Naturvetenskapernas och Matematikens Didaktik, 2025

Elevröster om digitala förmågor i naturvetenskaplig undervisning

Mot modeller för digital mångsidighet i online-sökande och samskapande med AI.

Anna Lodén

UMEÅ UNIVERSITET

Prompt: A futuristic reinterpretation of Michelangelo's 'The Creation of Adam'. Instead of God's hand, a digital, pixelated or AI robotic hand reaches out to Adam's human hand. A spark of knowledge flows between them, represented by glowing scientific symbols (atoms, DNA strands, equations). The background is a blend of Renaissance art and a futuristic, holographic digital network. Highly detailed, dramatic lighting, ethereal glow, ultra–realistic textures, cinematic composition, 8K resolution. In the style of Renaissance oil painting, with rich textures and warm tones, blending traditional artistry with modern digital aesthetics.

Detta verk är skyddat av svensk upphovsrätt (Lag 1960:729)
© 2025 Anna Lodén
ISBN: 978-91-8070-862-3 (print)
ISBN: 978-91-8070-863-0 (pdf)
ISSN: 2004-8890 (print), 2004-8661 (online), 1652-5051
Umeå Studies in the educational sciences nr 86
FontD - Studies in Science and Technology Education nr 132
Bild skapad av Erik Forssell
Omslagsbild återgiven med tillstånd
Elektronisk version tillgänglig på: http://umu.diva-portal.org/
Tryckt av: CityPrint i Norr AB, Umeå, Sverige, 2025

När maskinerna formar svaren
kräver lärandet modet
att stanna kvar
i det som ännu inte är förstått.

ChatGPT, nov 2025

ELEVERS RÖSTER BÄR DENNA AVHANDLING V

ORD FRÅN EN KOLLEGA VI

ABSTRACT VII

SAMMANFATTNING IX

AVHANDLINGENS DELSTUDIER XI

DELSTUDIE 1 XI
DELSTUDIE 2 XI
DELSTUDIE 3 XI
DELSTUDIE 4 XI

FÖRORD XII

BEGREPPSLISTA XIV

TILL ALLA ER SOM GJORT DETTA MÖJLIGT - TACK XVI

1. INTRODUKTION – UNDERVISNING I EN POSTDIGITAL TID 1

1.1 UNDERVISNINGENS DIGITALA VILLKOR 2
Forskarreflektion 5
1.2 AVHANDLINGENS POSITIONERING I FORSKNINGSFÄLTEN 6
1.3 SYFTE, ÖVERGRIPANDE FRÅGOR OCH AVHANDLINGENS UPPLÄGG. 9

2. AVHANDLINGENS KONTEXT 10

2.1 GYMNASIESKOLANS DIGITALA KONTEXT 11
2.2 KUNSKAPSSYN I EN DIGITAL GYMNASIEKONTEXT 12

3. TIDIGARE FORSKNING 14

Forskarreflektion 14
3.1 ALLMÄN DIDAKTIK OCH NATURVETENSKAPERNAS DIDAKTIK 14
3.2 SPRÅKETS ROLL I NATURVETENSKAPLIG UNDERVISNING 17
3.2.1 Vardagligt och vetenskapligt språk 17
3.2.2 Vetenskaplig litteracitet 18
3.3 DIGITAL DIDAKTIK 20
3.3.1 Från digital teknik till digital didaktik 20
3.3.2 Ämnesspecifik digital didaktik och mikrodidaktiska perspektiv 22
3.4 DIGITALA KOMPETENSER I UNDERVISNING 25
3.4.1 Från digital kompetens till informationskompetens 25
3.4.2 Informationskompetens och algoritmisk medvetenhet 26
3.4.3 Sökkompetens som didaktisk praktik 27
3.4.4 AI och den förändrade didaktiken 28
Forskarreflektion 30

4. TEORETISKA UTGÅNGSPUNKTER 31

4.1 Analytiska perspektiv 31
4.2 Lärande i en postdigital kontext 32

5. METODER 33

Forskarreflektion 34
5.1 Datainsamling 34
5.2 Dataanalys 36
Forskarreflektion 36
5.2.1 Abduktiv tematisk analys 37
5.2.2 Semantisk analys utifrån LCT 37
5.2.3 Matrisbaserad analys 38
5.2.4 Modellutveckling 39
5.2.5 Sammanfattning av teoretiska och analytiska ramverk i avhandlingen 40
Forskarreflektion 41
5.3 Validitet och reliabilitet 42
5.3.1 Validitet i kvalitativ analys 42
5.3.2 Reliabilitet som forskningsmässig transparens 42
5.3.3 Reflektioner kring tolkning och analysprocess 43
5.4 Etik 44
5.4.1 Etiska överväganden 44
5.4.2 AI och etiska överväganden 45
5.4.3 Forskarens ansvar i pedagogiska miljöer 47

6. SAMMANFATTNING AV ARTIKLAR 48

6.1 Artikel 1 – Elevers resonemang kring digital kompetens 48
6.2 Artikel 2 – Elevers handlingar i digitala sökprocesser 49
6.3 Artikel 3 – Digital mångsidighet i undervisning 51
6.4 Artikel 4 – Elevers resonemang kring generativ AI 53
6.5 Relation mellan artiklarna 56

7. RESULTAT OCH RESULTATDISKUSSION 58

7.1 Artikel 1 – Elevers resonemang kring digital kompetens 58
Forskarreflektion 60
7.2 Artikel 2 – Elevers handlingar i digitala sökprocesser 60
Forskarreflektion 62
7.3 Artikel 3 – Digital mångsidighet i undervisning 62
Forskarreflektion 65
7.4 Artikel 4 – Elevers resonemang kring generativ AI 65
Forskarreflektion 68
7.5 Sammanfattande resultatdiskussion 68

8. ÖVERGRIPANDE DISKUSSION 72

Forskarreflektion 76

9. IMPLIKATIONER 77

9.1 IMPLIKATIONER FÖR POLICY OCH STYRDOKUMENT 77
9.2 IMPLIKATIONER FÖR VIDARE FORSKNING 78
9.3 IMPLIKATIONER FÖR UNDERVISNING OCH LÄRARUTBILDNING 81

10. SLUTSATSER 83

10.1 DIGITAL MÅNGSIDIGHET SOM SITUERAT KUNNANDE 83
10.2 AVHANDLINGENS SAMLADE BIDRAG I ETT POSTDIGITALT EKOSYSTEM 85

11. LITTERATURLISTA 87

Elevers röster bär denna avhandling

Det är genom dem jag har förstått vad digital mångsidighet verkligen handlar om – om olikheter, strategier och vägar som sällan ser likadana ut. Den här dikten får stå som en påminnelse om allt det vi inte alltid ser i klassrummet, men som ändå räknas.

Hon var sällan i tid till lektionerna
Om hon ens kom
Hon visste andra klassrum
Lärde sig andra saker
På helt andra sätt
Livets hårda, ni vet
Man behöver inte kunna räkna
för att veta vad det är som räknas

Hon kände deras suckar
Såg deras menande blickar
Dom som visste allt,
men som inte förstod just nå'nting
Att det inte behöver vara fel
bara för att det inte är rätt
Lärarrum kan vara så små och trånga
Och ingen av dom visste hur man mäter det som är på viktigt

Lollo, 2025

Ord från en kollega

Jag lärde känna Anna under hösten 2019 och vi inledde flera olika mulitmodala samarbetsprojekt kopplat till hennes undervisning i flera olika kurser, under det som kom att bli hennes senaste hela läsår på vår gymnasieskola. När jag tänker tillbaka på den tiden så känns det som om det var en helt annan tidsålder. Vi var bara några månader från en pandemi som kom att vända upp och ner på allting under ett par års tid. När allt kring pandemin slutligen lugnade ner sig, tog det inte lång tid innan generativ AI – förkroppsligad av ChatGPT – vällde in som en monsterstorm över oss. Dörrar till rum av antingen möjligheter eller falluckor öppnades och stängdes om vartannat utom vår kontroll.

I all denna röra stod Anna stadigt med fötterna på jorden och var redo att påbörja sitt eget forskningsprojekt på riktigt. Anna är ingen ensamseglare, så hon hade redan på ett tidigt stadium bollat tankar, idéer och funderingar om sina forskningsplaner med mig. Tajmingen har sällan varit bättre. Vidsynt som Anna är såg hon också till att hämta ytterligare vind i seglen av AI–stormen. Hon insåg nämligen tidigt att generativ AI kommer att bli en game changer, och i allra högsta grad även påverka hennes egen forskning. Så varför inte väva in även den delen i sitt arbete? Det i sin tur har lett till att vi tillsammans under de senaste åren fått möjlighet att vid flera tillfällen hålla i föreläsningar och workshops om AI och skola. Både till enskilda skolor men även på kommun – och regionnivå. Det är det som är så härligt med Anna, för hon vill göra saker tillsammans med andra. I det gemensamma utbytet av tankar och funderingar kan vi hjälpas åt att utveckla varandra. Det är spännande.

Niclas Lind, 2025

Abstract

AI are fundamentally reshaping how students search for, interpret, and use scientific information. This thesis examines how upper secondary students reason about digital abilities and which strategies they actually employ when working with science content in digital environments. The study adopts a postdigital understanding of teaching and learning, where analogue and digital resources are viewed as interwoven elements of the same instructional practice. Through this lens, the analysis explores how tasks, digital resources, scientific language, and the organisational framing of instruction together shape the conditions for students' meaning-making.

The thesis comprises four sub-studies combining interviews, students' reasoning, and analyses of authentic online search processes. Theoretically, the work integrates perspectives from digital literacy, science education, and emerging research on AI literacy. Central to the thesis is the development of the concept digital versatility—an umbrella term describing digital competence in instructional situations as a situated, relational, and subject-specific form of digital agency. Digital versatility serves as a counterpoint to generic, policy-oriented definitions of digital competence by anchoring digital abilities in disciplinary purposes, content, and practices.

The DVOS model (Digital Versatility in Online Searching) clarifies four interrelated abilities—subject competence, source literacy, information ability, and search ability—and demonstrates how these are activated simultaneously when students search for scientific information online. The model shows that digital competence is not a set of isolated skills but a coordination of language, strategy, and disciplinary understanding.

The AD framework (Activity Domains) conceptualises digital meaning-making as processual, highlighting students' shifts between interpreting tasks, using scientific concepts, navigating search results, and evaluating information. The analysis reveals that students' online searches are often fast, fragmented, and strongly shaped by task design. A key finding is that source evaluation typically occurs too late in the process, making earlier epistemic steps—before evaluation—crucial for instruction.

The DVAI model (Digital Versatility in AI) emerges in response to generative AI tools. As search logic gives way to answer-first logic, the

conditions for learning change significantly: students evaluate not only the content but also the plausibility of generated responses. DVAI shows how subject competence, linguistic plausibility, technical insight, and ethical judgement interact in AI-supported interactions—and how students use scientific concepts to test, negotiate, and rework AI-generated explanations.

Taken together, the models show that digital competence in science classrooms is best understood as a postdigital and epistemic practice. The findings highlight the need for instruction to attend more closely to the early stages of students' digital work—how they formulate questions, interpret tasks, and navigate scientific language—since these steps shape what knowledge becomes accessible at all.

The thesis thus offers empirically grounded models that can support teachers in planning, analysing, and developing instruction in a time when digitalisation and generative AI are rapidly reshaping the conditions of schooling. Through the DVOS and DVAI models and the AD framework, the thesis provides a didactic language for describing and understanding digital meaning-making as both dynamic and teachable.

Keywords: *Digital versatility, digital competence, science education, digital literacy, AI literacy, digital agency, postdigital,epistemic meaning-making, search strategies online*

Sammanfattning

Digitalisering och AI förändrar i grunden hur elever söker, tolkar och använder naturvetenskaplig information. Denna avhandling undersöker hur gymnasieelever resonerar kring digitala förmågor och vilka strategier de faktiskt använder när de arbetar med naturvetenskapligt innehåll i digitala miljöer. Studien utgår från en postdigital förståelse av undervisning, där analoga och digitala resurser ses som sammanvävda delar av samma didaktiska praktik. Genom denna lins analyseras hur uppgifter, digitala resurser, ämnesspråk och undervisningens ramar tillsammans skapar villkoren för elevernas meningsskapande.

Avhandlingen består av fyra delstudier som kombinerar intervjuer, elevresonemang och analyser av autentiska sökprocesser. Teoretiskt förenar studien perspektiv från digital litteracitet, naturvetenskapernas didaktik och den framväxande forskningen om AI-litteracitet. Centralt i avhandlingen är utvecklingen av begreppet digital mångsidighet – ett samlingsbegrepp som beskriver digital kompetens i undervisningssituationer som ett situationsbundet, relationellt och ämnesspecifik digital handlingsförmåga. Digital mångsidighet fungerar som motpol till generella policydefinitioner av digital kompetens och förankrar digitala förmågor i undervisningens innehåll, syfte och praktiker.

Studien genererar tre analytiska bidrag:

DVOS-modellen (Digital Versatility in Online Searching) konkretiserar fyra delförmågor – ämneskompetens, källitteracitet, informationskompetens och sökkompetens – och visar hur dessa aktiveras samtidigt när elever söker naturvetenskaplig information online. Modellen visar att digital kompetens inte är en uppsättning isolerade färdigheter, utan en koordination av språk, strategi och ämnesförståelse.

AD-ramverket (Aktivitetsdomäner) synliggör digitalt meningsskapande som process – elevernas växlingar mellan tolkning, begreppsanvändning, sökning och utvärdering. Ramverket visar att elevernas sökande ofta är snabbt, fragmenterat och starkt påverkat av uppgiftens utformning. Analysen tydliggör att källkritik ofta kommer för sent i processen, vilket gör att stegen före granskningen riskerar att förbises i undervisningen.

DVAI-modellen (Digital Versatility in AI) utvecklas i mötet med generativa AI-verktyg. När söklogik ersätts av svar–först–logik förändras villkoren för lärande radikalt: elever bedömer inte bara innehåll utan även hur "trovärdigt" något låter. DVAI visar hur ämneskompetens, språklig rimlighet, teknisk förståelse och etisk bedömning samverkar i AI-stödda interaktioner – och hur elever använder vetenskapliga begrepp som verktyg för att pröva, förhandla och omformulera AI-genererade svar.

Tillsammans visar modellerna att digital kompetens i naturvetenskapliga klassrum bäst förstås som en postdigital och epistemisk praktik. Resultaten pekar på att undervisning behöver rikta större uppmärksamhet mot de tidiga stegen i elevernas digitala arbete – hur de formulerar frågor, tolkar uppgifter och orienterar sig i ämnesspråket – eftersom dessa steg avgör vilken kunskap som överhuvudtaget blir synlig.

Avhandlingen bidrar därmed med empiriskt grundade modeller som kan stödja lärare i att planera, analysera och utveckla undervisning i en tid där digitalisering och generativ AI snabbt förändrar skolans villkor. Genom modellerna DVOS, DVAI och ramverket AD erbjuds ett didaktiskt språk för att beskriva och förstå digitalt meningsskapande som både dynamiskt och undervisningsbart.

***Nyckelord**: digital mångsidighet, digital kompetens, naturvetenskaplig undervisning, digital litteracitet, AI-litteracitet, elevers digitala handlingsförmåga, postdigital, epistemiskt meningsskapande, sökstrategier online.*

Avhandlingens delstudier

Delstudie 1

Lodén, A., Lönngren, O. & Ottander, C. (2025a). Students' Reasoning on Searching Scientific Information Online: Developing a Model for Digital Versatility. *NorDiNa: Nordic Studies in Science Education*, 22(1), 117-131.

Delstudie 2

Lodén, A., Lönngren, O. & Ottander, C. (2025b). More than a quick search: interplay between students' use of scientific concepts and online search strategies. *Research in Science Education*. Under granskning.

Delstudie 3

Lodén, A., Lönngren, O. & Ottander, C. (2025c). Digital Versatility in Science Education – Students' Integration of digital abilities and search processes online. *Digital Culture and Education*. Under granskning.

Delstudie 4

Lodén, A. (2025d). Generativ AI i klassrummet: Elevers resonemang i och om naturvetenskaplig undervisning. Manuskript

Förord

Det här avhandlingsarbetet började med en enkel fascination: hur söker egentligen elever efter naturvetenskaplig kunskap i en digital värld? Ganska snabbt insåg jag att frågan var långt mer komplex än jag först trott. Det handlade inte bara om teknik – det handlade om språk, om mod, om tålamod, om hur elever navigerar mellan det de vet och det de vill förstå.

Att följa elevernas språk i söksituationer gjorde något tydligt för mig. Det vetenskapliga språket fungerar ofta som en tröskel, men också som en nyckel. När undervisningen lyckas göra språket tillgängligt blir det en väg in i ämnet, och en länk mellan elevernas digitala handlingar och deras naturvetenskapliga förståelse.

Under arbetet slog det mig också hur ofta elever söker efter färdiga svar, som om vetenskapen vore något avslutat snarare än något man kan utforska. Den digitala miljön förstärker detta. De texter elever möter online är sällan skrivna för lärande – de är konstruerade för att fånga uppmärksamhet. Samtidigt uppfattas de texter som liknar skolans språk som svåra och oinbjudande. Resultatet blir att eleverna ofta väljer enklare källor, och källkritiken riskerar att ta större plats än själva tänkandet. *Det som är inbjudande blir sällan begreppsligt komplext, och det som är komplext blir sällan inbjudande.*

Det jag insåg var detta: om elever börjar tänka först i källkritikens ögonblick, då har det viktigaste redan hänt. Vägen in i vetandet – hur de formulerar frågor, vilka begrepp de vågar använda, vilka källor de ens får syn på – avgör vad som överhuvudtaget blir möjligt att granska. Om undervisningen missar detta första steg riskerar vi att källkritiken blir ett sent filter, snarare än en del av själva meningsskapandet.

När jag följde elevernas digitala sökande blev tempot slående. Ofta handlade det om att hitta ett svar – inte om att förstå frågan. Det var sällan tekniken som var hinder, utan uthålligheten: viljan att pröva, jämföra, stanna kvar i osäkerheten. När något inte gick snabbt nog landade slutsatsen ofta i att ”det inte finns någon information” eller “det här låter bra”. Det var då jag såg hur själva lärandet riskerade att lösas upp mellan klick och källor.

Mot slutet av projektet förändrades förutsättningarna dramatiskt. Från sökmotorernas fråga–först–logik gled undervisningen plötsligt in i generativ AI:s svar–först–logik. Eleverna mötte inte längre en lista av källor, utan färdiga formuleringar – ibland briljanta, ibland missvisande, men alltid övertygande. Det skifte jag såg i klassrummet gjorde forskningsfrågorna ännu mer brännande: Vad händer med lärandet när gränsen mellan att söka, tänka och producera suddas ut? Vad innebär det att förstå i en miljö där svaren alltid kommer först?

Men samtidigt fanns det stunder som pekade på något annat. Ögonblick när elever gick från yta till djup, när språk, strategi och digitalt verktyg möttes på rätt sätt och en tanke tog form. Det är dessa ögonblick – när förståelse faktiskt börjar växa – som har burit det här forskningsprojektet framåt. För mig är det kärnan i digital didaktik: inte tekniken i sig, utan samspelet där något nytt blir möjligt att förstå. Det är ur dessa iakttagelser – om sökande, språk, tempo och digitalt stött meningsskapande – som avhandlingens forskningsfrågor växer fram.

Anna nov 2025

Begreppslista

Digital kompetens: Ett övergripande policybegrepp som beskriver breda digitala färdigheter (OECD, 2021; DIGCOMP, 2022; ICILS, 2023; 2024). I avhandlingen fungerar begreppet som kontrastpunkt mot mer situationsbundna och undervisningsnära digitala förmågor.

Digitala förmågor: Används för att beskriva elevernas strategier, handlingar och resonemang i digitala sök – och analyspraktiker. Begreppet betonar situationsbundet kunnande som förenar teknik, förståelse, omdöme och strategisk reflektion (Pangrazio & Sefton–Green, 2021; Le Clus, 2011; Skolverket, 2022a).

Postdigital didaktik: Ett perspektiv där undervisning förstås som sociomateriell och där digitalt och analogt är sammanvävt (Fawns, 2018, 2019, 2023; Jandrić et al., 2018; Jandrić & Knox, 2021). I avhandlingen används begreppet för att analysera hur ämnesinnehåll, digitala resurser och didaktiska beslut formar varandra i undervisning. Relaterar till nordisk didaktisk tradition (Uljens, 1997) och postdigitala capabilities (Markauskaite et al., 2023; Rapanta et al., 2025; Forsler et al., 2025).

Digitalt didaktiskt ekosystem: En analytisk ram för att beskriva hur styrdokument, undervisning, digitala resurser och tekniska infrastrukturer tillsammans formar undervisningens villkor (Fawns, 2019, 2023; Jandrić et al., 2019). Skiljer sig från digital learning ecosystems genom att fokusera på ämne, syfte och innehåll som del av det digitala samspelet (Jeladze et al., 2017).

Digital agens: Elevers förmåga att fatta medvetna, strategiska och reflekterade beslut i digitala miljöer (Haider & Sundin, 2019; Pangrazio & Sefton–Green, 2021). Förstås sociokulturellt och sociomateriellt (Säljö, 2012; Haider, 2017): agens är situerad och uppstår i samspelet mellan språk, teknik och undervisning. Inkluderar ansvar och självförtroende (Passey et al., 2018).

Epistemiska praktiker: De sätt på vilka elever producerar, prövar, värderar och använder kunskap i undervisningsnära och digitalt medierade situationer. Begreppet betonar att kunskap konstrueras, motiveras och förhandlas i sociala och materiella sammanhang (Säljö, 2012; Duschl, 2008). I avhandlingen används begreppet för att analysera hur elever i digitala sök- och bedömningspraktiker koordinerar

epistemiska strategier – såsom att väga evidens, integrera källor och bedöma trovärdighet – samt den metastrategiska förståelse som möjliggör sådant kunnande (Barzilai & Zohar, 2012; Berland et al., 2016).

Digitalt medborgarskap: Analytisk ram som används för att förstå elevernas resonemang om etik, kommunikation och informationsanvändning online. Utvecklat från ett tidigt fokus på regler och risk (Ribble, 2001) till deltagande, omdöme och ansvar (Ribble, 2011, 2021). Används främst i artikel 1.

Informationskompetens: Avser elevernas förståelse av digitala infrastrukturer, algoritmiska processer och informationsflöden (Ferrari, 2013; DIGCOMP, 2022; OECD, 2021; Sundin & Haider, 2022; Wu, 2020). I avhandlingen avgränsas begreppet till tekniska och analytiska dimensioner och motsvarar DVOS–modellens delförmåga informationskompetens.

Digital litteracitet: Ett övergripande begrepp för kritisk, kommunikativ och multimodal kompetens (Buckingham, 2015; Godhe, 2019; Haider & Sundin, 2019; Sundin, 2024). Används som bakgrundsparaply, konkretiseras framför allt genom källitteracitet och digital vetenskaplig litteracitet.

Källitteracitet: Kombination av textförståelse och källkritik, med fokus på hur elever bedömer auktoritet, trovärdighet och källtillit i digitala miljöer. Begreppet utvecklas i artikel 3.

Digital vetenskaplig litteracitet: Elevers förmåga att tolka, värdera och använda vetenskaplig information i digitala miljöer där algoritmer, multimodalitet och design påverkar förståelsen (Nygren et al., 2020; DIGCOMP, 2022; Almeida, 2023; Bliss, 2019).

Sökkompetens: Elevers förmåga att formulera, omformulera och anpassa sökstrategier samt hantera träfflistor och filtreringsverktyg (Marchionini, 2006; Sendurur et al., 2019; Vuorikari et al., 2018; OECD, 2021). I avhandlingen avgränsas sökkompetens till proceduriella och tekniska aspekter – i kontrast till informationskompetens, som rör systemens logik.

Till alla er som gjort detta möjligt - tack

Ni är många som jag vill tacka. Till mina tidigare kollegor på Dragonskolan vill jag rikta ett varmt tack för att ni lade grunden till min inspiration, min förståelse för lärande och modet att våga byta spår i livet. Här finns många att tacka men särskilt Niclas Lind, IT-pedagog på skolan, som öppnade dörren till de digitala möjligheterna. Tack Lollo för samtal om lärandet och Erik för allt det roliga som sker i en skola utanför klassrummet, Jessica för alla galna ”snappar” som höll mig kvar på skolan! Ni är många fler förstås som borde tackas – ni som vet, vet vilka.

Tack till NMD, som välkomnade mig in i seminariegrupper, undervisning för studenter och en miljö där jag så småningom hittade forskaren i mig själv. Några speciella personer har förstås varit särskilt viktiga: mina handledare Johanna Lönngren och Chrissan Ottander. Ni har stöttat mig varsamt, utmanat mig klokt och hjälpt mig att se vad jag egentligen försöker säga. Johanna – med dina skarpsynta läsningar och den eviga frågan “Vad vill du säga här?” har du gett mig precis det jag behövde (min man kallar dig “nyttig för min utveckling”). Chrissan – med tålamod och känsla har du hjälpt “denna arbetsmaskin” att sakta ned, tänka efter och formulera sig tydligare. Ni har varit viktiga på olika men kompletterande sätt. Utan er – ingen avhandling. Tack till Karin Stolpe för ditt gedigna arbete inför mitt 90% seminarium och tipset om Säljö – en viktig pusselbit för min postdigitala förståelse och som hjälpte mig att få ihop avhandlingspusslet. Tack till Ulrika och Helena för läsning av avhandlingstexten! Ni fick kämpa med ofärdiga texter men det var viktiga steg i mitt slutarbete.

Till mina lärarkollegor på NMD - Tack! Tack Eva Knekta, Maria Berge, Helena Näs och Annika Manni för att ni fått mig att känna att min erfarenhet av undervisning har ett värde, även när jag själv famlat runt i den akademiska världen. Tack för samtalen om lärande som betytt mer än ni tror. Och tack till Kerstin och Daniel – ni delar samma referensramar från undervisning – att få tjata med er om läraryrket har varit både viktigt och nödvändigt. NMD:s fikarum förtjänar också ett tack – där viktiga saker har hänt. Allt från diskussioner om vintersolståndet till var man lämpligen håller en disputationsfest. Dessa stunder har varit livsviktiga.

Till mina doktorandvänner – tack för att ni delat resan, förvirringen, inspirationen och förståelsen. Hannele, Lina, för våra tokroliga och gränslösa samtal (och för kunskapen om sjöstjärnesömn). Kristoffer, vars humor fått mig att skratta tills tårarna sprutat, Stefan, filosofen som fått mig att stanna upp och tänka. Och Birte – min vapendragare och rumskamrat. Du har skrattat, kämpat, berättat och funnits där. Dig kommer jag sakna – både som doktorandkollega och som vän. Tack också till alla andra doktorander på NMD som kämpar vidare. Ni har gett mig perspektiv och ni betyder mer än ni tror. Tack till alla fantastiska lunchsällskap, och kramar – där viktiga, dråpliga och inspirerande samtal fått ta plats. De stunderna kommer jag att sakna.

Ett särskilt tack vill jag rikta till professor Kathrin Otrel-Cas, professor Philip Spitzer, postdoc Sebastian Tassoti och doktoranden Michael Fasching vid universitetet i Graz. Tack för att ni tog hand om mig och inspirerade i ert sätt att tänka och forska kring digitalisering och generativ AI i undervisningen.

Tack till SLU – den del av mitt liv som hållit mig kvar i kreativitet, undervisning och metodutveckling kring naturvetenskap under dessa fem år. Att arbeta med Helen och Jessika har varit en energiinjektion. Ni höll mig flytande under min doktorandperiod och gav mig möjlighet att vila från det akademiska skrivandet och samtidigt delta i en annan forskningsmiljö kring skog.

Till alla mina vänner. Tack. När akademins ramar, krav och formulär tog musten ur mig, fanns ni där. Tack för att ni orkade fråga hur det gick, för att ni bjöd på fika och middagar, lockade mig till pass på IKSU, drog med mig på surströmmingsfest, julgröt, promenader, simträning och spontana luncher. Ni gav kraft när jag själv tappade den – vilket, tack och lov, inte var så ofta. Ett speciellt tack till Örträsk Skistoppers och ”matlaget” – vad vore livet utan er?

Slutligen, tack till min fina familj. Min far, som först tvivlade på idén att börja forska “när du har så bra lön som gymnasielärare”, gick tragiskt bort under ett handledarsamtal. Jag hoppas han sitter på ett moln och tänker att det ändå blev ganska bra. Min mor – som förundrats över hur mycket arbete som kan ligga i en text. Tack mor för kraften (sisut!) att aldrig ge upp och att “lyfta sig i håret” när livet bjuder på motstånd. Tack till mina älskade och fina söner Hugo (och naturligtvis Sofia) och Erik, som aldrig tyckte att min idé om att börja forska vid 52 års ålder var det minsta galen. Jag hoppas jag visat att det aldrig är för sent att börja om eller testa något nytt.

Och mitt största, innerligaste tack går till min älskade man Johnny. Min kompass och mitt lugn. Du som står stadigt när det blåser och som är en smekning när själen gråter. Du som peppade mig att söka som doktorand. Under dessa sista månader har du handlat, lagat all mat, hängt tvätt, köpt godis, chips och pepparkakor, och andats i fyrkant när jag kommit nerför trappan och irriterat frågat: “Blir det ingen middag?”. Utan dig hade den här resan varit mycket svårare och framför allt tråkigare.

Nu finns tid för annat.

Tack.

1. Introduktion – undervisning i en postdigital tid

Under det senaste decenniet har digitaliseringen omformat undervisningens förutsättningar på ett sätt som få tidigare kunnat förutse. I dagens gymnasieskola är digitala resurser inte längre ett komplement, utan en integrerad del av både undervisning och lärande. Detta gäller inte minst elevernas arbete med informationssökning, där tidigare studier visat hur själva processen att googla kan utgöra en betydande utmaning (Haider & Sundin, 2016, 2019, 2022). Forskning har visat att studenter även kombinerar traditionella sökmetoder med Google tillsammans med generative AI, ChatGPT, för att hitta information (Zhang & Yang, 2025). Men få studier har studerat elevernas epistemiska strategier det vill säga hur elever skapar, prövar och värderar kunskap när digitala system medierar deras arbete (Duschl, 2008; Berland et al., 2016). I detta sammanhang framträder en breddad förståelse av digital kompetens, där den inte längre uppfattas enbart som tekniska färdigheter utan som en utbildningsrelaterad förmåga att förstå, värdera och använda digitala och artificiella system i relation till undervisningens innehåll (Ng et al., 2024; Markauskaite, Carvalho & Fawns, 2023; Zhang & Yang, 2025).

Mot denna bakgrund blir skiftet till generativ AI särskilt betydelsefullt. Ett av de mest omdiskuterade är ett nytt skede av informationssökning – från en söklogik där elever väljer mellan fördefinierade länkar, till en dialoglogik där de aktivt formar systemets svar genom frågor och uppföljningar. Casal–Otero et al. (2023) visar att denna förskjutning präglar förståelsen av AI–litteracitet i skolan, särskilt behovet av att förstå hur AI genererar sina svar. Samtidigt visar Rapanta et al. (2025) och Forsler, Bardone och Forsman (2025) att framtidsvisioner ofta kolliderar med klassrummets realiteter – där elever arbetar med etablerade källkritiska modeller, har begränsad insyn i hur generativ AI fungerar, möter algoritmiska bias och saknar de redskap som krävs för att förstå och värdera AI–genererat innehåll.

Det behövs därför empiriskt förankrade undervisningsmodeller som beskriver hur elever faktiskt använder och förstår AI–baserade verktyg i arbetet med ämnesspecifika uppgifter, begrepp och representationer, och som utgår från klassrummets praktiska och epistemiska ramar snarare än från teknologiska ideal. Mot denna bakgrund kan

digitaliseringens utveckling och AI:s genomslag ses som den undervisningskontext som denna avhandling tar sin utgångspunkt i.

