

Känslors plats i grundskolans NO-undervisning

Praktiknära studier om förändran och meningsskapande kring evolutionära processer

Magdalena Andersson



Studies in Science and Technology education Nr. 128

Känslors plats i grundskolans NO-undervisning

Praktiknära studier om förundran och
meningsskapande kring evolutionära processer

Magdalena Andersson




Institutionen för beteendevetenskap och lärande: Avdelningen för
lärande, estetik och naturvetenskap,
Utbildningsvetenskap
Linköpings universitet, SE-601 74 Norrköping, Sweden
Norrköping 2025

Omslagsbild

Omslaget är målat av Helena Runman. Bilden har vuxit fram i samtal mellan mig och Helena, i takt med mitt forskningsarbete. Hon har genom sin konstnärliga tolkning gett form åt de tankar och teman som genomsyrar avhandlingen.

© Magdalena Andersson, 2025

 Detta verk är licensierat under en Creative Commons Erkännande 4.0 Internationell licens.

För att visa licensvillkoren, gå till:

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

Tryckt i Sverige av LiU-Tryck, Linköping, 2025

ISBN 978-91-8118-126-5 (Tryckt)

ISBN 978-91-8118-127-2 (PDF)

<https://doi.org/10.3384/9789181181272>

ISSN 1652-5051

Cover image: © Magdalena Andersson. Used with permission from the original illustrator.

SAMMANFATTNING

Det övergripande syftet med denna avhandling är att bidra med ny kunskap om hur lärare kan skapa utrymme för förundran i grundskolans NO-undervisning och hur detta kan påverka elevers engagemang i, och meningsskapande om, ett planerat lärandemål. Förundran är ett känslotillstånd som uppstår då en person konfronteras med något som går ut-
anför det man förväntar sig eller i mötet med något som upplevs som obegripligt. Förundran kan också uppstå i samband med en oväntad insikt om komplexiteten eller skönheten i något vanligt eller om man plötsligt ser något ur ett helt nytt perspektiv. Denna känsla klassificeras som epistemisk eftersom den ofta leder till en vilja att förstå mer och ett engagemang i att utforska och inhämta ny kunskap. Avhandlingen fokuserar på hur förundran kan användas som ett pedagogiskt verktyg i samband med evolutionsundervisning, ett ämnesområde som visat sig vara utmanande både för elever och lärare.

Tidigare forskning om förundrans roll för elevers lärande och engagemang är till övervägande del baserad på teoretiska och filosofiska resonemang eller genomförda som kliniska studier eller via enkäter. I avhandlingens delstudier prövas föreslagna undervisningsupplägg från dessa studier i klassrumssituationer. Avhandlingens studie bygger på så kallade formativa interventioner, där lärare och forskare samarbetar om hur undervisning kan planeras och genomföras. Avhandlingen innefattar två delstudier, båda genomförda vid en F-9 skola i Mellansverige. Den första delstudien involverade elever och lärare i årskurs 2, 3 och 4 och fokuserade på att utveckla och pröva de teoretiskt beskrivna undervisningsuppläggen samt metoder för empiriinsamling och analys. Den andra delstudien genomfördes i en årskurs 7 under ett avsnitt om evolution.

Empirin samlades in genom videofilmade klassrumsobservationer, ljudinspelade lärar- och elevintervjuer samt skriftliga elevreflektioner. Empirin analyserades med hjälp av kvalitativa innehållsanalyser samt fördjupande multimodal analys av filmat material i delstudie två.

Sammanfattningsvis visar resultaten på några gemensamma förhållningssätt som gav utrymme för elevers förundran; att använda berättande för att skapa en miljö som gynnar förundran, att ge eleverna

möjlighet att påverka hur objekt eller processer undersöks, att skapa en trygg miljö där känslor får uttryckas och att ge eleverna möjlighet att stanna upp och stanna kvar i sitt meningsskapande.

Resultaten pekar även på att undervisningsformer som inkluderade tävlingsmoment eller tidspress begränsade elevernas möjligheter att uppleva förundran. I vissa fall gav detta dock utrymme för andra epistemiska känslor, såsom förvirring, frustration och nyfikenhet, som tillsammans bidrog till att fördjupa elevernas resonemang kring komplexa evolutionära begrepp.

Nyckelord: epistemiska känslor, evolution, formativ intervention, förundran, grundskola, tröskelbegrepp

ABSTRACT

The overall aim of this thesis is to contribute new insights into how teachers can create space for student's wonder in science education in Swedish compulsory schools, and how this may affect students' engagement with and meaning making around a planned learning objective. Wonder is an emotion that arises when a person encounters something unexpected or incomprehensible. It can also emerge in response to a sudden realization of the complexity or beauty of something ordinary, or when something is perceived from an entirely new perspective. This feeling is classified as epistemic, as it often leads to a desire to understand more and an engagement in exploring and acquiring new knowledge. This thesis focuses on how wonder can be used as an educational tool in the teaching of evolution—a subject that has proven to be challenging for both students and teachers.

Previous research on the role of wonder in student learning and engagement is largely based on theoretical and philosophical discussions or conducted through clinical studies or surveys. In contrast, the sub-studies in this thesis investigate teaching in classroom contexts. The research is based on formative interventions, where teachers and researchers collaboratively explored how teaching can be planned and enacted. The thesis comprises two sub-studies, both conducted at a compulsory school (grades F–9) in central Sweden. The first sub-study involved students and teachers in grades 2, 3, and 4 and focused on developing and testing theoretically proposed teaching approaches as well as methods for data collection and analysis. The second sub-study was carried out in a grade 7 class during a teaching unit on evolution.

Empirical data were collected through video-recorded classroom observations, audio-recorded interviews with teachers and students, and written student reflections. The material was analysed using qualitative content analysis and, in the second sub-study, in-depth multimodal analysis of video data.

The results identify several shared teaching approaches that facilitated space for student wonder: using storytelling; allowing students to influence how objects or processes are explored; fostering a safe

environment where emotions can be expressed; and giving students opportunities to pause and remain in their meaning-making processes.

The findings also indicate that teaching formats involving competition or time pressure limited opportunities for students to experience wonder. However, in some cases, these conditions gave rise to a range of other epistemic emotions—such as confusion, frustration, and curiosity—that collectively contributed to deeper student reasoning about complex evolutionary concepts.

Keywords: epistemic emotions, evolution, formative intervention, compulsory school, threshold concepts, wonder

Förord

Det var en tidig vårmorgon, luften var kylig och fylld av löften om en ny årstid. Jag hade nyligen fyllt nio år, en ålder fylld av nyfikenhet och upptäckarlust, och min passion för skogen och dess hemligheter var starkare än någonsin. Jag begav mig som så många gånger förr till min hemliga plats där vitsipporna under våren alltid blommade i överflöd. Väl där satte jag mig ner, omgiven av ett hav av vita blommor. Jag började plocka de stora, långa kraftiga sipporna och kunde inte sluta förrän jag hade minst två handfulla buketter. Det var som om hela världen stannade upp, och allt som existerade var jag och de vita sipporna. Men plötsligt, mitt i mitt plockande, fick jag syn på något. Något som inte stämde. Mitt i allt det vita syntes plötsligt något helt annat: ett stråk av rött. Med barnslig nyfikenhet närmade jag mig det speciella. Till min stora förvåning insåg jag att det var vitsippor, men dessa var inte vita – de var röda. Tankarna började snurra i mitt huvud. Hur kunde vitsippor vara röda? Vad hade hänt med dem? Var det någon som hade färgat dem? Eller hade de på något sätt sugit upp något märkligt från marken? Jag hittade inga svar just då, bara nya frågor. För mig var det som om naturens regler plötsligt hade ändrats. Skogen hade tydligen hemligheter att avslöja.

När jag arbetade som högstadielärare såg jag ofta att elever fick en speciell glimt i ögat när något verkligen väckte deras intresse. Det var en reaktion som var svår att förutse, men omöjlig att missa när den väl inträffade. Många gånger har jag funderat över vad det är som skapar sådana där ögonblick. Då kallade jag det helt enkelt för "glimten i ögat". Nu, långt senare, har jag insett att det var förundran som eleverna upplevde och visade i klassrummet. Och att det var förundran som jag själv upplevde den där vårmorgonen i vitsippeskogen.

Det här avhandlingsarbetet är grundat i mina många år som NO-lärare. Jag har arbetat i grundskolan, vid Örebro naturskola och som utvecklingsledare för Upplevelsebaserad NO i Örebro kommun – alltid driven av frågor om hur undervisningen kan utformas för att väcka och

upprätthålla elevers intresse för naturvetenskap. När jag ser tillbaka är det tydligt att förundran och andra ”epistemiska känslor” som nyfikenhet, förvåning och frustration har varit centrala för mig, både när det gäller att själv lära mig naturvetenskap och att undervisa andra. Jag hoppas att min avhandling kan hjälpa andra lärare och forskare att förstå och – i vissa fall - främja förundran i NO-klassrummet, och själv ser jag fram emot att fortsätta utforska förundrans potential i både teori och praktik.

Tack

Att skriva detta förord är ett efterlängtat ögonblick som länge känts avlägset men som nu äntligen är här. Resan hit har varit fascinerande, stundtals utmanande, men framför allt oerhört berikande. Många människor har stöttat, inspirerat och bidragit till att min tid som licentiand blivit både givande och glädjefylld. Till er vill jag rikta mitt allra varmaste och innerligaste tack.

Först och främst vill jag särskilt tacka mina fantastiska handledare, Bodil Sundberg och Christina Ottander. Bodil – ditt engagemang, din entusiasm och din förmåga att ständigt inspirera och utmana mig har varit ovärderlig. Du har guidat mig genom denna process med en stadig och välvillig hand. Christina – tack för dina alltid lika kloka och konstruktiva kommentarer, som med skarp blick hjälpt mig att hålla riktningen och stärkt mitt vetenskapliga arbete. När jag fastnade var det era ord som fick mig att gå vidare. Genom er konstruktiva feedback blev mina texter bättre, och genom era utmanande frågor utvecklades jag som människa. Utan er hade denna avhandling aldrig blivit vad den är idag.

Ett stort tack också till Lena Tibell för värdefulla insikter och feedback vid mitt 90 %-seminarium, samt till Annica Gullberg och Andreas Göransson för att ni ställt upp som opponent respektive examinator. Gilbert Ambrazaitis (Lnu) – tack för ditt outhärliga stöd med analysverktyget PRAAT och för att du hjälpt mig att djupdyka i prosodins fascinerande värld. Lena Wennersten (Lnu) – ditt generösa bidrag med konstruktiva kommentarer och noggranna genomläsningar har varit mycket värdefullt.

Ett alldeles särskilt tack till min fina vän Helena Runman, vars konstnärliga blick och lyhördhet för mitt arbete resulterat i den fantastiska målning som nu pryder omslaget till min avhandling.

Jag vill också varmt tacka alla mina fantastiska kollegor vid Örebro naturskola, KomTek och Institutionen för naturvetenskapernas didaktik vid Örebro universitet, för värdefulla samtal, inspirerande gemenskap och ständig uppmuntran – det har betytt oerhört mycket för mig. Ett varmt tack går även till Sofie Areljung vid Umeå universitet samt Johanna Andersson och Cecilia Axell vid Linköpings universitet för era

kloka råd, ert generösa stöd och er ständiga uppmuntran. Jag vill även uttrycka min tacksamhet till Johanna Lönngren vid Umeå universitet för viktiga kommentarer under utvecklingen av mitt teoretiska ramverk. Likaså tackar jag alla härliga doktorander och licentiander som delat denna resa med mig – ert stöd, våra erfarenhetsutbyten och den sociala samvaron har varit ovärderliga. Ett särskilt tack till Anna Perez (Lnu), Maria Sundler (KTH) och Hanna Wanselin (Lnu). Tack även till FontD för möjligheten att gå denna forskarutbildning samt till forskningsmiljön RECEL vid Örebro universitet för stimulerande och utvecklande seminarier och samtal. Ett särskilt tack riktas till Anna Ericson (LiU), för att du alltid svarat lika snabbt som trevligt på alla mina frågor, samt till Linköpings universitets tryckeri för er smidiga och professionella hantering av utgivningen.

Forskningen har finansierats av Örebro kommun – tack för ekonomiskt stöd, flexibilitet och möjligheten att kombinera forskning med pedagogiskt arbete. Ett varmt tack riktas också till alla engagerade lärare och elever som deltagit i mina delstudier, och till de NO-lärare som i samband med min lärarfortbildning delat tankar och reflektioner kring min forskning. Era insikter har varit ovärderliga.

Sist, men allra viktigast, vill jag tacka min familj. Till mina föräldrar – tack för er kärlek och ständiga uppmuntran. Till mina älskade barn Alma, Kajsa och Gustaf – er tro på mig och ert stöd har varit avgörande. Slutligen, till min älskade Larry – tack för ditt oändliga stöd, ditt tålamod och för att du alltid uppmuntrar mig att växa och utvecklas. Utan er hade denna resa aldrig varit möjlig.



Örebro, april 2025
Magdalena Andersson

Avhandlingens artiklar – författarens bidrag

- I. Sundberg, B., & Andersson, M. (2023). The role of wonder in students' conception of and learning about evolution. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 13(1), 35–61.
<https://doi.org/10.26529/cepsj.1489>

Båda författarna utvecklade idén för undervisningssekvensen. Jag förberedde och sammanställde datamaterialet för analys och genomförde den första tentativa analysen. Jag ansvarade för det första utkastet till text som beskrev studien, urvalet och datainsamlingen samt teorin gällande evolution. Bodil Sundberg koordinerade skrivprocessen och var korresponderande författare. Arbetet var i övrigt kollaborativt genom hela projektet, från planering, datainsamling och analys till skrivande av artikeln.

- II. Andersson, M., Ottander, C., Sundberg, B. (2025). Att skapa en känsla för evolution - högstadielärares epistemiska känslor och meningsskapande om naturligt urval. *Forskning om undervisning och lärande*, 13(2), x-x
<https://doi.org/10.61998/forskul.v13i2.24322>

Som huvudförfattare koordinerade jag skrivprocessen, var korresponderande författare, förberedde och sammanställde datamaterialet för analys och genomförde den första tentativa analysen. Jag ledde det analytiska förfarandet och skrev det ursprungliga utkastet till manuskriptet, förberedde manuskriptet för slutlig inlämning och tog ledningen för att revidera manuskriptet. Bodil Sundberg bidrog i planeringen av studien samt deltog i insamling av data. Bodil Sundberg och Christina Ottander deltog i analysen och samskrivningen av manuskriptet.

Övriga publikationer

- I. Andersson, M., Jonsson, B., Calles, O., & Greenberg, L. (2024). Assessing Movements between Freshwater and Saltwater by Brown Trout (*Salmo trutta* L.) Based on Otolith Microchemistry. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 14(14).
<https://doi.org/10.3390/ani14142116>

Tillsammans med Larry Greenberg ansvarade jag för den formella analysen av resultaten. Jag deltog också i genomförandet av undersökningen tillsammans med de andra författarna. Vidare var jag, tillsammans med Larry Greenberg, ansvarig för att hantera och sammanställa data som användes i studien. Jag var också med och skrev utkastet av artikeln, och deltog aktivt i granskningen och redigeringen av texten.

- II. Sundberg, B., Andersson, M., Andersson, J., & Ottander, C. (2023). Finns det plats för förundran? *Bi-lagan*, (2), 4–6.
https://bioresurs.uu.se/wp-content/uploads/2023/06/bilagan2023_2.pdf

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	iii
ABSTRACT	v
Förord.....	vii
Tack	ix
Avhandlingens artiklar – författarens bidrag	xi
Övriga publikationer	xii
Innehållsförteckning.....	xiii
1. Inledning	1
1.1 Syfte och frågeställningar	4
1.2 Avhandlingens struktur.....	5
1.3 Centrala begrepp i avhandlingen	6
2. Teoretiska utgångspunkter	9
2.1 Akademiska känslor - Känslor i undervisnings- sammanhang	9
2.2 Epistemiska känslor i undervisningen.....	11
2.3 Förundran - en epistemisk känsla med rötterna i antikens naturfilosofer	13
2.3.1. <i>Förundran inom filosofi och psykologi</i>	13
2.3.2 <i>Förundran inom naturvetenskaplig verksamhet</i>	15
2.3.3 <i>Förundran beskriven inom utbildningsvetenskaplig forskning</i>	16
2.3.4 <i>Förundran i läroplanen</i>	20
2.3.5 <i>Förundran som ett pedagogiskt verktyg</i>	21
2.4 Naturvetenskapens karaktär (NoS)	24
3. Evolution i skolan	27
3.1 Evolution – en vetenskaplig beskrivning	27
3.1.1 <i>Idéer och historisk bakgrund till evolutionsteorin</i>	28
3.1.2 <i>Evolutionens mekanismer: variation, ärftlighet och urval</i>	31

3.2 Evolution, en utmaning för elever	32
3.2.1 <i>Alternativa idéer av evolutionära begrepp</i>	34
3.2.2 <i>Ytterligare utmaningar i förståelsen av evolutionära processer</i>	36
4. Metoder.....	39
4.1 Formativa interventioner	39
4.2 Studiens kontext och övergripande metoddesign	40
4.2.1 <i>Övergripande metoddesign</i>	41
4.3 Delstudie 1 – årskurs 2, 3 och 4.....	43
4.3.1 <i>Datainsamling och analys</i>	43
4.4 Insikter inför planering av delstudie 2	48
4.5 Delstudie 2 – årskurs 7	49
4.5.1 <i>Urval och datainsamling</i>	54
4.5.2 <i>Analyser</i>	55
4.5 Etiska övervägande	63
4.6 Avhandlingens trovärdighet och begränsningar	65
5. Resultat	67
5.1 Delstudie 1 - årskurs 2, 3 och 4	67
5.1.1 <i>Lärarnas erfarenheter av förundran</i>	67
5.1.2 <i>Samplanering för att ge plats för förundran</i>	72
5.1.3 <i>Observationer av elevers uttryck för förundran</i> .	74
5.1.4 <i>Sammanfattning</i>	79
5.2 Delstudie 2 - årskurs 7	80
5.2.1 <i>Sammanfattning av artikel 1</i>	80
5.2.2 <i>Sammanfattning av artikel 2</i>	83
5.3 Resultatsammanfattning av avhandlingens övergripande forskningsfrågor	85
5.3.1 <i>Hur kan naturvetenskapsundervisning i grundskolan utformas för att ge utrymme åt förundran?</i>	85
5.3.2 <i>Vilka möjligheter och utmaningar uppstår när förundran integreras som ett pedagogiskt verktyg?...</i>	87

5.3.3	<i>Vilken roll kan förundran och andra epistemiska känslor spela för elevers meningsskapande och lärande om evolutionära processer?</i>	87
5.3.4	<i>Hur kan förundran och andra epistemiska känslor identifieras och förstås i relation till klassrumssituationerna?</i>	88
6.	Diskussion	89
6.1	WOW! Det går att göra plats för förundran	90
6.2	Förundran i klassrummet sker i det lugna	91
6.3	Epistemiska känslors roll för elevers meningsskapande och lärande om evolutionära processer	96
6.4	Känslobuketten ur ett forskningsperspektiv (metoddiskussion).....	97
7.	Avslutande reflektioner och implikationer för praktik och forskning	101
7.1	Praktiska implikationer för NO-lärare	101
7.2	Framtida forskningsområden (för forskare).....	103
	Referenser	105

1. Inledning

Utmaningarna med att fånga och behålla högstadieelevers intresse för naturvetenskapliga ämnen har under en längre tid diskuterats inom didaktisk forskning både internationellt och i svensk kontext (Aikenhead, 2006; Westman m.fl., 2025). Elevers vikande intresse är särskilt oroande i en tid då förståelsen för naturvetenskap och teknologi är viktigare än någonsin, både ur ett samhällsperspektiv och som en demokratisk angelägenhet. En ökad komplexitet i samhället kräver att medborgare kan ta informerade beslut och aktivt delta i frågor kopplade till vetenskap och teknik. Det finns också ett egenvärde i att känna engagemang och nyfikenhet inför sin omvärld.

Elever visar ofta ett stort intresse för naturvetenskap i de tidiga skolåren, men detta intresse tenderar att avta i takt med att de blir äldre (Bonnette m.fl., 2019; Potvin & and Hasni, 2014). Enligt den senaste TIMSS-mätningen (Trends in International Mathematics and Science Study, 2019) minskar intresset för NO-ämnena markant mellan årskurs 4 och 8 (Skolverket, 2020). Eftersom det sjunkande intresset är särskilt påtagligt i övergången mellan mellanstadiet och högstadiet, kopplas nedgången ofta till att innehållet snabbt blir mer teoretiskt och komplext när eleverna börjar på högstadiet (Anderhag m.fl., 2016; Osborne m.fl., 2003; Potvin & and Hasni, 2014; Skolinspektionen, 2017). Mycket tyder dock på att det inte är naturvetenskapen i sig som eleverna tappar intresset för, utan snarare hur ämnet presenteras i skolan (Bonnette m.fl., 2019). En återkommande kritik mot högstadiets naturvetenskapsundervisning är att den ofta framställer naturvetenskap som ett färdigutforskat och statistiskt kunskapsområde. Öppna och undersökande frågor är förvånansvärt sällsynta i både läroböcker och klassrum. Detta reducerar elevernas roll till att memorera fakta och modeller, snarare än att ge tillfällen till att engagera sig i att utforska öppna frågor och reflektera över att naturvetenskaperna handlar om att skapa ny kunskap (Lindholm, 2018; Osborne m.fl., 2003). Lindholm (2018) diskuterar hur denna typ av undervisning riskerar att hämma ungdomars nyfikenhet och

vetgirighet, medan Dawkins (2000) framhåller att naturvetenskapen förlorar något väsentligt om dess förmåga att väcka förundran förbises.

Studier visar dessutom att elevers egna frågor ofta avfärdas med kommentarer som ”Detta är inte en del av läroplanen” eller ”Nu är du mer inne på filosofi” (Ciardiello, 2007). Eftersom den naturvetenskap elever möter i skolan inte tycks ha koppling till de egna frågorna, vardagshändelser och det framtida livet blir det svårt för dem att se ämnets relevans. Detta har beskrivits i studier där elever efterfrågar en undervisning som inte bara är teoretisk och abstrakt, utan som också speglar aktuella samhällsfrågor och ger utrymme för deras egna perspektiv (Bohlin m.fl., 2024; Lindahl, 2003; Sjöberg, 2010). I den internationella ROSE-studien (Relevance of Science Education) som undersökte femtonåringars attityder till, och intresse för naturvetenskap, i början av 2000-talet beskrivs hur svenska elever visserligen uppfattar naturvetenskap och teknik som viktiga kunskapsområden för samhället, men de har svårt att se relevans för dem i sina egna liv (Oskarsson, 2012). I en nyligen genomförd uppföljande studie har det visat sig att elever fortfarande har samma attityder till skolans naturvetenskap (Westman m.fl., 2025).

Sammantaget framträder en bild av att eleverna under sin skolgång sällan får möta en sammanhängande bild av vad naturvetenskap egentligen är – en dynamisk, utforskande och djup mänsklig verksamhet som bygger både på etablerad kunskap och aktivt undersökande arbete. I en intervju i samband med att Nobelpriset delades ut sammanfattade pristagaren i fysik, Donna Strickland (2020) problembilden så här:

We have to learn so much in science. And we're so busy trying to get all of our science students to understand the science that has come before them. But what we have lost is the sense of wonder, and the idea that behind science – from social sciences to physics – it's about the questions, it's not about the answers. You're wondering why something works the way it does.

En möjlig väg att möta utmaningen med elevers sjunkande intresse och engagemang för naturvetenskap är att ge den förundran och upptäckarglädje som Strickland efterlyser en mer framträdande plats i skolans naturvetenskap. Inom såväl psykologisk, filosofisk som utbildningsvetenskaplig forskning har det under de senaste tjugo åren vuxit fram en

mängd teoretiskt grundade liknande argument för undervisningsuppbygg som gör plats för känslan av förundran (Cuzzolino, 2021; Trotman, 2014; Wolbert & and Schinkel, 2021).

Förundran är ett känslotillstånd som uppstår då en person konfronteras med något som går utanför det man förväntar sig eller i mötet med något som upplevs som obegripligt (Candiotto, 2019; Valdesolo m.fl., 2017). Detta kan uppstå i samband med en oväntad händelse, då något som man utgår från plötsligt visar sig inte alls vara det man trodde. Men förundran kan också uppstå då man plötsligt slås av komplexitet eller skönheten i något man redan är bekant med, såsom en gnistrande stjärnhimmel, de små detaljerna på en insekt eller en regnbåge som plötsligt visar sig. Att förundras över något kan leda till en önskan att få veta mer, och ett engagemang i att skaffa sig mer kunskap. Men förundran kan också leda till en mer stillsam omvälvande inre förändring av ens världsbild. Oavsett vilken typ av förundran vi känner finns ett gemensamt drag – vi blir varse om vår okunskap – vilket tvingar oss att ifrågasätta våra kunskaper eller vår världsbild (Candiotto, 2019). Ett flertal forskare hävdar därför att naturvetenskapsundervisning där det finns plats för elevers förundran kan öka elevers intresse och delaktighet i undervisningen (Cuzzolino, 2021; Dewey, 1910; Valdesolo m.fl., 2017; Wolbert & and Schinkel, 2021); ge ett emotionellt förhållningssätt till naturen (Hadzigeorgiou & Schulz, 2014); och bidra till en fördjupad förståelse av naturvetenskapligt arbete (Gottlieb m.fl., 2018).

I denna avhandling tar jag avstamp i dessa teoretiska argument för att ge mer plats för förundran i skolans NO-undervisning, i syfte att bidra med empirisk kunskap om hur lärare kan skapa utrymme för förundran i grundskolans NO-undervisning och hur detta kan påverka elevers engagemang i samband med meningsskapande för ett planerat lärandemål.

Med utgångspunkt i teorier om epistemiska känslors roll i elevers lärande utforskar jag i min studie klassrummet som en arena där känslor är närvarande, betydelsefulla och påverkar elevers sätt att skapa mening. Avhandlingens fokus ligger på evolutionsundervisning i årskurs 7. Evolution är ett ämnesområde som länge har betraktats som pedagogiskt utmanande, med sina abstrakta begrepp, komplexa processer och innehåll som kan utmana elevers världsbild (Gregory, 2009; Groß m.fl., 2019;

Sinatra m.fl., 2008). För att hantera dessa utmaningar krävs innovativa undervisningsstrategier (t.ex. Elgin, 2008).

Förhoppningen är att avhandlingens resultat kan ge nya insikter och konkreta exempel på undervisningsupplägg som kan vara ett sådant innovativt kunskapsbidrag.

1.1 Syfte och frågeställningar

Denna sammanläggningsavhandling fokuserar på förundrans roll för elevers meningsskapande i samband med evolutionsundervisning på högstadiet. Arbetet omfattar två delstudier, delstudie 1 och delstudie 2, där delstudie 2 presenteras i form av två vetenskapliga artiklar.

Det övergripande syftet med avhandlingen är att bidra med ny kunskap om hur lärare kan skapa utrymme för förundran i grundskolans NO-undervisning och hur detta kan påverka elevers engagemang i samband med meningsskapande för ett planerat lärandemål. Arbetet syftar även till att bidra med metodologisk kunskap om hur elevers uttryck för förundran och andra epistemiska känslor kan observeras i en autentisk klassrumsmiljö.

Utgångspunkten för avhandlingens upplägg är att tidigare forskning om förundrans roll för elevers lärande och engagemang i naturvetenskapsundervisning till övervägande del är baserade på teoretiska och filosofiska resonemang eller genomförda som kliniska studier eller via enkäter. I avhandlingens delstudier prövas denna kunskap i klassrumssituationer.

De övergripande forskningsfrågorna för denna avhandling är:

1. Hur kan naturvetenskapsundervisning i grundskolan utformas för att ge utrymme åt förundran?
2. Vilka möjligheter och utmaningar uppstår när förundran integreras som ett pedagogiskt verktyg i naturvetenskapsundervisning, med specifikt fokus på evolutionsundervisning?

3. Vilken roll kan förundran och andra epistemiska känslor spela för elevers meningsskapande och lärande om evolutionära processer?
4. Hur kan förundran och andra epistemiska känslor identifieras och förstås i relation till elevers lärande om evolution i klassrumssituationer?

De övergripande forskningsfrågorna besvaras i avsnitt 5.3.

1.2 Avhandlingens struktur

Avhandlingen består av sju kapitel. Det inledande kapitlet beskriver problembilden och presenterar syfte och övergripande frågeställningar samt redogör för min tolkning av centrala begrepp som ingår i kappan. Kapitel 2 presenterar de teoretiska perspektiv som stödjer studien, med utgångspunkt i Pekrun och Linnenbrink-Garcias ramverk för akademiska känslor och epistemiska känslor. Eftersom förundran har varit av särskilt intresse i min studie, får teoretiska perspektiv och tidigare forskning om förundrans betydelse för naturvetenskapliga verksamheter samt elevers lärande och meningsskapande störst utrymme i kapitlet. Kapitel 3 ger en kortfattad introduktion till evolutionsteorin och redogör sedan för centrala resultat från didaktisk forskning om evolutionsundervisning. I kapitel 4 beskriver jag de metoder som använts för empiriinsamling samt redogör för de analyser som genomförts. I det kapitlet presenteras också etiska överväganden samt datahantering. Kapitel 5 presenterar resultaten från de båda delstudierna. Här beskrivs resultaten från delstudie 1 mer ingående eftersom denna studie inte redovisas i detalj i en publikation. Resultaten från delstudie 2 sammanfattar huvudresultaten som beskrivs i detalj i de två enskilda artiklarna. I kapitel 6 diskuteras resultaten från de två delstudierna i relation till varandra, och i relation till tidigare forskningsresultat, samt nya insikter som framkommit ur mina resultat. Slutligen summerar kapitel 7 avhandlingens huvudsakliga slutsatser och presenterar implikationer för både praktik och framtida forskning.

1.3 Centrala begrepp i avhandlingen

I den här avhandlingen behandlar jag flera begrepp vars betydelser kan variera beroende på sammanhanget de används i. Nedan redogör jag för hur jag har tolkat några av dessa återkommande begrepp i mitt arbete.

Sociokulturellt perspektiv

I min avhandling använder jag både ett teoretiskt ramverk (Akademiska känslor, Pekrun & Linnenbrink-Garcia, 2014) och ett metodologiskt ramverk (Formativa interventioner, Penuel, 2014) som vilar på en sociokulturellt perspektiv. Även om jag inte använder själva begreppet sociokulturellt perspektiv explicit i avhandlingen finns detta perspektiv därmed med i ett grundläggande antagande om att lärande och utveckling sker i samspel mellan människor och att detta samspel påverkas av den kulturella kontexten och de redskap, särskilt språket, som används av de individer som är inblandade. Enligt perspektivet är kunskap därmed inte en individuell process utan något som formas och delas genom sociala interaktioner och kulturella erfarenheter (Säljö, 2013).

Meningsskapande och lärande

I denna avhandling förstås meningsskapande och lärande som nära relaterade processer som innebär förändringar i individens förståelse. Min tolkning av meningsskapande är att individer tolkar och skapar betydelse utifrån sina erfarenheter, ofta i samspel med andra. Det är en subjektiv och emotionellt färgad process, kopplad till identitet och motivation. Med lärande menar jag tillägnandet av ny kunskap eller förmågor, och kan vara både mätbart och målrelaterat. Båda processerna ses som socialt situerade och aktiva, där språk, interaktion och kontext spelar en avgörande roll (Dewey, 1929; Mortimer & Scott, 2003; Wickman, 2006).

Förundran

Förundran är ett känslotillstånd som uppstår då en person konfronteras med något som går utanför det man förväntar sig eller i mötet med något som upplevs som obegripligt (Candiotto, 2019; Valdesolo m.fl., 2017). Förundran kan också uppstå i samband med en oväntad insikt om komplexiteten eller skönheten i något vanligt eller om man plötsligt ser något

ur ett helt nytt perspektiv (Candiotta, 2019). Att förundras över något kan leda till en önskan att få veta mer, och ett engagemang i att skaffa sig mer kunskap (Opdal, 2001). Förundran kan också leda till en mer stillsam omvälvande inre förändring av ens världsbild. Begreppet beskrivs mer noggrant i bakgrunden.

Tröskelbegrepp

Ett tröskelbegrepp är ett centralt, ofta abstrakt begrepp som kan vara svårt att förstå, men som öppnar upp för ett nytt sätt att tänka när eleven väl har förstått det. Det fungerar som en ”tröskel” som elever behöver passera för att komma vidare i sitt lärande och nå en djupare förståelse av ämnet (Meyer & Land, 2005; Tibell & Harms, 2017; Walck-Shannon m.fl., 2019).

Nyckelbegrepp

Ett nyckelbegrepp är ett centralt och grundläggande begrepp inom ett ämnesområde. Nyckelbegrepp fungerar som byggstenar för komplexa teorier och samband. Förståelse för nyckelbegrepp är viktigt för att elever ska kunna beskriva, analysera och förklara ämnets innehåll. Till skillnad från tröskelbegrepp leder förståelse för nyckelbegrepp dock inte alltid till en genomgripande förändring som öppnar upp för ett nytt sätt att tänka om ett ämnesområde (Göransson, 2021; Tibell & Harms, 2017).

Multimodal kommunikation och undervisning

Multimodal kommunikation och undervisning innebär att flera olika uttrycksformer, som tal, skrift, bilder, kroppsspråk, gester och digitala verktyg, används tillsammans för att skapa och förmedla mening. Genom att integrera dessa olika modaliteter kan undervisningen bli mer dynamisk och anpassad till olika elevers sätt att lära och förstå, vilket främjar ett djupare och mer mångfacetterat lärande (Bezemer & Kress, 2016; Jewitt, 2009; Wilmes & Siry, 2021).

