

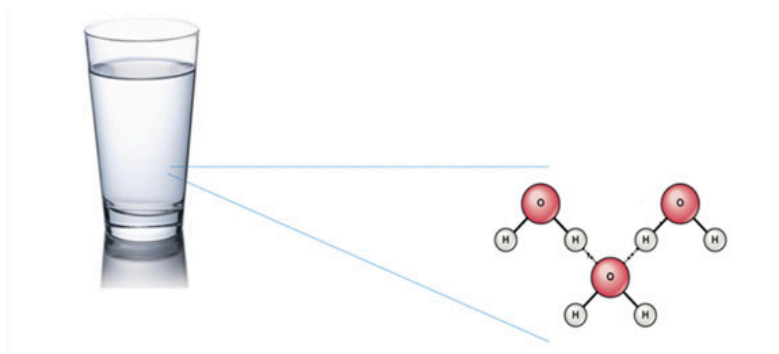
Visuella representationer som stöd för elevers lärande i kemi

Emelie Patron

Linnéuniversitetet

Många elever upplever att kemi är svårt, bland annat eftersom ämnet till stor del handlar om fenomen som inte är synliga för blotta ögat. För att synliggöra atomer, molekyler och kemiska reaktioner behöver lärare använda olika typer av visuella representationer. Visuell kommunikation är alltså en central del av kemiundervisningen. Men det räcker inte att bara rita Bohrs atommodell eller visa en animation av vattenmolekylers rörelse. Som lärare behöver man reflektera över vilka visuella representationer man använder och hur de används, eftersom det påverkar elevers möjligheter till lärande. I min avhandling undersöker jag hur lärare använder visuella representationer för att göra det osynliga i kemin synligt för eleverna. Syftet med den här artikeln är att presentera några av resultaten och ett didaktiskt verktyg baserat på dem, samt visa hur detta kan hjälpa lärare att reflektera över hur visuella representationer kan användas i undervisningen för att främja elevers lärande.

Kemi är ett ämne som många elever tycker är svårt att förstå och som lärare kan uppleva som utmanande att undervisa i. En anledning till detta är att kemi till stor del handlar om saker vi inte kan se med blotta ögat. För att synliggöra det osynliga används därför visuella representationer av olika slag, så som molekylmodeller, kemiska formler och energinivådiagram (se ett exempel i [Figur 1](#)). Forskning visar dock att elever ibland tolkar visuella representationer på ett annat sätt än det som läraren avser. Betyder de röda bollarna i molekylmodellen att syreatomer är röda? Finns det statiska "pinnar" mellan atomerna i en molekyl? Som du själv säkert har erfarenhet av så kan visuella representationer i kemiundervisningen såväl stötta elevers lärande som förvirra dem, eller rent av leda till missförstånd. Jag har forskat om hur lärare använder visuella representationer för att göra det osynliga i kemin synligt för eleverna och hur elever upplever de representationer som används av lärare. Syftet med denna text är att presentera resultat från min avhandling [\[1\]](#) som jag hoppas kan vara till hjälp för dig som lärare när du reflekterar kring hur visuella representationer kan användas i undervisningen för att främja elevers lärande. Jag presenterar också ett didaktiskt verktyg som kan ge lärare stöd vid planering och utvärdering av sin undervisning med visuella representationer.



Figur 1. För att synliggöra vattenmolekylerna i vattenglasets används en visuell representation.

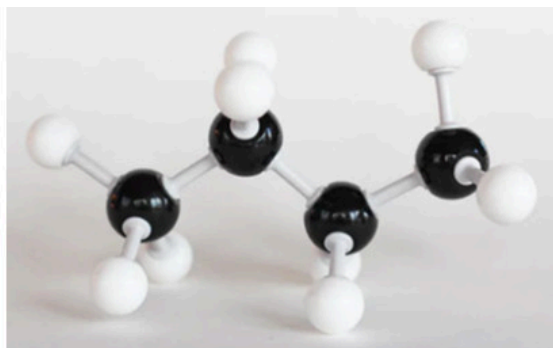
Visuella representationer är nödvändiga i kemi

Kemister använder visuella representationer för att kommunicera, ställa nya hypoteser och synliggöra modeller och teorier. Dessa representationer är *disciplinära*, vilket innebär att de är ämnesspecifika och utvecklade av experter inom kemi. De är ofta avskalade och synliggör därför bara vissa aspekter av ett fenomen, medan andra aspekter inte är direkt synliga. Om en kemist exempelvis vill kommunicera strukturen av molekylen butan, kanske hen använder en skelettformel ([Figur 2](#)).