Utifrån detta vilar avhandlingen på en postdigital förståelse av skolan, där det digitala inte ses som ett tillägg till undervisningen, utan som själva miljön där undervisning sker (Fawns, 2019; Fawns et al., 2023; Jandrić, 2019). I en sådan miljö blir inte bara tekniska och organisatoriska frågor centrala, utan också de epistemiska villkoren för lärande. I denna avhandling innebär ett postdigitalt perspektiv att digitala och analoga resurser betraktas som integrerade delar av samma undervisningspraktik, och att elevernas kunskapande förstås som situerat i dessa hybrida, kommunikativa och epistemiska sammanhang.

I skolsammanhang samverkar styrdokument, ämneskunskap, digitala resurser, sökstrategier och didaktisk design i ett pedagogiskt upplägg som formar undervisningens förutsättningar (jfr Fawns, 2019; Jandrić et al., 2019). Vad som sker med dessa resurser och ramar i undervisningens praktik, där ämnesförståelse, sökstrategier och digitalt naturvetenskapligt innehåll korsas är relativt outforskat. Just mötet mellan uppgift, digitala resurser och elevstrategier utgör en central utgångspunkt för avhandlingen. Avhandlingens fokus är att synliggöra hur gymnasieelever navigerar i detta undervisningslandskap, präglat av digitaliseringens förutsättningar och hur deras digitala praktik, formas i samspel med undervisningens konkreta strukturer – såsom uppgifter, material, digitala resurser och de rutiner som präglar arbetet i klassrummet. Tillsammans visar dessa perspektiv hur digitalisering och generativ AI formar de villkor som undervisningen vilar på i dagens gymnasieskola. I det följande fördjupas därför de övergripande digitala villkor som sätter ramarna för elevernas arbete i klassrummet.

1.1 Undervisningens digitala villkor

Digitaliseringen påverkar hur undervisningens olika delar samspelar, exempelvis ämnesinnehåll, uppgifter och elevernas digitala praktik. I detta avsnitt riktas fokus mot hur dessa digitala villkor konkret tar form i klassrummet, det vill säga de ramar som styr elevernas arbete – såsom digitala resurser, uppgifter, material, rutiner och den infrastruktur som gör undervisningen möjlig.

Tillgången till information är i dag större än någonsin. Som Haider och Sundin (2019) visar leder denna ökade tillgång inte automatiskt till bättre förståelse, eftersom informationssynlighet och tolkning formas av

samspelet mellan digitala verktyg och användarnas beteende. Bozkurt (2023) lyfter samtidigt att dagens digitala utbildningslandskap kräver nya former av digital och AI-relaterad litteracitet för att hantera dessa förändringar.

I denna miljö navigerar elever mellan en mängd digitala resurser, där vetenskapliga begrepp, sökmotorer och AI–verktyg samspelar och påverkar hur kunskap söks och tolkas. På nätet blandas vetenskapliga och populärvetenskapliga uttryck (Brossard, 2013), vilket gör gränsen mellan tillförlitlig och missvisande information allt svårare att dra. Samtidigt styr algoritmer vilka perspektiv som blir synliga för vem (Haider & Sundin, 2022), och generativa AI–verktyg som ChatGPT flyttar fokus från informationssökning till interaktion (Casal–Otero et al., 2023; Tassoti, 2024). Valeri et al. (2025) beskriver hur elever i denna digitala kontext kan utveckla en skenbar känsla av förståelse, något som i deras studie kopplas till frågor om kritisk reflektion. Tillsammans visar dessa studier att digitala resurser inte bara tillhandahåller information, utan också formar hur elever orienterar sig i och bedömer den.

Forskning visar att användare – och i synnerhet elever – ofta bedömer digital information utifrån ytliga kännetecken som layout, språk och sökresultatens placering (McGrew, 2020). I en generativ AI–kontext förstärks denna risk ytterligare, då AI–verktyg som ChatGPT kan generera text som framstår som trovärdig men innehåller felaktigheter eller rena hallucinationer (Shaw et al., 2023). Det kan leda till att informationsmängd förväxlas med kunskap (Wikforss, 2018). Förståelse uppstår först när information tolkas och sätts i ett ämnesmässigt sammanhang (Doran, Maton & Martin, 2021) – en process som undervisningen behöver stödja. Detta innebär att lärare behöver förhålla sig både till informationskvalitet och till hur elever skapar mening i digitalt genererat innehåll.

Haider och Sundin (2022) visar att digital kompetens inte bara handlar om teknik, utan om hur elever försöker påverka sina algoritmiska flöden och skapa egna meningsfulla informationsmiljöer. Forsler, Bardone och Forsman (2025) beskriver hur dessa elevpraktiker ofta samspelar med skolans etablerade strukturer där framtidsvisioner om sömlös teknikintegration möter klassrummets lokala infrastrukturer, rutiner och oförutsägbarhet. Detta gör att digitaliseringens förutsättningar formas både av teknikens logik och av undervisningens materiella och sociala ramar.

Forskning om undervisning erbjuder verktyg för att analysera hur uppgifter, instruktioner och digitala resurser tillsammans formar elevernas sätt att söka och tolka information, det vill säga digitalt sökande är inte en neutral aktivitet, utan starkt situerat. Haider och Sundin (2022) betonar att digitalt sökande formas av den kontext där det sker, medan Sendurur et al. (2019) visar hur uppgiftens utformning och lärarens stöd styr elevernas strategier. Wiblom, Rundgren och Andrée (2017) visar att korta tidsramar ofta leder till att elever skummar sökresultat och väljer snabba, ytliga lösningar, medan krav på källhantering styr dem mot källor som är lätta att ange snarare än de som är mest relevanta. För naturvetenskapligt innehåll blir dessa utmaningar särskilt tydliga, eftersom elever möter komplexa begrepp och representationer som kräver stöd för att kunna tolkas och kopplas till varandra (Doran, Maton & Martin, 2021). Även lärare uttrycker att digitala resurser inom naturvetenskap ofta är generellt utformade och saknar tydlig ämnesdidaktisk förankring, vilket försvårar både undervisning och elevers meningsskapande (Walan, 2020).

Digitala resurser som ChatGPT och Wikipedia kan fungera både som stöd för att utveckla förståelse och som en risk (Valeri et al., 2025). Detta innebär att digitala verktyg i undervisningen måste förstås både som kognitiva stöd och som potentiella genvägar som kan missa lärandemålet. Därför betonar Pettersson (2018) att användning av digitala teknologier såsom datorer, lärplattformar och digitala medier bör planeras och analyseras i relation till undervisningens ämnesmässiga syfte. I takt med att AI–teknik införs i undervisningen förändras också hur lärare bedömer elevers behov av stöd, kontroll och självständighet (Liu, 2015; Zhang & Yang, 2025).

Empiriska studier visar att elevers sökstrategier påverkas av deras ämneskunskaper. Doran och Maton (2021) visar att begreppslig förståelse styr hur elever orienterar sig i komplex information, medan Wiblom et al. (2017) visar att bristande ämneskunskaper försvårar kritisk värdering av digitala källor. Haider och Sundin (2019) visar dessutom att sökstrategier är minst lika avgörande som källkritik i det digitala arbetet, eftersom det är sökningen som avgör vilken information och vilka perspektiv som överhuvudtaget blir synliga för eleven. Det innebär att viktiga delar av elevernas digitala kompetens riskerar att förbli osynliga i undervisningen.

I ljuset av dessa utmaningar framstår begreppet digital kompetens som både centralt och problematiskt. Carlsson och Sundin (2018) visar att det i policydokument ofta används som en generell framtidsfärdighet,

men forskningen pekar på att begreppet är för ospecifikt för att ge vägledning för lärare – och det är också denna policybetydelse som avhandlingen utgår ifrån (jfr begreppslistans beskrivning av digital kompetens). Pettersson (2018) menar att digital kompetens måste förstås i relation till undervisningens innehåll och syfte, medan Buckingham (2015) betonar dess kommunikativa och kulturella dimensioner. Pangrazio och Sefton–Green (2021) lyfter de sociala och mediala aspekterna och Kampourakis (2018) samt Ribble (2021) framhåller de etiska. Det är just variationen mellan tekniska, kommunikativa, sociala och etiska dimensioner som gör begreppet svårt att omsätta i praktiken (Haider och Sundin, 2022). I en undervisningskontext där AI, sökalgoritmer och elevpraktiker förändras snabbt riskerar därför "digital kompetens" att bli ett alltför trubbigt lärandemål att arbeta mot i klassrummet.

Mot denna bakgrund fokuserar avhandlingen inte på digital kompetens som färdighet, utan på hur digitala förmågor faktiskt tar form i klassrummet. Genom att utgå från elevernas perspektiv – hur de tolkar uppgifter, använder digitala resurser och samspelar i undervisningen – blir det möjligt att se hur digitala praktiker vävs samman med ämnesinnehåll och undervisningens syften.

Forskarreflektion

När jag började intressera mig för digitalisering i undervisningen kände jag mig ofta främmande inför begreppet digital kompetens. Det fångade inte riktigt det jag såg i klassrummet. Där handlade det sällan om teknik i sig, utan om elever som försökte förstå världen genom digitala resurser – ibland nyfikna, ibland osäkra, ofta kreativa. Jag upplevde att begreppet inte rymde den mångfald och det lärande som faktiskt pågick.

Det var nog där någonstans som mitt forskningsintresse tog fart. Jag började söka efter andra sätt att tala om och förstå det som händer när undervisning och digitala resurser möts.

1.2 Avhandlingens positionering i forskningsfälten

Avhandlingen befinner sig i skärningspunkten mellan två forskningsfält:

- naturvetenskapernas didaktik, och
- digitalisering i undervisning.

I nordisk forskning har begrepp som digital didaktik och ”profesjonsfaglig digital kompetanse” (Almås & Krumsvik, 2007; Krumsvik, 2011; Norhagen, Krumsvik & Røkenes, 2024) lagt grunden för att förstå samspelet mellan teknik, pedagogik och ämnesinnehåll – en inriktning som i denna avhandling sätts i relation till elevers digitala praktiker i klassrummet.

Inom naturvetenskapernas didaktik har forskningen länge betonat begreppslig förståelse, vetenskaplig litteracitet och undervisningens språkliga dimensioner (Doran, Maton & Martin, 2021; Jeppsson & Haglund, 2013; Lemke, 1993, 1998; Ribeck, 2015). Flera studier visar hur lärarens undervisning är avgörande för elevers meningsskapande (Doran, Maton & Martin, 2021; Kinchin, Möllits & Reiska, 2019; Kinchin, 2020). Däremot uppmärksammas mer sällan hur elever söker, tolkar och använder naturvetenskaplig information i digitala miljöer, vilket skapar ett behov av att studera dessa processer i autentiska undervisningssammanhang.

Befintlig forskning om digitala informationspraktiker är i stor utsträckning generell och inte ämnesspecifik (Haider & Sundin, 2016, 2022; Nygren & Guath, 2022). De få studier som analyserar digitala resursers betydelse i naturvetenskapliga sammanhang – exempelvis i sökningar på nätet (Sendurur et al, 2019) och i relation till AI–genererade förklaringar och kemirelaterade uppgifter (Castro & Nascimento, 2023; Tassoti, 2024; Valeri et al., 2025) – visar att elever behöver stöd för att tolka och värdera vetenskaplig information i digitala miljöer.

Inom forskningsfältet digitalisering i undervisning har tyngdpunkten ofta legat på informationssökning, källkritik och tekniska färdigheter (Carlsson & Sundin, 2018; Kirschner & De Bruyckere, 2017; Nygren & Guath, 2022). Dessa perspektiv har i stor utsträckning behandlats på en generell nivå, utan att kopplas tydligt till undervisningens ämnesmässiga innehåll. Haider och Sundin (2022) efterlyser därför en förståelse av digitala förmågor i relation till uppgift, syfte och ämne. Deras studier

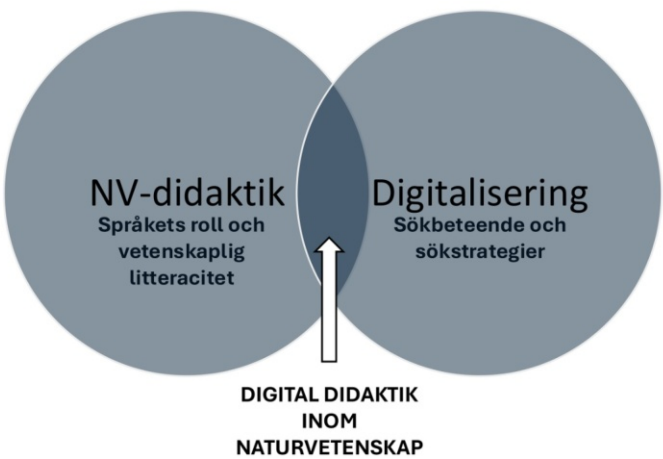
visar också att användare – inklusive elever – ibland använder källkritik strategiskt, inte för att pröva information, utan för att bekräfta redan etablerade uppfattningar. Denna avhandling riktar blicken mot elevernas användning av digitala resurser – särskilt i informationssökning och meningsskapande.

Forskning i gränssnittet mellan naturvetenskaplig undervisning och digital praktik har hittills varit begränsad. Samtidigt pekar tidigare studier på att naturvetenskapliga representationer i digitala miljöer kan lösryckas från de epistemiska sammanhang som ger dem trovärdighet, såsom kopplingen till expertis, metod, evidens och professionella granskningsprocesser (Höttecke & Allchin, 2020). I sådana miljöer blir också elevernas epistemiska arbete – hur de prövar, värderar och använder naturvetenskaplig information i digital interaktion – avgörande för vad de faktiskt lär sig (Duschl, 2008; Berland et al., 2016). Forskning om hur elever tänker kring kunskap i digitala miljöer visar att de ofta behöver stöd för att utveckla strategier för att bedöma källors trovärdighet och integrera motstridiga uppgifter (Barzilai & Zohar, 2012), något som är centralt just i naturvetenskapliga sammanhang där modeller, evidens och förklaringar måste vägas mot varandra (Jeppsson & Haglund, 2013; Lemke, 1998). Samtidigt ställer språkets och begreppens komplexitet krav på ett undervisningsstöd som gör det möjligt för elever att utveckla kumulativ förståelse över tid (Doran & Maton, 2021).

Digital litteracitet har i stor utsträckning utvecklats som en generell policy och lärarcentrerat begrepp, framför allt kopplat till vad lärare förväntas planera för, undervisa om och bedöma (Krumsvik, 2011; Almås & Krumsvik, 2007; Pangrazio & Sefton–Green, 2021), medan informationskompetens främst studerats som användarnas generella förmåga att navigera digitala miljöer (Haider & Sundin, 2019; 2022). Dessa lärarcentrerade perspektiv har bidragit till förståelsen av digitaliseringens breda effekter, men fångar i begränsad utsträckning hur elever arbetar med ämnesspecifik information i autentiska undervisningssituationer. Liu et al. (2020) framhåller att lärares pedagogiska beslut behöver samspela med teknisk kompetens och att digital teknik får pedagogiskt värde först när den integreras med ämnesinnehåll och undervisningens syften. Denna koppling mellan teknik, innehåll och undervisningsbeslut ligger nära det som i denna avhandling benämns digital didaktik inom naturvetenskap.

Avhandlingen utgår från elevers digitala praktiker i autentiska klassrum och bidrar med ett relationellt perspektiv, där digital kompetens ses som

något som utvecklas i interaktion mellan ämnesinnehåll, digitala resurser och skolans praktik. Detta relationella perspektiv innebär ett skifte: från att mäta digital kompetens som individuell egenskap till att analysera hur digital praktik så som den uttrycks i konkreta undervisningssituationer. Avhandlingen ansluter till insikten att digitalisering och ämnesundervisning måste studeras i sin ömsesidiga påverkan – ett område som här benämns digital didaktik inom naturvetenskap. Det är i mötet mellan naturvetenskapligt innehåll, digitala resurser och undervisning som avhandlingens bidrag tar form. Figur 1 illustrerar detta landskap och begreppet används deskriptivt för att fånga fältet där digitala resurser och naturvetenskapligt innehåll samverkar i undervisning.



Figur 1. Översikt över det forskningslandskap som ramar in avhandlingens teoretiska och empiriska fokus. Forskningslandskapen naturvetenskapernas didaktik och digitalisering i undervisning överlappar i området digital didaktik inom naturvetenskap.

För att tydliggöra avhandlingens positionering i det forskningslandskap som figur 1 visar, behöver två centrala begrepp klargöras: digital kompetens och digital agens. I avhandlingen används begreppet digital kompetens i dess policybetydelse, de undervisningsnära dimensionerna behandlas i stället som digitala förmågor, dvs. de konkreta uttryck elever visar i specifika situationer. Begreppet digital kompetens fungerar därmed som en kontrastpunkt mot avhandlingens fokus på digitala förmågor som uttrycks i specifika undervisningssituationer. Med digital agens avses hur dessa förmågor omsätts i handling, det vill säga

elevernas förmåga att fatta medvetna och strategiska beslut i digitala miljöer och hur detta uppstår i relationen mellan elevernas egna strategier, digitala resurser och undervisningens utformning (Haider & Sundin, 2019; Säljö, 2012). Digital agens innebär därför inte en individuell förmåga i sig, utan ett dynamiskt och situerat handlingsutrymme som formas i mötet mellan digitala resurser, sociala normer och elevens kritiska och strategiska val (Pangrazio & Sefton–Green, 2021; Passey et al., 2018). I en AI–kontext kan digital agens dessutom omfatta elevernas förståelse för hur generativa system fungerar och hur de kan påverka dessa genom sina frågor – särskilt när de tolkar och använder naturvetenskaplig information (Tassoti, 2024; Valeri et al., 2025).

1.3 Syfte, övergripande frågor och avhandlingens upplägg.

Avhandlingens syfte är att fördjupa förståelsen för hur gymnasieelever resonerar kring digitala förmågor i relation till att söka efter naturvetenskaplig information online.

Avhandlingen besvarar tre övergripande forskningsfrågor:

1. Hur resonerar gymnasieelever kring vilka digitala förmågor som är relevanta för att söka, värdera och använda naturvetenskaplig information online?
2. Hur kommer gymnasieelevers digitala förmågor till uttryck i praktiska söksituationer?
3. Hur resonerar gymnasieelever kring sin användning av olika digitala resurser, såsom Google och ChatGPT och hur kan dessa resonemang bidra till att vidareutveckla förståelsen av digital mångsidighet?

2. Avhandlingens kontext

För att sätta studien i ett större sammanhang inleds kapitlet med en beskrivning av hur gymnasieskolans undervisning har förändrats från att huvudsakligen ske analogt, via en fas där digitala resurser betonats, till att idag karakteriseras av postdigitala praktiker. Postdigitala praktiker förstås här som praktiker där analoga och digitala resurser samverkar och formar undervisningens förutsättningar – snarare än att digitala resurser ses som ett separat tillägg till analoga praktiker (Fawns, 2018, 2019, 2023; Jandrić et al., 2018; Jandrić & Knox, 2021).

Ett annat sätt att förstå forskningens kontext är att fokusera på olika nivåer som påverkar vad elever gör och kan göra i postdigital undervisning. Elevnivån, där elevernas individuella och situerade resurser aktiveras; klassrumsnivån, där undervisningens utformning och interaktioner tar form; och systemnivån, där policy och institutionella ramar sätter förutsättningarna för undervisningens praktik (Fawns, 2019; Markauskaite, Carvalho & Fawns, 2023; jfr Säljö, 2012). Denna nivåindelning används genomgående som analytiskt raster i avhandlingens diskussioner.

Begreppet postdigital agens används här för att beskriva hur agens uppstår i växelverkan mellan elever, teknik och undervisningens strukturer (jfr Knox, 2019; Fawns, 2019), i enlighet med den definition som etablerats i avsnitt 1.2. Agens avser här inte som individens oberoende initiativ, utan det handlingsutrymme som skapas i ett dynamiskt samspel mellan interna resurser och externa strukturer (Haider & Sundin, 2019; Pangrazio & Sefton–Green, 2021). I denna förståelse ingår att elevernas ämneskunskap, källkritik och tidigare erfarenheter samspelar med de yttre ramar som påverkar undervisningen – såsom styrdokument och tillgängliga digitala resurser. I detta postdigitala perspektiv formas handling inte enbart av individens intentioner, utan genom ett sammanvävt nät av tekniska, sociala och institutionella faktorer. Postdigital agens kan i princip uttryckas i alla vardagliga praktiker där digitalt och icke–digitalt samspelar. I denna avhandling används begreppet uteslutande för att beskriva elevers agerande i undervisning.

2.1 Gymnasieskolans digitala kontext

Dagens gymnasieelever möter en mängd informationskällor online och har ofta erfarenhet av källkritisk granskning i skolan. Många är därför relativt skickliga på att bedöma källors trovärdighet – en förmåga som också betonas i styrdokumenten för både läroplaner och kursplaner för gymnasieskolan, 2011 (Gy11) och 2025 (Gy25) (Skolverket, 2011, 2025). I Gy25 betonas exempelvis att undervisningen i naturvetenskapliga ämnen ska ge eleverna möjlighet att källkritiskt granska och reflektera över naturvetenskaplig information samt kommunicera med ett ämnesspecifikt språk (Skolverket, 2025). I samhällsorienterande ämnen (samhällskunskap och historia) har däremot sökprocesser uppmärksammats tydligare, både i styrdokument och i forskning. Nygren (2018, 2019) samt Nygren och Guath (2022) visar hur undervisningen där explicit behandlar informationssökning, digital nyhetsvärdering och källkritik som en del av skolans demokratiuppdrag – men också hur styrdokumenten tenderar att betona granskning snarare än de moment som föregår granskning. I naturvetenskapliga ämnen är dessa sökprocesser däremot betydligt mindre synliga, trots att elever förväntas hantera komplex digital information.

Flera forskare (Almén, 2021; Vinnervik, 2021, 2022) har visat att implementeringen av digitaliseringsstrategin i svensk skola i hög grad betonat likvärdig tillgång till digitala resurser, en–till–en–satsningar (innebär att varje elev får tillgång till en egen digital enhet, oftast en dator eller surfplatta, för att använda i skolarbetet), hårdvara och infrastruktur – snarare än utveckling av ämnesnära digital kompetens. I denna utbildningspolitiska kontext präglad av Gy11, den nationella digitaliseringsstrategin (2017) och senare revideringar av styrdokumenten har fokus legat på källkritik. De processer som leder fram till granskningen – hur elever faktiskt söker, orienterar sig och arbetar med digital information – har mer sällan behandlats explicit i undervisningen (Haider & Sundin, 2019, 2022). Tidigare forskning visar dessutom att elevers webbsökande ofta präglas av begränsade strategier och låg grad av planering, även i komplexa uppgifter (Şendurur & Yildirim, 2015; Şendurur et al., 2019). Liknande iakttagelser görs i Lindfors, Winberg och Bodin (2019) och Lindfors, Bodin och Simon (2020), där fokus legat på elevers förståelser och problemlösningsstrategier i digitala miljöer, snarare än deras sökbeteenden. Dock finns få studier som analyserar dessa processer specifikt i naturvetenskapliga ämnen.

Sammanfattningsvis framträder en bakgrund där källkritik återkommer som centralt innehåll i både policy och forskning, medan sökstrategier i mindre grad uppmärksammas. Detta gäller i synnerhet naturvetenskapliga ämnen, där digital informationssökning sällan behandlas som en ämnesspecifik praktik trots att elever förväntas hantera komplexa begrepp och representationer online. Det innebär att de digitala villkor som präglar undervisningen i hög grad definieras av vad elever gör efter att de funnit information – snarare än av de processer som leder dem dit.

2.2 Kunskapssyn i en digital gymnasiekontext

För att förstå de utmaningar som präglar naturvetenskaplig undervisning i en postdigital tid krävs en fördjupning i hur kunskap och lärande beskrivs i både styrdokument och utbildningsvetenskaplig teori. I styrdokument som Gy11 och Gy25 framträder en syn på kunskap som flerdimensionell: elever ska utveckla fakta – och begreppskunskap, tillämpa färdigheter i praktiska moment och reflektera över sitt lärande (Skolverket, 2022a, 2025). Dessa aspekter av kunnande konkretiseras i begrepp som analysera, skapa och förstå i ämnesspecifika sammanhang. En liknande struktur återfinns i Krathwohls (2002) revidering av Blooms taxonomi, där kunskap organiseras i fyra nivåer: fakta, begrepp, procedur och metakognition – och kopplas till sex kognitiva processer: att minnas, förstå, tillämpa, analysera, värdera och skapa. Krathwohls modell används oftast för att klassificera utbildningsmål, men kan även förstås som olika typer av kunnande där elever rör sig mellan återgivning och mer komplexa och skapande former av kunskapsanvändning.

I digitala lärmiljöer är lärandeprocessen mer dynamisk, icke-linjär och iterativ. Elever arbetar ofta samtidigt på flera kognitiva nivåer – de söker fakta, tolkar begrepp och reflekterar över strategier i realtid. Ur ett sociokulturellt perspektiv (Säljö, 2012), förstås lärande inte som individuell informationsinhämtning, utan som deltagande i epistemiska praktiker – där språk, verktyg och begrepp samverkar i meningsskapande. Digitala resurser blir därmed en del av själva kunskapssystemet snarare än ett yttre stöd.

Forskning visar att epistemiskt tänkande får en central roll i digitala miljöer där elever behöver utveckla strategier för att bedöma källors trovärdighets och integrera information från flera digitala resurser (Barzilai & Zohar, 2012). Genom att analysera hur gymnasieelever söker, tolkar och använder digital information i naturvetenskaplig

undervisning – och hur de resonerar kring strategier och källval – bidrar avhandlingen med fördjupad kunskap om de komplexa förmågor som krävs för att navigera och skapa kunskap digitalt i ämnesspecifika sammanhang.

3. Tidigare forskning

Detta kapitel förankrar avhandlingen i forskning inom didaktik, naturvetenskapernas didaktik samt digitalisering i undervisning. Särskilt centralt är begreppet digital didaktik, som beskriver hur undervisningens mål, innehåll och former utvecklas i relation till digitala resurser (Åkerfeldt, 2014). I en nordisk utbildningskontext har denna utveckling också diskuterats genom begreppen digital kompetens och digital litteracitet (jfr begreppslista), särskilt i analyser av läroplaner och policy (Godhe, 2019). Vidare behandlas forskning om digital kompetens, informationskompetens och digital didaktik – områden som utgör de förutsättningar där elevernas digitala agens formas. Med förutsättningar avses här det samspelet mellan yttre ramar (policy, digitala resurser) och kunskapssyner (didaktiska traditioner) som påverkar elevernas meningsskapande.

Forskarreflektion

Som lärare har min fingertoppskänsla ofta varit mitt viktigaste ramverk. I forskningsarbetet behövde jag istället pröva andras ramar: hur fältet har delats in, vilka begrepp som bär, och vilka frågor som traditionellt ställts. Det krävde att jag översatte praktiska erfarenheter till analytiska kategorier – ibland motsträvigt, men nödvändigt för att se mönster bortom klassrummets tempo. I arbetet med denna översikt blev det tydligt hur min egen intuition som lärare skiljer sig från den systematisering som forskningen kräver, och hur teoretiska verktyg möjliggjorde en mer strukturerad orientering i fältet.

3.1 Allmän didaktik och naturvetenskapernas didaktik

Didaktik som forskningsfält behandlar relationen mellan undervisning, lärande och ämnesinnehåll (Uljens, 1997; Nordin & Uljens, 2022). Fältet omfattar både lärarens praktiska handlingar och de principer som styr dessa. Didaktiken är både en teoretisk och praktisk disciplin, framåtriktad – den handlar om hur undervisning kan gestaltas – men också analytisk: den undersöker hur undervisning faktiskt genomförs (Bronäs & Runebou, 2016). I den nordiska och kontinentaleuropeiska traditionen förstås didaktik som läran om undervisningens vad, hur och varför, nära knutet till ämnesinnehåll och meningsskapande (Uljens,

1997; Almås & Krumsvik, 2007; Krumsvik, 2011). Genom denna förståelse av didaktik blir det möjligt att i avhandlingen tala om en postdigital didaktik, där digitala resurser integreras i undervisningens grundläggande frågor om syfte, innehåll och genomförande.

Didaktik och ämne är nära sammanflätade i undervisningens praktik. Denna koppling formulerades redan hos Klafki (1958), som utvecklade en klassisk modell för didaktisk analys. Modellen utgår från fem frågor som ska stödja läraren i att välja, strukturera och iscensätta innehåll:

1. Vilka allmänna idéer eller begrepp innehållet bär,
2. Hur detta innehåll är betydelsefullt för elevernas nuvarande livsvärld,
3. Hur det kan vara betydelsefullt för deras framtida liv,
4. Hur innehållet kan struktureras på ett sätt som synliggör dessa samband, det vill säga mellan ämnesinnehållet och elevernas nuvarande erfarenheter och framtida sammanhang och
5. vilka konkreta situationer, fenomen eller exempel som kan göra innehållet gripbart för eleverna (Wickman, Hamza & Lundegård, 2018).

Dessa frågor har kommit att forma mycket av den ämnesdidaktiska traditionen och utgör fortsatt en referenspunkt för att analysera undervisningens syften, innehåll och exemplifieringar. I senare ämnesdidaktisk litteratur, exempelvis hos Bronäs och Runebou (2016), betonas lärarens professionella omdöme – så kallad handlingsklokhet – som en central förmåga för att tolka och omsätta ämnesinnehåll i meningsfull undervisning.

I takt med digitalisering aktualiseras och förskjuts dessa didaktiska frågor. Digitala resurser, multimodala resurser och förändrade epistemologiska förutsättningar påverkar både hur innehåll representeras och hur elever ges möjlighet att förstå och arbeta med det (Godhe, 2019). Detta innebär att de didaktiska grundfrågorna inte bara måste tillämpas på digitala resurser, utan också omprövas i ljuset av digitalt medierat innehåll.

Mot denna bredare didaktiska bakgrund placeras naturvetenskapernas didaktik (NV-didaktik), det forskningsfält som utgör avhandlingens teoretiska utgångspunkt. Naturvetenskapernas didaktik fokuserar på hur elever tillägnar sig naturvetenskapliga begrepp, praktiker och världsuppfattningar i undervisningssammanhang (Wickman et al., 2018). Fältet betraktas som lärares professionsvetenskap – i likhet med

medicin för läkare eller juridik för jurister – där didaktiska modeller fungerar som verktyg för att planera, analysera och utvärdera undervisning. Samtidigt konkretiserar NV- didaktiken de didaktiska kärnfrågorna genom att knyta dem till naturvetenskapens specifika epistemologi och språkbruk. Inom detta fält har frågor om meningsskapande, begreppsförståelse och det naturvetenskapliga språkets särdrag haft särskild betydelse (Wickman, 2004; Lemke, 1998; Doran, Maton & Martin, 2021). Dessa dimensioner är centrala för avhandlingens fokus på hur elever tolkar och använder naturvetenskapligt språk och begrepp i digitala söksituationer.

En återkommande utmaning i naturvetenskaplig undervisning är hur elever växlar mellan vardagliga uttryck och naturvetenskapens mer abstrakta språk. Wickman och Östman (2002) beskriver detta som en förändring i hur elever deltar i naturvetenskapliga diskurser, där språket styr vad som uppfattas som relevant och giltigt. Forskning om språkliga och epistemologiska perspektiv i NV-undervisning visar att elever behöver stöd för att knyta vardagliga uttryck till naturvetenskapliga diskurser och för att förstå hur språkliga uttryck reglerar vad som framstår som relevant eller giltigt (Wickman & Östman, 2002; Wickman et al., 2018). I digitaliserade klassrum förstärks denna utmaning ytterligare, eftersom digitala resurser presenterar vetenskapligt innehåll i varierande språkliga och multimodala former och därmed erbjuder olika sätt att tolka och förstå naturvetenskapliga fenomen (Doran et al., 2021).

