



GÖTEBORGS
UNIVERSITET

Missuppfattningar inom genetiken

*En litteraturstudie om hur missuppfattningar inom genetiken hos
högstadiе- och gymnasieelever kan motverkas*

Sabrina Meksassi
Ämneslärarprogrammet med
inriktning mot arbete i högstadiet -
Biologi



Uppsats/Examensarbete: 15 hp
Kurs: L9BI2G
Nivå: Grundnivå
Termin/år: VT 2024
Handledare: Mats Andersson
Examinator: Ola Nordqvist

Nyckelord: Teaching biology, Genetics, Misconceptions, Pedagogical methods, Learning theories

Abstract

In schools, misconceptions about genetics can arise due to several factors, and the consequences of these misunderstandings can be significant. Lack of education can play a central role in the spread of misinformation about genetics. When teachers lack sufficient knowledge or do not have access to up-to-date resources, they risk inadvertently conveying inaccuracies to students. Additionally, students own preconceived notions and misinterpretations can be reinforced through interaction with their peers, creating a vicious cycle of misinformation.

In this study, various misconceptions within genetics education have been identified and analyzed, while different strategies to prevent these misconceptions have been examined. The study revealed that the two most common misconceptions are the confusion between "genes" and "DNA" and the simplified perception of genetic determinism. To counteract these, the use of research-based strategies and educational methods such as problem-based learning, laboratory experiments, and drawing is proposed. By actively addressing these misconceptions, teaching can be improved, and students' understanding of genetics can be enhanced, which is crucial for effective teaching and learning processes.

Sammanfattning

När det gäller biologi i skolan kan missuppfattningar om genetik uppstå på grund av flera faktorer, och konsekvenserna av dessa missförstånd kan vara betydande. Bristande undervisning kan spela en central roll i spridningen av felaktig information om genetik. När lärare saknar tillräcklig kunskap eller inte har tillgång till uppdaterade resurser riskerar de oavsiktligt att förmedla felaktigheter till eleverna. Dessutom kan elevernas egna förutfattade meningar och felaktiga tolkningar förstärkas genom interaktion med sina kamrater, vilket skapar en ond cirkel av felinformation.

I detta arbete har olika missuppfattningar inom genetikundervisning identifierats och analyserats, samtidigt som olika strategier för att förebygga dessa missuppfattningar har undersökts. Studien visade att de två vanligaste missuppfattningarna är förväxlingen mellan "gener" och "DNA" samt den förenklade uppfattningen om genetisk determinism. För att motverka dessa föreslås användningen av forskningsbaserade strategier och pedagogiska metoder såsom problembaserat lärande, laborationer och ritning. Genom att aktivt hantera dessa missuppfattningar kan undervisningen förbättras och elevernas förståelse av genetik öka, vilket är avgörande för en effektiv undervisning och lärandeprocess.

Förord

Jag valde att skriva om missuppfattningar inom genetikundervisning för högstadie- och gymnasieelever på grund av mitt djupa intresse för både genetik och pedagogik. Jag är övertygad om att undervisning har en betydelsefull roll för elevers kunskapsutveckling och jag ser det som en viktig uppgift att utforska och bemöta de hinder och utmaningar som kan uppstå inom detta område.

I dagens samhälle är kunskap inom genetik av allt större vikt, och en korrekt förståelse av genetiska koncept är avgörande för att förbereda eleverna inför en framtid präglad av snabba framsteg inom vetenskap. Genom att identifiera missuppfattningar inom genetikundervisningen kan vi skapa en mer effektiv och djupgående inlärningsmiljö som främjar en korrekt förståelse av ämnet.

Jag vill rikta ett varmt tack till min handledare, Mats Andersson som givit mig stöd och vägledning under arbetets gång. Hans insiktsfulla feedback och expertråd har varit av stor betydelse för att forma och utveckla detta arbete.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Förord	1
Innehållsförteckning	1
1 Inledning	1
1.1 Syfte och frågeställning	1
2 Bakgrund	1
2.1 Vad är missuppfattning och missförstånd	2
2.2 Elevers kunskapsgrund	3
2.3 Lärandeteorier	3
2.3.1 Lärande ur ett sociokulturellt perspektivet	3
2.3.2 Lärande ur ett konstruktivistiskt perspektiv	4
2.3.3 Lärande ur ett pragmatiskt perspektiv	4
2.4 Varför undervisa om genetik?	5
2.4.1 Generella svårigheter inom genetik	6
3 Metod	6
3.1 Litteratursökning	7
3.2 Manuell urvalsprocess och faktorer för exkludering	7
4 Resultat	8
4.1 Missuppfattningar inom genetik	8
4.1.2 Missuppfattningar av begrepp och koncept inom genetik	8
4.1.3 Missuppfattningar om den genetiska materialets natur	9
4.1.4 Missuppfattningar om rollen av det genetiska materialet	10
4.2 Förbättra undervisning i genetik	12
4.2.1 Ritande som en strategi för att stödja elevers lärande	12
4.2.2 Laborationer som strategi för inläring	12
4.2.3 Problembaserat lärande som en strategi för inläring	15
5 Diskussion	17
5.1 Diskussion: Metod	19
5.2 Förslag till fortsatt arbete	20
6 Slutsats	20
7 Referenslista	21
1 Bilagor	27

1 Inledning

Biologi är ständigt närvarande i våra liv och påverkar allt från människor till naturen som omger oss. Hur vi tolkar och förstår dessa biologiska fenomen varierar mycket. Många människor har inte direkt kontakt med den vetenskapliga förklaringen bakom dessa fenomen och skapar därför sina egna tolkningar om biologi baserat på vardagliga erfarenheter snarare än vetenskapliga teorier (Sjøberg, 2010).

Många av dagens viktigaste vetenskapliga framsteg är baserade på molekylär genetik, och begreppet gen har varit vanligt i medierna i flera decennier nu (Sesli & Kara, 2012). Genetik har blivit en del av vårt dagliga liv när det gäller sjukvård, jordbruk och teknologi, men har också väckt många etiska frågor. Därför är det väsentligt att elever inte bara ser genetisk information som en "svart låda", utan förstår de grundläggande principerna för genetik för att kunna fatta välgrundade beslut i sina liv. Utbildningssystem runt om i världen har förstått detta behov, och genetik har blivit en etablerad del av många nationella läroplaner, även på grundnivå.

Undervisningen om genetik inom biologi kan vara utmanande eftersom den kräver förklaring av en mängd begrepp som omfattar olika nivåer av biologisk organisering, från molekylär till organismnivå. Hur lärare presenterar och förklarar dessa genetiska begrepp har en betydande inverkan på elevernas förmåga att förstå dem (Skolverket, 2022). I ämnesplanen för biologiska undervisningen bidra till att eleverna utvecklar kunskaper om naturen och människokroppen samt ge dem förutsättningar att använda biologins begrepp och förklaringsmodeller för att beskriva och förklara biologiska samband (Skolverket, 2022). Därför är det av avgörande betydelse att eleverna får en korrekt förståelse av begreppen för att undvika att felaktiga kunskaper utvecklas på grund av förutfattade meningar baserade på vardagliga uppfattningar.

1.1 Syfte och frågeställning

Syftet med detta examensarbete är att undersöka vanliga missuppfattningar hos högstadie- och gymnasieelever inom genetik. Därtill undersöks olika strategier som kan förbättra undervisningen inom genetik. Genom att identifiera och analysera dessa missuppfattningar är målet att bidra till en djupare förståelse för elevernas utmaningar och behov i genetik. Följande två frågeställningar har formulerats som grund för undersökningen:

1. Vilka vanliga missuppfattningar om genetik förekommer bland högstadie- och gymnasieelever?
2. Vilka strategier kan förbättra undervisningen inom genetik?

2 Bakgrund

I detta avsnitt kommer de teoretiska ramverk som är betydande för att förstå och hantera missuppfattningar bland elever att utforskas. Begreppet missuppfattningar definieras både med hänsyn till den avsedda elevgruppen och de specifika svårigheter som kan uppstå i

skolsammanhang. Därefter diskuteras lärande utifrån relevanta teoretiska perspektiv och sedan analyseras biologiämnet specifikt för att förstå dess didaktiska utmaningar och dess betydelse för forskningsunderlaget. Genom att granska och förstå dessa olika aspekter kan strategier utvecklas för att identifiera och korrigera missuppfattningar hos elever, vilket leder till förbättrad undervisning och lärande i biologiämnet.

2.1 Vad är missuppfattning och missförstånd

En missuppfattning (misconception), beskrivs som en idé eller uppfattning som elever tar med sig till sin inläring från sina vardagliga erfarenheter, och som inte överensstämmer med den vetenskapliga förståelsen (Cromley & Mislevy, 2005). Dessa missuppfattningar är ofta djupt rotade och kan vara svåra att förändra, även när eleverna exponeras för korrekta vetenskapliga förklaringar och bevis. De kan betraktas som "felaktiga" från ett vetenskapligt perspektiv, eftersom de inte stämmer överens med den etablerade kunskapen inom ämnet. Det är viktigt att notera att missuppfattningar inte bara innefattar felaktiga uppfattningar utan också alternativa uppfattningar, förförståelse och naiva övertygelser (Smith m.fl., 1993). Dessa olika termer används för att beskriva elevernas tidigare kunskap som kan vara inkonsekvent eller i motsättning till den nya vetenskapliga kunskapen de förväntas lära sig. Även om elevernas missuppfattningar kan vara baserade på deras vardagliga erfarenheter, är det viktigt att notera att de kan vara djupt rotade och svåra att övervinna.

