördelen med animationer är att de kan representera dynamiken i de naturvetenskapliga fenomenen (Gilbert, 2008). Animationer kan även illustrera rums- eller tidsaspekter som annars är omöjliga att uppfatta, exempelvis biokemiska processer som sker samtidigt i cytoplasman i cellen (Rundgren & Tibell, 2010).

Kapitel 5

De molekylära processerna i anknytning till näringsupptag är komplexa, vilket ofta leder till olika typer av förenklingar när de ska förklaras och representeras. En vanlig förenkling är att fokusera på hur avfallsprodukter hanteras i mag-tarmkanalen på bekostnad av näringsupptaget (Cakici, 2005). En annan förenkling är den implicita rörelsen mellan olika skalor. Forskning visar att det är utmanande för elever att förstå sambandet mellan vad som händer på den observerbara makronivån (dvs. mat, tarmar och organ) och processerna på mikro- eller submikro nivå (dvs. celler och molekyler) (Broman, Ekborg & Johnels, 2011; Rowlands, 2004; Teixeira, 2000). Därför menar jag att det är relevant att undersöka på vilket sätt animationer kan användas för att underlätta elevernas meningsskapande gällande exempelvis näringsupptagets processer, och för att överbrygga de utmaningar som finns gällande kopplingen mellan olika organisationsnivåer.

Metod

I det här kapitel redogör jag för hur-frågan, i bemärkelsen hur forskning (och, i förlängningen, undervisning) kan designas, och specifikt hur denna avhandlingsstudie har utformats. Kapitlet handlar alltså om hur elevers tecken på naturvetenskapligt meningsskapande har analyserats metodologiskt med hjälp av den föreslagna inledningen av organisationsnivåer samt hur elevernas metaforiska uttryck har analyserats med hjälp av systemisk funktionell grammatik (SFG).

Avhandlingens fyra artiklar baseras på två datainsamlingar. Även om datainsamlingarna är olika så har data behandlats likartat till en början, det vill säga att datamaterialet har analyserats utgående från läsning av provsvar och/eller observerande av videomaterial. Därefter har tillvägagångssättet varit olika för de olika artiklarnas framskrivning som beskrivs under analysavsnittet. De två datainsamlingar som ingår i avhandlingen har båda en framför allt kvalitativ inriktning med vissa inslag av *mixed methods* (Bryman, 2002).

Material, urval och design

Artikel 1 och 2 är baserade på datainsamlingen från det svenska nationella provet i biologi i årskurs 6 från 2014. Artikel 1 är en kartläggning av tecken på naturvetenskapligt meningsskapande hos elever i Sverige om matspjälkning och näringsupptag och artikel 2 visar hur eleverna uttrycker tecken på naturvetenskapligt meningsskapande med hjälp av metaforiska uttryck. Efter att ha analyserat den första datainsamlingen till de första två artiklarna gjorde jag datainsamling 2 där jag valde att göra en klassrumsstudie för att sätta metaforiska uttryck och organisationsnivåer i ett annat sammanhang. I artikel 3 och 4 undersöks alltså en klassrumskontext i årskurs 5, med fokus på tecken på naturvetenskapligt meningsskapande om näringsupptag med en animation som resurs och/eller lärargenomgång (Figur 6).

Figur 6: Datainsamling 1 (nationella provet) och datainsamling 2 (klassrumsstudie i två skolor) som resulterar i artikel 1-4.

Datainsamling 1

Datainsamling 1 baseras på fritextsvar från nationella provet (Figur 7), vilket ger ett tvärsnitt av elever över hela landet och därmed en stor datamängd. Även om materialet inte ger någon information om elevernas bakgrundskunskaper ger materialet oss en ögonblicksbild av en stor mängd slumpvis utvalda elever.

Nationella provet i biologi i årskurs 6

Nationella prov i naturorienterande (och samhällsorienterande) ämnen genomfördes som en utprövningsomgång för första gången i årskurs 6 vårterminen 2013. Samtliga Sveriges skolor tilldelas ett av de tre naturorienterande ämnesproven (biologi, fysik och kemi) och ett av de fyra samhällsorienterande ämnesproven (geografi, historia, religion och samhällskunskap). För att undersöka användbarheten av frågorna på biologiprovet (som är den enda som jag fortsättningsvis fokuserar på) bad Göteborgs universitet som utvecklade provet Sveriges lärare att skicka in provsvar från elever som var födda den 31:e (varje månad med 31 dagar). På detta sätt samlade man in 480 fritext-provsvvar som var helt anonyma samt slumpmässigt utvalda. Det är dessa provsvar som jag har baserat artikel 1 och 2 på. Dessa provsvar representerade således elever från olika platser, socioekonomiska förhållanden, etniciteter och kön i Sverige.

Uppgiften på det nationella provet i biologi som elevernas svar analyseras på i artikel 1 och 2 anges i Figur 7.

Figure 7: Exempel på ett elevsvar och uppgiftens formulering.

Datainsamling 2

Inför datainsamling 2 kontaktades NTA-samordnare i olika kommuner runt om i Sverige för att få reda på vilka skolor som planerar att jobba med NTA-digital tema kroppen inom planerad datainsamlings tidpunkt. Därefter kontaktades dessa skolor via mail. Av de som kontaktades svarade två skolor att de ville delta i studien. Läraren såg till att dela in eleverna i grupper så att endast de som hade godkänd blankett skulle hamna i samma grupp (2-3 stycken). Övriga elever jobbade med samma uppgift men hade ingen kamera som filmade deras grupparbete.

Datainsamling 2 skedde alltså på två skolor i två olika mellanstora kommuner i Sverige. På vardera skola besöktes två respektive tre klasser i årskurs 5. Eleverna på respektive skola hade samma lärare. Frågeställningen som klasserna jobbade med under två lektioner var att utifrån en animation som tar upp näringsupptag skapa mening kring hur näringsämnena från maten kommer ut till kroppens alla celler. Läraren fick instruktionen att visa animationen i helklass och sedan dela in eleverna i arbetsgrupper.

Animation om näringsupptag

Animationen som användes i datainsamling 2 är gjord som en del av ett svenskt skolutvecklingsprogrammet NTA (Naturvetenskap och Teknik för Alla). Animationen är producerad av en utvecklingsgrupp med bland annat forskare inom visuellt lärande med målsättningen att förklara näringsupptag även på molekylnivå. Med hjälp av en berättarröst förklaras de olika stegen som illustreras, både med naturvetenskapliga termer och med vardagsuttryck som många gånger innehåller metaforiska uttryck.

NTA-digitalt tema människokroppen är en digital interaktiva tredimensionella modell av människokroppen och en lärplattform som integrerat faktamaterial och flera animationer och där det finns en övergripande berättelse (Figur 8). I artikel 3 och 4 analyseras elevers tecken på naturvetenskapligt meningsskapande endast med fokus på animationen av näringsupptag. Animationen är inte interaktiv, den är mer som en film med en berättarröst som förklarar de processer som visas om näringsupptaget.

Kapitel 6

Figur 8: Skärmdokument från NTA-digital tema kroppen (NTA- digital, NTA Skolutveckling, 2021).

Animationen är 8 minuter lång och visar matspjälkningen hela vägen från munnen till absorption av näringsmolekyler i blodomloppet där fokus är på näringsupptag i tunntarmen. Målsättningen med animationen var att göra den visuellt realistisk. Däremot används metaforiska uttryck medvetet i berättelsen i animationen för att förklara de vetenskapliga begreppen och processerna i syfte att underlätta elevernas meningsskapande av näringsintagets komplexa processer.

Ett av animationens främsta målsättningar är att visa att kroppens system är integrerade med varandra och att främja meningsskapande om fenomen med flera organisationsnivåer (Figur 9). När man lär sig om människokroppen måste kopplingar göras mellan strukturer och processer med skalor från molekylär submikronivå upp till makronivå och allt däremellan (Jahic Pettersson, Tibell & Löfgren, 2021; Meijer, Bulte, & Pilot, 2013).

Kapitel 6

Figur 9: Skärmbild från animationen (NTA- digital, NTA Skolutveckling, 2021).

Helklass

Efter visningen i helklass sa lärarna på båda skolorna att det var rätt många nya ord som de inte trodde att eleverna hade hört förut. Lärarna bad eleverna att bedöma animationens svårighet genom att visa tummen upp, ner eller i mitten. Majoriteten av eleverna i samtliga klasser angav mittemellan. Läraren på den ena skolan hade en genomgång av sex begrepp (närlingsämne, villi, mikrovilli, aminosyror, enzymer, cellmembran) som skrevs på tavlan varpå eleverna berättade vad de kom ihåg med anknytning till dessa begrepp, läraren fyllde på och utvecklade elevernas svar. I den andra klassen fick eleverna börja jobba i sina arbetsgrupper omgående efter visningen av animationen i helklass (Figur 10).

Figur 10: Design för skola 1 och 2 i datainsamling 2.

Grupparbete

Eleverna jobbade som tidigare nämnts i grupper och hade som uppgift att försöka svara på uppgiften som anges i Figur 11 med hjälp av animationen och varandra. De flesta elevers skriftlig inlämning innehöll även en teckning.

All mat vi äter innehåller olika näringsämnen, men hur kommer näringsämnena från maten ut till kroppens alla celler? Det skulle jag vilja att ni förklarar genom att rita och skriva

Till er hjälp har ni:

- 1) videon (klicka på förstoringsglasat vid tunntarmen i Människosimulatorn som heter "spjälkning"). *Titta på videon och använd den (prata med varandra, pausa, spola fram och tillbaka)*

Figur 11: Uppgiftsformuleringar som eleverna i datainsamling 2 fick.

Sammanfattningsvis består datainsamling 2 av den transkriberade berättarrösten till animationen, samt transkriptioner av dels den lärarledda genomgången och gruppdiskussionerna, dels elevernas skriftliga inlämningar (Tabell 2).

Tabell 2: Datamaterial insamlat vid datainsamling 2.

Skola	Deltagare	Data
1	23 elever, lärare	Transkription av animationen, lärargenomgång, elevernas diskussioner, skriftliga inlämningar.
2	16 elever	Transkription av animationen, elevernas diskussioner, skriftliga inlämningar.

Videoobservationer

För hela upplägget på datainsamling 2 användes videoobservationer, som också kompletterades med elevernas inlämnade texter efter slutfört grupparbete. Videoobservation bidrar med möjligheter att bilda sig en helhet av en situation och att kunna röra sig fram och tillbaka i materialet (Lemke, 2006). Videoobservationer bidrar också med möjligheter att fånga interaktionen i klassrummet (Miller & Zhou, 2006). Att använda videoobservationer erbjuder alltså stora möjligheter till ett rikt material, men däremot är det begränsande när det kommer till transkription och senare redovisningen av datamaterialet i text (Rose, 2001).

Elevernas gruppdiskussioner filmades med en kamera som placerades bakom eleverna, anledningen till kamerans placering var att det skulle vara så diskret som möjligt men även för att den skulle fånga ljud och bild under gruppdiskussionerna där eleverna hade animationen på en surfplatta framför sig som de pekade på under sina diskussioner. För att minimera risken för att eleverna skulle påverkas av datainsamlingen höll jag mig som observatör passiv. Under lektionerna närvarade hela tiden elevernas lärare, därför vände sig eleverna till henne när frågor förekom.

Tillförlitlighet och generaliserbarhet

Begreppen validitet och reliabilitet har sitt ursprung i kvantitativ forskning men används i vissa fall för att diskutera både kvalitativa och kvantitativa forskningsstudiers kvalitet. Validitet handlar om i vilken utsträckning det som avses att undersökas faktiskt undersöks och reliabiliteten handlar om hur trovärdig studien är samt om studiens tillförlitlighet om den skulle upprepas (Bryman, 2016). Begreppen reliabilitet och validitet diskuteras ofta utifrån mer vardagliga ord som *tillförlitlighet och giltighet* (Kvale, 1997).

I kvalitativ forskning, som omfattar alla artiklarna i denna avhandlings, används ofta begreppen *tillförlitlighet och giltighet* istället för validitet och reliabilitet, där tillförlitlighet motsvarar bland annat transparens (Robson, 2011). För att säkerställa tillförlitligheten i artiklarna ges fylliga och deskriptiva beskrivningar av datainsamling processen, kontexten, deltagarna och analyserna (Krippendorff, 2013). I kvalitativ forskning

pekas ofta observatörbias ut som en möjlig brist vad det gäller giltigheten. För att motverka detta utfördes analys av datamaterialet i samtliga artiklar av två eller flera forskare genom en iterativ process. Slutligen är samtliga artiklar skrivna tillsammans med andra medförfattare vilket också stärker giltigheten vilket innebär att all data och analys har granskats av flera forskare.

Metoddiskussion

Gällande datainsamling 1 hade nationella provet redan utförts och svaren hade redan samlats in, därför hade jag ingen möjlighet att påverka formuleringen av uppgiften. Ändå ansåg jag att datamaterialet var intressant att analysera eftersom den ger möjligheten att studera hur eleverna uttrycker sambandet mellan näringsupptag (matspjälkningen) och näringsdistribution (cirkulationssystemet). Observera dock att eleverna enligt uppgiftens formulering inte explicit ombads att förklara hur maten blev till näringsmolekyler. Uppgiften fokuserade snarare hur överföringen av näring sker mellan systemen.

Alla artiklar baseras på datamaterial på svenska, men artiklarna är skrivna på engelska. Den översättningsproblematik som uppkom under arbetets gång valde jag att hantera genom att beskriva hur ordet definieras på svenska såväl som på engelska. Överlag är det svårt att direkt översätta svenska till engelska ord för ord och ändå behålla innebörden. Jag hanterade detta problem genom att först göra min egen översättning, som sedan granskades, diskuterades och reviderades vid behov av mina medförfattare för att sedan skickas till en professionell språkgranskare för korrigering.

Bryman (2002) poängterar vikten av noggrannhet vid transkribering av videoobservationer. Jag valde att transkribera materialet med hjälp av programvaran MAXQDA för att kunna ha nära koppling mellan videoinspelningarna och transkripten för att upprepade gånger kontrollera att transkripten är heltäckande. Datainsamling 2 består således av videoobservationer som har analyserats med fokus på verbal kommunikation och till viss del även gester. Kvale (1997) varnar för de svårigheter som kan uppstå då tal omvandlas till text, vilket är fallet i datainsamling 2 när video observationerna har transkriberats till text i

sin helhet. Men Kvale menar att det inte finns någon direkt lösning på denna svårighet. Fördelen är att jag har deltagit i hela processen vilket bidrar till jag har en uppfattning för kontexten och sammanhanget då det är jag som har genomfört videoinspelningarna och transkriberat materialet och analyserat det, vilket har fungerat som stöd i transkriptionen från tal till text.

Genom min närvaro i datainsamling 2 har jag alltså agerat som deltagande observatör (Denscombe, 2000). Dock var mitt deltagande begränsat då jag hade som ambition att hålla mig undan. Men säkerligen har ändå både mitt deltagande men kanske framförallt kamerornas närvaro påverkat eleverna. Därför är jag som observatör en del av det jag vill undersöka. Därför får också min person, min bakgrund och min förförståelse betydelse för datainsamlingen och dataanalysen.

Etiska aspekter

Didaktisk forskning kan aldrig tala om hur undervisningen ska bedrivas, den kan endast visa vad som varit möjligt i en specifik situation, den beskriver möjliga samband mellan handlingar och konsekvenser och utifrån dessa kan forskning komma med förslag till möjliga tillvägagångssätt i skolpraktiken (Biesta & Burbules, 2003).

Videoinspelningar som gjordes under datainsamling 2 (artikel 3 och 4) är utförda i enlighet med de fyra huvudkrav som forskaren ska förhålla sig till; *informationskravet*, *samtyckeskravet*, *konfidentialitetskravet* samt *nyttjandekravet* (Vetenskapsrådet, 2017). I datainsamling 2 behandlas *informationskravet* genom att lärare, elever och deras föräldrar skriftligen informerades om studiens förutsättningar och att de kunde dra tillbaka sitt deltagande när som helst.

Samtyckeskravet behandlades genom att informations- och samtyckesblanketten mailades till lärarna i de två skolorna som deltog i datainsamling 2 som i sin tur såg till att eleverna och deras vårdnadshavare fick dessa i god tid inför datainsamlingen (Bilaga 1). I samband med datainsamling 2 informerade jag att deltagandet var frivilligt och att eleverna när som helst kunde avbryta sitt deltagande

Kapitel 6

samt att endast de elever som har en godkänd samtyckesblankett från vårdnadshavare fick delta i forskningsstudien.

Konfidentialitetskravet behandlades genom att ansiktet suddas ut på de lärare och/eller elever som finns med på bild så att personerna inte ska gå att identifiera. Det inspelade videomaterialet i delstudie 2 har omgående efter datainsamlingen överförts till extern krypterad hårddisk. Samtliga deltagare, skolor och kommuner anonyma, därmed finns det ingen koppling mellan datamaterialet och deltagarna. Vad det gäller datainsamling 1 är även dessa elever anonyma eftersom de insamlade elevsvaren inte hade några namn, de var kodade utan att vi hade tillgång till kodnyckeln.

Vidare följdes även universitetets föreskrivna forskningsetiska process som överensstämmer med Europeiska unionens allmänna dataskyddsförordning (GDPR) för datainsamling 2. Vad det gäller datainsamling 1 så gällde inte GDPR-lagstiftningen då.

Nyttjandekravet behandlades genom att deltagarna i datainsamling 2 informerades även om att datamaterialet endast skulle användas för anonymiserade vetenskapliga studier inom ramen för min forskarutbildning.

Analys

Innehållsanalys, ett verktyg för att studera tecken på naturvetenskapligt meningsskapande

Här redogör jag övergripande för hur innehållsanalys och mer specifikt hur organisationsnivåer och systemisk funktionell grammatik (SFG) används som verktyg för att analysera tecken på naturvetenskapligt meningsskapande om näringsupptag (Figur 12).

Figur 12: Verktyg som används i avhandlingen för att analysera tecken på naturvetenskapligt meningsskapande om näringsupptag.

Innehållsanalys är en systematisk metod som är användbart för att identifiera förekomsten av begrepp samt hitta mönster och kategorisera begreppsanvändning i bland annat skriven text, bilder och verbala kommunikation (Krippendorff, 2013). Innehållsanalys användes för artikel 1 och 4. Till en början användes en induktiv och tematisk kodning för att fånga alla elevers olika svar så brett som möjligt. Därefter gjordes en deduktiv kodning utifrån de teman som föll ut från den induktiva kodningen. För att säkerställa tillförlitlighet i analyserna har de utförts systematiskt och i flera omgångar med hjälp av kodningsschema som diskuterades tills alla medförfattare enades (Saldaña, 2016).

Fördelen med innehållsanalys är att den är transparent och replikerbar. En begränsning är dock att data reduceras till koder som är dekontextualiserade. För att säkerställa trovärdigheten i analyserna spårades alla koder tillbaka till originaldata med hjälp av Microsoft Excel

och MAXQDA för att på så vis behålla sammanhanget i analyserna. Vidare användes en konsensusmetod, där vi diskuterades analyserna tills alla medförfattare hade enats.