Aktuell forskning visar att digitala sökpraktiker både kan stödja och försvåra begreppsligt lärande. Studier av elevers webbsökande visar hur navigering, källval och tolkning av vetenskapliga texter är nära kopplade till deras förståelse av ämnesspecifika begrepp (Wiblom et al., 2017; Haider & Sundin, 2019). Doran et al. (2021) betonar dessutom att begreppsligt kunnande utvecklas genom att elever växlar mellan att arbeta med faktakunskap, begreppsliga relationer och resonemang, vilket är processer som digitala resurser kan både underlätta och försvåra.

Mot denna bakgrund blir det relevant att förena den bredare didaktiska traditionens fokus på undervisningens vad, hur och varför med NV-didaktikens ämnesspecifika perspektiv. Därigenom skapas en sammanhållen förståelseram för att analysera elevernas digitala sökhandlingar. Frågor om syfte, innehåll, begreppsförståelse och stödstrukturer blir centrala för att förstå hur gymnasieelever resonerar

kring digitala förmågor i relation till digital naturvetenskaplig informationssökning.

3.2 Språkets roll i naturvetenskaplig undervisning

Språk utgör en grundläggande dimension i naturvetenskaplig undervisning. Språk fungerar inte bara som ett kommunikationsmedel, utan också som ett verktyg för att skapa mening, strukturera tänkande och förmedla kunskap (Lemke, 1998). Detta avsnitt behandlar språkets roll genom att belysa (1) växlingen mellan vardagligt och vetenskapligt språk och den begreppsliga komplexitet som präglar naturvetenskaplig kommunikation, och (2) vetenskaplig litteracitet i digitala och multimodala miljöer.

3.2.1 Vardagligt och vetenskapligt språk

En central utmaning i naturvetenskaplig undervisning är elevernas växling mellan vardagligt språk och vetenskapliga begrepp. Vetenskapliga termer är ofta mångtydiga, vilket innebär att samma ord kan ha olika betydelser beroende på kontext (Jeppson & Haglund, 2013). Denna växling mellan konkreta och abstrakta betydelser är avgörande för begreppsligt lärande och blir särskilt komplex i digitala miljöer där kontextmarkörer ofta är svagare eller varierar mellan digitala resurser. För att utveckla naturvetenskaplig förståelse behöver elever kunna växla mellan konkreta och abstrakta förståelser, tolka representationer och delta i vetenskapliga resonemang (Kampourakis, 2018; Konicek-Moran, 2015). Matons (2014) teori om semantiska vågor, vidareutvecklad av Doran och Maton (2021), beskriver denna rörelse mellan det konkreta och bekanta samt det abstrakta och specialiserade. Didaktisk forskning visar att lärande inte sker genom att vetenskapliga begrepp direkt ersätter vardagliga föreställningar, utan att kunskap om vetenskapliga begrepp skapar möjligheter för elever att bearbeta och vidareutveckla sina vardagliga föreställningar (Langer, 2021; Strandberg, 2006).

För att underlätta lärande spelar lärares mikrodidaktiska val en avgörande roll. Med mikrodidaktik avses små, situationsbundna beslut som lärare gör i stunden för att stödja elevernas meningsskapande. Sådana val kan handla om att uppmärksamma ett begrepp eller specifikt ord, omformulera en elevs yttrande eller stanna upp vid en representation (Sperling & Stenliden, 2022). Genom dessa handlingar kan läraren underlätta växlingar mellan vardagligt och vetenskapligt språk. Mikrodidaktik är inte samma sak som interaktioner i undervisningen. Med interaktioner avses de små, sociomateriella

förflyttningar och handlingar som sker i mötet mellan lärare, elever och digitala artefakter, medan mikrodidaktik fokuserar på lärarens didaktiska beslut i dessa ögonblick. Interaktioner kan initieras av både elever och lärare, men mikrodidaktiska val är alltid knutna till lärarens agens och ansvar för undervisningens riktning (Sperling & Stenliden, 2022; Slopinski & Steib, 2024). I denna avhandling förstås mikrodidaktik därför som en viktig del av digital didaktik, särskilt i relation till hur lärare stöder elevers navigering av ämnesspecifika sökpraktiker (se avsnitt 3.5.2).

Utmaningarna med att växla mellan vardagligt och vetenskapligt språk hänger nära samman med den begreppsliga komplexitet som präglar naturvetenskaplig kommunikation, eftersom elever behöver orientera sig i både språkliga och innehållsliga skikt samtidigt (jfr Jeppson & Haglund, 2013; Langer, 2021). Naturvetenskaplig kommunikation kännetecknas av faktadensitet, abstrakta begrepp, hög grad av precision och en formell stil, vilket skapar kognitiva utmaningar för många elever (Fang, 2004; Ribeck, 2015; Langer, 2021). Det handlar inte bara om att förstå ordens betydelse, utan också om att känna till hur begreppen brukar användas i olika kontexter (Jeppson & Haglund, 2013). Naturvetenskapliga begrepp är kontextberoende: deras innebörd skiftar beroende på om de används i vardagliga, experimentella och teoretiska sammanhang (Maton, 2014). Språkliga referenspunkter, såsom etablerade textstrukturer (hypotes–metod–resultat) eller markörer som "detta leder till", kan underlätta orienteringen i naturvetenskapliga texter. Samtidigt riskerar elever att fastna i att reproducera begrepp snarare än att pröva och utveckla deras innebörd, (Langer, 2021). Wiblom, Rundgren och André (2017) visar också att elever i naturvetenskapliga klassrum i hög grad baserar sina bedömningar av vetenskaplig information på språkliga ytstrukturer – såsom tonfall, ordval och hur "vetenskapligt" en text låter – snarare än på innehållsliga kriterier eller källkritiska resonemang. Detta är särskilt relevant i digitala miljöer där ytstrukturer varierar stort och där algoritmer inte alltid prioriterar vetenskaplig kvalitet (Haider & Sundin, 2019, 2022).

3.2.2 Vetenskaplig litteracitet

Ett centralt begrepp i mitt arbete är vetenskaplig litteracitet. I OECD:s beskrivning av PISA 2022 definieras vetenskaplig litteracitet som elevers förmåga att engagera sig i naturvetenskapliga frågor genom att använda vetenskapligt språk, resonemang och metoder i olika kontexter (OECD, 2023). I internationella och nationella styrdokument har begreppet successivt breddats från att främst beskriva faktakunskap till att omfatta

elevers förmåga att analysera, kritiskt granska och kontextualisera vetenskaplig information. OECD (2023) betonar att detta inkluderar att kunna tolka data, bedöma bevis och delta i informerade samhälleliga diskussioner om vetenskap och hållbarhet. Även i en svensk kontext uttrycker Skolverket (2024) liknande krav och lyfter särskilt behovet av att elever utvecklar förmågan att kritiskt granska vetenskaplig information i en tid präglad av desinformation. Begreppet har också använts inom NV-didaktisk forskning för att fånga elevers förmåga att inte bara förstå vetenskapligt innehåll, utan också tillämpa det i autentiska och samhälleliga sammanhang (Ryder & Banner, 2013).

Digitala miljöer utgör särskilda utmaningar relaterade till vetenskaplig litteracitet. Det beror på hur digitala informationssystem organiserar och presenterar kunskap. Haider och Sundin (2019) förklarar hur sökmotorer skapar en känsla av transparens och trovärdighet genom sina gränssnitt, vilket gör att användare i hög grad litar på sökresultaten utan att reflektera över vare sig källor, kontext eller bakomliggande informationsstrukturer. I deras analys beskrivs detta som infrastrukturellt meningsskapande, det vill säga hur digitala plattformars design och algoritmer styr vad som framstår som relevant och trovärdigt (Haider & Sundin, 2019, 2022).

En konsekvens av detta är att språkliga och visuella ytstrukturer – snarare än vetenskaplig evidens – riskerar att få oproportionerligt stor betydelse när elever orienterar sig i vetenskaplig information online. Dessa förskjutningar ställer nya krav på elevers källkritik och vetenskapliga förståelse (Haider & Sundin, 2022; Nygren & Guath, 2022). I digitala lärmiljöer blir dessa utmaningar dessutom nära förbundna med hur naturvetenskapligt innehåll representeras genom olika uttrycksformer, vilket gör multimodalitet till en central dimension av vetenskaplig litteracitet.

För att möta språkliga och kognitiva utmaningar i undervisning lyfter forskningen fram betydelsen av multimodala och språkmedvetna undervisningsstrategier. Visuella verktyg, digitala resurser, modeller och analogier kan stödja elever i att konkretisera abstrakta idéer och förstå samband mellan begrepp (Lemke, 1998; Doran et al., 2021). Multimodala undervisningsstrategier är särskilt lämpliga för naturvetenskapliga ämnen eftersom betydelsen av naturvetenskapliga begrepp ofta skapas multimodalt – i samspelet mellan språk, symboler och visuella resurser (Doran & Maton, 2021). Elever tenderar dock att tolka diagram, illustrationer eller metaforer ytligt eller bokstavligt i

stället för att uppfatta dem som abstrakta modeller (Kampourakis, 2018; Konicek–Moran, 2015).

I digitala miljöer förstärks denna tendens: naturvetenskapliga representationer cirkulerar, omformas och kan tappa sin vetenskapliga kontext (Höttecke & Allchin, 2020). Eftersom elevers arbete med digitala och AI-genererade källor kräver att de kontinuerligt tolkar, värderar och navigerar mellan olika typer av representationer av naturvetenskapligt innehåll är vetenskaplig litteracitet en central aspekt för avhandlingen.

3.3 Digital didaktik

Digital didaktik fokuserar på undervisningens innehåll, struktur och interaktion i digitala miljöer (Krumsvik, 2014; Almås & Krumsvik, 2022; Ilomäki et al., 2016). Digital didaktik har utvecklats till en distinkt forskningsinriktning i skärningspunkten mellan ämnesinnehåll, teknik och pedagogik. Till skillnad från bredare förståelser av digital kompetens fokuserar digital didaktik på hur undervisning medvetet utformas och analyseras i relation till digitala resurser, medier och kontexter.

3.3.1 Från digital teknik till digital didaktik

Digitaliseringen har på kort tid förändrat såväl undervisningens innehåll som dess former. I skolan innebär detta att elever förväntas hantera digitala resurser i en mängd olika lärandekontexter. Forskning i svensk skolkontext visar att implementeringen av digitaliseringsstrategin (2017) i hög grad har betonat likvärdig tillgång till teknik snarare än utveckling av ämnesnära digital kompetens. Detta har bidragit till en teknikdeterministisk syn samt en osäkerhet bland lärare kring hur digital kompetens ska utvecklas inom olika ämnen (Almén, 2021). Därmed har fokus ofta legat på vilka verktyg som används, snarare än hur tekniken används och hur den stödjer lärande.

Ett tidigt bidrag till att formulera digital didaktik i relation till undervisningens ämnesmässiga innehåll kommer från Krumsvik och Almås (2008). De beskriver digital didaktik som lärarens professionella förmåga att integrera teknik, pedagogik och ämnesinnehåll. Senare forskning har breddat perspektivet: Bezoluk et al. (2021) framhåller att digital didaktik även omfattar lärmiljöns organisation, digitala resurser och e-didaktik som vetenskaplig disciplin, medan Liu, Yu och Zhang (2024) introducerar en tredelad modell med fokus på interaktion, didaktisk design och strategi, kopplad till digital litteracitet. Dessa modeller illustrerar hur digital didaktik har rört sig från att handla om

tekniska färdigheter till att handla om hur digitala resurser formar undervisningens epistemiska och kommunikativa strukturer.

Att digitala resurser också förändrar förutsättningarna för undervisning bekräftas av studier som visar att elevers kunskapssyn påverkar deras lärande i datormiljöer. Lindfors, Winberg och Bodin (2019) visar exempelvis att elever med mer sofistikerade uppfattningar om naturvetenskaplig kunskap använder mer avancerade strategier vid datorsimulerad problemlösning, medan elever med enklare kunskapssyn fastnar i ytliga digitala handlingsmönster. Dessa resultat understryker att digital didaktik inte bara handlar om verktyg och design, utan också om de kunskapsuppfattningar som undervisningen bygger på och som elever aktiverar när de arbetar i digitala miljöer – en fråga som är central för denna avhandling.

I takt med att AI blir en del av undervisningens vardag har forskningen rört sig från att studera hur tekniken används till hur den förändrar undervisningens epistemiska och kommunikativa förutsättningar. Detta har bidragit till framväxten av begreppet postdigital didaktik (Fawns, 2022; Jandrić et al., 2022), där teknik, språk och mänsklig aktivitet förstås som sammanvävda snarare än separata. Postdigitala perspektiv betonar att digitalisering inte längre kan ses som ett tillägg till undervisningen utan som en del av dess grundläggande sociomateriella struktur och meningsskapande processer. Detta perspektiv fördjupas i kapitel 4.4, men redan här blir det tydligt att digital didaktik inte enbart handlar om teknisk integration – utan om de epistemiska och språkliga förskjutningar som digitalisering och AI medför i undervisningen. I detta ingår även att elever i digitala miljöer behöver utveckla strategier för att bedöma källors trovärdighet, väga evidens och integrera information – centrala aspekter av epistemiskt tänkande i digital interaktion (Barzilai & Zohar, 2012).

På systemnivå har digital didaktik dessutom börjat förstås i relation till AI–litteracitet. Kong et al. (2025) betonar AI–litteracitet som en nyckelkompetens för att främja jämlikhet, hållbar utveckling och demokratiskt deltagande. Ng et al. (2024) breddar detta genom att inkludera teknisk förståelse, autentisk användning och etisk reflektion, medan Petko (2025) visar hur TPACK–ramverket har uppdaterats med större fokus på kontextuella ramar och etiska dimensioner – ett synsätt som ligger nära Sperling och Stenberg (2024), som ser AI–litteracitet som en integrerad del av lärarens professionella omdöme och didaktiska praktik.

3.3.2 Ämnesspecifik digital didaktik och mikrodidaktiska perspektiv

Digital didaktik behöver förankras i ämnesspecifika praktiker och lärarens planering för att bli meningsfull i undervisningen. Forskningen visar dock att detta inte alltid sker i praktiken. Thoms et al. (2022) systematiserar NO–lärares digitala kompetenser i DiKoLAN, ett ramverk som identifierar vilka digitala färdigheter som är ämnesspecifikt relevanta för biologi, fysik och kemi – exempelvis datainsamling, modellering, simulering och digital visualisering – och som anpassar dessa till olika undervisningsnivåer. Awais et al. (2025) går ett steg längre genom att utveckla ett ramverk för digital didaktik i lärarutbildningen som inte fokuserar på digitala resurser i sig, utan på hur digitala resurser integreras i undervisningens kärnprocesser. Ramverket omfattar lektionsplanering, didaktisk metodik, bedömning och AI–stöd och syftar till att stärka lärarstudenters förmåga att utforma undervisning där teknik, ämnesinnehåll och pedagogiska val samspelar. Detta skiljer sig från mer verktygsorienterade modeller genom att betona didaktisk design snarare än teknisk färdighet. Samtidigt visar Nilsson (2024) att digitala resurser i lärarstudenters planering ofta används utan tydlig didaktisk motivering, vilket innebär att tekniken riskerar att styra innehållet snarare än att stödja lärandet.

Gil et al. (2022) och Krumsvik och Josefsson (2020) framhåller att digital didaktik måste bygga på ämnesspecifika epistemologier – det vill säga hur kunskap i ett ämne formas, prövas och uttrycks. Liu et al. (2024) fördjupar detta genom att visa hur digital didaktik kan modelleras som en integrerad struktur där teknik, ämnesinnehåll och lärandemål samspelar. Genom en modifierad didaktisk triangel som omfattar reala, virtuella och neurokognitiva miljöer pekar Liu på behovet av att designa undervisning som systematiskt binder samman dessa dimensioner. Sammantaget understryker forskningen behovet av ramverk som tydligare förbinder teknik, ämne och undervisningssyfte.

Utöver behovet av modeller som binder ihop dimensioner i digital didaktik växer också intresset för mikrodidaktiska perspektiv – studier av de små, situationsbundna val som sker i undervisningens ögonblick. I denna del fokuseras därför inte på att definiera mikrodidaktik (se 3.2.1), utan på vilket bidrag mikrodidaktiska val ger i digitalt medierade undervisningssituationer. Mikrodidaktik handlar om hur lärande formas i det lilla, till exempel hur en fråga ställs, hur ett sökord omformuleras eller hur en elev tolkar en digital återkoppling.

I stället för att förstå dessa val som interaktioner i sig (jfr 3.2.1), betonas här – i linje med Sperling & Stenliden (2022) – att mikrodidaktik utgör lärarens riktade didaktiska agens inom de sociomateriella interaktionsmönster som präglar digital undervisning. I linje med deras analyser kan dessa interaktioner förstås som ett nätverk av relationer mellan lärare, elever, digitala resurser och begrepp som ramar in undervisningen, där olika aktörer och artefakter tillsammans formar möjligheter till meningsskapande. Mikrodidaktiska val utgör då lärarens riktade agens i detta nätverk, snarare än att beskrivas som interaktionerna själva.

Deras analyser – inspirerade av Actor–Network Theory – visar hur lokala didaktiska handlingar, såsom att stanna upp vid ett ordval, omformulera en elevs uttryck eller rikta uppmärksamheten mot en digital representation, påverkar hur elever tolkar, prövar och använder naturvetenskapliga begrepp i en digital miljö. Ett annat exempel från Slopinski och Steib (2024) kompletterar denna förståelse genom att visa hur digitala infrastrukturer och klassrummets organisation skapar olika mikronivåer av didaktiskt beslutsfattande. I deras analyser blir mikrodidaktik ett sätt att förstå hur elevernas tekniska, språkliga och epistemiska agens formas av de digitala miljöer i vilka undervisningen är situerad. Mikrodidaktiken synliggör därmed hur kunskap faktiskt växer fram i interaktion mellan språk, innehåll och digital teknik. Ur ett agensperspektiv blir dessa mikrodidaktiska val centrala för att synliggöra hur elevernas handlingsutrymme formas i realtid. Dessa perspektiv visar att det behövs forskning som utvecklar modeller som inte bara är teoretiska, utan som också ger lärare praktiskt stöd i att planera och genomföra undervisning där digitala resurser och naturvetenskapligt meningsskapande integreras.

Vetenskaplig litteracitet har traditionellt betonat textbaserad förståelse vilket framgår av de definitioner som presenterades i 3.2.2. I digitala kontexter tillkommer dock nya utmaningar för multimodal tolkning, källkritik och metakognitiva strategier (Godhe, 2014, 2019; OECD, 2021; Skolverket, 2024; DIGCOMP, 2022). Som Godhe (2014, 2019) påpekar innebär digitalt lärande alltid en multimodal praktik, där text, bild, layout och interaktiva resurser tillsammans formar hur elever skapar mening i digitala miljöer. Förskjutningen mot digitala lärmiljöer har därför också förändrat hur vetenskaplig litteracitet behöver förstås. I denna utveckling har begreppet digital vetenskaplig litteracitet vuxit fram som ett sätt att beskriva hur vetenskaplig litteracitet förändras när vetenskaplig information förmedlas genom digitala plattformar.

Digitala miljöer skapar specifika svårigheter för elever. Hypertextstrukturer, multimodal information och algoritmiska filter påverkar hur elever navigerar, sorterar och tolkar vetenskapligt innehåll (Abersek et al., 2015; Nygren & Guath, 2022; Nygren et al., 2020; Wiblom et al., 2017). Dessa strukturella ramar får direkta konsekvenser för elevernas bedömningar. Många elever har svårt att skilja vetenskapligt granskade källor från pseudovetenskap, vilket gör kritisk granskning särskilt krävande i digitala miljöer (Höttecke & Allchin, 2020; Nordlund et al., 2023). Algoritmers förstärkning av vissa perspektiv och dämpning av andra skapar dessutom risk för ekokammare som påverkar elevernas syn på vetenskapens stabilitet och objektivitet (Fasching & Schubatzky, 2022; Otrel–Cass & Fasching, 2021; Geschke et al., 2019). Vetenskaplig information i digitala miljöer presenteras ofta utan hänvisning till de metodologiska och teoretiska kontexter inom vilka informationen har tagits fram och är giltig (Höttecke och Allchin, 2020).

Studier visar att elever ofta saknar strategier för att identifiera, värdera och analysera digital information, även när de uttrycker att de ”är källkritiska” (Plakhotniuk et al., 2021). Mot denna bakgrund blir undervisningens roll avgörande. Elever som tränas i att analysera digitala informationsflöden kan utveckla en mer nyanserad förståelse och blir mindre benägna att acceptera pseudovetenskap (Sinnamon et al., 2024; Nygren et al., 2022). Undervisning i kritiskt och metakognitivt tänkande har visat sig stödja elever i att bättre tolka digitala informationsflöden (Sinnamon et al., 2024; Nygren et al., 2022).

Hittills har digital vetenskaplig litteracitet endast i begränsad utsträckning relaterats till artificiell intelligens (AI). Forskning om AI i utbildningssammanhang har i första hand fokuserat på AI litteracitet – det vill säga hur elever och lärarstudenter lär sig att förstå, använda och kritiskt granska generativa språkmodeller – snarare än på hur AI påverkar vetenskapligt språk, begreppsanvändning och förståelse i naturvetenskapliga sammanhang (Tassoti, 2024; Valeri et al., 2025). När generativa AI-verktyg blir en del av elevernas sökpraktiker förändras förutsättningarna för deras lärande: vetenskaplig information filtreras, omformas och genereras av språkmodeller. Denna avhandling bidrar med ny kunskap om hur elever söker, tolkar och värderar naturvetenskaplig information i digitala miljöer där generativa AI–verktyg utgör en del av den didaktiska infrastrukturen.

3.4 Digitala kompetenser i undervisning

För att förstå hur digitaliseringen och AI förändrat undervisningens förutsättningar i praktiken behöver man belysa de kompetenser som elever aktiverar när de arbetar i digitala miljöer. Det vill säga de digitala färdigheter, strategier och förhållningssätt som elever utvecklar i mötet med digital information. Begreppen digital kompetens, informationskompetens och sökkompetens används ofta överlappande i forskningen. I denna genomgång används digital kompetens som ett paraplybegrepp, medan informationskompetens och sökkompetens beskrivs som två centrala delkomponenter som direkt påverkar elevers arbete i naturvetenskapliga digitala miljöer.

Flera studier visar att digital kompetens ofta tolkas betydligt snävare i skolpraktiken än i policy. Löfving (2023, 2024) visar att lärare främst förknippar digital kompetens med teknisk hantering, säkerhet och källkritik, medan kommunikativa, demokratiska och ämnesspecifika aspekter sällan uppmärksammas - ett glapp som illustrerar hur digital kompetens krymper när den omsätts i praktiken. Detta förstärker behovet av modeller som synliggör digital kompetens som en situerad och ämnesanknuten förmåga, vilket denna avhandling adresserar.

3.4.1 Från digital kompetens till informationskompetens

Begreppsutvecklingen kring digital kompetens, särskilt i relation till policyförankring, har varit komplex och föränderlig och har skapat utmaningar i hur begreppet förstås och implementeras i utbildning. Löfving (2023, 2024) visar att denna komplexitet även präglar undervisningen, där avsaknaden av gemensamma tolkningsramar gör att digital kompetens ofta reduceras till teknisk användning och säkerhetsfrågor, medan mer ämnesanknutna och epistemiska dimensioner förblir osynliga. Detta förstärker behovet av modeller som tydliggör digital kompetens i undervisningssammanhang.

För att förstå detta glapp mellan policy och praktik behöver man också beakta hur begreppet historiskt har utvecklats. Ursprungligen fokuserade digital kompetens i huvudsak på tekniska färdigheter såsom informationssökning, filtrering och lagring via digitala resurser (Ferrari, 2013). DIGCOMP–rapporten (Ferrari, 2013) identifierade tre huvudområden: (I) sökning och filtrering, (II) utvärdering och (III) lagring av information. Senare definitioner, såsom i Key Competences for Lifelong Learning (European Union, 2019, reviderat 2025), har utvidgat begreppet med aspekter som säkerhet, etik och

medborgaransvar i digitala miljöer. Parallellt har digital kompetens under det senaste decenniet breddats med kognitiva och analytiska dimensioner, vilket ökat dess komplexitet och överlappning med digital litteracitet och källkritik (Ferrari, 2013; DIGCOMP 2.2, 2022; Skolverket, 2024; OECD, 2021; Trujillo Saez & Alvarez Jimenez, 2020). I DIGCOMP 2.1 (2017), DIGCOMP 2.2 (2022) och Skolverket (2024) beskrivs informationskompetens som en kombination av teknisk förståelse, kritiskt tänkande och förmåga att navigera digitala ekosystem. OECD PISA (2021) inkluderade även mediekompetens, medan UNESCO (2018) betonade problemlösning och en bred förståelse av digitala miljöer. Studier visar att elever med hög informationskompetens utvecklar mer effektiva strategier för att hantera digital information, inklusive precisare sökningar och bättre förståelse av digitala informationsflöden (Wu, 2020). Många elever saknar dock dessa färdigheter, vilket leder till ineffektiv informationshantering och ökad sårbarhet för desinformation (Carlsson, 2018).

3.4.2 Informationskompetens och algoritmisk medvetenhet

Informationskompetens ges ofta ett begränsat utrymme i undervisningen, särskilt i ämnesspecifika kontexter. Fokus ligger ofta på källkritik som ett generellt moment, snarare än på att utveckla sökstrategier i relation till det ämnesinnehåll som undervisningen bygger på (Nygren & Guath, 2022). Studier av multimodala, digitala textpraktiker visar till exempel hur arbete med digitala texter behöver integreras i både undervisning och bedömning (Godhe, 2014; Walan, 2020).

Även algoritmiska system påverkar hur digital information organiseras och prioriteras, vilket styr individers tillgång till och uppfattning av innehåll (Flaxman et al., 2016; Sunstein, 2009). I nordiska läroplaner har digital kompetens i ökande grad kommit att kopplas till en kritisk förståelse av sådana digitala infrastrukturer (Godhe, 2019). Forskning visar samtidigt att elever med svag informationskompetens ofta har svårt att identifiera algoritmers påverkan, vilket försämrar deras förmåga att hitta tillförlitliga källor (Skolverket, 2024; OECD, 2021; Nygren & Guath, 2022). Genom att anpassa innehåll efter användarbeteenden skapar algoritmer filterbubblor som förstärker befintliga uppfattningar (Skolverket, 2024; OECD, 2021; Geschke et al., 2019; Nygren & Guath, 2022).

I detta sammanhang introducerar Haider och Sundin (2019) begreppet sökmotorlitteracitet, som beskriver den förståelse som krävs för att

kunna tolka och kritiskt förhålla sig till hur sökmotorer organiserar, filtrerar och synliggör information. Begreppet knyter samman informationskompetens med algoritmisk medvetenhet och betonar behovet av att elever inte bara ska kunna söka information, utan också förstå de infrastrukturer som styr vad som blir synligt i sökresultaten.

Därför är det didaktiskt relevant att undervisningen inkluderar explicita moment där elever ges möjlighet att förstå och analysera hur algoritmiska system påverkar vad de ser och hur de förstår vetenskaplig information. För att stärka elevernas kritiska förmåga bör undervisning i informationskompetens förankras i konkreta undervisningsmoment och inkludera kunskap om algoritmers inverkan på digitala informationsflöden (Otrel–Cass & Fasching, 2021; Sinnamon et al., 2024).

3.4.3 Sökkompetens som didaktisk praktik

Att navigera och hantera information i digitala miljöer kräver sökkompetens: specifika sökstrategier, teknisk förståelse och förmågan att effektivt lokalisera relevant information. Tidigare definitioner av sökkompetens betonade främst tekniska färdigheter, såsom att förstå sökstrategier, formulera informationsbehov och använda sökmotorer (Ferrari, 2013). Senare forskning har dock visat att sökning är en mer komplex process där kognitiva och sociala faktorer, såsom algoritmers påverkan och informationsflöden, spelar en avgörande roll (OECD, 2021). Trots denna utveckling visar studier att många elever använder ineffektiva sökstrategier och förlitar sig på de första träffarna i sökmotorer utan att analysera källans trovärdighet (Miralles, 2019). Forskning har identifierat olika sökbeteenden, där elever ofta tillämpar en ytlig strategi genom att klicka på första sökresultatet utan att justera sökfrågan (Sendurur et al., 2019). Detta speglar det som Haider och Sundin (2019) beskriver som en instrumental användning av sökverktyg, där sökandet reduceras till en teknisk procedur snarare än förstås som en meningsskapande aktivitet.

Andra användare navigerar linjärt genom sökresultat utan att reflektera över alternativa sökord eller filtreringsmetoder (Marchionini, 2006). Sådana strategier kan vara funktionella vid snabba faktasökningar men är otillräckliga när målet är att analysera och syntetisera information i vetenskapliga sammanhang (Haider & Sundin, 2019). Forskning visar att elever med större ämnesförståelse ofta utvecklar mer avancerade strategier för att navigera och tolka information, eftersom deras begreppsliga strukturer möjliggör växlingar mellan olika nivåer av

förståelse (Doran & Maton, 2021; Kinchin, 2012). Studier visar även att undervisning i mer sofistikerade söktekniker, såsom Google Advanced Search eller akademiska databaser, kan förbättra elevernas förmåga att hantera stora informationsmängder och filtrera bort irrelevanta resultat (Haider & Sundin, 2019; Sinnamon et al., 2024; Wu, 2020).

Trots dessa insikter är det fortfarande ovanligt att undervisning i sökkompetens förankras i specifika ämneskontexter. Detta bekräftas i svensk forskning där lärare beskriver svårigheter att integrera elevers digitala praktiker i ämnesundervisningen, vilket skapar så kallade dilemmatiska utrymmen i undervisningen (Löfving, Godhe & Lundin, 2023). När sökande behandlas som en teknisk procedur snarare än en ämnesdidaktisk aktivitet riskerar centrala epistemiska dimensioner att utebli.

I linje med Haider och Sundins (2022) uppmaning bör sökundervisning förstås som en didaktisk praktik, där ämnesinnehåll, digitala resurser och kontext samverkar. Sökkompetens kan därmed förstås som en praktik där digital agens blir synlig i elevernas strategiska val, omformuleringar och kritiska reflektioner under sökprocessen. Detta en utgångspunkt för studierna i denna avhandling som belyser hur sökkompetens formas i gymnasieelevers arbete med ämnesspecifik information i naturvetenskapliga kontexter där språkliga, tekniska och epistemologiska dimensioner samverkar.

3.4.4 AI och den förändrade didaktiken

Generativa språkmodeller innebär ett skifte från informationshämtning till interaktivt kunskapsskapande (co–creation), där innehåll produceras i dialog med en artificiell samtalspartner (Tassoti, 2024; Valeri et al., 2025). Detta förändrar undervisningens epistemologiska och kommunikativa förutsättningar: lärande sker inte enbart genom att söka och tolka information, utan genom att förhandla mening tillsammans med teknologin. Därmed krävs nya strategier för didaktisk design, interaktion och bedömning (Joseph & Uzondu, 2024; Knox, 2020).

I denna nya söklogik blir språket både centralt och förrädiskt. Språkmodeller som ChatGPT kan formulera vetenskapligt trovärdiga men innehållsligt felaktiga svar (Shaw et al., 2023). Detta gör tolkning, källkritik och epistemisk medvetenhet till kärndelar av AI–litteracitet (Mannila et al., 2025; Yadava, 2023). Särskilt inom STEM–ämnen visar forskning att AI ofta missförstår eller förenklar centrala begrepp. Exempelvis demonstrerar Castro–Nascimento et al. (2023) att

språkmodeller kan misstolka kemiska strukturer och terminologi, medan Lee et al. (2025) visar att AI–stöd i naturvetenskapsutbildning fortfarande används främst som forsknings – snarare än undervisningsverktyg, vilket pekar på ett glapp mellan teknisk potential och didaktisk tillämpning.