Missuppfattningar kan vara stabila och utbredda bland elever och kan därför skapa en kognitiv konflikt när de står i strid med den nya vetenskapliga kunskapen som presenteras i undervisningen (Smith m.f., 1993). Denna konflikt uppstår när elevernas befintliga föreställningar kolliderar med den nya informationen de får, vilket kan leda till förvirring och osäkerhet hos eleverna (Smith m.f., 1993). Därför är det avgörande för lärare att vara medvetna om elevernas missuppfattningar och att använda strategier för att korrigera dem i undervisningen. Detta kan innefatta att tydligt förklara skillnaderna mellan elevernas befintliga uppfattningar och den vetenskapliga förståelsen samt att använda aktiviteter och exempel som utmanar och omprövar elevernas missuppfattningar (Smith m.f., 1993).

Missförstånd inom utbildningsforskning, avser en situation där en elev förvärvar en tolkning av ett begrepp eller en idé som är i konflikt med den vetenskapligt accepterade synen. Detta inträffar ofta när elever stöter på ny kunskap eller begrepp som de tolkar felaktigt baserat på sin befintliga förståelse eller tidigare erfarenheter (Herman m.f., 2012). Till skillnad från missuppfattningar, uppstår missförstånd från förvärvet av ny kunskap som tolkas felaktigt av eleven. Till exempel kan missförstånd i ingenjörsutbildning uppstå frekvent när elever stöter på nya begrepp och idéer som de inte tidigare har stött på (Herman m.f., 2012). Dessa missförstånd är ofta relaterade till svårighetsgraden på det material som studeras och kan vanligtvis åtgärdas genom upprepade förklaringar och tydliggörande av begrepp av lärare. När en elev inser att den har missförstått ett begrepp kan eleven vanligtvis rätta till felet relativt snabbt med handledning från läraren. Det är dock viktigt att notera att missförstånd kan kvarstå om de inte förtydligas av pedagoger (Herman m.f., 2012)

2.2 Elevers kunskapsgrund

Elevernas förkunskaper utgör en viktig utgångspunkt för deras fortsatta lärande (Sjøberg, 2010). Denna kunskapsbas, som formas av deras tidigare erfarenheter från olika livssituationer och inlärnings kontexter, är mångsidig och kan variera betydligt mellan individer. Den inkluderar allt från informella interaktioner i vardagen till mer formella utbildningsupplevelser. Genom att ta hänsyn till denna variation kan lärare skapa en mer differentierad undervisningsmiljö som tillgodoser olika elevers behov och styrkor.

När man betraktar elevernas förhandskunskaper är det viktigt att inte bara fokusera på deras existerande kunskaper utan också att identifiera eventuella kunskapsluckor eller missuppfattningar som kan hindra deras inläring (Sjøberg, 2010). Vissa elever kan ha en stabil och välgrundad kunskapsbas inom ett visst ämnesområde, vilket kan underlätta för dem att bygga vidare på sina kunskaper. Å andra sidan kan andra elever ha luckor i sin förståelse eller felaktiga uppfattningar som behöver rättas till för att de ska kunna absorbera och tillämpa ny information effektivt (Sjøberg, 2010). För lärare är det därför en avgörande betydelse att skapa en pedagogisk miljö som tar hänsyn till elevernas mångfaldiga förhandskunskaper. Genom att aktivt undersöka och förstå elevernas befintliga kunskaper kan lärare anpassa sin undervisning för att möta elevernas individuella behov och därigenom främja ett mer meningsfullt och hållbart lärande. Att vara medveten om elevernas kunskapsnivåer och eventuella missuppfattningar gör det möjligt för lärare att utforma instruktioner och aktiviteter som utmanar eleverna på rätt nivå och hjälper dem att övervinna hinder på vägen mot förståelse och kompetens ((Sjøberg, 2010).

2.3 Lärandeteorier

Flera lärandeteorier har varit framträdande och har bidragit till att forma undervisningsmetoder och förståelsen av hur elever lär sig. Bland dessa är kognitivismen, konstruktivismen och det sociokulturella perspektivet betydelsefulla (Sjøberg, 2010). Därtill är det pragmatistiska perspektivet också relaterat till naturvetenskapen. Dessa lärandeteorier spelar en avgörande roll i utformningen och genomförandet av undervisningen inom naturvetenskapen. Genom att förstå och tillämpa principer från dessa teorier kan lärare skapa en mer effektiv lärandemiljö som främjar elevernas förståelse och engagemang.

2.3.1 Lärande ur ett sociokulturellt perspektivet

Lärandet har haft en omfattande påverkan på mänskligheten genom historien. Vygotskij var en rysk epistemolog som förespråkade en teori om sociokulturellt lärande som betonade vikten av social interaktion och kulturellt sammanhang (Liberg m.fl., 2017). Han ansåg att lärande är en social process som sker genom samspel med andra och med kulturella föremål. Vygotskij betonade att barn utvecklar sin förståelse och sina färdigheter genom att interagera med mer kompetenta individer, såsom föräldrar, lärare och jämnåriga. En av de centrala idéerna inom Vygotskijs teori är begreppet "*zon för proximal utveckling*" (ZPD), som är den klyfta mellan vad ett barn kan åstadkomma på egen hand och vad det kan uppnå med stöd och vägledning från en mer kunnig person. Vygotskij argumenterade för att lärandet bör rikta sig mot att föra eleverna in i deras ZPD, där de kan utveckla nya färdigheter och förståelse med stöd från lärare och kamrater (Liberg m.fl., 2017).

2.3.2 Lärande ur ett konstruktivistiskt perspektiv

I kontrast till Vygotskijs sociokulturella perspektiv är Jean Piaget representant för vad som benämns som den individuella konstruktivismen. Enligt Piagets teori om konstruktivism konstruerar individen kunskap och formar mening baserat på sina erfarenheter (Sjøberg, 2010). Teorin omfattar inläringsteorier, undervisningsmetoder och utbildningsreformer. Två viktiga komponenter för skapandet av ny kunskap är ackommodation och assimilation. Assimilation innebär integration av nya erfarenheter i befintliga, vilket leder till utveckling av nya perspektiv och omvärdering av tidigare missförstånd. Å andra sidan innebär ackommodation omformning av mentala strukturer för att passa nya erfarenheter. Dessa processer leder till förändringar i individens uppfattningar om världen när deras förväntningar anpassas till resultaten (Sjøberg, 2010).

Inquiry- Based Learning (IBL) är starkt förankrat i konstruktivismen och är en pedagogisk metod där eleverna är aktiva deltagare i sin egen inläring genom att undersöka, utforska och lösa problem. Istället för att bara memorera fakta och information, uppmuntrar IBL eleverna att ställa egna frågor, samla in data, dra slutsatser och kommunicera sina resultat. Denna metod främjar elevernas kritiska tänkande, problemlösningsförmåga och förmåga att arbeta självständigt (Hill & France, 2020). Istället för att vara passiva mottagare av information blir eleverna aktiva deltagare i sin egen inläring, vilket leder till en djupare förståelse och långsiktig kunskap.

Problembaserat lärande (PBL) är en strukturerad form av forskningsbaserat lärande (IBL) som ger elever möjlighet att aktivt angripa med komplexa problem innan de får direkt undervisning (Hill & France, 2020). Genom att engagera eleverna i processen att brottas med utmanande problem främjar PBL aktivt lärande och uppmuntrar eleverna att dra nytta av sin befintliga kunskap för att utveckla potentiella lösningar (Hill & France, 2020). När eleverna samarbetar för att utvärdera och motivera sina föreslagna lösningar får de en djupare förståelse för ämnet. Till skillnad från traditionella undervisningsmetoder, där kunskap överförs passivt, uppmuntrar PBL eleverna att konfrontera osäkerhet och omfamna utmaningar, vilket slutligen leder till förbättrad förståelse och utveckling av kritiska forskning färdigheter (Hill & France, 2020). Lärarens roll i PBL skiftar från att vara en informationsleverantör till en mentor som vägleder eleverna genom undersökningsprocessen och hjälper dem att navigera genom svårigheter. Genom långvarig exponering för PBL-aktiviteter kan eleverna uppleva roligare lärande, uppnå högre ordningens lärandemål och prestera bättre akademiskt, samtidigt som de utvecklar värdefulla forskning färdigheter. Lyckad genomförande av PBL kräver dock noggrann orientering av elever och lärare till förväntningarna på denna lärande- och undervisningsmetod, samt kontinuerligt stöd och uppmuntran för lärare att anta en handledarroll (Hill & France 2020).

2.3.3 Lärande ur ett pragmatiskt perspektiv

Charles Sanders Peirce talar om det pragmatiska perspektivet, han introducerade begreppet "pragmatisk maxim" som ett verktyg för att uppnå klarhet i våra idéer och begrepp (Allwood, Eriksson, 2017). Han menade att den pragmatiska maximen innebär att man kan förstå betydelsen av ett begrepp eller en idé genom att analysera dess praktiska konsekvenser. Enligt Peirce är en idé eller ett begrepp meningsfullt i den utsträckning det har användbara konsekvenser för handling och erfarenhet. Med andra ord, för att förstå innebörden av ett begrepp måste vi undersöka hur det påverkar våra handlingar och förväntade resultat.