2. Teoretiska utgångspunkter

I mitt avhandlingsarbete ville jag undersöka hur känslor, och då främst förundran, kan påverka elevers engagemang i samband med meningskapande för ett planerat lärandemål inom grundskolans NO-undervisning. Jag ville undersöka detta i autentiska klassrumsmiljöer. Därför valde jag att använda Pekruns och Linnenbrink-Garcia ramverk för akademiska känslor som teoretisk utgångspunkt för min studie. Kapitlet inleds med en genomgång av detta ramverk, med fokus på den grupp av känslor som är central för studien – de epistemiska känslorna. Eftersom förundran har varit av särskilt intresse i min studie, får teoretiska perspektiv och tidigare forskning om förundrans betydelse för utforskande och lärande störst utrymme i kapitlet. Kapitlet avslutas med en genomgång av begreppet Naturvetenskapens karaktär (*eng.* Nature of Science, NoS) för att sätta avhandlingens innehåll i relation till de teoretiska resonemang som beskriver vad naturvetenskap är och vilka karaktärsdrag som anses centrala inom olika naturvetenskapliga verksamheter (Lederman, 2007).

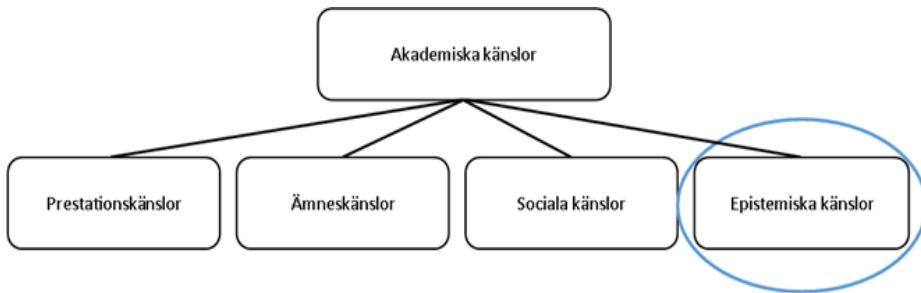
2.1 Akademiska känslor - Känslor i undervisnings-sammanhang

Inom forskningen om förundran är tidigare kunskap till stor del baserad på teoretiska och filosofiska resonemang, eller på experimentella studier i kontrollerade miljöer. Sådan forskning ger viktiga insikter, men speglar sällan den komplexitet som präglar autentiska klassrum. Pekrun och Linnenbrink-Garcia (2014) betonar därför behovet av fler klassrumsstudier som tar hänsyn till den komplexa verklighet som lärare och elever befinner sig i. De utgår från att allt lärande sker i ett socialt sammanhang där känslor alltid uppstår i samspel med den pedagogiska miljön. Ur detta perspektiv är känslor inte bara individuella upplevelser, utan även nära sammanflätade med de sociala relationer och undervisnings-

situationer där de uppkommer. Pekrun och Linnenbrink-Garcia benämner de känslor som elever upplever i undervisningssammanhang som *akademiska känslor*. För att poängtera mångfalden av de känslor som kan uppstå i ett klassrum och deras varierande betydelse för elevers meningsskapande och prestationer har Pekrun och Linnenbrink-Garcia (2014) delat in akademiska känslorna i fyra kategorier: *prestationskänslor [achievement emotions]*, *ämneskänslor [topic emotions]*, *sociala känslor [social emotions]* och *epistemiska känslor [epistemic emotions]* (figur 1). Prestationskänslor, är relaterade till föreställningar om framgång och misslyckande i samband med prestationsbaserade aktiviteter. Exempel på sådana känslor är stolthet över framgång och skam i samband med ett misslyckande. Ämneskänslor, å andra sidan, relaterar till känslor kopplade till specifika ämnesområden eller ämnesinnehåll. Elever kan till exempel känna entusiasm för ett specifikt ämnesområde eller empati för ett djurs öde i en fältstudie. Sociala känslor involverar elevers känslor gentemot sina kamrater, lärare och skolmiljön. Empati, ilska, avund och beundran är exempel på sociala känslor som kan påverka elevernas sociala interaktion och välbefinnande i skolan. Epistemiska känslor, som är i fokus för denna studie, är känslor riktade mot kunskap och lärande kan styra elevers uppmärksamhet och motivation att lära (Pekrun & Linnenbrink-Garcia, 2014). Sådana känslor uppstår ofta i samband med en insikt om ens eget icke-vetande (Candiotta, 2019; Paulson m.fl., 2021; Valdesolo m.fl., 2017). I denna studie är det de epistemiska känslorna – och särskilt förundran – som står i centrum, eftersom dessa känslor är direkt kopplade till hur elever engageras i kognitivt utmanande lärande. För att undersöka detta i en autentisk skolmiljö krävs ett perspektiv som ser känslor som en integrerad del av undervisningssituationen, snarare än som något som sker ”vid sidan av” det kognitiva.

Figur 1

Modell över akademiska känslor enligt Pekrun och Linnenbrink-Garcia, kategoriserade som prestationskänslor, ämneskänslor, sociala känslor och epistemiska känslor. De epistemiska känslorna är markerade med en blå ring eftersom de utgör fokus för denna studie



2.2 Epistemiska känslor i undervisningen

Epistemiska känslor är känslor riktade mot kunskap och lärande. De uppstår i situationer där vi söker förståelse, konfronteras med ny information eller möter något som utmanar tidigare föreställningar och avslöjar kunskapsluckor (Valdesolo m.fl., 2017). Till epistemiska känslor hör exempelvis *förundran*, *övertäckning*, *förvåning*, *förvirring*, *frustration* och *nyfikenhet* (Pekrun m.fl., 2017; Valdesolo m.fl., 2017: se även figur 2). En känsla klassificeras som epistemisk om den påverkar lärandet genom att rikta och stödja kognitiva processer, exempelvis genom att fokusera vår uppmärksamhet på det vi ännu inte förstår, eller genom att motivera reflektion och utforskande (Brady, 2013; Hookway, 2016). Epistemiska känslor stimulerar därmed individens aktiva sökande efter kunskap, vilket bidrar till fördjupad förståelse, bättre hantering av komplexitet och en ökad förmåga att värdera kunskap (Pekrun m.fl., 2017).

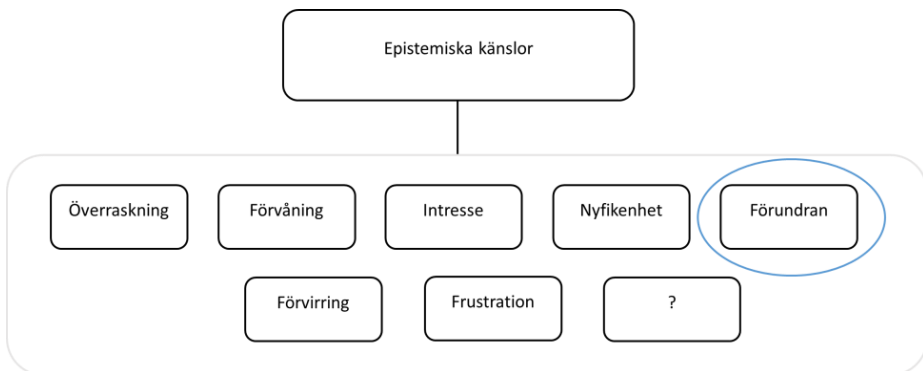
Pekrun med flera (2017) delar in epistemiska känslor i tre kategorier: *aktiverande positiva* (t.ex. nyfikenhet, förundran), *aktiverande negativa* (t.ex. förvirring, frustration) och *deaktiverande* (t.ex. uttråkning). Positiva epistemiska känslor, som nyfikenhet och förundran, upplevs behagliga och stimulerar aktivitet. Negativa epistemiska känslor, såsom

förvirring och frustration, kan upplevas obekväma, men kan samtidigt vara produktiva genom att driva tänkandet framåt. Däremot hämmar stark frustration och uttråkning oftast lärandet (Pekrun m.fl., 2017).

I klassrummet kan epistemiska känslor uppstå vid kognitiva utmaningar, till exempel när elever upplever överraskning över ett oväntat resultat under en laboration, förvåning över en ny insikt, förvirring och frustration vid svårigheter med att hantera ny utrustning eller nyfikenhet som kan driva eleven att utforska ämnet vidare och aktivt söka svar på sina frågor (Lindholm, 2018). Epistemiska känslor samspelar med andra typer av känslor och påverkas av sammanhanget där de uppstår. Förvirring kan till exempel rikta uppmärksamheten mot det oförstådda och motivera till problemlösning i en stödjande miljö när den fungerar epistemiskt. Om utmaningen däremot inte är stödjande eller känns överväldigande kan förvirringen övergå i känslor som rädsla eller ångest, vilket bryter dess epistemiska funktion och istället hämmar lärandet genom att minska motivation och koncentration (Brady, 2013). Till skillnad från förvirring, som kan vara både motiverande och hämmande beroende på sammanhanget, skiljer sig förundran från andra epistemiska känslor genom att den på ett djupare plan gör oss medvetna om det vi ännu inte vet eller kan förklara (Candiotta, 2019).

Figur 2

Exempel på epistemiska känslor såsom överraskning, förvåning, intresse, nyfikenhet, förundran, förvirring, och frustration. Förundran är markerad med en blå ring eftersom den känslan utgör ett speciellt fokus i denna studie. Frågetecknet illustrerar att fler känslor kan ingå i denna kategori



2.3 Förundran - en epistemisk känsla med rötterna i antikens naturfilosofer

Förundran har genom historien betraktats som en avgörande drivkraft för människans nyfikenhet och strävan att utforska världen. I det följande avsnittet ges en bakgrund till hur tanken om förundran som ett centralt inslag i naturvetenskapsundervisning har vuxit fram över tid inom olika discipliner. Jag inleder med att beskriva hur antikens naturfilosofer betraktade förundran som den grundläggande känsla som driver människan till att undersöka sin omvärld. Därefter rör jag mig framåt i tiden och presenterar psykologisk forskning som belyser förundrans betydelse ur ett kognitivt perspektiv där förundran ses som en central del av människans strävan efter att förstå och skapa mening om sin omvärld. Slutligen beskrivs dagens ämnesdidaktiska forskning där olika synsätt möts i en diskussion om hur förundran kan användas som ett pedagogiskt verktyg för att stärka elevers engagemang och förståelse inom naturvetenskapliga ämnen.

2.3.1. Förundran inom filosofi och psykologi

Redan under antiken uppmärksammade de så kallade naturfilosoferna förundran som en central del av den kulturella och vetenskapliga utvecklingen. Särskilt filosofer som Aristoteles och Platon betraktade förundran (*grek.* *thaumázein*) som en grundläggande drivkraft för filosofiskt tänkande och kunskapssökande. Aristoteles hävdade i sitt verk *Metafysiken* att ”människorna började filosofera, nu liksom i begynnelsen, därför att de förundrade sig över tingens sammanhang” (Aristoteles & Ross, 1997, 982b12–13). För honom var förundran den känsla som väcker nyfikenhet och driver människor att söka svar på de stora frågor som rör existens, natur och universum. Aristoteles menade att förundran uppstår när vi möter något oväntat eller oförklarligt, något som inte omedelbart passar in i vår förståelse av världen. Denna känsla ger, enligt honom, upphov till en dynamisk process där människan rör sig från okunighet till kunskap genom att ställa frågor, söka orsaker och slutligen uppnå insikt (Aristoteles & Ross, 1997, 982b). På så sätt menar han, är förundran inte bara filosofins början, utan också dess drivkraft genom

hela kunskapssökandet. Platon beskrev också förundran som en viktig komponent av den filosofiska processen. I dialogen *Theaitetos* diskuterar Platon hur förundran är början på all filosofi, då det är den känslan som får oss att ifrågasätta och utforska vår förståelse av verkligheten (Platon & Dalsjö, 1885).

Denna antika syn på förundran lever kvar även inom dagens filosofiforskning. Stephen Toulmin (1976), filosof och vetenskapsteoretiker, menar till exempel i linje med Aristoteles att förundran fungerar som en drivkraft för all intellektuell utforskning, medan Aslaug Nyrnes Opdal (2001), pedagogisk filosof, lyfter fram förundrans roll för perspektivutveckling – en process där vi inte bara fördjupar vår förståelse av världen, utan också omvärderar och omorganiserar våra tidigare föreställningar genom reflektion och ifrågasättande. Opdal gör dessutom en tydlig distinktion mellan *nyfikenhet* och *förundran* och argumenterar för att båda har en viktig plats i utbildning, men på olika sätt. Opdal beskriver nyfikenhet som en drivkraft för att utforska och förstå världen inom redan etablerade ramar och accepterade strukturer – vi blir nyfikna på att ta reda på *hur* något fungerar eller *vad* något är. Förundran, däremot, handlar om att ifrågasätta själva ramarna, att undra över *varför* saker är som de är och om det kanske finns alternativa sätt att förstå dem. Genom att ifrågasätta invanda tankestrukturer och erkänna att den nuvarande förståelsen kan vara otillräcklig, skapar förundran möjligheter för att utveckla ett mer omfattande och nyanserat perspektiv. Opdal menar att utbildning bör omfatta både nyfikenhet och förundran, eftersom nyfikenhet driver utforskning inom givna ramar, medan förundran kan leda till en djupare reflektion och en potentiell omvärdering av ens perspektiv. Genom att uppmuntra reflektion och filosofiska diskussioner kan förundran bidra till en utveckling av självständigt och kritiskt tänkande individer.

Inom psykologin beskrivs förundran som en känsla som kan förändra både hur vi tänker och hur vi ser på oss själva. Psykologerna Dacher Keltner och Jonathan Haidt (2003) – som forskar om emotioner och moral – har identifierat två centrala aspekter av förundran: storhet (*eng. vastness*) och ackommodation. Storhet handlar om att möta något som känns överväldigande – en mäktig naturupplevelse, ett möte med en person med stor auktoritet eller en idé som utmanar vår förståelse.

Ackommodation innebär att vi måste omstrukturera vårt sätt att tänka för att ta in det nya. På liknande sätt som filosofin beskriver förundran som en drivkraft för perspektivutveckling (Opdal, 2001), visar Keltner och Haidt (2003) att förundran kan leda till en djupare kognitiv och emotionell förändring. Denna känsla kan minska vårt fokus på oss själva, stärka känslan av samhörighet med något större och spela en viktig roll i moralisk, andlig och estetisk utveckling. Forskning visar också att förundran kan öka vår öppenhet för nya idéer, göra oss mer benägna att hjälpa andra och stärka vår känsla av mening (Keltner & Haidt, 2003). Både inom filosofi och psykologi framstår på så sätt förundran som en drivkraft för att omvärdera våra perspektiv och förändra vår relation till världen.

2.3.2 Förundran inom naturvetenskaplig verksamhet

Likt de gamla grekerna beskriver många nutida naturvetenskapsforskare förundran som en central drivkraft i sitt vetenskapliga arbete. En forskare som särskilt tydligt formulerat detta är den brittiske evolutionsbiologen och författaren Richard Dawkins. I flera av sina böcker lyfter Dawkins fram sin syn på naturvetenskap som något som inte enbart syftar till att förklara världen, utan också har potential att väcka en djup känsla av förundran inför livets och universums komplexitet. I *Unweaving the Rainbow* (2000) argumenterar han för att vetenskap inte tar bort mystiken från världen – tvärtom förstärker den vår upplevelse av skönhet och fascination genom att avslöja de bakomliggande mekanismerna. Han understryker förundrans betydelse och den djupa upplevelse den kan ge:

Känslan av förundran som vetenskapen kan ge oss är en av de högsta upplevelser som det mänskliga psyket är kapabel till. Det är en djup estetisk känsla som kan liknas vid det finaste som musik och poesi kan leverera. Det är verkligen en av de saker som gör livet värt att leva. (Min översättning, Dawkins, 2000, s. 24)

För Dawkins är förundran inte motsatsen till vetenskaplig förståelse, utan snarare en katalysator för den – ju mer vi lär oss om naturens processer, desto mer fascinerande framstår världen. Denna vetenskapliga drivkraft har även genomsyrat arbetet hos några av historiens mest

inflytelserika forskare, där Charles Darwin är ett framträdande exempel inom evolutionsforskningen. Darwin var djupt driven av förundran i sitt vetenskapliga arbete. Ett kanske oväntat objekt för Darwins förundran var maskar – organismer som vid en första anblick kan verka obetydliga, men som spelar en avgörande roll i jordens ekosystem. Darwin ägnade en stor del av sin forskning åt att studera hur maskar bryter ner organiskt material och omvandlar det till bördig jord, en process som är avgörande för näringskretsloppet i naturen. Hans förundran över hur dessa små, till synes obetydliga djur kunde ha en så stor inverkan på landskapet och jordbrukets produktivitet resulterade i verket *The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms, with Observations on their Habits* (Darwin, 1892), ofta kallad *The Earthworm Book*.

2.3.3 Förundran beskriven inom utbildningsvetenskaplig forskning

Förundran har länge betraktats som en central drivkraft för människans utforskande av omvärlden, men vilken roll spelar den i utbildning? Forskning inom utbildningsvetenskap har visat att känslor i vid bemärkelse har en avgörande betydelse för lärande (Pekrun & Linnenbrink-Garcia, 2014). Förundran har särskilt lyfts fram som en viktig drivkraft för att väcka nyfikenhet, stimulera utforskande och bidra till en djupare förståelse (Opdal, 2001). Trots det tenderar skolans naturvetenskapsundervisning att fokusera mer på faktainläring än på att skapa möjligheter till förundran, vilket enligt Opdal (2001) speglar ett utbildningssystem som prioriterar etablerad kunskap inom givna ramar och sällan uppmuntrar elever att ifrågasätta dessa, reflektera över varför världen förstås som den gör och utforska alternativa sätt att se på den.

Den kanadensiska fysikern och Nobelpristagaren Donna Strickland belyser denna problematik:

Vi måste lära oss så mycket i skolans naturvetenskap. Och vi är så upptagna med att försöka få alla våra elever att förstå den kunskap som vi redan har kommit fram till. Men det vi har förlorat är känslan av förundran och tanken som ligger bakom vetenskapen – från samhällsvetenskap till fysik – det handlar om frågorna, det handlar inte om svaren. (Min översättning, Strickland, 2020)

Stricklands reflektion speglar den kritik som forskare inom utbildningsvetenskap har riktat mot undervisningens faktabetoning och brist på utrymme för förundran.

Flera utbildningsforskare har utvecklat teorier där förundran ses som en central del av undervisning och lärande. Kieran Egan och Anders Schinkel, båda utbildningsfilosofer, samt Yannis Hadzigeorgiou, forskare inom utbildningsvetenskap, använder begreppet *Wonderful Education* för att beskriva en undervisningspraktik där förundran är en bärande del. Inom ramen för boken "Imaginative Science" (Hadzigeorgiou, 2016) inkluderas detta perspektiv i en bredare naturvetenskaplig undervisning som även betonar föreställningsförmåga, kreativitet och en mer romantisk förståelse av vetenskap. Förundran i *Wonderful Education* innefattar både kognitiva och emotionella aspekter och syftar till att öka elevernas medvetenhet om kunskapens begränsningar, oväntade samband och naturens skönhet. I linje med detta betonar även andra utbildningsforskare förundrans betydelse i undervisning. Exempelvis lyfter den brittiske forskaren Dave Trotman (2014) fram att förundran ofta uppstår i vardagliga sammanhang utanför klassrummet. Han menar att lärare bör vara lyhörda för sådana ögonblick och arbeta aktivt för att integrera dem i undervisningen. Trotmans forskning fokuserar på när och hur förundran uppstår, samt vilka förutsättningar som krävs för att upplevelsen ska kunna uppstå och behållas i ett klassrum. Trotman utgör en central referens i denna studie då hans arbete erbjuder en tydlig ram för hur förundran kan främjas i klassrummet. Han har identifierat specifika karaktärsdrag vilket gör hans teorier både konkreta och praktiskt användbara för undervisningsutveckling. Nedan listas de centrala förutsättningar som Trotman anser nödvändiga för att förundran ska kunna frodas i skolan:

1. En lärmiljö där undersökande, tillfälligheter och slump värderas som viktiga.
2. Undervisningsupplägg som uppmuntrar fantasi och känslor.
3. Undervisning där empati får ta plats.
4. Att läraren är lyhörd för att fånga upp och skapa ögonblick av förundran.
5. En undervisning som inte är strikt styrd av förutbestämda mål.

6. Möjligheter för elever att genomföra projekt baserade på personliga intressen.

Trotmans beskrivning av centrala förutsättningar har fungerat som utgångspunkt för de formativa interventionerna i avhandlingens studie, då de på ett tydligt sätt sammanfattar teman från den samlade forskningen om hur förundran kan gynnas i en klassrumsmiljö. Dessa förslag anpassades i denna studie till klassrummets villkor (se tabell 3.). Tabell 1 visar hur Trotmans synsätt relaterar till andra forskares beskrivningar av hur förundran kan stimuleras i klassrumsmiljöer.

Tabell 1

Undervisningsstrategier för att stimulera förundran. Tabellen synliggör hur flera forskare, inklusive Trotman (2014), beskriver undervisningsstrategier för att stimulera förundran. Trotmans arbete utgjorde den teoretiska utgångspunkten för interventionen i denna studie

Undervisningsstrategier	Beskrivning
Känslighet för elevernas förundran	Lärare kan främja förundran genom att uppmärksamma och bekräfta elevers nyfikenhet. Att stanna upp och visa intresse för deras upptäckter skapar en undervisningsmiljö där förundran får utrymme att växa (Bianchi, 2014; Hadzigeorgiou, 2020; Trotman, 2014).
Dela personliga upplevelser av förundran	Läraren kan fungera som en förebild genom att dela sina egna upplevelser av förundran. Detta kan inspirera elever att själva utforska och uttrycka sin fascination för världen (Piersol, 2014; Schinkel, 2017; Trotman, 2014; Wolbert & Schinkel, 2021).
Uppmuntra elever att utforska och experimentera	Förundran kan främjas genom att ge elever möjlighet att undersöka, formulera hypoteser och reflektera över sina upptäckter. Tid och utrymme för frågor och reflektion är avgörande för att denna strategi ska fungera (Bianchi, 2014; Hadzigeorgiou, 2020; Trotman, 2014).
Stimulera meningsskapande	För att förundran ska få en djupare betydelse behöver eleverna ges möjlighet att skapa sina egna förståelser av olika fenomen. Detta kan göras genom att koppla undervisningen till elevernas egna erfarenheter och låta dem utforska ämnen som känns relevanta för dem (Bianchi, 2014; Hadzigeorgiou, 2012; Trotman, 2014).

Stimulera fantasi	Genom att använda berättelser och fiktion som knyter an till undervisningen kan lärare skapa en undervisningsmiljö där elevernas fantasi och föreställningsförmåga stimuleras. Detta kan bidra till att väcka överraskning och fascination för ämnet (<i>Egan m.fl., 2014; Hadzigeorgiou & Schulz, 2014; Trotman, 2014</i>).
Göra det vardagliga och välbekanta främmande	Förundran kan uppstå när elever upplever något välbekant på ett nytt sätt. Lärare kan guida eleverna att upptäcka det mystiska och extraordinära i det vardagliga, vilket kan leda till en djupare uppskattning och förståelse för omvärlden (<i>Egan m.fl., 2014; Hadzigeorgiou, 2012; Piersol, 2014</i>).
Uppmuntra reflektion och eftertanke	Förundran kan fördjupas genom att elever ges tid att observera och reflektera över sin omgivning. Att uppmärksamma detaljer, sinnesintryck och inre upplevelser kan leda till en mer medveten och fördjupad förståelse (<i>Carson m.fl., 2017; Hadzigeorgiou, 2020</i>).
Skapa en stimulerande miljö	Genom att erbjuda inspirerande aktiviteter, verktyg och föremål kan lärare väcka elevernas nyfikenhet och vilja att utforska. Detta kan inkludera både inomhus- och utomhusaktiviteter, såsom att undersöka naturens fenomen eller experimentera med olika material (<i>Piersol, 2014; Trotman, 2014</i>).

Sammanfattningsvis beskriver en omfattande litteratur som bygger på filosofiska resonemang såväl som psykologisk och utbildningsvetenskaplig forskning att förundran kan förstås som en positiv kraft i undervisningssammanhang, och då speciellt för naturvetenskapsundervisning. Trots detta saknas fortfarande empiriska studier som kan ge lärare tydlig vägledning i hur förundran kan ges plats i skolans NO-undervisning (Gilbert & Byers, 2017; Hadzigeorgiou, 2012; Lindholm, 2018). De empiriska studier som finns visar dock att en undervisning som aktivt stimulerar förundran kan förbättra elevers engagemang och förståelse för naturvetenskap (Hadzigeorgiou, 2012; Stenlund m.fl., 2024). Studier har även visat att förundran kan ha en särskilt stor effekt på lågpresterande elever genom att öka deras motivation och nyfikenhet (Hadzigeorgiou, 2012). Den stora utmaningen ligger i hur förundran kan ges plats i en tids- och målstyrd skola, där fokus ofta ligger på mätbara kunskapsmål snarare än på det öppna utforskande som kännetecknar vetenskapen själv (Gilbert & Byers, 2017). Denna diskussion för oss vidare till nästa avsnitt: förundran i läroplaner.

2.3.4 Förundran i läroplanen

Epistemiska känslor – såsom nyfikenhet, förundran, förvåning och överraskning – tycks alltså enligt tidigare forskning spela en central roll för elevers lärande, särskilt inom naturvetenskap. Trots detta nämns epistemiska känslor sällan uttryckligen i läroplanerna. Ett undantag finns i förskolans läroplan (Skolverket, 2018) där förundran introducerades 2018 som ett explicit begrepp. Förskolan ska enligt läroplanen ge barn möjligheter att utveckla “nyfikenhet, kreativitet och förmåga att leka och lära”, men även “en förmåga att förundras” (Skolverket, 2018, s. 6). Att förundran lyfts fram på detta sätt signalerar att förskolans uppdrag inte bara handlar om att ge barnen svar, utan också om att skapa en miljö där de kan möta världen med öppenhet och reflektion.

I grundskolans läroplan (Skolverket, 2022b) nämns däremot inte förundran uttryckligen, varken i den tidigare versionen (Lgr 11) eller i den nuvarande (Lgr 22). Däremot betonas vikten av att skolan ska utveckla elevernas “kreativitet, nyfikenhet och självförtroende” – områden där förundran kan spela en avgörande roll (Bjerknes m.fl., 2024; Skolverket, 2011, 2022b).

I kommentarmaterialet till kursplanen i biologi framhålls dessutom att undervisningen ska stimulera elevernas vilja att förstå sig själva och sin omvärld:

Ett övergripande syfte med undervisningen i biologi är att eleverna ska få möjligheter att utveckla nyfikenhet på och intresse för att veta mer om sig själva och omvärlden. Därigenom tar kursplanen fasta på den ursprungliga drivkraften bakom all naturvetenskap. Människan har i alla tider drivits av en vilja att förstå hur tillvarons villkor är beroende av naturen. (Skolverket, 2022a, s. 6)

Även om förundran inte nämns explicit i grundskolans styrdokument, skapar läroplanens formuleringar utrymme för lärare att använda förundran som en pedagogisk resurs. Genom att integrera förundran i undervisningen kan elever få en djupare förståelse av vetenskapens processer och drivkrafter, samtidigt som deras motivation och engagemang för naturvetenskapsundervisningen stärks.

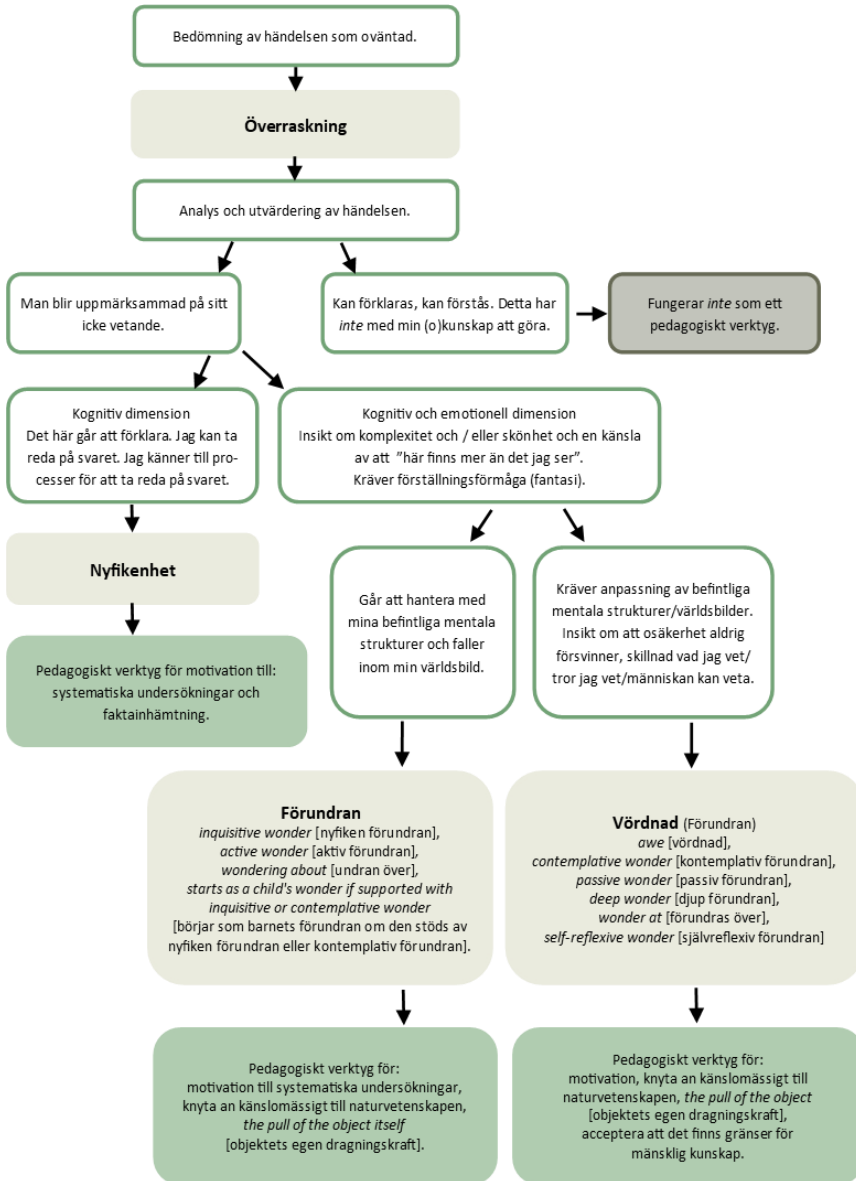
2.3.5 Förundran som ett pedagogiskt verktyg

För att förundran ska kunna väckas och upprätthållas i NO-undervisning krävs både kännedom om de karaktärsdrag som möjliggör denna känsla och en förståelse för dess olika dimensioner – hur den uttrycks, påverkar lärande och skiljer sig från liknande känslor som nyfikenhet och överraskning. Genom att utforska dessa aspekter kan vi bättre förstå hur förundran kan fungera som en pedagogisk resurs i undervisningen.

Ett centralt perspektiv i mitt arbete har därför varit att förstå hur förundran relaterar till andra epistemiska känslor. Begreppet förundran används ofta av forskare för att beskriva olika former av ovisshet och känslor kopplade till att inte veta i samband med lärande. I litteraturen förekommer såväl överlappande som distinkta definitioner av förundran, vilket ibland gör det svårt att navigera mellan begreppen och förstå hur de förhåller sig till varandra. För att tydliggöra dessa relationer har jag under studiens gång utvecklat en begreppsmodell (figur 3). Modellen är utformad med inspiration från, och i dialog med, tidigare forskning där bland andra Egan med flera (2014), Hadzigeorgiou (2012), Schinkel (2017), Valdesolo med flera (2017), Keltner och Haidt (2003), Candiotta (2019), samt Wolbert och Schinkel (2021) varit centrala referenser. Modellen har utvecklats för att tydliggöra skillnaderna mellan närliggande epistemiska känslor samt att lyfta fram deras pedagogiska potential.