I takt med att AI integreras i undervisningen har forskningen förskjutits från ett huvudsakligt fokus på lärarens roll och organisatoriska ramverk (Ng et al., 2024; Kong, 2025; Petko, 2025) till frågor om elevers agens och meningsskapande i interaktion med AI. Generativ AI förändrar också elevernas digitala agens genom att elevens strategier måste anpassas till hur språkmodellen svarar, vilket gör den digitala interaktionen till en förhandlad process. Nyare studier visar att AI förändrar undervisningens epistemiska förutsättningar och kräver ett mer aktivt elevaktörskap där tolkning, språkförmåga och kritisk medvetenhet blir centrala (Sperling, 2024; Sperling & Stenliden, 2022).

Studier pekar också på hur AI–genererat innehåll måste tolkas, omformuleras och förhandlas i relation till ämnesspecifika begrepp – en process som gör elevens interaktion med AI till en sociomateriell praktik (Slopinski & Steib, 2024; Almasri, 2024; Arantes, 2024). I undervisning krävs därför ämnesdidaktiska strategier som integrerar AI–verktyg utan att tappa begreppens vetenskapliga precision. Xu och Ouyang (2022) framhåller att AI–användning i STEM behöver kopplas till modeller för begreppsutveckling för att undvika förenklade resonemang. Tassoti (2024) visar att strukturerad undervisning i prompting kan stärka både reflektion och vetenskaplig begreppsförståelse, medan Valeri et al. (2025) visar att elever tenderar att använda ChatGPT för begreppsförklaringar snarare än för kritisk bearbetning, vilket synliggör begränsningar i deras AI–litteracitet.

I och med att AI integreras i undervisningen förändras också de krav som ställs på lärarens professionella omdöme. Lärare behöver kunna tolka både elevens frågor och AI-svar i realtid, och fungera som didaktiska vägledare i realtid där ämnesinnehåll, språk och digitala resurser samspelar (Sperling & Stenliden, 2024; Bozkurt, 2023). Stolpe och Hallström (2024) betonar att AI-litteracitet därför inte kan förstås enbart som en elevfärdighet, utan som ett centralt inslag i lärarens professionella ansvar. Det omfattar såväl teknisk förståelse som etiska överväganden och didaktiska beslut om när och hur AI ska användas för att stödja ämneslärande.

Sammanfattningsvis pekar forskningen mot att AI förändrar naturvetenskaplig undervisning på tre nivåer:

1. den epistemiska – vad som räknas som kunskap när språkmodeller genererar svar;
2. den didaktiska – hur lärare och elever samspelar med teknologin i undervisningens mikroögonblick; och
3. den etiska – hur ansvar och källkritik förhandlas i samspelet mellan människa och maskin.

Forskning pekar på att just kombinationen av dessa kompetenser är avgörande för att elever ska kunna navigera och skapa mening i AI–stödda lärmiljöer (Wang et al., 2024; Yelamarthi et al., 2024). Det handlar inte bara om att förstå AI:s tekniska funktion, utan om att stödja elever i att tolka, pröva och samskapa kunskap i samspel med språkmodeller – en process där lärarens etiska och didaktiska vägledning blir central (Wiese, 2025; Shaw et al., 2023).

Mot denna bakgrund framträder ett tydligt behov av didaktiska modeller som kan integrera flera digitala förmågor – ämneskompetens, informationshantering, språk och kritisk värdering – i en sammanhållen struktur snarare än att behandla dem som separata färdigheter. Det är i denna kontext som avhandlingen positionerar sitt bidrag.

Forskarreflektion

När jag ser tillbaka på de situationer jag följde – elevernas sökande, deras samtal med varandra om sökresultaten på skärmarna, deras försök att förstå – framträder ett mönster. Det var aldrig bara tekniken, eller bara ämnet, eller bara språket. Det var samspelet däremellan som formade lärandet. Det insåg jag först när jag började växla perspektiv – mellan didaktiska, sociokulturella och digitala teorier – och såg hur varje teori fångade något, men aldrig allt.
Det är ur den erfarenheten som behovet av ett integrerat teoretiskt ramverk växte fram. I nästa kapitel fördjupas denna tanke genom de teorier som på olika sätt bidragit till att förstå elevernas digitala meningsskapande i naturvetenskapliga miljöer.

4. Teoretiska utgångspunkter

När digitala resurser som sökmotorer och generativ AI studeras som redskap för lärande behöver analysen fånga samspelet mellan ämnesinnehåll, digitala resurser och elevers meningsskapande. Avhandlingen utgår därför från flera teoretiska ramverk som tillsammans förenar ämnesdidaktiska, sociokulturella och digitala perspektiv.

4.1 Analytiska perspektiv

För att analysera hur elever agerar i digitala miljöer med naturvetenskapligt innehåll utgår avhandlingen från Legitimation Code Theory (LCT) inom ett ämnesdidaktiskt ramverk. LCT används för att analysera hur elever rör sig mellan konkreta och abstrakta uttryck när de söker och tolkar naturvetenskaplig information online. Den semantiska dimensionen inom LCT består av två centrala begrepp: semantisk gravitation (SG), som beskriver hur starkt ett yttrande är knutet till ett konkret sammanhang, och semantisk densitet (SD), som anger hur mycket och hur djupt betydelseinnehåll som samlas i en beskrivning, ett begrepp eller en handling (Maton, 2014; Doran & Maton, 2021).

När SG och SD analyseras tillsammans kan man följa hur elever växlar mellan vardagligt språk, naturvetenskapliga begrepp och sökhandlingar. Dessa växlingar benämns i LCT för semantiska vågor, och analyseras för att synliggöra hur begrepp packas upp och ned i takt med att elever navigerar digitala resurser och utvecklar sökstrategier. Därmed erbjuder LCT ett precist språk för att koppla digitala handlingar till naturvetenskapligt meningsskapande – något som är centralt för att analysera elevernas sökprocesser i denna avhandling.

För att analysera elevers uttryck kring digitala praktiker används även delar av Ribble (2011, 2015, 2021) ramverk för digitalt medborgarskap, särskilt begreppen digital litteracitet och digital kommunikation. Dessa begrepp ger ett undervisningsnära språk för att beskriva hur elever uttrycker förståelse av digitala handlingar, informationshantering och kommunikation i skolsammanhang. I avhandlingen fungerar dessa begrepp som ett didaktiskt raster som kompletterar LCT genom att synliggöra hur elever artikulerar digitala förmågor i relation till ämnesspecifika uppgifter.

Tillsammans möjliggör dessa teoretiska perspektiv analyser av hur elever interagerar med digitala resurser i naturvetenskapliga lärprocesser, både på begreppslig, i kommunikativ och i strategier för lärande. Utöver dessa analytiska verktyg behövs en bredare förståelse av lärande som praktik, vilket fördjupas i nästa avsnitt.

4.2 Lärande i en postdigital kontext

Lärande i avhandlingen definieras utifrån ett sociokulturellt perspektiv, som situerat och distribuerat (Säljö, 2012). Detta innebär att digitala handlingar inte ses som uttryck för isolerade färdigheter, utan som delar av en praktik där språk, verktyg och sociala interaktioner samverkar. Vidare förstås lärande som deltagande i epistemiska praktiker – de sätt på vilka elever förstår, värderar och använder kunskap i digitala lärandesituationer (Barzilai & Zohar, 2012; Säljö, 2012; Lindfors, Winberg & Bodin, 2019). Detta omfattar hur elever avgör vad som räknas som giltig kunskap, hur information integreras i undervisningens sammanhang och hur de positionerar sig i relation till källor och digitala resurser. Barzilai och Zohar (2012) betonar vikten av att elever reflekterar över och integrerar information i digitala kontexter. Säljö (2012) framhåller att digitala resurser fungerar som externa minnessystem (hybrid minds) och förändrar epistemiska praktiker när lärande sker i samspel mellan människa och teknik.

Lärandets kontext tolkas här ur ett postdigitalt perspektiv. Det innebär att undervisning inte förstås som en analog kärna med digitala tillägg, utan som en sammanvävd praktik där mänskliga och teknologiska aktörer samverkar (Fawns et al., 2023). Detta perspektiv ligger i linje med hur digital agens definierats tidigare i avhandlingen och synliggör att elevernas handlingar formas i samspelet mellan interna resurser och externa strukturer.

Denna postdigitala förståelse knyter an till diskussionen i kapitel 3 om hur digitalisering och AI förändrar undervisningens epistemiska förutsättningar. Perspektivet förankras vidare i en nordisk didaktisk tradition där undervisningens vad, hur och varför hålls samman (Hopmann, 2007). Sammantaget ger dessa perspektiv en analytisk ram för att förstå digitalt naturvetenskapligt lärande som ett relationellt kunskapsarbete, där elevernas epistemiska praktiker utvecklas i dynamiskt samspel med teknik, uppgifter och undervisningens design.

5. Metoder

De teoretiska perspektiv som utvecklats i föregående kapitel utgör grunden för det metodologiska arbetet i detta kapitel. Avhandlingen bygger på en kvalitativ och praktiknära ansats. Forskningsdesignen omfattar kartläggning av elevers resonemang om onlinesökningar (artikel 1), analys av elevers sökhandlingar (artikel 2), elevers resonemang om digitala förmågor i relation till sökhandlingar (artikel 3) samt elevers resonemang om sökning med hjälp av sökmotorer och generativ AI (artikel 4). Forskningsdesignen har utformats som en kvalitativ flermetodsdesign (Johnson & Onwuegbuzie, 2004), där metodologisk bredd valdes för att fånga olika dimensioner av elevers digitala praktiker.

Genom att kombinera flera datakällor – enkäter, loggböcker, podcastsamtal, videodata och fokusgrupper – har studien fångat olika uttryck för elevers digitala praktiker och utvecklat en nyanserad och kontextförankrad förståelse av elevers resonemang om digitala förmågor vid sökning av naturvetenskaplig information online. Den metodologiska bredden har även stärkt studiens trovärdighet genom triangulering, vilket minskar risken för ensidiga tolkningar och gör det möjligt att låta elevernas röster, handlingar och strategier framträda ur flera typer av data (Huberman & Miles, 1983). Trianguleringen har också varit central för att synliggöra samspelet mellan språk, handling och digitala infrastrukturer i elevers sökpraktiker.

Forskningsdesignen är också inspirerad av didaktisk modellering enligt Wickman et al. (2018) och Wickman, Prain och Tytler (2025), där didaktiska modeller förstås som verktyg för att synliggöra situerat meningsskapande och analysera undervisning i dess komplexitet. I avhandlingen har denna ansats främst tagit formen av att jag, utifrån empiriska resultat, utvecklat en preliminär modell som prövats som analytiskt verktyg i de övriga undersökningarna. Däremot har ingen systematisk "mangling" i undervisningspraktik genomförts, vilket innebär att modellutvecklingen har varit analytiskt snarare än interventionsbaserad, och modellen har utvecklats och prövats i relation till empiri insamlad i ett annat undervisningssammanhang.

Även det analytiska arbetet har kännetecknats av att flera analysmetoder kombinerats: abduktiv tematisk analys (Braun & Clarke, 2006), semantisk analys utifrån Legitimation Code Theory (LCT) (Maton, 2013;

Doran & Maton, 2021), matrisbaserad analys (Miles & Huberman, 1983), och modellutveckling inspirerad av didaktisk modellering (Wickman et al., 2018; Wickman, Prain & Tytler, 2025). Dessa metoder kompletterar varandra och möjliggör analyser av digitala praktiker utifrån olika perspektiv.

Under hela forskningsprocessen har en reflexiv hållning varit nödvändig. Min dubbla position som forskare och naturvetenskapslärare har krävt att jag kontinuerligt växlat mellan olika tolkningsglasögon och prövat analyser i dialog med kollegor, vetenskapliga granskare i FontD forskarskola, IT–pedagoger och lärare i de deltagande skolorna. Detta reflexiva arbete har stärkt avhandlingens trovärdighet genom att tolkningar kontinuerligt prövats och förankrats i flera professionella perspektiv (Braun & Clarke, 2019, 2022).

Forskarreflektion

Jag märkte tidigt att metodvalen inte bara handlade om teknik, utan om perspektiv. Varje metod öppnade en annan ingång till elevernas lärande – ibland språklig, ibland kroppslig, ibland tyst. Det var först när dessa röster fick mötas som helheten började framträda.

5.1 Datainsamling

Datainsamlingarna skedde i en naturvetenskaplig undervisningskontext på två olika gymnasieskolor i norra Sverige. Urvalet av skolor och gymnasieprogram grundades i praktiska och didaktiska överväganden (Tabell 1). Med didaktiska överväganden avses framför allt att undervisningen skulle innehålla moment där eleverna arbetade med autentiska sökuppgifter i naturvetenskap, och därmed erbjuda relevanta situationer för studiens fokus på digitala sökpraktiker. Urvalet syftade också till att inkludera både högskoleförberedande och yrkesförberedande program för att spegla olika elevgrupper. Valet möjliggjorde undervisningsnära datainsamling utan att påverka elevernas garanterade undervisningstid.

Tabell 1. Datainsamlingens omfattning, tidpunkt, urval och centrala instrument.

Artikel	Tidpunkt och urval	Datainsamlingsinstrument och datainsamling
1	Tidpunkt: Våren 2021. Urval: 68 gymnasieelever från högskoleförberedande och yrkesprogram.	Enkätformulär: 41 frågor om digitala förmågor före och efter en sökövning. Övningsmaterial: Skärmklipp från webben. Samtalsguide till fokusgruppsdiskussion.
2	Tidpunkt: Vintern 2023. Urval: 22 gymnasieelever från högskoleförberedande program.	Videoinspelning av sökövning i par: Transskript från 11 samtal à 20 min (totalt ca 220 min)
3	Tidpunkt: Vintern 2023. Urval: 27 gymnasieelever från högskoleförberedande program.	Enkätformulär: 7 frågor om sökstrategier (totalt 189 svar). Loggboksunderlag: 4 reflektioner per elev (totalt 108 reflektioner) Samtalsguide till lärarledda podcastsamtal. Transskript från 8 samtal (3–4 elever) à 20 minuter (totalt ca 160 min)
4	Tidpunkt: Vintern 2023 och våren 2024. Urval: 2023: 22–27 gymnasieelever från högskole–förberedande program. 2024: 6 elever från högskoleförberedande program.	Videoinspelning av parvisa samtal om ChatGPT. Enkätformulär: 5 frågor om textrobotar (ChatGPT) (totalt 135 svar) Loggboksunderlag: 2 reflektioner om textrobotar (ChatGPT) per elev (totalt 110 reflektioner) Samtalsguide för lärarledda podcast: Transskript från 8 samtal (3–4 elever) à 20 minuter (totalt ca 160 min) Samtalsguide till uppföljande fokusgruppsintervju (1 år senare): Transskript från 2 samtal (3 elever per grupp) a´40 min (totalt 80 min)

I samtliga artiklar genomfördes datainsamlingen inom ramen för ordinarie undervisning i naturkunskap eller biologi. Undervisningen planerades i nära samarbete med ansvariga lärare, och forskningsmomenten integrerades i kursmomentens centrala innehåll. På så sätt kunde elevernas digitala agerande analyseras i direkt relation till ämnesinnehåll och undervisningens struktur, vilket var centralt för avhandlingens praktiknära ansats. Syftet med urvalet har inte varit att uppnå statistisk generaliserbarhet, utan att belysa överförbarhet (transferability) till liknande undervisningskontexter. Genom att både förankra studierna i faktiska ämnesmoment och inkludera olika elevgrupper har det varit möjligt att synliggöra hur digitala förmågor formas i olika undervisningssammanhang – snarare än att beskriva dem som generella eller enhetliga färdigheter. Målet har därmed varit att visa hur digitalt meningsskapande kan ta form i olika kontexter.

5.2 Dataanalys

Den övergripande analysstrategin har varit abduktiv och reflexiv: jag har växlat mellan data och teori, låtit mönster i materialet styra valet av analytiska raster och successivt förfinat de empiriska resultat, modeller och slutsatser som utvecklats i avhandlingen.Eftersom studiens fyra artiklar behandlar olika aspekter av digitalt meningsskapande har olika analytiska ramverk satts i arbete beroende på vad som behövde synliggöras i respektive delstudie. Varje ramverk har valts för att svara på ett specifikt analytiskt behov: Ribble (artikel 1), LCT (artikel 2), DVOS och AD (artikel 3) samt DVAI och AI–litteracitet (artikel 4). Tillsammans gör dessa det möjligt att analysera elevernas digitala praktik på flera nivåer – språk, handling, strategi och undervisningskontext.

Forskarreflektion

Att arbeta med flera analysverktyg innebar att jag ständigt rörde mig mellan empiri och teori. I början var det rörigt – både i materialet och i huvudet – men efter hand blev modellerna redskap för att se elevernas digitala arbete i flera lager. Utmaningen har varit att hålla ihop helheten och samtidigt följa de små växlingarna i elevernas reflektioner och aktiviteter.

5.2.1 Abduktiv tematisk analys

Abduktiv tematisk analys (Braun & Clarke, 2006, 2022) användes som första steg i samtliga delstudier för att identifiera återkommande mönster i elevernas resonemang. Kodningen inleddes semantiskt nära: elevyttranden i enkäter, loggböcker, podcastsamtal, videotranskript och fokusgrupper märktes med korta koder som fångade vad eleven gjorde eller uttryckte (t.ex. ”byter sökterm efter ämnesbegrepp”, ”väljer första träffen”, ”ber AI om att förenkla”). Dessa koder grupperades till teman i en abduktiv process och prövades mot relevanta teorier – exempelvis digital litteracitet och digital communication (artikel 1), semantik/LCT (artikel 2), DVOS och kunskapsformer (artikel 3) samt DVOS/DVAI och AI–litteracitet (artikel 4).

Den abduktiva dimensionen bestod i att analysen inte följde en linjär procedur utan genomfördes som en pendelrörelse mellan data, teori och min forskarposition. I artikel 1 innebar detta att de inledande kodningarna visade att policydefinitioner av digital kompetens inte fångade vad eleverna faktiskt uttryckte. Det krävde att jag återvände till materialet och skapade nya kategorier utifrån elevernas språk snarare än att utgå från etablerade definitioner. Utifrån detta arbete utvecklades DVOS–modellen. I artikel 2 arbetade jag först semantiskt med elevernas ämnesbegrepp. Den reflexiva granskning av kodningen gjorde att jag såg att semantiska växlingar också kunde synliggöra hur sökstrategier tog form – vilket ledde till att LCT prövades även på dessa handlingar. I artikel 3 genomfördes datainsamlingen i klassrum och podcastsamtal, och reflexiviteten handlade då om att aktivt hålla isär min lärarroll och forskarroll, så att kodningen grundades i elevernas resonemang snarare än i mina förväntningar utifrån lärarprofessionen. I artikel 4 behövde teman och antaganden omprövas ytterligare eftersom de olika elevgrupperna hade olika lång erfarenhet av generativ AI; variationen i uttryck gjorde att tidigare kategorier behövde justeras och testas på nytt. Tematisk analys fungerade därmed som både avstamp och kompass: den identifierade mönster i elevernas uttryck och pekade ut vilka delar som behövde analyseras mer teorinära. Samtidigt gav den abduktiva ansatsen utrymme att låta teorier och modeller utvecklas i dialog med elevernas empiriska uttryck, vilket var centralt för avhandlingens praktiknära fokus.

5.2.2 Semantisk analys utifrån LCT

Artikel 2 fokuserade på vad elever gör i sökprocessen, med utgångspunkt i videotranskriberade parsamtal. För att analysera samspelet mellan språk, begrepp och strategi användes den semantiska dimensionen inom

LCT (Maton, 2014; Doran & Maton, 2021): semantisk gravitation (SG) och semantisk densitet (SD). Transkripten från elevsamtalen delades in i korta sekvenser där sökord prövades, träffar värderades och begrepp diskuterades. Varje sekvens kodades utifrån hur elever växlade mellan vardagligt och ämnesnära språk och mellan enkla och mer komplexa sökstrategier.

I analysarbetet blev det tydligt att semantiken inte bara fångade hur eleverna använde naturvetenskapliga begrepp, utan också hur deras sökstrategier förändrades under processen. Inledningsvis kodades SD utifrån begreppsanvändning, men när vissa sekvenser framstod som svårtolkade prövades SD även på elevernas sätt att formulera och omformulera ord i relation till sökstrategi. Detta visade att strategierna i sig bar på semantiska kvaliteter: vissa handlingar förstärkte ämneskopplingar (SD+) medan andra förenklade eller lösgjorde sökningar från ämnesinnehållet (SD–). Dessa kodningar visualiserades i form av semantiska vågor, vilket gjorde det möjligt att följa hur eleverna växlade mellan konkreta exempel, sökhandlingar och abstrakta naturvetenskapliga begrepp över tid. Denna visuella analys tydliggjorde dessutom hur eleverna växlade mellan tre centrala aktiviteter: ämnesorientering, teknisk navigering i sökmotorn och begreppsliga resonemang.

Under analysen blev det också tydligt hur elevernas användning av naturvetenskapliga begrepp och deras sökstrategier samspelade. Samspelet strukturerades i termer av fyra aktivitetsdomäner (AD1–AD4), som utvecklades som ett analytiskt ramverk för att beskriva hur eleverna tolkade uppgiften, formulerade och reviderade sökord, navigerade träffar och utvärderade strategier och källor. Domänerna utvecklades alltså inte som ett förutbestämt ramverk utan som ett analytiskt verktyg som växte fram ur den semantiska analysen av elevernas handlingar.

5.2.3 Matrisbaserad analys

I artikel tre användes både DVOS–modellen och AD–domäner som analysverktyg för att undersöka hur elever resonerade kring samverkan mellan olika digitala delförmågor. Med inspiration från Miles och Huberman (1983) konstruerades en tvådimensionell matris där respektive DVOS–förmågorna utgjorde den ena axeln och aktivitetsdomänerna den andra. Meningsbärande yttranden från loggböcker, enkäter och podcastsamtal kodades in i denna matris utifrån vilken förmåga och vilken fas av sökprocessen eleverna resonerade kring

i respektive yttrande. Detta gjorde det möjligt att synliggöra att samma DVOS–förmåga kunde ta sig olika uttryck beroende på om eleven tolkade uppgiften, formulerade sökord, navigerade träffar eller reflekterade i podden.

Till detta lades ett analytiskt lager av olika kunskapsformer, baserat på en metodologisk anpassning av Krathwohls (2002) reviderade taxonomi. Krathwohls faktuella och konceptuella kunskapsform slogs samman till en gemensam kategori för begreppslig kunskap (B). Detta gjordes eftersom datapunkterna i artikel 3 bestod av korta elevyttranden där faktuell och konceptuell nivå inte kunde skiljas på ett analytiskt tillförlitligt sätt. Sammanslagningen möjliggjorde en stabil kodning och bibehöll samtidigt taxonomins hierarkiska struktur genom att fokus lades på variationer mellan tre övergripande kunskapsformer: begreppslig (B), proceduriell (P) och metakognitiv (M) kunskap.

Analysen fokuserade särskilt på de excerpt där elever resonerade kring flera delförmågor samtidigt. I dessa fall användes matrisen för att identifiera återkommande kombinationer av förmågor som samverkade inom samma aktivitetsdomän, vilket gav analytiskt underlag för hur DVOS–modellen kunde förstås som ett processuellt snarare än statiskt ramverk. Matrisens struktur gjorde det därmed möjligt att systematisera samvariationer och använda dessa som grund för vidare teoretisk utveckling av DVOS–modellen.

5.2.4 Modellutveckling

Artikel 4 undersökte hur gymnasieelever resonerar kring användningen av generativ AI, särskilt ChatGPT, i samband med digital informationssökning i naturvetenskap. Artikeln prövade också DVOS–modellen som ett analytiskt verktyg för att skapa kunskap kring denna nya teknologiska praktik.

Analysen byggde på en systematisk kodning av elevernas yttranden och reflektioner med utgångspunkt i DVOS–modellens fyra delförmågor, inklusive subkategorier. Liksom i artikel 3 kompletterades kodningen med en modifierad version av Krathwohls (2002) kunskapsformer, det vill säga begreppslig, proceduriell och metakognitiv kunskap.

Kodningen synliggjorde variation i hur elever formulerade frågor, tolkade AI-–svar och använde ämneskunskap i sina resonemang. Genom att DVOS–modellen prövades som analytiskt ramverk – inte som primärt forskningssyfte, utan som ett sätt att strukturera elevernas

uttryck – blev det också möjligt att identifiera vilka delar av modellen som fungerade i AI–kontext och vilka som behövde modifieras. I materialet framträdde till exempel resonemang kring promptstrategier, språkmedvetenhet samt teknisk och etisk förståelse av AI. Dessa resonemang låg till grund för att formulera en variant av DVOS–modellen, DVAI–modellen, som även omfattar de språkliga, tekniska och etiska dimensionerna av digitalt handlande i AI–miljöer.

5.2.5 Sammanfattning av teoretiska och analytiska ramverk i avhandlingen

Tabell 2 sammanfattar hur de olika teoretiska och analytiska ramverk har använts i avhandlingens fyra artiklar, ramverkens analytiska funktion och hur de bidragit till att utveckla DVOS–modellen, aktivitetsdomäner (AD) och DVAI–modellen. Valen av ramverk har styrts av respektive artikels syfte och tabellen tydliggör hur de analytiska valen strukturerat datamaterialet och banat väg för utvecklingen av modellerna DVOS, AD och DVAI.

Tabell 2. Översikt över de teoretiska och analytiska ramverk som använts i respektive artikel, i relation till deras analytiska fokus, funktion och bidrag.

Artikel	**Teoretiskt och analytiskt ramverk**	**Analytiskt fokus**	**Analytisk funktion**	**Analytiskt bidrag och motivering**
1	Ribble (digitalt medborgar-skap)	Elevers resonemang kring digital kompetens	Identifiera hur elever beskriver digital kompetens	Synliggör digitala del-förmågor i NV–undervisning. Lägger empirisk grund för DVOS–modellen och begreppet digital mångsidighet
2	LCT (semantisk analys)	Elevers begrepps-användning och sök-strategier	Spåra semantiska växlingar i begrepps-användning och sökstrategier	Möjliggör analys av hur elever växlar mellan vardagligt, ämnesnära, abstrakt samt konkret språk i sökuppgifter. Möjliggör beskrivning av användning av ämneskunskap och sök-

				strategier som parallella processer i AD
3	DVOS–förmågor, AD Krathwohls Kunskaps-former	Elevers resonemang kring digital kompetens och sök-strategier	Kartlägga relationer mellan undervisnings–upplägg, sökstrategi–användning, aktivitets-domäner och kunskaps-former	Tydliggör hur DVOS–förmågorna beskrivs i relation till olika faser och kunskaps-former
4	DVOS–förmågor, AI–litteracitet; Krathwohls Kunskaps-former	Elevers resonemang kring sök-strategier i AI–miljö	Differentiera mellan kunskaps-former som beskrivs i relation till digitala handlingar	Visar hur sökstrategier och kunskapsformer beskrivs i AI–stödda aktiviteter och ligger till grund för utvecklingen av DVAI–modellen

Forskarreflektion

Att arbeta med flera artiklar och analysverktyg har stundtals känts som att försöka hålla ihop något som hela tiden ville spreta åt olika håll. I början upplevde jag variationen som ett problem; med tiden blev den en styrka. Varje artikel öppnade en ny väg in i samma fenomen och tvingade mig att ompröva mina egna analytiska vanor. Jag lärde mig att stå ut med rörigheten – och att våga lita på att trådarna skulle mötas till slut. När de gjorde det såg jag hur mitt eget begrepp, mina modeller och egna ramverk växt fram ur materialet, snarare än ur färdiga teorier. Det blev den mest värdefulla insikten i hela forskningsprocessen.

5.3 Validitet och reliabilitet

I denna avhandling har kvalitativa metoder använts för att undersöka gymnasieelevers digitala kompetens i naturvetenskaplig undervisning, särskilt i relation till informationssökning, ämnesförståelse, och AI–användning. Med tanke på att artiklarna i avhandlingen bygger på liknande teoretiska och metodologiska grunder – som tillämpas i olika undervisningskontexter – diskuteras validitet och reliabilitet samlat i detta avsnitt.

5.3.1 Validitet i kvalitativ analys

Validitet i denna avhandling förstås inte som generaliserbarhet i statistisk mening, utan som en fråga om trovärdighet, tolkbarhet och teoretisk koherens. Rose och Johnson (2020) lyfter tre dimensioner som påverkar hur validitet kan förstås inom kvalitativ analys: (1) typen av innehåll, (2) relationen till teori och (3) val av jämförelsestandard. Deras ramverk, ursprungligen utvecklat för kvalitativ innehållsanalys, används här som ett begreppsligt stöd för att diskutera validitet i en abduktiv tematisk ansats.

När analysen gäller latenta uttryck – såsom elevers resonemang, AI–reflektioner och sökstrategier – blir det inte meningsfullt att validera tolkningarna mot en extern expertstandard. I stället bygger validitet på intersubjektivitet: att tolkningarna är begripliga och rimliga inom det använda teoretiska ramverket. Ett konkret exempel återfinns i artikel 2, där elevers sökbeteenden analyseras genom semantiska dimensioner inom LCT. I stället för att fastställa om strategierna som eleverna beskriver är "korrekta", fokuserar analysen på hur elevernas resonemang rör sig mellan abstrakta och konkreta nivåer. På så sätt etableras validitet genom teoretisk koherens, transparens i kodning och dialog mellan forskare.

5.3.2 Reliabilitet som forskningsmässig transparens

Reliabilitet i denna avhandling förstås inte som upprepningsbarhet i kvantitativ mening, utan som tolkningsmässig stabilitet. Rose och Johnson (2020) betonar att det i den här typen av tolkande analys handlar om att forskaren utvecklar tolkningar som är spårbara, konsekventa och väl motiverade inom det valda ramverket.

I samtliga artiklar hanteras reliabilitet genom:

- Tydliga kodmanualer och begreppsdefinitioner.
- Dialog mellan forskare kring kodningsbeslut.

- Upprepade och fördjupade genomgångar av kodningen där materialet analyseras flera gånger.
- Användning av elevcitat och kontextuell information för att visa tolkningens förankring.

Sammanfattningsvis vilar reliabiliteten i denna avhandling på metodologisk öppenhet, transparenta analysbeskrivningar, teoretisk förankring och långvarig praktisk erfarenhet av undervisning i liknande kontexter. Det handlar om att göra tolkningar begripliga, spårbara och rimliga för andra forskare och praktiker, snarare än att de ska ge exakt samma resultat vid upprepning. Synen på reliabilitet ligger därmed nära den validitetsdiskussion som förs ovan (jfr. Rose & Johnson, 2020): fokus ligger inte på upprepningsbarhet, utan på tolkningsmässig stabilitet, koherens och begriplighet inom ramen för en reflexiv analysprocess.

5.3.3 Reflektioner kring tolkning och analysprocess

Validitet och reliabilitet kan inte förstås som fasta punkter, utan som en rörelse i analysen. Rose och Johnson (2020) beskriver trovärdighet som ett överordnat begrepp där kvalitet handlar om att tolkningarna både ska vara meningsfulla för deltagarna (transaktionella) och potentiellt förändrande för praktiken (transformativa). I denna anda har analysarbetet präglats av reflexivitet, transparens och teoretisk förankring.

Christou (2025) lyfter hur nya teknologier, särskilt AI och automatiserad kodning, kräver ökad transparens och mänsklig kontroll. Även om jag inte använt AI som analysverktyg, har artikel 4 behandlat elevers användning av ChatGPT, vilket aktualiserat frågor om forskarens ansvar och trogenhet mot data – att säkerställa att empirin, snarare än tekniken, får styra tolkningen.

Det reflexiva förhållningssättet har inneburit att kontinuerligt pröva mina egna tolkningar och låta handledningsdialoger och omläsningar fungera som kritiska speglar. Närheten till empirin, som följd av att jag själv samlat in och transkriberat materialet, har både underlättat och utmanat analysen. Genom att arbeta abduktivt – i växelverkan mellan teori och empiri – har jag försökt hålla analysen öppen utan att tappa riktning.