Den första graden av klarhet innebär en oreflekterad förståelse som baseras på vardagliga erfarenheter (Allwood, Eriksson, 2017). Det är när vi använder ett begrepp utan att aktivt reflektera över dess betydelse eller konsekvenser. Till exempel, vår förståelse av begreppet "tyngdkraft" baseras på våra dagliga observationer av objekt som faller mot marken. Den andra graden av klarhet innebär att kunna ge en abstrakt definition av begreppet. Det är när vi kan uttrycka en allmän beskrivning som fångar det väsentliga i begreppet och separerar det från specifika exempel (Allwood, Eriksson, 2017). Den tredje och djupaste graden av klarhet innebär att förstå begreppets praktiska konsekvenser och dess förväntade effekter. Det är när vi kan förutse hur användningen av begreppet kommer att påverka våra handlingar och upplevelser. För att uppnå denna grad av klarhet, måste vi överväga vilka praktiska effekter som följer av att acceptera eller tillämpa begreppet. Att förstå hur konceptet "tyngdkraft" påverkar våra handlingar och våra förväntningar om objekts rörelse i vardagen är ett exempel på den tredje graden av klarhet (Allwood, Eriksson, 2017).

Inom naturvetenskapen kan pragmatismen tillämpas genom att ge eleverna möjlighet att utforska och experimentera i verkliga situationer. Lärare som använder pragmatiska metoder betonar vikten av att eleverna får praktisk erfarenhet av vetenskapliga koncept genom experiment och observationer. Genom att uppmuntra eleverna att utforska och dra egna slutsatser från sina upplevelser främjar pragmatismen en djupare förståelse och engagemang för ämnet naturvetenskap (Allwood, Eriksson, 2017).

2.4 Varför undervisa om genetik?

Undervisning och lärande i genetik har en central roll inom biologiämnet i högstadiet och gymnasiet. För det första är genetik en grundläggande del av alla läroplaner i biologi, från grundskolan till gymnasiet (Gericke, N. El-Hani, 2018). Enligt ämnesplanen för biologi för högstadiet ska eleverna få förståelse för "*Livets uppkomst, utveckling och mångfald samt evolutionens mekanismer. Arvsmassans egenskaper och förhållandet mellan arv och miljö*" (Skolverket, 2022). Genetik är av avgörande betydelse för att förstå hur ärftliga egenskaper överförs och förändras över generationer. Utan en förståelse för genetik är det svårt att förklara varför vissa egenskaper går i arv, hur nya egenskaper uppstår och hur de kan spridas inom en population. Dessutom utgör genetiken en grundläggande grund för att förstå evolutionen, den process genom vilken organismer förändras och anpassar sig till sin miljö över tid (Gericke, N. El-Hani, 2018).

Elever som väljer det naturvetenskapliga programmet på gymnasiet läser kurserna Biologi 1 och Biologi 2. Dessa kurser fokuserar på olika aspekter av biologin, inklusive cellbiologi, genetik, ekologi och evolution (Skolverket, 2022). I kursen Biologi 1 läggs mer vikt vid genetik och ärftlighet jämfört med biologi 2. I biologi 1 behandlas ämnen som eukaryota och prokaryota cellers egenskaper och funktion, arvsmassans uppbyggnad, celldelning, DNA-replikation och mutationer, samt genernas uttryck och deras samspel med arv och miljö. Genom detta får eleverna en grundläggande förståelse för principerna inom genetik och dess tillämpningar. Å andra sidan omfattar kursen Biologi 2 även genetik, men fokuserar också på andra områden såsom cell- och molekylärbiologi, organismens funktion, evolution, samt biologins karaktär och arbetsmetoder. Här behandlas ämnen som cellers livscyklar och differentiering, cell delars funktion, organsystem och deras uppbyggnad, samt evolutionärt perspektiv på molekylärbiologi.

Det finns flera viktiga skäl till varför genetik bör undervisas i skolan (Griffiths, 1993). Författaren skriver om fem olika skäl till detta. Hans första skäl är att genetik ger en grundläggande förståelse för ärftliga aspekter av livet och evolutionens mekanismer. För det andra kan genetiken ge insikter om viktiga samhällsfrågor, såsom beteendemässiga skillnader och global genetisk mångfald. Dessutom är samhället beroende av genetik inom många områden, från jordbruk till medicin och industri. Vidare har en stor del av människors ohälsa genetiska orsaker, vilket understryker betydelsen av att förstå genetik för individens och samhällets välbefinnande. Därtill ger genetiken klassiska exempel på logiskt resonemang och problemlösning, vilket är viktigt för att utveckla kritiskt tänkande och beslutsfattande.

2.4.1 Generella svårigheter inom genetiken

Många studenter har missuppfattningar om vad vetenskap egentligen är och hur den fungerar (Sesli & Kara, 2012). Biologi är ett av ämnena där elever upplever svårigheter. Innehållet och komplexiteten hos biologiska begrepp, vanliga idéer, bristen på biologisk kunskap och dessutom den dolda naturen hos många centrala processer gör biologi till ett särskilt svårt ämne att undervisa och lära sig. Dessutom gör dess abstrakta natur och den vetenskapliga terminologi i biologin förvirrande

Missuppfattningar är vanligtvis motståndskraftiga och konventionella undervisningsmetoder stöter ofta på hinder när de försöker avlägsna dem. Dessutom kvarstår missuppfattningar ofta även efter undervisning (Eryilmaz, 2002). Genetik är ett ämne som anses abstrakt för elever i många avseenden. Elever har problem med att föreställa sig olika genetiska begrepp och olika processer inom genetiken (Sesli & Kara, 2012). Därmed har eleverna svårigheter med osynligheten och otillgängligheten hos genetiska begrepp. Genetiken involverar flera biologiska organisationsnivåer såsom gener, proteiner, celler, vävnader, organ osv, vilket leder till oorganiserade mentala kartor.

Elever kan möta utmaningar när de försöker navigera mellan olika nivåer av biologisk organisation, särskilt när de försöker förstå sambandet mellan mikro- och makronivån (Andersson m.fl., 2003). Medan elever ofta har en grundläggande förståelse för att gener styr egenskaper och att de bär på genetisk information, kan de stöta på svårigheter när det gäller att förstå djupare aspekter av genetik. Det kan vara svårt för dem att begripa vad en gen faktiskt är, hur den fungerar på molekylär nivå och hur den är relaterad till andra biologiska strukturer. Dessutom kan det vara utmanande för elever att förstå hur gener ärvs och överförs från en generation till nästa.

3 Metod

En systematisk litteraturstudie är en metod som används för att grundligt samla, granska och sammanställa tidigare forskning som rör ett specifikt ämne eller en forskningsfråga. Denna metod har använts för att besvara frågeställningen. Forskning har samlats in från databasen *Education Research Complete (ERC)*, vilket är en databas som ger tillgång till ett brett utbud av publikationer inom utbildningsforskning, inklusive tidskriftsartiklar, rapporter osv. Anledningen till att endast en databas har valts är för att *ERC* erbjuder ett brett urval av relevanta artiklar inom mitt ämnesområde. Denna rika tillgång av artiklar gjorde att jag inte

behövde söka efter information från andra källor, vilket sparade tid och möjliggjorde en effektivare forskningsprocess.

3.1 Litteratursökning

För att utveckla en effektiv sökstrategi genomfördes en bred sökning med ett antal övergripande söktermer för att omfatta hela ämnesområdet. Under sökprocessen i *Education Research Complete* (ERC) begränsades resultaten från artiklar som är peer reviewed samt har publicerats mellan åren 2000 och 2024. Detta för att nyare artiklar representerar den senaste forskningen och de mest aktuella resultaten. Inom ERC används sökblock för att strukturera sökningen. Dessa block består av olika nyckelord relaterade till forskningsfrågan. Genom att använda flera sökblock täcks olika aspekter av ämnet, vilket resulterar i en bredare och mer omfattande sökstrategi. Detta tillvägagångssätt möjliggör att fånga upp en bredare variation av relevanta studier och information.

Tabell 1. Sökordens indelning och antal sökträffar

Databas: Datum: 2024-03-13	Sökord	Begränsningar:	Antal träffar
#1	High school or grade 7 or grade 8 or grade 9 or secondary school		149,867
#2	Genetic OR Genetics		19,682
#3	Teaching methods OR teaching approaches Teaching strategies OR instruction		284,865
#4	Misconception OR Misunderstanding		7,069
#5	#1 AND #2 AND #3 AND #4	<i>Språk:</i> Engelska <i>År:</i> 2000-2024 <i>Urval:</i> Peer reviewed	68

3.2 Manuell urvalsprocess och faktorer för exkludering

Efter att en viss mängd artiklar hade identifierats, genomfördes en bedömning av relevansen för forskningsområdet baserat på titlar. De inkluderande studierna granskades utifrån artikelns abstract. Därefter genomfördes en mer detaljerad genomläsning av de återstående artiklarna med fokus på studiens resultat samt deras relevans för att besvara frågeställningen. Till sist användes 21 forskningsartiklar som grund för denna forskningsöversikt. Förfarandet för de

olika stegen i urvalsprocessen samt de kriterier som användes för att exkludera vissa artiklar redovisas i tabell 2 nedan.

Tabell 2. De olika faserna av manuell urvalsprocessen och de kriterier som användes för att exkludera artiklar från det slutliga urvalet.