Figur 3

Modell för begreppsliga skillnader mellan närliggande epistemiska känslor och hur dessa kan fungera som ett pedagogiskt verktyg. Modellen är baserad på den litteratur som beskrivs i kapitel 2, avsnitt 2.3.5



I modellen beskrivs överraskning som en känsla som uppstår när något oväntat sker. Överraskning kan antingen leda till nyfikenhet – om händelsen uppfattas som begriplig och möjlig att undersöka – eller till förundran, om den framstår som komplex och svår att helt förstå. Förundran och nyfikenhet betraktas ofta som närbesläktade, ibland till och med som samma fenomen inom utbildningsvetenskapliga sammanhang (Bjerknes m.fl., 2024). Exempelvis beskrivs både förundran och nyfikenhet som drivkrafter för lärande, där båda kan leda till utforskande och frågeställningar. Trots detta visar forskning att flertalet utbildningsforskare gör en tydlig distinktion mellan begreppen (Hadzigeorgiou, 2016; Schinkel, 2017). Den grundläggande skillnaden mellan nyfikenhet och förundran ligger i deras funktion och hur de påverkar lärande. Nyfikenhet är en kognitiv drivkraft som uppstår när det finns en kunskapslucka och motiverar individen att söka efter specifika svar. Hadzigeorgiou (2012) beskriver nyfikenhet som en process där fokus ligger på att lösa en fråga och minska osäkerhet. När svaret hittats avtar vanligtvis nyfikenheten. Förundran däremot är ett mer komplext känslotillstånd som engagerar hela individen på flera plan – kognitivt, emotionellt, estetiskt och existentiellt (Wolbert & Schinkel, 2021). Till skillnad från nyfikenhet kan förundran kvarstå även efter att en förklaring har presenterats, eftersom den rymmer en djupare fascination och känsla av att något fortfarande återstår att utforska. Wolbert och Schinkel (2021, s. 442) illustrerar denna skillnad med ett exempel: *En elev kan bli nyfiken på hur en regnbåge uppstår och vilja förstå ljusets brytning genom vattenpartiklar*. När eleven får en vetenskaplig förklaring stillas nyfikenheten. Förundran, däremot, kan kvarstå även efter att eleven förstått den vetenskapliga förklaringen. Hen kan fortfarande fascineras av regnbågens skönhet, dess tillfälliga existens och det större sammanhang i vilken den uppstår. Om lärande enbart drivs av nyfikenhet finns risken att elever uppfattar vetenskapen som en samling färdiga svar. Förundran, å andra sidan, kan skapa ett långsiktigare engagemang där elever upplever kunskap som dynamiskt och ständigt utforskande snarare än statiskt och slutgiltigt. Opdal (2001) gör en liknande distinktion mellan nyfikenhet och förundran och framhåller att medan nyfikenhet verkar inom givna ramar innebär förundran en reflektion över själva ramarna. I figur 3 syns att förundran delas in i två huvudsakliga former av många forskare:

Aktiv och kontemplativ förundran. Aktiv förundran (eng. wonder about), även beskriven som *frågvis förundran* (eng. inquisitive wonder), är en känsla som driver individen att aktivt utforska, ställa frågor och söka svar (Schinkel, 2017). Denna form av förundran involverar både kognitiva och sensoriska processer, där fokus, undersökning och problemlösning spelar en central roll. Aktiv förundran fungerar som en stark drivkraft för lärande eftersom den stimulerar till systematisk undersökning och faktainhämtning (Candiotta, 2019). Kontemplativ förundran (eng. wonder at), ibland kallad *passive wonder* (Egan m.fl., 2014), är en känsla som uppstår i mötet med det storslagna eller obegripliga (Keltner & Haidt, 2003; Valdesolo m.fl., 2017). Denna känsla liknar *vördnad* (eng. awe) och innebär att individen stannar upp, reflekterar och accepterar det oförklarliga snarare än att försöka lösa det. Denna upplevelse, även kallad *djup förundran* (eng. deep wonder), kan göra oss mållösa inför det vi betraktar (Schinkel, 2017) och har potential att förändra våra mentala strukturer samt ge insikt om kunskapens gränser. Modellen i figur 3 visar också hur epistemiska känslor kan användas som *pedagogiska verktyg*. *Nyfikenhet* kan exempelvis fungera som en drivkraft till lärande genom att väcka intresse för ett fenomen. *Aktiv förundran* kan förstärka lärandeprocessen genom att uppmuntra ett undersökande och reflekterande arbetssätt. *Kontemplativ förundran* kan bidra till en djupare reflektion och ett ökat emotionellt engagemang i vetenskapliga frågor.

2.4 Naturvetenskapens karaktär (NoS)

I skolans naturvetenskapsundervisning framställs vetenskap ofta som en samling etablerade fakta, där elevernas uppgift blir att reproducera kunskap snarare än att själva utforska och ifrågasätta (Hansson & Leden, 2016; Lederman, 2007; Rodari, 2007). Denna förenklade bild av vetenskap har lett till en diskussion inom det utbildningsvetenskapliga fältet om behovet av en mer nyanserad och mångfacetterad beskrivning av vad naturvetenskap egentligen är. Redan i början av 2000-talet föreslog Lederman (2007) att naturvetenskapsundervisningen i högre grad bör

inkludera *Naturvetenskapens karaktär* (NoS), det vill säga de processer, metoder och normer som präglar vetenskaplig kunskapsutveckling.

Ett centralt perspektiv inom NoS är att naturvetenskaplig kunskap aldrig är statisk, utan förändras och utvecklas i takt med nya upptäckter. Även om vissa naturvetenskapliga lagar och teorier har stått sig över tid, finns alltid en möjlighet att de omprövas i ljuset av nya undersökningsmetoder och empiriska bevis. Naturvetenskap handlar inte enbart om att samla in data genom observationer och experiment, utan också om att tolka dessa resultat, vilket gör att forskarnas tidigare kunskaper och perspektiv påverkar hur vetenskaplig kunskap formas. Detta innebär att den naturvetenskapliga forskningsprocessen, trots sin strävan efter objektivitet, alltid innehåller inslag av subjektivitet och tolkning. Vidare är vetenskap en kreativ process. Ofta beskrivs den som metodisk och logisk, men vetenskapliga framsteg kräver också fantasi och innovativa idéer. Forskare utvecklar hypoteser, tolkar data och skapar modeller för att förklara komplexa fenomen, vilket gör att vetenskapen inte enbart följer en strikt, linjär metod. Dessutom påverkas den naturvetenskapliga kunskapsutvecklingen av sin sociala och kulturella kontext – forskningsfrågor, metoder och tolkningar formas i samspel med samhällets värderingar och historiska sammanhang. Forskning har visat att naturvetenskap i undervisningen ofta beskrivs som en objektiv och metodisk process (Girod m.fl., 2003), men många forskare, däribland Jaber och Hammer (2016), framhåller en mer nyanserad bild av forskarrollen. De lyfter fram att naturvetenskaplig praktik präglas av nyfikenhet och förundran, men också av osäkerhet och frustration. För att spegla detta i undervisningen argumenterar Osborne med flera (2003) och Sinatra med flera (2008) för att NoS bör integreras tydligare i naturvetenskapsundervisningen. Att undervisa om NoS innebär att synliggöra de processer, normer och värderingar som präglar naturvetenskaplig forskning, vilket inte bara stärker elevernas förståelse av vetenskap utan också skapar en undervisningsmiljö där utforskande och kritiskt tänkande får en mer central roll. I slutändan handlar NO-undervisning inte bara om att förmedla etablerad kunskap, utan också om att väcka elevers förundran och nyfikenhet samt ge dem en inblick i det vetenskapliga äventyret.

3. Evolution i skolan

Evolutionsteorin är en central naturvetenskaplig teori genom att den hjälper oss att beskriva, förstå och förklara hur livet har utvecklats på jorden. Den utgör en grundpelare inom biologin och ger oss även möjlighet att, till viss del, förutse framtida förändringar i biologiska system. Detta perspektiv betonas också i den svenska läroplanen, där det står att:

...eleverna ska få inblick i naturvetenskapens världsbild med evolutionsteorin som grund och kan på så sätt utveckla sin förmåga att skilja mellan naturvetenskapliga och andra sätt att beskriva och förklara omvärlden. (Skolverket, 2022b, s. 154)

Vidare understryker Skolverket evolutionsteorins betydelse inom biologiämnet genom att påpeka att:

...evolutionsteorin har en särställning som teoretisk grund för hela biologiämnet. Skolans biologiundervisning har ett evolutionärt perspektiv vid studier av såväl ekosystem som människans fysiologi. (Skolverket, 2022a, s. 8)

Det råder stor enighet bland naturvetenskapslärare och forskare om vikten av att elever utvecklar en grundläggande förståelse för evolution. Detta kapitel inleds därför med en introducerande beskrivning av evolutionsteorin. Därefter följer en översikt av tidigare forskning om elevers konceptuella förståelse av evolution.

3.1 Evolution – en vetenskaplig beskrivning

Charles Darwins verk *Om arternas uppkomst* (1859) räknas idag som en av de stora vetenskapliga klassikerna. När boken först publicerades väckte den starka reaktioner i det religiösa samhället i det viktorska England. Trots att 150 års biologisk forskning i stort sett har bekräftat riktigheten i Darwins teori om naturligt urval, är bokens idéer fortfarande kontroversiella för vissa. Evolutionsteorin betraktas som den

sammanhållande teorin inom biologin (Dobzhansky, 1951) och utgör en grundpelare inte bara inom biologin, utan även inom andra vetenskaper som medicin, jordbruk, miljövetenskap och bioteknik (Hendry m.fl., 2011). I korthet kan evolution beskrivas som en process där andelen individer med en viss egenskap förändras över generationer. Enligt evolutionsteorin utvecklas och förändras alla arter konstant och den biologiska mångfald vi ser idag har ett gemensamt ursprung för ca 3,8 miljarder år sedan, vilket stöds av empirisk forskning. Dessutom beskriver teorin de mekanismer som ligger bakom dessa förändringar, det vill säga hur och varför de sker.

3.1.1 Idéer och historisk bakgrund till evolutionsteorin

För att få en djupare förståelse för de idéer som ligger till grund för Darwins evolutionsteori är det viktigt att uppmärksamma att teorin har sina rötter i flera tidiga tankar och upptäckter. Nedan följer en översikt av några av de mest inflytelserika personerna och deras bidrag.

Carl von Linné (1707–1778), ofta kallad fadern till den moderna taxonomin, lade grunden för biologisk systematik genom att införa det binära namnsystemet, där varje art fick ett vetenskapligt namn bestående av två delar: släktnamn och artnamn. I sitt verk *Systema Naturae* presenterade han detta system i en systematisk form. Linné betraktade arter som oföränderliga skapelser, men hans systematiska arbete lade ändå en viktig grund för senare evolutionsteoretiskt arbete genom att kategorisera livets mångfald och belysa likheter och skillnader mellan olika systematiska nivåer.

Jean-Baptiste Lamarck (1744–1829) var en av de första att föreslå att arter kan förändras över tid. Lamarcks teori, känd som transformism eller läran om ärvda egenskaper, byggde på idén att organismer kan förändra sina egenskaper under sin livstid som svar på miljöpåverkan, och att dessa förvärvade förändringar kan föras vidare till nästa generation. Ett klassiskt exempel är Lamarcks hypotes om giraffens hals, där han föreslog att giraffer utvecklade långa halsar genom att sträcka sig efter höga trädgrenar. Trots att Lamarcks hypotes visade sig vara felaktig, var det ett tidigt men betydelsefullt bidrag till att förklara hur arter kan förändras över tid.

Charles Darwin (1809–1882) är utan tvekan den mest kända vetenskapsmannen i evolutionsteorins historia. Darwins teori om naturligt urval publicerades först i *Om arternas uppkomst* (1859). Han argumenterade för att individer inom en art varierar i sina egenskaper, och att dessa variationer kan påverka deras överlevnad och reproduktionsförmåga. De individer som har fördelaktiga egenskaper tenderar att överleva och föröka sig, och därmed sprida dessa egenskaper vidare till nästa generation. Detta naturliga urval leder över tid till att arter anpassar sig till sina miljöer. En av Darwins mest banbrytande insikter var att allt liv på jorden delar en gemensam förfader, vilket innebär att alla arter är besläktade på någon nivå.

Samtidigt som Darwin utvecklade sin teori, kom den brittiska naturforskaren **Alfred Russel Wallace** (1823–1913) fram till liknande slutsatser. Wallace och Darwin publicerade en gemensam artikel år 1858, där de båda presenterade sina upptäckter om naturligt urval. Denna gemensamma artikel banade väg för Darwins senare verk, *Om arternas uppkomst*, och bidrog till att evolutionsteorin blev känd inom vetenskapliga kretsar.

Under samma period gjordes även banbrytande upptäckter av **Mary Anning** (1799–1847), en brittisk amatörpaleontolog, som väsentligt bidrog till förståelsen av jordens förhistoria och livets utveckling. Flera olika typer av förhistoriska fossiler upptäcktes av Anning, däribland betydande fynd av fisködlor och de allra första fossilen av svanödlor. Hennes fynd utmanade dåtidens religiösa och vetenskapliga uppfattningar om jordens ålder och livets oföränderlighet, och bidrog till teorin att arter förändras över tid. Trots att Anning inte hade någon formell utbildning och inte fick erkännande under sin livstid, spelade hennes arbete en viktig roll i utvecklingen av paleontologi och evolutionsteori.

Darwin saknade kunskap om genetiskt arv, och bara sex år efter att *Om arternas uppkomst* publicerades, presenterade den österrikiske munken och forskaren **Gregor Mendel** (1822–1884) de grundläggande lagarna för ärftlighet genom sina experiment med ärtplantor. Mendels arbete *Versuche über Pflanzen-Hybriden* (sv. Försök med växthybrider) från 1866 visade att egenskaper ärvs från föräldrar till avkomma genom diskreta enheter, som vi idag kallar gener. Mendels upptäckter förblev okända under hans livstid, men de blev senare återupptäckta i början av

1900-talet och integrerades i den moderna evolutionsteorin, vilket ledde till den så kallade moderna syntesen. Denna syntes kombinerade Darwins teori om naturligt urval med Mendels genetik, vilket skapade en mer komplett förståelse av evolutionen.

Mellan 1918 och 1932 utvecklades nya aspekter av populationsgenetik som bekräftade att Mendelsk genetik är förenlig med naturligt urval och gradvis evolution (Stoltzfus & Cable, 2014). Detta lade grunden för den moderna evolutionära syntesen (*eng.* the modern evolutionary synthesis), ett begrepp som myntades av **Julian Huxley** (1942). En central gestalt i denna syntes var **Ernst Mayr** (1904–2005), som formulerade de grundläggande principerna för adaptiv evolution det vill säga hur arter förändras och anpassar sig till sin miljö genom naturligt urval, genom att sammanställa viktiga fakta och slutsatser som utgör grunden för evolutionsteorin (Mayr, 1982; Smith, 2010). Mayr påpekade, i linje med Darwins observationer i Om arternas uppkomst, att alla populationer har potential att växa exponentiellt. Darwin använde elefanter som exempel för att illustrera hur en art, trots sin långsamma reproduktion, skulle snabbt överbefolka jorden om alla individer överlevde och förökade sig. Men i verkligheten hindras denna tillväxt oftast av begränsade resurser, vilket leder till konkurrens och selektionstryck. Även om vissa populationer kan verka stabila över tid, är populationsdynamiken oftast i ständig förändring på grund av konkurrensen om resurser. Darwin beskriver detta i sitt kapitel *Struggle for existence*, där han förklarar att denna kamp för överlevnad skapar ett selektionstryck som påverkar populationsstorleken och dess stabilitet över generationer. Individer i en population varierar dessutom i sina ärftliga egenskaper, och de individer med fördelaktiga egenskaper har högre sannolikhet att överleva och reproducera sig, vilket ytterligare driver evolutionär förändring. Detta leder till förändringar i populationsgenetik över tid och kan resultera i artbildning. Senare framsteg inom molekylärbiologi, som PCR-teknik och kartläggning av DNA, har ytterligare stärkt teorin genom att möjliggöra analyser av DNA-sekvenser från utdöda arter, såsom *Homo neanderthalensis* (Pääbo, 2015).

3.1.2 Evolutionens mekanismer: variation, ärftlighet och urval

För att förstå och förklara evolutionsteorin är det tre viktiga begrepp som spelar en avgörande roll: *variation*, *ärftlighet* och *urval*. I alla levande populationer finns det variation mellan individerna i olika egenskaper. Vissa av dessa egenskaper varierar mycket, andra mindre, och några kanske inte varierar alls. Genetisk variation uppstår i grunden genom slumpmässiga förändringar, så kallade mutationer, i arvsmassan. Dessa mutationer skapar nya variationer i generna som naturligt urval kan verka på och är därför en viktig drivkraft för genetisk mångfald. Mutationsfrekvensen kan påverkas av miljöfaktorer, och olika gener har olika sannolikhet att mutera. En annan viktig källa till variation är den omkombination av gener som sker vid sexuell fortplantning. När man pratar om variation inom evolution är det främst den genetiska variationen inom en population som diskuteras. Det är nämligen den som kan föras vidare till kommande generationer och därmed ha betydelse ur ett evolutionärt perspektiv. Även om både genetisk och miljömässig variation spelar roll, är det just därför den genetiska variationen är av störst intresse eftersom den ligger till grund för ärftliga förändringar. Nästa centrala begrepp är ärftlighet, vilket innebär att avkomman tenderar att likna sina föräldrar mer än en slumpmässigt vald individ från populationen. Ärftligheten beror på överföringen av genetiskt material från föräldrar till avkomma, vilket gör att vissa egenskaper går i arv. Det tredje begreppet är urval, eller naturligt urval, som är den process som driver evolutionen framåt och som inte sker slumpmässigt. Individer med egenskaper som ger dem fördelar i den rådande miljön kommer att ha större chans att överleva och få fler avkommor. Om dessa fördelaktiga egenskaper är ärftliga, kommer de att spridas till fler individer i nästa generation, vilket innebär att populationens genetiska sammansättning förändras över tid.

Genom att använda dessa tre begrepp kan teorin på ett enkelt sätt förklaras: Om en egenskap varierar inom en population, är ärftlig och ger en fördel i den aktuella miljön, kommer det naturliga urvalet att göra att individer med denna egenskap får fler avkommor. Detta leder till att egenskapen blir vanligare i kommande generationer. På samma sätt

kommer egenskaper som missgynnas av miljön att minska i frekvens över tid. Om alla tre förutsättningar – variation, ärftlighet och urval – är uppfyllda, leder det till evolutionär anpassning. Evolutionär anpassning sker alltid som ett resultat av naturligt urval, vilket inte är slumpmässigt utan baserat på selektion. Men evolution kan också ske utan naturligt urval, genom processer som neutral evolution eller genetisk drift, där förändringar sker slumpmässigt. I den här avhandlingen fokuseras dock enbart på evolution genom naturligt urval.

3.2 Evolution, en utmaning för elever

Den här texten lyfter fram vad forskningen visar om de utmaningar som finns i att undervisa om evolutionsteorin samt de svårigheter som elever stöter på när de ska förstå dessa centrala begrepp.

Evolutionsteorin är en grundläggande del av biologiundervisningen, men forskning visar att det är ett område som elever ofta finner svårt att förstå (Sinatra m.fl., 2008). Redan innan de möter evolutionsteorin i formell undervisning har elever utvecklat idéer om hur evolution fungerar, men dessa bygger ofta på vardagsföreställningar och alternativa uppfattningar som står i konflikt med det vetenskapliga perspektivet (Deadman & Kelly, 1978; Engel Clough & Wood-Robinson, 1985). Detta bekräftas även av Frejd (2019), som visat att barn redan i förskoleklass har föreställningar om evolutionära begrepp präglade av deras tidigare erfarenheter. Till exempel har elever en tendens att tro att allt finns av en specifik anledning och att biologiska förändringar sker utifrån behov eller syfte (Sinatra m.fl., 2008). Dessa intuitiva föreställningar gör att förståelsen av evolution inte bara handlar om att lägga till ny kunskap, utan kräver en djupgående förändring i hur elever tolkar världen (Sinatra m.fl., 2008). Vidare kan kulturella och religiösa uppfattningar skapa ytterligare motstånd mot att acceptera evolutionsteorin (Groß m.fl., 2019), och ämnet kolliderar ofta med elevernas förutfattade meningar om livets uppkomst (Smith, 2010). Utmaningarna är alltså inte enbart kognitiva utan också emotionella, vilket gör att teorin kräver en omvälvande omställning i elevens tankesätt. Trots att teorin spelar en viktig roll i att

förmedla naturvetenskapens karaktär, dess historia och metoder, innebär detta höga krav på både elever och lärare (Bishop & Anderson, 1990; Demastes m.fl., 1995; Osborne m.fl., 2003; Zetterqvist, 2003). Det handlar om att hjälpa eleverna att omvärdera sina tidigare föreställningar och i stället utveckla en djupare förståelse för centrala evolutionära begrepp som naturligt urval, anpassning och variation (Gregory, 2009). Ett aktuellt exempel är projektet *Evolution i serieform*, där Linköpings universitet testat serietidningar som pedagogiskt verktyg för att underlätta elevers förståelse av evolutionära begrepp.

Hindren för att acceptera evolutionsteorin kan delas in i emotionella och kognitiva hinder (Thagard & Findlay, 2010). Emotionella hinder innebär att elever tenderar att acceptera sådant som stämmer överens med deras personliga övertygelser och känslor. Kognitiva hinder däremot uppstår när elever har svårt att greppa vissa begrepp eller resonemang. Vissa av dessa kognitiva hinder är kopplade till så kallade *tröskelbegrepp*, vilka är svåra att ta till sig men som, när de väl förstås, radikalt förändrar elevens sätt att se på ämnet (Meyer & Land, 2005; Walck-Shannon m.fl., 2019). Exempel på sådana begrepp inom evolution är *slumpmässighet*, *sannolikhet*, *enorma tidsskalor* samt *naturligt urval* (Tibell & Harms, 2017; Walck-Shannon m.fl., 2019). När elever väl förstått dessa tröskelbegrepp genomgår deras syn på evolutionen en djupgående och ofta irreversibel förändring. Utöver dessa tröskelbegrepp finns även *nyckelbegrepp* som är nödvändiga byggstenar för förståelsen av evolutionära processer, men som inte nödvändigtvis är lika transformativa. Exempel på sådana nyckelbegrepp är *variation*, *ärftlighet*, *konkurrens* och *reproduktion*. Dessa begrepp är grundläggande och utgör viktiga byggstenar för elevernas förståelse, men att behärska dem leder inte nödvändigtvis till en djupgående förändring i elevens perspektiv (Göransson, 2021; Meyer & Land, 2005). Eftersom en av studiens undervisningssekvenser fokuserade särskilt på att fördjupa elevernas förståelse av det komplexa tröskelbegreppet naturligt urval, ligger mitt fokus specifikt på hur elever utvecklar förståelsen av detta begrepp. För att fullt förstå naturligt urval krävs insikt i hur flera nyckelbegrepp samverkar, till exempel att variation är en förutsättning, att konkurrens råder om begränsade resurser och att anpassningar ackumuleras över tid (Göransson, 2021; Meyer & Land, 2005; Tibell & Harms, 2017). Konkurrens

innebär att individer tävlar om resurser, vilket påverkar deras överlevnad och reproduktionsframgång. Anpassning beskriver att vissa egenskaper ökar individens möjligheter till överlevnad och reproduktion i en viss miljö. Naturligt urval sker på individnivå, där individer med fördelaktiga egenskaper tenderar att överleva och reproducera sig bättre. Evolution, det vill säga långsiktiga förändringar av genfrekvenser, sker däremot på populationsnivå och kan endast observeras och mätas över flera generationer (Göransson, 2021; Mayr, 1982).

3.2.1 Alternativa idéer av evolutionära begrepp

Till skillnad från de övergripande utmaningar som diskuterats tidigare, ligger fokus i detta avsnitt på hur enskilda evolutionära begrepp kan tolkas. Här ges en fördjupad bild av hur variation, överlevnad, reproduktion och anpassning uppfattas inom undervisningen, och samtidigt belyses vanliga missuppfattningar samt orsakerna till varför dessa begrepp ofta misstolkas.

Bishop och Anderson (1990) påpekar att många elever inte inser betydelsen av variation inom en population, vilket är det första steget i en tvåstegsprocess inom evolution. Tidigare forskning visar att elever ofta ser miljön som den främsta orsaken till variation i populationer och har svårt att förstå slumpens roll för variationen (Bishop & Anderson, 1990). Dessutom har elever ofta en typologisk syn, vilket innebär att de ser alla individer inom en art som likadana och ignorerar skillnaderna mellan dem (Anderson m.fl., 2002; Rudolph & Stewart, 1998). Detta försvårar deras förståelse av evolution genom naturligt urval. Jensen och Finley (1996) fann att elever, även efter undervisning, ofta har svårigheter att förstå inomartsvariation. De betonar därför vikten av att tydligt lyfta fram denna aspekt i undervisningen. Zetterqvist (2003) konstaterar att av 26 intervjuade högstadielärare var det endast två som spontant tog upp inomartsvariation när de beskrev sin undervisning om evolution. När lärarna däremot fick direkta frågor om detta svarade de flesta att de nämner variation inom arter, men endast sex av dem kopplade uttryckligen variationen till naturligt urval.

Anpassning: Anpassning är ett komplext begrepp inom evolutionsteorin, delvis eftersom det används både i vardagsspråk och

vetenskapliga sammanhang, ibland med olika betydelser (Jensen & Finley, 1996). I vardagligt språk används anpassning nästan alltid för att beskriva individers förmåga att förändras eller reagera på sin omgivning, och detta är ofta en reversibel process, exempelvis när en person vänjer sig vid ett kallt klimat. I kontrast till detta beskriver evolutionär anpassning hur vissa egenskaper blir mer eller mindre vanliga i en population över tid, som ett resultat av selektionstryck. Detta är en långsam process som sker över många generationer och handlar om förändringar i allelfrekvenser. Denna typ av anpassning är därför irreversibel på kort sikt och populationsbaserad snarare än individuell. Många elever missförstår begreppet och ser anpassning som drivkraften bakom evolutionen, och ser det som en gradvis förändring som sker hos alla individer i en population eller art (Bishop & Anderson, 1990). Jensen och Finley (1996) framhåller därför att undervisningen om evolution bör lägga större vikt vid att förklara hur evolutionär anpassning faktiskt sker, det vill säga genom att vissa egenskaper blir vanligare eller ovanligare inom populationen, snarare än att individer förändras. Fokus bör ligga på hur frekvensen av specifika gener eller egenskaper förändras över tid inom hela populationen.

Överlevnad: Elever uppvisar ofta en grundläggande förståelse för begreppet överlevnad, men flera studier visar att många elever har en teleologisk missuppfattning, där de tror att egenskaper utvecklas för att möta specifika behov eller intentioner, som om evolutionen har ett syfte att säkerställa överlevnad (Ferrari & Chi, 1998). Det är dock viktigt att poängtera att evolution inte har något medvetet mål; egenskaper utvecklas genom naturligt urval där de individer som råkar ha gynnsamma egenskaper har större sannolikhet att överleva och reproducera sig. Denna missuppfattning hänger ofta samman med feltolkningar av uttrycket "survival of the fittest", som ofta översätts till "den starkaste överlever". Detta leder till att den verkliga innebörden av *fittest* som handlar om vilka individer som är mest framgångsrika på att få avkommor och sprida sina gener, går förlorad. Anderson med kollegor (2002) fann även han i sin studie att många elever associerade *fittest* med kroppsstorlek, styrka eller livslängd, i stället för till förmågan att föröka sig framgångsrikt.

Reproduktion: Forskning visar att reproduktionsskillnader sällan diskuteras i undervisning, trots att det är viktigt för att förstå naturligt urval (Bishop & Anderson, 1990; Ferrari & Chi, 1998). Reproduktionsskillnader handlar om att vissa individer i en population får fler ungar än andra, vilket påverkar hur deras gener sprids till nästa generation. I stället resonerar många elever att nya arter skapas genom att nya typer av individer plötsligt föds, i stället för att se det som ett resultat av skillnader i reproduktion. Här ser eleverna det mer som en plötslig förändring i stället för att förstå att artbildning sker gradvis genom att vissa individer har högre reproduktiv framgång och sprider sina gener mer effektivt över flera generationer.

3.2.2 Ytterligare utmaningar i förståelsen av evolutionära processer

Utöver de alternativa uppfattningar om evolutionära begrepp som presenterats, visar forskning att det finns fler områden där förståelsen av evolution är utmanande. Här kommer jag att beskriva svårigheter kopplade till begreppet evolutionär tid samt olika organisationsnivåer som används för att förklara evolutionära processer.

Evolutionär tid: Svårigheter att förstå konsekvenserna av evolutionen, som artbildning och biologisk mångfald, beror ofta på de extremt långa tidsperioder som dessa processer sträcker sig över (Ferrari & Chi, 1998). Forskning visar att förståelsen av geologisk tid är avgörande för att elever ska kunna greppa livets utveckling, men denna tidsaspekt förbises ofta. I stället lyfts exempel som förändringar hos björkmätare under korta tidsperioder fram, vilket kan ge en missvisande bild av evolutionens verkliga tidsperspektiv. På senare tid har dock forskning som lyfter vikten av att förstå den långa evolutionära tidsramen, även kallad "deep time", fått större uppmärksamhet (Stenlund, 2023).

Organisationsnivåer: Fenomen som är involverade i evolutionära processer förklaras på många olika nivåer så kallade organisationsnivåer, som exempelvis gen-, individ-, populations-, art- och ekosystemnivå. Variation kan ses på flera av dessa nivåer: genetisk variation, miljöpåverkan och mutationer sker på gen- och individnivå, medan variation mellan arter diskuteras på populations- och artnivå, och mångfald på

ekosystemnivå. Naturligt urval, överlevnad och reproduktion sker på individnivå och påverkar vilka gener som förs vidare till nästa generation. På gennivå handlar det om hur mutationer och genvarianter (alleler) uppstår och sprids. På individnivå innebär naturligt urval att enskilda individer med vissa fördelaktiga egenskaper överlever bättre och får fler avkommor, vilket ökar spridningen av deras gener i populationen. Dessa processer – naturligt urval, överlevnad och reproduktion – är alltså direkt kopplade till de egenskaper och gener som individer bär på. Däremot kan effekterna av naturligt urval ses först på populationsnivå, eftersom anpassning inte sker hos enskilda individer utan på hela populationen över tid. Anpassning innebär att fördelaktiga egenskaper blir vanligare i en population, eftersom de individer som bär dessa egenskaper har högre överlevnad och reproduktiv framgång. Detta sker gradvis över generationer och påverkar hela populationens sammansättning. Inom biologin har det länge debatterats vilka organisationsnivåer som är mest relevanta för att förstå evolution, särskilt för naturligt urval. Kalinowski och kollegor (2010) betonar att det är viktigt att tydligt visa på vilken nivå diskussionen rör sig, eftersom en oklar växling mellan nivåerna skapar förvirring för elever. Tibell och Harms (2017) menar att just dessa oklarheter kan bidra till svårigheter att förstå naturligt urval. Studier visar även att elever blandar ihop art-, populations- och individnivå när de beskriver artbildning. Eleverna uppfattar att populationer och arter förändras som en helhet samtidigt och tenderar missa individernas betydelse i sammanhanget Halldén (1988) noterade också i sin studie att elever ofta blandar ihop art- och individnivå när de beskriver artbildning, vilket leder till en otydlig uppfattning av processen (Gregory, 2009).

4. Metoder

Kapitlet inleds med en beskrivning av formativa interventioner, den forskningsdesign som ligger till grund för avhandlingens två delstudier. Därefter beskrivs hur urval, datainsamling, analys och tolkningar av empiri genomförts för varje delstudie. Avslutningsvis diskuteras praktiska och etiska överväganden, samt avhandlingens trovärdighet.

4.1 Formativa interventioner

Ansatsen för mitt forskningsprojekt är inspirerad av Penuels (2014) modell för formativa interventioner, där personer med olika kompetenser samarbetar i cykler för att generera, pröva och analysera nya idéer, produkter eller lösningar som deltagarna inte skulle kunna utveckla på egen hand. I undervisningssammanhang är produkten ett undervisningsupplägg. Formativa interventioner grundar sig på teorin om expansivt lärande (Engeström & Sannino, 2010) och syftar till att generera kunskap som är relevant både för forskarsamhället och den praktik som studeras. Det är just denna kollektiva process, där alla bidrar med olika erfarenheter och expertis, som gör formativa interventioner särskilt kraftfulla. Formativa interventioner skiljer sig också från traditionell interventionsforskning genom att de utvecklas i samarbete mellan forskare och praktiker, medan interventionsforskning oftast initieras och styrs av forskare. Den formativa interventionsprocessen har också dubbla syften: dels att utveckla en idé, produkt eller lösning, och dels att skapa hållbara strukturer som sedan underlättar implementeringen av denna produkt i verksamheten. I min studie genomfördes de formativa interventionerna genom samarbete mellan mig (med huvudansvar), min huvudhandledare och tre lärare för att utforma fyra NO-lektioner med plats för förundran. Lektionernas upplägg inspirerades av de teoretiskt grundade förslag på undervisningsformer som stimulerar förundran som beskrivs av Trotman (2014) samt Wolbert och Schinkel (2021) (se kapitel 2). Val av

ämnesområde, tidsplan och innehåll för lektionerna bestämdes av lärarna, som redan innan studien hade en färdig terminsplanering. Under projektet har de medverkande haft olika roller. Lärarnas ansvar var att bidra med professionell kunskap till planerings- och utvärderingsprocessen samt att genomföra undervisningen på ett sätt som passade den aktuella klassens sammansättning samt befintliga ramfaktorer. Vår roll som forskare innebar att genomföra ett antal gemensamma workshops om epistemiska känslor med fokus på förundran, planera för uppföljande möten, erbjuda vetenskapligt grundat stöd i planerings- och utvärderingsprocessen samt observera och dokumentera undervisningen med fältanteckningar, fotografier, ljud- och videoinspelningar. Under samtliga lektionstillfällen fanns vi tillgängliga för frågor och kommentarer från både lärare och elever utan att ta över undervisningen. Det enda undantaget till detta var under introduktionen till lektionen Tre ting. Där bidrog vi till att skapa inramningen genom att presentera våra upplevelser av förundran i samband med att vi forskat inom biologi. För att få in mer information om interventionens utfall kompletterades observationerna med lärarintervjuer på låg- och mellanstadiet (delstudie 1), skriftliga elevreflektioner samt elevintervjuer i par på högstadiet (delstudie 2).