Sammantaget bygger trovärdigheten i denna avhandling på teoretisk koherens, kontextförankring och reflexiv medvetenhet. Validitet och

reliabilitet har därmed förståtts som levande processer, där osäkerhet inte undanröjs utan synliggörs och bearbetas inom ramen för det kvalitativa analysarbetet.

5.4 Etik

5.4.1 Etiska överväganden

Studierna i denna avhandling har genomförts i enlighet med Vetenskapsrådets forskningsetiska principer (Etikprövningsenheten, 2022) och riktlinjerna i "God forskningssed" (Vetenskapsrådet, 2024). Efter överväganden i samråd med handledare bedömdes att ingen av studierna omfattades av krav på etikprövning enligt Etikprövningslagen (2003:460). Motivet till detta var att deltagarna var över 16 år, att deltagandet var helt frivilligt, och att studierna inte innehöll känsliga personuppgifter eller interventioner som faller under etikprövningsplikt (se även Etikprövningsmyndigheten, 2023). Inget samtycke från vårdnadshavare krävdes. Alla deltagare informerades muntligt och skriftligt om studiernas syfte, hur data skulle hanteras, samt att deltagandet var frivilligt och kunde avbrytas när som helst utan några konsekvenser för undervisning eller bedömning. Skriftligt samtycke inhämtades från eleverna inför varje datainsamling. Enligt Vetenskapsrådet (2024) är informerat samtycke en grundläggande etisk förutsättning för forskning, men måste alltid förstås som en pågående process, särskilt i skolsammanhang där deltagare kan uppleva informellt tryck. Detta har beaktats genom upprepade möjligheter för elever att ställa frågor och dra sig ur.

Till exempel har undervisande lärare informerat eleverna långt innan jag besökt klassen för att berätta om studien och samtyckesprocessen. Mellan information om studien och datainsamling har även en längre tid fortlöpt (2–4 veckor) där det funnits möjlighet för eleverna att fråga eller dra sig ur ett deltagande, så även under uppstarten och genomförandet av studien. I de fall där elever uttryckte osäkerhet eller tveksamhet inför deltagande, avstod de utan vidare, vilket visar att de upplevde sin rätt att säga nej som reell. Hänsyn till elevernas integritet, valfrihet och trygghet har varit en grundläggande utgångspunkt genom hela forskningsprocessen.

Insamlat material (video, ljud och text) har hanterats med stor försiktighet. Enkätsvaren och loggboksreflektionerna samlades in anonymt. Inga personuppgifter eller identifierbara uppgifter kopplades till dessa data, vilket ytterligare förstärkte skyddet för deltagarnas

integritet. Allt material har avidentifierats vid transkribering, och endast forskargruppen har haft tillgång till rådata. Inspelningar har förvarats enligt god dataskyddspraxis och i enlighet med dataskyddsförordningen (GDPR, 2016/679). Enligt Etikprövningsmyndighetens vägledning (2022) krävs särskild noggrannhet vid hantering av personuppgifter, även när dessa inte är känsliga enligt lagens mening. Därför har särskild vikt lagts vid att minimera igenkännbarhet i utdrag och citat.

Min roll som forskare i klassrummet har särskilt uppmärksammats i artikel 1, 3 och 4, där jag befann mig i undervisningsmiljön i direkt kontakt med eleverna. Som utbildad och yrkesverksam lärare har jag en lång erfarenhet av att arbeta i klassrumssituationer, vilket inneburit att jag har kunnat röra mig naturligt i miljön, läsa av stämningar och elevers reaktioner samt agera med lyhördhet för eventuell utsatthet. Denna närhet har sannolikt bidragit till att avdramatisera min närvaro och minskat den maktskillnad som annars kan uppstå mellan forskare, lärare och elever. Samtidigt har jag varit medveten om de asymmetriska villkor som kan prägla forskning i skolmiljö, särskilt när vuxna samlar in data från elever i en institutionell kontext. För att minska risken för beroenderelationer och feltolkad lojalitet, var min roll tydligt avgränsad från lärarrollen i samtliga datainsamlingar – jag hade inget ansvar för undervisning, bedömning eller närvarokontroll. Detta ligger i linje med Vetenskapsrådets riktlinjer om att forskningspersonen ska skyddas från påverkan som kan rubba den fria viljan (Vetenskapsrådet, 2024).

5.4.2 AI och etiska överväganden

Användningen av generativ AI i undervisningen – särskilt ChatGPT – aktualiserade flera etiska frågor i artikel 4. Det är dock viktigt att förtydliga att studien inte samlade in eller analyserade elevernas faktiska interaktioner med AI–verktyg. I stället utgick datainsamlingen från elevernas resonemang, erfarenheter och samtal om AI. I en undervisningsaktivitet fick elever testa ChatGPT i klassrummet, men deras individuella interaktioner dokumenterades inte. De uttryck som analyserades i studien kom från loggboksreflektioner, enkätsvar, podcastsamtal och fokusgrupper, där eleverna diskuterade sin syn på AI och beskrev hur de använt tekniken i andra sammanhang – exempelvis för skolarbete, sökningar eller textbearbetning. I vissa fall förekom att elever spontant googlade ChatGPT under samtalen (detta dokumenterades via video), men dessa handlingar låg inte till grund för en separat analys.

Det innebär att studien inte analyserade AI:s output i sig, utan hur elever tolkar, förstår och förhåller sig till AI–verktyg i skolkontext. Innehållet i dessa samtal har behandlats som elevuttryck, i linje med övriga datakällor i avhandlingen. Detta etiska förhållningssätt ligger i linje med Vetenskapsrådets rekommendationer (2024), där det betonas att AI–relaterade forskningsprojekt ska präglas av tydlig dokumentation, mänsklig tolkning och ansvarsfördelning. Särskild hänsyn bör också tas till att teknikens ofta är svår att överblickaopacitet och att deltagarna behöver förstå vad som samlas in och varför. Detta beaktats i denna studie genom att eleverna informerades muntligt och skriftligt om studiens syfte, och att deltagandet var frivilligt och kunde avbrytas när som helst.

Ett etiskt övervägande har även gällt användningen av generativ AI i själva forskningsarbetet. För transkribering av podcastsamtal i artikel 4 användes MacWhisper, ett lokalt installerat verktyg baserat på OpenAI:s Whisper–modell. Programmet kördes direkt på forskarens dator, vilket innebar att dataskydd och sekretess kunde säkerställas i enlighet med GDPR och Vetenskapsrådets riktlinjer (2024). Transkriberingarna kontrollerades och redigerades manuellt efteråt för att säkerställa noggrannhet och för att kunna anonymisera materialet innan analys. Sammantaget har hanteringen av AI i artikel 4 präglats av försiktighet, transparens och respekt för deltagarnas integritet. Forskaren har haft ett särskilt ansvar att förklara AI–teknikens roll i studien, att särskilja mellan pedagogisk användning och forskningsdata, och att agera med etisk medvetenhet kring hur ny teknologi kan påverka elevers uppfattning om deltagande, autonomi och insyn (Vetenskapsrådet, 2024; Christou, 2025).

I skrivprocessen har generativ AI (t.ex. Copilot, RISE GPT) använts som ett stöd för språkgranskning, förslag på formuleringar och reflektion kring textstruktur. Detta har skett under min fulla kontroll och texterna har även diskuterats och kommenterats av handledarna. Ingen analys, kodning eller tolkning av empiri har utförts med hjälp av AI, utan detta har skett manuellt genom noggranna genomläsningar och bearbetningar. AI har således fungerat som ett verktyg i skrivfasen, inte i analys – eller tolkningsprocessen. Detta ligger i linje med Vetenskapsrådets riktlinjer (2024), där det betonas att forskaren ansvarar för det vetenskapliga innehållet och att AI inte får ersätta mänsklig tolkning eller kritisk granskning.

5.4.3 Forskarens ansvar i pedagogiska miljöer

I flera utbildningsetiska forum, exempelvis en etikkurs för doktorander på vår institution (feb och mars 2025) samt Umeå Universitets informationsträff "Datahantering i ett juridiskt perspektiv" (nov 2024) har det framhållits att forskare som verkar i skolmiljö inte bara behöver följa formella juridiska krav, utan även värna den pedagogiska etik som präglar klassrummet – det vill säga elevernas rätt att lära, deras känsla av trygghet och deras möjlighet att förstå forskningen de deltar i. Dessa överväganden har varit centrala i alla fyra artiklar i denna avhandling. Det reflexiva arbetssättet har inneburit att min roll, tolkningsprocesserna och materialhanteringen kontinuerligt diskuterats i forskarteamet.

I enlighet med Vetenskapsrådets princip om att forskaren bär ett särskilt ansvar för att skydda deltagare med svagare ställning (Vetenskapsrådet, 2024), har särskild omsorg lagts vid att granska såväl datainsamling som analysen utifrån pedagogiska och etiska överväganden. Detta har till exempel handlat om att vara uppmärksam på hur elever kan känna förvirring i sökprocessen eller osäkerhet inför digitala bedömningar, och att hantera detta på ett ansvarsfullt sätt. Att synliggöra dessa erfarenheter i forskningen har gjorts med respekt för deltagarnas röster och med medvetenhet om den etiska balansgång som krävs för både att ge utrymme och samtidigt skydda dem. Sammanfattningsvis har forskningsetiska principer integrerats i hela forskningsprocessen – från planering till analys och publicering – för att värna både deltagarnas rättigheter som forskningens trovärdighet.

6. Sammanfattning av artiklar

6.1 Artikel 1 – Elevers resonemang kring digital kompetens

Artikel 1 (Lodén, Lönngren & Ottander, 2025a), Students' Reasoning on Searching Scientific Information Online: Developing a Model for Digital Versatility, bygger på en mixad metodstudie med 68 gymnasieelever från både högskoleförberedande och yrkesförberedande program vid två gymnasieskolor i Norrland. Studien genomfördes våren 2021 och syftade till att analysera hur elever resonerar kring digital kompetens i naturvetenskapliga ämnen (jfr Ribble, 2011, 2021; Ferrari, 2013; Skolverket, 2025; UNESCO, 2018; Vuorikari et al., 2016). Datainsamlingen omfattade en enkät, skriftliga elevreflektioner och fokusgruppssamtal.

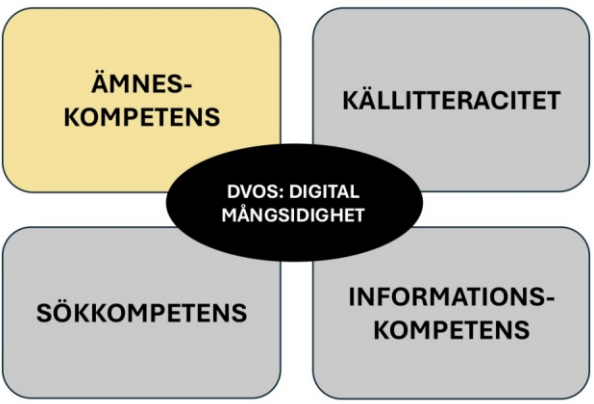
Forskningsfrågor:
1. Hur resonerar gymnasieelever om digitala förmågor i samband med sökning av naturvetenskaplig information online?
2. Hur resonerar de kring ämneskunskapens roll i denna process?

Den abduktiva tematiska analysen visade hur elevernas digitala praktiker rymmer både tekniska färdigheter (verktygshantering, källhantering) och ett samspel mellan sökstrategier, källkritik och ämnesförståelse (jfr Nygren, 2020; Wiblom, Rundgren & Andrée, 2017). Tidigare forskning har främst beskrivit det naturvetenskapliga språkets komplexitet (Fang, 2004; Lemke, 1998; Ribeck, 2015) och de epistemiska utmaningar som uppstår när vetenskaplig information cirkulerar i digitala medier (Höttecke & Allchin, 2020), men utan att studera hur naturvetenskapliga begrepp används i elevers digitala sökpraktiker.

I denna studie uttryckte eleverna däremot att ämneskunskap och naturvetenskapliga begrepp konkret underlättade deras sökande – genom att ge mer precisa söktermer, mer relevanta träffar och stöd för att identifiera trovärdiga källor.

Fyra dimensioner i elevernas resonemang om digital kompetens i relation till informationssökning identifierades: ämneskompetens, källitteracitet, informationskompetens och sökkompetens. Dessa fyra delförmågor samlades i modellen DVOS (Digital Versatility in Online

Searching) (Figur 2), i vilken också begreppet digital mångsidighet introducerades. DVOS–modellen tydliggör digital mångsidighet som ett sammanhållet och integrerat kunnande, i kontrast till policybegreppet digital kompetens som ofta beskriver enskilda färdigheter eller betonar hantering av information först efter att den hittats (Punie, Brečko & Ferrari, 2014; Pangrazio & Sefton–Green, 2021).



Figur 2. DVOS–modellen med fyra delförmågor: ämneskompetens, källitteracitet, informationskompetens och sökkompetens.

6.2 Artikel 2 – Elevers handlingar i digitala sökprocesser

Artikel 2 (Lodén, Lönngren & Ottander, 2025b), More than a Quick Search: Interplay between Students' Use of Scientific Concepts and Online Search Strategies, fördjupar förståelsen av hur gymnasieelever kombinerar ämneskunskap och digitala sökstrategier i autentiska sökuppgifter. Studien bygger på videoobservationer från 22 elever (11 par) som arbetade med två uppgifter av varierande svårighetsgrad i bioteknik (jfr Sendurur et al., 2015, 2019; Nordlund et al., 2023). Syftet var att analysera samspelet mellan användningen av vetenskapliga begrepp och digitala strategier i elevernas sökprocesser.

Forskningsfrågor:

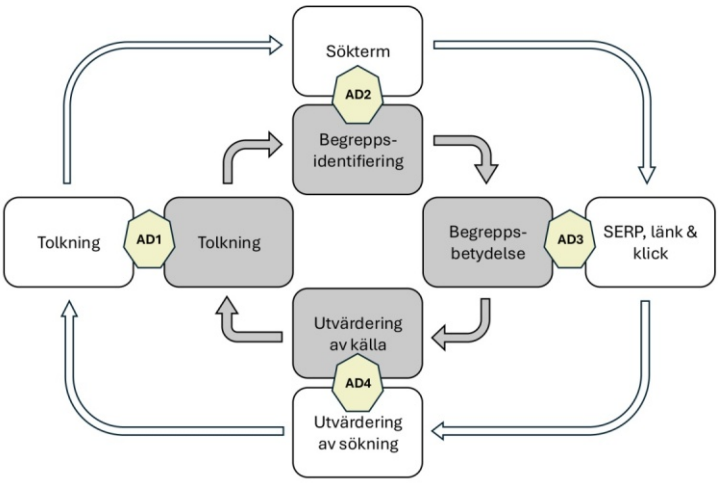
1. Hur navigerar elever konceptuella utmaningar under digitala sökprocesser?

2. Hur samspelar elevernas användning av naturvetenskapliga begrepp och sökstrategier när de söker information online?

Den tematiska analysen genomfördes med stöd av Legitimation Code Theory (LCT;) (Maton, 2014; Doran et al., 2021) och fokuserade särskilt på semantiska skiften mellan konkreta och abstrakta nivåer i elevers användning av ämneskunskap och sökstrategier. Analysen strukturerades genom fyra aktivitetsdomäner (AD1–AD4), som användes som ett ramverk för att organisera olika typer av handlingar i elevernas sökprocesser.

Centrala resultat:

- Uppgifternas olika komplexitet verkar ha påverkat elevernas sökstrategier. I enklare faktauppgifter dominerade linjära, ytliga strategier (Marchionini, 2006; Blikstad–Balas, 2016) och användning av källor som Wikipedia och NE. Vid mer problemorienterade uppgifter blev sökprocesserna längre, mer iterativa och elever kombinerade ämneskunskap, sökstrategier och källvärdering mer (Haider & Sundin, 2019; Nygren et al., 2020).
- Tre strategier identifieras som inte hade beskrivits i tidigare forskning: riktad förfining (targeted refinement), text–till–bild–sökning och bit–för–bit–sökning (piecewise searching). Särskilt den sistnämnda verkade stödja semantiska skiften mot högre abstraktion och integrering av begrepp (Maton, 2020; Doran & Maton, 2021).
- Inom ramen för AD1–AD4 synliggjordes hur elever tolkade uppgiften (AD1), formulerade och förfinade söktermer (AD2), navigerade i sökresultat (AD3) och utvärderade ämnesinnehåll, sökstrategier och källor (AD4), vilket tydliggjorde hur ämneskunskap och digitala sökstrategier samverkade i olika faser av sökprocesserna.



Figur 3. Elevernas digitala sökprocesser är komplexa. De grå boxarna i figuren markerar handlingar kopplade till ämneskunskap och de vita boxarna markerar sökstrategiska handlingar. De gula sjukanterna representerar aktivitetsdomänerna. Figuren visar hur domäner hänger samman genom återkopplingar och tillsammans formar elevernas digitala sökpraktiker.

Sammantaget bekräftar studien att digitalt sökande i naturvetenskap inte kan reduceras till tekniska färdigheter. Det är en begreppsligt och strategiskt komplex praktik som kräver både begreppslig precision och strategisk flexibilitet (Figur 3; Aberšek et al., 2015; Höttekke & Allchin, 2020). AD–ramverket erbjuder ett empiriskt grundat sätt att analysera liknande processer i framtida forskning.

6.3 Artikel 3 – Digital mångsidighet i undervisning

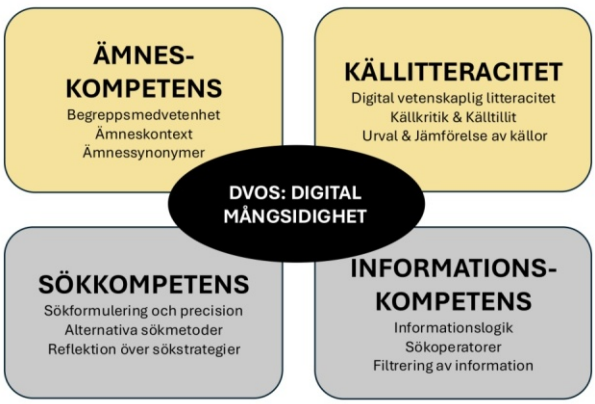
Artikel 3 (Lodén, Lönngren & Ottander, 2025c), Digital Versatility in Science Education – Students' Integration of digital abilities and search processes online, undersöker hur gymnasieelever beskriver och använder digitala förmågor i relation till naturvetenskaplig undervisning. Studien bygger på en undervisningsintervention i en klass med 27 elever på ett högskoleförberedande program. Syftet var att analysera vilka aspekter av digital mångsidighet som kommer till uttryck i autentiska undervisningssituationer, samt hur dessa kan förstås i relation till elevernas meningsskapande kring vetenskaplig information online.
Forskningsfrågor:

1. Vilka digitala delförmågor aktiveras i autentiska undervisningssituationer?
2. Hur samspelar dessa delförmågor med olika former av ämneskunskap i elevernas meningsskapande?

Datamaterialet omfattade loggboksreflektioner, en enkät och podcastsamtal. Den tematiska analysen utgick från DVOS–modellens fyra delförmågor – ämneskompetens, källitteracitet, informationskompetens och sökkompetens – och kompletterades med en matrisanalys baserad på tre kunskapsformer (begreppslig, proceduriell och metakognitiv kunskap; jfr Krathwohl, 2002).

Centrala resultat:

- Ämneskunskap fungerade som en återkommande epistemisk resurs i hela sökprocessen. Elevernas sökprocesser präglades av svårigheter att navigera online när de inte använde relevanta ämnesbegrepp, men när centrala termer som DNA–metylering eller CRISPR användes blev sökningarna mer träffsäkra (jfr. Doran, Maton & Martin, 2021; Wiblom, Rundgren & Andrée, 2017; Nygren & Guath, 2022). Ämneskunskap framstod därmed som en epistemisk resurs i hela sökprocessen (Säljö, 2012). Även källitteracitet får fördjupning mot ämnesvetenskap (jfr Figur 4).
- För varje delförmåga identifierades variation i hur elever uttryckte olika kunskapsformer (jfr Krathwhol, 2002), vilket gjorde det möjligt att på ett mer nyanserat sätt synliggöra variation i hur elever uttryckte och använde delförmågorna (Figur 4).
- Digital mångsidighet blev synlig i sökprocessen. Delförmågorna aktiverades i ett dynamiskt samspel, där till exempel ämneskompetens och sökkompetens integrerades när elever valde vilka söktermer de skulle använda och informationskompetens kombinerades med källitteracitet när elever värderade källor (jfr. Haider & Sundin, 2019; Marchionini, 2006).
- Reflexiva undervisningsformer verkade stärka elevernas digitala agens. Podcaster och loggböcker gav utrymme för reflektion och metakognitiv kunskap, vilket gjorde det möjligt för elever att ompröva strategier och synliggöra sin egen sökprocess i samtal med andra (jfr. McGrew, 2020; Säljö, 2012).



Figur 4. DVOS–modellen med nyanserade delförmågor.

Utifrån de empiriska resultaten kunde DVOS–modellens fyra förmågor (ämneskompetens, källitteracitet, informationskompetens och sökkompetens) beskrivas mer nyanserat, både i relation till elevernas konkreta handlingar och deras reflektioner över de egna sökprocesserna. Sammantaget visar artikel 3 att digital mångsidighet är ett komplext och situationsbundet kunnande där flera delförmågor och kunskapsformer samspelar. Studien nyanserar DVOS–modellen (Lodén et al., 2025a) genom att synliggöra både parallell aktivering av förmågor och deras funktionella relationer i undervisningspraktiker. På så vis fungerar artikel 3 som en syntes som binder samman elevernas resonemang (artikel 1) och handlingar i autentiska sökprocesser (artikel 2), och placerar begreppet digital mångsidighet som ett centralt begrepp i avhandlingen (jfr Pangrazio & Sefton–Green, 2021; Höttekke & Allchin, 2020).

6.4 Artikel 4 – Elevers resonemang kring generativ AI

Artikel 4 (Lodén et al., 2025d), Generativ AI i klassrummet: Elevers resonemang i och om naturvetenskaplig undervisning, undersöker hur gymnasieelever använder och resonerar kring generativ AI – särskilt ChatGPT – i naturvetenskapliga sammanhang. Studien genomfördes i två faser (2023 och 2024) och bygger på klassrumsnära data från videoobservationer, loggböcker, enkäter, podcastsamtal och

fokusgrupper. Syftet var att analysera variationer i elevers digitala mångsidighet och resonemang i mötet med generativ AI, med fokus på hur olika kunskapsformer (begreppslig, proceduriell, metakognitiv) kommer till uttryck i elevers agerande och reflektioner.

Forskningsfråga:
1. Hur uttrycks och varieras elevers digitala mångsidighet när de använder generativ AI i naturvetenskaplig undervisning?

Analysen genomfördes abduktivt utifrån DVOS–modellens fyra delförmågor (ämneskompetens, källitteracitet, informationskompetens och sökkompetens) i kombination med Krathwohls (2002) kunskapsformer, vilket möjliggjorde en fördjupad tolkning av hur elever förstår, tillämpar och reflekterar över AI–stödd informationssökning.

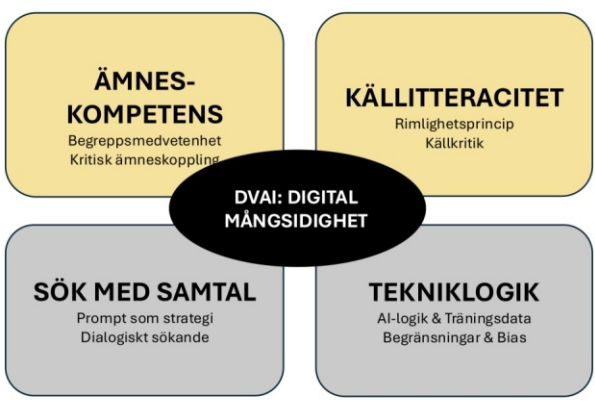
Centrala resultat:
- Elevernas resonemang kring ChatGPT präglades av betydande variation. Många beskrev att de använde verktyget instrumentellt – för snabb orientering och språklig hjälp – vilket motsvarar begreppslig kunskap. Andra beskrev proceduriella strategier, till exempel att pröva följdfrågor, jämföra svar och omformulera prompts. En mindre grupp beskrev användning av metakognitiva kunskap, med kritisk reflektion kring AI:s begränsningar, etik och trovärdighet
- Eleverna beskrev delförmågorna på nya sätt, jämfört med DVOS: ämneskunskap beskrevs som både resurs och filter i tolkningen av AI–genererade svar; källitteracitet beskrevs som rörelse från språklig trovärdighet till etisk och epistemisk medvetenhet; informationskompetens beskrevs i termer av tekniklogik (förståelse för hur AI producerar kunskap); och sökkompetens beskrevs som dialogisk promptning (ett samspel mellan språk, strategi och tolkning).

Sammantaget visar studien hur digital mångsidighet kan ta sig uttryck i generativa miljöer och hur elever verkar växlar mellan olika kunskapsformer och digitala delförmågor när de använder generativ AI. Dessa resultat bör också förstås i relation till tidigare artiklar. Där artikel 2 och 3 synliggjorde hur elever kombinerar ämneskunskap och sökstrategier, visade artikel 4 hur denna samaktivering tog sig uttryck i form av språklig förhandling och reflexiv dialog med AI. På så vis konkretiserades den teoretiska rörelsen från söklogik till samtalslogik som en vidareutveckling av DVOS–modellen.

Utifrån dessa resultat föreslogs DVAI-modellen (Digital Versatility in AI) som en vidareutveckling av DVOS–modellen. Modellen behåller DVOS teoretiska grund men introducerar fyra reviderade delförmågor:

1. Ämneskompetens – begreppslig och strategisk användning av AI för ämnesförståelse.
2. Källitteracitet – rimlighetsprincip, etisk och källkritisk medvetenhet om AI–genererat innehåll.
3. Tekniklogik – förståelse av AI:s träningsdata, bias och begränsningar.
4. Sök med samtal – promptning som dialogisk och reflekterande handling.

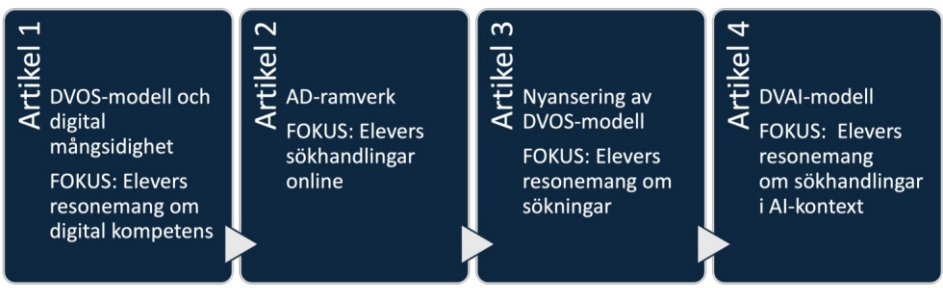
DVAI synliggör därmed hur kunskap, språk och teknik samverkar i AI–baserat lärande, och erbjuder en ämnesdidaktisk modell för att analysera och utforma undervisning där generativ AI integreras i elevernas meningsskapande (Figur 5). Teoretiskt bidrar artikeln också med en fördjupning av begreppet digital mångsidighet genom att knyta det till AI–litteracitet.



Figur 5. DVAI–modellen med fyra delförmågor: ämneskompetens, källitteracitet, tekniklogik och sök med samtal.

6.5 Relation mellan artiklarna

Avhandlingens fyra artiklar undersöker hur gymnasieelever uppfattar, använder och omsätter digitala förmågor i informationssökning online i relation till naturvetenskaplig undervisning. Begreppet digital mångsidighet har successivt växt fram och konkretiseras genom de olika modellerna (Figur 6).



Figur 6. Samband mellan avhandlingens fyra artiklar. Pilarna visar hur forskningens fokus har skiftat och varje ruta anger modell eller ramverk och dess empiriska fokus.

Artikel 1 introducerade digital mångsidighet som ett elevnära alternativ till policydefinitioner av digital kompetens. Genom en tematisk analys av elevresonemang identifierades fyra delförmågor som tillsammans utgjorde grunden för DVOS–modellen. Här etablerades en viktig begreppslig utgångspunkt för avhandlingen, där digital kompetens förstås som en kombination av ämneskunskap, källhantering, informationssökning och strategisk användning av digitala resurser.

Artikel 2 bidrog med ett annat perspektiv på digital mångsidighet genom att analysera elevers handlingar under olika faser av sökprocessen – aktivitetsdomänerna (AD). Resultaten visade hur elever växlade mellan begreppsanvändning och sökstrategier. och tydliggjorde hur olika delförmågor aktiverades i skilda faser av sökprocessen.

Artikel 3 använde DVOS–modellen och AD–ramverket för att analysera data från en undervisningsintervention och därmed belysa hur delförmågorna kan samverka i klassrummets praktik. Analysen visade att digital mångsidighet inte är en linjär process utan ett dynamiskt samspel mellan olika delförmågor och kunskapsformer. Samtidigt

indikerar studien vikten av att ge tid och utrymme för reflektion i klassrummet så att inte undervisningen riskerar att reduceras till instrumentell teknikhantering.

Artikel 4 prövade DVOS–modellen i en AI–kontext. Elevernas resonemang kring ChatGPT visade både kontinuitet och förändring i förhållande till resultaten från en sökmotorkontext: de fyra delförmågorna kvarstod som relevanta, men nya dimensioner som språkmedvetenhet, teknisk precision och promptning som dialogisk handling blev synliga. Dessa resultat motiverade den omformade modellen DVAI, där DVOS-modellen anpassades till de didaktiska villkor som präglar generativa miljöer.

Tillsammans visade artiklarna hur begrepp, modeller och ramverk successivt formades: från initial identifiering av digitala förmågor (artikel 1), via operationalisering i aktivitetsdomäner (artikel 2), till nyansering i termer av samspel mellan delförmågor, aktivitetsdomäner och kunskapsformer (artikel 3) och slutligen till omförhandling i en AI–kontext (artikel 4). Digital mångsidighet utvecklades och användes därmed inte som en statisk modell, utan som ett ramverk i rörelse, format i nära dialog med empiriskt material från olika kontexter och metodologiska val.

7. Resultat och resultatdiskussion

7.1 Artikel 1 – Elevers resonemang kring digital kompetens

Resultaten från artikel 1 visar hur elevernas förståelse av digital kompetens formas i mötet mellan ämneskunskap, digitala resurser och källkritiska praktiker. Den tematiska analysen identifierade tre huvudteman som belyser dessa samband: (1) ämnesbegrepp som navigeringsverktyg, (2) fördjupade kontra ytliga sökstrategier och (3) algoritmers påverkan och selektiv exponering.

Det första temat i analysen visar att eleverna beskrev ämnesbegrepp som både ett stöd och ett hinder i digital informationssökning. Många upplevde att de saknade rätt begrepp för att formulera effektiva sökfrågor, medan andra uttryckte osäkerhet kring hur avancerade ord egentligen bör användas i sökningar. Denna osäkerhet tyder på att elevernas språkliga och digitala strategier är tätt sammanflätade: för att kunna söka relevant naturvetenskaplig information krävs en viss språklig precision, men eleverna saknar ofta verktyg för att hantera den. Liknande mönster har beskrivits av Fang (2004) och Lemke (1998), som visat att naturvetenskapens täta och abstrakta språk ställer särskilda krav på elevernas förmåga att översätta mellan vardagligt och tekniskt språkbruk. Ribeck (2015) framhåller dessutom att det naturvetenskapliga språkets struktur kan skapa barriärer för förståelse om eleverna inte aktivt tränas i att använda begreppen. I digitala miljöer blir denna utmaning särskilt tydlig: Wiblom, Rundgren och Andrée (2017) visar hur elever använder alltför allmänna söktermer, vilket leder till ytliga eller missriktade sökresultat. I ljuset av dessa studier framstår elevernas beskrivningar i denna undersökning som ett uttryck för samma grundläggande problem – att digitalt sökande i naturvetenskap kräver en parallell utveckling av ämnesspråklig och digital kompetens.