Figur 2. Skelettformel som representerar molekylen butan.

En kemist som ser skelettformelen vet vilka atomslag som ingår i molekylen och hur den ser ut i tre dimensioner. Men för elever, som ännu inte är experter, kan det vara svårt att tolka disciplinära representationer på det sätt som avses. Därför används även andra visuella representationer i kemiundervisningen. Dessa representationer har ett pedagogiskt syfte och används av både lärare och elever, samt i läromedel. Ett exempel är fysiska molekylmodeller som ger elever möjlighet att urskilja aspekter som är kritiska för deras meningsskapande. Denna modell visar samtliga atomer som ingår i molekylen och molekylen tredimensionella struktur ([Figur 3](#)), något som inte syns i den mer disciplinära skelettformeln i [Figur 2](#).

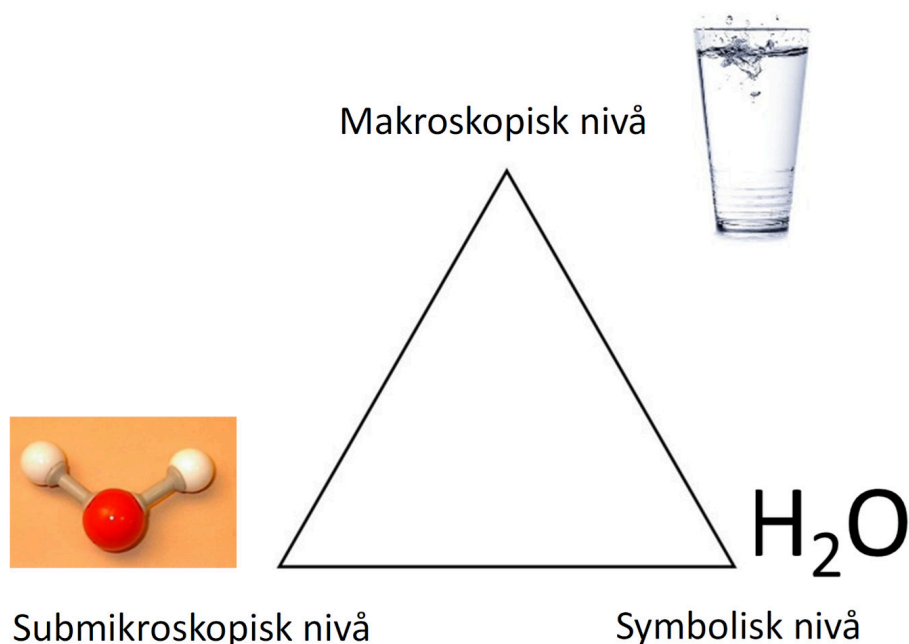


Figur 3. En molekylmodell av butan som synliggör molekylen tredimensionella struktur.

I kemiundervisningen används olika visuella *representationsformer*, såsom fysiska molekylmodeller, kemiska formler, animationer och diagram. Olika representationsformer har olika styrkor när det gäller att synliggöra aspekter av ett fenomen. Till exempel kan en vattenmolekyls struktur synliggöras genom en ritad strukturformel på tavlan. Men för att visualisera molekylernas rörelse är en animation mer ändamålsenlig, eftersom rörelse är svårt att illustrera med en statisk bild. För att främja en helhetsförståelse av kemiska fenomen krävs därför ofta en kombination av flera representationsformer, vilket också är vanligt i dagens kemiklassrum.