Artiklar att utvärdera utifrån titel(n= 68)	Exkluderingsfaktorer: <ul style="list-style-type: none"> - Fokus på funktionsnedsatta elever - Fokus på annan åldersgrupp
Artiklar att utvärdera utifrån abstract (n= 57)	Exkluderingsfaktorer: <ul style="list-style-type: none"> - Fokus på annan distansundervisning - Fokus på digitala verktyg i undervisningen - Fokus på annat område inom biologin
Artiklar att utvärdera utifrån genomläsning (n = 48)	Exkluderingsfaktorer <ul style="list-style-type: none"> - Fokus på kultur och språk
Inkluderade artiklar (n = 35)	Ekluderingsfaktorer <ul style="list-style-type: none"> - Inget tydligt resultat - Ingen relevans till mitt arbete
Artiklar som används (n= 21)	

4 Resultat

Studierna som tagits med har använt olika metoder såsom observationer, enkätundersökningar och intervjuer, för att utforska elevers missuppfattningar inom genetik. Kombinationen av dessa metoder bidrog till en mer nyanserad förståelse av elevernas utmaningar och behov inom ämnet. Dessutom har olika strategier identifierats genom olika studier för att motverka elevernas missuppfattningar och främja en mer korrekt förståelse av ämnet.

4.1 Missuppfattningar inom genetiken

Inlärnin g inom genetiken är ett lovande forskningsområde eftersom både elever och lärare stöter på svårigheter både med att förstå innehållskunskap och att lösa problem inom detta ämne. Exempelvis är den osynliga och mikroskopiska naturen hos genetiska fenomen svårt för elever att förstå genetik, eftersom olika koncept måste integreras för att förstå livsprocesser och mekanismer (Duncan & Reiser, 2007). Nedan hittas olika studier som identifierat missuppfattningar av begrepp inom genetiken, om det genetiska materialets natur och dess roll.

4.1.2 Missuppfattningar av begrepp och koncept inom genetiken

I en studie med syfte att bidra till utformningen av en läroplan som kan förbättra elevernas förståelse för genetiska koncept utforskades utmaningar som elever i årskurs 7-12 stöter på när de lär sig genetik (Osman, BouJaoude & Hamdan 2016). Studien involverade en

enkätundersökning med 729 elever vid sex olika skolor. Dessutom genomfördes semistrukturerade intervjuer med 62 elever för att validera enkätresultaten, fördjupa förståelsen för elevernas missuppfattningar och bedöma deras genetiska läskunnighet. Genom enkäterna och intervjuerna fick eleverna möjlighet att reflektera över och uttrycka sina tankar kring olika genetiska begrepp och koncept.

Resultaten av studien indikerade att elevernas förståelse för flera centrala genetiska koncept var bristfällig och att vissa begrepp var särskilt svåra att förstå. Bland dessa svårigheter framträdde mönstren av arv, naturen hos gener och genetisk information som särskilt utmanande för eleverna. Det noterades också förväxlingar mellan begreppen "ärflighet" och "genetik", vilket tyder på en bristande klarhet kring dessa begrepp bland eleverna. Många elever visade även missuppfattningar kring hur genetiska sjukdomar överförs, vilket indikerar ett behov av tydligare undervisning kring skillnaderna mellan dessa begrepp och mekanismerna för genetisk överföring. Eleverna hade otillräcklig förståelse för grundläggande genetiska koncept såsom DNA: s natur, skillnader mellan gen och allel, proteiner-fenotyp förhållande, polygenetisk arv, miljöns roll vid modifiering av fenotyper och växtgenetik. Denna bristande förståelse identifierades som kvarstående över flera årskurser, vilket tyder på en brist i undervisningen som behöver åtgärdas genom en mer strukturerad och tydlig läroplan.

4.1.3 Missuppfattningar om den genetiska materialets natur

Resultaten från en undersökning med 90 elever från både låg- och högstadiet i Australien indikerade att de äldre eleverna hade en något bättre förståelse för genetiska begrepp jämfört med de yngre (Venville, Gribble, & Donovan, 2005). Trots detta trodde 64% av eleverna från lågstadieåldern att gener och DNA var olika saker. Ännu mer anmärkningsvärt var att hälften av gymnasieeleverna felaktigt trodde att DNA huvudsakligen användes för rättsmedicinsk identifiering av personer. Dessa resultat visar på en utbredd förvirring bland eleverna när det gäller grundläggande genetiska begrepp och funktioner. Det indikerar också att även om äldre elever hade en något bättre förståelse var kunskapen fortfarande bristfällig och att förvirringen kring DNA och dess funktioner kvarstod.

I en liknande undersökning som inkluderade 482 gymnasieelever från Storbritannien, visade det sig att endast 10% av dem hade kunskap om att kromosomer och gener är relaterade till varandra. Ännu mer oroande var att mindre än 1% av eleverna visste att DNA är ansvarigt för att ge information för produktion av proteiner (Lewis, Leach, & Wood-Robinson, 2000a). I en annan del av studien ansåg 25% av deltagarna att gener är större än kromosomer (Lewis & Wood-Robinson, 2000), och även om eleverna hade kännedom om att mitos och meios är olika processer, var de inte helt klara över skillnadens natur (Lewis, Leach, & Wood-Robinson, 2000b). Dessa resultat tyder på att det finns betydande kunskapsluckor och förvirring bland gymnasieelever när det gäller grundläggande genetiska begrepp och processer. Det understryker vikten av att förbättra undervisningen och kunskapen om genetik för att säkerställa en mer korrekt förståelse bland eleverna.

Bland spanska gymnasieelever upptäcktes en liknande bristfällig kunskap om det ärftliga materialets natur. Endast 16% av de 267 eleverna visste att muskelceller, vita blodkroppar, spermier, äggceller och hjärnceller alla innehåller kromosomer. Dessutom var det bara 10% av dem som förstod att alla dessa celler också innehåller gener (Banet & Ayuso, 2000). Intressant nog var siffrorna något högre bland de äldre eleverna, 23%. Denna brist på korrekt kunskap

om grundläggande biologiska koncept och processer bland gymnasieelever i olika länder indikerar behovet av förbättrad undervisning och ökat fokus på genetik i skolornas läroplaner.

En annan artikel, som baserades på intervjuer med 35 brittiska gymnasieelever, identifierades missuppfattningar bland dem. Exempelvis trodde vissa att "kromosomer finns i DNA" och att "kromosomer utgör gener", medan endast 30% av eleverna visste det korrekta antalet kromosomer i olika celltyper (Wood-Robinson, Lewis, & Leach, 2000). Därtill visade en studie med 305 israeliska gymnasieelever att niondeklassare antog att DNA är gjort av protein, medan gymnasieskolaelever sällan angav att gener är uppbyggda av nukleotider (Marbach-Ad, 2001). Sammantaget drog forskarna slutsatsen att eleverna var omedvetna om sambandet mellan gener och DNA. Dessa resultat betonar behovet av en mer omfattande och korrekt undervisning om genetik för att rätta till dessa vanliga missuppfattningar bland gymnasieelever.

Elevers missuppfattningar av begrepp inom genetik är ett välkänt och återkommande problem inom utbildningssystemet världen över. Trots inkludering av genetik i nationella läroplaner kämpar elever fortfarande med grundläggande begrepp och termer (Machová & Ehler, 2023). För att undersöka elevers missuppfattningar inom genetik användes ett test baserat på tidigare analyser av biologiböcker och läroplaner i en studie. Testet fokuserar på grundläggande genetiska principer och bestod av 10 uppgifter, varav åtta var nya och två var tagna från tidigare tester. Testet var en kombination av essäfrågor och flervalsfrågor, alltså var eleverna ofta tvungna att ge en skriftlig förklaring till sina svar. Testet omfattade frågor om den centrala dogman för molekylärbiologi, DNA:s funktioner, ärftlighet genom både sexuell och asexuell reproduktion, samt tillämpningar av genetik i verkliga situationer. Studien genomfördes för att bedöma elevers förståelse för genetik och identifiera områden för förbättring i utbildningssystemet, inklusive läroplaner och läroböcker. Respondenterna för testet var både högstadie- och gymnasieelever.

Resultaten på testet indikerar att eleverna inte presterade väl och att endast ett fåtal elever kunde klara de flesta uppgifterna. Vanliga missuppfattningar inkluderade förvirring kring grundläggande termer, bristande förståelse för genetisk information och dess funktioner samt svårigheter att koppla samman olika koncept för både högstadieelever och gymnasieelever. Studenter tenderar även att förenkla eller överdriva rollen av genetisk information, vilket visar på yttlig förståelse av ämnet. Undersökningen visade också att lärarna ofta utökar läroplanen med avancerade ämnen utan att eleverna har tillräcklig förståelse för grundläggande genetik. Dessa resultat pekar på behovet av förbättringar i undervisningsmetoder och läroplaner för att främja djupare förståelse av genetik bland eleverna (Machová & Ehler, 2023).

De vanligaste rätta svaren var att genetisk information är ärvt från föräldrarna och att en cell inte kan fungera normalt utan genetisk information. Däremot trodde många elever att genetisk information inte behövs om organismen inte reproducerar sig själv. Eleverna stötte på utmaningar när de skulle förklara att celluppdelning inte enbart innebär en simpel celledelning, utan kräver även replikering av genetisk information före processen. En betydande andel elever visade en bristande förståelse för ärftlighetens komplexitet genom att anta att dotterceller som uppstår vid celledelning inte kan innehålla identisk genetisk information.

4.1.4 Missuppfattningar om rollen av det genetiska materialet

En betydande fråga när det kommer till att förstå genetik är hur människor uppfattar rollerna hos DNA och gener. Att gener är huvudansvariga för att bestämma egenskaper och sjukdomar

hos en individ kan begränsa elevers förståelse av genetiken. Det kallas genetisk determinism och kan leda till missuppfattningar om vad genetisk information kan förutsäga eller förklara. Det kan påverka hur vi ser på hälsa, sjukdom och människors roll i samhället (Jiménez-Aleixandre, 2014).