Det andra temat belyser skillnader i elevernas strategier för att söka online, där vissa beskrev fördjupade och systematiska sökvägar medan andra använde mer ytliga och rutinmässiga tillvägagångssätt. Några elever beskrev att de medvetet prövade flera sökvägar och jämförde träffar innan de valde källor, medan andra nöjde sig med den första sidan av sökresultat och förlitade sig på magkänsla. Denna variation visar att digitalt sökande i naturvetenskapliga sammanhang präglas av både strategisk medvetenhet och rutinmässigt beteende. Marchionini

(2006) skiljer mellan så kallade lookup–sökningar – där användaren snabbt letar efter ett specifikt svar – och mer utforskande strategier som kräver reflektion och omformulering. Flera av elevernas beskrivningar i denna studie överensstämmer med just lookup–mönstret, där sökningen avslutas så snart ett ”tillräckligt bra” svar hittas. Haider och Sundin (2019) visar att denna typ av beteende är vanlig när elever inte ser informationssökning som en del av själva lärandeprocessen, utan som ett förstadium till den. Rieh et al. (2016) påpekar dessutom att förmågan att omformulera sökstrategier kräver både digital och metakognitiv medvetenhet – något som bara några av eleverna i denna undersökning uppvisade. I linje med Wiblom, Rundgren och André (2017) antyder resultaten att elevernas tilltro till intuition snarare än systematiska strategier kan begränsa deras möjligheter att fördjupa ämnesförståelsen. Samtidigt visar de mer reflekterande utsagorna att det finns potential att utveckla strategiskt kunnande om informationssökning när elever ges möjlighet att diskutera och jämföra sökvägar.

Det tredje temat handlar om hur eleverna resonerade kring algoritmers påverkan och selektiv exponering. Några elever beskrev att de uppskattade hur sökmotorer ”sållar bort” oviktig information, medan andra uttryckte oro över att de inte visste vad som egentligen försvann i processen. Denna dubbelhet – mellan tillit och tvekan inför algoritmisk filtrering – pekar på att eleverna har en begränsad förståelse för hur söksystem påverkar vilka perspektiv som blir synliga. Liknande tendenser har identifierats i tidigare studier där elever visat låg medvetenhet om selektiv exponering (Fasching & Schubatzky, 2022) och ofta överskattat sin kontroll över informationsflöden (Otrel–Cass & Fasching, 2021). Geschke et al. (2019) visar dessutom att bristande insikt i filtermekanismer kan bidra till att elever ofrivilligt hamnar i ekokammare. I relation till dessa studier framstår elevernas resonemang i denna undersökning som fragmentariska: de kan identifiera att ”något händer” i filtreringsprocessen men saknar språk och verktyg för att analysera konsekvenserna.

Sammantaget visar dessa tre teman att elevernas digitala sökande i naturvetenskapliga sammanhang inte kan förstås som en isolerad källkritisk aktivitet, utan måste ses i relation till hur de använder ämnesspråk, väljer strategier för att värdera information och förhåller sig till algoritmiska villkor i digitala miljöer. De tre teman som identifierades – ämneskompetens, sökstrategier och algoritmers påverkan – utgör den empiriska grunden för formuleringen av fyra delförmågor: ämneskompetens, källitteracitet, informationskompetens och sökkompetens. Elevernas resonemang rör sig mellan tekniska

färdigheter och mer sammansatta strategier, men visar samtidigt att eleverna ofta uppfattade digital kompetens som något generellt – en uppsättning generiska färdigheter snarare än ett kunnande förankrat i ämnesinnehållet. Denna tendens ligger i linje med tidigare studier som visat hur språklig medvetenhet är avgörande för att kunna delta i meningsskapande och kunskapsutveckling (Snow, 2016), och hur utvecklingen av ämnesspecifikt språk utgör en central del av elevers lärande i akademiska och digitala miljöer (Roessingh et al., 2016). I likhet med Haider och Sundin (2019) blir det tydligt att digital kompetens formas i samspelet mellan språkliga, kognitiva och strategiska dimensioner.

Dessa iakttagelser blev grunden för begreppet digital mångsidighet, som formulerades i artikel 1. Begreppet växte fram ur behovet av ett mer ämnesnära sätt att beskriva elevernas digitala kunnande – inte som en generell ”digital kompetens”, utan som ett situerat och varierande agerande i naturvetenskapliga sökpraktiker. Denna förståelse låg till grund för utvecklingen av DVOS–modellen, som användes som ett analytiskt verktyg för att konkretisera digital mångsidighet i de efterföljande studierna.

Forskarreflektion

När jag arbetade med artikel 1 var min utgångspunkt att fånga gymnasieelevers egna röster om digital kompetens – vad de säger att de kan och gör i digitala miljöer. Resultaten visade att eleverna lade stor vikt vid praktiska strategier för själva sökprocessen, något som sällan framträder i styrdokument där källkritik dominerar och sökande i högre grad knyts till andra ämnen än naturvetenskap. Detta glapp blev en vändpunkt i forskningsarbetet. Det ledde mig vidare till att undersöka hur elever faktiskt agerar i digitala miljöer (artiklarna 2 och 3) och blev grunden för DVOS–modellen och begreppet digital mångsidighet.

7.2 Artikel 2 – Elevers handlingar i digitala sökprocesser

Artikel 2 fördjupar förståelsen av hur gymnasieelever använder naturvetenskapliga begrepp och digitala sökstrategier i samspel under autentiska sökuppgifter. Analysen utgår från Legitimation Code Theory (LCT; Maton, 2014; Doran et al., 2021) och fokuserar på hur elevernas navigering av vetenskaplig information online kan förstås genom

semantiska skiften – det vill säga hur de växlar mellan konkreta och abstrakta uttryck i både ämneskunskap (Fang, 2004; Lemke, 1998) och sökstrategier (Aberšek et al., 2015; Doran, Maton & Martin, 2021).

Artikel 2 bygger vidare på resultaten från artikel 1 genom att analysera elevers görande i autentiska sökuppgifter och därmed pröva om de mönster som framträdde i elevernas resonemang i artikel 1 även kan identifieras i deras praktiska arbete. Tre centrala resultat framträdde.

För det första varierade elevernas strategier mellan två uppgifter med olika komplexitet. I en enkel faktabaserad uppgift dominerade ytliga strategier som att använda Wikipedia och linjär sökning (Marchionini, 2006). I en mer problemorienterad uppgift blev däremot sökprocesserna längre, där eleverna rörde sig fram och tillbaka mellan att tolka uppgiften, formulera och omformulera sökfrågor, navigera i träfflistor samt värdera källor och strategier. På så sätt indikerar resultaten att olika typer av uppgifter kan ge olika förutsättningar för hur eleverna använder och kombinerar ämneskunskap, källkritik och sökstrategier (Nordlund & Kokkola, 2023; Sendurur et al., 2015, 2019). Detta bekräftar tidigare forskning som visat att elever ofta prioriterar snabbhet och bekvämlighet framför kritisk granskning (Blikstad–Balas, 2016; Haider & Sundin, 2019; Rieh, Thompson–Collins, Hansen & Lee, 2016).

För det andra identifierades tre nya sökstrategier utöver tidigare beskrivna (Marchionini, 2006; Sendurur et al., 2019): riktad förfining (targeted refinement), text–till–bild–sökning (text–to–image) och bit–för–bit sökning (piecewise searching). Särskilt den sistnämnda strategin gjorde det möjligt för elever att dela upp en komplex fråga i flera delmoment och sammanfoga resultaten, vilket i sin tur verkade stödja semantiska skiften mot högre abstraktion och begreppslig integration (Maton, 2020; Doran & Maton, 2021). Dessa strategier framstår därmed som centrala för att förstå hur elever kan engageras i djupare meningsskapande i naturvetenskap (jfr Aberšek et al., 2015; Höttekke & Allchin, 2020).

För det tredje visade analysen hur eleverna kunde aktivera olika delförmågor under de fyra aktivitetsdomänerna (AD). Här blev samspelet mellan ämneskunskap och sökstrategi särskilt tydligt, exempelvis när elever gick från att använda vardagliga uttryck till mer abstrakta vetenskapliga begrepp för att förfina sina sökningar (jfr Ribeck, 2015; Nygren & Guath, 2022; Wiblom, Rundgren & Andrée, 2017). Analysen visar att AD–ramverket kan fungera som ett verktyg för att synliggöra hur digitalt meningsskapande tar form.

Sammantaget visar artikel 2 att digital informationssökning i naturvetenskap inte kan reduceras till teknisk färdighet. Det är en ämnesspecifik och kognitivt komplex praktik där framgångsrik sökning förutsätter både begreppslig precision och strategisk flexibilitet (Aberšek et al., 2015; Höttekke & Allchin, 2020). LCT–analysen synliggör att elever som växlar mellan konkreta exempel och abstrakta förklaringar utvecklade mer komplexa sökvägar, medan de som enbart använde vardagliga uttryck i högre grad fastnade i ytliga strategier.

Forskarreflektion

I ljuset av artikel 1 blev artikel 2 en nödvändig fördjupning. Elevrösterna hade synliggjort hur gymnasieelever beskrev digital kompetens, men först här framträdde vad de faktiskt gjorde i realtid. Skillnaden mellan tal och handling blev tydlig, särskilt i synen på stavning, källkritik och självsäkerhet i sökandet. Studien gav också empirisk tyngd åt DVOS genom att konkretisera de digitala delförmågorna i handling. Samtidigt lade resultaten grunden för artikel 3: de aktivitetsmönster som identifierades här öppnade för att analysera elevernas resonemang i relation till undervisningsinterventionen. Kunde DVOS ytterligare nyanseras – och hur får man fatt på digital mångsidighet i undervisningen?

7.3 Artikel 3 – Digital mångsidighet i undervisning

Artikel 3 bidrar till att fördjupa precisionen av hur digital mångsidighet tar form i autentiska undervisningssituationer. Studien analyserar hur elever beskriver att de aktiverar och kombinerar olika digitala delförmågor i mötet med naturvetenskapligt innehåll, och hur undervisningens design – särskilt reflekterande moment – stödjer detta samspel. Syftet är att undersöka hur ämneskunskap, digitala strategier och metakognitiva processer integreras i undervisningen och därigenom stödjer elevernas förmåga att agera medvetet och strategiskt i digitala miljöer.

Analysen utgick från DVOS–modellens fyra delförmågor – ämneskompetens, källitteracitet, informationskompetens och sökkompetens – kompletterat med tre kunskapsformer, begreppslig, proceduriell och metakognitiv kunskap (jfr Krathwohl, 2002).

Kunskapsformerna användes som analytiska glasögon för att synliggöra kvalitativ variation i hur elever använde och kombinerade ämneskunskap och digitala strategier i undervisningen (jfr Haider & Sundin, 2019, kap. 1, 4).

Tre centrala resultat framträdde: För det första framstodämneskunskap som en epistemisk resurs. Sambandet mellan ämneskunskap och digitala strategier framträdde tydligt i elevernas arbete med biotekniketeman som epigenetik, genmodifierade organismer och genterapi. Många beskrev initiala svårigheter med att förstå uppgifterna och hitta relevanta begrepp för sökning, vilket överensstämmer med tidigare forskning om ämneskunskapens betydelse för att navigera digital information (Doran, Maton & Martin, 2021; Haider & Sundin, 2019, kap. 5; Säljö, 2012). När basbegrepp som DNA–metylering eller CRISPR väl användes, upplevde eleverna att sökningarna blev mer träffsäkra och sammanhängande, ett resultat som bekräftar forskning om betydelsen av begreppsanvändning i naturvetenskaplig informationssökning (Aberšek et al., 2015; Wiblom, Rundgren & Andrée, 2017).

Flera elever betonade också värdet av konkreta verktyg som citattecken i Google eller kortkommandot Ctrl+F för att navigera i stora textmängder, särskilt vid jämförelse av olika källor. Loggböckerna visade både frustration över tidskrävande sökningar och exempel på mer systematiska arbetssätt, som att pröva flera olika söktermer eller att börja med enklare källor för att sedan gå vidare till mer specialiserade – vilket tydliggör behovet av undervisningsstöd för kritisk informationshantering i digitala miljöer (Nygren & Guath, 2022).

Ett centralt bidrag i artikel 3 är att den visar hur ämneskompetens användes kontinuerligt i alla delar av sökprocessen, medan källitteracitet, informationskompetens och sökkompetens användes främst i specifika situationer. Detta ligger i linje med tidigare forskning som framhållit ämneskunskap som en epistemisk resurs för digitalt meningsskapande i naturvetenskap (Doran et al., 2021). Samtidigt visar resultaten att de andra förmågorna får särskild betydelse i de kognitivt mer krävande faserna av sökprocessen, något som bekräftar tidigare iakttagelser av att elevernas källkritiska och strategiska förmågor ofta aktiveras först när de ställs inför komplexa val (McGrew, 2020; Haider & Sundin, 2019).

För det andra blev digital mångsidighet synlig i elevernas sökprocesser. Analysen visade att elevernas digitala förmågor inte aktiverades linjärt utan i ett växlande och dynamiskt samspel mellan delförmågor. I de

tidiga momenten – att tolka uppgiften och utforska begrepp – dominerade delförmågan ämneskompetens och begreppslig kunskap, medan senare faser – värdering av sökresultat och sökstrategi – i högre grad aktiverade metakognitiv kunskap. Ett tydligt resultat var att flera delförmågor aktiverades parallellt, exempelvis när ämnesbegrepp användes för att motivera källval eller när informationskompetens kopplades till reflektion över egna strategier. Detta bekräftar att digital mångsidighet (Lodén et al., 2025a) verkar skapas i samspelet mellan delförmågor och aktivitetsdomäner (AD1–AD4; Lodén et al. 2025b), där eleverna rörde sig fram och tillbaka snarare än att följa en linjär sekvens (Marchionini, 2006) (jfr Haider & Sundin, 2019; Rieh, Thompson–Collins). Denna analys nyanserade också DVOS–modellen genom att synliggöra hur de digitala delförmågorna uttrycktes i termer av olika kunskapsformer – begreppslig, proceduriell och metakognitiv – vilket tydliggjorde kvalitativa skillnader i elevernas digitala mångsidighet.

För det tredje visade det sig att reflexiva undervisningsformer verkar stärka elevers digitala agens. Särskilt podcastsamtalen gav utrymme för elevernas reflektioner i studiens intervention. Genom dialog kunde eleverna bygga vidare på varandras resonemang, pröva nya tolkningar och omformulera sina erfarenheter. Några beskrev hur förståelsen av uppgiften förändrades när de hörde klasskamrater resonera, och flera pekade på vikten av tid för reflektion för att se samband och omforma egna strategier. Dessa resultat ligger i linje med tidigare forskning som framhållit att digitala förmågor formas i undervisningspraktiker snarare än som isolerade tekniska färdigheter (Haider & Sundin, 2019; Säljö, 2012) och att digital agens förstås som situerad och kontextbunden – formad i samspelet mellan språk, teknik och didaktisk design snarare än som en individuell egenskap (Haider, 2017; Pangrazio & Sefton–Green, 2021; Choroszewicz, 2024).

Sammantaget visar artikel 3 att digital mångsidighet är ett komplext och situationsbundet kunnande, där olika delförmågor och kunskapsformer samspelar i sökprocessen. Analysen fördjupar förståelsen av DVOS–modellens fyra delförmågor genom att visa hur de uttrycks i undervisning, men tydliggör samtidigt att DVOS-modellen bara kan beskriva en del av det komplexa fenomenet digital mångsidighet: Digital mångsidighet används här som ett övergripande begrepp, där delförmågorna som beskrivs i DVOS-modellen samspelar med aktivitetsdomänerna (AD1–AD4) och olika kunskapsformer. Därmed fungerar DVOS–modellen som ett analytiskt verktyg för att synliggöra delar av digital mångsidighet, medan digital mångsidighet fångar helheten av elevers situerade digitala kunnande.

Forskarreflektion

När resultaten från artikel 3 tydliggjorde hur DVOS-modellen fungerade i undervisning väcktes också nya frågor. Vad händer när förutsättningarna för digitalt arbete förändras, när verktyg som generativ AI träder in i klassrummet? Det stod klart att modellen behövde prövas i en helt ny och oprövad kontext. Att ta det steget kändes både nödvändigt och osäkert – som att ge sig ut i obanad terräng utan karta. Samtidigt var det just denna osäkerhet som drev forskningen vidare. Om DVOS–modellen skulle ha bärkraft i framtidens digitala landskap behövde den kunna anpassas till nya former av digital agens och strategiskt handlande. Det blev en prövning – inte bara av modellen, utan också av mig som forskare.

7.4 Artikel 4 – Elevers resonemang kring generativ AI

Artikel 4 undersöker hur gymnasieelever använder och resonerar kring ChatGPT i naturvetenskaplig undervisning. Studien syftar till att få kunskap om hur digital mångsidighet uttrycks i AI–baserade lärandemiljöer och hur olika kunskapsformer – begreppslig (B), proceduriell (P) och metakognitiv (M) – kommer till uttryck i elevers resonemang och handlingar. Analysen prövar samtidigt DVOS–modellen i en ny teknologisk kontext för att undersöka hur modellens delförmågor uttrycks när informationssökning sker i dialog med en generativ språkmodell.

Analysen bygger på två kompletterande datainsamlingar (2023 och 2024) med videoobservationer, loggböcker, enkäter, podcastsamtal och fokusgrupper i två olika elevgrupper. Den abduktiva analysen utgår från DVOS–modellens fyra delförmågor (Lodén et al., 2025a, 2025c) i kombination med Krathwohls (2002) reviderade taxonomi över kunskapsformer. Elevernas användning av ChatGPT varierar från kompensatoriska och ytliga strategier till mer reflekterade och prövande sätt att förstå ämnesinnehåll. För många fungerar verktyget som kognitiv avlastning – ett sätt att minska osäkerhet snarare än att utveckla begreppslig (B) förståelse (Kang, 2023; Tassoti, 2024). Samtidigt beskriver vissa elever proceduriella (P) strategier, där de använder ChatGPT för att pröva resonemang, formulera om förklaringar och jämföra olika perspektiv. Dessa dialogiska strategier speglar det som

i artikel 2 beskrevs som “bit–för–bit–sökning”, men här sker rörelsen i samtal med en språkmodell snarare än genom samtal mellan elever.

I analysen framträdde dessutom fyra återkommande mönster i elevernas resonemang och handlingar, vilka motsvarar DVOS–modellens delförmågor: ämneskompetens, källitteracitet, informationskompetens och sökkompetens. Dessa uttrycks och omformas i en AI–kontext på följande sätt:

I elevernas arbete framträder AI som en del av deras ämnesrelaterade meningsskapande. Eleverna beskriver hur de använder AI som ett dialogiskt redskap snarare än som uppslagsverk (Casal–Otero et al., 2023; Valeri et al., 2025). De metakognitiva (M) uttrycken framträder när elever reflekterar över hur AI:s svar relaterar till ämneslogik, eller när de korrigerar AI–modellens påståenden. Även om sådana fall är få i studiens data visar de potential för ämnesintegrerat lärande där AI fungerar som del av elevernas vetenskapliga meningsskapande (Petko, 2025; Kong, 2025).

I elevernas resonemang får frågor om trovärdighet och bedömning av AI-svar en framträdande roll. Elevernas resonemang om källor och trovärdighet rör sig mellan begreppslig tillit till språket och metakognitiv medvetenhet om AI:s begränsningar. Många elever bedömer AI–svar utifrån hur rätt svaren låter snarare än utifrån fakta eller källstöd – ett mönster som bekräftar forskning av Shaw et al. (2023) och Tassoti (2024) om språkets retoriska övertygelsekraft. I uttryck som handlar om procedurer (P) försöker eleverna jämföra och verifiera AI–svar mot andra källor, medan metakognitiva (M) uttryck syns när elever reflekterar över etik, ansvar och sin egen roll i källgranskningen (Mannila et al., 2025; Ng et al., 2024). Dessa variationer visar hur källitteracitet i AI–miljöer kräver både språklig och epistemisk medvetenhet – eleverna måste förstå hur trovärdighet konstrueras snarare än att enbart söka ”korrekta” källor (Hamilton et al., 2023; Otrel–Cass, 2023).

Flera elevutsagor visar också att förståelsen av AI:s funktioner blir central för hur de orienterar sig i informationen. Flera elever beskriver ChatGPT som en ”svarsmaskin” (Kang, 2023) – ett begreppsligt (B) uttryck som visar teknisk funktionalism. I proceduriella (P) uttryck syns försök att förstå verktygets funktioner, exempelvis när elever nämner träningsdata eller brist på källstöd. Några metakognitiva (M) uttryck visar en gryende förståelse för modellens bias, sannolikhetslogik och begränsningar, vilket motsvarar det Petko (2025) och Yelamarthi et al.

(2024) kallar tekniklogisk medvetenhet. Resultaten stödjer tidigare forskning som framhåller att AI–litteracitet kräver att elever förstår hur generativa modeller tränas och varför de ibland hallucinerar eller förenklar (Hamilton et al., 2023; Kong, 2025; Stolpe & Hallström, 2024; Bozkurt et al., 2023). I denna studie används begreppet tekniklogik istället för AI–litteracitet, eftersom AI–litteracitet i tidigare forskning ofta fungerar som ett brett policy- och teknikramverk (Ng, 2024; Kong, 2025), medan tekniklogik bättre fångar elevernas faktiska, situationsbundna resonemang om hur AI:s träningsdata, sannolikhetslogik, bias och begränsningar fungerar (jfr Petko, 2025; Hamilton et al., 2023).

Därutöver framträder betydande variation i hur eleverna arbetar strategiskt i själva interaktionen med AI. Elevernas sätt att ställa frågor till ChatGPT varierar tydligt. Flera använder ChatGPT instrumentellt genom att använda begrepp (B) för att skriva en enda fråga som förväntas ge ett färdigt svar. Detta sätt att interagera visar främst en begreppslig förståelse av AI som ”svarsmaskin” snarare än ett strategiskt utnyttjande av dess dialogiska möjligheter. Andra elever arbetar mer aktivt med promptning (P): de justerar formuleringar, pröva följdfrågor och ber om alternativa perspektiv. Detta motsvarar proceduriell kunskap eftersom eleverna här använder en strategi, prövar stegvis förbättring och navigerar verktygets funktioner för att nå ett bättre svar. I några fall uppträder också metakognitiva (M) uttryck där elever reflekterar över hur AI “tänker”, varför vissa svar blir som de blir och hur språkval styr responsen. Denna dialogiska promptpraktik motsvarar vad Yelamarthi et al. (2024) kallar iterativ promptning och vad Casal–Otero et al. (2023) beskriver som lärande genom språkstyrd interaktion. Dessa mönster blir senare utgångspunkten för det som i DVAI–modellen benämns som förmågan “sök med samtal”.

Resultaten visar att elevernas digitala mångsidighet i en AI–kontext inte uttrycks linjärt utan präglas av iteration och variation i hur DVOS–modellens förmågor uttrycks och kombineras: Eleverna verkar växla mellan att använda begreppslig, proceduriell och metakognitiv kunskap inom varje delförmåga och mellan delförmågor. Det är denna variation i aktivering och kombination av DVOS–förmågor som tillsammans illustrerar de mönster av digital mångsidighet som uppstår i AI–miljöer (Lodén et al., 2025a; 2025c).

Resultaten indikerar att DVOS–modellens förmågor fortfarande är relevanta, men att deras inbördes relationer förändras när elever interagerar med en generativ språkmodell snarare än en sökmotor. Detta

motiverar framtagandet av en variant av DVOS-modellen specifikt för en AI-kontext: DVAI-modellen (Digital Versatility in AI), som integrerar följande delförmågor:

- Ämneskompetens – begreppslig och strategisk användning av AI för ämnesförståelse (Xu & Ouyang, 2022; Castro–Nascimento et al., 2023);
- Källitteracitet – etisk och kritisk medvetenhet om AI–genererat innehåll (Shaw et al., 2023; Mannila et al., 2025);
- Tekniklogik – förståelse för AI:s träningsdata, bias och begränsningar (Hamilton et al., 2023; Petko, 2025);
- Sök med samtal – promptning som dialogisk och reflekterande handling (Yelamarthi et al., 2024; Casal–Otero et al., 2023).

DVAI–modellen kan användas som ett ämnesdidaktiskt ramverk för att analysera och designa undervisning där AI används som en del av elevernas språkliga, tekniska och epistemiska lärandepraktiker (Ng et al., 2024; Kong, 2025; Lee et al., 2025).

Forskarreflektion

När ChatGPT slog igenom kändes det bokstavligen som att någon slog undan benen på mig. De tidigare studierna hade redan synliggjort digitala förmågor, aktivitetsdomäner och digital mångsidighet – vilket gjorde det möjligt att förstå vad som stod på spel när generativ AI introducerades i undervisningen. De begrepp och modeller jag byggt upp – DVOS–modellen och digital mångsidighet – började plötsligt darra. Svar–först–logiken rubbade själva grunden för hur jag förstått digitalt sökande. Under en period kändes det som om forskningsprojektet halkade efter den verklighet det försökte beskriva.

Samtidigt blev just denna skakning avgörande. Eleverna i den första insamlingen visade osäkerhet och misstro mot ChatGPT – de återvände till Google och såg AI som ett riskmoment. Ett år senare kunde jag i nästa grupp se hur de snarare resonerade om hur verktyget kunde användas med omdöme.

7.5 Sammanfattande resultatdiskussion

Syntesen av artiklarna 1–4 visar att digital kompetens i naturvetenskaplig undervisning formas som ett relationellt och situerat kunnande. Elever växlar mellan tekniska, epistemiska (hur vetande

skapas och prövas) och kommunikativa dimensioner (hur språk och digitala resurser medierar vetande). Klassrummet framträder som en helhet där människor, material, ämnesspråk och digitala infrastrukturer samspelar (Fawns, 2019; Jandrić et al., 2019). Detta ligger också i linje med sociokulturella perspektiv på kunskap som menar att lärande och tänkande är situerat i sociala och materiella praktiker (Säljö, 2012).

Mot denna bakgrund kan elevernas digitala arbete förstås som en form av epistemisk praktik, i den mening Kelly (2008) beskriver: att deltagare i en praktikgemenskap föreslår, prövar, motiverar och legitimerar kunskapsanspråk. I denna avhandling blir detta tydligt genom att elever inte bara söker information, utan aktivt försöker förstå, bedöma och använda den. Det innebär att digitalt arbete får karaktären av kunskapsproduktion och tolkning, inte endast om teknisk hantering (Duschl, 2008; Berland et al., 2015).

Ett centralt resultat är att digital kompetens inte kan reduceras till isolerade färdigheter, eftersom elevernas arbete kännetecknas av växlingar mellan att formulera söktermer med stöd av naturvetenskapliga begrepp, pröva strategier, väga evidens och bedöma trovärdighet — epistemiska handlingar som sammantaget utgör digital mångsidighet. Digitalt meningsskapande uttrycks genom växlingar mellan att formulera söktermer utifrån naturvetenskapliga begrepp, anpassa dem språkligt och värdera information källkritiskt (Haider & Sundin, 2019; Pangrazio & Sefton-Green, 2021; Säljö, 2012). Detta motiverade begrepp digital mångsidighet, eftersom avhandlingens resultat visar att elevernas digitala agerande utgör just denna typ av epistemiska handlingar.

Ingen enskild modell fångar denna komplexitet. DVOS-modellen synliggör samspelet mellan ämneskompetens, källitteracitet, informationskompetens och sökkompetens (artiklarna 1 och 3). AD-ramverket (artikel 2) visar hur dessa förmågor koordineras i processen tolkning–begreppsanvändning–sökning–utvärdering. Artikel 4 visar hur generativ AI förändrar villkoren för digitalt arbete: elever prövar ämnesbegrepp i dialog med AI, bedömer språklig trovärdighet och utvecklar strategisk prompting (Casal-Otero et al., 2023; Valeri et al., 2025). DVAI-modellen visar att detta arbete också får en tydligare epistemisk karaktär: elever måste förstå hur AI producerar svar, väga sannolikheter och reflektera över rimlighet, vilket ligger nära det Duschl (2008) beskriver som epistemiska mål. Tillsammans belyser modellerna hur elevernas digitala handlingar fungerar som deltagande i

meningsskapande praktiker där kunskapsanspråk prövas och motiveras — det som kännetecknar epistemiska praktiker (Kelly, 2008).

Sammantaget framträder digital mångsidighet som ett dynamiskt kunnande som uppstår när elever koordinerar språk, begrepp, strategier och kritisk värdering i digitala miljöer. Detta innebär att digital mångsidighet inte bara handlar om att hantera teknik, utan om att delta i epistemiska praktiker där kunskap prövas, omtolkas och används (Kelly, 2008; Barzilai & Zohar, 2012). Modellerna DVOS och DVAI samt ramverket AD möjliggör analys på olika nivåer: som delförmågor, som process och som teknologiskt förändrade villkor. Tabell 3 visar AD-ramverkets domäner medan Tabell 4 ger en översikt över DVOS och DVAI. Denna helhet ligger till grund för den teoretiska positioneringen i kapitel 8.

Tabell 3. Artikel 2 bidrog med AD–ramverket som visar hur delförmågorna organiseras i sökprocessen.

AD–ramverket (Artikel 2, Lodén et al. 2025b)	**Fokus på sökprocessen**	**Bidrag till förståelsen av digital mång-sidighet**
AD–ramverket (Artikel 2, Lodén et al., 2025b)	Process: (tolkning – begreppsanvändning – sökning – utvärdering)	Visar hur delförmågorna koordineras i realtid; synliggör digitalt meningsskapande som dynamisk och iterativ process

Tabell 4. Översikt över DVOS–modellen, dess nyansering och den föreslagna modellen DVAI. Artiklarna 1, 2, 3 och 4 ligger till grund för modellerna.

DVOS–modellens delförmågor (Artikel 1, Lodén et al. 2025a)	**Nyansering av DVOS–modellen (Artikel 3, Lodén et al. 2025c)**	**DVAI–modellen (Artikel 4, Lodén et al. 2025d)**
Ämneskompetens	Begreppsmedvetenhet, ämneskontext, ämnessynonymer	Begreppsförankring i AI–svar, kritisk ämneskoppling till AI–resonemang, strategisk användning för ämnesförståelse (samskapande)
Källitteracitet	Digital vetenskaplig litteracitet, kritisk medvetenhet, hantering av motstridiga/etiska dilemman	Medvetenhet om AI–svarens natur, reflektion kring ansvar/självständighet, etisk förståelse för AI–användning
Informationskompetens	Teknisk förmåga, strukturering/filtrering av digital information	Förståelse av språkmodell/träningsdata, medvetenhet om AI:s begränsningar, teknisk orientering i AI–logik
Sökkompetens	Formulering/precision, alternativa sökmetoder, reflektion över sökstrategier (SERP)	Strategisk promptformulering, förståelse av AI:s svarsmekanismer, reflekterande anpassning av frågor/samskapande

8. Övergripande diskussion

Avhandlingen adresserar tre centrala forskningsluckor: bristen på modeller för de tidiga stegen i digitala sökprocesser, avsaknaden av ämnesspecifika ramverk för digital kompetens i naturvetenskap, samt frånvaron av epistemiska modeller som beskriver elevers interaktion med generativ AI.

Kärnbegrepp: Digital mångsidighet är paraplybegreppet som i avhandlingen undersöks i termer av tre komponenter: DVOS–modellen (Digital Versatility in Online Searching), AD–ramverket (aktivitetsdomäner) och DVAI–modellen (Digital Versatility in AI).

Modellernas funktion:
DVOS: Synliggör delförmågor i sökmotorbaserade miljöer.
DVAI: Synliggör delförmågor i generativa AI–miljöer.
AD Ramverkets funktion: Visar hur förmågor aktiveras och kombineras i olika faser av sökprocessen.

Relationen: Digital mångsidighet = helheten, DVOS/DVAI = förmågor, AD = process.