Trots att lärare använder olika representationer och olika representationsformer upplever många elever att kemi är svårt. En möjlig förklaring till detta är att det är utmanande för elever att koppla samman de tre representationsnivåerna som används inom kemi: den makroskopiska, submikroskopiska och symboliska nivån (se [Figur 4](#)). Den *makroskopiska nivån* innefattar det som

kan observeras med blotta ögat, exempelvis vatten i ett glas. Den *submikroskopiska nivån* handlar om det som inte kan ses, inte ens med mikroskop – i detta fall vattenmolekylerna. Den *symboliska nivån* representerar kemiska fenomen med hjälp av symboler och formler, såsom H_2O . För att utveckla en djupare förståelse av kemiska fenomen behöver elever kunna integrera och växla mellan dessa nivåer. Men det finns begränsad forskning om hur visuella representationer faktiskt används i klassrummet och hur elever uppfattar dem. Syftet med de studier jag presenterar här är därför att bidra med kunskap om hur visuella representationer används i kemiundervisningen och hur detta kan påverka elevers meningsskapande.



Figur 4. En figur över relationen mellan olika representationsnivåer.

Kemilärare packar upp visuella representationer på fem olika sätt

I mitt avhandlingsarbete videofilmade och observerade jag tre gymnasielärares samtliga lektioner inom området intermolekylära bindningar. Jag intervjuade också 24 elever som deltog i undervisningen. Jag riktade särskilt fokus på hur disciplinära representationer *packas upp* för att främja elevers lärande. Begreppet *packa upp* kan liknas vid en förklaringsprocess som hjälper elever att urskilja aspekter som är kritiska för att de ska förstå ett visst fenomen. I analysen framträdde fem olika sätt som lärare packar upp disciplinära visuella representationer i undervisning om intermolekylära bindningar:

1. Uppackning genom antagande
2. Uppackning genom muntlig förklaring
3. Uppackning genom att aspekter läggs till
4. Uppackning genom en visuell representation i samma representationsform
5. Uppackning genom en visuell representation i en ny representationsform

I följande avsnitt beskrivs och exemplifieras de olika upppackningssätten.

Uppackning genom antagande

Uppackning genom antagande innebär att den visuella representationen som används inte packas upp. Detta förutsätter att innehållet i representationen är direkt tillgängligt för eleverna utan att några ytterligare förklaringar eller förtydligande behövs. Det är inte alltid så att representationer behöver packas upp. Om eleverna exempelvis redan har lärt sig att $H_2O(l)$ representerar vatten i flytande form behöver inte representationen packas upp varje gång den används. Utmaningen för lärare är att avgöra om en representation behöver packas upp och i så fall hur den ska packas upp. Det är självklart för kemilärare vad de disciplinära representationerna syftar till att representera. Därför behöver lärare se på representationerna som används utifrån ett elevperspektiv för att avgöra vad som är kritiskt att packa upp för att eleverna ska förstå representationen och fenomenet som representeras. Två elever som deltog i studien uttryckte det såhär:

Intervjuaren: Vad tror ni det är som gör att en lärare inte ser att den här [representationen] skulle vara för krånglig för elever?

Elev 1: För det är ju självklart för dom (lärarna).

Elev 2: Ja, det är det ju, läraren vet ju vad det betyder liksom alltihopa och vad det är för, ja, vad det är vi kollar på alltså.

Uppackning genom muntlig förklaring

Uppackning genom muntlig förklaring innebär, precis som det låter, att läraren muntligt förklarar vad de olika delarna i representationen representerar och hur dessa hänger samman. När en representation enbart packas upp på detta sätt innebär det att aspekter som inte är direkt synliga i representationen inte heller visualiseras. Under intervjuerna med eleverna så framkommer det att det är viktigt att lärare packar upp representationerna muntligt för att de ska förstå dem på det sätt som läraren avser. Eleverna poängterar samtidigt att det är viktigt att förklaringen inte är på en för avancerad nivå:

Intervjuare: Vad tror ni skulle krävas för att ni skulle förstå de här bilderna?

Elev: En riktigt bra förklaring.

Intervjuare: Så vi är där igen, man behöver förklara det för att ni ska förstå bilderna?