En undersökning med brittiska elever i visade att när de tillfrågades “varför gener är viktiga”, svarade ca 80 % att gener är involverade i att bestämma egenskaper, medan ca 20% ansåg att de är involverade i överföring av information (Lewis, Leach, & Wood-Robinson, 2000a) . Detta tyder på en vanlig missuppfattning bland elever om genernas roll. En annan studie utfördes genom intervjuer med 11 amerikanska gymnasieelever för att undersöka förståelsen av proteiners roll i specifika sjukdomarsammanhang. Felaktig funktion hos specifika proteiner kan med tiden leda till utvecklingen av sjukdomar, som till exempel vid familjär hyperkolesterolemi. Resultaten visade att ca 20% av eleverna trodde att det inte fanns något samband mellan proteiner och genetiska sjukdomar, vilket visar på en bristande förståelse för proteinernas funktion (Duncan & Tseng, 2011).

Forskare fann i en studie utförd i USA att eleverna tenderar att kartlägga informationen i DNA på högre organisatoriska nivåer snarare än på proteinnivå (Duncan & Reiser, 2007). Med andra ord försökte eleverna direkt relatera den molekylära nivån av genetisk information till överordnade nivåer som kan inkludera fenotypen. Detta ledde till att de inte fullt ut förstod den viktiga roll som proteiner spelar, och de förbisåg andra fenomen och mekanismer som är involverade i bildandet av olika egenskaper. Denna bristande förståelse kan påverka deras helhetsförståelse av genetikens komplexitet.

En jämförelse mellan 515 franska och 545 estniska studenter i åldrarna 16-18 har visat att de estniska eleverna trodde starkare på att ens gener styr ens beteende jämfört med de franska tonåringarna (Castera, Sarapuu, & Clément, 2013). De fick frågor om huruvida ens gener påverkar ens förmåga att bli skickliga musiker eller att vara duktig i skolan. Bland estniska elever höll ca 40% med om att gener spelar en stor roll för att bli skicklig musiker, och ca 60% höll med om att gener påverkar hur bra man är i skolan. Dessutom trodde 40% av de eleverna att biologiska faktorer påverkar varför kvinnor oftast sköter hushållsarbetet och att det finns genetiska skillnader mellan olika etniska grupper, vilket gör vissa grupper bättre än andra. Å andra sidan trodde 10% av de franska tonåringarna på dessa idéer. Det visar att olika kulturella bakgrunder påverkar hur man ser på genetiska faktorer som styr människors beteenden.

En bristande förståelse för rollen av gener kan leda till missförstånd om den genetiska grunden för sjukdomar. En studie undersökte hur undervisning som inkluderade ras-baserade förklaringar av genetiska sjukdomar påverkade eleverna (Donovan, 2014). En grupp elever läste ett avsnitt som innehöll information om ras eller etnicitet, medan en annan grupp läste en vanlig text. Resultaten visade att eleverna som läste det avsnittet tenderade att ha förenklade uppfattningar om ras. Till exempel, när de tillfrågades om de var mer benägna att ha vissa genetiska sjukdomar på grund av sin ras, svarade 50% ja före undervisningen och 91% efter undervisningen (Donovan, 2014). Även om det är sant att vissa sjukdomar förekommer oftare i vissa populationer, så är detta annorlunda än att hänvisa till raser i traditionell bemärkelse. Andra begrepp, såsom geografiskt ursprung, är mer passande.

4.2 Förbättra undervisning i genetik

Förbättring av undervisningen i genetik är avgörande för att säkerställa elevernas förståelse och kompetens inom ämnet. Genetik är ett komplext område som kräver en strukturerad undervisningsmetodik för att underlätta inläringen och främja elevernas intresse. Nedan följer olika strategier som forskningen har identifierat som effektiva för att underlätta för elever att förstå genetik på ett mer djupgående sätt.

4.2.1 Ritande som en strategi för att stödja elevers lärande

I en studie utfördes en pedagogisk undersökning av en undervisningsmetod i molekylär genetik för gymnasieelever, där eleverna engagerades i aktiviteter såsom att rita, måla och fylla i figurer (Rotbain, Marbach-Ad, & Stavy, 2005). Dessutom uppmanades de att hitta saknade ord och besvara ledande frågor. Målet med studien var att förbättra elevernas förståelse för grundläggande genetiska begrepp och processer, såsom DNA-struktur, DNA-replikation och proteinsyntes. För att undersöka effekterna av denna undervisningsmetod genomfördes en studie med gymnasieelever som studerar biologi. Eleverna delades in i två grupper: en experimentgrupp som använde den teckningsbaserade aktiviteten i traditionell undervisning och en kontrollgrupp som endast fick traditionell undervisning. Undervisningen i molekylär genetik inkluderade totalt 20 timmar. Varje aktivitet genomfördes efter den specifika lektionen som behandlade det aktuella ämnet. Sammantaget ägnades fyra timmar åt aktiviteten.

För att utvärdera elevernas prestationer användes både ett flervals frågeformulär och en öppen frågeformulär för personliga intervjuer. Den teckningsbaserade aktiviteten integrerade fysiska och mentala aktiviteter såsom att rita, måla och fylla i figurer, samt att svara på ledande frågor. Eleverna fick även arbeta i par för att diskutera och lösa uppgifterna individuellt. Aktiviteten fokuserade på att göra abstrakta koncept mer konkreta och begripliga för eleverna genom att visualisera molekylära strukturer och processer. Genom att aktivera elevernas kognitiva processer och ge dem möjlighet att arbeta på ett aktivt sätt bidrog aktiviteten till att förbättra elevernas förståelse för ämnet. Resultaten visade att den experimentella gruppen som använde den teckningsbaserade aktiviteten presterade signifikant bättre än kontrollgruppen på både det skriftliga provet och i personliga intervjuer (Rotbain, Marbach-Ad, & Stavy, 2005).

4.2.2 Laborationer som strategi för inläring

Gymnasieelevers mentala modeller av genetik undersöktes i en studie genom praktiska molekylärbiologi experiment i en unik laboriemiljö kallad Teacher-Led Outreach Laboratories (TLOL) (Stolarsky Ben-Nun & Yarden, 2009). TLOL, är ett projekt som syftar till att förbättra undervisningen och inläringen av molekylärbiologi genom att tillhandahålla kontinuerlig professionell utveckling för lärare och engagera dem i laborativa aktiviteter. Projektet innefattar workshops för lärare där de får möjlighet att delta i aktiviteter och lära sig molekylärbiologiska metoder som elever, innan de implementerar dem i sin egen undervisning. Syftet med studien var att bedöma om TLOL kunde förbättra elevernas förståelse för olika begrepp såsom DNA, bakterier och enzymer. Studien genomfördes med 181 gymnasieelever från årskurs 12 som studerade biologi som huvudämne vid nio olika skolor. Under den första delen av studien deltog 16 klasser med biologi- och bioteknik studenter från 13 olika gymnasieskolor. De deltagande skolorna var utspridda över Israel och representerade olika socioekonomiska bakgrunder. Under den andra delen av studien deltog 181 elever från fem av de ursprungliga 16 klasserna (Stolarsky Ben-Nun & Yarden, 2009).

För att studera effekten av de praktiska molekylärbio-logiska aktiviteterna i TLOL-projektet användes både kvalitativa och kvantitativa forskningsmetoder. Data samlades in från flera källor, inklusive ljud- och videoupptagningar av verbala interaktioner under laboratorie aktiviteterna, fältanteckningar från observationer pass i laboratorie klassrummet. Eleverna fick till och med svara på ett frågeformulär före och omedelbart efter molekylärbio-logi aktiviteten inom TLOL-projektet. Frågeformuläret bestod av 15 sant/falskt-uttalanden uppdelade i tre kategorier för att bedöma elevernas förståelse av DNA-struktur och den centrala dogmen inom molekylärbio-logi, deras visuella representation av DNA, enzymer och bakterier samt deras förståelse för procedurer inom DNA-manipulationer i molekylärbio-logi laboratoriet.

Correct answer (%)

<i>T/F statements</i>	<i>Before activity</i>	<i>After activity</i>	<i>Significance</i>
A. Visual representation			
<i>DNA looks like a helix under a light microscope</i>	19,3	92,3	***
<i>Recombinant plasmid, which contains an additional gene, look like a large circle under a light microscope than the wild-type plasmid</i>	28,2	65,7	***
<i>On an electrophoresed gel we can see bands. Each band represents one DNA molecule</i>	29,8	85,6	***
<i>After the PCR ends, the volume in the test tube increases</i>	42,0	81,8	***
<i>Bacteria will look larger after they have been transformed with a recombinant plasmid</i>	79,0	86,7	*
<i><u>The average percentage of correct answers for each category and its significant is represented in blue</u></i>	46,5	82,8	***
B. Procedural understanding			
<i>Transformation is a method in which a plasmid is inserted into bacteria</i>	72,9	97,8	***
<i>A restriction enzyme randomly cuts DNA into small fragments</i>	57,5	76,8	***

<i>Gel electrophoresis is a technique for separating DNA fragments according to size</i>	61,3	80,1	***
<i>PCR is a technique for amplifying specific DNA fragments in a test tube</i>	89,5	97,8	**
<i>The average percentage of correct answers for each category and its significant is represented in blue</i>	70,3	88,1	***
C. Knowledge of DNA and the central dogma			
<i>To be expressed a plasmid should be inserted into bacteria</i>	89,0	95,0	*
<i>DNA is a molecule which is composed to genes</i>	47,5	49,2	-
<i>A plasmid is a circular DNA molecule</i>	90,6	93,4	-
<i>A plasmid contains different genes</i>	80,7	84,5	-
<i>DNA is a molecule that contains the information for genetic traits</i>	98,9	99,4	-
<i>If a plasmid that contains a lactose-degrading gene is spread onto a medium containing lactose, the medium will be degraded</i>	65,7	71,3	-
<i>The average percentage of correct answers for each category and its significant is represented in blue</i>	78,34	81,65	*

- Significant differences: * $p < 0.05$, ** $0,001 < p < 0,001$, *** $p < 0,001$. Data analyzed by paired t-test.