4.2 Studiens kontext och övergripande metoddesign

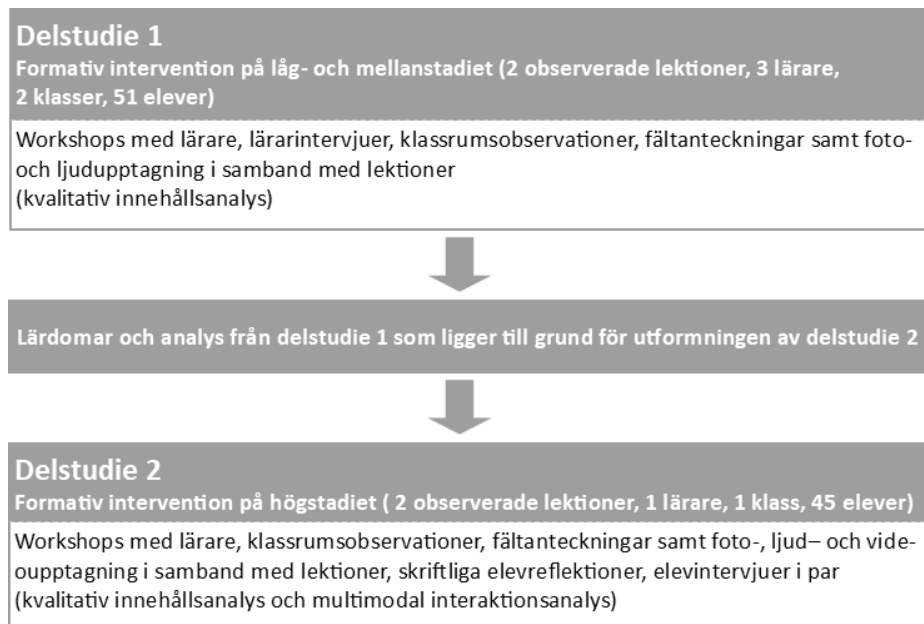
Delstudie 1 och 2 genomfördes på en F-9-skola i Mellansverige, centralt belägen i ett upptagningsområde där eleverna kom från varierande sociala bakgrunder. Avhandlingens första delstudie genomfördes tillsammans med lärare och deras elever i årskurs 2 och årskurs 3. Den ursprungliga planen var att också en årskurs 4 skulle medverka. Läraren blev emellertid förflyttad till årskurs 7 och därför fokuserar delstudie 2 på denna årskurs. För att ge en översiktlig bild av hur forskningsprocessen organiserades och hur de två delstudierna förhåller sig till varandra, presenteras nedan en övergripande metoddesign.

4.2.1 Övergripande metoddesign

Den övergripande metoddesignen (figur 4) illustrerar hur de formativa interventionerna planerades, genomfördes och analyserades i samarbete mellan forskare och lärare. Den visar även hur olika datakällor och analysmoment kopplades till respektive fas i forskningsprocessen. De två delstudierna skilde sig dock åt i fokus: i årskurs 2, 3 och 4 låg tonvikten på både lärare och elever, medan årskurs 7 främst fokuserade på elevernas perspektiv.

Figur 4

Avhandlingens metodiska genomförande baserat på formativa interventioner

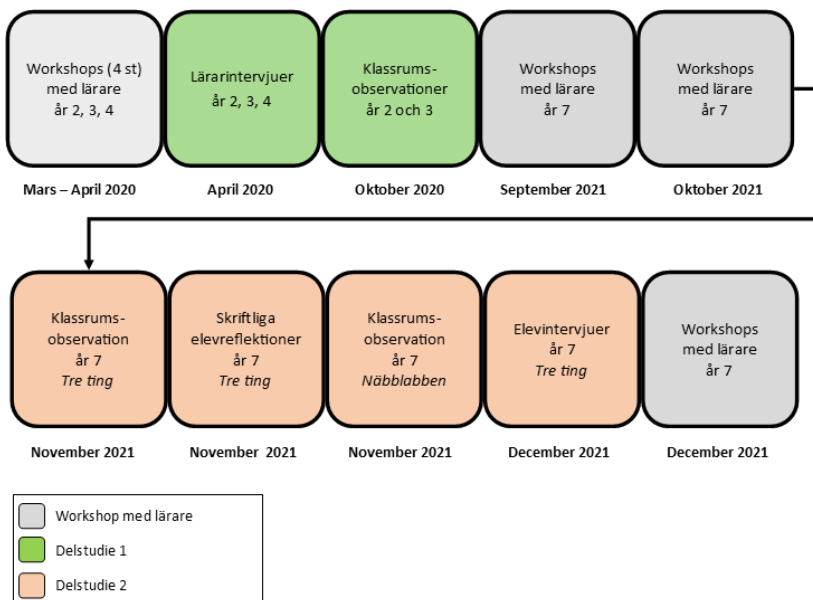


Trots skillnaderna i undervisningsupplägg mellan delstudierna förenades de av en gemensam teoretisk grund i epistemiska känslor med särskilt fokus på förundran. Båda delstudierna hade en explorativ och induktiv ansats, där insikter från det empiriska materialet bidrog till att

utveckla både undervisningsformen och analysverktyg. För att stödja denna process höll jag regelbundna workshops med lärarna, där vi samarbetade för att utveckla undervisningsupplägg som kunde väcka epistemiska känslor i det naturvetenskapliga klassrummet (figur 5). Dessa upplägg utformades utifrån lärarnas praktiska erfarenheter och aktuell teoretisk forskning. Genom detta nära samarbete fick jag möjligheten att följa och analysera hur förundran kunde omsättas i undervisningen och vilka utmaningar som uppstod i praktiken.

Figur 5

Tidslinje som illustrerar datainsamlingen för avhandlingens två delstudier under 2020 och 2021. Gröna rutor representerar delstudie 1, orange rutor delstudie 2. Rutorna markerar tidpunkter för datainsamling och de olika typer av empiri som samlades in. Grå rutor visar workshops med lärare



4.3 Delstudie 1 – årskurs 2, 3 och 4

Denna studie var inledningsvis tänkt som en begränsad pilotstudie. Ganska snart insåg jag dock att studien, förutom att ge mig insikter som kunde ligga till grund för min uppföljande delstudie, genererade intressanta resultat och därför presenterar jag den nu som delstudie 1 i min avhandling.

Interventionen genomfördes i nära samarbete mellan mig, min huvudhandledare och de deltagande lärarna – Clara (år 2), Alice (år 3) och Rebecca (år 4). Tillsammans strävade vi efter att uppnå två huvudsakliga mål: a) att möta och behålla elevernas intresse och förundran för naturvetenskapliga processer och fenomen, och b) att skapa en röd tråd och progression mellan undervisningen på låg- och mellanstadiet.

4.3.1 Datainsamling och analys

Datainsamlingen för delstudie 1 genomfördes vid elva tillfällen under våren och hösten 2020 (figur 4). Fyra workshops hölls med lärarna, där diskussioner dokumenterades genom ljudinspelningar och anteckningar. Utöver detta samlades individuella tankekartor in, tre lärarintervjuer genomfördes och fyra klassrumsobservationer i halvklass utfördes. För att analysera datamaterialet tillämpades kvalitativ innehållsanalys enligt Graneheim och Lundman (2004). De frågeområden som användes i workshops, tankekartor och intervjuguiden utgjorde även analysens innehållskategorier. Dessa kategorier fokuserade på lärarnas syn på förundran, deras förståelse av vad förundran är, hur de upplever att förundran kan observeras i klassrummet samt vilken betydelse de anser att förundran har för undervisning och lärande. Kategorierna formade analysens struktur och låg till grund för hur resultaten organiserades och tolkades.

Workshops med lärare

Workshops användes som en central metod för att skapa dialog och gemensamma reflektioner mellan oss forskare och lärare. Under den *första workshopen* blev det tydligt att deltagarnas uppfattningar om förundran

varierade. Vi inledde med en öppen diskussion där lärarna delade sina egna erfarenheter och tolkningar av begreppet. Det blev snabbt klart att lärarna hade sett förundran uppstå i klassrummet, men att det främst skedde spontant snarare än som ett resultat av en medveten pedagogisk strategi. Därför styrde vi samtalet vidare mot frågan om förundrans möjliga betydelse för naturvetenskapsundervisningen. Fokus låg på att skapa en gemensam förståelse för hur förundran kan väckas hos eleverna och att identifiera både hinder och möjligheter för att upprätthålla kontinuitet i undervisningen. Efter denna workshop fick lärarna i uppgift att skapa egna tankekartor utifrån tre vägledande frågor: *Vad är förundran för dig? När förundrades du senast? Förundras ni i klassrummet?* Jag såg denna uppgift som ett sätt att ge lärarna tid för en mer systematisk reflektion kring sina egna erfarenheter och hur dessa kunde kopplas till deras undervisning. Den *andra workshopen* var mer praktiskt inriktad och syftade till att konkretisera det som kommit fram i diskussioner och tankekartor samt de sex aspekter som Trotman (2014) beskrivit som karaktärsdrag för miljöer med plats för förundran i planering av lektioner (se 2.3.3). Efter workshop 2 genomförde lärarna de planerade lektionerna. Under den *tredje workshopen* utvärderade vi tillsammans de genomförda lektionerna. Här låg fokus på hur undervisningen hade fungerat i praktiken, vilka utmaningar som uppstått och vilka delar som kunde vidareutvecklas för att stärka elevernas nyfikenhet och engagemang. Efter workshop 3 genomfördes individuella lärarintervjuer (se beskrivning nedan). Den *fjärde och sista workshopen* var en möjlighet att ta ett steg tillbaka och reflektera över hela processen. Här samlade vi våra erfarenheter, diskuterade insikter och pratade om nästa steg för att möjliggöra en långsiktig implementering av förundran i undervisningen. Vid det här laget hade både jag och lärarna en mer nyanserad förståelse av hur förundran kunde främjas i praktiken och vilka faktorer som påverkade dess hållbarhet i undervisningen.

För att dokumentera och analysera workshoparna spelades tre av fyra in med mp3-spelare. Den fjärde workshopen, som hölls digitalt via Teams på grund av pandemirestriktioner, spelades istället in med Teams inspelningsfunktion. Utöver inspelningarna förde jag även fältanteckningar under samtalen, vilket hjälpte mig att fånga viktiga observationer och reflektioner i stunden. Dessa anteckningar blev en central del av

analysprocessen, då de gav en kontext till inspelningarna och hjälpte mig att identifiera de mest relevanta sekvenserna för transkribering och vidare analys. Jag analyserade materialet med kvalitativ innehållsanalys (Graneheim & Lundman, 2004), där fokus låg på att förstå lärarnas egna definitioner av förundran, deras reflektioner kring epistemiska känslor samt deras erfarenheter av att integrera detta i undervisningen. De frågor som låg till grund för tankekartorna formade analysens innehållskategorier och användes för att strukturera det insamlade materialet. I analysen identifierade jag kategorier som grundade sig i lärarnas beskrivningar av hur förundran tar sig olika uttryck i klassrummet. Materialet sorterades utifrån både gemensamma och synliga tecken på förundran samt mer individuella och inåtvända upplevelser. Vidare framkom en kategori kring hur förundran tar form i sociala sammanhang och påverkas av elevernas unika erfarenheter (tabell 2). För att fördjupa förståelsen av materialet genomförde jag analysen i samspel med analys av de individuella lärarintervjuerna. Lärarnas perspektiv och reflektioner bidrog till att nyansera och tolka resultaten, vilket gav en djupare förståelse för hur förundran kan planeras för och uppstå i undervisningen.

Lärarintervjuer

För att ytterligare fördjupa lärarnas reflektioner kring förundran genomförde jag individuella intervjuer med Clara, Alice och Rebecka mellan workshop 3 och 4. Jag ville fånga deras personliga erfarenheter av att väcka denna känsla i klassrummet och ge dem en möjlighet att utveckla sina tankar utanför den gruppbaseade diskussionen. De individuella samtalen gav också utrymme för mer nyanserade resonemang kring deras undervisningspraktik och de utmaningar de stött på. För att säkerställa att samtalen täckte relevanta aspekter av både förundran och undervisningens utformning använde jag en tematiskt strukturerad intervjuguide (se bilaga 4). Guiden innehöll frågor om lärarnas syn på sitt uppdrag, NO-undervisning och deras arbete med att väcka förundran. Dessa teman låg sedan till grund för analysens innehållskategorier. Lärarnas tankekartor togs med under intervjuerna, vilket bidrog till att fördjupa samtalen och ge konkreta exempel på hur förundran kunde integreras i undervisningen. Jag märkte att dessa visuella representationer av deras tankar fungerade som ett stöd för lärarna när de beskrev sina

erfarenheter och reflekterade över sina pedagogiska strategier. Intervjuerna spelades in med en mp3-spelare och fokuserade på lärarnas syn på begreppet förundran samt deras erfarenheter av att väcka denna känsla hos eleverna. Samtliga intervjuer transkriberades ordagrant enligt Kvale och Brinkmann (2014) och analyserades med hjälp av kvalitativ innehållsanalys (Graneheim & Lundman, 2004). För att få en helhetsbild av lärarnas uppfattningar om förundran och dess roll i undervisningen tolkade jag intervjumaterialet i relation till empirin från workshops och tankekartor. Denna triangulering av data gjorde det möjligt att identifiera både återkommande mönster och variationer i lärarnas erfarenheter. Genom en systematisk kodning av intervjuerna framträdde centrala teman i lärarnas beskrivningar av förundran. Dessa kategoriserades och analyserades vidare för att skapa en struktur i materialet, vilket redovisas i tabell 2.

Tabell 2

Översikt över frågeområden, kategorier och exempel på lärarcitat från analysen av empiriskt material i delstudie 1. Frågeområdena är hämtade från workshops, individuella tankekartor och lärarintervjuer, där kategorierna har identifierats genom kvalitativ innehållsanalys

Frågeområde	Kategorier	Exempel på lärarcitat
Lärares syn på förundran	Lärarna beskrev förundran med nyckelord som ”positivt”, ”smittar”, ”fascination” och ”glädje”, vilket lyfte fram centrala aspekter av hur känslan upplevdes och spreds i klassrummet.	<i>”Förundran kan vara något positivt, en känsla av att något är större än man först trodde.”</i> (Alice, lärarintervju)
Vad är förundran?	Lärarna såg förundran som något som kan anta olika uttryck i klassrummet – både gemensamma, synliga och högljudda reaktioner samt mer individuella, stillsamma och inåtvända upplevelser.	<i>”Bland ser man hur elever fastnar i något, att de verkligen hittar ett intresse och blir så uppslukade att allt annat försvinner för en stund.”</i> (Alice, lärarintervju och tankekarta)

Hur kan man se förundran?	Lärarna betonade att förundran formas i sociala sammanhang men också påverkas av varje elevs unika erfarenheter, vilket gör att den kan upplevas på olika sätt. De delade även konkreta exempel på situationer som väckte förundran, exempelvis när eleverna upptäckte att de kunde eller när något oväntat inträffade.	<i>"Jag ser det i glimten i ögat, i glädjen och engagemang när de säger: 'Vet du vad jag såg på nätet?' eller när de ivrigt vill visa mig vad som hände i ett experiment: 'Kolla, kolla, kolla här!'"</i> (Rebecka, lärarintervju)
Vilken betydelse har förundran?	Lärarna såg förundran som något som bidrar till engagemang och lärande, dels genom att den skapar positiva känslor, dels genom att den kan spridas i klassrummet och stärka nyfikenhet och motivation.	<i>"De två första orden jag tänker på är nyfikenhet och glädje."</i> (Clara, workshop)

Klassrumsobservationer

Klassrumsobservationer genomfördes för att undersöka hur förundran kom till uttryck i undervisningen samt elevernas respons på dessa situationer. Observationerna utfördes i halvklasser, vilket möjliggjorde en mer detaljerad uppföljning av elevernas interaktioner. Sammanlagt deltog 24 elever från årskurs 2 och 27 elever från årskurs 3. Observationerna fungerade som ett komplement till lärarintervjuerna och övriga datainsamlingsmetoder, då de gav möjlighet att jämföra lärarnas reflektioner med elevernas faktiska samspel. På så vis skapades en djupare förståelse för hur elever uttrycker förundran i praktiken.

För att dokumentera observationerna och fånga elevernas interaktioner och aktiviteter användes flera metoder. Direkta observationer och personliga reflektioner noterades i form av fältanteckningar. Samtal och elevs muntliga uttryck dokumenterades med hjälp av ljudinspelningar via mp3-spelare, och specifika situationer samt klassrumsmiljön dokumenterades genom fotografier.

Analysen utgick från teoretiska perspektiv på undervisning samt lärarnas definitioner av förundran, vilket möjliggjorde identifiering och tolkning av hur förundran uttrycktes i klassrummet. Mer konkret kunde jag urskilja två tydliga mönster i elevernas uttryck för förundran. Det ena var en *aktiv form* av engagemang där eleverna upprepade gånger ställde

frågor, uttryckte förtjusning, använde ett livligt kroppsspråk och kom med förslag på hur undersökningen kunde utvecklas. Det andra var en *passiv form* av engagemang där eleverna istället blev helt fokuserade på undervisningsmomentet och försjunkna i egna tankar.

4.4 Insikter inför planering av delstudie 2

Sammanfattningsvis har resultaten från delstudie 1 (se avsnitt 5.1) genererat viktiga insikter som kom att forma planeringen av delstudie 2. Genom att kombinera data från workshops, tankekartor, individuella lärarintervjuer och klassrumsobservationer fick jag en fördjupad förståelse för hur förundran kan initieras och observeras i undervisningen. Analysen visade att lärarna medvetet använde estetiska upplevelser, osäkerhet, elevers delaktighet samt förmågan att se det speciella i vardagen för att stimulera elevernas förundran. Förundran visade sig vara en personlig och socialt situerad känsla som uttrycks på många sätt, från spontana reaktioner till tyst koncentration samt vara smittsam. En central lärdom var behovet av utökade analysmetoder för att fånga variationer i hur förundran uttrycks, särskilt icke-verbala uttryck som kroppsspråk och ansiktsuttryck. För att komplettera ljudinspelningar och fältanteckningar identifierades ett behov av videoinspelningar för att fånga dessa subtila uttryck och den dynamik som uppstår i klassrumssituationen. Delstudien tydliggjorde också lärarnas utmaning att balansera styrdokumentens krav med friheten att skapa engagerande undervisning, vilket kräver tid för reflektion och en strukturerad undervisning som möjliggör både engagemang och bedömning.

Lärdomarna från delstudie 1 har presenterats vid ett seminarium i forskningsmiljön UmSER vid Umeå universitet och har även redovisats i två populärvetenskapliga publikationer: *Bladet* - Att lära in ute, nr 1, och *Bi-lagan*, nr 2.

4.5 Delstudie 2 – årskurs 7

Delstudie 2 genomfördes i nära samarbete med NO-läraren Rebecka i årskurs 7, och hennes klass bestående av 45 elever. Rebecka deltog redan innan i delstudie 1 som lärare i årskurs 4, men övergick under studiens gång till att undervisa på högstadiet på grund av bristen på behöriga NO-lärare. Denna förändring skapade en möjlighet att fördjupa studien genom att undersöka epistemiska känslor i en äldre elevgrupp. Valet av ämnesområde, tidsplan och lektionsfokus bestämdes av Rebecka, som redan hade planerat att undervisa om evolution vid tidpunkten för delstudien. När delstudien genomfördes utgick undervisningen från den nationella läroplanen, Lgr 11 (Skolverket, 2011). I läroplanens syftestext för biologi framhålls att ”undervisningen ska ge eleverna en inblick i vetenskapens världsbild med evolutionsteorin som grund” (Skolverket, 2011, s. 164). Det centrala innehållet betonar att undervisningen ska ”täcka evolutionära mekanismer och deras uttryck”, samt beskriva ”hur organismer identifieras, sorteras och grupperas utifrån släktskap och utveckling” (Skolverket, 2011, s. 168). Dessutom ska eleverna få kunskaper om ”naturvetenskapliga teorier som berör livets uppkomst samt dess utveckling och mångfald med evolutionsteorin som utgångspunkt” (Skolverket, 2011, s. 168).

Under de sex veckor som interventionen pågick, genomförde Rebecka tolv lektioner inom området evolution, två lektioner per vecka. Tillsammans planerade vi (lärare och forskare) två av dessa tolv lektioner med målet att ge plats för förundran och andra epistemiska känslor i samband med undervisning med fokus på centrala evolutionära processer. Planeringen av de två lektionerna baserades både på insikter från delstudie 1 och på teoretiska förslag från forskningslitteraturen (exempelvis Trotman, 2014; Wolbert & Schinkel, 2021). I tabell 3 sammanfattas de specifika tillvägagångssätt som användes för att stimulera elevers förundran. Fortsättningsvis kallar vi detta för *triggers för förundran*. Vår lektionsplanering byggde även på principen att strukturera undervisningen kring centrala, men utmanande, evolutionära begrepp (Tibell & Harms, 2017). De två samplanerade lektionerna *Tre ting* och *Näbb-labben*, beskrivs mer utförligt nedan.

Tabell 3

Beskrivningar av de "triggers för förundran" som låg till grund för utformningen av delstudie 2. Tabellens exempel bygger på lärarreflektioner och Trotmans beskrivning av miljöer där det finns plats för förundran (2014, s. 37–38) samt klassrumsobservationer från delstudie 1

Triggers för förundran	Beskrivning
Skapa estetiska upplevelser	Använda visuella och andra sensoriska intryck för att väcka känslor
Öppna upp för osäkerhet och öppna svar	Bygga upp en atmosfär där det blir tydligt att aktiviteten inte har ett givet svar
Stärka elevernas handlingsförmåga (agens)	Ge utrymme för elevers förmågor genom att tillhandahålla enkla material
Uppmärksamma det märkvärdiga i det vardagliga	Ge utrymme och möjligheter till att upptäcka det oförklarade och fantastiska i till synes vanliga fenomen

Under studiens gång pågick covid-19-pandemin och många elever var frånvarande på grund av sjukdom och rådande restriktioner och riktlinjer. Detta påverkade studien på flera sätt. Dels blev det svårt att säkerställa ett konsekvent deltagande från alla elever, vilket gjorde att vissa data blev ofullständiga. Dels fick vi anpassa undervisningen och empiriinsamlingen efter de rådande riktlinjerna, vilket innebar att vissa aktiviteter genomfördes i mindre grupper och under längre tidsperioder än planerat.

Lektionen Tre ting

Syftet med lektionen Tre ting var att föra in epistemiska känslor med fokus på förundran i undervisningen och samtidigt belysa centrala men utmanande begrepp inom evolution (Tibell & Harms, 2017). För denna undervisning låg fokus på begreppen *mångfald*, *variation* och *evolutionär tid*.

För att belysa förundrans roll inom naturvetenskap och visa hur den präglar forskningsprocessen inledde Rebecka lektionen med att berätta om tre framstående forskare – Carl von Linné, Mary Anning och Charles

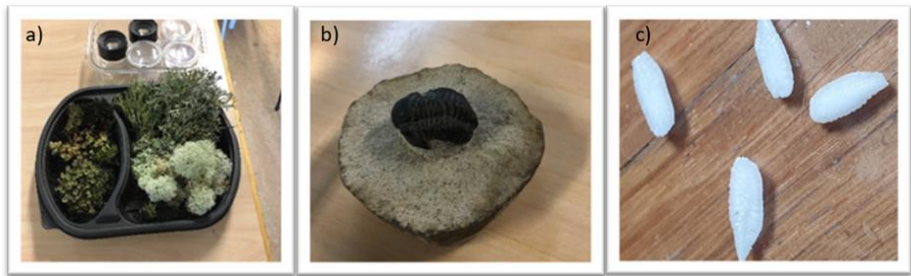
Darwin – som bidragit till evolutionsteorin och uttryckt förundran över sina upptäckter. Linné lade grunden för den biologiska klassificeringen, Anning gjorde banbrytande fossilfynd som utmanade samtida föreställningar om livets historia, och Darwin utvecklade teorin om naturligt urval.

Efter presentationen visade vi forskare tre biologiska föremål: en bricka med lavar, en liten trilobitfossil och otoliter från vitling (figur 6). Dessa föremål hade väckt vår egen förundran tidigt i våra karriärer, och genom att dela med oss av våra personliga upplevelser ville vi ge förundran en emotionell kontext. Vi förklarade hur denna känsla hade varit en drivkraft för vårt vetenskapliga intresse. Föremålen hade också valts ut med förhoppning om att de kunde väcka elevernas förundran genom att skapa *estetiska upplevelser* och *uppmärksamma det märkliga i det vardagliga*. Även om lavar, trilobiter och otoliter troligtvis var okända biologiska föremål för eleverna, såg de vid första anblicken ganska allmogliga och vanliga ut. Föremålen hade också valts ut eftersom de kunde kopplas till centrala begrepp inom evolution, såsom evolutionär tid (trilobiten), biologisk mångfald (lavarna) och organism (alla tre). Föremålen var också enkla att hantera i ett vanligt klassrum.

I mindre grupper fick eleverna sedan uppgiften att tillsammans reflektera över vad de observerade. De undersökte föremålen med förstoringsglas och bad även om stereomikroskop, vilket läraren tillhandahöll. Efter cirka fem minuter bytte grupperna bord och undersökte nästa föremål. Denna process upprepades tills alla grupper hade undersökt samtliga tre föremål. Läraren och forskarna gick runt i klassrummet, lyssnade på diskussionerna, uppmuntrade till vidare reflektioner och svarade på elevernas frågor. I slutet av lektionen fick eleverna i uppgift att skriva individuella reflektionstexter om sina upplevelser och insikter från undersökningen.

Figur 6

a) En bricka med olika lavar (*Cladina* spp., *Cetrária islándica* och *Cladónia* spp.), b) en trilobitfossil, och c) otoliter från en vitling (*Merlangius merlangus*) användes av eleverna för att undersöka och reflektera över evolutionära koncept, med syfte att väcka förundran



Lektionen Näbblabben

Syftet med lektionen Näbblabben var att föra in förundran in i undervisningen och samtidigt skapa förutsättningar för elever att utveckla en djupare förståelse för naturligt urval.

I den interaktiva lektionen vävde vi samman ämnesinnehållet med inslag av rollspel för att ge eleverna personliga upplevelser av naturligt urval. Med utgångspunkt i lärarens kännedom om hur ett upplägg bäst skulle passa klassen delades lektionen upp i fyra distinkta faser: *introduktion*, *laborativ del (rollspel)*, *gruppdiskussion* och *avslutande diskussion*. Rebecka introducerade lektionen med att repetera fakta om Charles Darwin och hans upptäckter på Galápagosöarna, samt hur hans förundran över dessa fynd fungerade som en drivkraft för hans forskning. Vidare fick eleverna en detaljerad beskrivning av laborationens upplägg, där de skulle agera fåglar inom en population med varierande näbbstorlek (tänger av olika storlekar). Med dessa skulle de samla mat på olika Galápagosöar (bord) där maten varierade i storlek. I nästa fas, den laborativa delen, blev eleverna indelade i två grupper med fem elever i vardera, grupp A och grupp B. Varje elev i gruppen fick en specifik *näbb* med varierande utseende: bägartång, pincett, grilltång, plattång eller fladdrig pincett (figur 7a). Verktøygen skulle symbolisera inomartsvariation inom

en specifik art bland galápagosfinkar. Under laborationen fick grupperna besöka fem olika öar, var och en med olika typer av mat, såsom vallmo-frön, russin, gummisnoddar, valnötter eller linfrön (figur 7b). Eleverna hade trettio sekunder på sig att samla så mycket mat som möjligt (figur 7c), och därefter dokumenterade varje elev sina individuella resultat i en tabell. Laborationen avslutades när alla elever besökt alla fem öar.

Figur 7

Under den laborativa delen förflyttade sig eleverna mellan "öar" och använde sig av olika verktyg ("näbbar") för att plocka mat. Verktygen symboliserade inomartsvariation av näbbformer inom en population av galápagosfinkar



Under gruppdiskussionen fick eleverna möjlighet att muntligt och skriftligt diskutera olika frågor med utgångspunkt i vad som hände under laborationen. Diskussionsfrågorna var: 1) *Vem av er mår bäst på den här ön?*; 2) *Spelar det någon roll vilken näbb de andra har?*; 3) *Fåglarna är samma art - vad innebär det?*; 4) *Vad händer om miljön ändras?*; 5) *Är det viktigt med variation bland näbbarna på en ö?* Frågorna var utformade dels för att ge utrymme för reflektion och diskussion kring ämnesinnehållet naturligt urval (konkurrens, variation, artbegreppet, anpassningar till miljön), och dels för att uppmuntra till att beskriva de känslor som uppstod när de intog rollen som fåglar under laborationen. Lärare och forskare cirkulerade mellan grupperna för att lyssna på diskussionerna, svara på elevers frågor, och ställa nya frågor till grupperna för att uppmuntra till fortsatt diskussion. Varje elevs resultat (antal insamlade matbitar) på respektive ö dokumenterades även i en gemensam tabell på en whiteboardtavla för att jämföra resultaten på "populationsnivå".

Avslutningsvis fick eleverna möjlighet att dela sina reflektioner i en avslutande diskussion ledd av läraren och med frågorna som underlag.

4.5.1 Urval och datainsamling

Datainsamlingen, som omfattade klassrumsobservationer, skriftliga elevreflektioner och elevintervjuer i par, genomfördes för att skapa ett underlag för att analysera elevernas upplevelser och reflektioner under delstudien, samt på hur de meningsskapade om evolution.

Klassrumsobservationer samt skriftliga elevreflektioner – Tre ting

Vid genomförandet av Tre ting delades klassen först in i tre mindre grupper om 15 elever vardera. Det innebar att lektionen hölls tre gånger under samma dag, en gång för varje grupp. Därefter delades varje grupp upp i mindre grupper om fem elever.

Under gruppdiskussionerna användes tre mp3-spelare, en vid varje bord, för att spela in samtalen. Under lektionens sista tio minuter ombads eleverna att individuellt reflektera skriftligt utifrån två vägledande frågor:

1. Berätta så mycket du kan om vad du tänkte på när du såg fossilen, svamparna/lavarna och otoliterna idag.
2. Upplever du ofta en känsla av förundran? Om så är fallet, vad utlöser det?

Det är värt att notera att läraren använde termerna ”svampar” och ”lavar” omväxlande, vilket påverkade hur eleverna uttryckte sig i sina loggboksanteckningar. Eleverna hade även möjlighet att slutföra uppgiften vid ett senare tillfälle. Eleverna svarade på frågorna via *Google Classrooms lärplattform*. Tre elever var frånvarande från workshopen och besvarade därför endast på fråga två.

Klassrumsobservationer Näbblabben

Vid genomförandet av Näbblabben delades klassen in i tre mindre grupper. Det innebar att lektionen hölls tre gånger under samma dag. Under projektets gång pågick covid-19-pandemin och många elever var

frånvarande på grund av sjukdom och rådande restriktioner och riktlinjer. Två grupper hade hög elevfrånvaro under detta tillfälle, och resultaten från denna studie grundar sig därför på analyser av de observationer som gjordes på den till elevantalet största gruppen, som bestod av tio elever.

Under introduktionsdelen användes två mp3-spelare för att samla in data. En placerades nära läraren i främre delen av klassrummet, den andra placerades mitt i klassrummet. Under den laborativa delen användes i stället två videokameror för att registrera både visuella data (kropps rörelser, blickar, gester och ansiktsuttryck) och auditiva data (verbala yttranden och prosodi). Vidare användes två mp3-spelare under gruppdiskussionerna, en vid varje grupp. Slutligen användes en videokamera och en mp3-spelare under den avslutande diskussionen.

Elevintervjuer

I slutet av perioden för delstudie 2 genomfördes sex semistrukturerade intervjuer med elever i par (sex flickor och sex pojkar). Samtliga intervjuer spelades in med mp3-spelare och varade mellan 13 och 16 minuter. Intervjuerna följde en guide som var indelad i tre teman: a) elevernas tolkning av begreppet förundran, b) elevernas förståelse av evolution, och c) elevernas upplevelser av evolutionsundervisning, med särskilt fokus på de två lektioner som ingick i interventionen (bilaga 5).

4.5.2 Analyser


Kvalitativ innehållsanalys

För att analysera datamaterialet från delstudie 2 använde jag en kvalitativ innehållsanalys enligt Graneheim och Lundman (2004). Denna metod valde jag eftersom den är särskilt lämplig för att identifiera både observerbart och latent innehåll i texter och samtal. Det möjliggjorde en djupare analys av inte bara det synliga budskapet utan även underliggande mönster. Analysen tillämpades på videoinspelade lektioner och ljudinspelade gruppdiskussioner, skriftliga elevreflektioner samt elevintervjuer. Empirin från klassrumsobservationerna i Tre ting har transkriberats men inte vidare analyserats och ingår därför inte i denna avhandling.

För att säkerställa en noggrann analys transkriberade jag först allt data-material ordagrant, i enlighet med Kvale och Brinkmann (2014), för att exakt återge vad som sagts och av vem. Därefter inledde jag den kvalitativa innehållsanalysen med en induktiv ansats, där jag genom upprepade läsningar av elevcitat identifierade meningsbärande enheter (Graneheim & Lundman, 2004). Jag fokuserade särskilt på två aspekter: evolution och epistemiska känslor, där uttryck för förundran var en central del. Dessa meningsbärande enheter kondenserades för att behålla kärninnehållet utan att förlora betydelse och kodades sedan med etiketter som beskrev deras innehåll. I nästa steg grupperade jag koderna i kategorier baserade på likheter och skillnader, vilket gjorde det möjligt att urskilja återkommande mönster i materialet (figur 8). Genom denna process kunde jag fördjupa förståelsen för hur elever uttryckte sin förståelse för evolution och förundran i olika undervisningssituationer.

Figur 8

Illustration av processen för kvalitativ innehållsanalys i från meningsbärande enheter till teman, där analysen går från en låg till en hög abstraktionsnivå och övergår från textnära innehåll till tolkning av djupare betydelser

Abstraktionsnivå av tolkade latenta betydelsen av texten	Olika steg i en kvalitativ innehållsanalys	Exempel på elevcitat och analysprocess
 <p>Hög</p> <p>Låg</p>	Tema	Trigger till förundran
	Kategori	Överraskning över en ny aspekt av något alldagligt
	Kod	Ett hjälpmedel att se det märkvärdiga
	Kondensering, beskrivning av enheten	Luppen möjliggör att en ny värld öppnas
	Meningsbärande enheter	<i>”När vi kollade på lavarna under luppen var det väldigt intressant, det var som att kolla in i en annan värld”</i>

Genom att arbeta systematiskt med koder och kategorier kunde jag analysera både den manifesta betydelsen, såsom elevernas direkta uttalanden, och den latent betydelsen, exempelvis hur deras känslor samspejade med förståelsen av komplexa begrepp. För att säkerställa analysens trovärdighet, tillförlitlighet och överförbarhet följde jag Graneheim och Lundmans (2004) riktlinjer. Det innebar en noggrann dokumentation av analysstegen samt diskussion med medforskare för att validera tolkningarna. Denna analysmetod bidrog till att fånga upp hur eleverna uttryckte epistemiska känslor, och hur dessa känslor påverkade deras meningskapande om evolution.