Organisationsnivåer som ett analytiskt verktyg att studera tecken på naturvetenskapligt meningsskapande

Med våra sinnen kan vi inte uppfatta de biologiska och kemiska processer som sker i kroppen (Tripto m.fl., 2016). För att underlätta elevernas meningsskapande behöver dessa komplexa osynliga processer visualiseras på flera olika organisationsnivåer (Tripto m.fl., 2016; Niebert & Gropengiesser, 2015; Meijer, 2011).

Tidigare studier gjorda ur ett kognitivt perspektiv hävdar att organisationsnivåer även kan användas som ett verktyg för att utvärdera elevernas lärande (Niebert & Gropengießer, 2015; Vollmer, 1984). Jag menar att skillnaden mellan organisationsnivåerna måste specificeras mer för att man ska kunna använda det som ett verktyg för att analysera elevernas meningsskapande .

Jämfört med bland andra Meijer (2011) ger jag genom Figur 13 ett förslag på en mer detaljerad skala av organisationsnivåer. För det första är målsättningen med den föreslagna skalan för organisationsnivåer att mer detaljerat kunna se tecken på meningsskapande i relation till olika organisationsnivåer. För det andra är målsättningen att undersöka om man kan se indikationer på meningsskapande för de organisationsnivåer som ligger i de minsta delarna av skalan (mikro- och submikronivån).

Figur 13: Skalan (i meter) för organisationsnivåer i biologiska system som används i artikel 1 och 4.

Kapitel 7

De organisationsnivåer som har använts tidigare har inte varit skalberoende, istället har kriterier använts för att urskilja förgrund från bakgrund (Allen & Hoekstra, 1990). De organisationsnivåerna som jag presenterar i Figur 13 är istället skalenliga och kombinerar biologins och kemins organisationsnivåer. Jag menar att de fyra skalenligt definierade organisationsnivåerna kan fungera som ett analysverktyg för elevers tecken på naturvetenskapligt meningsskapande genom att termer som relaterar till näringsupptag kategoriseras i relation till organisationsnivåerna.

Organisationsnivåer och systemisk funktionell grammatik (SFG) har alltså använts som metodologiska verktyg för att analysera elevers meningsskapande om näringsupptag i avhandlingen (Tabell 3).

Tabell 3: Sammanfattning av datainsamlingar, analysverktyg och artiklarnas fokus.

Analysfokus Innehålls- analys	Datainsamling 1, artikelns fokus	Datainsamling 2, artikelns fokus
Organisations- nivåer	<u>Artikel 1</u> Organisationsnivåer som tecken på NV-meningsskapande Koppling mellan näringsupptag och blodcirkulation	<u>Artikel 4</u> Animationens & lärargenomgångens pedagogiska affordance
SFG (transitivitets- analys)	<u>Artikel 2</u> Metaforiska uttryck som tecken på NV-meningsskapande Metaforiska system	<u>Artikel 3</u> Metaforiska uttryckens pedagogiska affordance

Artikel 1 och 2 är baserade på datainsamling 1, det vill säga elevsvar på en uppgift på nationella provet i biologi som handlar om hur näringen från maten transporteras från tunntarmen till hjärnan. De 122 svaren som analyserades innehöll både vetenskapligt korrekta och icke-korrekta svar.

Gällande artikel 3 och 4 var målsättningen med den undervisning som analyserades att främja elevernas meningsskapande kring innehållet i

animationen. För att underlätta meningsskapandet fick eleverna diskutera ämnesinnehållet i animationen (Rundgren & Tibell, 2010; Hackling, Smith & Murcia, 2010; Hammar Chiriac, 2003).

Analys till artikel 1

I Tabell 4 visas en kodnyckel för hur organisationsnivåer kan används för att undersöka elevers tecken på meningsskapande om näringsupptag respektive näringsdistribution där naturvetenskapliga och vardagsuttryck inte särskiljs.

Tabell 4: Kodnyckel för användning av organisationsnivåer för att undersöka tecken på meningsskapande om näringsupptag respektive näringsdistribution.

	Makro	Mikro	Meso	Submikro
Skala (meter)	$10^0 - 10^{-4}$	$10^{-4} - 10^{-6}$	$10^{-6} - 10^{-8}$	$10^{-8} - 10^{-10}$
Näringsupptag (matspjälkning- systemet)	Organ Mat Näring	Cell Cellvägg Villi 'Små fingrar' 'Skrynkliga och luddiga väggar'	Mikrovilli 'Trådar' 'Små tunna hårstrån' 'Tarmludd'	Näringsämnen Glukos Kolhydrater Proteiner Fettmolekyler Enzymer
Närings- distribution (cirkulations- system)	Vener 'Kanaler' 'Slangar' 'Rör' Blod Blodkärl Näring	Kapillärer Blodceller Cell	'Små öppningar' 'Små hål'	Näringsämnen Kolhydrater Proteiner Fettmolekyler

Anledningen till att jag valde jag att separera elevernas svar utifrån näringsupptag och distribution är att tidigare forskning tyder på att elever uppvisar bristande kunskap om den kemiska delen av matspjälkningen, men att de visar kunskaper om att cirkulationssystemet är involverat och att blod "ger oss vitaminer" (Granklint Enochson & Redfors, 2012; Mason, 1993; Rowlands, 2004). Enligt tidigare forskning kan elevers utmaningar när det gäller att göra

kopplingar mellan matspjälkningen- och cirkulationssystemet bero på bristande förståelse för att den mat vi äter bryts ner till näringsämnen (Reiss & Tunnicliffe, 2001). Jag valde att använda organisationsnivåerna som ett raster för att analysera elevernas svar på nationella provet med målsättning att undersöka deras tecken på meningsskapande gällande matens nedbrytning till molekylära näringsämnen (submikronivå) samt kopplingarna mellan näringsupptag och distribution (mesonivå).

Mesonivån är extra viktig i min definition av organisationsnivåerna eftersom det är på denna nivå som många av de processer som sammankopplar matspjälknings- och cirkulationssystemet sker. Mesonivån är även central för andra system i människokroppen, till exempel andning och cirkulation. Med hjälp av mesonivån särskiljer man med min föreslagna indelning av organisationsnivåerna mellan mikro och submikronivån, vilket är avgörande för meningsskapande där kopplingar görs mellan olika organsystem.

Analys till artikel 4

Med utgångspunkt i Jahic Pettersson m.fl. (2021) fokuseras artikel 4 på de mest abstrakta delarna av organisationsnivåerna, nämligen meso- och submikro nivån. Tabell 5 visar kodnyckeln för hur naturvetenskapliga termer och motsvarande vardagsuttryck har använts för att analysera tecken på naturvetenskapligt meningsskapande på dessa nivåer. Eftersom det inte alltid existerar något motsvarande begrepp på andra organisationsnivåer är vissa celler i tabellen tomma.

Kapitel 7

Tabell 5: Kodnyckel för analys av tecken på naturvetenskapligt meningsskapande med hjälp av naturvetenskapliga termer och motsvarande vardagsuttryck på meso- och submikronivå.

Typ av term	Meso $10^{-6} - 10^{-8}$ m	Submikro $10^{-8} - 10^{-10}$ m
Naturvetenskapliga termer	Mikrovilli	Näringsämnen
<i>Motsvarande vardagsuttryck</i>	<i>Ludd på ludd Utskott på utskott</i>	<i>Byggstenar</i>
Naturvetenskapliga termer	Membranproteiner	Fosfolipider
<i>Motsvarande vardagsuttryck</i>	<i>Port/ Kanal/ Ingång/ Dörr/Transportsak/ Klumpar</i>	<i>Tops</i>
Naturvetenskapliga termer		Enzymer
<i>Motsvarande vardagsuttryck</i>		<i>Klipper Små saxar</i>

Att elever uttrycker kunnande på mesonivån indikerar även tecken på naturvetenskapligt meningsskapande i relation till submikronivån. Mesonivån är även en viktig nivå för att representera kopplingarna mellan olika organsystem. Därför menar jag att den intermediära mesonivån ska ligga just mellan mikro- och submikro och inte någon annanstans.

Tecken på naturvetenskapligt meningsskapande från datainsamling 2 identifierades genom en analys av de naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck (som i sin tur innehåller en hel del metaforiska uttryck) som eleverna muntligt och skriftligt uttryckte genom olika semiotiska resurser. Elevernas kombination av teckningar och skrift har analyserats med målsättningen att undersöka hur naturvetenskapligt innehåll transformeras och / eller transduceras.

Oavsett om eleverna uttrycker sig med naturvetenskapliga termer, vardagsuttryck och/eller metaforiska uttryck så ses dessa uttryck som *tecken på naturvetenskapligt meningsskapande* när de används på ett meningsfullt sätt som motsvarar biokemiska strukturer och / eller processer. Den förutsättning som man har för att visa tecken på naturvetenskapligt meningsskapande relateras till de tillgängliga resursernas pedagogiska affordance som de semiotiska resurser som finns tillgängliga har. Tecken på naturvetenskapligt meningsskapande ses således som en indikation på hur hög pedagogisk affordance som undervisningen och de semiotiska resurserna har haft (dvs. animationen, lärargenomgången etc.). Därför har naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck analyserats både i animationen, lärargenomgången och elevernas gruppdiskussioner och skriftliga inlämningar.

Systemisk funktionell grammatik som ett analytiskt verktyg att studera tecken på naturvetenskapligt meningsskapande

Det analytiska ramverket som används i den här avhandlingen för att analysera metaforiska uttryck bygger på systemisk funktionell grammatik (SFG) (Halliday & Matthiessen, 2014), som är det centrala ramverket för att analysera språk med utgångspunkt i socialsemiotisk teori (Halliday, 1978). Eftersom SFG används som ett verktyg för att undersöka hur språk skapar mening och det är även användbart i studier inom naturvetenskaplig didaktik. Även Lemkes arbete (1990) som fokuserar på det talade språket i naturvetenskaplig undervisning grundas på SFG.

SFG utgår från ett socialsemiotiskt perspektiv och har en semantisk grund, det vill säga att den språkliga betydelsen är utgångspunkt (Halliday & Hasan 1989, Halliday & Matthiessen 2014, Holmberg & Karlsson 2006). I SFG ses inte grammatik som ett antal regler som ska följas. Istället betraktas språk och grammatik som ett socialt semiotiskt system. I detta perspektiv betonas alltså språkets sociala funktion och meningsskapande roll. Utifrån det perspektivet är språkbeskrivningars viktigaste uppgift är att fungera som ett redskap för att människor ska kunna reflektera över vad man hör, säger, läser och skriver utifrån varför

det är så (Holmberg & Karlsson, 2006). En viktig utgångspunkt i det funktionella perspektivet på språk är också att språkets funktion (syftet med att uttrycka något språkligt) och form (hur innehållet uttrycks) inte kan särskiljas.

Språket är centralt för meningsskapande och går alltså inte att skilja från innehållet. Därför valde jag att använda en språklig analys i artikel 2 och 3, men även för att artiklarna handlar om metaforiska uttryck som i grunden ofta är uttryckta verbalt (i talat eller skrivet språk). SFG-analyserna används för att identifiera och närmare beskriva de metaforiska uttrycken i materialet, något som annars eventuellt skulle ha missats (jfr Rogoff, 1995).

En central tanke inom SFG är att all språkanvändning kan kopplas till en specifik situationskontext som påverkas av de tre metafunktionerna; den ideationella metafunktionen (vad interaktionen handlar om), den interpersonella metafunktionen (relationen mellan deltagarna) och den textuella metafunktionen (hur texten/budskapet organiseras). Genom att analysera språk i relation till de tre metafunktionerna ser man på texten från olika perspektiv och på hur de språkliga resurserna används (Thompson, 2014). Mina analyser utfördes dock enbart med avseende på den *ideationella metafunktionen* eftersom denna metafunktion huvudsakligen avser språkliga val med fokus på innehållet (Halliday & Matthiessen, 2014), i det här fallet det naturvetenskapliga ämnesinnehållet.

Analys av metaforer i relation till den ideationella metafunktionen och mer specifikt *transitivitetsanalysen* görs utifrån den funktion i en sats som metaforerna förekommer i: process, deltagare, eller omständighet. Processen ses som satsens kärna och är knuten till verbet i satsen, det vill säga att någonting sker, sägs, är eller uppfattas som något. I transitivitetsanalysen undersöker man också vilka deltagare som är involverade i processen, vem eller vad som gör, är, säger eller uppfattar något, exempelvis "näringsämnen tar *blodhissen* upp till hjärnan", där blodhissen är en av deltagarna i meningen (den andra är näringsämnen). Varje process innebär också olika roller för deltagarna, exempelvis aktör, mål, bärare, attribut eller upplevare. Dessutom kan omständigheter vara

kopplade till processen. Omständigheterna rör exempelvis var, hur, när osv. deltagaren gjorde, sa, tänkte, och så vidare, exempelvis "syre och näring färdas *i en tunnelbana* till hjärnan", där "i en tunnelbana" är omständigheten.

I analysen av processer utgår jag ifrån Holmberg och Karlssons indelning av processer (markeras med kursiv stil) i *relationella, materiella, verbala och mentala processer* (2006). Relationella processer beskriver hur någonting är eller hur det förhåller sig till någonting annat, t.ex. "proteiner *är* en typ av näringsämne". Materiella processer kräver energi av första deltagaren i processen, t.ex. "näringen *åker* genom blodväggen". Verbala processer innebär att någonting sägs, t.ex. "hjärnan *säger* åt armen vad den ska göra " medan mentala processer innefattar någon form av mental aktivitet, som t.ex. "magen *känner* att det är bra för kroppen". I analyserna av metaforiska uttryck har även hjälpverbet "vill" tolkats som en form av mental process, eftersom vilja är en mental process, till exempel "kroppen *vill* ha näring för att fungera".

Kapitel 7

Resultat

I det här kapitlet redogörs för en artikel i taget där syfte och resultat summeras.

Artikel 1:

Kopplingen mellan näringsupptag och distribution i elevernas svar

Artikelns övergripande forskningsfråga var att undersöka hur eleverna beskriver sambandet mellan näringsupptag (matspjälkningssystemet) och distribution (cirkulationssystem) och det gjordes med organisationsnivåer som analysverktyg.

Resultaten visar att det var relativt välkänt bland eleverna att näringsupptaget huvudsakligen sker i tunntarmen. Dessutom visade mer än hälften av de 122 eleverna att de åtminstone hade viss kunskap om blodets roll för näringsdistributionen. Vidare visar resultaten i artikel 1 i kontrast till tidigare studier att cirka en tredjedel av eleverna inkluderade både matspjälknings- och cirkulationssystemet. Av dessa inkluderade 12% explicita kopplingar mellan systemen (Carvalho m.fl., 2004; Clément, 2003; Cuthbert, 2000; Reiss & Tunnicliffe, 2001).

Kopplingar till organisationsnivåer i elevernas svar

I artikel 1 analyserades också i vilken utsträckning som eleverna gjorde kopplingar mellan matspjälkningen och cirkulationen i relation till organisationsnivåerna.

Resultatet i artikel 1 antyder att eleverna har större kunskap om näringsdistributionen jämfört med näringsupptaget. För näringsupptaget gavs ämnesrelevanta beskrivningar på makronivå i 48% av de 122 svaren, medan motsvarande andel för näringsdistributionen var 40%. Vidare kunde cirka hälften av elevernas svar hänföras till submikronivå med anknytning till näringsdistribution, mestadels omfattade deras svar av näringsmolekyler såsom proteiner, kolhydrater och fett (Figur 14).

Figur 14: Procentuell fördelning av de 122 svaren utifrån näringsupptag och näringsdistribution, i relation till organisationsnivåerna.

Mesonivån nämns knappt alls i förhållande till näringsdistribution men i samband med näringsupptaget inkluderades däremot mesonivån i 12% av svaren (Figur 14).

Sambandet mellan korrekta vetenskapliga förklaringar och antalet organisationsnivåer som används i svaren

I artikel 1 studerades också om det finns ett samband mellan hur naturvetenskapligt korrekt en elevförklaring är och förekomst av organisationsnivåer i förklaringen (makro-mikro-meso-submikro). Den fyrgradiga skalan utformades för att bedöma hur naturvetenskapligt korrekta elevernas svar var. De svar som är "felaktiga" och innehåller "spår av naturvetenskap" dominerades av beskrivningar på makronivå, medan svar som bedömdes som "delvis naturvetenskapliga" förklaringarna i större utsträckning innehöll beskrivningar på både mikro- och submikro. Exempel på ett elevsvar som är klassat som delvis naturvetenskapligt korrekt (organisationsnivåerna markeras med fet stil, se metodanalys) är:

Kapitel 8

Tunntarmens väggar är skrynkliga och luddiga. I väggarna finns små hål. Lite av näringen åker in i hålen och transporteras upp till hjärnan med hjälp av blodet. (makro-mikro- meso-submikro)

De elevsvar som bedömdes som "naturvetenskapligt korrekta" innehöll också flest antal organisationsnivåer, och i genomsnitt sambandet mellan 2-3 kopplingar mellan olika organisationsnivåer (t.ex. makro-meso-submikro). Exempel på elevsvar som är klassat som naturvetenskapligt korrekt (organisationsnivåerna markeras med fet stil, se metodanalys) är:

*Först när man har ätit **maten** och den har åkt ner i **tunntarmen** så åker **näringsämnen** in i **små gångar** upp till **hjärnan**. Under den tiden så tar kroppen upp andra saker som inte skall till **hjärnan** (makro – meso – submikro).*

Cirka 17% av eleverna uttrycker att mat bryts ned till molekyler, det vill säga att de kan koppla mellan tre nivåer: makro, mikro och submikro, eller mellan makro, meso- och submikro.

Mest anmärkningsvärt är att mesonivån verkar vara ett viktigt kännetecken för de "naturvetenskapligt korrekta" svaren eftersom ungefär hälften av eleverna (53%) som hade de mest korrekta beskrivningarna av näringsupptag och distribution också inkluderade mesonivån.

Sammanfattningsvis kan organisationsnivåerna som analysverktyg visa indikationer på att ökande vetenskaplig korrekthet och koppling mellan matspjälkningen- och cirkulationssystemet är associerade med antalet kopplingar mellan organisationsnivåer och förekomsten av mesonivå i beskrivningarna.

Artikel 2:

I artikel 2 var fokus på metaforiska uttryck. Transitivitetsanalysen gjordes på alla elevsvar för att upptäcka möjliga metaforer, inklusive antropomorfismer. Det gjordes genom att varje sats analyserades med avseende på processer, deltagare och omständigheter där vissa typer av processer och deltagarroller implicerar metaforiska resonemang. Exempel på sådana uttryck är när kroppsliga organ ingår i processer som förutsätter en aktiv deltagare, som "Blodet transporterar all näring till

hjärnan”. Som ett nästa steg analyserades metaforerna med avseende på i vilken funktion i satsen, det vill säga som process, deltagare, omständighet, som de metaforiska uttrycken förekom.

Resultaten av den inledande analysen visar att elever ofta använde metaforiska uttryck i sina svar; totalt hittades cirka 160 metaforiska uttryck i de 122 elevsvar som analyserades, och de allra flesta provsvar innehöll åtminstone en metafor. Resultatet visar även att metaforer uttrycks genom samtliga funktioner i en sats, alltså som process, deltagare eller omständigheter, eller en kombination av dessa. En del metaforer uttrycktes också som attribut till deltagare exempelvis “en glad hjärna” eller “Hjärnan har tunna trådar som fungerar som Internet”. Dock förekommer de metaforiska uttrycken mestadels som materiella processer eller som första deltagare, eller som en kombination av dem två.