Avhandlingen utgår från ett postdigitalt perspektiv, där digitala och analoga inslag ses som sammanflätade delar av undervisningen. På så sätt placeras avhandlingens teoretiska och metodologiska bidrag i en forskningskontext som betonar just detta samspel (Fawns, 2019; Jandrić et al., 2019; Fawns et al., 2023) i mötet mellan tre forskningsfält – naturvetenskapernas didaktik, digital litteracitet och AI–litteracitet. Utgångspunkten är att digitalisering inte enbart innebär ett tillägg av digital teknik till undervisning utan förändrade villkor för hur undervisning sker och blir möjlig. Det innebär att klassrummet förstås som en integrerad helhet där människor, material, ämnesspråk och digitala infrastrukturer samspelar – snarare än som separata digitala och analoga domäner.

I detta postdigitala synsätt blir även digital kompetens ett relationellt fenomen som uppstår i samspelet mellan elever, språk, uppgifter och tekniska resurser – ett perspektiv som ligger till grund för utvecklingen av begreppet digital mångsidighet, som utvecklas i avhandlingen som en övergripande teoretisk ram. Modellerna DVOS och DVAI och ramverket AD fungerar som analytiska verktyg för att konkretisera digital

kompetens som situerad, didaktisk praktik snarare än som generella, överförbara färdigheter. Digital mångsidighet kan därmed förstås som ett undervisningsnära, ämnesspecifikt sätt att begreppsliggöra digital kompetens i naturvetenskapliga klassrum.

Digital mångsidighet ersätter inte breda policydefinitioner av digital kompetens, utan fördjupar dem genom att beskriva hur digital kompetens faktiskt realiseras i naturvetenskaplig undervisning. Digital mångsidighet positioneras därmed som ett undervisningsnära sätt att förstå digital kompetens och som en ämnesdidaktisk precisering av digital agens.

I forskning om digital litteracitet används ofta begreppet digital agens för att beskriva individers möjligheter att handla, skapa och påverka i digitala miljöer i samspel med sociala och materiella villkor (Pangrazio & Sefton-Green, 2021). Digital agens är därmed ett brett och kontextöverskridande begrepp. I denna avhandling utvecklas i stället begreppet digital mångsidighet som en undervisningsnära och ämnesdidaktisk förtätning av digital agens. Digital mångsidighet beskriver hur agens faktiskt tar form i naturvetenskapliga klassrum genom elevernas koordination av ämneskompetens, källitteracitet, informationskompetens och sökkompetens i konkreta undervisningssituationer.

En annan återkommande kritik i policyforskningen är att digital kompetens ofta reduceras till informationshantering snarare än förståelse för hur kunskap produceras och prövas digitalt (Haider & Sundin, 2019; Vinnervik, 2022). Detta innebär att styrdokumenten missar att elever även behöver förstå hur digitalt och algoritmiskt producerad information formas, filtreras och behöver bearbetas genom språk, begrepp och strategi redan i själva sökandet. En sådan epistemisk och kommunikativ förståelse av digital kompetens saknas helt i Gy25. Definitioner av digital kompetens – såsom de som finns i DigComp (2022), UNESCO (2018) och Skolverket (2025) – beskriver också ofta digitala färdigheter som generella, utan att fånga hur digital kompetens tar form i ämnesnära undervisning. Detta återspeglas i svenska skolor, där lärare enligt Löfving (2023) ofta saknar stöd för att tolka digital kompetens ämnesdidaktiskt och därför reducerar den till tekniska moment. Otydligheten i policyramverken bidrar således direkt till att centrala ämnesspecifika och epistemiska dimensioner osynliggörs i undervisningen. Centrala dimensioner som växlingar mellan ämnesspråk, strategier, tolkning och källvärdering i sökprocesser saknas

i policyramverken (DigComp, 2022; UNESCO, 2018; Almén, 2021; Vinnervik, 2022).

Avhandlingen bidrar till forskning om digital litteracitet genom att tydligare koppla den till forskning i naturvetenskapernas didaktik. Forskningen om digital litteracitet har ofta betonat användares deltagande i digitala praktiker och utveckling av kritisk agens (Jandrić et al., 2018; Pangrazio & Sefton–Green, 2021). DVOS–modellen bidrar med ett undervisningsnära perspektiv som visar hur digital vetenskaplig litteracitet formas genom elevernas växlingar mellan språk, begrepp, källor och strategier (Haider & Sundin, 2022; Bliss, 2019; Nygren et al., 2020). Detta ligger även i linje med Haider och Sundins (2019) beskrivning av hur algoritmisk synlighet avgör vad som överhuvudtaget blir möjligt för elever att hitta och veta. Detta ligger i linje med forskning som framhåller att digitalt informationsarbete sker genom växlingar snarare än genom linjära steg (Marchionini, 2006; Rieh et al., 2016), och med forskning som visar att epistemisk agens uttrycks genom hur elever koordinerar kunskapsmål, evidens och förklaringar under problemlösning (Berland et al., 2016).

Inom naturvetenskapernas didaktik har forskningen länge belyst elevers meningsskapande och epistemiska handlingar (Säljö, 2012; Wickman, 2004), men digitaliseringens påverkan i dessa processer har i mindre grad teoretiserats. Avhandlingen bidrar till forskning i naturvetenskapernas didaktik genom att använda AD–ramverket för att analysera elevers digitala sökprocesser som en rörlig och situerad epistemisk praktik. Genom att utmana sekventiella modeller för informationssökning (Marchionini, 2006) och synliggöra hur elever växlar mellan tolkning, begreppsanvändning och värdering i realtid bidrar ramverket till en förståelse av digital agens som något som uppstår i handling – genom samspelet mellan strategier, språk, digitala resurser och uppgiftens epistemiska krav. Detta ligger i linje med forskning i naturvetenskapernas didaktik som betonar att elever behöver förstå hur vetenskaplig kunskap produceras och värderas (Duschl, 2008). I linje med Säljös (2012) syn på lärande som medierad handling möjliggör AD också analyser av digital litteracitet som en epistemisk praktik, där elever rör sig mellan konkreta och abstrakta nivåer i språk och strategi (Maton, 2014). Därmed förskjuts fokus från digitala resurser som tekniska hjälpmedel till digitalitet som en integrerad del av kunskapsproduktionen i naturvetenskaplig undervisning. Det är just dessa ämnesbundna och situerade växlingar – mellan begrepp, strategi och källvärdering – som etablerade policydefinitioner av digital kompetens inte fångar, men som blir synliga när elevers

informationssökning analyseras genom AD–ramverkets didaktiska modellering.

Avhandlingen bidrar till AI–litteracitetsforskningen genom att undersöka ämnesdidaktiska och epistemiska dimensioner av AI–interaktion. Det snabbt växande fältet AI–litteracitet har hittills dominerats av tekniska, normativa och etiska ansatser (Ng et al., 2024; Casal–Otero et al., 2023). Mycket lite forskning handlar om hur generativ AI förändrar ämnesdidaktiska processer och hur elever bedömer och förstår AI–genererade förklaringar i relation till specifika ämnesinnehåll. Detta bekräftas av översikter inom AI-litteracitet som framhåller bristen på empiriska modeller för hur elever bedömer och använder AI-svar i ämnesspecifika sammanhang (Casal-Otero et al., 2023; Ng et al., 2024). DVAI–modellen adresserar detta glapp genom att integrera AI–litteracitet med naturvetenskapens språkliga och epistemiska dimensioner. I svar–först–logik – där språkmodeller genererar förklaringar innan källor blir synliga – förskjuts digitalt informationsarbete från källa–först till svar–först. Detta innebär att språk fungerar som ett epistemiskt verktyg snarare än enbart som uttrycksform, och att digital kompetens behöver förstås som en relationell och etiskt förankrad praktik (Säljö, 2012; Haider & Sundin, 2019, 2022). Forskning om digital epistemic cognition visar samtidigt att elever behöver utveckla förmågor att värdera trovärdighet, identifiera rimlighet och integrera information i digitala svarsmiljöer (Barzilai & Zohar, 2012). DVAI tydliggör att språklig rimlighet, ämnesförankring och teknisk förståelse inte kan analyseras var för sig i AI–medierat meningsskapande, utan utgör ömsesidigt beroende dimensioner av digital agens.

Modellen gör det möjligt att analysera hur ämneskompetens, språklig rimlighet, källpraktiker och teknisk förståelse samverkar i AI–medierat meningsskapande och etablerar därmed ett undervisningsnära perspektiv på AI–litteracitet som hittills saknats i fältet. Genom att synliggöra AI–interaktion som en svar–först–praktik där språklig trovärdighet, tekniklogik och ämnesbegrepp samverkar, breddar DVAI-modellen förståelsen för vad digital kompetens kan innebära i AI–stödda miljöer.

Sammantaget utgör begreppet digital mångsidighet avhandlingens centrala teoretiska bidrag och erbjuder ett integrerat ramverk för att förstå digital kompetens som ett dynamiskt, ämnesförankrat och undervisningsbart kunnande där digitala resurser inte enbart är verktyg som stödjer förståelse, utan aktiva komponenter i själva

kunskapsproduktionen: sökalgoritmer, visuella representationer och AI–genererade förklaringar påverkar hur begrepp kommuniceras, förstås och värderas.

Forskarreflektion

Under arbetet har jag ofta påmints om spänningen mellan mitt "lärarjag" och mitt "forskarjag". I akademiska sammanhang blev det tydligt att det är forskarens röst som ska föra talan, medan lärarens perspektiv riskerar att uppfattas som för nära och praktiskt. Samtidigt har jag medvetet valt att inte helt hålla mitt "lärarjag" i tyglarna. Tvärtom har det fungerat som en ständig påminnelse om att resultaten måste vara förankrade i undervisningens verklighet för att bli meningsfulla. Utmaningen har därför varit att balansera rollerna: att låta "forskarjaget" stå för analysen och begreppsutvecklingen, men samtidigt ge "lärarjaget" en plats som garant för att forskningen inte förlorar kontakten med klassrummet. På så sätt öppnar reflektionen också för nästa steg: vilka implikationer resultaten får för undervisning och lärarutbildning.

9. Implikationer

9.1 Implikationer för policy och styrdokument

Dagens styrdokument betonar vikten av källkritik och av att granska information i digitala miljöer såsom sociala medier, databaser och simuleringar (Skolverket, 2011, 2025). Som flera studier visat (Haider & Sundin, 2019, 2022; Almén, 2021; Vinnervik, 2021, 2022) tenderar dessa formuleringar att framhäva källkritik efter sökning snarare än att ge vägledning i själva sökprocessen. Hur sökprocessen ska undervisas om preciseras inte – exempelvis hur elever kan utveckla strategier för frågeformulering, algoritmförståelse och AI–interaktion. Haider & Sundin (2022) skriver också om ett "search–evaluation gap", där behovet av att växla mellan att söka och värdera information förblir osynlig i dagens styrdokument. Internationellt visar till exempel Kordigel Aberšek med flera (2015) att även elever med god digital vana ofta saknar verktyg för att navigera och värdera vetenskaplig information online. Mot denna bakgrund framstår ett riktat kommentarsmaterial för AI- och sökundervisning som angeläget. Forskning visar också att otydliga formuleringar i styrdokument gör att digital kompetens ofta tolkas snävt i skolpraktiken. Löfving (2023, 2024) visar att lärare främst betonar teknisk hantering, säkerhet och källkritik, medan kommunikativa och epistemiska dimensioner sällan uppmärksammas. Detta förstärker behovet av policystöd som tydliggör hur digital kompetens kan förstås och undervisas ämnesspecifikt.

En annan återkommande kritik i policyforskningen är att digital kompetens ofta reduceras till informationshantering snarare än förståelse för hur kunskap produceras och prövas digitalt (Haider & Sundin, 2019; Vinnervik, 2022). Detta innebär att styrdokumenten missar att elever även behöver förstå hur digitalt och algoritmiskt producerad information formas, filtreras och behöver bearbetas genom språk, begrepp och strategi redan i själva sökandet. En sådan epistemisk och kommunikativ förståelse av digital kompetens saknas helt i Gy25. Definitioner av digital kompetens – såsom de som finns i DigComp (2022), UNESCO (2018) och Skolverket (2025) – beskriver också ofta digitala färdigheter som generella, utan att fånga hur digital kompetens tar form i ämnesnära undervisning. Detta återspeglas i svenska skolor, där lärare enligt Löfving (2023) ofta saknar stöd för att tolka digital kompetens ämnesdidaktiskt och därför reducerar den till tekniska moment. Otydligheten i policyramverken bidrar således direkt till att

centrala ämnesspecifika och epistemiska dimensioner osynliggörs i undervisningen. Centrala dimensioner som växlingar mellan ämnesspråk, strategier, tolkning och källvärdering i sökprocesser saknas i policyramverken (DigComp, 2022; UNESCO, 2018; Almén, 2021; Vinnervik, 2022).

Modellerna DVOS och DVAI samt ramverket AD som utvecklats inom ramen för denna avhandling kan användas för att hantera ovan nämnda brister i policydokument genom att kontextualisera digital kompetens i naturvetenskapliga klassrum och genom att beskriva iterativa processer som omfattar att söka, pröva, värdera och formulera prompter i digitala och AI–baserade miljöer. Tillsammans erbjuder de ett praktiknära språk för att förstå digital kompetens som situerad och undervisningsbar.

Utifrån ett didaktiskt perspektiv kan modellernas inbördes relation förstås genom de klassiska didaktiska frågorna vad, hur och varför. Modellerna DVOS och DVAI tydliggör vad elever behöver kunna – de digitala delförmågor som krävs för att arbeta med naturvetenskaplig information i olika digitala miljöer. Ramverket AD visar hur dessa förmågor realiseras i praktiken genom de aktiviteter och interaktioner som uppstår i själva sökprocessen. Digital mångsidighet fungerar som det övergripande varför, genom att binda samman delförmågor och aktiviteter i ett samlat ramverk för digitalt meningsskapande. På så sätt blir den didaktiska helheten synlig: vilka digitala aspekter undervisningen behöver adressera, hur de uppstår och varför de är centrala för naturvetenskapligt lärande.

Mot denna bakgrund föreslås att modellerna kan fungera som underlag för:

- Kommentarsmaterial som konkretiserar AI- och sökundervisning,
- Didaktiska exempel som visar hur digital mångsidighet kan tränas i naturvetenskap,
- Bedömningsstöd som inkluderar språk, sökstrategier och källvärdering i digitala miljöer.

9.2 Implikationer för vidare forskning

Avhandlingens resultat pekar mot flera riktningar för fortsatt forskning. Tidigare forskning visar också att elever ofta saknar ett sammanhängande språk för att beskriva sina digitala processer (Ng et al., 2024; Haider & Sundin, 2022), vilket avhandlingens modeller

explicit adresserar. Avhandlingen konceptualiserar digital mångsidighet som ett situationsbundet kunnande som tar olika uttryck när nya teknologier introduceras och undervisningens upplägg justeras. För forskningen innebär detta ett behov av att studera hur digital mångsidighet utvecklas över tid, i olika ämnen och i mötet med generativ AI och framtida teknologier. Här blir särskilt frågor om progression, bedömning och överförbarhet centrala – hur digitala praktiker förändras mellan ämnen, årskurser och teknologiska miljöer. För didaktisk forskning innebär det också ett skifte från att mäta isolerade eller generiska digitala färdigheter till att analysera hur undervisning kan stödja elevernas meningsskapande, reflektion och strategiska flexibilitet i digitala miljöer.

Utifrån detta kan sju forskningsinriktningar identifieras:

1. Långsiktiga studier av elevers utveckling. Det behövs longitudinella studier som följer hur elevernas digitala praktiker förändras när nya digitala verktyg etableras. Detta gäller särskilt AI, där användningen formas över tid i relation till uppgiftstyper och teknikkunskap (Ma & Ismail, 2025; Ng et al., 2024; Tassoti, 2024). Sådana studier kan visa hur strategisk och kritisk användning gradvis etableras, och hur ämnesspecifika praktiker formar AI–litteracitet (Mannila et al., 2025; Kong, 2023).
2. Studier av informella praktiker. Digital mångsidighet utvecklas även utanför skolan (Haider & Sundin, 2022; Nygren et al., 2020; Ribble, 2015). Forskning bör analysera hur olika kontexter stödjer eller begränsar elevers användning av och lärande kring sökstrategier, ämnesbegrepp och kritisk reflektion (Curran & Ribble, 2017; Sperling & Stenberg, 2024).
3. Vidareutveckling av DVOS–modellen. DVOS–modellen behöver prövas i olika kontexter och i fler ämnen än naturvetenskap, exempelvis historia, samhällskunskap eller språk, där begreppsanvändning och källhantering följer andra mönster (Haider & Sundin, 2022; Maton, 2014; Nygren & Guath, 2022). Frågor om hur digitala förmågor kan förstås i relation till nya teknologier aktualiseras även i högre utbildning. Adarkwah (2024) visar till exempel hur generativ AI kräver nya ramverk för vuxnas lärande i digitala miljöer, med fokus på kritisk reflektion och lärarens roll. Avhandlingens resultat visar att utmaningarna som Adarkwah (2024) skriver om behöver adresseras redan i gymnasieskolan – särskilt när elever möter generativa AI–verktyg i sitt sökande. Studier in andra kontexter kan dels undersöka DVOS–modellens överförbarhet, dels bidra med ämnesdidaktiska nyanser i olika ämnen (Ng et al., 2024; Mannila et al., 2025).

4. Vidareutveckling av AD–ramverket i AI–miljöer. AD–ramverket utvecklades och prövades i denna avhandling i en Google–baserad sökmiljö. En central inriktning för framtida forskning är därför att undersöka hur AD–domänerna realiseras i AI–stödda miljöer, där elever navigerar svar–först–logiker snarare än källa–först–sökning. Sådana studier kan både pröva ramverkets robusthet och visa om nya aktivitetsdomäner uppstår i interaktion med generativ AI.
5. Studier av sökstrategier i kombinerade sökmiljöer. Framtida forskning bör undersöka sökstrategier i kombinerade sökmiljöer där elever kombinerar traditionella sökmotorer med generativ AI. En central fråga är om aktivitetsmönster från tidigare studier återkommer, eller om nya domäner blir avgörande – exempelvis i samspelet mellan uppgiftstolkning, formulering av sökfrågor och källvärdering (Forsler et al., 2024). Metodiskt talar detta för blandade metoder: skärminspelningar, promptloggar och samtalsanalys kopplat till uppgiftsutfall.
6. Studier av yngre elevers lärande i en AI–miljö. En särskilt viktig fråga gäller yngre elevers möte med AI, eftersom gymnasieelever i denna studie betonat att stödet kring användning av AI–verktyg ofta kommer ”för sent” för att vara hjälpsamt för dem. Att undersöka hur AI–litteracitet formas i tidigare skolår kan ge viktiga insikter för framtida didaktik (Sperling & Stenliden, 2022). Fokus bör ligga på hur begrepp, språkbruk och källpraktiker introduceras och följs upp över följande skolstadier.
7. Forskning som stödjer utveckling av policy och styrdokument. Avhandlingens resultat visar återkommande glapp mellan styrdokumentens formuleringar och den undervisningspraktik som krävs för att utveckla digital mångsidighet. Framtida forskning bör därför analysera hur styrdokument och kommentarsmaterial kan utformas för att synliggöra hela den digitala processen – från frågeformulering och sökstrategier till källkritisk granskning i AI–miljöer. Särskilt viktigt är att undersöka hur ämnesdidaktiska modeller, såsom DVOS och DVAI, kan översättas till policynivå och användas som grund för bedömningsstöd och didaktiska riktlinjer (jfr Nygren & Efimova, 2025; Fawns, 2023). Sådan forskning kan bidra till att minska glappet mellan policy och praktik och skapa mer processinriktade och AI–anpassade styrdokument. Detta inkluderar prövning av bedömningskriterier för progression i strategier, språk och källpraktiker, samt hur dessa kriterier kan implementeras i likvärdiga bedömningsformer.

9.3 Implikationer för undervisning och lärarutbildning

Avhandlingen konceptualiserar digital mångsidighet som ett situationsbundet kunnande som formas i samspelet mellan ämnesinnehåll, digitala resurser och undervisningens design. För undervisning och lärarutbildning innebär detta att digital kompetens inte kan reduceras till teknikträning eller isolerad ämneskunskap – utan behöver undervisas i integrerade moment där sökstrategi, begrepp och kritisk reflektion samverkar (Haider & Sundin, 2022; Ribble, 2021; Zhang & Yang, 2025; Ng et al., 2024; Mannila et al., 2025). För lärare blir modellerna DVOS och DVAI och ramverket AD därmed verktyg för att undersöka och utveckla sin egen praktik genom att (1) identifiera hur elever använder språk och teknik för att tänka, inte bara för att hitta svar; (2) konstruera skoluppgifter så att strategi–, språk– och källdimensioner aktiveras samtidigt i autentiska situationer, och (3) hjälpa elever att reflektera över sitt eget lärande i digitala miljöer och sökprocesser.

Det särskilda bidraget från den här avhandlingen är att modellerna DVOS och DVAI och ramverket AD bygger på analyser av gymnasieklassrum i praktiken. Till skillnad från policy– eller lärarcentrerade ramverk bygger de på elevers språk, handlingar och resonemang. Detta gör dem användbara både för lärare i verksamheten och för lärarutbildningen som ska förbereda framtida lärare att verka i ett postdigitalt didaktiskt ekosystem.

Tre implikationer för undervisning kan identifieras:

1. Lektionsdesign. DVOS–modellen kan användas för att planera uppgifter genom att synliggöra var olika digitala förmågor aktiveras och var elever behöver stöd. Planeringsmallar kan märka ut var strategi–, språk– och källdimensioner triggas och hur detta ska bedömas.
2. Reflexiva undervisningsformer. Elevsamtal, loggböcker och podcaster är viktiga metoder för att synliggöra och utveckla elevers reflektion och kritiska förhållningssätt – inte som tillägg, utan som en integrerad del av undervisningen (Lodén et al., 2025c). AD–modellen kan här fungera som samtalsstruktur (tolkning–begrepp–sökning–utvärdering).
3. AI–sammanhang. DVAI-modellen kan vägleda lärare i att hantera ”svar–först”–logiken i generativ AI, genom att analysera språk,

källor och begreppsanvändning (Zhang & Yang, 2025; Kong, 2023; Lodén et al., 2025d). Konkret kan detta innebära att eleverna jämför AI–svar med ämneskällor, dokumenterar prompts och reviderar svar i flera iterationer.

Här blir lärarrollen central: att utforma uppgifter, introducera strategier och analysera teknikens roll snarare än enbart övervaka (Nygren & Guath, 2022; Ribble, 2021). Detta ligger nära det som i Education 4.0-ramverk lyfts som centrala krav på STEM–undervisning, där digitala resurser ska integreras i ämnespraktiker snarare än användas som fristående teknik (Boltsi, 2023).

I Lärarutbildningen kan modellerna DVOS och DVAI samt ramverket AD användas för att träna lärarstudenter i att analysera digitala praktiker och reflektera över lärarens roll i AI–stödda klassrum (Foulger et al., 2017; Falloon, 2020; Maton, 2014). Det kan till exempel ske genom analys av autentiska elevdata, prövning av promptstrategier, eller reflektion över AI–genererade svar i relation till ämnesspecifika begrepp (Doran & Maton, 2021; Zhang & Yang, 2025; Ribble, 2009, kap. 2; Hamilton et al., 2023; Joseph, 2024). En konsekvent användning av modellerna DVOS och DVAI samt ramverket AD kan vara som analysram i VFU–kurser vilket kan stödja studenter i att reflektera kring digitala praktiker på en denna metanivå.

Lärarstudenter bör också själva få tillfälle att utveckla sin digitala mångsidighet – i takt med att tekniken fortsätter förändras. Det innebär konkret att lärarstudenter behöver öva på att formulera och omformulera frågor i digitala miljöer, använda ämnesspecifika begrepp i sökningar och utveckla strategier för att kritiskt analysera språk, källor och AI–genererade svar. På så sätt tränas de i att se digital kompetens inte som ytliga strategier, utan som situerat epistemiskt arbete och de får bättre förutsättningar för att stötta sina elevers lärande.

Eftersom avhandlingen fångar elevernas möte med AI i realtid blir resultaten samtidigt en tidsdokumentation av ett teknikskifte och en grund för att diskutera framtida undervisning. Resultaten visar att digital mångsidighet inte kan fastställas i förväg, utan att den formas i genomförandet av undervisningen – i samspelet mellan uppgift, ämne och verktyg. Detta sätt att se tillför också ett relationellt och dynamiskt perspektiv på undervisning, där digital där undervisning ses som ett levande system i ständig förändring – och det ger lärare och lärarutbildare ett analytiskt språk för att förstå och utveckla digitala praktiker i takt med att skolans villkor förändras.

10. Slutsatser

10.1 Digital mångsidighet som situerat kunnande

I detta avslutande avsnitt sammanfattas avhandlingens huvudsakliga resultat och teoretiska bidrag. Här knyts de två modellerna – DVOS och DVAI, samt ramverket AD – samman i en syntes som visar hur digital mångsidighet kan förstås som ett situationsbundet kunnande i naturvetenskaplig undervisning som formas i samspelet mellan ämnesinnehåll, uppgiftens utformning och de digitala resurser som används.

De två modellerna och ramverket bidrar på olika sätt men är också ömsesidigt beroende:

- DVOS–modellen synliggör vilka digitala förmågor som aktiveras i en sökmotorkontext.
- DVAI–modellen synliggör vilka digitala förmågor som aktiveras i en AI–kontext.
- AD–ramverket visar när och hur digitala förmågor uttrycks under sökprocesser.

DVOS–modellen räcker till exempel inte för att förstå hur en elev rör sig mellan att tolka en uppgift och att navigera sökresultat – här behövs AD för att analysera hur elever rör sig mellan olika moment. Och i AI–sammanhang räcker varken DVOS–modellen eller AD–ramverket, eftersom båda bygger på en söklogik där frågan kommer först; när svaret genereras direkt kan DVAI-modellen användas för att analysera svar–först–logiken och dess konsekvenser för språk, källkritik och ämnesförståelse. Tillsammans svarar de mot avhandlingens forskningsfrågor: RQ1 genom att identifiera de digitala delförmågorna, RQ2 genom att beskriva deras uttryck i autentiska praktiker, och RQ3 genom att visa hur dessa praktiker förändras i en AI–kontext. På så sätt erbjuder avhandlingen ett nytt didaktiskt språk för att analysera, planera och utforma undervisning – där digital kompetens inte förstås som en policyformulerad lista, utan som en levd praktik.

Detta är bidraget som både lärare, lärarutbildare och forskare kan använda som utgångspunkt för didaktisk design och framtida forskning. Om DVOS– och DVAI–modellen samt AD–ramverket används tillsammans i lärarutbildning och undervisningsutveckling kan de

fungera som verktyg för att etablera digital mångsidighet som en explicit dimension av naturvetenskaplig kompetens. Detta skulle innebära att undervisningen inte bara lär elever att granska information, utan att medvetet utveckla de förmågor som gör granskning möjlig: att hitta, välja, formulera och förhandla digitalt vetande i ämnesnära sökpraktiker – vilket i praktiken stärker elevernas digitala agens.

En möjlig framtida utmaning blir därför inte bara att undervisa om digital mångsidighet, utan att också utveckla former för att bedöma den – och därigenom ge den samma status som andra ämnesdidaktiska förmågor i styrdokumenten. På så sätt knyts resonemanget tillbaka till avhandlingens syntes där digital mångsidighet förstås som ett kunskapsområde under utveckling. Genom modellerna DVOS och DVAI samt AD–ramverket har detta kunnande här gjorts synligt som en didaktiskt användbar dimension av naturvetenskaplig undervisning, med implikationer för både forskning, praktik och policy.

Men avhandlingens bidrag handlar inte enbart om modeller och ramverk för digital mångsidighet, utan också om en fördjupad förståelse av elevers digitala agens – det vill säga elevernas förmåga att agera medvetet, kritiskt och kreativt i digitala undervisningsmiljöer.

Digital agens uppstår inte spontant, utan växer fram genom ett samspel mellan tre typer av villkor. För det första formas agensen av elevernas egna resurser – deras ämneskunskap, källitteracitet, informationskompetens och sökkompetens (DVOS–modellens fyra delförmågor). Dessa resurser behöver aktiveras i uppgifter där elever får använda språk, sökstrategier och reflektion i meningsfulla sammanhang. För det andra kräver digital agens en didaktisk design som stödjer ett växelspel mellan undersökande, tolkande och prövande arbetssätt. Här sker lärandet inte i en linjär process, utan genom återkommande växlingar mellan att söka, tolka, pröva och omformulera digitalt innehåll. Och för det tredje påverkas agensen av de institutionella ramarna – styrdokument, bedömning och tillgång till digitala resurser. Dessa villkor kan bidra till att öppna eller begränsa elevernas handlingsutrymme.

Tillsammans visar dessa tre typer av villkor att digital agens skapas i handling, när elever, teknik och undervisning samverkar. I denna mening kan digital mångsidighet förstås som det synliga uttrycket för digital agens i klassrummet – hur elever använder sina resurser för att skapa, pröva och förhandla vetande.

10.2 Avhandlingens samlade bidrag i ett postdigitalt ekosystem

Avhandlingens samlade bidrag i kan illustreras genom en systematisk översikt (Tabell 5), där de fem didaktiska komponenterna – styrdokument, ämneskunskap, digitala resurser, sökstrategier och didaktisk design (jfr Kap. 1) – används som ram för att visa hur artiklarna successivt adresserar olika delar av det postdigitala ekosystemet (jfr Fawns, 2019; Jandrić, 2019).

Digital mångsidighet fungerar i avhandlingen som ett övergripande paraplybegrepp som rymmer tre kompletterande analytiska komponenter: Modellerna DVOS och DVAI samt ramverket AD. Modellerna beskriver vilka delförmågor som aktiveras i två olika typer av digitala miljöer – sökmotorbaserade respektive generativ AI och AD-ramverket visar hur dessa förmågor aktiveras, sekvenseras och kombineras när elever arbetar med en uppgift. Det är i det dynamiska samspelet mellan delförmågor och aktivitetsdomäner som digital mångsidighet blir synlig i klassrummet, vilket också möjliggör för lärare att identifiera var och hur de kan stötta, utmana och rikta elevernas digitala arbete. På så sätt konkretiserar modellerna och ramverket hur lärare kan arbeta mikrodidaktiskt (Sperling & Stensliden, 2022; Slopinski & Steib, 2024) för att stödja utvecklingen av elevernas digitala agens: genom att hjälpa dem att växla mellan att använda olika digitala delförmågor och kunskapsformer under olika faser av sökprocessen – i både sökmotorbaserade och AI–generativa miljöer.

Tabell 5 visar inte enbart hur de fyra artiklarna fördelar sig över det postdigitala ekosystemets fem komponenter, utan också hur de tillsammans fyller igen de glapp som identifierats i forskningsöversikten (jfr kapitel 2–3). Tillsammans visar artiklarna hur digitaliseringsfrågor i naturvetenskaplig undervisning kan förstås som ett möte mellan styrdokument, ämnesinnehåll, digital infrastruktur, elevernas sökstrategier och den didaktiska design som organiserar deras arbete. På så sätt konkretiserar avhandlingen hur tre forskningsfält – naturvetenskapernas didaktik, digital literacitet och AI-literacitet – kan knytas samman i ett postdigitalt ramverk där digital mångsidighet fungerar som en ämnesdidaktisk precisering av digital agens.

Tabell 5. Artiklarnas bidrag i relation till olika delar av det postdigitala ekosystemet. En bock (√) markerar att komponenten berörs i artikeln, två bockar (√√) att komponenten utgör en tydlig tyngdpunkt. Inom parentes anges de aspekter eller modeller som särskilt framträder i respektive artikel.