Skriftliga elevreflektioner Tre ting

En central del av den inledande analysen var att fastställa hur eleverna uttryckte och beskrev sina upplevelser av förundran. För att fastställa det fick eleverna svara på frågan: *Upplever du ofta en känsla av förundran? Om ja, vad utlöser den?* Jag hittade en uppsättning av ord som användes upprepade gånger av eleverna när de beskrev vad som triggar deras känsla av förundran. De vanligaste orden var *cool* och *fantastiskt*. Andra ord som ofta användes var *intressant*, *fascinerande*, *häftigt*, *wow*, *konsigt* och *nytt för mig*. Här är två exempel där elever beskriver vad som framkallar deras känsla av förundran:

Jag känner en känsla av förundran (...) när jag ser något som är coolt eller intressant (Elev 26)

Jag blir ofta förundrad när jag kollar på naturfilmer eller när jag själv är ute i naturen. Naturen är ju så häftig (Elev 4)

Efter att jag fastställt hur jag skulle styra min bedömning av elevernas förundransuttryck gjorde jag en analys av nästa frågeställning: *Berätta vad du tänkte på när du såg fossilen, svamparna/lavarna och otoliterna idag*. Här riktade jag uppmärksamheten mot vilka specifika detaljer eleverna lade märke till, eftersom deras sätt att observera kunde avslöja något om hur de upplevde och uttryckte förundran.

Svamparna [lavarna] var coola att titta på med förstoringsglas. Hur kan de se så olika ut och ändå växa på samma ställe (Elev 3)

Otoliterna var coolast eftersom de kan finnas så mycket information i en liten vit klump (Elev 34)

Alla avsnitt där eleverna uttryckte förundran, samt vad de förundrades över, markerades och låg till grund för kodningsprocessen. De markerade enheterna kodades sedan separat av mig och därefter av min handledare i preliminära teman. Vi jämförde sedan våra kodningar för att identifiera gemensamma mönster och enas om en sammanhållen tolkning. Processen upprepades tills vi nådde enighet om de slutliga temana.

Två huvudteman identifierades:

1) Faktorer som triggar elevernas känsla av förundran:

- *Eстетiska upplevelser* – sinnesintryck som engagerar och fascinerar.
- *Agens* – känslan av att kunna påverka och skapa något själv.
- *Göra det vardagliga främmande* – att se det välbekanta på ett nytt sätt
- *Oväntade insikter* – när eleverna upptäcker nya perspektiv och överraskande kopplingar.
- *Föreställningsförmåga* – användning av berättelser och fantasi för att förstå och utforska.

2) Kvalitativt skilda typer av förundran i elevernas uttryck:

- *Nyfiken förundran* – en känsla av fascination och upptäckarlust.
- *Frågviss förundran* – en reflekterande förundran som väcker frågor och ifrågasättande av det invanda.
- *Kontemplativ förundran* – en stillsam och eftertänksam upplevelse, som kan innefatta en andlig eller existentiell dimension.

Elevintervjuer

Det empiriska materialet består av sex ljudinspelade semistrukturerade parvisa elevintervjuer, där varje intervju varade i ca 15 minuter. För att få en överblick och en helhetsbild inleddes analysen av det transkriberade materialet genom upprepade genomläsningar. Därefter markerades meningsbärande enheter, det vill säga de påståenden där elevernas

uttryck var inriktade på förundran och lärande om evolution. Andra uttryck lades åt sidan. Dessa enheter bearbetades sedan genom kondensering, kodning, kategorisering och tematisering, i enlighet med den tidigare beskrivna metoden (figur 8). Elevintervjuerna styrdes av tematiska frågor om elevernas uppfattningar kring förundran, evolution och förundran i evolutionsundervisning, och exempel på elevcitater presenteras i tabell 4.

Tabell 4

Beskrivning av tematiska frågor i elevintervjuer i delstudie 2 samt exempel på elevcitater

Tematiska intervjufrågor om elevers uppfattningar	Exempel på elevcitater
Begreppet förundran, elevers tolkning	<i>"Jag kände nog lite förundran i belgen. Jag var på turnering. Jag kollade på några padelare och blev förundrad hur sjukt bra de var."</i> (Grupp 1)
Begreppet evolution, elevers tolkning	<i>"Det är ju hur jorden skapades. Enligt teorin så är det ju Big bang. Sen hur planeterna skapades och hur jorden skapades och att det kom syre och vatten (...) och sen alla djur och dinosaurier och Homo sapiens och sånt."</i> (Grupp 2)
Förundran i evolutionsundervisning, elevers tolkning	<i>"Det var jätteintressant när vi fick kolla på lavar under mikroskop. De såg jättehäftiga ut och var så olika. Jag såg även andra saker."</i> (Grupp 6)

Klassrumsobservation Näbblabben

Analysen utfördes i två steg för att fånga verbala och kroppsliga uttryck för epistemiska känslor i samband med meningsskapande. För att säkerställa en systematisk bearbetning av materialet inledde jag analysen med en kvalitativ innehållsanalys, där jag identifierade meningsbärande enheter med fokus på evolution och verbala känslouttryck relaterade till detta innehåll. Därefter genomförde jag en fördjupande multimodal interaktionsanalys av dessa meningsbärande avsnitt för att identifiera icke-verbala uttryck för känslor och meningsskapande.

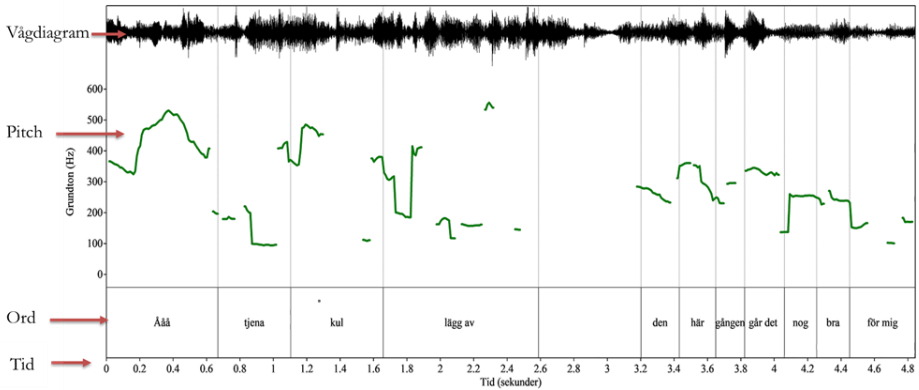
Som ett första steg transkriberades datamaterialet i sin helhet för att möjliggöra en exakt återgivning av vad som sagts och av vem (Kvale & Brinkmann, 2014). Därefter påbörjade jag den kvalitativa innehållsanalysen genom upprepade genomläsningar av elevcitaten för att identifiera meningsbärande enheter med särskilt fokus på evolution (Graneheim & Lundman, 2004). Efter att dessa enheter identifierats kodades och kategoriserades de utifrån de evolutionära begrepp som eleverna skapade mening om. För att säkerställa en vetenskapligt förankrad analys användes *Biology - A Global Approach* (Campbell m.fl., 2020) som referenslitteratur. I denna process kunde jag identifiera fyra centrala evolutionära begrepp som eleverna skapade mening om: *konkurrens*, *variation*, *art* samt *anpassning till miljö*. För att ett citat skulle kodas som meningsskapande om evolutionära begrepp behövde inte eleverna nödvändigtvis använda dessa begrepp explicit. I stället grundade jag kodningen på min förståelse av vilka begrepp eleverna både implicit och explicit diskuterade och skapade mening om. I nästa steg räknade jag antalet uttryck för meningsskapande i respektive lektionsfas och resultaten sammanfattades i ett stapeldiagram (figur 10).

Vidare genomförde jag en deduktiv analys för att identifiera om eleverna verbalt uttryckte epistemiska känslor, med särskilt fokus på förundran i relation till undervisningens innehåll. Vägledande för denna analys var elevernas verbala uttryckt av förundran i enlighet med resultat från undervisningssekvensen Tre ting. Inga verbala uttryck för förundran identifierades, däremot hittade jag ett flertal exempel på uttryck för andra epistemiska känslor i materialet. Detta ledde till att jag utvidgade min frågeställning för att även inkludera andra epistemiska känslor.

Multimodal interaktionsanalys är en analysmetod med fokus på såväl verbal som icke-verbal kommunikation, såsom tal, prosodi, kroppslig rörelse, ansiktsuttryck, gester och blickar (Bezemer & Kress, 2016; Hübscher, Vincze, m.fl., 2019; Jewitt, 2009; Wilmes & Siry, 2021). Denna analysmetod lade jag till för att fördjupa analysen av elevernas emotionella engagemang i samband med meningsskapande. En utgångspunkt här var att elever förväntas uttrycka både känslor och meningsskapande verbalt och icke verbalt. Den multimodala interaktionsanalysen genomfördes i linje med Wilmes och Sirys (2021) stegvisa metod för att analysera elevers engagemang under laborationer. För att säkerställa en noggrann analys av kroppsrörelser, ansiktsuttryck, gester och blickar granskade jag inledningsvis videoinspelningarna *utan ljud* i olika hastigheter. Därefter inkluderade jag *ljud* för att analysera prosodin i elevernas tal. Prosodi handlar om språkets tonhöjd, rytm och betoning, karaktärsdrag som förmedlar känslor och emotionellt engagemang. Enligt Hübscher med kollegor (2019) kan man observera att personer som till exempel blir förvånade tenderar att lägga in fler vokalljud i talet och förlänga vissa betonade vokalljud. För att analysera dessa aspekter använde jag programmet PRAAT. PRAAT är ett analysverktyg som används för att undersöka och visualisera röstegenskaper såsom tonhöjd (pitch), intensitet och talrytm. Figur 9 illustrerar hur en sådan analys genomfördes. Ett exempel på denna analys är en sekvens där en elev reagerar på maten på bordet (ön) och utbrister: ”Ååå tjena, kul, lägg aaav. Den här gången går det nog bra för mig.” Genom att kombinera prosodianalysen med en multimodal analys av elevens ansiktsuttryck, kroppshållning och blick kunde jag tolka yttrandet som ett uttryck av *förväntan* - en epistemisk känsla som uppstod i samband med att eleven skulle använda sin *näbb* (tång) för att plocka mat.

Figur 9

Diagrammet visar analysen av en videosekvens som omvandlats till en ljudfil och undersökts med verktyget PRAAT för att mäta engagemang i rösten genom förändringar i pitch (tonhöjd)

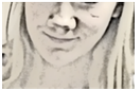

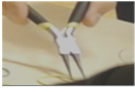


I tabell 5 illustreras hur olika modaliteter tillsammans uttrycker den epistemiska känslan av förväntan genom leenden, öppen kroppshållning, snabba rörelser och positiva yttranden som indikerar förväntan och spänning inför aktiviteten.

Innehållsanalys och multimodal analys upprepades flera gånger i en iterativ process för att knyta samman de koder och kategorier som framkom i innehållsanalysen med de koder och kategorier som framkom i den multimodala analysen. I processens slutskede involverades mina handledare i analysprocessen för att justera och diskutera dessa koder och kategorier tills enighet uppnåddes.

Tabell 5

Exempel på analys av känslouttryck där kvalitativ innehållsanalys av transskript knyts samman med multimodal analys av videoinspelningar. De understrukna orden i exempelcitaten indikerar att eleverna betonade dessa ord

	Utdrag från transskript - en dialog	Prosodi	Kroppslig rörelse	Ansiktsuttryck / gester	Blickar
Flicka	" <u>Finns</u> det något här under [duken]?"	Betonar <i>finns</i> .	Går snabbt till den nya "ön" [bordet].	Ler 	Tittar intensivt på brickan [maten] på bordet.
Lärare	"Ja, vi ska se vad [vilken mat] som kan finnas här under."		Tar bort duken från brickan.		
Flicka	"Ååå tjena vad kul, lägg av! Den <u>här</u> gången går det nog bra för mig."	Långt <i>Ååå</i> , hög tonhöjd på <i>Ååå</i> och <i>av</i> , betonar <i>här</i> .		Formar munnen till ett o. 	Fortsätter att hålla blicken på brickan [maten].
Flicka			Testar att plocka maten med tången.	Ser nöjd ut. 	Fortsätter att hålla blicken på brickan [maten].

4.5 Etiska övervägande

Under hela licentiandprojektet, från start till avslut, ställdes jag inför flera etiska överväganden som krävde ett reflekterande förhållningssätt. Här beskriver jag hur jag hanterade dessa aspekter.

Enligt Vetenskapsrådet (2024) måste värdet av en studie alltid väga tyngre än eventuella risker för forskningspersonerna. Forskare har ett ansvar att informera deltagarna om de etiska överväganden som styr forskningen och att bygga förtroendefulla relationer (Kvale & Brinkmann, 2014). Under projektet beaktades dessa överväganden noggrant. I samtliga av mina studier, delstudie 1 och 2 har hänsyn tagits till individskyddskravet och de fyra huvudprinciperna: informationskravet,

samtyckeskravet, konfidentialitetskravet och nyttjandekravet (Vetenskapsrådet, 2024). Informationsbrev skickades ut till skolledare och vidare till lärare. Inför både delstudie 1 och 2 fick rektor, lärare, elever och elevernas vårdnadshavare skriftlig information om projektet och, i enlighet med Vetenskapsrådets forskningsetiska principer (2024), information om att deltagandet var frivilligt och när som helst kunde avbrytas (se bilaga 1, 2, 3). Alla medverkande från skolan, samtliga elever som deltog i studien och deras vårdnadshavare gav sitt skriftliga samtycke att delta i studien. Personuppgifterna har hanterats enligt dataskyddsförordningen (GDPR). Som forskare har man ett särskilt ansvar för att förebygga skada och skydda deltagarnas identitet (Vetenskapsrådet, 2024). Under licentiandprojektet samlades personuppgifter samt ljud- och videomaterial som kunde avslöja respondenternas identiteter. De insamlade personuppgifterna bestod av namn samt foto, ljudinspelningar och i vissa fall videoupptagningar. Personuppgifterna i form av foto, video och ljudinspelningar förvarades på en extern hårddisk som hålls inlåst. Skolor, lärare och elever pseudonymiserades redan i transkriptionsfasen och är därmed pseudonymiserade även i analysarbete och i presentationer av resultat. Ingen obehörig hade tillgång till materialet, som förvarades på en lösenordsskyddad dator. Deltagarna informerades om lagringen och att materialet endast skulle användas för forskningsändamål.

Under hela projektet var det viktigt att bygga och behålla en respektfull relation till lärare och elever. Under datainsamling och rapportering av resultat strävade jag efter att skydda deltagande lärare och elevers intressen. Anpassning gjordes efter lärarnas önskemål gällande tid och längd på intervjuerna. Jag försökte också minimera onödigt merarbete för lärarna. Den närmare kontakt som etablerades under delstudie 1 underlättade både de praktiska arrangemangen och insamlingen av samtycke inför delstudie 2.

Metodlitteraturen betonar vikten av att förstå relationen mellan forskare och deltagare och dess påverkan på studiens genomförande och resultat. Cohen med kollegor (2000) påpekar vikten av att vara medveten om maktasymmetrier. Som forskare hade jag större makt eftersom jag utformade forskningsfrågorna och designen samt analyserade och publicerade resultaten. Jag försökte minska denna maktasymmetri genom att visa respekt för deltagarna och deras arbete och skapa en öppen

och reflekterande miljö vid observationer, intervjuer och diskussioner. Det var viktigt att inte påverka deltagarnas svar eller resonemang. Min roll var även att skapa möjligheter för lärare att reflektera över sina upplevelser från studien, med fokus på hur förundran påverkade elevernas lärande och engagemang. Dessa reflektionstillfällen möjliggjordes genom möten som anordnades efter *både* delstudie 1 och delstudie 2, där lärarna fick diskutera de genomförda observationerna. I detta steg använde jag lärarnas återkoppling och diskussioner som en form av respondentvalidering. Genom att lyssna på deras berättelser kunde jag testa mina tolkningar och reflektera över dem ur flera olika perspektiv, vilket gjorde det möjligt att justera och fördjupa förståelsen baserat på deras egna erfarenheter och synsätt (Kvale & Brinkmann, 2020).

4.6 Avhandlingens trovärdighet och begränsningar

En studies trovärdighet bygger på att man följer etablerade forskningsregler och principer. Som Kvale och Brinkmann (2020) påpekar är validitet och reliabilitet centrala aspekter genom hela forskningsprocessen. Det är avgörande att teoretiska antaganden är välgrundade och att forskningsdesign och metoder är noggrant utvalda för att passa studiens syfte och ämne. Valideringsprocedurerna måste väljas med omsorg och vara relevanta, medan insamling och analys av data ska vara tillförlitliga. Resultaten behöver presenteras på ett sätt som ger en korrekt och rättvisande bild av de viktigaste fynden. Under hela avhandlingen har jag eftersträvat att vara transparent i beskrivningen av varje steg i forskningsprocessen, från problemformulering och urval till datainsamling, analys och metodval, för att underlätta granskning och bedömning av arbetets trovärdighet och äkthet.

En viktig del av en studies tillförlitlighet är att forskningen och dess material speglar verkligheten (Cohen m.fl., 2000). Cohen med flera (2000) påpekar att det finns en risk att forskare kan misstolka data genom att låta sina egna värderingar påverka, ignorera undantag eller dra felaktiga slutsatser om samband. Eftersom denna avhandling bygger på

kvalitativ forskning är det också viktigt att förstå att resultaten inte ska ses som en helt objektiv bild (Cohen m.fl., 2000; Kvale & Brinkmann, 2014). Mina erfarenheter som lärare och utvecklingsledare, samt mitt intresse för skolutveckling, har påverkat hela forskningsprocessen från start till slut. Dessa erfarenheter har styrt vilka frågor jag ställt och vilka teorier jag valt att fokusera på. Min bakgrund har också gjort det lättare att prata med lärare och elever och förstå deras perspektiv. Samtidigt har jag varit medveten om att min förförståelse kan påverka hur jag tolkar och analyserar information. Denscombe (2010) menar att vi ofta bortser från obekväma fakta och förstärker det vi tycker om. Därför har jag försökt vara öppen för olika synsätt och noga granskat mina tolkningar för att undvika påverkan från min förförståelse.

Under forskningsprocessen har jag regelbundet delat information om forskningsdesign, mina tolkningar och resultat för granskning i olika forskargrupper. Det har till exempel skett vid forskarskolan FontD:s träffar och med dess internationella vetenskapliga kommitté, olika konferenser och seminarier. Jag har noggrant jämfört mina analyser med annan forskning och teorier för att säkerställa att de är korrekta och transparenta. En viktig målsättning med avhandlingen har varit att den ska vara relevant för lärare, forskare och andra aktörer inom skolan (se Kvale & Brinkmann, 2020), så att den kan bidra till utvecklingen inom utbildning. Genom att använda flera olika metoder har jag också kunnat jämföra olika delar av materialet för att hitta både skillnader och likheter (Cohen m.fl., 2000). Även om materialet varit omfattande och ibland utmanande, har detta varit nödvändigt för att säkerställa resultatens trovärdighet.

Det är också viktigt att lyfta fram avhandlingens begränsningar. En begränsning är att studierna bygger på ett litet urval – en skola, tre lärare och tre klasser – vilket innebär att resultaten inte är generaliserbara. Syftet med avhandlingen har dock inte varit att generalisera, utan att resultaten ska vara överförbara (se Kvale & Brinkmann, 2014). De kan vara relevanta för andra skolor, både i Sverige och internationellt, och ge vägledning om vad som kan ske i liknande situationer. Avhandlingen ger viktig kunskap som forskare och skolaktörer kan använda för att bedöma hur resultaten passar i deras egna sammanhang.

5. Resultat

I det här kapitlet redovisas resultaten från delstudie 1 och 2 var för sig. Eftersom resultaten från den första delstudien inte redan finns beskrivna i en publikation har de fått mer utrymme än resultaten från delstudie 2 där resultaten är redovisade i form av sammanfattningar.

5.1 Delstudie 1 - årskurs 2, 3 och 4

Delstudie 1 syftade till att undersöka och testa metoder för att fånga både lärares perspektiv på och elevers upplevelser av förundran inom naturvetenskaplig undervisning, samt att identifiera de möjligheter och hinder som uppstår när lärare försöker ge plats för förundran i sin undervisning. Det empiriska materialet består av fyra workshops, tre lärarintervjuer, tankekartor samt fyra klassrumsobservationer i halvklass. Vägledande frågeställningar för delstudien var: *Vilka erfarenheter har lärare av förundran, och hur ser de på dess roll i naturvetenskaplig undervisning? Hur planerar lärarna för att ge plats för förundran med utgångspunkt i teori och egna erfarenheter från praktiken? Vilka uttryck för förundran går att observera i klassrummet?*

5.1.1 Lärarnas erfarenheter av förundran

Sammanfattningsvis visar analyserna att alla lärarna som deltog i studien kände till känslan av förundran. De kunde dela med sig av egna erfarenheter av förundran och ge exempel på förundran som elever uttryckt i klassrummet. Men, som följande citat indikerar hade de inte tidigare reflekterat över känslan som en pedagogisk resurs att planera för:

jag kan inte riktigt förklara varför och hur det händer men ibland fungerar det liksom (Alice)

I det följande stycket beskrivs dessa resultat i mer detalj med stöd av exempel från inlämnade tankekartor, citat från intervjuer och beskrivningar från observationerna.

Förundran är en positiv känsla av upptäckt och fascination

Redan tidigt i studien delade lärarna med sig av sina egna erfarenheter förundran. Lärarna i studien beskriver förundran på flera sätt. Sammanfattningsvis beskrivs förundran som en positiv känsla av upptäckt och fascination, som kan triggas av både det oväntade och det välbekanta, och som förstärks av befintlig kunskap och intresse.

Clara beskriver till exempel förundran som en känsla kopplad till oväntade upptäckter och att vardagliga ting kan framkalla den. Nyckeln ligger i att se något i ett nytt ljus, att inse att det är annorlunda än man tidigare trott, eller att upptäcka att man befinner sig mitt i något fascinerande. Hon säger:

Det handlar om saker man kanske inte har tänkt på förut eller ens lagt märke till. Som när ett föremål visar sig vara annorlunda än vad de trodde, eller när man plötsligt inser att man är mitt i något riktigt häftigt.

För Alice är förundran sammankopplad med glädje och engagemang där förkunskaper och ett personligt intresse förstärker upplevelsen. Hon kopplar förundran till ämnen där hon känner sig trygg och har djupare kunskap, som i biologi.

Jag upplever att det är lättare att förundras i vissa ämnen, som biologi, eftersom jag både tycker det är roligt och känner att jag förstår det.

Alice belyser att även om själva känslan av förundran är flyktig, så kan den bevaras och bäras med som en värdefull erfarenhet.

Det är svårt att bära med sig förundran (...) men känslan kan jag ändå bevara och ha med mig som en erfarenhet. (Alice)

För Rebecka hör förundran nära samman med närvaron i vardagen, en känsla som ofta väcks i de små men betydelsefulla stunder då hon som förälder uppmärksamt följer sina barns utveckling.

Jag förundras över mina barns utveckling, särskilt eftersom jag nyligen varit föräldraledig. Man försöker ju hela tiden njuta av de små stunderna, som när ens barn upptäcker sina egna händer. Det är helt fantastiskt att se hur allting bara fungerar.

Förundran är en del i en gemensam läroprocess - en känsla som delas, uttrycks och synliggörs i klassrummet

Lärarna beskriver förundran som något som hänger tätt ihop med lärande. Det är inte bara en inre känsla, utan något som kan delas i klassrummet och skapa gemenskap. När elever och lärare delar samma engagemang och nyfikenhet uppstår en stark upplevelse. Förundran märks i både tonfall, ord och blickar – och blir ett tecken på att något viktigt händer i stunden. Rebecka beskriver detta som en ”bro” mellan henne och eleverna:

Det är nog när man kan uppleva att barnen tycker det är lika spännande som jag gör, att jag vill försöka smitta av mig med hur häftigt jag tycker att det är.

Clara kopplar förundran till själva processen i elevernas lärande. Hon fascinerar av hur elevers inställning stegvis kan förändras från initialt motstånd mot att delta i undervisningen till ett entusiastiskt engagemang, när eleverna får rätt stöd och möjlighet att utforska sina egna intressen. När Clara ger exempel med eleven som inledningsvis uttrycker motvilja, men som senare under dagen finner glädje i en aktivitet, är det just processen - hur och varför denna förändring sker - som väcker Claras förundran.

Jag tycker att förundran är ett så stort ord. Men jag förundras över processen – hur man ibland tror att ett barn aldrig kommer att visa intresse, och så plötsligt tar nyfikenheten över och förvandlas till engagemang. (...) Jag har en elev som varje morgon öppnar upp sig genom att skrika: ”Jag hatar det här stället, jag vill inte vara här, jag

gillar ingenting.” Men jag vet det. Jag kramar henne, presenterar något jag vet att hon tycker om, och i slutet av dagen har hon planterat sin lilla blomma – och är väldigt glad. Det är faktiskt ganska coolt. (...) Jag känner en sorts förundran inför det – hur gick det till? Vad hände på vägen? När ändrade hon sig?

Lärarna beskriver olika tecken på att förundran uppstår hos eleverna. Den kan höras i spontana utrop, märkas i ett förändrat tonfall eller synas i elevernas blick. Dessa uttryck signalerar att något särskilt fångat deras uppmärksamhet och väckt nyfikenhet.

Förundran är nog mer något man kan höra, när eleverna ropar ”Wow, titta på det här!” Då vet man att det händer något speciellt i klassen. (Alice)

Rebecka påpekar att uttryck för glädje och förändrat tonläge i rösten också kan vara tecken på förundran. Samtidigt betonar hon att uttrycken också kan vara mer dämpade beroende på elevernas komfortnivå i gruppen.

Glädjen påverkar också tonläget, men uttrycken kan vara mer diskreta beroende på hur bekväma de är i gruppen och hur mycket de vågar visa inför sina klasskompisar. (Rebecka)

Clara beskriver förundran som en ”stjärnglans” i elevernas ögon, ett mer subtilt men ändå observerbart uttryck.

...det ger en stark känsla av stjärnglans i barnens ögon.

Vilken betydelse har förundran som pedagogiskt verktyg enligt lärarna?

På frågan om förundran som ett pedagogiskt verktyg framkom en nyanterad bild. Lärarna säger att de sällan planerar för förundran på ett medvetet sätt, vilket Alice uttrycker i ett tidigt citat: “Jag kan inte riktigt förklara varför och hur det händer men ibland fungerar det liksom.” Samtidigt visar deras beskrivningar av undervisningen att de använder flera arbetssätt som överensstämmer med hur förundran kan väckas enligt teoretiska modeller. Det tyder på att lärarna i praktiken skapar förutsättningar för förundran, även om det inte alltid sker medvetet eller uttalat.

Både Clara och Rebecka beskriver hur de skapar situationer som utmanar elevernas förväntningar och väcker deras nyfikenhet och engagemang. Det kan ske genom experiment med oväntade resultat, genom att låta eleverna själva skapa något som överraskar dem, eller genom att visa något vackert - exempelvis i naturen eller något som eleverna själva har tillverkat. För båda lärarna handlar det om att skapa förutsättningar där eleverna får upptäcka, lyckas och känna glädje i att förstå något på egen hand.

Clara framhåller särskilt att förundran hos eleverna ofta visar sig genom nyfikenhet, glädje och spontant väckta frågor. Hon beskriver förundran som en drivkraft där lärandet sker av sig självt, vilket hennes exempel med solrosorna illustrerar:

De två första orden jag tänker på är nyfikenhet och glädje, men också att det kan väcka frågor och intresse hos dem [eleverna]. Det handlar om att skapa en känsla av att mycket [lärande] händer automatiskt – som exemplet med mina solrosor; det bara händer av sig självt. (Clara)

Lärarna menar att förundran motiverar eleverna att utforska vidare och prova egna idéer, vilket i sin tur stärker både deras förståelse och självförtroende. Rebecka beskriver hur denna känsla syns genom elevernas engagemang – i deras blick, glädje och viljan att visa vad de har lärt sig. Hon lyfter också vikten av att dela dessa stunder tillsammans med eleverna:

Den ger den där glimten i ögat (...) och den där glädjen (...) de blir engagerade och det lyser lite extra om dom [eleverna] och vill berätta mer och visa mig vad som händer (...) jag har sett en lampa lysa förut men jag vill förundras tillsammans med dem och vill veta hur de lyckades och varför det blev så där. (Rebecka)

Genom att samtala om sina undervisningsmetoder identifierade lärarna flera gemensamma förhållningssätt. Både Clara och Rebecka beskriver hur de medvetet skapar situationer som utmanar elevernas förväntningar och väcker deras nyfikenhet. Det kan handla om att genomföra experiment med oväntade resultat, eller att låta eleverna skapa något som överraskar dem själva. Rebecka nämner även att visa något vackert

– särskilt i naturen – eller att uppmärksamma det eleverna själva skapat, som strategier för att väcka förundran. Clara lyfter vikten av att eleverna får upptäcka och åstadkomma något på egen hand, vilket förstärker känslan av engagemang och nyfikenhet.

Jag försöker ge dem något som väcker deras nyfikenhet, något som bryter mot deras förväntningar och får dem att stanna upp och fråga 'hur kan det vara så här?' (Rebecka)

Att göra experiment som man vet ger ett oväntat resultat (Clara)

Att visa något vackert, särskilt i naturen, eller något som eleverna själva kan skapa och lyckas med (...) Att ge dem något som de upplever är spännande eller vackert och inspirerande, något de både kan njuta av och som samtidigt väcker frågor och intresse. (Rebecka)

...att själva kan få något att fungera på ett sätt som överraskar dem (...) även när de lyckas åstadkomma något på egen hand, exempelvis när de ser att ett experiment fungerar. (Clara)

5.1.2 Samplanering för att ge plats för förundran

Lärarna upplevde inga större utmaningar med att integrera förundran som en del av naturvetenskapsundervisningen. Tvärtom beskrev de arbetet med känslor som något positivt, som även kunde bidra till deras egen professionella utveckling. Clara uttrycker detta genom att beskriva glädjen i att få stanna upp och reflektera över hur förundran kan väckas hos eleverna:

Det känns bara spännande att få stanna upp och tänka hur man kan väcka förundran hos eleverna. Det gör nog att man blir bättre som lärare. (Clara)

När lärarna tillsammans planerade för undervisning med plats för förundran, utgick de både från egna erfarenheter och de teoretiska förslag som diskuterats under tidigare workshops. De kopplade samman situationer där elever uttryckt förundran med de definitioner och modeller som förekommit i litteraturen. Genom att sammanfatta sina

gemensamma erfarenheter och teoretiska insikter tog lärarna fram en undervisningsplan där fyra så kallade triggers för förundran ingick (tabell 2).

Den första triggern, *att skapa estetiska upplevelser*, tänkte Alice iscensätta genom att låta eleverna observera och hantera dagmaskar, medan Clara istället valde att låta eleverna blanda smutsvatten och utforska olika sorters filtermaterial. Den andra triggern, *att öppna upp för osäkerhet och öppna svar*, avsåg Clara att inkludera genom att genomföra en demonstration vars utfall var osäkert. För den tredje triggern, *att stärka elevernas handlingsförmåga (agens)*, ville Alice låta eleverna skapa egna maskburkar. Clara, å andra sidan, hade som ambition att eleverna själva skulle konstruera olika vattenfilteranordningar utifrån sina egna idéer och skisser. Den fjärde triggern, *att uppmärksamma det märkvärdiga i det vardagliga*, ville Alice lyfta fram genom att tillhandahålla lappar, vilket skulle ge eleverna möjlighet att studera dagmaskarna på nära håll och under längre tid.

Förutom att identifiera triggers för förundran uttryckte alla lärarna att det var grundläggande att också skapa en *tillåtande atmosfär* där eleverna kunde känna sig trygga med att ge uttryck för känslor. Till exempel säger Clara:

...det är när jag kan bygga upp en trygg relation som eleverna vågar visa sina känslor och verkligen uttrycka vad de känner. (Clara)

Alice påpekar dessutom att så kallade informella ledare i en grupp kan påverka om förundran uttrycks eller inte, och hur de informella ledarnas reaktioner kan smitta av sig på andra elever:

Om man har en grupp med informella ledare påverkar deras inställning hela gruppen. Om de tycker att något är roligt, smittar det ofta av sig på de andra, och om de är mer avvaktande märks det också. Om en av ledarna tycker att något är häftigt, drar de ofta med sig resten. Men det skiljer sig mycket mellan grupper – vissa elever bryr sig inte alls om vad andra tycker och kör sitt eget race. (Alice)

Under lektionen kunde det observeras hur lärarna organiserade undervisningen på ett sätt som främjade en trygg atmosfär. Eleverna delades in i förutbestämda grupper med specifika platser. Lärarna rörde sig mellan grupperna, samtalade med eleverna i lugn ton och gav stöd vid behov.

De ställde även frågor, svarade på elevernas frågor och uppmuntrade kontinuerligt till diskussion och reflektion.

5.1.3 Observationer av elevers uttryck för förundran

Analyserna av observationerna visar att både Clara och Alice följde sina planeringar genom att ge utrymme för *triggers till förundran* och genom att skapa en trygg atmosfär. I det följande presenteras resultat från de två klassrummen med vignetter som exemplifierar på hur de olika triggers omsattes i klassrummet och vilka uttryck för förundran som kunde observeras.

Den första vignetten beskriver en lektion i årskurs 2 där Clara använde en vattenfiltreringsanordning (figur 10a).