De metaforer som hade identifierats analyserades ytterligare för att undersöka vilka aspekter av ämnesinnehållet som uttrycktes metaforiskt och för att upptäcka eventuella mönster med avseende på potentiella övergripande metaforsystem. Genom att tydliggöra de olika grupperna av metaforer som var karakteristiska i elevernas svar bidrog transitivitetanalysen till en mer detaljerad bild av elevernas användning av metaforer med anknytning till näringsupptaget.

Resultaten visade att metaforerna i elevernas svar kan kategoriseras i metaforsystem som byggs upp av en huvudgrupp med tillhörande undergrupperingar (Figur 15). Resultaten i artikeln visar att huvudgruppen var logistik med undergrupperna: *transport*, *sortering*, *lagring* och *avfallshantering*, där den vanligaste gruppen var ”transport” och som vanligen uttrycktes genom den materiella processen ”transporteras”.

Figur 15: Näringsupptagets metaforsystemet med dess huvudgrupp och undergrupper.

Kapitel 8

Således visar resultaten att näringsupptaget ofta beskrevs i termer av förflyttning (i ett logistiksystem) genom passiva eller aktiva handlingar, där ofta processen uttrycktes metaforiskt; näringsämnen eller organ agerade deltagare eller var en del av en omständighet.

De materiella processerna var som tidigare nämnts vanligt förekommande och uttrycktes både med aktiv och passiv form. Det vill säga att eleverna beskrev näringsupptaget som en process med i vissa fall explicita och i andra fall implicita aktörer. Exempelvis uttrycker eleverna att näringsämnen skickas till hjärnan, där "av blodet" kan utelämnas, vilket antyder en implicit aktör, och där hjärnan sedan aktivt fördelar näringsämnen till olika delar av kroppen. Ett annat exempel är när näringsmolekylerna beskrivs som aktivt sorterade och "följer med blodet..." snarare än att de genomgår en separationsprocess (metaforerna i exemplen är kursiverade):

"Näringen *skickas* till hjärna som sedan *fördelar* näringen till till exempel våra händer".

"Näring *sorteras* från maten och sedan *skickas* maten i en riktning och näringen *följer med* blodet till alla kroppsdelar och till hjärnan"

Resultaten visar även att antropomorfism förekommer i elevsvaren. De metaforer som inbegriper mentala processer, som "tänka" och "vilja" är tydligt antropomorfa metaforer (jmf Danielsson m.fl., 2018), men även uttryck som inbegriper en deltagare med en vilja att göra något är fall av antropomorfism. Enligt resultaten i artikel 2 är det ofta rollen som en deltagare har i en mening som avslöjar att resonemanget är antropomorfiskt. I meningen "Blodet transporterar all näring till hjärnan" har blodet rollen av en aktör som transporterar något. Denna roll förutsätter en förmåga att aktivt handla, vilket tolkas som antropomorfism. Detta trots att meningen inte nämner några tydliga mänskliga egenskaper (Pettersson m.fl., 2020). Sammanfattningsvis bidrog transitivitetsanalysen bidrog till vi kunde få syn på metaforer som inte är så uppenbara, som exempelvis "näringen skickas till hjärnan som sedan fördelar den till t.ex. våra händer".

Artikel 3:

I artikel 3 gjordes en multimodal analys med fokus på de metaforiska uttryckens roll i klassrumsundervisning. Som tidigare beskrivits formades undervisningen kring animationen om näringsupptaget. De metaforiska uttrycken som användes i samtal och texter i klassrummet spårades dels i relation till animationen, dels till samtalen i helklass och de mindre elevgrupperna.

Resultaten visar att vissa metaforiska uttryck introduceras i animationen men även under den lärarledda genomgången och då både av lärare och elever. Även under grupparbetet introducerade eleverna nya metaforiska uttryck. Vissa av de metaforiska uttrycken som introduceras etableras också i samtalet mellan läraren och eleverna samt eleverna emellan medan andra inte gör det. Metaforerna uttrycks med olika semiotiska resurser som till exempel tal, skrift, bild och gester.

Ett exempel på hur en metafor introduceras och utvecklas i ett klassrum är när läraren (L) i skola 1 bland annat skriver cellmembran på tavlan under tiden som de ser animationen i helklass. Därefter får eleverna (E) räcka upp handen och förklara vad cellmembran är för något. Inledningsvis är det en elev som räcker upp handen och svarar:

E: det är de här *topsliknande grejerna* som inte släppte igenom någon grej igenom, alltså en sån här syregrej, nej, vad heter dem vattengrejer och såna här *små bollar och klumpar*.

L: precis, jaa de ser ju faktiskt lite ut som *tops*, helt riktigt, att de är små liksom... en lång grej i mitten och så två stycken toppar på ändarna, jättebra! (Läraren pekar på bilden på tavlan som visar cellmembranet samt visar topsarna med en gest) (Figur 16)

Figur 16: Lärarens gester när hon beskriver tops.

Två andra elever räcker upp handen och börjar förklara cellmembranets och membranproteinernas funktion "det finns olika platser för olika ämnen"; "de där svarta grejerna" i cellmembranet. Läraren stannar upp vid "de där svarta grejerna" och förklarar:

L: Det var ju så här att den som du säger är svart här det var ju *som en port kan man säga* (gör en gest av port med händerna enligt bilden nedan) (Figur 17)

Figur 17: Lärarens gester när hon beskriver portar.

L: Då finns det *en port* som släpper igenom proteiner kanske och en port som släpper igenom fett t.ex., en port som släpper igenom socker.

Kapitel 8

Läraren tar med sig metaforen "tops" till de andra två klasserna genom att fråga vad eleverna kommer ihåg om cellmembran och passar då på att berätta vad en elev i en annan klass sa om cellmembranet; "det såg ut som tops sa de, det tyckte jag var rätt så smart faktiskt. Såna här tops som man kan rengöra öronen med vet ni."

Därefter fortsätter läraren och eleverna att prata om membranproteinernas funktion med hjälp av metaforiska uttryck. En elev liknar membranproteinerna vid "en tull" och läraren instämmer och säger "Som *en tull*, ja! Ja precis, eller som *en dörr* som man måste ha *nyckeln* till", varpå eleven bidrar med ytterligare ett metaforiskt uttryck genom att säga att "Du måste vara *VIP medlem*".

Metaforiska uttryck introduceras i animationen, exempelvis "klumpar" och "kanaler" som en del av förklaringen av membranproteinernas funktion. Även eleverna introducerar metaforer som till exempel "topsliknande grejer" som läraren i sin tur accepterar och benämner kort och gott som "tops" och som hon för med sig till de andra klasserna. Metaforerna introduceras, accepteras och utvecklas således av både läraren och eleverna, vilket resulterar i bland annat följande metaforiska uttryck som har anknytning till membranproteiners funktion : tull, dörr, nyckel, VIP medlem. Många av dem återfinns även i elevernas skriftliga inlämningar (Figur 18).

Kapitel 8

- Dörrar
 - Cellmembran
 Membran/Proteiner
 - Enzym
 - Blodet

Maten som vi behöver
 Kommer ner till tarmarna och
 där Molekylerna kommer
 in Enzymen och där klipper
 Enzymen Molekylerna så
 att de olika molekylerna
 går in i deras hus och
 Sprider sig i i blodet
 och det vi inte behöver
 kassas vi ut det.
 Alla molekyler kommer
 inte in i samma dörr.
 Alla har egna dörrar

Figur 18: Exempel på metaforiska uttryck (markerade med gult) i en skriftligt inlämning.

Metaforen för fettsyremolekylerna i cellmembranet, alltså "topsarna", introducerades under den lärarledda genomgången men transformerades även till elevernas gruppdiskussioner. Topsarna till och med transduceras till elevernas skriftliga inlämningar där de faktiskt är mer lika örontops än vad de är i animationen (Figur 19).

Figur 19: Skärmbild från animationen på de så kallade topsarna och exempel på en skriftlig inlämning.

När lämpliga resurser som har hög pedagogisk affordance används i undervisningssammanhang bidrar det till elevernas meningsskapande. Eleverna får förutsättningar att uttrycka tecken på naturvetenskapligt

meningsskapande genom transformation eller transduktion av de resurser som har fungerat som pedagogisk affordance.

Sammanfattningsvis, resultaten i artikel 3 ger en inblick i hur metaforer etableras och man kan spåra var metaforerna kommer ifrån. Därmed kan de metaforiska uttryckens möjligheter och begränsningar för elevernas meningsskapande av näringsupptaget studeras. Detta bidra i sin tur till att undervisningen utvecklas med avseende på metaforiska uttryck.

Artikel 4:

Målsättningen med artikelns forskningsfrågor är att undersöka vilket samband det finns mellan vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer med anknytning till meso- och submikronivån. Målsättningen är även att undersöka vilken inverkan vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer har på pedagogisk affordance gällande elevers tecken på naturvetenskapligt meningsskapande på meso- och submikronivån. Slutligen är målsättningen att undersöka vilka pedagogiska affordance som de resurser läraren använder i sin genomgång efter animationen har.

Resultaten i artikel 4 ger därmed en översikt över elevernas användning av naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck och fokuserar även på hur dessa kopplas till meso- och submikro nivån, och till den animation som används. De visar också hur den lärarledda genomgången verkar fungera som stöd för elevernas meningsskapande i relation till ämnesinnehållet genom att elevernas uttryck från skolan 1 och 2 jämförs (Figur 10).

Pedagogisk affordance hos vardagsuttryck

Det är intressant att det är de naturvetenskapliga termerna som används till största delen i båda skolorna. Eleverna i skola 2 (som inte har haft en lärargenomgång) använder fler naturvetenskapliga termer än eleverna i skola 1 (Figur 20). Under gruppdiskussionerna i skola 1 är andelen vardagsuttryck tre gånger större än i gruppdiskussionerna i skola 2.

Kapitel 8

Figur 20: Fördelning av användningen av naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck under gruppdiskussionerna.

De svar på uppgifterna som eleverna producerar under grupparbetet består av både skriven text och teckningar i de flesta fall. I det skrivna svaren kombinerar eleverna ofta vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer för att beskriva strukturer och/eller processer.

Resultaten visar alltså att eleverna använder både naturvetenskapliga termer och/eller vardagsuttryck, och ofta i kombination med varandra, vilket kan ses som ett slags hybridspråk (Olander m fl., 2018). Mest förekommande är att de använder naturvetenskapliga termer för benämning av molekyler som exempelvis glukos.

Figur 21: Skriftligt inlämning (skrift och teckning) från elevgrupp i skola 1 med jämförande skärmlklipp från animationen som visar hur socker, fett och vattenmolekyl illustreras.

Eleverna använder vardagsuttryck för att förklara de naturvetenskapliga termerna och processerna på meso- och submikronivån. Många gånger används vardagsuttrycken som en sorts översättning från de naturvetenskapliga termerna i elevernas teckningar. I Figur 21 liknar elevernas teckning av molekylernas struktur den som återges i animationen.

Samband mellan naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck, och meso- och submikronivån

Resultaten visar även att eleverna under gruppdiskussionerna i skolan 1 i högre utsträckning använder vardagsuttryck för att tala om mesonivå än eleverna i skolan 2. Däremot använder eleverna i skolan 2 mer naturvetenskapliga termer på mesonivån jämfört med eleverna i skola 1. På submikronivån är användningen av naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck ungefär lika mellan skolorna. Klart är dock att vardagsuttryck dominerar på submikronivån på båda skolorna (Figur 22).

Figur 22. Fördelning mellan naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck på meso- och submikronivån under gruppdiskussionerna i skola 1 och 2.

Kapitel 8

Eleverna i båda skolorna kombinerar naturvetenskapliga termer med vardagsuttryck² som exempelvis "på dessa villi finns det som *utskott på utskott* som kallas **mikrovilli**". Vidare visar ett flertal av eleverna i skola 1 som visar tecken på naturvetenskapligt meningsskapande på mesonivån genom att använda vardagsuttryck som dörrar och portar, när de talar om membranproteiner:

E: /.../där fanns det som portar och dem där portarna dem kan bara släppa in en sort, här har vi en port för vatten och en port för fett, en för socker /.../

E: Tänk dig som du sa en port eller en dörr. I den här dörren eller porten går en mur där bara en sorts människor gå in, om det kommer en annan person och smyger bakom då öppnar dem inte dörrarna. Alltså de är "genious"/.../ Här är en och här och här/.../ Får får bara gå in där och elefanter där /.../de kan inte smyga in ett får med giraffen, då skulle man märka det (pekar på membranproteinerna på surfplattan).

Även eleverna i skola 2 använder vardagsuttryck på mesonivå trots att de gör det i en mindre omfattning än eleverna i skola 1. Exempelvis introducerar eleverna i skola 2 den vardagliga termen "ingång" som hör till mesonivån i sin text (Figur 23).

Varje näringsämne har en egen ingång till blodet.

Blodet transporterar näring till olika celler.

Tarmlucka/Vily gör så att tarmen blir mindre.

*vily
tarmlucka*

mikrovilli

Figur 23: Exempel på användning av vardagsuttryck på mesonivå i skola 2.

² Vardagsuttryck markeras med kursiv stil och naturvetenskapliga termer med fet stil.

Vi har även studerat uttryck på makro- och mikronivå, vilket visar att eleverna kombinerar naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck på mikronivå och antyder därmed att de förstår att villi och tarmludd används som två olika uttryck för samma sak "*tarmludd / villi* gör **tunntarmen** mindre" (vilket kan tolkas som ett felaktigt svar, tarmluddet gör att tarmytan blir större). Emellertid är det också möjligt att eleven avser att villi gör att tarmen kan vara kortare än den annars skulle behöva vara, det skulle också kunna vara en möjlig tolkning.

Sammanfattningsvis visar vardagsuttryck på mesonivån funktionella jämförelser medan de på makro- och mikronivå främst uttrycker strukturella jämförelser. Exempelvis används vardagliga uttryck gällande membranproteinernas funktion i termer av molekyler som går genom kanaler och har sin egen ingång till blodet. Vidare vad det gäller den strukturella likheten uttrycks den med anknytning till tunntarmens veckade yta, både skriftligt och i teckningen illustreras tarmluddet/villy (Figur 23).

Pedagogisk affordance hos de semiotiska resurserna i lärargenomgången i skola 1

Läraren i skola 1 skrev upp de naturvetenskapliga begreppen som förekom i animationen och som hon trodde att eleverna inte kände till. Hon förklarade dem med vardagsuttryck som hade använts i animationen, men även med vardagsuttryck som uppstod spontant under helklassdiskussionen. Både läraren och berättarrösten i animationen uttryckte oftast de strukturella likheterna med vardagsuttryck på makro- och mikronivå, till exempel att tarmens inre yta är *som en mjuk rosa sammetsmatta* och att tarmens yta är full av veck och utskott och att mikrovilli är utskott på utskott eller ludd på ludd.

I animationen introducerades många vardagsuttryck på meso- och submikronivån många vardagsuttryck (som i de flera fall var metaforiska) såsom *utskott, små veck, trådar och ludd på ludd* för att beskriva villi och mikrovilli. Men även läraren introducerade nya vardagsuttryck som inte förekom i animationen. Ett annat exempel är *tops* (en term som först föreslogs av en av eleverna) som används för att representera fosfolipider i cellmembranet. Vidare beskrivs

membranproteiner beskrivs som portar som släpper igenom olika molekyler, och för att förklara specificiteten hos membranproteinerna används uttryck som *knacka på på porten* och *VIP-medlemmar*. På mesonivå beskriver läraren huvudsakligen mikrovilli och verkade då vara inspirerad av förklaringarna i animationen, då hon exempelvis beskriver mikrovilli som *utskott på utskott*. Naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck kombineras även på mesonivå. Vardagsuttrycken kompletterar och förklarar de vetenskapliga termerna som t.ex.: “**mikrovilli** det var ju ännu mindre såna här saker, så om man tänker att på ett sånt här *veck* så fanns det *små veck* också, det var ju det dem sa (i animationen) *ludd på luddet*.”

Vardagsuttryck hos både läraren och eleverna i relation till funktionella aspekter av innehållet visar högre pedagogisk affordance på mesonivå jämfört med makro- och mikronivå. På makro- och mikronivå var fokus huvudsakligen på strukturella aspekter. Mesonivån är den vanligast förekommande nivån i lärarens genomgång eftersom läraren oftast talar om cellmembranet och membranproteinerna och deras funktion. Detta visas exempelvis i en sekvens där läraren jämför membranproteinerna med olika *portar* för olika molekyler och förklarar membranproteinernas funktion genom att knacka på elevernas bänkar samtidigt som eleverna får roller som olika membranproteiner. Läraren låtsas själv vara en sockermolekyl och går först till en elev som får representerar porten för fett. När hon får ett nej som svar, går hon och knackar på en annan elevs bänk och undrar om hon får komma in om hon är socker. Då svarar eleven “Du måste vara *VIP medlem*!” och läraren säger “Ja, jag måste vara *VIP medlem* på just det proteinet som jag brukar köra in på, helt riktigt!”, vilket är ett exempel på att vardagsuttryck i relation till funktionella aspekter har hög pedagogisk affordance.

På samma sätt som för mesonivån verkar vardagsuttryck ha hög pedagogisk affordance när det gäller submikronivån i relation till funktionella aspekter. Men vardagsuttryck med anknytning till strukturella aspekter förekommer också som exempelvis fosfolipider som benämns som “*tops*” och mikrovilli som “*utskott på utskott*” på grund av deras utseenderelaterade likhet.

Kapitel 8

Diskussion

I detta kapitel diskuteras artikel 1-4 med fokus på tecken på naturvetenskapligt meningsskapande som kan identifieras i de olika artiklarnas resultat. Mer specifikt diskuteras resultaten utifrån kappans tre övergripande frågeställningar. För det första vad som synliggörs genom att använda organisationsnivåer som analysverktyg, vilket omfattar artikel 1 och 4. För det andra hur metaforiska uttryck används (artikel 2 och 3) och för det tredje hur vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer används (artikel 1 och 4).

Organisationsnivåer synliggör tecken på naturvetenskapligt meningsskapande

I biologin används en hel uppsjö av organisationsnivåer allt från atomer, molekyler, makromolekyler, organeller, celler, vävnader, organ och organsystem till riken, stammar, klasser, ordningar, familjer, släkten, arter, populationer, samhällen, ekosystem och biosfärer (Schneeweiß & Gropengießer, 2019).

Meningsskapande med anknytning till människokroppen kräver kopplingar mellan strukturer och processer som sträcker sig från den molekyllära submikronivån till makronivån och flera steg däremellan (Jahic Pettersson m.fl., 2021; Meijer m.fl., 2013; Snapir, Eberbach, Ben-Zvi-Assaraf, Hmelo-Silver & Tripto, 2017; Knippels, 2002; van Mil m.fl., 2016; Hmelo, Holton & Kolodner, 2000; Kresh, 2006).