Tabell 1: svar på sant/falskt uttalanden före och efter laboratorie aktiviteten (Stolarsky Ben-Nun & Yarden, 2009).

Analysen av elevernas svar på 15 sant/falskt-uttalanden visade att innan aktiviteten hade de flesta svårigheter med utsagor som rörde visuell representation. Elevernas förståelse för DNA och den centrala dogmen förändrades inte väsentligt. Viktigare var att fler elever fick en bättre förståelse för gelelektrofores, restriktionsenzym och transformationsmetoder efter den praktiska aktiviteten. De mest intressanta skillnaderna hittades i frågorna som syftade till att undersöka elevernas visuella representationer. Innan de genomförde de praktiska experimenten var betydligt fler elever övertygade om att DNA kunde ses som små helixar under ett ljusmikroskop. Dessutom trodde eleverna att en rekombinant plasmid, som innehåller en extra gen, skulle se större ut under ett ljusmikroskop jämfört med den vilda typens plasmid. De trodde också att volymen skulle öka i provröret under PCR och att i gel-elektrofores representerar varje band en DNA-molekyl. Analys av elevernas svar på uttalanden som rör deras visuella mentala modeller av molekylära begrepp visade att de visuella representationerna av DNA och plasmid förbättrades efter aktiviteten. Denna slutsats indikerar att den praktiska molekylärbiologiska aktiviteten i TLOL-projektet bidrog till en

förbättrad förståelse för viktiga molekylära koncept bland eleverna (Stolarsky Ben-Nun & Yarden, 2009).

4.2.3 Problembaserat lärande som en strategi för inläring

PBL innebär att studenterna ges komplexa problem att lösa innan de får riktad undervisning. Denna metod uppmuntrar studenterna att lära sig genom produktivt misslyckande och att arbeta tillsammans för att hitta lösningar på problemen. I en studie undersöktes effektiviteten av en kombination av problembaserat lärande (PBL) med vetenskaplig argumentation för att förbättra elevernas förståelse för grundläggande genetik (Choden & Kijkuakul 2020). Eleverna var vana med att tillgodogöra sig kunskap genom repetitiv inläring av den information de behövde förstå. Deltagarna i denna studie var niondeklassare från en grundskola i Bhutan. Undervisningsprocessen pågick i sex veckors tid där eleverna hitta en lösning med hjälp av PBL och vetenskaplig argumentation. I processen ingick för- och eftertester i genetik, lektionsplaner, observationer, intervjuer, reflekterande dagböcker och elevuppgifter. Målet med studien var att minska de flesta missförstånden om fem viktiga delar inom genetik: arv, variation, genetisk ingenjörskap, kloning och evolution.

Undervisningsprocessen utfördes under 15 lektioner i 50 minuter. En före-test i genetik genomfördes för att mäta elevernas förkunskaper. Elevernas svar kodades och tabellerades för att analysera frekvensen av de fem kategorierna. Resultaten användes för att planera lektioner och utvärdera elevernas förståelse. Lärarens anteckningar granskades efter varje lektion och justeringar gjordes för att förbättra undervisningen inför nästa lektion (Choden & Kijkuakul, 2020). Under fem omgångar förändrades sättet att undervisa från att läraren stod i centrum till att eleverna fick mer ansvar för sitt eget lärande. Varje omgång delades in i en "cykel". Problem identifierades och löstes successivt. Eleverna blev mer aktiva och självständiga istället för att bara ta emot information. Nedan presenteras en tabell som visar utfallet för varje cykel.

Cykel 1 (Arv)	Forskaren stötte på utmaningar i klassrum hantering då eleverna verkade distraherade av den nya strategin. Trots förberedda instruktioner fortsatte eleverna att fråga om hjälp, vilket ledde till att forskaren behövde förklara och guida vid varje steg. Eleverna var blyga och ovilliga att dela med sig av sina åsikter. Det fanns också brist på vetenskaplig argumentation och elevernas kunskap om biologiska termer var begränsad.
Cykel 2 (Variation)	Lektionsplaneringen förbättrades baserat på utmaningarna från Cykel I och PBL infördes gradvis. Eleverna fick tryckta arbetsblad och uppmuntrades att delta aktivt i grupparbetet. Trots att eleverna fortfarande hade svårt med biologiska termer visade de större engagemang.
Cykel 3 (Genetisk ingenjörskap)	Lektionsplaneringen förbättrades ytterligare och eleverna blev mer engagerade i aktiviteterna. De visade sig vara effektiva med sina

	smartphones och internetanvändning för att hitta information. Diskussioner efter presentationerna främjade samarbete och harmoni i klassrummet.
Cykel 4 (Kloning)	Lektionsplaneringen fortsatte att förbättras och eleverna visade sig vara mer självständiga i sina aktiviteter. Diskussionerna blev mer vetenskapligt inriktade och eleverna var inte längre blyga.
Cykel 5 (Evolution)	Lektionen om evolution förbättrades ytterligare och elevernas självförtroende och förståelse för ämnet ökade avsevärt. Diskussionerna ledde till djupare inläring och färre missuppfattningar.

Tabell 1: Utfallet och resultaten för varje cykel i studien (Choden & Kijkuakul, 2020).

Resultatet av analysen av de för- och efter genetiska tester, stöttat av analysen av intervjuerna, visade att interventionen bidrog till förståelsen av de grundläggande begreppen inom genetik och rensade upp de flesta missuppfattningarna. I tabellen nedan hittas olika analyskoder:

- CU (Fullständig förståelse): Eleven har en förståelsenivå liknande en forskare.
- PU (Delvis förståelse): Eleven har vissa idéer liknande en forskare.
- PU+MU (Delvis förståelse med missuppfattning): Eleven har vissa idéer liknande en forskare men har också missuppfattningar.
- MU (Missförstånd): Eleven har inte idéer liknande forskare och har missförstånd.
- NO (Förstår inte): Eleven har ingen uppfattning om begreppet eller inte.

	<u>CU</u>		<u>PU</u>		<u>PU+ MU</u>		<u>MU</u>		<u>NO</u>	
Sub-topics	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>
1. Inheritance	3	16	4	4	1	10	4	10	89	61
2. Variation	4	22	19	1	4	13	31	5	41	59
3. Genetic engineering	10	69	6	0	3	5	16	6	65	19
4. Cloning	13	55	32	10	13	10	6	3	35	23
5. Evolution	3	55	0	3	6	3	71	32	19	26

Tabell 2 : Resultatet av analysen av för- och efter-genetiska testerna (Choden & Kijkuakul, 2020).

Resultaten visade på en betydande förbättring i elevernas förståelse för genetiska begrepp och en klarhet kring tidigare missuppfattningar. Det lyftes fram utmaningar i undervisningen, särskilt vid ämnet arv, men betonade också övergången mot mer elevcentrerad undervisning. Slutsatsen är att kombinationen av problembaserat lärande och vetenskaplig argumentation

var framgångsrik för att öka elevernas intresse och förståelse för genetik (Choden & Kijkuakul 2020).

I en liknande studie undersöktes effektiviteten av problembaserat lärande vid undervisning om genetik och människans ärftliga innehåll (Orcajo & Aznar 2005). Experimentet genomfördes med två grupper i åldrarna 15-16 år i Madrid. Av en slump bestod båda grupperna av färre elever än det maximala antalet tillåtna per klassrum i Spanien (30–33 elever), och båda grupperna hade en jämn könsfördelning. Studien jämförde resultatet av elevernas lärande mellan en experimentell grupp bestående av 30 elever som använde sig av öppna problem och en kontrollgrupp bestående av 19 elever som använde sig av traditionella slutna problem. Eleverna i studien deltog i olika aktiviteter som involverade att lösa öppna problem och svara på frågor inom området genetik och ärftlighet. Dessa aktiviteter utformades för att utmana elevernas tankeprocesser och uppmuntra dem att tillämpa sina kunskaper på nya och komplexa situationer.

Resultaten från studien visade tydliga skillnader mellan den experimentella gruppen, som använde sig av problembaserad inläring och kontrollgruppen som använde sig av mer traditionella undervisningsmetoder. Eleverna i den experimentella gruppen visade en signifikant högre förmåga att formulera hypoteser och lösa problem inom genetik. Deras förståelse för genetiska begrepp var också djupare och mer välgrundade jämfört med kontrollgruppen. Utöver detta visade de experimentella eleverna en ökad medvetenhet om sina egna inlärningsstrategier. De var mer benägna att reflektera över hur de tänkte och lärande, vilket ledde till en mer självständig och effektiv inlärningsprocess. Dessutom var de bättre utrustade för att göra avancerade resonemang och dra slutsatser utifrån sina kunskaper inom genetik (Orcajo & Aznar 2005).

5 Diskussion

I kommande avsnitt kommer resultatet av den samlade forskningen att diskuteras med tanke på syftet och frågeställningarna i detta arbete. De två mest förekommande missuppfattningarna kommer att diskuteras. Därtill kommer de olika strategierna för att förbättra undervisningen inom genetik diskuteras samt kopplas till de olika lärandeteorierna.