Vignette 1:

Vi befinner oss i årskurs 2 klassrum. Läraren har konstruerat en vattenfiltreringsanordning av två PET-flaskor och har nu ställt den på en pall framför klassen. Eleverna har flyttat sina stolar i en cirkel runt läraren och filtreringsanordningen. Utifrån deras ansiktsuttryck och kroppsspråk är det tydligt att de är spända av nyfikenhet över vad som kommer att hända med denna ovanliga konstruktion. Läraren förklarar att hon inte är säker på om filtreringsenheten fungerar, men tanken är att den ska kunna separera smuts från vatten. Tror eleverna att det kan fungera? De flesta är skeptiska till idén att rengöra smutsigt vatten i en hemmagjord anordning, särskilt när de ser att sand är en del av filtret. Läraren blandar jord och vatten i en kanna och håller försiktigt den smutsiga vattenblandningen i filtreringsanordningen. Klassrummet blir knäpptyst. Alla elever följer spánt processen när blandningen långsamt passerar genom första lagret (bomull) och sedan nästa (sand). Efter en stund, som känns som en evighet, faller en enda klar droppe vatten ner. Eleverna släpper spänningen samtidigt och utropar i kör ett stort "WOW!"

Observerade triggers för förundran i Claras undervisning

Clara skapade estetiska upplevelser genom att konstruera en vattenfiltreringsanordning med hjälp av två PET-flaskor som hon placerade

centralt på en pall framför eleverna. Hon arrangerade klassrummet så att eleverna satt i en cirkel runt filtret, vilket möjliggjorde att alla elever kunde se filtreringsprocessen nära och noggrant följa vattnets passage genom de olika lagren. Clara *öppnade upp för osäkerhet och öppna svar* genom att uttrycka inför eleverna att hon inte var säker på om filtreringsanordningen skulle fungera och genom att fråga eleverna vad de själva trodde om filtreringsprocessens möjlighet att separera smuts från vatten. Hon *stärkte elevernas handlingsförmåga (agens)* genom att bjuda in dem att aktivt resonera kring filtreringsförsöket och uppmuntra eleverna att uttrycka sina tankar och hypoteser. Senare under lektionen förstärktes elevernas handlingsutrymme ytterligare då eleverna själva fick i uppgift att, i små grupper, konstruera egna vattenfilteranordningar. Eleverna visade då aktivitet och engagemang genom att undersöka olika material, diskutera möjliga lösningar och jämföra resultaten med varandra. Clara *uppmärksammade även det märkvärdiga i det vardagliga* genom att använda vardagliga material som sand, bomull och PET-flaskor för att skapa en oväntad och fascinerande demonstration. Eleverna riktade därmed sin uppmärksamhet mot något bekant, vardagligt material som blev till ett spännande experiment. Ytterligare ett exempel på hur Clara använde triggern *estetiska upplevelser* var att hon gjorde aktiviteten konkret genom att långsamt hålla smutsvattnet i filtreringsanordningen. Eleverna följde noggrant processen med blicken och observerade varje steg. Den långsamma processen i kombination med tystnaden i klassrummet skapade en estetisk upplevelse präglad av spänning och fokuserad närvaro. När den klara droppen vatten slutligen föll ned från filtret utropade eleverna gemensamt "WOW!".

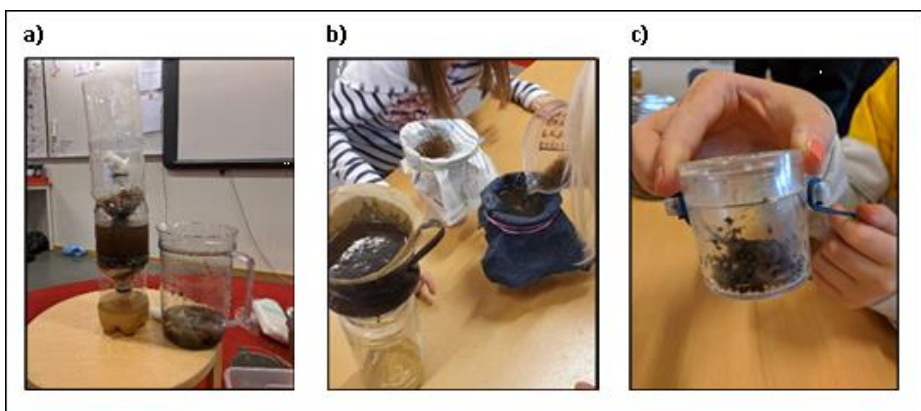
Observerade uttryck för förundran hos eleverna under Claras lektion

Under lektionen med vattenfiltreringsanordningen framträdde flera uttryck av förundran hos eleverna som tydligt överensstämde med lärarnas tidigare beskrivningar. När Clara presenterade den hemmagjorda anordningen blev elevernas nyfikenhet direkt märkbar genom intensiva blickar och ett engagerat kroppsspråk. Detta stämde väl överens med Claras egen beskrivning av uttryck av "stjärnglans" i elevernas ögon.

Eleverna hade placerats på golvet i en halvcirkel nära demonstrationsområdet och kröp successivt närmare för att kunna se bättre. Detta var en ny observation som inte tidigare nämnts av lärarna och visade ett fysiskt uttryck för elevernas nyfikenhet och engagemang. När den första klara vattendroppen till slut föll från filtret utbröt eleverna spontant i ett gemensamt och högljutt "WOW!", ett uttryck som överensstämde med Alice beskrivningar av verbala utrop såsom "Wow, titta på det här!". Elevernas glädje märktes även tydligt genom att de skrattade tillsammans, samtidigt som deras tonläge blev högre och mer energifyllt, vilket Rebecca tidigare beskrivit som typiskt vid uttryck av förundran. Observationen bidrog också med ytterligare nya aspekter som lärarna inte tidigare hade beskrivit. Särskilt noterbar var den påtagliga och nästan andäktiga tystnaden som infann sig innan det gemensamma utropet. Denna tystnad framstod som ett uttryck för elevernas koncentrerade förväntan. Ytterligare en ny aspekt var elevernas initiala skepsis som gradvis övergick i genuin häpnad. Tidigare hade lärarna främst beskrivit förundran som spontana uttryck, men här framkom det att förundran även kunde växa fram ur ett inledande tvivel och utvecklas till tydlig fascination.

Figur 10

a) Clara genomför en demonstration i år 2 medan klassen tittar på. b) Eleverna i år 2 bygger egna vattenfiltreringsanordningar i grupper. c) En elev i år 3 interagerar med materialet under en laborativ övning



Den andra vignetten är hämtad från en klassrumsobservation i årskurs 3, där Alice låter eleverna skapa maskburkar för att studera dagmaskar på nära håll (figur 10c).

Vignette 2:

Vi befinner oss i årskurs 3 klassrum. Varje elev har fått en glasburk som de fyller med jord och blad. Eleverna har också fått en liten luppburk att samla maskarna från skolans trädgård i. Det är en livlig aktivitet i rummet, och en av pojkarna har blivit helt absorberad av uppgiften. Han sitter tyst böjd över sin burk, med blicken fastlåst på den mask som långsamt rör sig genom jorden. Hans ansikte är tätt intill glaset, och han tycks knappt märka vad som händer runt omkring honom. Han plockar försiktigt med jorden, justerar små grenar och blad med stor koncentration och tittar oavbrutet på maskens rörelser. Ibland skrattar han lite tyst för sig själv. "Kolla, kolla här!" viskar han till sin kompis bredvid, samtidigt som han pekar med ett ivrigt finger mot den lilla maskens långsamma krypande genom jorden. Han hänger över bordet, ivrig att berätta vad han ser, och verkar helt uppslukad av sitt lilla experiment. Efter en stund säger han plötsligt: "Jag kan hämta mer jord och sand!" och skyndar iväg för att samla mer material till sin burk. När han kommer tillbaka lägger han omsorgsfullt ner jorden och en ny mask i burken. Men så fort den nya masken kommer i kontakt med jorden ropar han hastigt: "Stäng, stäng, stäng!" till sin kompis som håller i locket, som om han var rädd att maskarna skulle rymma. "Tror du de har det bra?" frågar han sedan sin vän, medan han lutar sig tillbaka och betraktar burken. Men snart börjar burken vandra iväg till andra elever som också vill se på maskarna. Pojken följer burken med blicken, och när den är utom räckhåll går han tyst efter och försöker försiktigt sträcka sig för att få tillbaka den. Hans blick är hela tiden fokuserad på burken, och han tycks vilja hålla den nära sig igen, som om han inte vill förlora kontakten med den lilla värld han just har skapat.

Observerade triggers för förundran i Alice undervisning

I aktiviteten med glasburkar och maskar kunde flera av de angivna triggers urskiljas tydligt. Alice skapade estetiska upplevelser genom att ge

eleverna möjlighet att själva fylla sina glasburkar med jord, blad och maskar från skolans trädgård. Eleverna fick på nära håll studera maskarnas rörelser, hålla maskarna i handen, undersöka materialen och upptäcka detaljer som annars kanske gått obemärkta förbi. Aktiviteten öppnade också upp för osäkerhet och öppna svar genom att eleverna själva fick pröva sig fram och fatta egna beslut kring vad och hur mycket material de ville använda. Att aktiviteten inte styrdes av en exakt instruktion visades bland annat genom pojkens spontana frågor till sin kamrat, som "Tror du de har det bra?", vilket visade att det fanns utrymme att uttrycka egna funderingar och osäkerhet kring vad maskarna behövde. Elevernas handlingsförmåga och agens var också synlig, exempelvis när pojken tog eget initiativ till att hämta mer jord och sand, samt hur han aktivt försökte påverka situationen genom att instruera sin kamrat att snabbt stänga burken så maskarna inte skulle kunna rymma. Slutligen synliggjordes det märkvärdiga i det vardagliga genom elevernas fascination och noggranna observation av maskarnas rörelser i burken, vilket visades genom pojkens djupa koncentration och sätt att uppmärksamt studera masken, försiktigt justera innehållet i burken och ivrigt visa kamraten vad han upptäckt. En ytterligare aspekt som framkom under aktiviteten var elevernas uttryck för empati och omsorg, vilket tydligt framgick genom elevens funderingar om maskarnas välbefinnande.

Observerade uttryck för förundran hos eleverna under Alices lektion

Under observationen framkom flera uttryck för förundran hos eleverna, som stämde väl överens med lärarnas tidigare beskrivningar av fenomenet. Till exempel kunde elevens ivriga viskningar och direkta uppmaningar till sin kompis ("Kolla, kolla här!") tydligt kopplas till vad lärarna identifierade som uttryck för förundran – speciellt det Alice benämnde som tydliga verbala utrop ("Wow, titta på det här!"). Elevens skratt och spontana kommentarer underströk även Rebeckas beskrivning om glädje och förändrat tonläge som ett centralt tecken på förundran. Den observerade pojken visade också ett mer subtilt uttryck av förundran, i

linje med Claras beskrivning av "stjärnglans" i elevernas ögon. Han var helt absorberad av aktiviteten och fokuserade intensivt på maskens rörelser, nästan som om ingenting annat existerade runt honom. Hans omsorgsfulla hantering av jorden, grenar och blad, liksom hans försiktiga och nyfikna beteende då burken vandrade iväg till andra elever, speglade denna subtila fascination. Observationen gav också möjlighet att upptäcka ytterligare aspekter av förundran som inte lika tydligt nämnts av lärarna. Exempelvis blev det synligt hur elevens förundran kunde ta sig uttryck i en viss oro och beskyddande inställning till maskarna, då han snabbt ropade "Stäng, stäng, stäng!" när han trodde att maskarna kunde rymma. Dessutom visade hans eftertänksamma fråga "Tror du de har det bra?" ett empatiskt perspektiv kopplat till förundran, vilket inte explicit hade nämnts i lärarnas tidigare beskrivningar.

5.1.4 Sammanfattning

Observationerna från klassrummen i årskurs 2 och 3 visade tydligt hur lärarnas planering med utrymme för förundran omsattes i konkret undervisning. Dessutom gick det att observera hur elevernas uttryck för förundran överensstämde med lärarnas beskrivningar. Samtidigt finns anledning att tolka resultaten med försiktighet, då antalet observationer var begränsat. Utifrån enstaka observationstillfällen går det inte att säkert veta vad eleverna faktiskt tänkte eller kände. Elevernas uttryck och reaktioner varierade dessutom beroende på situation och engagemang: ibland stannade eleverna upp inför något oväntat eller fascinerande, medan de vid andra tillfällen aktivt utforskade vidare. Denna variation visar att förundran kan komma till uttryck på många olika sätt i klassrummet, vilket kan beskrivas i två typer:

- Eleverna reagerar på något oväntat genom att bli helt fångade, som en tyst koncentration.
- Eleverna driver utforskandet vidare genom att ställa frågor, fortsätta att undersöka och experimentera samt söka svar.

I delstudie 1 diskuterades och prövades fyra triggers för förundran i

undervisningen: skapa estetiska upplevelser, öppna upp för osäkerhet och öppna svar, stärka av elevernas handlingsförmåga (agens) och uppmärksamma det märkvärdiga i det vardagliga. Resultaten visade att samtliga dessa triggers kunde identifieras i både Claras och Alices aktiviteter. Dessutom framkom ytterligare en trigger i Alices klassrum: empati och omsorg i undervisningen. Denna trigger blev tydlig när eleverna handskades med maskarna.

5.2 Delstudie 2 - årskurs 7

Den andra delstudien fokuserar på hur undervisning med inslag av förundran och andra epistemiska känslor kan genomföras och förstås i praktiken inom ramen för evolutionsundervisning i årskurs 7. Här presenteras två artiklar som bygger på empiriska data från två olika undervisningssituationer. I det följande sammanfattas respektive artikel.

5.2.1 Sammanfattning av artikel 1

Artikel 1: Sundberg, B., & Andersson, M. (2023). The role of wonder in students' conception of and learning about evolution. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 13(1), 35–61.
<https://doi.org/10.26529/cepsj.1489>

Syftet med artikel 1 var att empiriskt utforska hur lärare kan ge utrymme för förundran i NO-undervisning och undersöka hur en sådan undervisning kan påverka elevernas engagemang för ett planerat lärandemål. Syftet med artikeln var också att bidra med kunskap om hur elevers uttryck för förundran och andra epistemiska känslor kan kopplas till deras meningsskapande kring ett lärandemål. Den empiriska studien guidades av följande forskningsfrågor:

- På vilka sätt kan lärare ge plats för förundran i samband med naturvetenskapsundervisning?
- På vilka sätt, om några, påverkar undervisning med plats för förundran elevers meningsskapande, engagemang och lärande om

centrala biologiska principer och tröskelbegrepp inom evolutionsundervisning?

Studien genomfördes i år 7 med 45 elever, där läraren Rebecka även deltagit i den tidigare beskrivna delstudie 1. Lektionen Tre ting inleddes med en presentation av begreppet förundran. Jag, min huvudhandledare och Rebecka delade med oss av personliga erfarenheter från vårt arbete, där vi själva upplevt denna känsla. Detta gav eleverna en tydlig kontext att relatera till. En nyckel var att skapa en undervisningsmiljö som uppmuntrade eleverna att utforska och ställa frågor utan pressen att omedelbart leverera rätt svar. Resultaten visade att det är möjligt att utforma naturvetenskapsundervisning som väcker förundran hos eleverna i relation till specifika lärandemål, som exempelvis evolution. Analysen av elevernas skriftliga reflektioner visade att deras förundran ofta var kopplad till centrala aspekter av evolutionära processer: insikten om den obegripligt långa tidsskalan, variation mellan arter, mångfald och samspelet mellan organismer och deras livsmiljö. Även om eleverna inte alltid använde ett vetenskapligt språk, visade deras reflektioner tecken på en framväxande förståelse för dessa komplexa begrepp. Eleverna uttryckte ofta förundran över variationen mellan arter, vilket illustreras av en elevs reflektion över hur olika lavar kan se ut trots att de växer på samma plats. Mötet med trilobiten väckte också förundran, exempelvis över den enorma tidsskalan som evolutionära processer involverar, vilket antyder att eleverna börjar närma sig en förståelse för den djupa tidsaspekten inom evolutionen.

Förutom de fyra planerade triggers (skapa estetiska upplevelser, öppna upp för osäkerhet och öppna svar, stärka elevernas handlingsförmåga (agens) och uppmärksamma det märkvärdiga i det vardagliga) identifierades under analysen ytterligare en trigger: synliggöra den vetenskapliga processen, där elevernas intresse riktades mot hur själva processen gick till. Flera elever uttryckte exempelvis förvåning över att små biologiska objekt som otoliter kunde innehålla så mycket information om en individs livsmiljö och ålder. Detta visar att elevernas förundran inte bara riktades mot själva objekten, utan även mot det vetenskapliga arbetssättet och dess förmåga att avslöja dolda samband. Vidare visade resultaten att verktyg som stereolupp och lupp fungerade som

viktiga förstärkare av elevernas förundran, eftersom de öppnade nya perspektiv på bekanta objekt och möjliggjorde djupare estetiska upplevelser och insikter. En annan viktig slutsats är att tillräckligt med tid aktivt behövs avsättas för elevernas utforskande och reflektion för att skapa goda förutsättningar för deras förundran och för att dessa triggars överhuvudtaget ska kunna aktiveras och få effekt.

Analysen identifierade tre olika typer av känslomässiga och kognitiva reaktioner på upplevelser av "icke-vetande": *nyfikenhet*, *undersökande förundran* och *kontemplativ förundran*. Nyfikenhet kännetecknades av ett fokus på att snabbt få svar, medan undersökande förundran innebar att eleverna använde både intellektet och sinnena för att bearbeta sitt "icke-vetande". Kontemplativ förundran uppstod när elevernas reaktion gick bortom det kognitiva och sensoriska, och in i mer djupgående reflektion och fantasi, vilket triggades av exempelvis användningen av mikroskop. I denna del av studien presenteras även en utvidgad modell för att särskilja olika typer av känslomässiga och kognitiva reaktioner på upplevelser av "icke-vetande". Modellen, som inspirerades av tidigare forskning, syftade till att skapa en mer nyanserad förståelse för skillnaderna mellan begrepp som *inquisitive wonder*, *active wonder* och *wondering about*, samt att urskilja närliggande epistemiska känslor som pedagogiska verktyg i undervisningen. Modellen användes för att identifiera och beskriva tre centrala typer av reaktioner: nyfikenhet, undersökande förundran och kontemplativ förundran.

Resultaten visade att eleverna i slutet av undervisningsperioden hade lärt sig specifika begrepp för att beskriva evolutionens processer. I loggboksanteckningarna från periodens början saknades dessa begrepp, men i de senare intervjuerna använde eleverna begrepp som anpassning, arter och ryggradsdjur. Precisionen och noggrannheten i hur dessa begrepp användes var dock inte färdigutvecklad, vilket beskrivs som ett framväxande av ett disciplinärt språk. Användningen av disciplinära begrepp indikerade en begynnande förståelse, men elevernas resonemang saknade ofta djup och ibland även sammanhang. Eleverna kunde nämna relevanta begrepp, men hade svårt att sätta dem i en sammanhängande förklaring. Sammantaget indikerar resultaten att undervisningsupplägget lyckades väcka förundran och engagemang hos eleverna, men att förståelsen av evolutionära processer fortfarande var under utveckling.

Eleverna befann sig i en övergångsfas där de hade börjat tillägna sig ett disciplinärt språk men ännu inte fullt ut kunde hantera och tillämpa det i en meningsfull kontext.

5.2.2 Sammanfattning av artikel 2

Artikel 2: Andersson, M., Ottander, C., Sundberg, B. (2025). Att skapa en känsla för evolution - högstadiееlevens epistemiska känslor och meningsskapande om naturligt urval. *Forskning om undervisning och lärande*, 13(2), x-x

<https://doi.org/10.61998/forskul.v13i2.24322>

Denna artikel bygger på empiriskt insamlade data från lektionen Näbblabben, och baseras på videomaterial från hela lektionen samt ljudupptagningar som gjordes under gruppdiskussionerna. Syftet med artikel 2 var att få kunskap om elevers uttryck för förundran och andra epistemiska känslor samt att undersöka den pedagogiska potentialen i att ge plats för dessa känslor i samband med evolutionsundervisning. Studien utgick från tre centrala forskningsfrågor:

- Vilka epistemiska känslor kunde identifieras under lektionen?
- Vilka evolutionära begrepp skapade eleverna mening kring?
- Hur relaterade elevernas epistemiska känslor till meningsskapandet kring evolutionära begrepp?

Under lektionen Näbblabben erbjöds eleverna en möjlighet att på ett aktivt och engagerande sätt utforska evolutionära processer. Lektionen var noggrant uppbyggd i fyra distinkta faser: inledningsvis en *introduktion* där upplägget förklarades, följt av en *laborativ del* som tog formen av ett rollspel, sedan *gruppdiskussioner* i mindre konstellationer, och slutligen en avslutande *helklassdiskussion* (figur 11). I början av lektionen väcktes nyfikenhet och en aning konfundering hos eleverna när de fick sina tilldelade "nabbar". Under den laborativa fasen förvandlades klassrummet till Galápagosöar, där eleverna agerade fåglar som kämpade om den begränsade födan. Denna aktivitet framkallade en bred palett av känslor: frustration över konkurrensen, förvåning när resultaten inte alltid

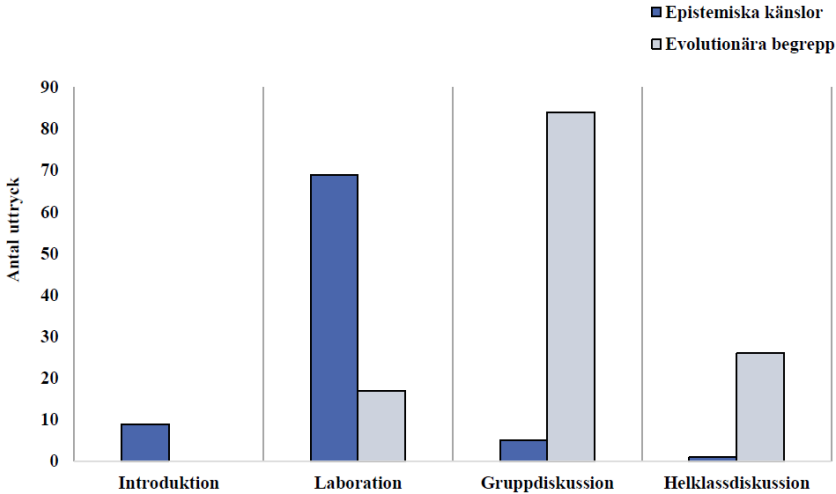
motsvarade de förväntade ansträngningarna, men också nyfikenhet, förväntan och en känsla av stolthet när de lyckades. Genom att aktivt leva sig in i fåglarnas situation utvecklade eleverna en personlig och konkret förståelse för centrala begrepp som konkurrens och variation. De insåg på ett påtagligt sätt hur näbbarnas specifika utformning (variation) direkt påverkade deras förmåga att finna och tillgodogöra sig föda, vilket i sin tur påverkade deras chanser till överlevnad i den simulerade miljön. Dessa känslomässiga upplevelser och insikter bidrog till en djupare förståelse för de evolutionära processerna som låg till grund för aktiviteten.

Under lektionen kunde tre av fyra planerade triggers observeras: att skapa estetiska upplevelser, öppna upp för osäkerhet och öppna svar samt stärka elevernas handlingsförmåga (agens). Däremot kunde den planerade triggern att uppmärksamma det märkvärdiga i det vardagliga inte observeras. Utöver dessa identifierades tre nya triggers specifikt för epistemiska känslor (dock inte förundran): rollspel, iscensättande av klassrummet och tävlingsmoment. Sammantaget observerades många olika epistemiska känslor under lektionen, men förundran var inte en av dem. Det tidsbegränsade tävlingsmomentet bidrog särskilt till att skapa många olika känslomässiga reaktioner och ökade elevernas aktiva deltagande, men kan samtidigt ha varit en bidragande orsak till att känslan av förundran uteblev.

De efterföljande gruppdiskussionerna och den avslutande reflektionen gav eleverna en värdefull möjlighet att ytterligare utforska och förtydliga komplexa begrepp som variation, artbegreppet och anpassning till miljön. Genom att dela med sig av sina upplevelser, argumentera och ställa frågor till varandra kunde de fördjupa sin förståelse för hur variation inom en art kan påverka konkurrensen och anpassningen över tid. Även om vissa elever upplevde svårigheter med att fullt ut ta till sig och förstå artbegreppet, ledde diskussionerna slutligen fram till en gemensam förståelse om att det i grunden handlar om förmågan till reproduktion. Resultaten antyder att eleverna resonerade djupare och mer engagerat kring de begrepp som de hade utvecklat en känslomässig och personlig koppling till genom rollspelet.

Figur 11

Frekvensen av elevers uttryck för epistemiska känslor (mörkblå stapel) och evolutionära begrepp (ljusgrå stapel) under lektionen Näbblabben



5.3 Resultatsammanfattning av avhandlingens övergripande forskningsfrågor

5.3.1 Hur kan naturvetenskapsundervisning i grundskolan utformas för att ge utrymme åt förundran?

Sammanfattningsvis visar resultaten på några gemensamma förhållningssätt som gav utrymme för elevers förundran; att använda *berättande* för att skapa en miljö som gynnar förundran, att ge eleverna möjlighet att *påverka hur objekt eller processer undersöks*, att skapa en *trygg miljö* där känslor får uttryckas och att ge eleverna möjlighet att *stanna upp och stanna kvar*. Det första förhållningssättet innebär att lärarna aktivt valde ut objekt eller innehåll som de bedömde kunna väcka

elevernas nyfikenhet och förundran. Denna bedömning baserades på tidigare undervisningserfarenheter tillsammans med klassen och de teoretiska förslag som hade diskuterats under inledande workshops. De använde sig sedan av iscensättning med hjälp av berättelser som teknik för att skapa en känsla av mystik, eller osäkerhet kring momentet, eller för att uppmärksamma eleverna på det förunderliga i ett objekt (t.ex. laborationen med fokus på Tre ting) eller i en process (t.ex. att vatten kan renas med sand). Det andra förhållningssättet handlade om att ge eleverna möjlighet att påverka hur objekt eller processer undersöktes. I laborationen Tre ting fick eleverna till exempel välja själva hur de undersökte lavarna, otoliterna och fossilen, och när de bad om en stereolupp plockade läraren fram ett par lappar. I resultaten syns också att handlappar och stereolappar tycktes kunna spela en speciell roll för att ge plats för förundran eftersom de verktygen hjälpte eleverna att observera annars osynliga strukturer och "världar". På så sätt skapades perspektivskiften som i sin tur stärkte elevernas förundran. Eleverna i årskurs 2 och 3 fick också stor frihet att lista ut hur maskburkar och reningsverk skulle konstrueras. Det material som användes var generellt sådant eleverna hade mött tidigare och kände sig bekväma med att hantera vilket gjorde att de kunde koncentrera sig på undersökandet. Det tredje förhållningssättet var att skapa ett tryggt klimat så att eleverna skulle känna sig bekväma med att uttrycka sina känslor och tankar öppet. Alla lärarna var tydliga med att detta var en förutsättning för att eleverna skulle våga uttrycka sina känslor. Rebecka beskriver detta så här:

Att bygga starka relationer är grunden för att skapa en miljö där eleverna vågar testa, göra misstag och vågar visa sina reaktioner utan att känna sig dömda. (...) Eleverna kan vara känsliga för vad som är passande att uttrycka inför sina kamrater, och förundran kan smitta av sig när elever med hög status i gruppen visar den känslan. Då blir det ofta en kollektiv upplevelse. (Rebecka)

Det fjärde förhållningssättet var att ge eleverna tid till eftertanke. Här utmärkte sig Näbblabben genom att vara uppdelad i tre olika moment, där inte alla momenten gav denna möjlighet. Rollspelet med inslag av tävlingsmoment gav upphov till andra epistemiska känslor, såsom nyfikenhet, förvåning och frustration, men inte specifikt för förundran.

5.3.2 Vilka möjligheter och utmaningar uppstår när förundran integreras som ett pedagogiskt verktyg?

Resultaten visar på en rad möjligheter till fördjupat lärande och engagemang i och med att koppla elevers förundran till specifika lärandemål och generellt framkom få utmaningar med att integrera förundran. Lärarna beskrev att själva idén med förundran som pedagogiskt verktyg var ny för dem, men uttryckte samtidigt att tanken att ge plats för mer känslor i undervisningen som något positivt eftersom det bidrog till en närmare relation mellan lärare och elever. Observationerna visade dock två konkreta utmaningar i praktiken: dels var det svårt att skapa tillräckligt med utrymmen för elevernas eftertanke och skriftliga reflektioner, dels visade det sig komplicerat att planera för *en* specifik känsla, eftersom undervisningen ofta gav upphov till en hel ”bukett” av epistemiska känslor. Ur ett elevperspektiv noterades i princip inga större invändningar mot lektionsuppläggen, snarare beskrev eleverna i årskurs 7 det som positivt att de hade ”fått ta på saker”. I årskurs 3 uttryckte emellertid en elev ”Skulle inte vi ha NO idag?”. Hen förväntade sig en mer traditionell NO-undervisning.

5.3.3 Vilken roll kan förundran och andra epistemiska känslor spela för elevers meningsskapande och lärande om evolutionära processer?

Resultaten från Näbblabben visar att eleverna resonerade mer djupgående kring begreppen konkurrens, variation och anpassning – evolutionära processer som de även visat känslomässigt engagemang inför. På liknande sätt visar resultaten från Tre ting att eleverna själva uppmärksammade och förundrades över centrala aspekter av evolutionära processer: insikten om den *enorma tidsskalan* som evolutionära processer ofta sker under, *variation* mellan arter, *mångfald* och *samspelet mellan organismer och deras livsmiljö*. Även om eleverna inte alltid använde ett vetenskapligt språk, visade deras reflektioner, i förhållande till det de förundrades över, tecken på en framväxande förståelse för dessa komplexa begrepp.

5.3.4 Hur kan förundran och andra epistemiska känslor identifieras och förstås i relation till klassrumssituationerna?

Att exakt identifiera vilken epistemisk känsla elever uttrycker i klassrummet är en utmaning, men resultaten visar ändå att det finns tydliga indikatorer som lärare och observatörer kan lägga märke till. Lärarna beskrev exempelvis verbala uttryck ”Wow, titta på det här!”, förändrat tonläge, glädje samt subtila tecken som ”stjärnglans i ögonen” som viktiga tecken på förundran. Dessa indikatorer bekräftades under observationerna och i samband med de fördjupade analyserna av elevernas prosodi, kroppsspråk och återkommande ordval (coolt, wow, fantastiskt). Gemensamma utrop av fascination, elever som spontant närmade sig föremålen för att titta närmare, samt en andäktig tystnad inför spännande moment observerades också. Sammantaget indikerar resultaten att epistemiska känslor, inklusive förundran, kan identifieras genom både explicita uttryck och mer subtila emotionella och kroppsliga signaler.

6. Diskussion

Vad händer när känslor får ta plats i undervisningssammanhang inom naturvetenskapliga ämnen, som traditionellt uppfattas som logiska, objektiva och faktabaserade? I den här avhandlingen vill jag besvara den frågan med specifikt fokus på känslan av förundran. Valet att fokusera specifikt på förundran grundades i den omfattande litteratur som i teorin beskriver förundran som en känsla som stimulerar nyfikenhet och kunskapssökande, i samband med naturvetenskapsundervisning (Cuzzolino, 2021; Jaber & Hammer, 2016; Keltner & Haidt, 2003; Trotman, 2014; Wolbert & Schinkel, 2021).

Resultaten från min avhandling, där teorierna prövas i klassrumssituationer, visar att det är möjligt att planera för att ge plats för elevers förundran i relation till ett planerat naturvetenskapligt innehåll. Resultaten visar emellertid också att specifika känslor sällan uppträder isolerat, utan ofta i ”buketter” där både besläktade epistemiska känslor av olika slag samverkar.

I det här kapitlet kommer jag att diskutera dessa resultat med utgångspunkt i avhandlingens övergripande frågor. Jag börjar med att diskutera de möjligheter och utmaningar som uppstod i samband med att de teoretiska förslagen på hur förundran kan integreras in i naturvetenskapsundervisningen prövades i autentiska klassrumssituationer. Sedan följer jag upp detta med att diskutera de gemensamma nämnare som framträdde i den undervisning som visade sig ge plats för elevers förundran. Detta följs upp av en diskussion om att upplägget som skulle ge plats för förundran i vissa fall istället gav upphov till andra epistemiska känslor och hur dessa spelade roll för elevernas meningsskapande och lärande om evolutionära processer. Avslutningsvis diskuterar jag de metodologiska aspekterna som visade sig vara särskilt utmanande i relation till att studera och dokumentera känslomässiga och kognitiva processer i klassrumsmiljöer.

6.1 WOW! Det går att göra plats för förundran

I mitt avhandlingsarbete ville jag undersöka om de teoretiskt och filosofiskt grundade förslagen verkligen går att omsätta i autentiska klassrumsmiljöer. Resultaten från mina delstudier visar att det faktiskt går att skapa plats för förundran i klassrummet, och att integreringen hade betydelse för elevernas lärande och engagemang i evolutionsundervisningen. Tidigare forskningsresultat har ofta beskrivit att en integrering av förundran kan kännas utmanande för naturvetenskapslärare (Gilbert & Byers, 2017; Hadzigeorgiou, 2012, 2016). Resultaten i min studie visade på motsatsen. Lärarna som deltog i studien var redan bekanta med att elever ibland uttrycker förundran i klassrummet. De hade däremot inte tänkt på förundran som ett möjligt didaktiskt verktyg att använda i sin NO-undervisning. När de nu fick möjlighet att pröva detta gjorde de det med både intresse och stort engagemang.