Matspjälkning och näringsupptag är ett bra exempel på hur olika organsystem interagerar, men också på att lärande om människokroppen kräver att kunskaper i biologi- och kemi integreras. Trots det beskrivs ofta matspjälkning övergripande i läroböcker med fokus på vad som händer i de olika organen, men själva näringsupptaget beskrivs inte så ingående. Vidare förväntas elever i årskurs 6 inte göra beskrivningar och förklaringar på cellulär nivå eftersom submikronivån inte introduceras förrän i läroplanen för gymnasiet (Skolverket, 2019).

Forskning har visat att elever har svårigheter att koppla samman processer som relaterar till matspjälkningens processer på olika organisationsnivåer till varandra (Cakici, 2005; Carvalho m.fl., 2004; Rowlands, 2004; Teixeira, 2000). Studier har även visat att elevernas

bristande förståelse för att den mat vi äter bryts ner till näringsämnen, kan bidra till elevernas svårigheter att göra kopplingar mellan matspjälkningen- och cirkulationssystemet (Reiss & Tunnicliffe, 2001). Där kommer de i avhandlingen föreslagna organisationsnivåernas bidrag in. Enligt resultaten i artikel 1 kan organisationsnivåerna användas som analysverktyg för att spåra indikationer på elevernas tecken på meningsskapande vad det gäller nedbrytning av mat till näringsämnen och kopplingar mellan matspjälknings- och cirkulationssystemet.

Eftersom det empiriska materialet i datainsamling 1 kommer från ett slumpmässigt urval av alla årskurs 6 elever förväntas resultaten vara representativa för denna åldersgrupp. Många tidigare studier baseras huvudsakligen på intervjuer (Rowlands, 2004; Granklint Enochson & Redfors, 2012) medan datainsamling 1 är skriftliga svar på ett nationellt prov som alltså motsvara läroplanens mål.

I motsats till tidigare forskning (Carvalho m.fl., 2004; Clément, 2003) visar resultaten i artikel 1 att en hel del elever visar tecken på meningsskapande om näringsupptag och distribution och vissa kan faktiskt beskriva hela processen. Resultaten i artikel 1 tyder även på att eleverna visar tecken på naturvetenskapligt meningsskapande på makro-, mikro-, meso- och submikronivåer. Vidare är kopplingen mellan matspjälkning- och cirkulationssystemet associerat med antalet kopplingar mellan organisationsnivåer och användning av mesonivån i beskrivningarna. Om elever får kunskaper inom och mellan organisationsnivåer skulle det kunna bidra till en bättre måluppfyllelse av syften i biologi som exempelvis förståelse för livskvalitet, hälsa och ekosystem (Skolverket, 2019).

Användningen av organisationsnivåer som ett analysverktyg gjorde det möjligt att urskilja elevernas tecken på naturvetenskapligt meningsskapande på olika nivåer. Det som var mest anmärkningsvärt var att elevernas uttryck omfattade de minsta organisationsnivåerna, det vill säga meso- och submikronivån. Dessutom gör eleverna kopplingar mellan de olika organisationsnivåerna. Vidare visar resultaten i artikel 1 att mesonivån verkar vara avgörande utifrån hur

pass naturvetenskapligt korrekta elevernas svar är. Av de elever vars svar kategoriserades som vetenskapligt korrekta visade det sig att 53 % hade mesonivån i sina svar.

Med organisationsnivåerna som verktyg har både naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck inkluderats i artikel 1. I motsats finns det exempel på tidigare studier där man anser att metaforiska uttryck är icke-vetenskapliga och dessa har därför inte analyserats (Cakici, 2005). Men resultaten i artikel 1 visar att beroende på sammanhanget och innehållet kan elevernas metaforiska uttryck ge värdefulla indikationer på elevernas tecken på meningsskapande. De metaforiska uttrycken roll i elevernas svar diskuteras mer ingående i artikel 2.

Med vetskap om tidigare studiers resultat var syftet med animationen om näringsupptag (i datainsamling 2) att synliggöra kopplingarna mellan olika organisationsnivåer och att därmed fokusera på de processer som man vanligtvis inte fokuserar på i undervisningen. Tyngdpunkt och fokus i animationen är näringsupptaget i tunntarmen, även om matspjälkningens hela vägen från munnen till absorption av näringsmolekyler i blodomloppet också visualiseras.

Resultaten i artikel 1 visar att mer än hälften av eleverna nämnde blodets roll med anknytning till näringsdistributionen. Även andra studier har visat att mellanstadieelever visar tecken på meningsskapande vad det gäller cirkulationssystemets roll för näringsdistribution (Mason, 1993; Rowlands, 2004; Granklint Enochson & Redfors, 2012).

Vikten av meso- och submikronivåerna i undervisningen

Resultaten i artikel 4 visar att eleverna under grupparbetet ofta diskuterade den successiva nedbrytningen av mat till näringsmolekyler. Eleverna verkade vara medvetna om att näringsämnen måste vara små för att kunna överföras till blodet. Något annat som eleverna diskuterade mycket var överföringen av näringsmolekyler genom membranproteinerna i cellmembranet, och

att näringsämnen överförs från tunntarmen till blodet och distribueras sedan av cirkulationssystemet till hela kroppen. Det vill säga att animationens fokus på meso- och submikronivån speglas i elevernas diskussioner. Detta är förstås ett väldigt intressant resultat, eftersom tidigare forskning har visat att detta är en stor utmaning för elever. Med organisationsnivåerna som analysverktyg kan man alltså upptäcka tecken på naturvetenskapligt meningsskapande på meso- och submikronivån som man inte trodde fanns.

Resultaten i artikel 1 och 4 visar att elever uttrycker tecken på naturvetenskapligt meningsskapande på meso- och submikronivån. Därför menar jag att det är möjligt att undervisa om dessa nivåer mycket tidigare än vad man som förväntas enligt läroplanens krav idag. Anledningen till att detta inte förväntas av elever i grundskolan tror jag kan beror på föreställningar om att man inte är redo för det i den åldern, att det är för svårt. Resultatet från artikel 4 talar dock emot sådana antaganden. Dessutom kan dagens digitala samhälle och den information som alla barn får via media, bidra till att förkunskaperna hos barn idag ser annorlunda ut än för några decennier sedan. Mot bakgrund av detta finns det anledning att fundera över kunskapsmålen i läroplanen.

De ovan nämnda slutsatserna baseras på analyser som tar hänsyn till både vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer. Dock, menar jag, är det viktigt att vardagsuttrycken relateras tydligt till de naturvetenskapliga termerna och processerna – alltså att man som lärare t.ex. inleder med beskrivningar att: *Ett membranprotein fungerar ungefär som en molekylär dörr men den känner igen exakt vad som den skall släppa in.* Med detta exempel vill jag visa att det tydligt ska framgå i vilket avseende membranproteiner liknar en dörr, men samtidigt vad som skiljer dörren från proteinet. På det kan man göra eleverna medvetna om vilken aspekt av dörren som membranproteiner kan liknas vid och i vilken aspekt som liknelsen inte stämmer. Det handlar med andra ord om att underlätta för eleverna att förstå att metaforer inte ska tolkas bokstavligt utan att de beskriver en aspekt av den naturvetenskapliga termen, i detta fall ämnesspecifika membranproteiner.

Användning av metaforiska uttryck med anknytning till näringsupptag

Olika semiotiska resurser som tillgängliggörs i undervisningen har olika grad av pedagogisk affordance, och bidrar på olika sätt till hur individer kan uttrycka sig om ett visst innehåll. Samtal mellan elever i mindre grupper kan till exempel uppmuntra till utbyte av erfarenheter och kunskaper genom användning av vardagsuttryck, medan en läroboken i stor omfattning domineras av ämnesspecifika termer och inte uppmuntrar till interaktion.

Min avsikt med den här avhandlingen är att fördjupa förståelsen för hur man kan närma sig de höga nivåerna både i disciplinary och pedagogisk affordance. Resultaten i artikel 4 visar att vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer kombineras både i animationen och av läraren och eleverna. Vilket antyder att både animation, läraren och eleverna använder vardagsuttryck med koppling till naturvetenskapliga termer, som därmed bidrar till att de högsta nivåerna i disciplinary och pedagogisk affordance närmar sig varandra. På så sätt kan meningsskapande om näringsintagets processer främjas (Figur 24).

Figur 24: Animationen och lärargenomgången för de högsta nivåerna i pedagogisk och disciplinary affordance närmare varandra.

Oavsett om vardagsuttryck, metaforiska uttryck eller naturvetenskapliga termer används för att förklara komplexa kemiska och biologiska processer såsom matspjälkningen, hävdar jag att en bra utgångspunkt är att läraren har en medvetenhet om hur man uttrycker sig och varför. Att vara medveten om de metaforiska uttrycken som både man själv använder och eleverna använder tror jag är en förutsättning för meningsskapande om naturvetenskapens komplexa och abstrakta fenomen.

Detta är en avhandling i naturvetenskapernas didaktik där jag också använder språkliga analyser, i detta fall systemisk funktionell grammatik (SFG) och särskilt transitivitetsanalys (Holmberg och Karlsson, 2006). Min förhoppning är att den här avhandlingen kan inspirera lärare och forskare till mer tvärvetenskapligt samarbete mellan svenskämnet och de naturvetenskapliga ämnena. Det har gjorts många satsningar på läs-och skrivutveckling inom svenskämnet och jag hoppas att min avhandling kan inspirera till att lärdomarna från dessa satsningar tillämpas inom naturvetenskapliga ämnena.

I artikel 2 visar resultatet att analyser med hjälp av SFG kan avslöja olika grader av antropomorfismer (Taber & Watts, 1996), från uppenbara metaforer där till exempel kroppsdelar ges en vilja ('all näring som kroppen *vill ha/behöver*'), till kanske mindre uppenbara fall ('Näringsämnena skickas till hjärnan, som sedan *fördelar* det till exempel våra händer'). Vi kan inte avgöra om elevernas användning av antropomorfismer är ett sätt att uttrycka en naturvetenskaplig förståelse för hur näring tas upp av blodet, eller om eleverna faktiskt uppfattade de antropomorfa uttrycken som bokstavligt sanna (Cope & Kalantzis, 2000).

Min ambition med denna avhandling har varit att använda SFG som ett verktyg för att identifiera och beskriva metaforanvändning i naturvetenskap (jfr Rogoff, 1995 som skriver om att identifiering av metaforer är utmanande). I artikel 2 visar jag att SFG kan användas både för att identifiera metaforer och för att ge en detaljerad redogörelse för hur de struktureras och kombineras till

metaforsystem. Genom SFG har jag således fått en inblick i hur metaforiska uttryck används i undervisning i biologi, och en förståelse för hur integrerade de metaforiska uttrycken är i ämnesinnehållet.

Att eleverna i artikel 3 använder metaforiska uttryck, som exempelvis topsar, portar och dörrar, innebär inte att de inte känner till och kan använda den naturvetenskapliga termen (cellmembran, membranproteiner och så vidare) eller att de inte förstår de kemiska processerna. Istället menar jag att dessa uttryck och termer fungerar som tecken på naturvetenskapligt meningsskapande (jfr Selander & Kress, 2017). Eleverna använder det uttryck som de anser är mest lämpliga just där och då, vilket inte betyder att de inte kan uttrycka sig på något annat sätt (Cope & Kalantzis, 2000). Därmed verkar det som att elevernas meningsskapande om näringsupptagets processer i artikel 3 underlättas av de metaforiska uttrycken, eftersom dessa gör att de högsta nivåerna för pedagogisk och disciplinary affordance närmar sig varandra.

Figur 25: De metaforiska uttrycken för de högsta nivåerna i pedagogisk och disciplinary affordance närmare varandra.

Kapitel 9

Jag menar att läraren gör de naturvetenskapliga termerna från animationen mer tillgängliga för eleverna med hjälp av metaforer, där metaforerna är en av många semiotiska resurser i det gemensamma meningsskapandet i klassrummet. Detta resonemang är i linje med Jewitt (2008) som menar att semiotiska resurser förändras hela tiden och att nya möjligheter skapas och blir en del av "poolen" för potentiellt meningsskapande. Genom att läraren är lyhörd så möjliggörs det naturvetenskapliga samtalet och kan på så sätt stötta elevernas meningsskapande av den komplexa naturvetenskapliga processen som matspjälkningen och näringsupptaget är. Resultaten i artikel 3 visar att metaforiska uttryck som tar fasta på visuella aspekter (topsar, luddig matta osv.) inte tycks ha lika stor pedagogisk affordance som metaforer som tar fasta på funktionella aspekter (VIP-medlem, port, dörr som man måste ha en nyckel till osv.).

Vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer i samband med förklaringar av näringsupptag

I elevernas förklaringar av näringsupptagets processer kan jag se tecken på naturvetenskapligt meningsskapande. I dessa förklaringar kombineras vardagsuttryck, som i många fall innehåller metaforiska uttryck, med naturvetenskapliga termer eftersom vardagsuttryck kan ha en potentiellt hög pedagogisk affordance. Därmed skulle en ökad kunskap om vardagsuttryckens potentiella pedagogiska affordance kunna bidra till att synliggöra tecken på naturvetenskapligt meningsskapande i elevers representationer. Det är viktigt att elever ges möjlighet att visa sitt ämneskunnande på olika sätt och att lärare också ser deras tecken på naturvetenskapligt meningsskapande, inte minst i relation till abstrakta fenomen som näringsupptag. På så sätt kan fokus vidgas till att inte bara fokusera på lärande som produkt utan lärande som process där tecken på meningsskapande är en del av processen. Utan verktyg för att visa/se tecken på naturvetenskapligt meningsskapande finns risken för missvisande slutsatser som att eleverna inte uppvisar något lärande. I motsatt till exempel Cakici (2005) tolkar vi inte nödvändigtvis metaforiska uttryck som felaktiga.

Animationen som användes i datainsamling 2 kan betraktas som komplex, eftersom den beskriver matspjälkningen och näringsupptaget annorlunda jämfört med de förenklade illustrationerna i läroböckerna. Resultaten indikerar dock att animationen verkar fungera som en bra utgångspunkt i det naturvetenskapliga meningsskapandet. Även tidigare studier indikerar att komplexa beskrivningar i vissa sammanhang kan vara mer fördelaktiga för lärande än förenklade (Schönborn och Anderson, 2006; Cokelez, 2012 och Bohlin m.fl., 2017). Eftersom animationen visar kopplingen mellan nedbrytningen av näringsämnen i tunntarmen och det selektiva upptaget av ämnen i blodet i stället för att hoppa över beskrivningen av dessa processer (=blackboxing). Detta ger en mer komplex men också mer fullständig bild av processerna, vilket verkar bidra positivt till elevernas meningsskapande. Trots att elever i grundskolan inte förväntas förstå den selektiva transporten genom cellmembranet och

membranproteinernas funktion, visar resultaten från artikel 3 & 4 att animationen och lärargenomgången, och de metaforiska uttrycken, gör att de naturvetenskapliga termerna och vardagsuttrycken närmar sig varandra (Figur 24 & 25). På så sätt, skapas förutsättningar för eleverna att skapa mening av den selektiva transporten genom cellmembranet och membranproteinernas funktion. Jag menar att resultaten i artikel 3 och 4 bekräftar att vardagsuttryck och metaforer potentiellt kan ha hög pedagogisk affordance och därmed kan utgöra en viktig resurs för att synliggöra tecken på meningsskapande av naturvetenskapliga fenomen (Olander, 2009; Airey & Eriksson, 2019). Resultaten i artikel 4 bekräftar också vikten av användning av ett så kallat hybridspråk som innebär att blanda naturvetenskapliga termer med vardagsuttryck på ett medvetet sätt där man beskriver hur vardagsuttrycken relaterar till de naturvetenskapliga termerna (Barnett, 1992).

Ett mer specifikt exempel på vad jag menar med att vardagsuttryck har potentiellt hög pedagogisk affordance och kan fungera som tecken på naturvetenskapligt meningsskapande, är hämtat från artikel 3 och 4; Här använder eleverna vardagsuttryck när de beskriver överföringen av olika näringsmolekyler genom deras specifika membranprotein, genom att föreställa sig att det finns en port eller en dörr i cellmembranets vägg där bara en typ av person kan komma in. Om någon annan försöker smyga in så öppnades inte dörrarna. I detta exempel visar eleverna tecken på meningsskapande kopplat till det komplexa naturvetenskapliga begreppet "ämnesspecifika membranproteiner" genom att de uttrycker membranproteinernas funktion med hjälp av vardagsuttryck. I en annan av gruppdiskussionerna pekar en elev på de olika membranproteinerna i en pausad bild i animationen (på en surfplatta) och säger "här är en och en annan här" samtidigt som eleverna i gruppen börjar exemplifiera vem som kan komma in genom de olika membranproteinerna som de pekar på: "Får kan bara gå in där och elefanter där /.../ det går inte att smyga in ett får med giraffen, då skulle man märka det". Även detta exempel antyder att eleverna visar tecken på naturvetenskapligt meningsskapande om de olika membranproteinernas ämnesspecifika funktion utan att de använder

naturvetenskapliga termer. Vidare verkade eleverna även bli engagerade i ämnesinnehållet under diskussionerna när de använde vardagsuttryck, vilket indikerar att när eleverna får möjlighet att skapa mening så utvecklas även deras engagemang i ämnet. Med detta resonemang utmanar jag bilden av att man måste skapa intresse för naturvetenskap med uppseendeväckande experiment. Resultaten i artikel 3 och 4 visar att eleverna visar tecken på naturvetenskapligt meningsskapande genom att de på ett meningsfullt sätt blandar vardagsuttryck och metaforer med naturvetenskapliga termer som till exempel: "Matspjälkningsenzymerna fungerar som små *saxar* ... de *klipper* isär molekylerna i maten".

Sammanfattningsvis, om lärare och läromedel använder vardagsuttryck (inklusive metaforiska uttryck) på ett genomtänkt och meningsfullt sätt med anknytning till det naturvetenskapliga innehållet kan elevernas meningsskapande främjas. Självklart kan även användning av naturvetenskapliga termer vara tecken på meningsskapande. Om läraren klargör gränsövergången från vardagsuttryck till naturvetenskapliga termer och använder vardagsuttryck för att prata om aktiviteten, som i detta fall är animationen (Mortimer och Scott, 2003; Aikenhead, 1996), menar jag att vardagsuttryck som har hög pedagogisk affordance kan visa tecken på elevernas meningsskapande om näringsupptag. Prain (2004) och Olander m.fl. (2018) hävdar att naturvetenskapligt lärande främjas av att läraren "packar upp" det naturvetenskapliga språket genom att växelvis förklara med vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer. Dock belyser Hipkiss (2014) att lärare som använder vardagsuttryck riskerar att undervisningen stannar vid att de naturvetenskapliga termerna packas upp i vardagsuttryck och inte packas tillbaka till naturvetenskapliga termer. Resultaten från denna studie visar dock att vardagsuttryck kan ha en viktig roll att spela i meningsskapande kring naturvetenskapligt innehåll och kan fungera som ett steg på vägen till ett naturvetenskapligt språk.

Kapitel 9

Slutsatser och implikationer för praktik och forskning

Det finns många slutsatser som jag kan dra av det här avhandlingsarbetet. Nedan kommer jag att redogöra för tre av dem med fokus på organisationsnivåer, metaforiska uttryck och vardagsuttryckens och naturvetenskapliga termernas roll för tecken på naturvetenskapligt meningsskapande.