Artikel	**Styr-dokument**	**Ämnes-kunskap**	**Digitala resurser**	**Sök-strategier**	**Modeller, ramverk, begrepp**
1: Elevers resonemang kring digital kompetens i naturvetenskap	√ (digital kompetens)	√ (naturvetenskap liga begrepp)	√ (Google)	√ (Google: online)	√√ (DVOS–modell)
2: Begreppsanvändning och sökstrategier i naturvetenskap	√ (sökosynlighet i natur-vetenskap)	√√ (abstrakta begrepp & integration av ämnesbegrepp)	√ (Google)	√√ (Google: online)	√√ (AD–ramverket)
3: Naturvetenskapligt projekt och undervisnings-intervention	√ (undervisnings–lucka i naturvetenskap	√√ (naturvetenskapligt språk som epistemisk resurs)	√ (Google, Bing, ChatGPT)	√√ (Google: online)	√√ (Digital mångsidighet)
4: Elevers resonemang kring AI–strategier i naturvetenskap	√ (frånvaro av AI–litteracitet i styrdokument)	√√ (begreppslig rimlighet och söklogik)	√√ (generativ AI, Google)	√√ (AI: sök med samtal)	√√ (DVAI–modell)

11. Litteraturlista

Aberšek, M. K., Dolenc, K., Flogie, A. & Koritnik, A. (2015). 'New Natural Science Literacies of Online Research and Comprehension: To Teach or Not to Teach', *Journal of Baltic Science Education*, vol.14, no.4, pp. 460–473.

Adarkwah, M. A. (2025). GenAI-Infused adult learning in the digital era: A conceptual framework for higher education. *Adult Learning*, 36(3), 149-161.

Almås, A. G., & Krumsvik, R. (2007). Digitally literate teachers in leading edge schools in Norway. *Journal of In-Service Education*, 33(4), 479–497.

Almasri, F. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence in teaching and learning of science: A systematic review of empirical research. *Research in Science Education*, 54(5), 977-997.

Almeida, B., Santos, M., & Justi, R. (2022). Aspects and abilities of science literacy in the context of nature of science teaching. *Science & Education,* 32, 567–587.

Almén, L. (2021). Digitalisering som skolutveckling: En policyetnografisk och nexusanalytisk studie av digitalisering i grundskolans styrkedja [Doktorsavhandling, Örebro universitet]. Örebro universitet.

Arantes, J. (2024). Understanding Intersections Between GenAI and Pre-Service Teacher Education: What Do We Need to Understand About the Changing Face of Truth in Science Education?. *Journal of Science Education and Technology*, 1-12.

Awais, B. E., Daradkah, A. M., Haggag, H. M., Hourieh, A. H., Mahmoud, A. M., Al–Ibrahim, A. B., & Shahine, K. (2025). Digital didactic competencies of prospective teachers in Arabian countries. *SDGs Review*, 5, 1–16.

Barzilai, S., & Zohar, A. (2012). Epistemic thinking in action: Evaluating and integrating online sources. *Cognition and Instruction*, 30(1), 39-85.

Berland, L. K., Schwarz, C. V., Krist, C., Kenyon, L., Lo, A. S., & Reiser, B. J. (2016). Epistemologies in practice: Making scientific practices meaningful for students. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(7), 1082-1112.

Bezoluk, S., Azarko, E., Danchenko, I., & Kupriyanov, I. (2021). Fundamentals of digital didactics: Specifics and development at the present stage. E3S Web of Conferences, 258, 07059.

Blikstad-Balas, M. (2016). "You get what you need": A study of students' attitudes towards using Wikipedia when doing school assignments. *Scandinavian journal of educational research*, 60(6), 594-608.

Bliss, A. C. (2019). Adult science–based learning: The intersection of digital, science, and information literacies. *Adult Learning*, 30(3), 128–134.

Boltsi, A., Kalovrektis, K., Xenakis, A., Chatzimisios, P., & Chaikalis, C. (2024). Digital tools, technologies, and learning methodologies for education 4.0 frameworks: A STEM oriented survey. *Ieee Access*, 12, 12883–12901.

Bozkurt, A. (2023). Generative artificial intelligence and distance education: A new realm. *Asian Journal of Distance Education*, 18(2), 1–13.

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, 3(2), 77-101.

Braun, V., & Clarke, V. (2019). Reflecting on reflexive thematic analysis. Qualitative Research in Sport, *Exercise and Health*, 11(4), 589–597.

Braun, V, Clarke, V & Hayfield, N (2022). 'A starting point for your journey, not a map': Nikki Hayfield in conversation with Virginia Braun and Victoria Clarke about thematic analysis, *Qualitative Research in Psychology*, vol.19, no.2, pp. 424–445.

Bronäs, A., & Runebou, M. (2016). Ämnesdidaktik som praktik. Lund: Studentlitteratur.

Brossard, D. (2013). New media landscapes and the science information consumer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(Suppl. 3), pp.14096–14101.

Buckingham, D. (2015). Defining digital literacy – What do young people need to know about digital media? *Nordic Journal of Digital Literacy*, 10, 21–35.

Carlsson, U. (Red.) (2018). Medie – och informationskunnighet (MIK) i den digitala tidsåldern: En demokratifråga. *Nordicom*, Göteborgs universitet.

Casal–Otero, L., Catala, A., Fernández–Morante, C., Taboada, M., Cebreiro, B., & Barro, S. (2023). AI literacy in K–12: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 10(29).

Castro Nascimento, C. M., & Pimentel, A. S. (2023). Do large language models understand chemistry? a conversation with chatgpt. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 63(6), 1649–1655.

Chen, B. (2025). Beyond tools: Generative AI as epistemic infrastructure in education. arXiv preprint arXiv:2504.06928.

Christou, P. A. (2025). Reliability and validity in qualitative research revisited and the role of AI. *The Qualitative Rep*ort, 30(3), 3306-3314.

Choroszewicz, M. (2024). Addressing youths' digital agency with internet technologies: discourses and practices that produce inequalities. *Journal of Youth Studies*, 1–18.

Code, J. (2025). The Entangled Learner: Critical Agency for the Postdigital Era. *Postdigital Science and Education*, 7(2), 336–358.

Curran, M.B.F.X., & Ribble, M. (2017). P–20 model of digital citizenship. *New Directions for Student Leadership*, 153, 35–47.

Dataskyddsförordningen. https://www.imy.se/verksamhet/dataskydd/det-har-galler-enligt-gdpr/introduktion-till-gdpr/dataskyddsforordningen-i-fulltext/

DIGCOMP 2.2: Vuorikari, R., Kluzer, S., & Punie, Y. (2022). DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens. Publications Office of the European Union.

Doran, Y. J., Maton, K., & Martin, J. R. (2021). The teaching of science: New insights into knowledge, language and pedagogy. *In Teaching science* (pp. 1-19). Routledge.

Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of research in education*, 32(1), 268-291.

European Union. (2019). Key competences for lifelong learning. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Etikprövningsmyndigheten. (2022). Vägledning om etikprövning. Etikprövningsmyndigheten. https://etikprovningsmyndigheten.se/wp-content/uploads/2023/12/Vagledning-om-etikprovning-EPM.pdf

Etikprövningslag: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2003460-om-etikprovning-av-forskning-som_sfs-2003-460/

Falloon, G. (2020). From digital literacy to digital competence: the teacher digital competency (TDC) framework. *Educational technology research and development*, 68(5), 2449-2472.

Fang, Z. (2004). 'Scientific Literacy: A Systemic Functional Linguistics Perspective', *Science Education*, vol.89, no.2, pp. 335–347. D

Fasching, M. & Schubatzky, T. (2022). Beyond truth: Teaching digital competences in secondary schools to counteract disinformation. Experts' views on practical teaching frameworks for basic digital education in Austria. *Medienimpulse*. 60(3), 66.

Fawns, T. (2019). Postdigital Education in Design and Practice. *Postdigital Science and Education*, 1(1), 132–145.

Fawns, T. (2022). An entangled pedagogy: Looking beyond the pedagogy–technology dichotomy. *Postdigital Science and Education*, 4(3), 711–728.

Fawns, T., Ross, J., Carbonel, H., Noteboom, J., Finnegan–Dehn, S., & Raver, M. (2023). Mapping and tracing the postdigital: Approaches and parameters of postdigital research. *Postdigital Science and Education*, 5, 623–642

Ferrari, A. (2013). DIGCOMP: A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe. European Commission Joint Research Centre.

Flaxman, S., Goel, S., & Rao, J. M. (2016). Filter bubbles, echo chambers, and online news consumption. *Public Opinion Quarterly*, 80(S1), 298–320.

Forsler, I., Bardone, E., & Forsman, M. (2025). The future postdigital classroom. *Postdigital Science and Education*, 7(3), 682-689.

Foulger, T. S., Graziano, K. J., Schmidt-Crawford, D., & Slykhuis, D. A. (2017). Teacher educator technology competencies. *Journal of technology and teacher education*, 25(4), 413-448.

Geschke, D., Lorenz, J., & Holtz, P. (2019). The triple–filter bubble: Using agent–based modelling to test a meta–theoretical framework for the emergence of filter bubbles and echo chambers. *British Journal of Social Psychology*, 58, 129–149.

Godhe, A.–L. (2014). Creating and assessing multimodal texts: Negotiations at the boundary (Doktorsavhandling). Göteborgs universitet, Institutionen för tillämpad informationsteknologi.

Godhe, A. L. (2019). Digital literacies or digital competence: Conceptualizations in Nordic curricula. *Media and Communication*, 7(2), 25–35.

Gómez–García, G., Hinojo–Lucena, F.–J., Fernández–Martín, F.–D., & Romero–Rodríguez, J.–M. (2022). Educational challenges of higher education: Validation of the Information Competence Scale for Future Teachers (ICS–FT). *Education Sciences*, 12(1), 14.

Haider, J., & Sundin, O. (2016). Algoritmer i samhället. Kansliet för strategi – och samtidsfrågor, Regeringskansliet.

Haider, J. & Sundin, O. (2019). Invisible Search and Online Search Engines: The Ubiquity of Search in Everyday Life. Cambridge, MA: MIT Press.

Haider, J. & Sundin, O. (2022). Paradoxes of Media and Information Literacy: The Crisis of Information. Abingdon: Routledge.

Haider, J., & Sundin, O. (2022). Information literacy as a site for anticipation: temporal tactics for infrastructural meaning-making and algorhythm awareness. *Journal of Documentation*, 78(1), 129-143.

Hamilton, A., Wiliam, D., & Hattie, J. (2023). The future of AI in education: 13 things we can do to minimize the damage.

Hopmann, S. (2007). Restrained Teaching: The Common Core of Didaktik. *European Educational Research Journal*, 6(2), 109–124.

Huberman, A. M., & Miles, M. B. (1983). Drawing valid meaning from qualitative data: Some techniques of data reduction and display. *Quality and quantity*, 17(4), 281-339.

Höttekke, D. & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, 104, 641–666.

Ilomäki, L., Paavola, S., Lakkala, M., & Kantosalo, A. (2016). Digital competence–an emergent boundary concept for policy and educational research. *Education and information technologies*, 21(3), 655–679.

Jandrić, P., Ryberg, T., Knox, J., Lacković, N., Hayes, S., Suoranta, J., Smith, M., Steketee, A., Peters, M., McLaren, P., Ford, D., Asher, G.,

McGregor, C., Stewart, G., Williamson, B. & Gibbons, A. (2019). Postdigital Dialogue. *Postdigital Science and Education*, 1(1), 163–189.

Jandrić, P., Knox, J., Besley, T., Ryberg, T., Suoranta, J., & Hayes, S. (2018). *Postdigital Science and Education. Educational Philosophy and Theory*, 50(10), 893–899.

Jeladze, E., Pata, K., & Quaicoe, J. S. (2017). Factors Determining Digital Learning Ecosystem Smartness in Schools. *IxD&A*, 35, 32–55.

Jeppsson, F & Haglund, J (Eds.) 2013, 'Modeller, analogier och metaforer i naturvetenskapsundervisning' (1st eds), Lund: Studentlitteratur.

Johnson, R. B., & Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. *Educational Researcher*, 33(7), 14–26.

Joseph, O. B. and Uzondu, N. C. (2024). Integrating AI and machine learning in STEM education: Challenges and opportunities. *Computer Science & IT Research Journal*, 5(8), 1732–1750.

Kampourakis, K. (2018). On the meaning of concepts in science education. In: M. Matthews, ed. History, Philosophy and Science Teaching. Dordrecht: Springer, pp.723–739.

Kang, E. (2023). Easily accessible but easily forgettable: How ease of access to information online affects cognitive miserliness. *Journal of Experimental Psychology*: Applied, 29(3), 620.

Kelly, G. J. (2008). Inquiry, activity, and epistemic practice. In R. A. Duschl & R. E. Grandy (Eds.), Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation 99–117. Sense Publishers.

Kinchin, I. M. (2012). Avoiding technology–enhanced non–learning. *British Journal of Educational Technology*, 43(2), E43–E48.

Kinchin, I. M. (2020). Concept mapping and pedagogic health in higher education (a rhizomatic exploration in eight plateaus). University of Surrey (United Kingdom).

Kinchin, I. M., Möllits, A., & Reiska, P. (2019). Uncovering types of knowledge in concept maps. *Education sciences*, 9(2), 131.

Kirschner, P. A., & De Bruyckere, P. (2017). The myths of the digital native and the multitasker. *Teaching and Teacher education*, 67, 135–142.

Klafki, W. (1958). Didaktische analyse als kern der unterrichtsvorbereitung. Die Deutsche Schule, 50(10), 450–471.

Knox, J. (2020). Artificial intelligence and education in China. *Learning, Media and Technology*, 45(3), 298-311.

Kong, S. C., Korte, S. M., Burton, S., Keskitalo, P., Turunen, T., Smith, D. & Beaton, M. C. (2025). Artificial Intelligence (AI) literacy–an argument for AI literacy in education. *Innovations in education and teaching international*, 62(2), 477-483.

Konicek–Moran, R & Keeley, P. (2015) 'Teaching for Conceptual Understanding in Science', Arlington: NSTA Press.

Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into practice*, 41(4), 212-218.

Krumsvik, R. J. (2011). Digital competence in the Norwegian teacher education and schools. *Högre utbildning*, 1(1), 39-51.

Langer, J. A. (2021). Litterära föreställningsvärldar: Litterär förståelse och litteraturundervisning (2. uppl.). Daidalos.

Le Clus, M. A. (2011). Informal learning in the workplace: A review of the literature. *Australian Journal of Adult Learning*, 51(2), 355–373. https://ro.ecu.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1152&context=ecuworks2011

Lee, S. J., & Kwon, K. (2024). A systematic review of AI education in K–12 classrooms from 2018 to 2023: Topics, strategies, and learning outcomes. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6, 100211.

Lee, G., Yun, M., Zhai, X., & Crippen, K. (2025). Artificial intelligence in science education research: Current states and challenges. Journal of *Science Education and Technology*. Advance online publication.

Lemke, J.L. (1998) 'Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text', In J.R. Martin & R. Veel (Eds), Reading Science. Critical and functional perspectives on discourses of science, pp. 87–114. Routledge

Li, L., Yu, F., & Zhang, E. (2024). A systematic review of learning task design for K–12 AI education: Trends, challenges, and opportunities. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6, 100217.

Lindfors, M., Bodin, M., & Simon, S. (2020). Unpacking students' epistemic cognition in a physics problem-solving environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(5), 695–732.

Lindfors, M., Winberg, M., & Bodin, M. (2019). The role of students' scientific epistemic beliefs in computer–simulated problem solving. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 63(1), 124–144.

Liu, Z.–J., Tretyakova, N., Fedorov, V., & Kharakhordina, M. (2020). Digital literacy and digital didactics as the basis for new learning models development. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(14), 4–17.

Lodén, A., Lönngren, J., & Ottander, C. (2025). Students' Reasoning on Searching Scientific Information Online: Developing a Model for Digital Versatility. *NorDiNa: Nordic Studies in Science Education*, 22(1), 117-131.

Löfving, C. (2023). Making their own sense of students' digital competence: Teacher negotiation and its implications for democracy and (in) equality. *Nordic Journal of Digital Literacy*, (3), 145-157.

Löfving, C., Godhe, A. L., & Lundin, J. (2023). Teachers' dilemmatic spaces connected to students' net-based out-of-school activities. *The international journal of information and learning technology*, 40(1), 62-72.

Löfving, C. (2024). Teachers' negotiation of the cross-curricular concept of student digital competence. *Education and Information Technologies*, 29(2), 1519-1538.

Ma, H., & Ismail, L. (2025). Bibliometric analysis and systematic review of digital competence in education. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1), 1-17.

Mannila, L., Hallström, J., Nordlöf, C., Heintz, F., Sperling, K., & Stenliden, L. (2025, February). Framing AI Literacy for K-12 Education: Insights from Multi-Perspective and International Stakeholders. In Proceedings of the 27th Australasian Computing Education Conference, 85-94.

Marchionini, G. (2006). Exploratory Search: From Finding to Understanding. *Communications of the ACM*, 49(4), 41–46.

Maton, K. (2009). Cumulative and segmented learning: Exploring the role of curriculum structures in knowledge–building. *British Journal of Sociology of Education*, 30(1), 43–57. https://www.jstor.org/stable/40375403

Maton, K. (2013). Making semantic waves: A key to cumulative knowledge–building. *Linguistics and Education*, 24(1), 8–22.

Maton, K. (2014). Knowledge and Knowers: Towards a realist sociology of education. Routledge.

Maton, K. (2014). A TALL order? Legitimation Code Theory for academic language and learning. *Journal of Academic Language & Learning*, 8(3), A34–A48.

Maton, K. (2020). Semantic waves: Context, complexity and academic discourse. In J. R. Martin, K. Maton, & Y. J. Doran (Eds.), Accessing Academic Discourse, 59–85. Routledge.

Maton, K., Hood, S., & Shay, S. (Eds.). (2016). Knowledge–building: Educational studies in Legitimation Code Theory. Routledge.

Maton, K., & Chen, S. (2017). Specialization and knower structures: Insights from Legitimation Code Theory. Research Papers in Education, 32(5), 581–600. https://learningandteaching–navitas.com/wp–content/uploads/2018/07/2017–Maton–Chen–Specialization–from–LCT.pdf

Miralles–Martínez, P., Gómez–Carrasco, C. J., Arias, V. B., & Fontal–Merillas, O. (2019). Digital resources and didactic methodology in the initial training of history teachers. Comunicar: *Media Education Research Journal*, 27(61), 41–51.

Markauskaite, L., Carvalho, L., & Fawns, T. (2023). The role of teachers in a sustainable university: From digital competencies to postdigital capabilities. *Educational Technology Research and Development*, 71(1), 181–198.

McGrew, S. (2020). Learning to evaluate: An intervention in civic online reasoning. *Computers & Education*, 145, 103711.

Ng, D. T. K., Su, J., Leung, J. K. L., & Chu, S. K. W. (2024). Artificial intelligence (AI) literacy education in secondary schools: A review. *Interactive Learning Environments*, 32(10), 6204–6229

Nordin, A., Uljens, M. (Eds) (2022). Didaktikens språk – om skolundervisningens mål, innehåll och form. Gleerups

Nordlund, M., Kokkola, L., & Rydström, U. (2023). Teenagers' vocabulary knowledge and self-efficacy as elements in effective L2 online searches.

Norhagen, A., Krumsvik, R. J., & Røkenes, F. M. (2024). Teacher educators' professional digital competence in Norwegian teacher education: A systematic review. *Frontiers in Education*, 9, 1363529.

Nygren, T., & Brounéus, F. (2018). Nyhetsvärderaren: Forskarfredags massexperiment 2017: Slutrapport.

Nygren, T., & Efimova, E. (2025). Investigating the long-term impact of misinformation interventions in upper secondary education. *Plos one*, 20(7), e0326928.

Nygren, T., & Guath, M. (2019). Swedish teenagers' difficulties and abilities to determine digital news credibility. Nordicom review, 40(1), 23-42.

Nygren, T. & Guath, M. (2022). Students Evaluating and Corroborating Digital News. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 66(4), 549–565.

Nygren, T., Wiksten–Folkeryd, J., Liberg, C., & Guath, M. (2020). Hur motiverar gymnasieelever sina bedömningar av trovärdiga och vilseledande digitala nyheter? *Journal of Humanities and Social Science Education*, Nordidactica 2020(2).

OECD (2019). Future of education and skills 2030: OECD learning compass 2030. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/about/projects/future-of-education-and-skills-2030.html

OECD (2021). 21st–Century Readers: Developing Literacy Skills in a Digital World. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/21st–century–readers_a83d84cb–en.html

OECD (2023). PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i_53f23881-en.html

Otrel–Cass, K. & Fasching, M. (2021). Postdigital Truths: Educational Reflections on Fake News and Digital Identities. Jandric, P. (Ed.) *Postdigital Humans: Transitions, Transformations and Transcendence*. 89–108. Savin–Baden: Springer.

Pangrazio, L. & Sefton–Green, J. (2021). Digital rights, digital citizenship and digital literacy: What's the difference? *Journal of New Approaches in Educational Research*, 10 (1), 15–27.

Passey, D., Shonfeld, M., Appleby, L., Judge, M., Saito, T., & Smits, A. (2018). Digital agency: Empowering equity in and through education. *Technology, Knowledge and Learning*, 23(3), 425–439.

Petko, D., Mishra, P., & Koehler, M. J. (2025). TPACK in context: An updated model. *Computers and Education Open,* 8, 100244.

Pettersson, F. (2018). On the issues of digital competence in educational contexts: A review of literature. *Education and Information Technologies*, 23(3), 1005–1021.

Plakhotniuk, G., Liubchenko, I., Prokhorchuk, O., Yuzyk, O., Turchak, A., & Markova, O. (2021). Formation of Future Specialists' Information Competence. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala*, 13(2), 57–77.

Punie, Y., Brečko, B., & Ferrari, A. (2014). DIGCOMP: A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe. http://www.openeducationeuropa.eu/nl/elearning_papers. 38, 3–17

Rapanta, C., Bhatt, I., Bozkurt, A., Chubb, L. A., Erb, C., Forsler, I., Gravett, K., Koole, M., Lintner, T., Örtegren, A., Petricini, T., Rodgers, B., Webster, J., Xu, X., Christensen, I. M. F., Dohn, N. B., Christensen, L. L. W., Zeivots, S., & Jandrić, P. (2025). Critical GenAI Literacy: Postdigital Configurations. *Postdigital Science and Education*. Advance online publication.

Rieh, S. Y., Collins-Thompson, K., Hansen, P., & Lee, H. J. (2016). Towards searching as a learning process: A review of current perspectives and future directions. *Journal of Information Science*, 42(1), 19-34.

Ribble, M. (2009) Digital citizenship in schools: Nine elements all students should know (2nd ed.). *International Society for Technology in Education.*

Ribble, M. (2011). Digital citizenship in schools: Nine elements all students should know (2nd ed.). *International Society for Technology in Education.*

Ribble, M. (2015). Digital citizenship in schools: Nine elements all students should know (3rd ed.). ISTE.

Ribble, M. (2021). Digital citizenship in the frame of global change. *International Journal of Studies in Education and Science*, 7(1), 1–10.

Ribble, M., Bailey, G. D., & Ross, T. W. (2004). Digital citizenship: Addressing appropriate technology behavior. *Learning & Leading with Technology*, 32(1), 6–11.

Ribeck, J. (2015). 'Steg för steg – Naturvetenskapligt ämnesspråk som räknas', Språkbanken Department of Swedish University of Gothenburg https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/40506

Roessingh, H., Douglas, S., & Wojtalewicz, B. (2016). Lexical standards for expository writing at Grade 3: The transition from early literacy to academic literacy. *Language and Literacy*, 18(3), 123–144.

Rose, D., & Johnson, B. R. (2020). Contextual validity and credibility in qualitative content analysis: Toward a framework for naturalistic inquiry. *Journal of Multidisciplinary Research*, 12(1), 1–16.

Ryder, J., & Banner, I. (2013). School teachers' experiences of science curriculum reform. *International Journal of Science Education*, 35(3), 490–514.

Røkenes, F. M., & Krumsvik, R. J. (2014). Development of student teachers' digital competence in teacher education: A literature review. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 9(4), 250–280.

Sendurur, E., & Sendurur, P. (2015). Students' Web Search Strategies With Different Task Types: An Eye–Tracking Study. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 3(2), 1–14.

Sendurur, E., Sendurur, P., & Yilmaz, R. (2019). Uncovering Types of Knowledge in Concept Maps: Students' Web Search Strategies. *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology*, 15(1), 132–149.

Shaw, D., Morfeld, P., & Erren, T. (2023). The (mis) use of ChatGPT in science and education: Turing, Djerassi,"athletics" & ethics. *EMBO reports*, 24(7), e57501.

Shin, D. (2025). Automating epistemology: how AI reconfigures truth, authority, and verification. *AI & SOCIETY*, 1–7.

Sinnamon, L., Dodson, S., Li, A., & Shahid, S. H. (2024). Re–envisioning search education through a critical information literacy lens. *Journal of Education for Library and Information Science*, Advance online publication.

Skolverket: The Swedish National Agency for Education. (2011, 2024, 2025). Läroplan, program och ämnen i gymnasieskolan. https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan

Skolverket. (2022a). Skolverkets uppföljning av digitaliseringsstrategin 2021 (Rapport 2022:4). Skolverket. https://www.skolverket.se/publikationer

Skolverket. (2022b). Förslag till nationell digitaliseringsstrategi för skolväsendet 2023–2027 (Dnr 2022:1293). Skolverket. https://www.skolverket.se/publikationer

Skolverket. (2024). Redovisning av uppdrag om översyn av området digitalisering i förskolans läroplan (Dnr 2023:2730). Skolverket. https://www.skolverket.se/publikationer

Slopinski, A., & Steib, C. (2024). The Berlin Model 2.0 – A discussion proposal for the planning and analysis of teaching-learning processes in a culture of digitality. bwp@ Spezial, 19. https://www.bwpat.de/spezial19/slopinski_steib_en_spezial19.pdf

Snow, P. C. (2016). Elizabeth Usher Memorial Lecture: Language is literacy is language–Positioning speech–language pathology in education policy, practice, paradigms and polemics. International *Journal of Speech–Language Pathology*, 18(3), 216–228.

Sperling, K. (2024). BEYOND F (AI) TH: The introduction and materialisation of artificial intelligence in schools (Doctoral dissertation, Linköping University Electronic Press).

Sperling, K., Stenberg, C. J., McGrath, C., Åkerfeldt, A., Heintz, F., & Stenliden, L. (2024). In search of artificial intelligence (AI) literacy in teacher education: A scoping review. *Computers and Education Open*, 6, 100169.

Sperling, K., Stenliden, L., Nissen, J., & Heintz, F. (2022). Still w (AI) ting for the automation of teaching: An exploration of machine learning in Swedish primary education using Actor-Network Theory. *European Journal of Education*, 57(4), 584–600.

Stolpe, K., & Hallström, J. (2024). Artificial intelligence literacy for technology education. *Computers and Education Open*, 6, 100159.

Strandberg, L. (2006). Vygotskij i praktiken – Bland plugghästar och fusklappar. Nordsteds Akademiska Förlag.

Sunstein, C. R. (2009). Republic.com 2.0. Princeton University Press.

Säfström, C. A., & Svedner, P.–O. (2019). Forskningsmetodik: För lärarstudenter och lärare (4:e uppl.). Studentlitteratur.

Säljö, R. (2012). Literacy, digital literacy and epistemic practices: The co-evolution of hybrid minds and external memory systems. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 7(1), 5-19.

Tassoti, S. (2024). Assessment of students use of generative artificial intelligence: Prompting strategies and prompt engineering in

chemistry education. *Journal of Chemical Edu*cation, 101(6), 2475–2482.

Thompson, J. (2022). A guide to abductive thematic analysis. *The Qualitative Report*, 27(5), 1410–1421.

Trujillo Sáez, F., Álvarez Jiménez, D., Montes Rodríguez, R., Segura Robles, A. & García San Martín, M. J. (2020). Learning and educating in the digital age: reference frameworks. Madrid: Fundación ProFuturo. ISBN: 978–84–09–23659–6.

Uljens, M. (1997). Didaktik: Teori, reflektion och praktik. Studentlitteratur.

UNESCO (2018). A Global Framework of Reference on Digital Literacy Skills for Indicator 4.4.2. Paris: UNESCO. https://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/ip51-global-framework-reference-digital-literacy-skills-2018-en.pdf

Valeri, F., Nilsson, P., & Cederqvist, A. M. (2025). Exploring students' experience of ChatGPT in STEM education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 8, 100360.

Vetenskapsrådet. (2024). God forskningssed (VR2405). Vetenskapsrådet. https://www.vr.se/analys/rapporter/vara-rapporter/2024-10-02-god-forskningssed-2024.html

Vinnervik, P. (2021). Programming as didactic transposition: Transformation and implementation of programming in Swedish school mathematics and technology education [Doktorsavhandling, Umeå universitet]. Umeå universitet.

Vinnervik, P. (2022). Programming in school technology education: The shaping of a new subject content. *International Journal of Technology and Design Education*, 33(6), 1449–1470.

Walan, S. (2020). Embracing digital technology in science classrooms–Secondary school teachers' enacted teaching and reflections on practice. *Journal of Science Education and Technology*, 29(3), 431–441.

Wang, X., Li, Y., Zhang, H., & Chen, J. (2024). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Computers & Education*, 205, 104875.

Wiblom, J, Rundgren, C–G & Andrée, M. (2017). 'Developing Students' Critical Reasoning About Online Health Information: a Capabilities Approach', *Research in Science Education*, 49, 1759–1782.

Wickman, P.–O. (2004). The practical epistemologies of the classroom: A study of laboratory work. *Science Education*, 88(3), 325–344.

Wickman, P.–O., Hamza, K. M., & Lundegård, I. (2018). Didaktik och didaktiska modeller för undervisning i naturvetenskapliga ämnen. Nordina – Nordic Studies in Science Education, 14(3), 201–216.

Wickman, P.–O., Hamza, K. M., & Lundegård, I. (2020). Didactics and didactic models in science education. In P. J. White, R. Tytler, J. Ferguson, & J. Cripps Clarke (Eds.), *Methodological approaches to STEM education research*: 1, 34–49. Cambridge Scholars Publishing.

Wickman, P. O., Prain, V., & Tytler, R. (2025). Aesthetics, affect, and making meaning in science education: An introduction. *In Aesthetics, Affect, and Making Meaning in Science Education* (pp. 4–21). Routledge.

Wickman, P. O., & Östman, L. (2002). Learning as discourse change: A sociocultural mechanism. *Science education*, 86(5), 601–623.

Wiese, E. (2025). Rethinking the teacher's role in the age of AI: Ethics, agency, and pedagogy. *Teaching and Teacher Education*, 132, 104177.

Wikforss, Å. (2018). Alternativa fakta: Om kunskapen och dess fiender. Stockholm: Fri Tanke.

Wu, J.Y. (2020). 'The predictive validities of individual working-memory capacity profiles and note-taking strategies on online search performance', *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(6), 876–889.

Xu, W., & Ouyang, F. (2022). The application of AI technologies in STEM education: A systematic review from 2011 to 2021. *International Journal of STEM Education*, 9(59), 1–20.

Yadava, O. P. (2023). ChatGPT—a foe or an ally? *Indian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 39(3), 217-221.

Yelamarthi, K., Dandu, R., Rao, M., Yanambaka, V. P. and Mahajan, S. (2024). Exploring the potential of generative AI in shaping engineering education: Opportunities and challenges. *Journal of Engineering Education Transformations*, 37(2), 439–445.

Zhang, M., & Yang, X. (2025). Google or ChatGPT: Who is the better helper for university students. *Education and Information Technologies*, 30(4), 5177–5198.

Åkerfeldt, A. (2014). Didaktisk design med digitala resurser (Doktorsavhandling). Stockholms universitet. https://su.diva-portal.org/smash/get/diva2:740498/FULLTEXT01.pdf

Örtegren, A. (2022). Digital citizenship in teacher education – Exploring conceptualizations in a postdigital era. In J. Jaldemark et al. (Eds.), Networked Learning 2022: Proceedings for the thirteenth International Conference on Networked Learning, 348–357