En möjlig förklaring till att lärarna i min studie inte upplevde integreringen av förundran som utmanande kan bero på att alla arbetade eller tidigare hade arbetat på låg- och mellanstadiet, där det ges mer utrymme för känslor och utforskande aktiviteter (Anderhag m.fl., 2016). De studier som beskrivit att lärare känt sig obekväma med att integrera förundran i sin naturvetenskapsundervisning har varit inriktade mot lärare på högstadiet (Hadzigeorgiou, 2012) eller lärarstudenter (Gilbert & Byers, 2017) som upplevt att de riskerar att uppfattas som oseriösa eller ovetenskapliga om de gör plats för känslor i undervisningen.

En annan möjlig förklaring till att det inte uppstod några större utmaningar för integrering av förundran i min studie kan finnas i den formativa interventionsdesignen som användes. Formativa interventioner är utvecklade för att skapa kollektiva utvecklingsprocesser där deltagare och forskare tillsammans bidrar med olika erfarenheter och perspektiv (Engeström & Sannino, 2010; Penuel, 2014). De formativa interventionerna gav därmed lärarna stöd i forskningsbaserade teorier samtidigt som de hade möjlighet att själva styra och utforma undervisningens innehåll och upplägg. På så sätt fanns utrymme för deras professionella bedömningar av vad som var lämpligt och mest gynnsamt för elevernas behov och gruppens sammansättning. Detta upplägg skiljer sig något från andra studier där interventioner i högre grad har styrts av forskare (t.ex.

Hadzigeorgiou, 2012). Upplägget med formativa interventioner ligger i linje med hur kollegialt lärande ofta utformats i skolverksamheter, där ett systematiskt arbetssätt används för att stärka lärarens professionella utveckling och undervisningspraktik (Andersson m.fl., 2022; Teledahl m.fl., 2024; Vangrieken m.fl., 2017). Fördelen med de formativa interventionerna i jämförelse med det kollegiala lärandet är att forskare alltid är med och tillför forskningsbaserad kunskap och analytiska verktyg till lärarnas beprövade erfarenhet. Detta är inte alltid fallet i samband med kollegialt lärande vilket i vissa fall har kritiserats för att sakna tillräcklig vägledning från externa aktörer (Skolforskningsinstitutet, 2022). Ytterligare en möjlig orsak till att lärarna i min studie inte tycktes uppleva interventionerna som stressande kan ha varit att integreringen utgick från det ämnesinnehåll som lärarna redan hade med i sina långsiktiga planeringar (årshjul). Inga nya undervisningsblock eller moment lades till. Istället justerades och vidareutvecklades undervisningen som de redan hade förberett vilket inte innebar tidskrävande förändringar eller att de behövde köpa in ny utrustning.

6.2 Förundran i klassrummet sker i det lugna

Att väcka förundran hos elever i grundskolans NO-undervisning kan leda tankarna till extraordinära eller spektakulära undervisningsmetoder. Många lärare känner kanske en implicit förväntan att undervisningen måste vara lika spektakulär som populärvetenskapliga program eller vetenskapsklipp på nätet, som ofta avslutas med något som exploderar, pyser eller överraskar visuellt. Varg, Näs och Ottander (2022) beskriver i sin studie om lärarens repertoar av lärarroller i mellanstadiets NO-undervisning hur särskilt de som upplever sig själva som ”inspiratörer” eller ”underhållare” upplever ett behov av att använda just sådana visuella effekter för att fånga elevernas uppmärksamhet. Även science centers runt om i landet bidrar med imponerande interaktiva utställningar som kan väcka förundran men är svåra att konkurrera med inom skolans ramar. Den här studien visar dock att det också kan räcka med små, medvetna förändringar i undervisningen för att ge utrymme för förundran

och andra epistemiska känslor kopplade till ett planerat ämnesinnehåll. Avhandlingens resultat visar på några gemensamma nämnare för undervisningsupplägg som kan ge utrymme för förundran. Det handlar framför allt om fyra förhållningssätt; att använda *berättande* för att starta upp lektionen, att ge eleverna möjlighet att *påverka hur objekt eller processer undersöks*, att skapa en *trygg miljö* där känslor får uttryckas och att ge eleverna möjlighet att *stanna upp och stanna kvar* i “förundrandet”.

Att introducera med berättelser

I båda delstudierna inledde lärarna sina lektioner med en berättelse. De använde sig av berättandet på två olika sätt, anpassat efter elevernas ålder och undervisningens innehåll. På lågstadiet användes berättandet för att skapa en stämning av förväntan och osäkerhet. Genom att lärarna berättade om sin egen osäkerhet och nyfikenhet skapade de en atmosfär präglad av öppenhet och medforskande. På högstadiet tog läraren hjälp av forskare från förr och nu för att belysa förundrans roll som en naturlig och central del av den naturvetenskapliga forskningsprocessen. Både lågstadielärarna och högstadieläraren använde dessutom berättandet för att lyfta fram det märkvärdiga i vardagliga föremål eller organismer såsom maskar, lavar och fossiler. På så vis kunde läraren uppmärksamma naturvetenskapliga aspekter som eleverna kanske tidigare inte hade noterat eller funnit särskilt intressanta. Denna didaktiska strategi – att väcka förundran i det lilla – har stöd i Weger och Wagemanns (2021) fenomenologiska studie, där de argumenterar för att varken fysisk storlek eller ett spektakulärt och uppseendeväckande utseende är nödvändiga för att framkalla känslan av förundran. Tvärtom visar deras introspektiva experiment att något så vardagligt som ett russin, betraktat med ett öppet och kontemplativt sinne, kan skapa en stark upplevelse av förundran. De menar att det är betraktarens sätt att närma sig fenomenet, snarare än dess yttre egenskaper, som avgör om förundran uppstår. Denna poäng ligger i linje med mina resultat: att lärarna via berättandet fick eleverna att närma sig de vanliga föremålen med nya ögon.

Att använda berättande för att väcka förundran har tidigare beskrivits av Hadzigeorgiou (2016) som framhåller att berättelser, genom att

exempelvis lyfta fram historiska kontroverser och forskares personliga erfarenheter, kan väcka förundran och därmed göra en fysikundervisning mer meningsfull och engagerande för eleverna. Även Mary Budd Rowe, vars pedagogik beskrivs av Bianchini (2008), betonar berättandets centrala roll i naturvetenskaplig undervisning och menar att vetenskapen bör ses som en form av "berättelseskapande" där elevernas nyfikenhet och vilja att undersöka står i centrum. Gemensamt för Hadzigeorgious, Budd Rowes och mina resultat är att berättandet ses som en väg in i undervisning som uppmuntrar elevers undersökande. Detta enkla sätt att skapa något extraordinärt ur det vanliga, som sedan kan undersökas vidare, skiljer sig från studier som beskriver hur spektakulära triggers kan användas för att skapa förundran i klassrummet, såsom att göra rymdresor med hjälp av virtual reality-glasögon (van Limpt-Broers m.fl., 2025). Det sistnämnda är en undervisningsstrategi som Anderhag (2016) beskriver som präglad av "show" som riskerar att inte hjälpa eleverna vidare till ett meningskapande om det naturvetenskapliga fenomenet eller objekt som undervisningen var menad att fokusera på. Mina resultat visar därmed att även tillsynes små enkla metoder kan vara effektiva. Ett exempel från delstudie 1 var att se på objekt ur nya perspektiv genom att använda lappar och stereolappar, något som kan fungera i klassrum där tillgången på resurser såsom tid, teknik och material är begränsade. Genom att "zooma in" på det välbekanta kunde eleverna göra nya upptäckter och uppleva det vardagliga som något främmande och fascinerande.

Att ge elever möjligheter att undersöka själva

En annan viktig aspekt av det förunderliga klassrummet var lärarnas tillit till elevernas förmåga att själva upptäcka och hitta det märkvärdiga som väcker förundran. Denna tillit visade sig i att lärarna vågade släppa kontrollen och ge eleverna utrymme att skapa egen förståelse genom att undersöka fenomenen på sitt eget sätt och i sin egen takt. Detta möjliggjordes delvis genom att lärarna utmanade en rådande undervisningsretorik som råder lärare att lektioner ska inledas med tydligt formulerade mål och förväntade resultat (Skolverket, u.å.-a). Istället för att explicit definiera målen i förväg valde lärarna i min studie att lägga upp undervisningen med sikte på ett specifikt lärandemål, där eleverna tilläts att

upptäcka detta själva, vilket i sin tur öppnade upp för förundran. Detta är ett medvetet val som kräver balans – för mycket frihet kan leda till att elever känner osäkerhet, frustration eller upplever att aktiviteten är meningslös. Just den här balansgången är intressant i ljuset av Skolinspektionens kvalitetsgranskningar, där vissa skolor fått kritik för att inte formulera mål tydligt i början av lektioner (Skolinspektionen, 2023). Det väcker frågor om vad tydliga mål faktiskt bidrar med – men också vad som riskerar att gå förlorat när undervisningen alltför strikt styrs av i förväg definierade resultat.

Skapa en trygg miljö

För alla lärarna som deltog i studien var det centralt att skapa en trygg lärandemiljö, något som också är en central del av lärarens vardagliga arbete (Skolverket, u.å.-b). Att arbeta med känslor såsom förundran innebar, enligt lärarna, att både elever och lärare behövde en trygg miljö för att kunna hantera osäkerhet och våga uttrycka sina känslor, något som även lyfts fram i andra studier där känslor undersökts i undervisningssammanhang (t.ex. Anderhag, 2014; Manni, 2015).

För att skapa en trygg atmosfär använde lärarna konkreta strategier i undervisningen – till exempel genomtänkta gruppindelningar och att själva vara öppna med sin osäkerhet. Genom att inte alltid ha färdiga svar, eller genom att låta elevernas frågor styra undervisningen, bidrog de till att skapa en atmosfär där det blev legitimt att inte veta. Ett liknande resonemang beskrivs i en studie av Varg med kollegor (2022), där vissa lärare vill skapa trygghet och nyfikenhet i klassrummet genom att vara ”deltagare” i elevernas utforskande – snarare än ”experter” med alla svar. I min studie betonade lärarna det som avgörande för att eleverna skulle öppna sig för upplevelsen av förundran.

Stanna upp och stanna kvar – vikten av ett lugnt tempo

Resultaten visar att undervisning planerad utifrån teoretiska antaganden om förundran inte per automatik leder till att elever upplever denna känsla. Lektionen Näbblabben är ett tydligt exempel. Trots att Näbblabben byggde på samma principer som lektionen Tre ting – där förundran faktiskt uppstod – uteblev förundran i Näbblabben. Mary Budd Rowes

forskning ger en möjlig förklaring till detta (Bianchini, 2008). I sin forskning beskriver hon att när klassrumsundervisning präglas av snabba växlingar minskar möjligheterna för öppet utforskande och förundran. Särskilt lyfter Rowe fram betydelsen av *wait-time* – att ge elever tillräckligt med tid att tänka före och efter att de svarar. Denna typ av fördröjning främjar inte bara ett mer genomtänkt resonemang, utan skapar också ett lugnare klassrumsklimat där personlig anknytning och förundran kan uppstå. Liknande slutsatser dras i den introspektiva studie som Weger och Wagemann (2021) genomfört, där de såg att förundran tenderade att försvinna i pressade situationer men kunde växa fram i ett lugnt och eftertänksamt tempo.

Tävlingsmomentet i Näbblabben, som var avsett att illustrera en konkurrenssituation, väckte visserligen ingen förundran, men framkallade en rad andra epistemiska känslor såsom nyfikenhet, förväntan, förvåning, frustration, förvirring och stolthet – känslor som enligt Pekrun (2017) också är kopplade till lärande och meningsskapande. Det intressanta här är alltså inte att förundran uteblev, utan att andra känslor trädde in i dess ställe och ändå bidrog till ett meningsfullt lärande. Tävlingsituationen som uppstod i rollspelet fungerade som en katalysator för engagemang och personlig anknytning, och blev därigenom en väg in till djupare begreppsreflektion senare under lektionen. Detta ligger i linje med vad Pekrun (2017) och även Pekrun & Linnenbrink-Garcia (2014) beskriver, nämligen att känslor som initialt kan kännas obekväma och uppfattas negativa, till exempel frustration och förvirring, i själva verket kan stödja lärandet – så länge de har en tydlig koppling till innehåll. Detta understryker att det inte går att på förhand styra exakt vilka känslor en viss aktivitet kommer att väcka. Är detta då ett problem? Tvärtom – mina resultat visar att det centrala är att eleverna *blir* känslomässigt engagerade, och att detta engagemang är tydligt anknuten till den process eller objekt som undervisningen är planerad att fokusera på. I det här fallet ledde tävlingsmomentet, trots vissa obekväma känslor, till ett engagemang som fördjupade elevernas diskussioner kring begreppen. Samtidigt blir det tydligt att om målet är att väcka just förundran, så uppstår den främst i sammanhang som präglas av ett lugnt tempo och ett öppet utforskande klimat. Det tyder på att förundran är en känsla som växer där närvaro finns, tystnad tillåts och tid ges – något som kan vara

svårt att skapa i alltför snabba eller prestationsinriktade undervisnings-situationer.

6.3 Epistemiska känslors roll för elevers menings-skapande och lärande om evolutionära processer

Resultaten visar att epistemiska känslor kan spela en viktig roll för elevers engagemang, meningsskapande och utveckling av djupare förståelse av evolutionära processer. Avhandlingens resultat pekar därför på pedagogiska möjligheter med att ge mer plats för elevers känslomässiga engagemang i skolans evolutionsundervisning som så ofta beskrivs som abstrakt och komplex av elever. Avhandlingens resultat bidrar även med ny kunskap om hur lärare kan skapa utrymme för dessa epistemiska känslor i sin undervisning. Upplägget gav eleverna möjlighet att själva uppmärksamma och förundras över variation och evolutionär tid, samt känslomässiga och kroppsliga upplevelser av konkurrens och variation.

Ett resultat som inte var väntat var att den öppna formen av eget utforskande också väckte förundran över den vetenskapliga processen i sig. Eleverna började spontant fundera över hur vetenskaplig kunskap faktiskt utvecklas. Deras reflektioner rymmer flera centrala idéer inom NoS, särskilt de som beskriver naturvetenskapens kreativa och dynamiska karaktär. Elevernas (oväntade) spontana reflektioner kring hur vetenskaplig grundad kunskap utvecklas ligger emellertid i linje med det som Keltner och Haidt (2003) beskriver i sin välciterade kliniska studie om förundran - att förundran kan vara en möjlig ingång till djupare förståelse av naturvetenskapliga forskningsprocesser. Även om min studie inte avsåg att undersöka detta samband, indikerar resultaten att upplevelsen av förundran i samband med naturvetenskapsundervisning också kan spela roll för hur eleverna närmar sig vetenskapens karaktär och arbetssätt. Ur ett undervisningsperspektiv är detta intressant. En djupare förståelse för naturvetenskapliga metoder skulle också kunna ge elever mer förståelse för de idéer som ligger till grund för Darwins evolutionsteori.

6.4 Känslobuketten ur ett forskningsperspektiv (metoddiskussion)

Att forska om känslor i undervisningssammanhang innebär att navigera i ett komplext landskap, där känslor sällan framträder isolerat utan snarare i samspel med varandra. Den "bukett" av epistemiska känslor som blev synlig i delstudie 2 illustrerar tydligt en av utmaningarna med att undersöka känslor i autentiska klassrumsmiljöer. Denna komplexitet kan förstås som ett analytiskt hinder, men också som en påminnelse om att forskning om känslors roll i lärandeprocesser kräver metoder som kan fånga känslors dynamiska samspel. Det faktum att förundran samexisterar med andra känslor i flera av undervisningssituationerna understryker vikten av att studera känslor i sin samverkan snarare än var och en för sig (jfr Manni, 2015). I linje med Mannis resultat kunde jag dessutom se hur känslor och meningsskapande ofta var tätt sammanflätade initialt, men ibland också uppträdde mer sekventiellt – först ett känslomässigt gensvar, därefter en reflekterande fas. Det fanns dessutom ett tydligt samband mellan elevernas djupare reflektioner och de begrepp som de upplevt en känslomässig koppling till under laborationen. Resultaten tyder på att planering för att möjliggöra elevers förundran också innebär att skapa utrymme för andra epistemiska känslor, som tillsammans kan främja både engagemang och förståelse i NO-undervisningen.

Samtidigt finns det ett värde i att i vissa fall rikta blicken mot enskilda känslor. Förundran är som beskrivits i bakgrunden ofta beskriven som en särskilt betydelsefull känsla inom naturvetenskapligt lärande, och det finns därför skäl att undersöka hur just denna känsla uttrycks, utvecklas och påverkar elevers lärande närmare. Genom att studera förundran mer specifikt – både som känsla och som pedagogiskt verktyg – kan vi få en fördjupad förståelse för hur just denna emotionella upplevelse bidrar till meningsskapande i klassrummet.

En annan metodologisk utmaning i samband med praktikinära forskning om känslor är svårigheten att med säkerhet identifiera vilka känslor som faktiskt är närvarande. Metaanalyser har visat att det saknas entydiga kopplingar mellan känslor och fysiologiska eller mimiska uttryck (Gavazzeni, 2023). Ansiktsuttryck och kroppsliga responser kan

visserligen samvariera med vissa känslor, men är kulturellt och socialt präglade, och säger i sig inte exakt vad en individ känner. Därför behövs metodkombinationer där observationer av kroppsliga och verbala uttryck under lektioner kompletteras med elevernas egna utsagor, till exempel genom intervjuer eller reflekterande texter (Jirout & Klahr, 2012).

I min studie kombinerades olika metoder för att skapa en mer heläckande bild:

- Första delstudien: klassrumsobservationer och lärarintervjuer.
- Andra delstudien (Tre ting): klassrumsobservationer, elevintervjuer och skriftliga reflektioner.
- Andra delstudien (Näbblabben): klassrumsobservationer med fördjupad multimodal analys av filmat material.

Denna variation i metodval hjälpte mig att identifiera såväl styrkor som begränsningar i respektive metod. I den första delstudien kunde jag exempelvis se uttryck för både introvert och extrovert förundran: elever som tyst och koncentrerat uppmärksammade något oväntat, respektive elever som delade med sig av sin förundran verbalt, ställde frågor och ville undersöka vidare. Men det blev också tydligt att vissa elevers känslor riskerade att gå omärkt förbi – att en elev kände förundran utan att det syntes utåt. Därför kompletterades empiriinsamlingen i Tre ting (delstudie 2) med elevintervjuer och skriftliga reflektioner. På så sätt kunde jag få syn på hur eleverna själva upplevt situationen, och vilka faktorer som väckt deras känslomässiga engagemang – eller inte. Då blev det även tydligt om förundran riktats mot det planerade ämnesinnehållet eller mot något helt annat. För att ytterligare fördjupa analysen i nästa delstudie valde jag att använda en mer detaljerad multimodal analys i Näbblabben. Här var jag inspirerad av tidigare didaktisk forskning om elevers känslouttryck i klassrumssituationer (t.ex. Bezemer & Kress, 2016; Jewitt, 2009; Wilmes & Siry, 2021). Denna metod visade sig vara mycket tidskrävande men gav också en mer högupplöst bild av samspelet mellan elevernas verbala och icke-verbala känslouttryck.

Sammanfattningsvis har metodvalen i varje delstudie vuxit fram ur de insikter som genererats av analyserna innan. Begränsningarna i en metod har ofta blivit startpunkten för nästa steg i analysen – från öppen observation, till elevröster, till fördjupad interaktionsanalys. Ingen av de

metoder jag har använt är fri från begränsningar, men kombination av flera metoder har bidragit till en mer nyanserad och trovärdig förståelse av epistemiska känslors roll i NO-klassrummet (jfr. Reizenzein m.fl., 2014).

Avslutningsvis vill jag lyfta fram att även om didaktisk och psykologisk forskning traditionellt haft olika metodologiska angreppssätt för att undersöka känslor, börjar de närma sig varandra – inte minst i synen på känslor som både biologiskt och sociokulturellt situerade (Gavazzeni, 2023). Men trots denna närhet kvarstår den centrala utmaningen för alla forskare, oavsett vilken disciplin de tillhör: att känslor i grunden är subjektiva upplevelser som är svåra att fånga med precision med ett utifrån-perspektiv. Det påminner om vikten av att närma sig känslor i klassrummet med både metodologisk noggrannhet och ödmjukhet och att sträva efter att inkludera förstapersonsperspektivet i sin empiriinsamling på något sätt.

7. Avslutande reflektioner och implikationer för praktik och forskning

I detta avslutande kapitel diskuteras hur de viktigaste resultaten kan bidra till praktiken i klassrummet såväl som för framtida forskning.

7.1 Praktiska implikationer för NO-lärare

En relevant pedagogisk fråga är om det ingår i skolans uppdrag att väcka förundran eller andra epistemiska känslor hos elever. Med utgångspunkt i mina resultat menar jag att det absolut kan vara en uppgift, under förutsättning att förundran tydligt riktas mot ett centralt ämnesinnehåll. Resultaten visar att både lärare och elever kan uppleva förundran inför många olika saker, men för att förundran ska fungera som ett pedagogiskt verktyg i NO-undervisningen krävs att läraren medvetet riktar elevernas uppmärksamhet mot det naturvetenskapliga innehållet. I studierna som beskrivs i denna avhandling användes främst de råd som utifrån teoretiska resonemang beskrivits av Trotman (2014) samt Wolbert och Schinkel (2021). Denna avhandling kompletterar dessa teoretiska rekommendationer med empiriska resultat, som visar att även små förändringar i hur undervisningen organiseras kan ge resultat. Avgörande är hur läraren iscensätter undervisningssituationen och riktar elevernas uppmärksamhet mot det märkvärdiga i ett naturvetenskapligt fenomen.

Mitt råd på viktiga aspekter i iscensättningen:

- Använd berättelser som väcker intresse. Berättelser skapar en engagerande ram och låter eleverna uppleva ämnesinnehållet ur ett nytt perspektiv.
- Introducera förundran som en del av naturvetenskapens karaktär (NoS), exempelvis genom att belysa att naturvetenskaplig

kunskap inte är slutgiltig utan ständigt omprövas och utvecklas i ljuset av nya observationer och upptäckter.

- Ge eleverna gott om utrymme för eget utforskande av ett fenomen som är planerat, men inte explicit presenterat. Planera samtidigt för att ge subtila och stöttande ledtrådar som hjälper eleverna vidare i deras utforskande.
- Ge eleverna tid för reflektion och eftertanke, för att på djupet bearbeta sina upplevelser och tydligare se kopplingen till det ämnesinnehåll de arbetar med.

Resultaten från delstudie 2 visar att elevers meningsskapande i relation till ett specifikt innehåll fortsätter även efter att de gett uttryck för sina känslor (figur 11). Detta pekar på att förundran och andra epistemiska känslor inte behöver vara ständigt synliga.

För att ytterligare förstå hur epistemiska känslor kan integreras i undervisning på ett genomtänkt sätt, erbjuder begreppsmodellen i figur 3 ett värdefullt komplement till de praktiska implikationerna ovan. Modellen tydliggör inte bara skillnader mellan olika epistemiska känslor, utan visar även hur de kan stödja olika delar av lärandeprocessen. Med hjälp av modellen kan lärare få stöd i att identifiera när och hur specifika känslor kan användas strategiskt för att stärka elevers utforskande, reflektion och engagemang i vetenskapliga frågor.

Ur ett lärarperspektiv kan det vara värdefullt att hålla i minnet att förundran visat sig vara särskilt känslig för målstyrd verksamhet, där bedömning sätts i förgrunden och tävlingsmoment förekommer. I sådana sammanhang tenderar förundran att minska eller helt utebli. Samtidigt kan bedömnings- eller tävlingsituationer ge utrymme för andra epistemiska känslor att framträda, vilka också kan bidra positivt till lärandet. I vissa fall kan även känslor som initialt upplevs som obekväma, såsom frustration, med rätt stöd och vägledning bli värdefulla och bidra till elevernas meningsskapande (jmf. Pekrun m.fl., 2017).

Avslutningsvis ger förundran kanske framför allt pedagogiska möjligheter till att fungera som en ingång eller gnista för att öppna upp nya områden i NO-undervisningen. Att öppna upp för tanken att känslor som förundran också är en naturlig del i den vetenskapliga processen, kan också göra att undervisningen i högre grad speglar naturvetenskapens

dynamiska och utforskande karaktär. Idag presenteras ämnen som biologi, kemi och fysik ofta som fasta och slutgiltiga kunskapsfält (Hansson & Leden, 2016; Leden, 2017; Osborne m.fl., 2003; Varg, 2024). Men elever behöver också få möta undervisning som ger förståelse för att naturvetenskaplig kunskap utvecklas över tid (Lindholm, 2018) drivet av forskares känsla av att inte veta och att söka efter förståelser (Maddox, 1998). Genom att utmana traditionella föreställningar om naturvetenskapen och öppna upp för det känslomässiga och det ofärdiga, skapas utrymme för eleverna att möta vetenskapen som något levande – något som väcker frågor, berör och engagerar.

7.2 Framtida forskningsområden (för forskare)

För att ytterligare fördjupa förståelsen av epistemiska känslor och utforska deras pedagogiska potential finns det flera intressanta områden att utveckla vidare genom framtida forskning. Ett forskningsspår handlar om att studera långtidseffekterna av förundran och dess betydelse för elevers meningsskapande och intresse för naturvetenskap. Det vore också värdefullt att genomföra kvalitativa studier där enskilda elever, med olika intresse för naturvetenskap eller olika undervisningspreferenser, inkluderas mer noggrant över en längre period. Sådana studier kan ge insikter om hur individuella skillnader påverkar sambandet mellan epistemiska känslor och lärande.

I denna avhandling har evolution använts som ett konkret exempel. Det vore intressant att följa upp studien med att undersöka hur förundran kan väckas inom andra naturvetenskapliga undervisningsområden än evolution. Tidigare studier har visat att ämnesområden som ekologi och rymden, särskilt via utomhuspedagogik eller på science centers, kan väcka förundran genom möten med det storslagna och komplexa. Dock är ingen av dessa studier gjorda i klassrumsmiljö. Dessutom vore det relevant att även undersöka hur andra epistemiska känslor kan appliceras inom andra ämnesområden, vilket skulle kunna bredda förståelsen även för dessa känslors pedagogiska potential.

Slutligen behövs det förfinade metoder för att undersöka epistemiska känslor och hur dessa samspelar med olika sätt att undervisa och elevers engagemang och meningsskapande. Framtida forskning behöver därför utveckla nya sätt att samla in och analysera data. Till exempel kan man utveckla befintliga kvalitativa och kvantitativa metoder, digitala verktyg eller skapa nya metoder för att analysera hur elever känner och skapar mening i undervisningssituationer.

Referenser

- Aikenhead, G. (2006). Science Education for Everyday Life: Evidence-Based Practice. *School Library Journal*, 52(10), 77.
- Anderhag, P. (2014). *Taste for Science : How can teaching make a difference for students' interest in science?* [Doktorsavhandling, Stockholms universitet].
<https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:su:diva-108074>
- Anderhag, P., Wickman, P.-O., Bergqvist, K., Jakobson, B., Hamza, K. M., & Säljö, R. (2016). Why Do Secondary School Students Lose Their Interest in Science? Or Does it Never Emerge? A Possible and Overlooked Explanation. *Science Education*, 100(5), 791–813. <https://doi.org/10.1002/sce.21231>
- Anderson, D. L., Fisher, K. M., & Norman, G. J. (2002). Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(10), 952–978.
<https://doi.org/10.1002/tea.10053>
- Andersson, E., Sundhäll, M., Teledahl, A., & Rudsberg, K. (2022). *Kollegialt lärande för skol- och undervisningsförbättring: ett helhetsperspektiv*. Studentlitteratur AB.
<https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:oru:diva-100674>
- Aristoteles, & Ross, W. D. (1997). *Aristotle's Metaphysics*. Clarendon.
- Bezemer, J. J., & Kress, G. R. (2016). *Multimodality, learning and communication: a social semiotic frame*. Routledge, Taylor & Francis Group.
- Bianchi, L. (2014). The Keys to Wonder-Rich Science Learning. I Egan, Cant, & Judson (Red.), *Wonder-Full Education*. Routledge.
- Bianchini, J. A. (2008). Mary Budd Rowe: a storyteller of science. *Cultural Studies of Science Education*, 3(4), 799–810.
<https://doi.org/10.1007/s11422-008-9132-y>
- Bishop, B. A., & Anderson, C. W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 415–427.
<https://doi.org/10.1002/tea.3660270503>
- Bjerknes, A.-L., Wilhelmsen, Terese, & and Foyne-Bruun, E. (2024). A Systematic Review of Curiosity and Wonder in Natural Science and Early Childhood Education Research. *Journal of Research*

- in *Childhood Education*, 38(1), 50–65.
<https://doi.org/10.1080/02568543.2023.2192249>
- Bohlin, Falk, & Ingvarsson. (2024). "Det är ju inte allmänbildning direkt" – 10–15-åringars syn på naturvetenskap och teknik. (Vetenskap & Allmänhet.).
<https://vetenskapallmanhet.se/2024/05/det-ar-ju-inte-allmanbildning-direkt-10-15-aringars-syn-pa-naturvetenskap-och-teknik/>
- Bonnette, R. N., Crowley, Kevin, & Schunn, C. D. (2019). Falling in love and staying in love with science: ongoing informal science experiences support fascination for all children. *International Journal of Science Education*, 41(12), 1626–1643.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1623431>
- Brady, M. S. (2013). *Emotional Insight: The Epistemic Role of Emotional Experience*. OUP Oxford.
<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199685523.001.0001>
- Campbell, N. A., Urry, L. A., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., Cain, M. L., & Orr, R. B. (2020). *Biology a global approach*. Pearson Education Limited.
- Candiotta, L. (2019). Emotions In-Between: The Affective Dimension of Participatory Sense-Making. I L. Candiotta (Red.), *The Value of Emotions for Knowledge* (s. 235–260). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15667-1_11
- Carson, R., Kelsh, N., & Lear, L. J. (2017). *The sense of wonder : a celebration of nature for parents and children*. Harper Perennial.
- Ciardiello, A. V. (2007). *Puzzle Them First! Motivating Adolescent Readers with Question-Finding*. International Reading Association.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2000). *Research Methods in Education* (5:e uppl.). Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780203224342>
- Cuzzolino, M. P. (2021). "The Awe is In the Process": The nature and impact of professional scientists' experiences of awe". *Science Education*, 105(4), 681–706. <https://doi.org/10.1002/sce.21625>
- Darwin, C. (1892). *The Formation of Vegetable Mould, Through the Action of Worms, with Observations on Their Habits*. J. Murray.