Organisationsnivåer

En av avhandlingens slutsatser är att organisationsnivåer kan användas som analysverktyg för att urskilja elevers tecken på naturvetenskapligt meningsskapande vad det gäller näringsupptagets molekylära processer. Mellanstadieeleverna visar tecken på meningsskapande på olika organisationsnivåer vad det gäller nedbrytning av mat till näringsämnen och kopplingar mellan matspjälknings- och cirkulationssystemet. Med organisationsnivåerna som analysverktyg kan jag även visa att mesonivån verkar vara avgörande i majoriteten av elevsvaren som har naturvetenskapligt korrekta förklaringar.

Den första datainsamlingen till den här avhandlingen utgörs av skriftliga svar från nationella provet i biologi i årskurs 6, det vill säga att det ämnesinnehåll som uppgiften som eleverna svarar på motsvarar läroplanens mål. Dock har jag i avhandlingen valt att analysera elevernas svar på denna fråga med fokus på de molekylära processerna, framförallt meso- och submikronivån, trots att det alltså enligt läroplanen inte förväntas av eleverna att de ska kunna redogöra för strukturerna och processerna på de molekylära nivåerna. Således har jag med hjälp av organisationsnivåerna som verktyg i denna avhandling visat att mellanstadieelever faktiskt visar tecken på naturvetenskapligt meningsskapande om näringsupptagets molekylära processer. Därmed menar jag att det är möjligt att undervisa om dessa nivåer mycket tidigare än vad som förväntas enligt läroplanens krav idag.

När eleverna använder naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck, som ofta innehåller en mängd metaforiska uttryck, i naturvetenskapligt meningsfulla förklaringar och beskrivningar kan

dessa användas för att synliggöra elevernas tecken på naturvetenskapligt meningsskapande om näringsupptagets processer på alla organisationsnivåer, men framförallt de minsta och mest abstrakta nivåerna, meso- och submikro.

Implikationen för praktiken är distinktionen mellan organisationsnivåerna (Figur 13) som därmed kan fungera som ett verktyg för lärare för att bedöma elevernas tecken på meningsskapande inom naturvetenskapliga ämnen. Organisationsnivåerna skulle även kunna användas som ett undervisningsverktyg för att klargöra på vilken organisationsnivå matspjälkningen och näringsupptaget kemiska processer sker på och därmed kopplingen mellan organsystemen. Man kan synliggöra de olika organisationsnivåerna i relation till näringsupptagets olika strukturer och processer om man som lärare är medveten om organisationsnivåerna och förmedlar till eleverna att vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer kan relateras till organisationsnivåerna. Därmed kan man synliggöra de tecken på meningsskapande som eleverna har och även peka ut strukturer och processer som sker på andra organisationsnivåer som eleverna inte än har visat tecken på meningsskapande för. Men med hjälp av den tydliga indelningen som organisationsnivåerna har kan man synliggöra tecken på meningsskapande och därmed främja lärandet och kopplingar med anknytning till de organisationsnivåerna som är mindre än vad vi kan se, meso- och submikro.

Metaforiska uttryck

Att vara medveten om de metaforiska uttrycken som används i klassrumssammanhang och i läromedel är en förutsättning för att både kunna visa och se tecken på meningsskapande om naturvetenskapens komplexa och abstrakta fenomen. Därmed anser jag att den här avhandlingens resultat visar att tvärvetenskapligt samarbete mellan svenskämnet och de naturvetenskapliga ämnena skulle kunna främja lärande i naturvetenskap och samtidigt tillämpa lärande i svenskämnet, med fokus på metaforiska och antropomorfska uttryck, i naturvetenskapliga sammanhang.

En slutsats är också att SFG (transitivitetsanalysen) är ett lämpligt verktyg för att identifiera metaforiska uttryck samt för att analysera hur de struktureras och kombineras i metaforsystem som jag har kunnat visa i artikel 2. Att tillämpa SFG på elevernas uttryck ger en inblick i hur pass integrerade de metaforiska uttrycken är i ämnesinnehållet. De metaforiska uttrycken är vanligt förekommande både vad det gäller de strukturella jämförelser mellan naturvetenskap och vardag, men resultaten är framförallt intressanta vad det gäller de funktionella jämförelser. De metaforiska uttrycken som tar fasta på funktionella aspekter har högre pedagogisk affordance än de strukturella, eftersom dessa uttryck används för att beskriva och förklara komplexa naturvetenskapliga processer som enligt läroplanen inte förväntas förrän på gymnasiet, och dessa resultat baseras på mellanstadieelever.

Min förhoppning är att resultaten i artikel 2 och 3 kan inspirera till mer välgrundade och medvetna sätt att använda metaforer i naturvetenskaplig undervisning och läromedel. Genom att lärare och elever diskuterar vad de metaforiska uttrycken täcker in och inte täcker in, menar jag att eleverna får brottas med de naturvetenskapliga förklaringarna. Jag hoppas att resultatet i artikel 3 kan ge lärare stöd i användningen av metaforiska uttryck, och hjälpa dem att explicit diskutera metaforer med eleverna.

Vardagsuttryck och naturvetenskapliga termer

En annan slutsats är att animationen om näringsupptag som är en del av NTA-digital bidrar till att de högsta nivåerna både i pedagogisk och disciplinary affordance närmar sig varandra; samma funktion har de semiotiska resuser som används i den lärarledda genomgången i helklass där det är en kombination av naturvetenskapliga termer och vardagsuttryck som används. Det vill säga att både animationen och lärargenomgången underlättar naturvetenskapligt meningsskapande om näringsupptagets processer. Om lärare och elever får en ökad kunskap om vardagsuttryckens potentiellt höga pedagogisk affordance skulle det kunna bidra till att de i högre utsträckning synliggör tecken på naturvetenskapligt meningsskapande. Vilket i sin tur eventuellt kan medföra desto mer fokus på tecken på

Kapitel 10

naturvetenskapligt meningsskapande istället för att försöka mäta elevernas kunskande som en slutprodukt. Resultaten i denna avhandling visar att det inte finns anledning att *blackboxa* näringsupptagets molekylära processer för eleverna på mellanstadiet.

English summary

This is a short summary of the thesis in English, for further descriptions please see the four attached articles in the thesis.

Background/ Previous research

In Sweden and many other countries, teaching about the human body, for instance the digestive organs, starts in elementary school and continues throughout school education (Swedish National Agency of Education, 2018). It is important that children know how different nutrients are absorbed and distributed throughout the body, not least in order to be able to navigate health information in different media, and develop critical thinking in this area (Wiblom, Andrée & Rundgren, 2020).

Several studies focusing on different age groups have characterized children's and students' knowledge of the functions of the digestive system, for example Teixeira (2000) (ages 4-10 years), Reiss et al. (2002) (ages 7 or 15), and Garcia-Barros et al. (2011) (ages 3-7 years). Previous studies of students' descriptions of digestion and nutrient uptake suggest that many aspects of digestion are poorly understood (Cakici, 2005; Gripshover and Markman, 2013; Rowlands, 2004; Teixeira, 2000). In particular, several studies show that students have difficulties in understanding the chemical processes occurring during nutrient uptake and distribution (Carvalho, Silva, Lima, Coquet, & Clément, 2004; Clément, 2003). Thus, previous research suggest that pupils may lack knowledge of chemical steps of digestion but understand that the circulatory system is involved in some way (Granklint Enochson & Redfors, 2012; Mason, 1993; Rowlands, 2004). Students' difficulties in connecting the digestive and circulatory systems may be due to lack of understanding that ingested food is broken down into nutrients (Reiss & Tunnicliffe, 2001).

We cannot perceive chemical and biological processes that occur in the body with our senses (Tripto, Ben-Zvi Assaraf, Snapir, & Amit, 2016). Hence, to make sense of processes such as digestion we need ways to visualise the invisible, which can be considered at multiple organizational levels (Tripto et al., 2016; Niebert and Gropengiesser,

2015; Meijer, 2011). When learning about the human body, connections must be made between structures and processes with scales from molecular submicron level up to macro level and everything in between (Jahic Pettersson, Tibell & Löfgren, 2021; Meijer, Bulte, & Pilot, 2013). Nutrient uptake is a process that spans at several different organizational levels (macro-, micro-, meso- and submicro level. Research indicates that students find it challenging to grasp the connection between what is happening at the observable macro level (i.e. food, intestines and organs) and the processes at the micro or submicro level (i.e. molecules and cells) (Broman, Ekborg, & Johnels, 2011; Rowlands, 2004; Teixeira, 2000). To make the invisible visible and to connect the macro level to the micro or submicro level by the use of different representations is a central aspect of science (Kozma, Chin, Russell, & Marx, 2000). Previous studies have detected gaps in students' understanding of connections between different levels of organization (Knippels, 2002; van Mil, Postma, Boerwinkel, Klaassen, and Waarlo, 2016 and Meijer, 2011). Macro-micro teaching has, for example, been proposed to provide support for pupils to bridge the gaps between organizational levels (Meijer et al., 2009; Talanquer, 2011).

Students use semiotic resources that are available to them (such as drawings, physical models, or metaphoric expressions) to make meaning of the science content (e.g. Hubber, Tytler & Haslam, 2010). Further, also metaphors can be expressed through other resources than words (e.g. Danielsson *et al.*, 2016, Danielsson, Löfgren, & Pettersson, 2018). Metaphors are important tools for learning in biology, especially in learning about non-visible entities such as molecules or internal organs, or processes involving several levels of scale, such as diffusion or digestion (Tibell & Rundgren, 2010). Since metaphors are seen as having the potential of making abstract knowledge more accessible for students, metaphors have been promoted as a pedagogical tool in science education (Aubusson et al., 2006; Ogborn, Kress, & Martins, 1996). However, metaphors can also be challenging for students (Danielsson *et al.*, 2018; Rundgren *et al.*, 2009). One of the challenges is that many metaphors are expressed through everyday language. Hence, the students can be hindered in

their development of subject-specific language. Also, the connection to everyday life may be misinterpreted, resulting in a literal interpretation rather than the intended, figurative, sense (e.g. Danielsson *et al.*, 2018). However, students' use of metaphors may also constitute the beginning of a deeper scientific understanding and the development of scientific language (Rundgren, 2006a).

Theoretical framework

The theoretical framework in this thesis is a multimodal perspective of social semiotics (Halliday, 1978, Jewitt, Bezemer, & O'Halloran, 2016). All social interaction is multimodal (Kress, 2010) and meaning making in classrooms involves various modes that should collectively communicate a meaningful offer to the students (Kress et al., 2001). Different modes have different *affordances* (Kress, 2010). The concept of affordance implies the meaning-making potential of different semiotic resources (Jewitt 2016; Kress 2010). All semiotic resources have variable potentials for meaning making and they thus function differently in varying contexts for different people (Cope & Kalantzis, 2000). For instance, images are especially apt for showing spatial properties, such as relative size and position, while words are more apt for reasoning about causes and consequences. Such differences are connected to modal affordance (Jewitt et al., 2016, pp. 72ff). However, in educational contexts, specific resources can also have different pedagogical affordances, that is "the aptness of a semiotic resource for teaching some educational content" (Airey & Eriksson, 2019, p. 99-100). Disciplinary affordance, in contrast, concerns "the agreed meaning making functions that a semiotic resource fulfil for a particular disciplinary community" (Airey, 2015, p.103). Disciplinary affordance has a different role in science and in educational contexts since something (for instance, a certain representation) with high disciplinary affordance might have low pedagogical affordance in a science classroom, for instance disciplinary-specific terminology, such as semi-permeable membrane. Therefore, to contribute to students' meaning making, the teacher needs to choose resources that are functional for the specific group of students, that is, resources that can be presumed to have high pedagogical affordance.

Kress (2010) describes learning as an active and dynamic process that involves a constant work of interpreting and creating one's own understanding by connecting form and content in different ways, based on the resources we have available at the moment. At the same time, it means that meaning is always re-created, in connection with it being expressed or interpreted. Learning is a process of change, which means a process of transformation where new representations are created and changed in relation to the existing ones (Selander & Kress, 2010). On the other hand, meaning making is a process where different ideas and perspectives meet for processing (Mortimer & Scott, 2003). Meaning making does not have to lead to learning. I see meaning making as a condition for learning to take place. In this thesis, a snapshot is provided of the *signs of scientific meaning-making* that students show in relation to the nutrient uptake (compare with “signs of learning” by Selander and Kress (2017) where change over time is studied). Signs of scientific meaning-making are visible when students with everyday expressions, scientific terms and / or metaphorical expressions give scientifically meaningful explanations and describe specific processes.

Aim

The overall aim of this dissertation is to contribute to an increased understanding of upper primary school students' meaning-making about nutrient uptake. Hence, the purpose is to investigate three research questions:

1. What is made visible by using organizational levels (macro, micro, meso and sub-micro) as a tool for analysing students' signs of scientific meaning-making concerning nutrient uptake?
2. How are metaphorical expressions used related to nutrient uptake?
3. How are everyday expressions and scientific terms used in students' descriptions of nutrient uptake?

In article 1 and 2 we investigated 122 students' written responses to a question in a national biology test concerning how nutrient molecules are adsorbed by the small intestine and transported to the brain.

In article 1, we aimed to investigate what awareness the students have of the connection between the digestive and circulatory systems and if references and connections are found to organizational levels in pupils' responses. Therefore, we applied a higher-resolution scale of organizational levels (macro-micro-meso-submicro), than previous researchers (Meijer, 2011) in efforts to in more detail capture what characterizes pupils' responses (Jahic Pettersson, Tibell & Löfgren, 2021).

In order to investigate how metaphors are used related to nutrient uptake, systemic functional grammar (SFG) is applied to analyse metaphorical expressions in order to gain a better understanding of how these are structured and how they are used in connection with nutrient uptake. Through SFG (transitivity analysis) we aim at identifying all metaphors used by the students, also such metaphors that might not be entirely obvious (cf. Cameron, 2003, who discusses challenges in identifying metaphors in educational discourse). We also considered how the metaphors are linked to metaphor systems and anthropomorphisms, thereby gaining a deeper understanding of the role of metaphors in this area (Pettersson, Danielsson & Rundgren, 2020).

In article 3 we analyse how metaphors are used in a biology classroom working with digestion, and we relate the metaphors to their pedagogical affordances. The aim was to better understand metaphors' role in classroom teaching based on an animation. Metaphors were identified through transitivity analysis, which has its basis in systemic functional grammar framework (SFG). Metaphors were then tracked from the animation, to whole class discussions in three grade 5 classrooms, and group discussions, where students created multimodal texts (Pettersson, Danielsson & Rundgren, under review).

In article 4 the overall aim was to investigate the pedagogical affordances of scientific terms and everyday expressions in the animation and in classroom teaching. Further, students’ signs of scientific meaning-making at the meso and submicro organizational level in group discussions and written descriptions were analysed, and if taking part of a teacher review influenced the students’ use of scientific terms and everyday expressions (Pettersson, Rundgren & Tibell, under review).

Method and analysis

In the four articles that this thesis covers, content analysis is used as a tool for students' signs of scientific meaning-making, more specifically organizational levels and systemic functional grammar (SFG) are used as a tool (Table 1).

Table 1: Summary of data collection, analysis tools and article focus.

Analysis focus	Data collection 1, Article focus	Data collection 2, Article focus
Content analysis		
Organizational levels	<u>Article 1</u> Organizational levels as a sign of scientific meaning-making Connections between nutrient uptake and nutrient distribution	<u>Article 4</u> Pedagogical affordance of the semiotic resources in the animation and teachers review
SFG (transitivity-analysis)	<u>Article 2</u> Metaphorical expressions as a sign of scientific meaning-making Metaphoric systems	<u>Article 3</u> Pedagogical affordance of the metaphorical expressions

Articles 1 and 2 are based on data collection 1 from the Swedish national test in biology in year 6 from 2014. Article 1 is a survey of signs of scientific meaning-making in the answers to a test item from students in Sweden about digestion and nutrient uptake and article 2

shows how students express signs of scientific meaning-making using metaphorical expressions. Data collection 2 is a classroom study where I put metaphorical expressions and organizational levels in a different context compared to data collection 1. Thus, data collection 2 gave rise to articles 3 and 4 where a classroom context in year 5 is examined, with a focus on signs of scientific meaning-making about nutrient uptake with an animation as a resource and / or teacher review. One of the main objectives of animation is to show that the body's systems are integrated with each other and to promote meaning-making about phenomena with several organizational levels. Hence, the collected data in this thesis derive from a variety of semiotic resources, such as speech, gestures, writing, and both still and moving images.

In article 1 and 4 we have mapped the students' expressed knowledge by using content analysis and organizational levels. In article 3 and 4 SFG is used to analyse metaphorical expressions. More specifically, in article 2 we applied analyses based on the systemic functional linguistics in order to identify, describe and analyse how students use metaphors and to understand the linguistic structure of those metaphors and if they could be categorized in metaphorical systems. In Article 3, a multimodal analysis was made focusing on the role of metaphorical expressions in classroom teaching focused on an animation about nutrient uptake. The metaphorical expressions used in conversations and texts in the classroom were traced partly in relation to the animation, partly to the conversations in the whole class and the smaller student groups. Hence, articles 3 and 4 analyse students' signs of scientific meaning-making only with a focus on the animation of nutrient uptake.

Results and discussion

The analyses in article 1 show that pupils have a better understanding than previous research suggests. The difference between our study and earlier studies concerning methodological approach are two folded; 1) Earlier studies are mainly based on interviews (Rowlands, 2004; Granklint Enochson & Redfors, 2012), while our data are written responses to a national test that is expected to correspond to

the curriculum. 2) Unlike e.g. Caikci (2005), I consider the science-related content in metaphors instead of seeing such answers as incorrect.

In article 1 indicate that the most correct descriptions contained highest number of connections between the digestive and the circulatory systems and linking of the different organizational levels. The most correct descriptions included the highest proportion of the meso level. Therefore, knowledge at the meso level seems to be essential for grasping connections between macro- and submicro-level processes, and connections of digestion and circulation systems (Jahic Pettersson, Tibell & Löfgren, 2021).

In accordance with previous research, article 1 shows that many students know that the small intestine is involved in nutrient uptake and that the blood transports the nutrients to the brain. Furthermore, most students have difficulties in describing the connection between the process of nutrient uptake and nutrient distribution. However, in contradiction to earlier research we show that quite a few students can describe parts of nutrient uptake and distribution processes. By using a multi-level analysis tool (macro-micro-meso-submicro), we can show that increasing scientific correctness and linking of the digestive and circulatory systems are associated to the number of connections between organizational levels, and the use of the meso level in the descriptions (Jahic Pettersson, Tibell & Löfgren, 2021).

The results of the analyses in article 2 have shown that metaphors are used to a significant degree in the students' responses. Most metaphors were expressed either through material processes or as first participants (according to SFG), or with a combination of the two, often leading to descriptions of food digestion and nutrient uptake in terms of units being moved through active actions, as travelling nutrient and rushing blood. The results also reveal a continuum from more obvious to less obvious anthropomorphic expressions. An example of a less obvious anthropomorphic expression is *the nutrition is sent to the brain* since it describes a goal-directed process, though, at the same time, it could be seen as a simplified way of

expressing a scientific explanation. However, *the brain allocates the nutrients to for example our hands* should be seen as a more obvious anthropomorphic expression, since it not only describes the process in terms of a goal-directed process, but also ascribes agency to an organ (in this case the brain). Regarding possible overarching metaphoric systems, *logistics* as an underlying metaphor were often used, with metaphor sub-systems, such as transport-related metaphors. At times, metaphors relating to storage and waste management were also used (Pettersson, Danielsson & Rundgren, 2020).