Utifrån de studier som tagits med i detta arbete har det visat sig att två av de mest förekommande missuppfattningarna bland elever inom genetik är först och främst förväxlingen mellan begreppen "gener" och "DNA". Denna förväxling har identifierats i flera undersökningar, vilket indikerar en utbredd brist i förståelsen för de grundläggande koncepten inom genetik. Till exempel visade en studie att en betydande andel av eleverna felaktigt trodde att DNA främst användes för rättsmedicinsk identifiering, och att gener och DNA var skilda enheter (Venville, Gribble, & Donovan 2005). Dessutom visade en annan studie att elever tenderar att se gener som huvudansvariga för att bestämma egenskaper hos en individ, utan att förstå den nära kopplingen till DNA och dess roll i överföring av genetisk information (Lewis, Leach, & Wood-Robinson, 2000a).

Den andra vanliga missuppfattningen som framkommit är den förenklade uppfattningen om genetisk determinism, där gener ses som ensamt bestämmande faktorer för individens egenskaper och sjukdomar. Denna tendens att överskatta genernas roll har observerats i flera studier, vilket pekar på en utbredd brist i förståelsen för den komplexa interaktionen mellan genetiska och miljömässiga faktorer. Till exempel visade en studie att majoriteten av eleverna

ansåg att gener är huvudsakliga faktorer för att bestämma egenskaper hos en individ, vilket indikerar en bristande förståelse för den komplexa interaktionen mellan gener och miljö (Lewis, Leach, & Wood-Robinson, 2000a). Dessutom visade en annan studie att elever hade förenklade uppfattningar om rasbaserade förklaringar för genetiska sjukdomar, vilket indikerar en tendens att överskatta genetiska faktorer och ignorera andra relevanta variabler (Donovan, 2014).

Dessa två missuppfattningar är av stor betydelse eftersom de påverkar elevernas förmåga att förstå grundläggande genetiska koncept och processer. För att rätta till dessa missuppfattningar och främja en mer korrekt förståelse av genetik bland eleverna är det avgörande att undervisningen fokuserar på att tydligt förklara de specifika rollerna hos gener och DNA samt betona den komplexa interaktionen mellan genetiska och miljömässiga faktorer i bestämningen av egenskaper och sjukdomar. Det är också viktigt att undervisningen integrerar exempel och fallstudier som illustrerar dessa koncept på ett konkret och tillgängligt sätt för eleverna, vilket kan bidra till att göra ämnet mer engagerande och meningsfullt för dem.

Studierna om effektiviteten av problembaserat lärande (PBL) och vetenskaplig argumentation visar hur dessa pedagogiska metoder anknyter effektivt med det konstruktivistiska och sociokulturella perspektivet på lärande. Genom att engagera eleverna i aktivt lärande och social interaktion främjas både aktiv konstruktion av kunskap och utveckling av sociala färdigheter (Choden & Kijkuakul, 2020). Denna metodik är förenlig med det konstruktivistiska perspektivet genom att eleverna ges möjlighet att aktivt konstruera sin förståelse av genetik genom problemlösning och samarbete. Samtidigt stöder det sociokulturella perspektivet genom att betona vikten av social interaktion och kommunikation i lärandeprocessen. Å andra sidan visar studier att erbjuda utbildning och träning för lärare inom biologi och naturvetenskap är en effektiv metod för att förbättra undervisningen i genteknik, vilket stöds av socialkonstruktivistiska principer som betonar vikten av gemensam konstruktion av kunskap (Fonseca, Costa, Lencastre, & Tavares, 2012).

I de praktiska molekylärbiologiska experimenten får eleverna möjlighet att utforska och interagera med molekylärbiologiska begrepp i en verklig laboratoriemiljö (Stolarsky Ben-Nun & Yarden, 2009). Genom att arbeta med material och verktyg får de inte bara teoretisk kunskap utan också en djupare förståelse för hur dessa begrepp fungerar i praktiken. Denna erfarenhetsbaserade inläring är central inom pragmatismen, där kunskap ses som något som formas och förstås genom våra interaktioner med världen runt omkring oss. På liknande sätt involverar ritningsbaserade pedagogiska metoder eleverna i aktiviteter där de skapar sina egna mentala representationer av genetiska begrepp och processer (Rotbain, Marbach-Ad, & Stavy, 2005). Genom att rita och visualisera abstrakta idéer och koncept blir kunskapen mer konkret och begriplig för eleverna. Denna handling av att skapa och förstå genom handling ligger i hjärtat av pragmatismen, där kunskap inte bara ses som något som tas emot passivt utan som något som aktivt skapas och formas genom våra handlingar och erfarenheter. På detta sätt kan man se hur både praktiska molekylärbiologiska experiment och ritningsbaserade pedagogiska metoder passar in i den pragmatistiska synen på lärande och kunskap som något som formas genom praktisk erfarenhet och handling. Genom att aktivt engagera eleverna i inlärningsprocessen och låta dem utforska och interagera med ämnet på olika sätt främjas en djupare förståelse och lärande.

Det är en vanlig övertygelse att ens lärare alltid är källan till sanning och visdom. Det är värt att reflektera över att lärare också är människor, vilket innebär att de, precis som alla andra, kan ha missuppfattningar eller brister i sitt förståelse. Lärare kan exempelvis vara en faktor som bidrar till att missuppfattningar formas bland elever. Till exempel har vissa lärare inte inkluderat proteiner i sina förklaringar av kopplingen mellan gener och egenskaper (Thorne & Gericke, 2014). Dessa brister i förklaringarna kan leda till missförstånd hos eleverna om de grundläggande koncepten inom genetik.

Ett annat exempel är hur lärarnas egna uppfattningar om genernas roll kan påverka undervisningen av genetik. En studie visade att många lärare hade felaktiga uppfattningar om genetisk determinism och använde det för att förklara olika fenomen, vilket inte bara förbiser rollen av miljön utan också kan bidra till att eleverna får en snedvriden bild av genetikens komplexitet (Castera & Clement, 2014). För att motverka dessa problem är det viktigt att erbjuda lämplig utbildning för lärare. En studie föreslår att arrangera workshops eller föreläsningar specifikt riktade till lärare inom biologi, där de ges möjlighet att förvärva och fördjupa sig i grundläggande kunskaper om genteknik (Fonseca, Costa, Lencastre, & Tavares, 2012). Genom att investera i lärarnas kompetensutveckling kan man säkerställa att de har de nödvändiga verktygen och kunskaperna för att undervisa ämnet på ett korrekt och effektivt sätt, vilket i sin tur kan bidra till att minska förekomsten av missuppfattningar bland eleverna.

Därtill tenderar lärare att förlita sig för mycket på läroböckernas innehåll utan att ifrågasätta giltigheten av läroböcker. Därför kan läroböcker fungera som ett medel för att förmedla felaktiga uppfattningar inom genetik (Gericke & Hagberg, 2010a; Albuquerque, Rocha de Almeida & El-Hani, 2008). Flera studier har identifierat problem med hur genetiska begrepp presenteras i läroböcker. Exempelvis har man funnit att det finns en varierande representation av genen i svenska läroböcker, vilket kan leda till en förvirrad förståelse bland eleverna (Gericke & Hagberg, 2010b). Ett annat bekymmer är att många läroböcker inte uppdateras, vilket kan resultera i att ämnet presenteras på fel sätt (Gericke, Hagberg, Carvalho Santos, Joaquim, & El-Hani, 2014). En annan studie visade att läroböcker ofta misslyckas med att noggrant rapportera miljöns påverkan vid förklaringen av genetiska sjukdomar, vilket skapar fel bild av sjukdomarnas komplexitet (Castera, Bruguère, & Clement, 2008). Detta indikerar att läroböcker kan vara en faktor som bidrar till uppkomsten av missuppfattningar bland eleverna när det gäller genetik.

5.1 Diskussion: Metod

I denna litteraturstudie användes en metod som kallas blocksökning för att söka efter relevanta artiklar. Genom att använda denna metod kunde jag effektivt identifiera och hitta de artiklar som var mest relevanta för min litteraturöversikt. Forskning har samlats in från endast en databas, *Education Research Complete (ERC)*, vilket fungerade bra då många artiklar inom mitt forskningsområde hittades. Däremot finns det en risk att relevanta artiklar från andra ställen kan ha missats. När sökningarna i ERC gjordes användes söktermer som bland annat "high school", "grade 7", "grade 8", "grade 9" och "secondary school". Dessa skolformer motsvarar högstadiet till gymnasiet i det svenska utbildningssystemet.

Jag valde att inte begränsa mig geografiskt när jag samlade in artiklar till min forskningsöversikt. Anledningen till detta är att jag ville ha tillräckligt med forskningsunderlag för att få en mångsidig och omfattande översikt. Däremot valde jag att utgå från endast peer-reviewed artiklar samt artiklar som publicerats mellan år 2000-2024. Anledningen till detta var att jag ville säkerställa hög kvalitet och aktuell information i artiklarna jag valde.

5.2 Förslag till fortsatt arbete

Eftersom missuppfattningar inom genetik är vanliga och kan påverka både undervisning och allmän förståelse av ämnet, finns det ett behov av vidare forskning och interventioner för att motverka dem. Fortsatt forskning om missuppfattningar inom genetik bland elever är av intresse. I kommande studier skulle ett större fokus läggas på att undersöka de kulturella och kontextuella faktorer som kan påverka förekomsten och förstärkningen av dessa missuppfattningar. Detta kan inkludera att undersöka hur olika kulturella perspektiv påverkar uppfattningen av genetik och ärftlighet, samt hur dessa perspektiv kan kontrastera eller samverka med vetenskapliga förklaringar.