- Dawkins, R. (2000). *Unweaving the Rainbow: Science, Delusion and the Appetite for Wonder*. HMH.
- Deadman, J. A., & Kelly, P. J. (1978). What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, 12(1), 7–15. <https://doi.org/10.1080/00219266.1978.9654169>
- Demastes, S. S., Settlage Jr., J., & Good, R. (1995). Students' conceptions of natural selection and its role in evolution: Cases of replication and comparison. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 535–550. <https://doi.org/10.1002/tea.3660320509>
- Denscombe, M. (2010). *The good research guide [Elektronisk resurs] for small-scale social research projects*. Open University Press.
- Dewey, J. (1910). Science as Subject-Matter and as Method. *Science*, 31(787), 121–127. <https://doi.org/10.1126/science.31.787.121>
- Dewey, J. (1929). *Experience and nature [Elektronisk resurs]*. Unspecified.
- Dobzhansky. (1951). *Genetics and the origin of species*. National Academies Press.
- Egan, K., Cant, A. I., & Judson, G. (2014). *Wonder-Full Education: The Centrality of Wonder in Teaching and Learning Across the Curriculum*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203498507>
- Elgin, C. Z. (2008). *Emotion and Understanding. I Epistemology and Emotions*. Routledge.
- Engel Clough, E., & Wood-Robinson, C. (1985). Children's understanding of inheritance. *Journal of Biological Education*, 19(4), 304–310. <https://doi.org/10.1080/00219266.1985.9654757>
- Engeström, Y., & Sannino, A. (2010). Studies of expansive learning: Foundations, findings and future challenges. *Educational Research Review*, 5(1), 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2009.12.002>
- Ferrari, M., & Chi, M. T. H. (1998). The nature of naive explanations of natural selection. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1231–1256. <https://doi.org/10.1080/0950069980201005>

- Frejd, J. (2019). *Encountering Evolution Children's Meaning-Making Processes in Collaborative Interactions* [Doktorsavhandling, Linköpings universitet].
<https://doi.org/10.3384/diss.diva-159786>
- Gavazzeni. (2023). *Vad är känslor?: Om biologiska reaktioner och psykologiska konstruktioner*. Studentlitteratur.
- Gilbert, A., & Byers, C. C. (2017). Wonder as a tool to engage preservice elementary teachers in science learning and teaching. *Science Education*, 101(6), 907–928.
<https://doi.org/10.1002/sce.21300>
- Girod, M., Rau, C., & Schepige, A. (2003). Appreciating the beauty of science ideas: Teaching for aesthetic understanding. *Science Education*, 87(4), 574–587. <https://doi.org/10.1002/sce.1054>
- Gottlieb, S., Keltner, D., & Lombrozo, T. (2018). Awe as a Scientific Emotion. *Cognitive Science*, 42(6), 2081–2094.
<https://doi.org/10.1111/cogs.12648>
- Graneheim, U. H., & Lundman, B. (2004). Qualitative content analysis in nursing research: concepts, procedures and measures to achieve trustworthiness. *Nurse Education Today*, 24(2), 105–112. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2003.10.001>
- Gregory, T. R. (2009). Understanding Natural Selection: Essential Concepts and Common Misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, 2(2), 156–175.
<https://doi.org/10.1007/s12052-009-0128-1>
- Groß, J., Kremer, K., & Arnold, J. (2019). Evolution Learning and Creationism: Thinking in Informal Learning Environments. I U. Harms & M. J. Reiss (Red.), *Evolution Education Re-considered: Understanding What Works* (s. 285–305). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-14698-6_16
- Göransson, A. C. (2021). *Crossing the threshold: Visualization design and conceptual understanding of evolution* [Doktorsavhandling, Linköpings universitet].
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-173337>
- Hadzigeorgiou. (2012). Fostering a Sense of Wonder in the Science Classroom. *Research in Science Education*, 42(5), 985–1005.
<https://doi.org/10.1007/s11165-011-9225-6>

- Hadzigeorgiou. (2016). Imaginative Thinking in Science and Science Education. I Hadzigeorgiou (Red.), *Imaginative Science Education: The Central Role of Imagination in Science Education* (s. 1–31). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-29526-8_1
- Hadzigeorgiou. (2020). Wonder: Its Nature and Its Role in the Learning Process. I Schinkel (Red.), *Wonder, Education, and Human Flourishing: Theoretical, Empirical, and Practical Perspectives*. VU University Press.
<https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/41804>
- Hadzigeorgiou, & Schulz. (2014). Romanticism and Romantic Science: Their Contribution to Science Education. *Science & Education*, 23(10), 1963–2006. <https://doi.org/10.1007/s11191-014-9711-0>
- Halldén, O. (1988). The evolution of the species: pupil perspectives and school perspectives. *International Journal of Science Education*, 10(5), 541–552.
<https://doi.org/10.1080/0950069880100507>
- Hansson, L., & Leden, L. (2016). Working with the nature of science in physics class: turning ‘ordinary’ classroom situations into nature of science learning situations. *Physics Education*, 51(5), 055001. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/51/5/055001>
- Hendry, A. P., Kinnison, M. T., Heino, M., Day, T., Smith, T. B., Fitt, G., Bergstrom, C. T., Oakeshott, J., Jørgensen, P. S., Zalucki, M. P., Gilchrist, G., Southerton, S., Sih, A., Strauss, S., Denison, R. F., & Carroll, S. P. (2011). Evolutionary principles and their practical application. *Evolutionary Applications*, 4(2), 159–183.
<https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2010.00165.x>
- Hookway, C. (2016). Epistemic Immediacy, Doubt and Anxiety: On a Role for Affective States in Epistemic Evaluation. I Brun & Doguoglu (Red.), *Epistemology and Emotions*. Routledge.
- Hübscher, Vincze & Prieto. (2019). Children’s Signaling of Their Uncertain Knowledge State: Prosody, Face, and Body Cues Come First. *Language Learning and Development*, 15(4), 366–389.
<https://doi.org/10.1080/15475441.2019.1645669>
- Jaber, L. Z., & Hammer, D. (2016). Learning to Feel Like a Scientist. *Science Education*, 100(2), 189–220.
<https://doi.org/10.1002/sce.21202>

- Jensen, M. S., & Finley, F. N. (1996). Changes in students' understanding of evolution resulting from different curricular and instructional strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(8), 879–900. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199610\)33:8<879::AID-TEA4>3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199610)33:8<879::AID-TEA4>3.0.CO;2-T)
- Jewitt, C. (2009). *The Routledge handbook of multimodal analysis*. Routledge.
- Jirout, J., & Klahr, D. (2012). Children's scientific curiosity: In search of an operational definition of an elusive concept. *Developmental Review*, 32(2), 125–160. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2012.04.002>
- Kalinowski, S. T., Leonard, M. J., & Andrews, T. M. (2010). Nothing in Evolution Makes Sense Except in the Light of DNA. *CBE—Life Sciences Education*, 9(2), 87–97. <https://doi.org/10.1187/cbe.09-12-0088>
- Keltner, D., & Haidt, J. (2003). Approaching awe, a moral, spiritual, and aesthetic emotion. *Cognition and Emotion*. <https://doi.org/10.1080/02699930302297>
- Kvale, S., & Brinkmann, S. (2014). *Den kvalitativa forskningsintervjun*. Studentlitteratur.
- Leden, L. (2017). *Black & white or shades of grey : teachers' perspectives on the role of nature of science in compulsory school science teaching* [Doktorsavhandling, Malmö högskola]. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hkr:diva-17136>
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. I *Handbook of Research on Science Education*. Routledge.
- Lindahl, B. (2003). *Lust att lära naturvetenskap och teknik?: en longitudinell studie om vägen till gymnasiet* [Doktorsavhandling, Göteborgs universitet]. <https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/9599>
- Lindholm, M. (2018). Promoting Curiosity? *Science & Education*, 27(9), 987–1002. <https://doi.org/10.1007/s11191-018-0015-7>
- Maddox. (1998). *What Remains to be Discovered*.
- Manni, A. (2015). *Känsla, förståelse och värdering: elevers meningsskapande i skolaktiviteter om miljö-och hållbarhetsfrågor* [Doktorsavhandling, Umeå universitet].

<https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:umu:diva-101785>

- Mayr, E. (1982). *The growth of biological thought : diversity, evolution, and inheritance*. Belknap P. of Harvard U.P.
- Meyer, J. H. F., & Land, R. (2005). Threshold concepts and troublesome knowledge (2): Epistemological considerations and a conceptual framework for teaching and learning. *Higher Education*, 49(3), 373–388. <https://doi.org/10.1007/s10734-004-6779-5>
- Mortimer, E., & Scott, P. (2003). *Meaning Making in Secondary Science Classrooms*. McGraw-Hill Education (UK).
- Opdal, P. M. (2001). Curiosity, Wonder and Education seen as Perspective Development. *Studies in Philosophy and Education*, 20(4), 331–344. <https://doi.org/10.1023/A:1011851211125>
- Osborne, J., Simon, Shirley, & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- Oskarsson, M. (2012). *Viktigt - men inget för mig: Ungdomars identitetsbygge och attityd till naturvetenskap* [Doktorsavhandling, Linköpings universitet]. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:miun:diva-49902>
- Paulson, S., Shiota, M. “Lani”, Henderson, C., & Filippenko, A. V. (2021). Unpacking wonder: from curiosity to comprehension. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1501(1), 10–29. <https://doi.org/10.1111/nyas.14317>
- Pekrun, R., & Linnenbrink-Garcia, L. (2014). *International Handbook of Emotions in Education* (Pekrun & Linnenbrink-Garcia (red.)). Routledge.
- Pekrun, R., Vogl, Elisabeth, Muis, Krista R., & Sinatra, G. M. (2017). Measuring emotions during epistemic activities: the Epistemically-Related Emotion Scales. *Cognition and Emotion*, 31(6), 1268–1276. <https://doi.org/10.1080/02699931.2016.1204989>
- Penuel, W. R. (2014). Emerging Forms of Formative Intervention Research in Education. *Mind, Culture, and Activity*, 21(2), 97–117. <https://doi.org/10.1080/10749039.2014.884137>
- Piersol, L. (2014). Our Hearts Leap Up: Awakening Wonder Within the Classroom. I *Wonder-Full Education*. Routledge.

- Platon, & Dalsjö, M. (1885). *Valda skrifter D. 5 Theaitetos ; Menon ; Euthydemos*. Norstedt.
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85–129. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>
- Pääbo, S. (2015). The diverse origins of the human gene pool. *Nature Reviews Genetics*, 16(6), 313–314. <https://doi.org/10.1038/nrg3954>
- Reisenzein, R., Junge, M., Studtmann, M., & Huber, O. (2014). Observational approaches to the measurement of emotions. I Pekrun & Linnenbrink-Garcia (Red.), *International handbook of emotions in education* (s. 580–606). Routledge/Taylor & Francis Group.
- Rodari, P. (2007). Science and scientists in the drawings of European children. *Journal of Science Communication*, 6(3), C04. <https://doi.org/10.22323/2.06030304>
- Rudolph, J. L., & Stewart, J. (1998). Evolution and the nature of science: On the historical discord and its implications for education. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(10), 1069–1089. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199812\)35:10<1069::AID-TEA2>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199812)35:10<1069::AID-TEA2>3.0.CO;2-A)
- Schinkel, A. (2017). The Educational Importance of Deep Wonder. *Journal of Philosophy of Education*, 51(2), 538–553. <https://doi.org/10.1111/1467-9752.12233>
- Sinatra, G. M., Brem, S. K., & Evans, E. M. (2008). Changing Minds? Implications of Conceptual Change for Teaching and Learning about Biological Evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 1(2), 189–195. <https://doi.org/10.1007/s12052-008-0037-8>
- Sjöberg. (2010). *Naturvetenskap som allmänbildning: en kritisk ämnesdidaktik*. (3:e uppl.). Studentlitteratur.
- Skolforskningsinstitutet. (2022). *Lärares professionella utveckling och lärande i kollegiala samarbeten*. <https://www.skolfi.se/wp-content/uploads/2022/02/Larares-professionella-utveckling-och-larande-i-kollegiala-samarbeten.pdf>

- Skolinspektionen. (2017). *Tematisk analys: Undervisning i NO-ämnen*. <https://www.skolinspektionen.se/sv/Beslut-och-rapporter/Publikationer/analyser/tematisk-analys--undervisning-i-no-amnen/>
- Skolinspektionen. (2023). *Bedömningsgrunder inom planerad kvalitetsgranskning – grundskola: Version 2023-07-01*. <https://www.skolinspektionen.se/globalassets/01-inspektion-och-tillstand/inspektion---steg-for-steg/under-inspektion/bedomningsgrunder-pkg/bedomningsgrunder-planerad-kvalitetsgranskning-grundskola-version-2023-07-01.pdf>
- Skolverket. (u.å.-b). *Så skapar du en god lärmiljö i klassrummet*. <https://www.skolverket.se/skolutveckling/inspiration-och-stod-i-arbetet/stod-i-arbetet/sa-skapar-du-en-god-larmiljo-i-klassrummet>
- Skolverket. (u.å.-a). *Så startar du lektionen*. <https://www.skolverket.se/skolutveckling/inspiration-och-stod-i-arbetet/stod-i-arbetet/sa-startar-du-lektionen>
- Skolverket. (2011). *Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet 2011*. (5:e uppl.). Skolverket: Fritze distributör.
- Skolverket. (2018). *Läroplan (Lpfö 18) för förskolan*. <https://www.skolverket.se/undervisning/forskolan/laroplan-for-forskolan/laroplan-lpfo-18-for-forskolan>
- Skolverket. (2020). *TIMSS 2019: Svenska grundskoleelevers kunskaper i matematik och naturvetenskap i ett internationellt perspektiv* (518). <https://www.skolverket.se/publikationer?id=7592>
- Skolverket. (2022a). *Kommentarmaterial till kursplanen i biologi – grundskolan* [Text]. <https://www.skolverket.se/publikationsserier/kommentarmaterial/2022/kommentarmaterial-till-kursplanen-i-biologi---grundskolan>
- Skolverket. (2022b). *Läroplan (Lgr22) för grundskolan samt för förskoleklassen och fritidshemmet*. <https://www.skolverket.se/undervisning/grundskolan/laroplan-och-kursplaner-for-grundskolan/laroplan-lgr22-for-grundskolan-samt-for-forskoleklassen-och-fritidshemmet>

- Smith, M. U. (2010). Current Status of Research in Teaching and Learning Evolution: II. Pedagogical Issues. *Science & Education*, 19(6), 539–571.
<https://doi.org/10.1007/s11191-009-9216-4>
- Stenlund. (2023). *Visualizing the abyss of time : Students' interpretation of visualized deep evolutionary time* [Doktorsavhandling, Linköpings universitet].
<https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-190999>
- Stenlund, J. I., Tibell, Lena Anna Elisabet, & Schönborn, K. J. (2024). 'Awesome to see the immense time before us on Earth' – Students' affective responses when interacting with a tree of life visualising evolutionary concepts. *Journal of Biological Education*, 58(4), 915–936.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2147205>
- Stoltzfus, A., & Cable, K. (2014). Mendelian-Mutationism: The Forgotten Evolutionary Synthesis. *Journal of the History of Biology*, 47(4), 501–546. <https://doi.org/10.1007/s10739-014-9383-2>
- Strickland, D. (2020). "Science is about wondering why". *Nobel Media AB*. <https://www.nobelprize.org/donna-strickland-science-is-about-wondering-why/>
- Säljö, R. (2013). *Lärande och kulturella redskap: om lärprocesser och det kollektiva minnet*. Studentlitteratur.
- Teledahl, A., Andersson, E., Harvey, F., Rudsberg, K., & Sundhäll, M. (2024). Teachers' collective habits as critical for establishing collegial learning. *Professional Development in Education*.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19415257.2024.2413116>
- Thagard, P., & Findlay, S. (2010). Getting to Darwin: Obstacles to Accepting Evolution by Natural Selection. *Science & Education*, 19(6), 625–636. <https://doi.org/10.1007/s11191-009-9204-8>
- Tibell, L. A. E., & Harms, U. (2017). Biological Principles and Threshold Concepts for Understanding Natural Selection. *Science & Education*, 26(7), 953–973.
<https://doi.org/10.1007/s11191-017-9935-x>
- Toulmin, S. (1976). *Knowing and acting: an invitation to philosophy*. Macmillan.

- Trotman, D. (2014). Wow! What if? So What?: Education and the Imagination of Wonder: Fascination, Possibilities and Opportunities Missed. I Egan, Cant, & Judson (Red.), *Wonder-Full Education*. Routledge.
- Valdesolo, P., Shtulman, A., & Baron, A. S. (2017). Science Is Awesome: The Emotional Antecedents of Science Learning. *Emotion Review*, 9(3), 215–221.
<https://doi.org/10.1177/1754073916673212>
- van Limpt-Broers, H. A. T., Postma, M., & Louwerse, M. M. (2025). Measuring transformative virtual reality experiences in children's drawings. *Memory & Cognition*, 53(1), 96–115.
<https://doi.org/10.3758/s13421-024-01575-y>
- Vangrieken, K., Meredith, C., Packer, T., & Kyndt, E. (2017). Teacher communities as a context for professional development: A systematic review. *Teaching and Teacher Education*, 61, 47–59.
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.10.001>
- Varg, L. (2024). *Fröken är lik sin fröken: om vad som påverkar lärares didaktiska vägval och formar NO-undervisningen på mellanstadiet* [Doktorsavhandling, Umeå universitet].
<https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:umu:diva-223717>
- Varg, L., Näs, H., & Ottander, C. (2022). Science teaching in upper primary school through the eyes of the practitioners. *NorDiNa: Nordic Studies in Science Education*, 18(1), 128–142.
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:umu:diva-191754>
- Vetenskapsrådet. (2024). *God Forskningsed*.
<https://www.vr.se/analys/rapporter/vara-rapporter/2024-10-02-god-forskningssed-2024.html>
- Walck-Shannon, E., Batzli, J., Pultorak, J., & Boehmer, H. (2019). Biological Variation as a Threshold Concept: Can We Measure Threshold Crossing? *CBE—Life Sciences Education*, 18(3), ar36.
<https://doi.org/10.1187/cbe.18-12-0241>
- Weger, U., & Wagemann, J. (2021). Towards a conceptual clarification of awe and wonder. *Current Psychology*, 40(3), 1386–1401.
<https://doi.org/10.1007/s12144-018-0057-7>
- Westman, A.-K., Jidesjö, A., & Oskarsson, M. (2025). Reoccurring science identities : Swedish secondary students' interest in

- scienceand technology compared 2003 and 2020. *NorDiNa: Nordic Studies in Science Education*, 1, 102–116.
- Wickman, P.-O. (2006). *Aesthetic Experience in Science Education: Learning and Meaning-Making as Situated Talk and Action*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781410615756>
- Wilmes, S. E. D., & Siry, C. (2021). Multimodal Interaction Analysis: a Powerful Tool for Examining Plurilingual Students' Engagement in Science Practices. *Research in Science Education*, 51(1), 71–91. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09977-z>
- Wolbert, L., & Schinkel, A. (2021). What should schools do to promote wonder? *Oxford Review of Education*, 47(4), 439–454. <https://doi.org/10.1080/03054985.2020.1856648>
- Zetterqvist, A. (2003). *Ämnesdidaktisk kompetens i evolutionsbiologi: en intervjuundersökning med no/biologilärare* [Doktorsavhandling]. Göteborgs universitet.

Bilagor

Bilaga 1. Informationsbrev och samtyckesblankett vårdnadshavare (delstudie 1)



Hej,

Under detta läsår är två klasser vid X-skolan med i ett projekt om vilken roll förundran kan tänkas ha för elevers intresse för, och möjligheter till lärande i, grundskolans NO-undervisning. Målet är att lärare och forskare tillsammans utvecklar och prövar nya undervisningsformer.

Att vara med i studien innebär att ditt barn är med på lektionerna i skolan precis som vanligt. Lärarna på skolan kommer att samarbeta med forskarna för att utveckla undervisningsaktiviteter inom NO. Lärarna håller sedan i aktiviteterna i sin klass på ett sätt som passar deras elever och den ordinarie verksamhetsplaneringen.

Under totalt tre till fem lektionstillfällen kommer vi (forskare) att vara på plats i klassrummet. För att dokumentera det som händer kommer vi att anteckna, fotografera och göra ljudinspelningar. Fotografierna kommer att tas på ett sätt så att inga elever eller lärare kan identifieras. Vi kommer även att samtala med elever om de NO-aktiviteter som de deltar i. Vi kommer inte att bedöma enskilda elevers arbete utan vi är intresserade av hur lärare kan arbeta med NO-undervisning och på vilka sätt den kan utvecklas för att ge elever så bra förutsättningar som möjligt för att lära sig.

Inspelningar och foton från klassrummen kommer att förvaras inlåsta. I våra anteckningar kommer vi att använda påhittade namn för barnen. När vi presenterar projektet för utomstående kommer vi inte att visa bilder eller videofilmer där barnens identitet kan framgå.

Eleverna kommer att få muntlig information om projektet på skolan. När du har läst igenom informationen ber vi dig ta ställning till om du vill att ditt barn deltar i studien. Fyll i blanketten på nästa sida och skicka den med ditt barn till skolan. Du kan när som helst och utan förklaring avbryta ditt barns deltagande genom att meddela någon av oss i projektgruppen. Vi kommer då ta hänsyn till det i det fortsatta arbetet med projektet. Om du inte samtycker till deltagande kommer vi inte att dokumentera ditt barn under våra besök. Vi kommer även att fråga eleverna

själva inför och under dokumentationstillfällena om de vill eller inte vill vara med.

Personuppgiftsansvarig är Örebro universitet. Enligt EU:s dataskyddsförordning (GDPR) har du rätt att gratis få ta del av de uppgifter om dig som hanteras och vid behov få eventuella fel rättade. Du kan också begära att uppgifter om dig raderas samt att behandlingen av personuppgifter begränsas.

Om du har frågor kan du vända dig till lärare år 1 (lärarens mejladress), lärare år 2 (lärarens mejladress) eller rektor (rektors mejladress) som deltar i projektet. Du är också välkommen att kontakta oss forskare: forskares mejladress och telefonnummer.

✂ _____

Kryssa för ditt val och lämna till XX så snart som möjligt:

- Jag ger min tillåtelse till att aktiviteter som mitt/mina barn deltar i fotograferas och videofilmas.
- Jag ger inte min tillåtelse till att aktiviteter som mitt/mina barn deltar i fotograferas eller videofilmas.

Elevens namn:

.....

Datum

Underskrift av vårdnadshavare

Bilaga 2. Informationsbrev och samtyckesblankett vårdnadshavare (delstudie 2)



Hej,

Under läsåren 20/21 och 21/22 är tre klasser vid X-kolan med i ett projekt om vilken roll förundran kan tänkas ha för elevers intresse för, och möjligheter till lärande i, grundskolans NO-undervisning. Målet är att lärare och forskare tillsammans utvecklar och prövar nya undervisningsformer.

Att vara med i studien innebär att ditt barn är med på lektionerna i skolan precis som vanligt. Det nya kommer vara att vissa delar av NO-undervisningen planeras och genomförs i samarbete mellan ordinarie lärare och forskare.

Det betyder att vi forskare kommer vara på plats i klassrummet under totalt tre till fem lektionstillfällen. För att dokumentera det som händer kommer vi forskare att göra minnesanteckningar, fotografera samt göra video- och ljudinspelningar. Vi kommer även att intervjua samt samtala med elever om de NO-aktiviteter som de deltar i. Det görs inte för att bedöma enskilda elevers arbete utan vi är intresserade av elevernas tankar och reflektioner kring sin NO-undervisning och på vilka sätt den kan utvecklas för att ge dem så bra förutsättningar som möjligt för att lära sig.

Inspelningar och foton från klassrummen kommer att användas som analysmaterial och kommer bara vara tillgängligt för medverkande forskare och lärare. I våra anteckningar kommer vi att använda påhittade namn för barnen och när vi presenterar projektet för utomstående kommer vi inte att visa bilder eller videofilmer där barnens identitet kan framgå.

När du har läst igenom informationen ber vi dig ta ställning till om du vill att ditt barn deltar i studien. Fyll i blanketten på nästa sida och skicka den med ditt barn till skolan. Du kan när som helst och utan förklaring avbryta ditt barns deltagande genom att meddela någon av oss i projektgruppen. Vi kommer då ta hänsyn till det i det fortsatta arbetet med projektet. Eleverna kommer att få muntlig information om

projektet på skolan. Vi kommer även att fråga dem inför och under dokumentationstillfällena om de vill eller inte vill vara med. Om du eller ditt barn inte samtycker till deltagande kommer vi inte att dokumentera ditt barn under våra besök.

Personuppgiftsansvarig är Örebro universitet. Enligt EU:s dataskyddsförordning (GDPR) har du rätt att gratis få ta del av de uppgifter om dig som hanteras och vid behov få eventuella fel rättade. Du kan också begära att uppgifter om dig raderas samt att behandlingen av personuppgifter begränsas.

Om du har frågor kan du vända dig till NO-läraren i år 7–9 (lärarens mejladress) eller rektor (rektors mejladress). Du är också välkommen att kontakta oss forskar: forskares mejladress och telefonnummer

✍ _____

Kryssa för ditt val och lämna till läraren så snart som möjligt:

Jag ger min tillåtelse till att aktiviteter som mitt/mina barn deltar i fotograferas och videofilmas.

Jag ger inte min tillåtelse till att aktiviteter som mitt/mina barn deltar i fotograferas eller videofilmas.

Elevens namn:

.....

Datum

Underskrift av vårdnadshavare

Bilaga 3. Samtyckesblankett lärare (delstudie 1 och 2)



För att kunna följa och analysera processen och resultaten av när lärare och forskare tillsammans utvecklar och prövar nya sätt att arbeta med naturvetenskapsundervisning, kommer vi att samla in olika typer av empiriskt material.

För att dokumentera det som händer i klassrummet kommer vi att föra anteckningar samt fotografera aktiviteter (dock ej så att det går att identifiera specifika personer) samt eventuella produkter som produceras i samband med aktiviteterna. Vi kommer inte att bedöma enskilda elevers eller lärares arbete utan är intresserade av de pedagogiska möjligheterna och utmaningarna med nya former av NO-undervisning.

För att dokumentera lärares tankar och synpunkter på utvecklingsarbetet kommer vi genomföra individuella intervjuer som spelas in med en mp3-spelare. För att dokumentera elevers tankar och upplevelser av undervisningen kommer vi att ta anteckningar i samband med klassrumsbesöken samt, om det tillåts, spela in klassrumsaktiviteter.

Vi avser inte att samla in känsliga personuppgifter. Inspelningar och foton från klassrummen kommer att förvaras inlåsta. När vi antecknar kommer vi att använda pseudonymer för lärare, elever och för skolan. Insamlat material kommer enbart att behandlas av behöriga forskare och när vi presenterar projektet för utomstående kommer vi inte att visa bilder eller videofilmer där lärares eller elevers identitet kan framgå. Vi kommer inte heller att presentera resultat där din identitet framgår. Undantaget är om du själv deltar som presentatör vid till exempel en konferens.

När du läst igenom informationen ber vi dig att ta ställning till om du vill delta. Om du samtycker, fyller du i blanketten på nästa sida och lämnar den till någon av oss. Du kan när som helst och utan förklaring avbryta ditt deltagande genom att meddela någon av oss i projektgruppen. All data om dig tas då omedelbart bort.

Personuppgiftsansvarig är Örebro universitet. Enligt EU:s dataskyddsförordning (GDPR) har du rätt att gratis få ta del av de uppgifter om dig som hanteras och vid behov få eventuella fel rättade. Du kan också begära att uppgifter om dig raderas samt att behandlingen av personuppgifter begränsas.

Om du har frågor är du välkommen att kontakta forskarens namn och mejladress.

Samtycke

- jag har läst informationen om forskningsprojektet *Förundran i grundskolans NO-undervisning*, fått möjlighet att ställa frågor om projektet och fått dessa besvarade
- jag har blivit informerad om att jag när som helst kan dra tillbaka mitt samtycke utan förklaring
- jag har blivit informerad om att insamlat material enbart kommer att behandlas av behöriga forskare
- jag har blivit informerad om mina rättigheter enligt EU:s dataskyddsförordning, GDPR

Jag samtycker till att delta i projektet

Ja

Ort och datum

Namnteckning

Namnförtydligande

Bilaga 4. Intervjuguide – lärare (delstudie 1)

Bakgrundsdata

1. Utbildning, bakgrund?
2. Klassens sammansättning (antal elever, upptagningsområde, tankar om elevgruppen)
3. Personalens sammansättning (extra resurs? Arbete organiserat i lärarlag?)
4. Har du deltagit i någon typ av kompetensutveckling med anknytning till NV eller den kommande reviderade läroplanen?

Frågor om lärares uppdrag (föreställningar)

5. Vilka är dina viktigaste uppdrag som lärare?
6. Vad ser du som din främsta roll i klassrummet?

Frågor om naturvetenskapsundervisning, allmänt

7. Hur ser du på vad som är naturvetenskap? Vad tänker du på när du hör ordet naturvetenskap?
8. Berätta om ditt arbete med att undervisa i No-ämnen
9. När upplever du NV-undervisningen som roligast?
10. Vad är det viktigaste att få med i NV-undervisningen? Varför? Hur väljer du innehåll till din naturvetenskapsundervisning?
11. Vad är din främsta roll i klassrummet när du undervisar i NO?
12. Skulle du vilja arbeta på annat sätt/utveckla arbetet med naturvetenskap på något sätt?
13. Finns det något som begränsningar hindrar dig att nå dina mål?

Frågor om förundran och upplevelsebaserad undervisning

14. Det här projektet handlar om hur förundran kan få plats i NO-undervisningen. Har du några spontana tankar eller funderingar om det?
15. Hur uppfattar du begreppet "förundran" i undervisningssammanhang? Uttryck dina tankar om begreppet?
16. Berätta om och i så fall hur du brukar tänka kring att skapa plats för förundran när du planerar din undervisning?

Följdfrågor:

- Hur ser vi att det händer (lärare, forskare)?
- Hur ser vi att det händer (hos elever)? Hur ser det ut?
- Vad är det som får det att hända?
- När händer det?
- Var händer det? I klassrummet? På rasten? Hemma?
- Går det att fånga upp? Hur skulle man kunna fånga upp det? Händer det hos alla eller bara några barn? Alltid samma barn?
- Kan vi samla/visualisera förundranstillfällena? Fysiskt objekt, bilder, teckningar, förundranskarta.

Bilaga 5. Intervjuguide – elever (delstudie 2)

1. Förundran

(Begreppet - elevers tolkning av)

Första gången vi var med pratade din lärare om förundran. Vårt projekt handlar om det (förundran). Vad tänker ni på när ni hör det ordet?

(Upplevelsen i förhållande till fenomen/objekt/processer)

Många forskare i biologi/kemi/fysik börjar sina frågor i något de förundras över. Vi hade med saker/objekt som vi har blivit förundrade över.

- Kan ni komma på vad ni förundrades över senast?
- Och över vad i så fall?

(Länken förundran - kunskaper)

En del anser att man förundras mer över saker om man inte kan så mycket, andra anser att ju mer man kan desto mer förundras man över. Vad tror ni?

2. Evolution

Det här med evolution är ju lite knepigt, det är ju något som pågår utan att man direkt kan se att det händer just nu. Hur skulle ni beskriva vad det handlar om för någon som går i åk 6 (någon som inte har haft de lektioner som du har haft).

Följdfrågor:

- Vad är det ni har gjort på lektionerna?
- Vad tänker ni att det var tänkt att ni skulle lära er av det?
 - Lektionen om tidslinjen
 - Lektionen om näbblabben
 - Lektionen om de olika föremålen och stereolupp

3. Förundran och evolution

Ni har haft undervisning om evolution när vi har varit med er. Är det något ni har förundrats över under det här avsnittet?

Följdfråga:

- Vad var det som fick dig att förundras för just det?

Artiklar

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

<https://doi.org/10.3384/9789181181272>

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 Andréé (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: Förtrogenhetskunskap 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 Areton (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) Vardagliga teknikaktiviteter i fritidshem - organisation, didaktik och görande 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
112. Johan Boström (2022). Att möjliggöra tekniklärande i konstruktionsaktiviteter: En aktionsforskningsstudie i förskolan. ISBN 978-91-7929-362-8, 978-91-7929-361-1 (print) (Doctoral Dissertation) Linköping University
113. Harald Raaijmakers (2022) Powerful eyes, imaginative minds: Experiencing contemporary art and science in a third space. ISBN: 978-91-7867-305-6, 978-91-7867-294-3 (print) (Licentiate thesis) Karlstad University
114. Charlotta Nordlöf (2022) Lärares transformering av teknikämnet - Om lärares attityder till ämnet och syn på teknisk kunskap i teknikundervisningen. ISBN: 978-91-7929-407-6, 978-91-7929-406-9 (print) (Doctoral Dissertation) Linköping University
115. Feyza Cilingir (2023) Study guidance practices in Science with Turkish speaking newly arrived pupils within a Swedish context: A study focusing on scaffolding and meaning-making processes in science integrated with the repertoire of resources ISBN 978-91-7929-512-7, 978-91-7929-511-0 (print) (Doctoral Dissertation) Linköping University
116. Anna Otterborn (2023) Det bästa av två världar: Förskollärares arbete med digitala och analoga resurser i förskolans STEM undervisning ISBN ISBN 978-91-7929-551-6 (print) ISBN 978-91-7929-552-3 (Doctoral Dissertation) Linköping University
117. Jörgen Stenlund (2023) Visualizing the abyss of time. Students’ interpretation of visualized deep evolutionary time ISBN 978-91-7929-596-7, 978-91-7929-595-0 (print) (Doctoral Dissertation) Linköping University
118. Lizette Widing (2022) Modeling based chemistry teaching – A tool to explore and visualize the non-spontaneous and abstract? ISBN 978-91-7929-570-7, 978-91-7929-569-1 (print) (Licentiate thesis) Halmstad university

119. Andreas Larsson (2023) *Metaphor in Mind: Programming Teachers' Knowledge and Beliefs in Action* ISBN: 978-91-8075-238-1, 978-91-8075-237-4 (print) (Doctoral Dissertation) Linköping University
120. Joachim Svärth (2023) *The real deal: Students' perception of authenticity in technology projects.* ISBN: 978-91-8075-322-7, 978-91-8075-321-0 (print) (Licentiate thesis) Linköping University
121. Henrik Hallström (2023) *Visioner om formativa praktiker: Lärares och elevers levda erfarenheter av formativ bedömning och bedömningsmatriser i skolans fysikundervisning" har tilldelats* ISBN: 978-91-8075-341-8, 978-91-8075-340-1 (print) (Licentiate thesis) Linköping University
122. Jan Axelsson (2023) *Hur allt smälter samman I handlingens centrum. En yrkesämnesdidaktisk studie av transformation, variation och interaktion i svetsundervisning.* ISBN 978-91-7867-397-1, 978-91-7867-396-4 (print) (Licentiate thesis) Karlstad University
123. Annika Thyberg (2024) *Students' meaning-making of epigenetic visual representations: An exploration within and between levels of biological organization.* ISBN 978-91-7867-428-9, 978-91-7867-428-2 (print) (Licentiate thesis) Karlstad University
124. Alma Memišević (2024) *Det undervisande fritidshemmet i lärandets tidevarv: En diskursanalytisk studie med fokus på de naturvetenskapliga och tekniska undervisningspraktikerna.* ISBN 978-91-8075-536-8, 978-91-8075-535-1 (print) (Doctoral Dissertation) Linköping University
125. Ulrika Sultan (2024) *In whose eyes am I technical? Exploring the 'problem' of the (non)technical girl.* ISBN 978-91-8075-597-9, 978-91-8075-596-2 (print) (Doctoral Dissertation) Linköping University
126. Johan Svenningsson (2024) *Having an attitude toward technology: Rethinking PATT studies from a theoretical perspective to study students' attitudes toward technology.* ISBN 978-91-8075-609-9, 978-91-8075-608-2 (print) (Doctoral Dissertation) Linköping University
127. Björn Citrohn (2025) *Fysiska modeller i designprojekt: Om teknikkunskaper och didaktiska relationer i högstadieteknikundervisning.* ISBN 978-91-8118-006-0, 978-91-8118-005-3 (print) (Doctoral dissertation) Linköping University

UTBILDNINGSVETENSKAP

Studies in Science and Technology Education No. 128, 2025
Institutionen för beteendevetenskap och lärande

Linköpings universitet
SE-601 74 Norrköping, Sweden

www.liu.se

TekNaD, Teknik, naturvetenskap och didaktik, är en forskningsmiljö vid Institutionen för beteendevetenskap och lärande (IBL), Campus Norrköping, Linköpings universitet. TekNaD omfattar ett trettiotal seniora forskare, postdoktorer och doktorander i naturvetenskapernas och teknikens didaktik, och är även värd för FontD, Nationella forskarskolan i naturvetenskapernas och teknikens didaktik. Forskningen vid TekNaD fokuserar exempelvis skolämnenas historia; undervisningens innehåll; begreppslig förståelse; analogier, modeller och representationer; multimodalitet; digitala redskap; lärares och elevers attityder; genusfrågor och bedömning. TekNaD och FontD ger gemensamt ut doktorsavhandlingar och licentiatuppsatser i serien Studies in Science and Technology Education (ISSN 1652-5051).