The results in article 3 show that certain metaphorical expressions are introduced in the animation but also during the teacher-led review, and then further metaphorical expressions are introduced by both teachers and students. Also, during the group work, the students introduced new metaphorical expressions. Some of the metaphorical expressions that are introduced become established in the conversation between the teacher and the students and between the students themselves, while others do not. The metaphors are expressed with various semiotic resources such as speech, writing, image and gestures (Pettersson, Danielsson & Rundgren, under review).

Further, the results in article 3 indicate that metaphors based on functional similarity have a higher pedagogical affordance than metaphors based on structural similarity. The use of functional metaphors may provide links between everyday terms and more complex disciplinary terms, for instance 'gates' as metaphors for membrane proteins, and further, that students can gain from classroom discussions about the metaphors and their connections to the scientific terms (Pettersson, Danielsson & Rundgren, under review). Hence, when appropriate resources that have a high pedagogical affordance are used in teaching contexts, it contributes to the students' meaning-making. The signs of scientific meaning-making which the students display are identified through their transformation or transduction of the resources that they have had access to in the teaching.

The results in article 4 provide an overview of students' use of scientific terms and everyday expressions and also focus on how these are linked to the meso- and sub-micro level, and to the animation used. They also show how the teacher-led review affects students' use of everyday expressions and scientific terms. The results show that students use everyday expressions to explain the scientific terms and processes at the meso and submicro level. The everyday expressions are often used as a kind of translation from the scientific terms in the students' drawings. The results also show that the students who had an teacher review use more everyday expressions at the meso and submicro level to a greater extent than the students who did not have an teacher review (Pettersson, Rundgren & Tibell, under review).

Referenslista

- Aikenhead, G. (1996). Science education: Border crossing into the subculture of science. *Studies in Science Education*, 27(1), 1–52. <https://doi.org/10.1080/03057269608560077>
- 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*, 46(1), 27-49. <https://doi.org/10.1002/tea.20265>
- Airey, J., & Eriksson, U. (2019). Unpacking the Hertzprung- 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. <https://doi.org/10.16993/dfl.137>
- Airey, J. (2015). Social Semiotics in Higher Education: Examples from teaching and learning in undergraduate physics. In *SACF Singapore-Sweden Excellence Seminars, Swedish Foundation for International Cooperation in Research in Higher Education (STINT), 2015* (s. 103).
- Alberts, B. (1998). The cell as a collection of protein machines: preparing the next generation of molecular biologists. *Cell*, 92(3), 291-294. [http://doi.org/10.1016/S0092-8674\(00\)80922-8](http://doi.org/10.1016/S0092-8674(00)80922-8)
- Allen, T. F., & Hoekstra, T. W. (1990). The confusion between scale-defined levels and conventional levels of organization in ecology. *Journal of vegetation science*, 1(1), 5-12. <https://doi.org/10.2307/3236048>
- Assaraf, O. B. Z., Dodick, J., & Tripto, J. (2013). High school students' understanding of the human body system. *Research in Science Education*, 43(1), 33-56. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9245-2>
- Aubusson, P.J., Harrison, A.G., & Ritchie, S.M. (2006). Metaphor and analogy. In *Metaphor and analogy in science education* (s. 1–9). Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-3830-5_1

Barnett, J. (1992). Language in the science Classroom: Some issues for Teachers. *The Australian Science Teachers Journal*, 38(4), 8-13.

Berg, A., Orraryd, D., Jahic Pettersson, A. & Hultén, M. (2019). Representational challenges in animated chemistry: self-generated animations as a means to encourage students reflections on sub-micro processes in laboratory exercises. *Chemistry education*, 20(4), 710-737. <https://doi.org/10.1039/C8RP00288F>

Besson, U., & Viennot, L. (2004). Using models at the mesoscopic scale in teaching physics: Two experimental interventions in solid friction and fluid statics. *International Journal of Science Education*, 26(9), 1083–1110. <https://doi.org/10.1080/0950069042000205396>

Bezemer, J., & Kress, G. (2008). Writing in multimodal texts: A social semiotic account of designs for learning. *Written Communication*, 25(2), 166–195. <http://doi.org/10.1177/0741088307313177>

Biesta, G. & Burbules, N. C. (2003). *Pragmatism and educational research*. Rowman & Littlefield.

Bjärbo, L., Karlander, L., & Rodell, A. (2008). *Kompass Människan – Kroppen och Knoppen*. Stockholm: Natur och kultur. s. 44-45. Illustratör: Sonja Reuterskiöld

Bohlin, G., Göransson, A., Höst, G. E., & Tibell, L. A. E. (2017). A conceptual characterization of online videos explaining natural selection. *Science & Education*, 26(7), 975–999. <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9938-7>

Broman, K., Ekborg, M., & Johnels, D. (2011). Chemistry in crisis? Perspectives on teaching and learning chemistry in Swedish upper secondary schools. *NorDiNa: Nordic Studies in Science Education*, 7(1), 43-60. <https://doi.org/10.5617/nordina.245>

Brown, B. A., & Ryoo, K. (2008). Teaching science as a language. A “content-first” approach to science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(5), 529–553. <https://doi.org/10.1002/tea.20255>

Bryman, A. (2002). *Samhällsvetenskapliga metoder*. Liber.

Bryman, A. (2016). *Social research methods*. (Fifth edition). Oxford University Press.

Bucat, B., & Mocerino, M. (2009). Learning at the sub-micro level: Structural representations. I J. K. Gilbert, & D. F. Treagust (red.), *Multiple representations in chemical education*. Springer.
https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_2

Cakici, Y. (2005). Exploring Turkish upper primary level pupils' understanding of digestion. *International Journal of Science Education*, 27(1), 79-100.
<https://doi.org/10.1080/0950069032000052036>

Carvalho, G. S., Silva, R., Lima, N., Coquet, E., & Clément, P. (2004). Portuguese primary school children's conceptions about digestion: identification of learning obstacles. *International Journal of Science Education*, 26(9), 1111-1130.
<https://doi.org/10.1080/0950069042000177235>

Chandrasegaran, A., Treagust, D. F., & Mocerino, M. (2011). Facilitating High School Students' Use of Multiple Representations to Describe and Explain Simple Chemical Reactions. *Teaching Science*, 57(4), 13-20.

Clément, P. (2003). Situated conceptions and obstacles. The example of digestion/excretion. I Psillos D., Kariotoglou P., Tselves V., Hatzikraniotis E., Fasspoupoulos G., & Kallery M. (red.), *Science education research in the knowledge-based society* (s. 89-98). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0165-5_10

Cokelez, A. (2012). Junior high school students' ideas about the shape and size of the atom. *Research in Science Education*, 42(4), 673-686.
<https://doi.org/10.1007/s11165-011-9223-8>

Cope, B., & Kalantzis, M. (red.). (2000). *Multiliteracies. Literacy Learning and the Design of Social Futures*. Routledge.

Cuthbert, A. J. (2000). Do Children Have a Holistic View of Their Internal Body Maps? *School Science Review*, 82(299), 25-32.

Danielsson, K., Löfgren, R., & Pettersson, A. J. (2018). Gains and losses: Metaphors in chemistry classrooms. I *Global Developments in*

Literacy Research for Science Education (s. 219-235), Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-69197-8_14

Danielsson, K. (2016). Modes and meaning in the classroom – the role of different semiotic resources to convey meaning in science classrooms. *Linguistics & Education*, 35, 88–99.
<https://doi.org/10.1016/j.linged.2016.07.005>

Danielsson, K., & Selander, S. (2014). *Se texten! Multimodala texter i ämnesdidaktiskt arbete*. Gleerups Utbildning AB.

Delshammar, Marie (2014). *Utkik, 4-6, Biologi*. Gleerups Utbildning AB, Malmö. s. 130-131. Illustratör: Agnes Danielsson, Carina Ståhlberg

de Jong, O., & van Driel, J. (2004). Exploring the development of student teachers' PCK of the multiple meanings of chemistry topics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(4), 477–491. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-4197-x>

Dempster, E., & Stears, M. (2014). An analysis of children's drawings of what they think is inside their bodies: A South African regional study. *Journal of Biological Education*, 48(2), 71-79.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2013.837401>

Denscombe, M. (2000). *Forskningshandboken*. Studentlitteratur.

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672.

Egidius, H. (2006). *Termlexikon i pedagogik, skola och utbildning*. Lund: Studentlitteratur

Else, M. J., Clement, J., & Rea-Ramirez, M. A. (2008). Using analogies in science teaching and curriculum design: Some guidelines. I *Model based learning and instruction in science* (s. 215-231). Springer, Dordrecht.

Fabricius, S., Holm, F. & Nystrand, A. (2013). *Biologi Grundbok*. (4., uppdaterade uppl.) Stockholm: Liber. Illustratör: AB Typoform, s. 254

Flodin, V. S. (2015). *En didaktisk studie av kunskapsinnehåll i biologi på universitetet: med genbegreppet som exempel*. Diss, Institutionen för matematikämnet och naturvetenskapsämnenas didaktik, Stockholms universitet).

Fredlund, T. (2015). *Using a Social Semiotic Perspective to Inform the Teaching and Learning of Physics*. Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology.

Garcia-Barros, S., Martínez-Losada, C., & Garrido, M. (2011). What do Children Aged Four to Seven Know about the Digestive System and the Respiratory System of the Human Being and of Other Animals? *International Journal of Science Education*, 33(15), 2095-2122. doi.org/10.1080/09500693.2010.541528

Gee, J. P. (2004). *Situated language and learning: A critique of traditional schooling*. London: Routledge

Gellert, E. (1962). Children's conceptions of the content and functions of the human body. *Genetic Psychology Monographs*.

Gentner, D. (1982). Why nouns are learned before verbs: Linguistic relativity versus natural partitioning. *Center for the Study of Reading Technical Report; no. 257*.

Gentner, D., & Gentner, D. R. (1983). Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity. *Mental models*, 99, 129.

Gibbons, P. 2006. *Bridging Discourses in the ESL classroom. Students, Teachers and Researchers*. London: Continuum.

Gibson, J. (1977). The theory of affordances. In R. Shaw, & J. Bransford (Red.), *Perceiving, acting and knowing: Toward an ecological psychology* (pp. 67–82). Hillsdale: Lawrence Earlbaum.

Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). Towards a coherent model for macro, submicro and symbolic representations in chemical education. I *Multiple representations in chemical education* (s. 333-350). Springer, Dordrecht.

Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. I J. K. Gilbert, M. Reiner & M. Nakhleh

(red.) Visualization: Theory and Practice in Science Education, s. 3-24. Dordrecht: Springer.

Goodsell, D. S., Franzen, M. A., & Herman, T. (2018). From Atoms to Cells: Using Mesoscale Landscapes to Construct Visual Narratives. *Journal of molecular biology*. doi.org/10.1016/j.jmb.2018.06.009

Granklint Enochson, P., & Redfors, A. (2012). Students' ideas about the human body and their ability to transfer knowledge between related scenarios. *European Journal of Health and Biology Education*, 1(1 & 2), 3-29. doi.org/10.20897/lectito.201202

Granklint Enochson, P. (2008). *Elevers föreställningar om kroppens organ och kroppens hälsa utifrån ett skolsammanhang*. Lic, Linköping.

Gripshover, S. J., & Markman, E. M. (2013). Teaching young children a theory of nutrition conceptual change and the potential for increased vegetable consumption. *Psychological Science*, 24(8), 1541-1553. doi.org/10.1177/0956797612474827

Haglund, J. (2013). Collaborative and self-generated analogies in science education. *Studies in science Education*, 49(1), 35-68.

Hackling, M., Smith, P. & Murcia, K. (2010). Talking Science: Developing a discourse of inquiry. *Teaching Science*, 56(1). 17-22.

Halliday, M. A. K. (1978). Language as social semiotic. The social interpretation of language and meaning. Edward Arnold.

Halliday, M. A. K. & Martin, J. R. (1993). *Writing science. Literacy and discursive power*. University of Pittsburgh Press.

Halliday, M.A.K. & Hasan, R. (1989). *Language, context, and text: aspects of language in a social-semiotic perspective*. (2. ed.) Oxford: Oxford Univ. Press.

Halliday, M., Matthiessen, C. M., & Matthiessen, C. (2014). *An introduction to functional grammar*. Routledge.

Halloun, I.A. (2007). Mediated modeling in science education. *Science & Education*, 16 (7-8), 653-697. <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9004-3>

Hammar Chiriac, E. (2003). *Grupprocesser i utbildning: En studie av grupperns dynamik vid problembaserat lärande*. Diss, Linköping: Linköping Studies in Education and Psychology.

Hartwell, L. H., Hopfield, J. J., Leibler, S., & Murray, A. W. (1999). From molecular to modular cell biology. *Nature*, 402, C47-C52. doi.org/10.1038/35011540

Hipkiss, A. M. (2014). *Klassrummets semiotiska resurser. En språkdidaktisk studie av skolämnena hem- och konsumentkunskap, kemi och biologi*. Diss, Umeå universitet, Umeå

Hmelo, C. E., Holton, D. L., & Kolodner, J. L. (2000). Designing to learn about complex systems. *The Journal of the Learning Sciences*, 9(3), 247-298. doi.org/10.1207/S15327809JLS0903_2

Holmberg, P., & Karlsson, A-M. (2006). *Grammatik med betydelse*. Uppsala: Hallgren and Fallgren.

Hultén, M., Berg, A., Eriksson, I. & Danielsson, K. (2020). *Animerad kemi elever i grundskolans tidiga år förklarar kemiska samband*. Linköping: Linköping University Electronic Press.

Jewitt, C. (2008). Multimodality and literacy in school classrooms. *Review of Research in Education*, 32, 241–267. <https://doi.org/10.3102/0091732X07310586>

Jewitt, C. (red.) (2014). *The Routledge handbook of multimodal analysis* (2nd ed., Vol. 22). London: Routledge.

Jewitt, C., Bezemer, J.J. & O'Halloran, K.L. (2016). *Introducing multimodality*. Milton Park, Abingdon, Oxon: Routledge.

Johnson, G. T., Autin, L., Al-Alusi, M., Goodsell, D. S., Sanner, M. F., & Olson, A. J. (2015). cellPACK: a virtual mesoscope to model and visualize structural systems biology. *Nature methods*, 12(1), 85. doi.org/10.1038/nmeth.3204

Johnstone, A.H. (1991) Why is science difficult to learn? Things are seldom what they. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7 (2) 75-83. doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x

Johnstone, A. H. (1982). Macro- and micro-chemistry. *School Science Review*, 64, 377–379.

Jördens, J., Asshoff, R., Kullmann, H., & Hammann, M. (2016). Providing vertical coherence in explanations and promoting reasoning across levels of biological organization when teaching evolution. *International Journal of Science Education*, 38(6), 960-992. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1174790>

Kambrelis, G., & Wehunt, M. (2012). Hybrid discourse practice and science learning. *Cultural Studies of Science Education*, 7(3), 505-534. <https://doi.org/10.1007/s11422-012-9395-1>

Klein, P. D., & Kirkpatrick, L. C. (2010). Multimodal literacies in science: Currency, coherence and focus. *Research in Science Education*, 40(1), 87-92. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9159-4>

Knippels, M. C. (2002). *Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education : The yo-yo learning and teaching strategy*. Diss, Utrecht University.

Knippels, M. C., & Waarlo, A. (2018). Development, uptake, and wider applicability of the yo-yo strategy in biology education research: A reappraisal. *Education Sciences*, 8(3), 129. doi.org/10.3390/educsci8030129

Kozma, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction*, 13(2), 205-226. [doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00021-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00021-X)

Kozma, R., Chin, E., Russell, J., & Marx, N. (2000). The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 9(2), 105-143. https://doi.org/10.1207/s15327809jls0902_1

Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science*

Teaching, 34(9), 949-968. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199711\)34:9<949::AID-TEA7>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199711)34:9<949::AID-TEA7>3.0.CO;2-U)

Kresh, J. Y. (2006). Integrative systems view of life: perspectives from general systems thinking. I *Complex systems science in biomedicine* (s. 3-29). Springer, Dordrecht. doi.org/10.1007/978-0-387-33532-2_1

Kress, G. (2010). *Multimodality. A social semiotic approach to contemporary communication*. London: Routledge.

Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J., & Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom*. London: Continuum.

Kress, G. (2003). *Literacy in the new media age*. London: Routledge.

Krippendorff, K. (2013). *Content analysis: An introduction to its methodology*. Thousand Oaks, Calif. ; London : SAGE, 2013.

Kvale, S. (1997). *Den kvalitativa forskningsintervjun*. Lund: Studentlitteratur.

Lakoff, G., & Johnson, M. (2008). *Metaphors we live by*. University of Chicago press.

Lave, J. (1997). The culture of acquisition and the practice of understanding. *Situated cognition: Social, semiotic, and psychological perspectives*, 63-82.

Lemke, J. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. London: Ablex Publishing.

Lemke, J. (2006). Video epistemology in-and outside the box: Traversing attentional spaces. In R. Goldman, R. Pea, B. Barron & S. J. Denny (red.), *Video research in the learning sciences*. London: Lawrence Erlbaum.

Mason, L. (1993). Cognitive and metacognitive aspects in conceptual change by analogy. *Instructional Science*, 22(3), 157. <https://doi.org/10.1007/BF00892241>

Meijer, M. (2011). *Macro-meso-micro thinking with structure-property relations for chemistry education: an explorative design based study*. Diss, Utrecht University.

Meijer, M. R., Bulte, A. M. W., & Pilot, A. (2009). Structure–property relations between macro and micro representations: Relevant meso-levels in authentic tasks. I J. K. Gilbert & D. Treagust (red.), *Multiple representations in chemical education* (s. 195–213). Dordrecht, The Netherlands: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_10

Meijer, M. R., Bulte, A. M., & Pilot, A. (2013). Macro–micro thinking with structure–property relations: Integrating ‘meso-levels’ in secondary education. I *Concepts of matter in science education* (s. 419-436). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5914-5_20

Millar, R. (1990). Making sense: what use are particle ideas to children? I P.L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos, & A.J. Waarlo (red.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particle* (s. 283-293). Utrecht, The Netherlands: CDβ press

Miller, K., & Zhou, X. Z. (2006). Learning from classroom video: What makes it compelling and what makes it hard. I R. Goldman, R. Pea, B. Barron & S. J. Denny (red.), *Video research in the learning sciences*. London: Lawrence Erlbaum.

Mortimer, E., & Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Philadelphia, PA: Open University Press

Niebert, K., & Gropengiesser, H. (2015). Understanding Starts in the Mesocosm: Conceptual metaphor as a framework for external representations in science teaching. *International Journal of Science Education*, 37(5-6), 903-933. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1025310>

NTA Skolutveckling (26 april 2021). NTA-digital, människokroppen. <https://ntaskolutveckling.nu/teman/kroppen/>

Nygård Larsson, P. (2011). *Biologiämnets texter: Text, språk och lärande i en språkligt heterogen gymnasieklass*. Diss. Malmö högskola, Malmö.