6 Slutsats

Denna studie har undersökt och diskuterat olika missuppfattningar inom genetikundervisning samt utforskat hur dessa kan hanteras med hjälp av strategier och pedagogiska metoder som är baserade på forskning. Det visade sig att dom mest förekommande missuppfattningarna är förväxlingen mellan begreppen "gener" och "DNA", samt den förenklade uppfattningen om genetisk determinism. För att hantera dessa missuppfattningar effektivt kan olika strategier tillämpas, vilka kan kopplas till olika lärandeteorier för att främja en djupare förståelse hos eleverna. Resultaten visar på vikten av att aktivt hantera och korrigera dessa missuppfattningar för att främja en mer korrekt och djupgående förståelse av genetikens principer och tillämpningar hos eleverna. Genom att integrera pedagogiska strategier såsom ritande, laborationer och problembaserat lärande kan undervisningen anpassas för att bemöta elevernas behov och skapa en mer engagerande lärandemiljö. Det är avgörande att utforma undervisningsstrategier som aktivt hanterar vanliga missuppfattningar för att främja en mer korrekt och djupgående förståelse av genetik hos eleverna. Därtill kan vi bidra till att forma en ny generation av elever med en starkare och mer korrekt förståelse av genetikens principer och tillämpningar.

7 Referenslista

Albuquerque, P. M., Rocha de Almeida, A. M., & El-Hani, N. C. (2008). Gene concepts in higher education cell and molecular biology textbooks. *Science Education International* 19 (2), 219–234

Allwood, C. M., Erikson, M. (2017). *Grundläggande vetenskapsteori för psykologi och andra beteendevetenskaper*. Lund: Studentlitteratur.

Andersson, B., Bach, F., Frändberg, B., Hagman, M., Jansson, I., Kärrqvist, C., Nyberg, E., Wallin, A., & Zetterqvist, A. (2003). ATT FÖRSTÅ NATUREN – FRÅN VARDAGSBEGREPP TILL BIOLOGI fyra 'workshops'. *Ämnesdidaktik i praktiken – nya vägar för undervisning i naturvetenskap*, 2, 1-110.
https://gupea.ub.gu.se/bitstream/handle/2077/10626/gupea_2077_10626_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Banet, E., & Ayuso, E. (2000). Teaching genetics at secondary school: A strategy for teaching about the location of inheritance information. *Science Education* 84 (3), 313–351.

Biologi [ämnesplan].(2022). Skolverket
<https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/gymnasieprogrammen/amne?url=907561864%2Fsyllabuscw%2Fjsp%2Fsubject.htm%3FsubjectCode%3DBIO%26version%3D2%26tos%3Dgy&sv.url=12.5dfec44715d35a5cdfa92a3>

Castera, J., & Clement, P. (2014). Teachers' conceptions about the genetic determinism of human behaviour: A survey in 23 countries. *Science & Education* 23 (2), 417–443.

Castera, J., Bruguière, C., & Clement, P. (2008). Genetic diseases and genetic determinism models in French secondary school biology textbooks. *Journal of Biological Education* 42 (2), 53–59.

Castera, J., Sarapuu, T., & Clément, P. (2013). Comparison of French and Estonian students' conceptions in genetic determinism of human behaviours. *Journal of Biological Education* 47 (1), 12–20.

Choden, T., & Kijkuakul, S. (2020). Blending Problem Based Learning with Scientific Argumentation to Enhance Students' Understanding of Basic Genetics. *Science Education* 13 (1), 445-462.

Cromley, J. G., & Mislavy, R. J. (2005). *Principled assessment designs for inquiry: Task templates based on misconception research*. (PADI-rapport, 2005:6) Principled Assessment Designs for Inquiry, , University of Maryland.

https://padi.sri.com/downloads/TR6_Misconceptions.pdf

Donovan, M. B. (2014). Playing with fire? The impact of the hidden curriculum in school genetics on essentialist conceptions of race. *Journal of Research in Science Teaching* 51 (4), 462–496.

Duncan, R. G., & Reiser, B. J. (2007). Reasoning across ontologically distinct levels: Students understandings of molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (7), 938–959.

Duncan, R. G., & Tseng, K. A. (2011). Designing project-based instruction to foster generative and mechanistic understandings in genetics. *Science Education* (95), 21–56

Eryilmaz, A. (2002). Effects of conceptual assignments and conceptual change discussions on students' misconceptions and achievement regarding force and motion. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (10), 1001-1015.

Fonseca, M. J., Costa, P., Lencastre, L., & Tavares, F. (2012). Disclosing biotechnology teachers' beliefs about biotechnology and biotechnology education. *Teaching and Teacher Education* 28 (1), 368-381.

G. L. Herman, C. Zilles, och M. C. Loui. (2012) Flip-flops in students' conceptions of state. *IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION*, 55 (1), 88-98.

<https://zilles.web.engr.illinois.edu/papers/2012-ToE-State-misconceptions.pdf>

Gericke, N., & El-Hani, C. N., (2018). GENETICS. Kampourakis, K., & Reiss, M. (Red), *Teaching Biology in Schools* (s. 111-124). Routledge

Gericke, N., & Hagberg, M. (2010a). Conceptual incoherence as a result of the use of multiple historical models in school textbooks. *Research in Science Education* 40 (4), 605–623

Gericke, N., & Hagberg, M. (2010b). Conceptual variation in the depiction of gene function in upper secondary school textbooks. *Science & Education* 19 (10), 963–994

Gericke, N., Hagberg, M., Carvalho Santos, V., Joaquim, L. M., & El-Hani, C. (2014). Conceptual variation or incoherence? Textbook discourse on genes in six countries. *Science & Education* 32 (2), 381–416.

Griffiths, A. J. F. (1993). What Does the Public Really Need to Know about Genetics? *The American Society of Human Genetics* 52 (1) , 230-232.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1682131/>

Hill, J., & France, D. (2020). Inquiry- and Problem-Based Learning. Kobayashi, A.(Red), *International Encyclopedia of Human Geography* (s.331-263). Elsevier

J. P. Smith, A. A. diSessa & J. Roschelle (1993), Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition, *The Journal of the Learning and Sciences*, 3 (2), 115–163.

[https://faculty.weber.edu/eamsel/Classes/Practicum/TA%20Practicum/papers/Smith,%20DiSessa,%20&%20Roschelle%20\(1993-4\).pdf](https://faculty.weber.edu/eamsel/Classes/Practicum/TA%20Practicum/papers/Smith,%20DiSessa,%20&%20Roschelle%20(1993-4).pdf)

Jiménez-Aleixandre, M. P. (2014). Determinism and underdetermination in genetics: Implications for students' engagement in argumentation and epistemic practices. *Science & Education* 23 (2), 465–484.

Lewis, J., & Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and Inheritance – Do students see any relationship? *Journal of Biological Education*, 22 (2), 177–195.

Lewis, J., Leach, J., & Wood-Robinson, C. (2000a). All in the genes? – Young people's understanding of the nature of genes. *Journal of Biological Education*, 34 (2), 74–79.

Lewis, J., Leach, J., & Wood-Robinson, C. (2000b). Chromosomes: The missing link-young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilisation. *Journal of Biological Education* 34 (4) , 189–199.

Lo, L. M., (2014). *Variationsteori – för bättre undervisning och lärande*. Lund: Studentlitteratur AB

Lundgren, U.P., Säljö, R. & Liberg, C. (red.) (2017). *Lärande, skola, bildning*. (Fjärde utgåvan, reviderad). Stockholm: Natur & Kultur.

Machová, M., & Ehler, E. (2023). Unraveling Czech students' misconceptions about genetics: A plea for curriculum and instructional changes. *Journal of Biological Education* 57 (7), 633-646.

Marbach-Ad, G. (2001). Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts. *Journal of Biological Education* 35 (4), 183–189.

Orcajo, T. I., & Aznar, M. M. (2005). Solving problems in genetics II: Conceptual restructuring. *International Journal of Science Education* 27 (1) , 1495–1519.

Osman, E., BouJaoude, S., & Hamdan, H. (2016). An Investigation of Lebanese G7-12 Students' Misconceptions and Difficulties in Genetics and Their Genetics Literacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(6), 1257–1280.

Rotbain, Y., Marbach-Ad, G., & Stavy, R. (2005). Understanding molecular genetics through a drawing-based activity. *Journal of Biological Education* 39 (4) , 174–178.

Sesli, E., & Kara, Y. (2012). Development and application of a two-tier multiplechoice diagnostic test for high school students'. *Journal of Biological Education*(4), 214-225

Sjøberg, S. (2010). *Naturvetenskap som allmänbildning: en kritisk ämnesdidaktik*. (3., rev. uppl.), Lund: Studentlitteratur.

Skolverket. (2022). *Inkonsekvent genetikspråk kan förvirra eleverna*.

<https://www.skolverket.se/skolutveckling/forskning-och-utvarderingar/artiklar-om-forskning/inkonsekvent-genetiksprak-kan-forvirra-eleverna>

Stolarsky Ben-Nun, M., & Yarden, A. (2009). Learning molecular genetics in teacher-led outreach laboratories. *Journal of Biological Education* 44 (1), 19-25.

Thorne, K., & Gericke, N. (2014). Teaching genetics in secondary classrooms: A linguistic analysis of teachers' talk about proteins. *Research in Science Education* 44 (1), 81–108.

Venville, G., Gribble, S. J., & Donovan, J. (2005). An exploration of young children's understandings of genetics concepts from ontological and epistemological perspectives. *Science Education* 89 (4), 614–633.

1 Bilagor