Nygård Larsson, P. & Jakobsson, A. (2017). Semantiska vågor elevers diskursiva rörlighet i gruppsamtal. *NorDiNa*. (13:1, 17-35). <https://doi.org/10.5617/nordina.2739>

Ogborn, J., Kress, G., Martins, I., & MacGillicuddy, K. (1996). *Explaining science in the classroom*. Open University Press.

Olander, C., Wickman, P.-O., Tytler, R., & Ingerman, Å. (2018). Representations as mediation between purposes as junior secondary science students learn about the human body. *International Journal of Science Education*, 40(2), 204-226. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1407464>

Olander, C. (2009). *Towards an interlanguage of biological evolution: exploring students' talk and writing as an arena for sense-making*. Diss. Göteborg: Göteborgs universitet, 2010. Göteborg

Osborne, J., & Dillon, J. (2008). Science education in Europe: Critical reflections. A report to the Nuffield Foundation. London: The Nuffield Foundation.

Prain, V. (2004). The role of language in science learning and literacy. I C. S. Wallace, B. Hand & V. Prain (red.) *Writing and learning in the science classroom*. Dordrecht: Kluwer Academic (s. 33-45). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2018-6_4

Pettersson, A. J., Tibell L. A. E., Löfgren R. (2021). 'The brain needs nutrition': pupils' connections between organizational levels. *NorDiNa*, 17 (1), 48-63. <https://journals.uio.no/nordina/article/view/7930>

Pettersson, A. J., Danielsson, K., Rundgren, C-J (2020). 'Traveling nutrients': how students use metaphorical language to describe digestion and nutritional uptake. *International Journal of Science Education*. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1756514>

Raved, L., & Yarden, A. (2014). Developing seventh grade students' systems thinking skills in the context of the human circulatory system. *Frontiers in public health*, 2, 260. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2014.00260>

Reiss, M. J., & Tunnicliffe, S. D. (2001). Students' understandings of human organs and organ systems. *Research in Science Education*, 31(3), 383-399. <https://doi.org/10.1023/A:1013116228261>

Reiss, M. J., Tunnicliffe, S. D., Andersen, A. M., Bartoszeck, A., Carvalho, G. S., Chen, S.-Y., Marchenko, N. (2002). An international study of young peoples' drawings of what is inside themselves. *Journal of Biological Education*, 36(2), 58-64. <https://doi.org/10.1080/00219266.2002.9655802>

Reveles, J., & Brown, B. (2008). Contextual Shifting: Teachers Emphasizing Students' Academic Identity to Promote Scientific Literacy. *Science Education*, 92, 1015-1041. <https://doi.org/10.1002/sce.20283>

Robson, C. (2011). *Real world research: A resource for users of social research methods in applied settings*. Chichester : Wiley, 2011. <https://doi.org/10.1080/02607476.2012.708121>

Roberts, D. A. (2007). Scientific Literacy/Science Literacy. I S. Abell & N.G. Lederman (red.), *Handbook of Research on Science Education*. London: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers.

Rogoff, B. (1995). Observing sociocultural activity on three planes: participatory appropriation, guided participation, and apprenticeship. I Hall, K., Murphy, P. & Soler, K. (red.), *Pedagogy and Practice: Culture and Identities*. (2008) London: Sage.

Rogoff, B. (2003). *The Cultural Nature of Human Development*. Oxford: University Press.

Rose, G. (2001). *Visual Methodologies*. London: SAGE Publications.

Rowlands, M. (2004). What do children think happens to the food they eat? *Journal of Biological Education*, 38(4), 167-171. <https://doi.org/10.1080/00219266.2004.9655936>

Rostvall, A-L. & Selander, S. (red) 2010: *Design för lärande*. Stockholm: Norstedts.

Rundgren, C.-J. (2006a). Att börja tala 'biokemiska'- Betydelsen av metaforer och hjälpord för meningsskapande kring proteiner. *Nordic*

Studies in Science Education, 2(3), 30–42.
<https://doi.org/10.5617/nordina.412>

Rundgren, C.-J. (2006b). *Meaning-making in molecular life science education: Upper secondary school students interpretation of visualizations of proteins*. Dissertation, Department of Social and Welfare Studies, Linköping University, Linköping.

Rundgren, C.-J., Hirsch, R., & Tibell, L. A. E. (2009). Death of metaphors in life science: A study of upper secondary and tertiary students' use of metaphors and help-words in their meaning making of scientific content. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 10(3), 3.

Rundgren, C.-J., & Tibell, L. A. E. (2010). Critical features in visualizations of transport through the cell membrane - An empirical study of student' s meaning-making of a still image and an animation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(2), 223-246. <https://doi.org/10.1007/s10763-009-9171-1>

Saldaña, J. (2016). *The coding manual for qualitative researchers* (3rd ed.). Los Angeles: SAGE.

Schleppegrell, M. (2004). *The language of schooling; a functional linguistics perspective*. London: Lawrence Erlbaum Associates.

Schneeweiß, N., & Gropengießer, H. (2019). Organising Levels of Organisation for Biology Education: A Systematic Review of Literature. *Education Sciences*, 9(3), 207.
<https://doi.org/10.3390/educsci9030207>

Schoultz, J. (1999). Naturvetenskaplig kunskap i samtal om paper- och penna-test. I I. Carlgren (Red.), *Miljöer för lärande*. Lund: Studentlitteratur.

Schoultz, J. (2002). Att utvärdera begreppsförståelse. I H. Strömdahl (red.), *Kommunicera naturvetenskap i skolan*. Lund: Studentlitteratur.

Schönborn, K. J., & Anderson, T. R. (2006). The importance of visual literacy in the education of biochemists. *Biochemistry and molecular biology education*, 34(2), 94-102.
<https://doi.org/10.1002/bmb.2006.49403402094>

Selander, S. (2008). Designs for learning-A theoretical perspective. *Designs for learning*, 1(1). <http://dx.doi.org/10.16993/dfl.5>

Selander, S. 2009: Didaktisk design. I S. Selander & E. Svärdemo-Åberg (red.): *Didaktisk design i digital miljö – nya möjligheter för lärande*. Stockholm: Liber.

Selander, S., & Kress, G. R. (2017). *Design för lärande: ett multimodalt perspektiv*. Lund: Studentlitteratur.

Sjöberg, S. (2000). *Naturvetenskap som allmänbildning – en kritisk ämnesdidaktik*. Lund: Studentlitteratur.

Skolverket. (2018). *Läroplan för förskolan: Lpfö98*. Stockholm: Skolverket

Skolverket. (2016). *Kursplanen i biologi*. Stockholm: Skolverket.

Skolverket. (2019). *Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet 2011*. Reviderad 2019. Stockholm: Skolverket.

Snapir, Z., Eberbach, C., Ben-Zvi-Assaraf, O., Hmelo-Silver, C., & Tripto, J. (2017). Characterising the development of the understanding of human body systems in high-school biology students—a longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 39(15), 2092-2127. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1364445>

Strömdahl, H. (red.). (2002). *Kommunicera naturvetenskap i skolan – några forskningsresultat*. Lund: Studentlitteratur.

Säljö, R., Schoulz, J. & Wyndham, J. (1999). Artefakter som tankestöta. I I. Carlgren. *Miljöer för lärande*. Lund: Studentlitteratur.

Sutton, C. (1992). *Words, science and learning*. Buckingham: Open University Press.

Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to

inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 156-168. <https://doi.org/10.1039/C3RP00012E>

Taber, K. S., & Watts, M. (1996). The secret life of the chemical bond: Students' anthropomorphic and animistic references to bonding. *International Journal of Science Education*, 18(5), 557-568. <https://doi.org/10.1080/0950069960180505>

Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195. <https://doi.org/10.1080/09500690903386435>

Tang, K.-S., & Danielsson, K. (red.). (2018). *Global Developments in Literacy Research for Science Education*. Cham, Switzerland: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-69197-8>

Teixeira, F. M. (2000). What happens to the food we eat? Children's conceptions of the structure and function of the digestive system. *International Journal of Science Education*, 22(5), 507-520. <https://doi.org/10.1080/095006900289750>

Thompson, G. (2014). *Introducing functional grammar* (3rd ed.). Routledge.

Thulin, S. (2011). *Lärares tal och barns nyfikenhet: kommunikation om naturvetenskapliga innehåll i förskolan*. Diss, Göteborgs universitet. Utbildningsvetenskapliga fakulteten.

Tobin, K. (2006). Why do science teachers teach the way they do and how can they improve practice? I *Metaphor and analogy in science education* (s. 155-164): Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-3830-5_13

Tripto, J., Ben-Zvi Assaraf, O., Snapir, Z., & Amit, M. (2016). The 'What is a system' reflection interview as a knowledge integration activity for high school students' understanding of complex systems in human biology. *International Journal of Science Education*, 38(4), 564-595. doi.org/10.1080/09500693.2016.1150620

Tsui, C.-Y., & Treagust, D. F. (2013). *Introduction to multiple representations: Their importance in biology and biological education*. I D. F. Treagust & C.-Y. Tsui (red.), Multiple

representations in biological education (s. 3–18). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4192-8_1

Uljens, M. (red.) (1997). *Didaktik: teori, reflektion och praktik*. Lund: Studentlitteratur

Unsworth, L. (2001). *Teaching multiliteracies across the curriculum. Changing contexts of text and image in classroom practice*. New York: Open University Press.

Utbildningsradion. UR Play (25 maj 2021). *Cellstaden & Världens minsta restaurang*. <https://urplay.se/program/177547-utflykter-till-livets-karna-cellstaden>

Van Leeuwen, T. (2005). *Introducing social semiotics*. Psychology Press.

van Mil, M. H. W., Postma, P. A., Boerwinkel, D. J., Klaassen, K., & Waarlo, A. J. (2016). Molecular mechanistic reasoning: Toward bridging the gap between the molecular and cellular levels in life science education. *Science Education*, 100 (3), 517-585. doi.org/10.1002/sce.21215

Verhoeff, R. P., Knippels, M. C. P., Gilissen, M. G., & Boersma, K. T. (2018). The theoretical nature of systems thinking. Perspectives on systems thinking in biology education. I *Frontiers in Education* (Vol. 3, s. 40). Frontiers. <https://doi.org/10.3389/feduc.2018.00040>

Vetenskapsrådet (2017). *God forskningssed*. (Reviderad utgåva). Stockholm: Vetenskapsrådet.

Vollmer, G. (1984). Mesocosm and objective knowledge. I M. Wuketits (red.), *Concepts and approaches in evolutionary epistemology* (s. 69–121). Dordrecht: Reidel Publishing Company. https://doi.org/10.1007/978-94-009-7127-1_4

Wellington, J. & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Buckingham. Open University Press.

Wenger, E. (1998): *Communities of practice*. New York, Cambridge University Press.

Wiblom, J., Andrée, M., & Rundgren, C. J. (2020). Navigating alarming media messages about nutrition and health. *Science & Education*, 29(1), 75–100.
<https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2021.100516>

Östman, L., 2002: Att kommunicera om naturen. I: Strömdahl, Helge (red.), *Kommunicera naturvetenskap i skolan – några forskningsresultat*. Lund: Studentlitteratur.

Bilaga 1

Till vårdnadshavare för barn på x-skolan

Jag heter Alma Jahic Pettersson och arbetar som doktorand i naturvetenskapernas didaktik vid Linköpings universitet. I en kommande forskningsstudie avser jag att undersöka hur en animation (som är en del av NTA- Naturvetenskap och Teknik för Alla) fungerar som verktyg för elevers uttryck av matspjälkning och näringsupptag som kemiska processer i kroppen. Studien utgör en del av min avhandling som handlar om elevers meningsskapande av matspjälkningen med fokus på språkliga uttryck samt tolkningar av visualiseringar. Datainsamlingen kommer bestå av elevernas teckningar samt ljud- och videoinspelningar av samtal, både enskilt och i grupp, där eleverna berättar om vad de har ritat samt samtalar om vad som visas i animationen.

Det material som samlas in kommer att analyseras och användas i t.ex. forskningsartiklar, böcker och konferensmaterial. Inga namn på vare sig barn eller skolor kommer att nämnas i publikationerna. Studien följer Vetenskapsrådets forskningsetiska principer. Dessa innebär, förutom att jag anonymiserar alla namn, att ditt barns deltagande är helt frivilligt och du när som helst kan avbryta ditt barns deltagande utan närmare motivering. Om ni känner tveksamheter eller har ytterligare frågor om arbetet kan ni alltid kontakta mig direkt via mail, telefon eller prata med ditt barns lärare.

För att kunna genomföra studien behövs svar från er som vårdnadshavare, vare sig ni ger ert samtycke eller ej till att ert barn medverkar. Eleverna kommer också att tillfrågas om de vill vara med och informeras om att de kan välja att avbryta sitt deltagande om de vill.

Vänligen fyll i bifogat svarsformulär och lämna detta till klassläraren på skolan så snart som möjligt men dock **senast 22 oktober 2019**

Med Vänliga Hälsningar
Alma Jahic Pettersson
011 36 30 42
alma.pettersson@liu.se

Avtal avseende användningsbegränsning av forskningsmaterial

Detta avtal är ett medgivande till materialanvändning från den som deltagit i en undersökning, i en intervju eller vid en ljud- bildupptagning med avsikt att ge råmaterial till forskning, vid institutionen ISV vid Linköpings universitet.

Allmänt användande av materialet

Allmänt användande av materialet avser t.ex. analys av teckningar och intervjusvar. Det innebär att materialet ej sprids utanför de inblandade forskargrupperna. Allt material är avidentifierat.

☐ Jag medger

☐ Jag medger ej

att teckningar och intervjumaterial samt upptaget bild- och ljudmaterial där mitt barn medverkar får användas i forskningssyfte och datorbehandlas, förutsatt att det hanteras i enlighet med vedertagen svensk forskningsetik.

Utdrag ur materialet för användning vid tryckning.

Forskningsmaterial publiceras oftast i tryckt form där citat ur intervjumaterial och teckningar kan förtydliga budskapet. Publicering sker i vetenskapliga tidsskrifter och i samband med forskningsrelaterade konferenser.

☐ Jag medger

☐ Jag medger ej

att teckningar samt utdrag ur transkriberade ljudupptagning av intervju där mitt barn medverkar får användas vid publicering i tryckt form, förutsatt att mitt barns namn döljs.

Utdrag ur materialet för användning vid presentationer

Det huvudsakliga syftet med att använda utdrag ur materialet är att kunna visa på specifika situationer som bedöms vara relevanta i relation till forskningen.

☐ Jag medger att intervjusvar och teckningar får visas

☐ Jag medger ej att intervjusvar och teckningar får visas

☐ Jag medger att bild- och ljudupptagningar får visas

☐ Jag medger ej att bild- och ljudupptagningar får visas

Ångerrätt

Jag förbehåller mig rätten att vid senare datum ändra mina nuvarande medgivanden, varvid jag insänder en uppdaterad version av detta avtal till nedanstående kontaktperson. Det uppdaterade avtalet träder i kraft när det mottages av kontaktpersonen och gäller ej retroaktivt avseende publicering utförd i enlighet med tidigare avtal.

Kontaktperson

Namn: Alma Jahic Pettersson

E-post: alma.pettersson@liu.se

Telefon: 011 36 30 42

Adress: ISV, Linköpings Universitet

Underskrift

Barnets namn
Målsmans namn (textat)
Ort och datum
Målsmans underskrift

Vänligen lämna svarsformuläret till ditt barns lärare senast 22 oktober 2019

Artiklar

De till denna avhandling tillhörande artiklarna har tagits bort av upphovsrättsliga skäl. För mer information gå till:

<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-175555>

1. Margareta Enghag (2004): MINIPROJECTS AND CONTEXT RICH PROBLEMS – Case studies with qualitative analysis of motivation, learner ownership and competence in small group work in physics. (licentiate thesis) Linköping University
2. Carl-Johan Rundgren (2006): Meaning-Making in Molecular Life Science Education – upper secondary school students' interpretation of visualizations of proteins. (licentiate thesis) Linköping University
3. Michal Drechsler (2005): Textbooks', teachers', and students' understanding of models used to explain acid-base reactions. ISSN: 1403-8099, ISBN: 91-85335-40-1. (licentiate thesis) Karlstad University
4. Margareta Enghag (2007): Two dimensions of Student Ownership of Learning during Small-Group Work with Miniprojects and context rich Problems in Physics. ISSN: 1651-4238, ISBN: 91-85485-31-4. (Doctoral Dissertation) Mälardalen University
5. Maria Åström (2007): Integrated and Subject-specific. An empirical exploration of Science education in Swedish compulsory schools. (Licentiate thesis) Linköping university
6. Ola Magntorn (2007): Reading Nature: developing ecological literacy through teaching. (Doctoral Dissertation) Linköping University
7. Maria Andree (2007): Den levda läroplanen. En studie av naturorienterande undervisningspraktiker i grundskolan. ISSN: 1400-478X, HLS Förlag: ISBN 978-91-7656-632-9 (Doctoral Dissertation, LHS)
8. Mattias Lundin (2007): Students' participation in the realization of school science activities.(Doctoral Dissertation) Linköping University
9. Michal Drechsler (2007): Models in chemistry education. A study of teaching and learning acids and bases in Swedish upper secondary schools ISBN 978-91-7063-112-2 (Doctoral Dissertation) Karlstad University
10. Proceedings from FontD Vadstena-meeting, April 2006.
11. Eva Blomdahl (2007): Teknik i skolan. En studie av teknikundervisning för yngre skolbarn. ISSN: 1400-478X, HLS Förlag: ISBN 978-91-7656-635-0 (Doctoral Dissertation, LHS)
12. Iann Lundegård (2007): På väg mot pluralism. Elever i situerade samtal kring hållbar utveckling. ISSN:1400-478X, HLS Förlag: ISBN 978-91-7656-642-8 (Doctoral Dissertation, LHS)
13. Lena Hansson (2007): ”Enligt fysiken eller enligt mig själv?” – Gymnasieelever, fysiken och grundantaganden om världen. (Doctoral Dissertation) Linköping University.

14. Christel Persson (2008): Sfärernas symfoni i förändring? Lärande i miljö för hållbar utveckling med naturvetenskaplig utgångspunkt. En longitudinell studie i grundskolans tidigare årskurser. (Doctoral Dissertation) Linköping University
15. Eva Davidsson (2008): Different Images of Science – a study of how science is constituted in exhibitions. ISBN: 978-91-977100-1-5 (Doctoral Dissertation) Malmö University
16. Magnus Hultén (2008): Naturens kanon. Formering och förändring av innehållet i folkskolans och grundskolans naturvetenskap 1842-2007. ISBN: 978-91-7155-612-7 (Doctoral Dissertation) Stockholm University
17. Lars-Erik Björklund (2008): Från Novis till Expert: Förtroghetskunskap i kognitiv och didaktisk belysning. (Doctoral Dissertation) Linköping University.
18. Anders Jönsson (2008): Educative assessment for/of teacher competency. A study of assessment and learning in the "Interactive examination" for student teachers. ISBN: 978-91-977100-3-9 (Doctoral Dissertation) Malmö University
19. Pernilla Nilsson (2008): Learning to teach and teaching to learn - primary science student teachers' complex journey from learners to teachers. (Doctoral Dissertation) Linköping University
20. Carl-Johan Rundgren (2008): VISUAL THINKING, VISUAL SPEECH - a Semiotic Perspective on Meaning-Making in Molecular Life Science. (Doctoral Dissertation) Linköping University
21. Per Sund (2008): Att urskilja selektiva traditioner i miljöundervisningens socialisationsinnehåll – implikationer för undervisning för hållbar utveckling. ISBN: 978-91-85485-88-8 (Doctoral Dissertation) Mälardalen University
22. Susanne Engström (2008): Fysiken spelar roll! I undervisning om hållbara energisystem - fokus på gymnasiekursen Fysik A. ISBN: 978-91-85485-96-3 (Licentiate thesis) Mälardalen University
23. Britt Jakobsson (2008): Learning science through aesthetic experience in elementary school science. Aesthetic judgement, metaphor and art. ISBN: 978-91-7155-654-7. (Doctoral Dissertation) Stockholm university
24. Gunilla Gunnarsson (2008): Den laborativa klassrumsverksamhetens interaktioner - En studie om vilket meningsskapande år 7-elever kan erbjudas i möten med den laborativa verksamhetens instruktioner, artefakter och språk inom elementär ellära, samt om lärares didaktiska handlingsmönster i dessa möten. (Doctoral Dissertation) Linköping University
25. Pernilla Granklint Enochson (2008): Elevernas föreställningar om kroppens organ och kroppens hälsa utifrån ett skolsammanhang. (Licentiate thesis) Linköping University
26. Maria Åström (2008): Defining Integrated Science Education and putting it to test (Doctoral Dissertation) Linköping University
27. Niklas Gericke (2009): Science versus School-science. Multiple models in genetics – The depiction of gene function in upper secondary textbooks and its influence on students' understanding. ISBN 978-91-7063-205-1 (Doctoral Dissertation) Karlstad University

28. Per Högström (2009): Laborativt arbete i grundskolans senare år - lärares mål och hur de implementeras. ISBN 978-91-7264-755-8 (Doctoral Dissertation) Umeå University
29. Annette Johnsson (2009): Dialogues on the Net. Power structures in asynchronous discussions in the context of a web based teacher training course. ISBN 978-91-977100-9-1 (Doctoral Dissertation) Malmö University
30. Elisabet M. Nilsson (2010): Simulated "real" worlds: Actions mediated through computer game play in science education. ISBN 978-91-86295-02-8 (Doctoral Dissertation) Malmö University
31. Lise-Lotte Österlund (2010): Redox models in chemistry: A depiction of the conceptions held by upper secondary school students of redox reactions. ISBN 978-91-7459-053-1 (Doctoral Dissertation) Umeå University
32. Claes Klasander (2010): Talet om tekniska system – förväntningar, traditioner och skolverkligheter. ISBN 978-91-7393-332-2 (Doctoral Dissertation) Linköping University
33. Maria Svensson (2011): Att urskilja tekniska system – didaktiska dimensioner i grundskolan. ISBN 978-91-7393-250-9 (Doctoral Dissertation) Linköping University
34. Nina Christenson (2011): Knowledge, Value and Personal experience – Upper secondary students' use of supporting reasons when arguing socioscientific issues. ISBN 978-91-7063-340-9 (Licentiate thesis) Karlstad University
35. Tor Nilsson (2011): Kemistudenters föreställningar om entalpi och relaterade begrepp. ISBN 978-91-7485-002-4 (Doctoral Dissertation) Mälardalen University
36. Kristina Andersson (2011): Lärare för förändring – att synliggöra och utmana föreställningar om naturvetenskap och genus. ISBN 978-91-7393-222-6 (Doctoral Dissertation) Linköping University
37. Peter Frejd (2011): Mathematical modelling in upper secondary school in Sweden An exploratory study. ISBN: 978-91-7393-223-3 (Licentiate thesis) Linköping University
38. Daniel Dufåker (2011): Spectroscopy studies of few particle effects in pyramidal quantum dots. ISBN 978-91-7393-179-3 (Licentiate thesis) Linköping University
39. Auli Arvola Orlander (2011): Med kroppen som insats: Diskursiva spänningsfält i biologiundervisningen på högstadiet. ISBN 978-91-7447-258-5 (Doctoral Dissertation) Stockholm University
40. Karin Stolpe (2011): Att uppmärksamma det väsentliga. Lärares ämnesdidaktiska förmågor ur ett interaktionskognitivt perspektiv. ISBN 978-91-7393-169-4 (Doctoral Dissertation) Linköping University
41. Anna-Karin Westman (2011) Samtal om begreppskartor – en väg till ökad förståelse. ISBN 978-91-86694-43-2 (Licentiate thesis) Mid Sweden University
42. Susanne Engström (2011) Att värdsamt värdesätta eller tryggt trotsa. Gymnasiefysiken, undervisningstraditioner och fysiklärares olika strategier för energiundervisning. ISBN 978-91-7485-011-6 (Doctoral Dissertation) Mälardalen University
43. Lena Adolfsson (2011) Attityder till naturvetenskap. Förändringar av flickors och pojkars attityder till biologi, fysik och kemi 1995 till 2007. ISBN 978-91-7459-233-7 (Licentiate thesis) Umeå University

44. Anna Lundberg (2011) Proportionalitetsbegreppet i den svenska gymnasie-matematiken – en studie om läromedel och nationella prov. ISBN 978-91-7393-132-8 (Licentiate thesis) Linköping University
45. Sanela Mehanovic (2011) The potential and challenges of the use of dynamic software in upper secondary Mathematics. Students' and teachers' work with integrals in GeoGebra based environments. ISBN 978-91-7393-127-4 (Licentiate thesis) Linköping University
46. Semir Becevic (2011) Klassrumsbedömning i matematik på gymnasieskolans nivå. ISBN 978-91-7393-091-8 (Licentiate thesis) Linköping University
47. Veronica Flodin (2011) Epistemisk drift - genbegreppets variationer i några av forskningens och undervisningens texter i biologi. ISBN 978-91-9795-161-6 (Licentiate thesis) Stockholm University
48. Carola Borg (2011) Utbildning för hållbar utveckling ur ett lärarperspektiv – Ämnesbundna skillnader i gymnasieskolan. ISBN 978-91-7063-377-5 (Licentiate thesis) Karlstad University
49. Mats Lundström (2011) Decision-making in health issues: Teenagers' use of science and other discourses. ISBN 978-91-86295-15-8 (Doctoral Dissertation) Malmö University
50. Magnus Oscarsson (2012) Viktigt, men inget för mig. Ungdomars identitetsbygge och attityd till naturvetenskap. ISBN: 978-91-7519-988-7 (Doctoral Dissertation) Linköping University
51. Pernilla Granklint Enochson (2012) Om organisation och funktion av människokroppens organsystem – analys av elevsvar från Sverige och Sydafrika. ISBN 978-91-7519-960-3 (Doctoral Dissertation) Linköping University
52. Mari Stadig Degerman (2012) Att hantera cellmetabolismens komplexitet – Meningsskapande genom visualisering och metaforer. ISBN 978-01-7519-954-2 (Doctoral Dissertation) Linköping University
53. Anna-Lena Göransson (2012) The Alzheimer A β peptide: Identification of Properties Distinctive for Toxic Prefibrillar Species. ISBN 978-91-7519-930-6 (Licentiate thesis) Linköping University
54. Madelen Bodin (2012) Computational problem solving in university physics education - Students' beliefs, knowledge, and motivation. ISBN 978-91-7459-398-3 (Doctoral Dissertation) Umeå University
55. Lena Aretorn (2012) Mathematics in the Swedish Upper Secondary School Electricity Program: A study of teacher knowledge. ISBN 978-91-7459-429-4 (Licentiate thesis) Umeå University
56. Anders Jidesjö (2012) En problematisering av ungdomars intresse för naturvetenskap och teknik i skola och samhälle – Innehåll, medierna och utbildningens funktion. ISBN 978-91-7519-873-6 (Doctoral Dissertation) Linköping University
57. Thomas Lundblad (2012) Simulerad verklighet i gymnasieskolans fysik: en designstudie om en augmented reality simulering med socio-naturvetenskapligt innehåll. ISBN 978-91-7519-854-5 (Licentiate thesis) Linköping University
58. Annie-Maj Johansson (2012) Undersökande arbetssätt i NO-undervisningen i grundskolans tidigare årskurser. ISBN 978-91-7447-552-4 (Doctoral Dissertation) Stockholm University

59. Anna Jobér (2012) Social Class in Science Class. ISBN 978-91-86295-31-8 (Doctoral Dissertation) Malmö University
60. Jesper Haglund (2012) Analogical reasoning in science education – connections to semantics and scientific modeling in thermodynamics. ISBN 978-91-7519-773-9 (Doctoral Dissertation) Linköping University
61. Fredrik Jeppsson (2012) Adopting a cognitive semantic approach to understand thermodynamics within science education. ISBN 978-91-7519-765-4 (Doctoral Dissertation) Linköping University
62. Maria Petersson (2012) Lärares beskrivningar av evolution som undervisningsinnehåll i biologi på gymnasiet. ISBN 978-91-7063-453-6 (Doctoral Dissertation) Karlstad University
63. Henrik Carlsson (2012) Undervisningsform, klassrumsnormer och matematiska förmågor. En studie av ett lokalt undervisningsförsök för elever med intresse och fallenhet för matematik. ISBN 978-91-86983-89-5 (Licentiate thesis) Linnaeus University
64. Anna Bergqvist (2012) Models of Chemical Bonding. Representations Used in School Textbooks and by Teachers and their Relation to Students' Understanding. ISBN 978-91-7063-463-5 (Licentiate thesis) Karlstad University
65. Nina Kilbrink (2013) Lära för framtiden: Transfer i teknisk yrkesutbildning. ISBN 978-91-7063-478-9 (Doctoral Dissertation) Karlstad University
66. Caroline Larsson (2013) Experiencing Molecular Processes. The Role of Representations for Students' Conceptual Understanding. ISBN 978-91-7519-607-7 (Doctoral Dissertation) Linköping University
67. Anna-Karin Carstensen (2013) Connect Modelling Learning to Facilitate Linking Models and the Real World through Labwork in Electric Circuit Courses for Engineering Students ISBN 978-91-7519-562-9 (Doctoral Dissertation) Linköping University
68. Konferensproceeding: 10-year Anniversary Meeting with the Scientific Committee
69. Marie Bergholm (2014) Gymnasieelevers kommunikativa strategier i matematikklassrummet. En fallstudie av ett smågruppsarbete om derivata ISBN 978-91-7519-306-9 (Licentiate thesis) Linköping University
70. Ingrid Lundh (2014) Undervisa Naturvetenskap genom Inquiry – En studie av två högstadielärare. ISBN 978-91-7519-285-7 (Licentiate thesis) Linköping University
71. Nils Boman (2014) Personality traits in fish - implications for invasion biology ISBN:978-91-7601-097-6 (Licentiate thesis) Umeå University
72. Torodd Lunde (2014) När läroplan och tradition möts - lärarfortbildning och syften med undersökande aktiviteter inom den laborativa NO-undervisningen i grundskolans senare del. ISBN: 978-91-7063-577-9 (Licentiate thesis) Karlstad University
73. Martin Eriksson (2014) Att ta ställning - gymnasieelevers argumentation och beslutsfattande om sociovetenskapliga dilemman. ISBN 978-91-7063-588-5 (Licentiate thesis), Karlstad University
74. Annalena Holm (2014) Mathematics Communication within the Frame of Supplemental Instruction. Identifying Learning Conditions. ISBN 978-91-7623-112-8 (Licentiate thesis) Lund University

75. Daniel Olsson (2014) Young people's 'Sustainability Consciousness' – Effects of ESD implementation in Swedish schools. ISBN 978-91-7063-594-6. (Licentiate thesis) Karlstad University
76. Marlene Sjöberg (2014) Möjligheter i kollegiala samtal om NO-undervisning och bedömning. <https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/24063> (Licentiate thesis) Gothenburg University.
77. Teresa Berglund (2014) Student 'Sustainability Consciousness' and Decision-Making on Sustainability Dilemmas. Investigating effects of implementing education for sustainable development in Swedish upper secondary schools. ISBN 978-91-7063-599-1 (Licentiate thesis) Karlstad University
78. Elisabet Mellroth (2014) High achiever! Always a high achiever? A comparison of student achievements on mathematical tests with different aims and goals. ISBN 978-91-7063-607-3 (Licentiate thesis) Karlstad University
79. Jenny Green (2014) Elevers användande av formativ återkoppling i matematik. ISBN 978-91-7519-164-5 (Licentiate thesis) Linköping University
80. Klara Kerekes (2014) Undervisning om växande geometriska mönster-en variationsteoretisk studie om hur lärare behandlar ett matematiskt innehåll på mellanstadiet. ISBN: 978-91-7519-135-5 (Licentiate thesis) Linköping University
81. Cecilia Axell (2015) Barnlitteraturens tekniklandskap: en didaktisk vandring från Nils Holgersson till Pettson och Findus. ISBN 978-91-7519-227-7 (Doctoral Dissertation) Linköping University.
82. Jan Forsgren (2015) Synthesis and characterization of catalysts for hydrogen production from water ISBN 978-91-7601-206-2.(Licentiate thesis) Umeå University
83. Maria Eriksson (2015) Att kommunicera naturvetenskap i nationella prov: En studie med andraspråksperspektiv. ISBN 978-91-7519-138-6 (Licentiate thesis) Linköping University
84. Tomas Jemsson (2015) Time correlated single photon spectroscopy on pyramidal quantum dots. ISBN 978-91-7519-143-0 (Licentiate thesis) Linköping University
85. Helen Hasslöf (2015) The Challenge of Education for Sustainable Development. *Qualification, social change and the political* ISBN: 978-91-7519-127-0 (Doctoral Dissertation) Linköping University.
86. Johan Sidenvall (2015) Att lära sig resonera – Om elevers möjligheter att lära sig resonera matematiskt. ISBN 978-91-7519-100-3 (Licentiate thesis) Linköping University.
87. Jonas Jäder (2015) Elevers möjligheter till lärande av matematiska resonemang. ISBN 978-91-7519-099-0 (Licentiate thesis) Linköping University.
88. Laurence Russell (2015) Exploring systematic lesson variation -a teaching method in mathematics. ISBN 978-91-7519-041-9 (Licentiate thesis) Linköping University.
89. Roger Andersson (2015). Ett lysande experiment. En studie av lärandeprogressionen vid lärande med datorstöd i optik. ISBN 978-91-7485-215-8 (Licentiate thesis) Mälardalen University.

90. Therese Granekull (2015). Kamratbedömning i naturvetenskap på mellanstadiet - formativ återkoppling genom gruppsamtal. ISBN: 978-91-86295-74-5 (Licentiate thesis) Malmö högskola.
91. Yukiko Asami-Johansson (2015) Designing Mathematics Lessons Using Japanese Problem Solving Oriented Lesson Structure. A Swedish Case Study. ISBN. 978-91-7685-990-2 (Licentiate thesis) Linköping University.
92. Katarina Ottander (2015). Gymnasieelevers diskussioner utifrån hållbar utveckling. Meningsskapande, naturkunskapande, demokratiskapande. ISBN 978-91-7601-322-9 (Doctoral Dissertation) Umeå University
93. Lena Heikka (2015) Matematiklärares målkommunikation - En jämförelse av elevernas uppfattningar, lärarens beskrivningar och den realiserade undervisningen. ISBN: 978-91-7583-446-7 (Licentiate thesis) Luleå University of Technology.
94. Anette Pripp (2016) Välja teknik? Ungdomars röster om valet till gymnasiets teknikprogram. ISBN 978-91-7685-775-5 (Licentiate thesis) Linköping University.
95. Annika Pettersson (2016) Grafisk och algebraisk representation: Gymnasieelevers förståelse av linjära funktioner. ISBN 978-91-7063-705-6 (Licentiate thesis) Karlstad University.
96. Erika Boström (2017) Formativ bedömning: En enkel match eller en svår utmaning? Effekter av en kompetensutvecklingssatsning på lärarnas praktik och på elevernas prestationer i matematik. ISBN 978-91-7601-706-7 (Doctoral Dissertation) Umeå University.
97. Gustav Bohlin (2017) Evolving germs – Antibiotic resistance and natural selection in education and public communication. ISBN: 978-91-7685-489-1 (Doctoral Dissertation) Linköping University.
98. Daniel Åkerblom (2018) Meningsfullhet i lärandet – hur kan autenticitet förändra undervisningspraktiken? ISBN: 978-91-88761-19-4 (Licentiate thesis) Linnaeus University.
99. Charlotta Nordlöf (2018) Tekniklärares attityder till teknikämnet och teknikundervisningen. ISBN 978-91-7685-328-3 (Licentiate thesis) Linköping University.
100. Johan Boström (2018) Teknik i förskolan – att motverka traditionella könsroller – En aktionsforskningsstudie. ISBN 978-91-7685-307-8 (Licentiate thesis) Linköping University
101. Christian Rydberg (2018) Didaktiska dilemman i undervisning utifrån samhällsdilemman ISBN 978-91-86295-78-3 (Licentiate thesis) Malmö University
102. Magnus Jansson (2018) Risken blir ju att det blir mer skola av det"! En studie om teknik på fritidshem ISBN 978-91-7685-272-9 (Licentiate thesis) Linköping University
103. Maria Lindfors (2018) "Kunskap är vad du vet, och vet du inte kan du alltid googla!" Elevers epistemic beliefs i naturvetenskaplig undervisningskontext. ISBN 978-91-7601-887-3 (Doctoral Dissertation) Umeå University
104. Felix Schultze (2018) Coteaching chemical bonding with Upper secondary senior students - A way to refine teachers' PCK. ISBN 978-91-7685-211-8 (Licentiate thesis) Linköping University

105. Jörgen Stenlund (2018). **Travelling through time** – Students' interpretation of evolutionary time in dynamic visualizations. ISBN 978-91-7685-121-0 (Licentiate thesis) Linköping University
106. Johanna Andersson (2019). Barns teckningar som utgångspunkt i det naturvetenskapliga samtalet. ISBN 978-91-7685-045-9 (Doctoral Dissertation) Linköping University
107. Johanna Frejd (2019). Encountering Evolution – Children's Meaning-Making Processes in Collaborative Interactions. ISBN 978-91-7685-005-3 (Doctoral Dissertation) Linköping University
108. Anna Otterborn (2020). Datorplattor i en förskolekontext – med fokus på teknikundervisning inklusive programmering. ISBN 978-91-7929-908-8 (Licentiate thesis) Linköping University
109. Simon Holmström (2020). Laborationsundervisning i gymnasiefysiken: Vad påverkar lärares val av laborationer? ISBN 978-91-7895-423-0 (Licentiate thesis) Lund University
110. Daniel Orraryd (2021). Making Science come Alive – Student Generated Stop-Motion Animations in Science Education. ISBN 978-91-7929-700-8 (Doctoral Dissertation) Linköping University
111. Alma Jahic Pettersson (2021). Topsar och cellmembran – Kroppens näringsupptag i undervisning och elevtexter på mellanstadiet. ISBN 978-91-7929-627-8 (Doctoral Dissertation) Linköping University

UTBILDNINGSVETENSKAP

Studies in Science and Technology Education No. 111, 2021

Department of Social and Welfare Studies

Linköpings universitet
SE-581 83 Linköping, Sweden

www.liu.se