Elev: Noggrant. Jag tror det är det, man ska förklara för någon som är dum i huvudet för att man ska få det så enkelt som möjligt och därifrån kunna bygga upp till en egen uppfattning. Man kan liksom inte få den bilden som [läraren] har. Men [läraren] börjar ju liksom på den här [höga] nivån och så fattar man ingenting.

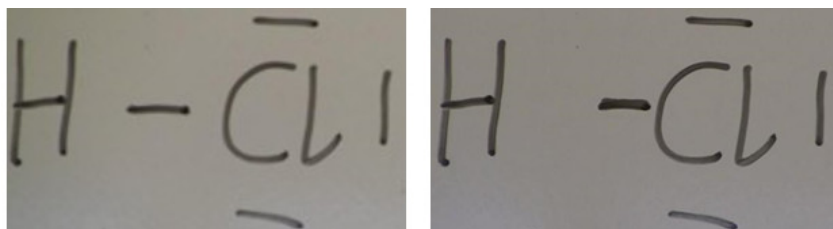
Flera elever lyfter samtidigt att en utmaning med enbart muntlig förklaring är att de inte kommer ihåg förklaringen, när de går tillbaka och tittar på bilden längre fram:

Elev: När han förklarar bilderna, då förstår man men sen när man ska titta efteråt då är det som att man glömmer lite grand. Så jag skulle vilja att han skrev på lite andra sätt [också], typ modeller och sådär [...] just sådana där bollar som man kan visa, ha lite sådant också.

Uppackning genom att aspekter läggs till

Detta sätt att packa upp innebär att lärare lägger till aspekter som inte är direkt synliga i den disciplinära representationen. När en representation packas upp på det sättet visualiseras aspekter som elever behöver urskilja för att förstå fenomenet. Ett exempel på det är när en av lärarna ville

synliggöra att elektronerna i en polär kovalent bindning inte delas lika mellan atomerna i molekylen. Till att börja med ritade läraren en strukturformel för väteklorid (se [Figur 5](#) till vänster). Därefter illustrerade läraren den ojämna elektronfördelningen i den polära kovalenta bindningen mellan väte och klor genom att flytta linjen som symboliserar bindningen närmare kloratomen (se [Figur 5](#) till höger). Genom att göra detta hjälpte läraren eleverna att rikta sin uppmärksamhet mot det faktum att elektronerna var ojämnt fördelade mellan de två atomerna. Genom att synliggöra en central aspekt som var osynlig i den disciplinära representationen ökade representationens pedagogiska potential.



Figur 5. Till vänster ses den representation som läraren ritade först – den disciplinära representationen. Till höger ses den representation där läraren hade flyttat linjen som representerar delade elektroner närmare kloratomen.

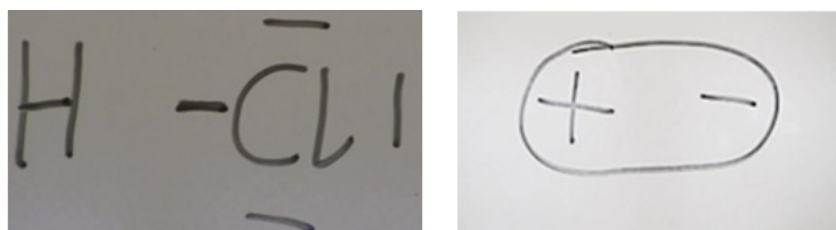
Under elevintervjuerna framgick det att de anser att detta sätt att packa upp representationer främjar deras lärande, då de får vara delaktiga i processen, det vill säga, att den visuella representationen byggs upp stegvis tillsammans med dem:

Elev: Och han ritar ju alltid, när han gör så, så ritar han alltid den (strecket) i mitten och sen ställer han alltid frågan, vad ska ändras? Och då säger alla, att det ska vara förskjuten liksom, så då suddar han och skriver till det, då blir det mycket tydligare än när han liksom bara skriver det direkt.

En ytterligare fördel med att packa upp genom att aspekter läggs till är, enligt eleverna, att den stegvisa konstruktionen av representationerna gör det möjligt för läraren att ändra och lägga till aspekter i representationerna utifrån elevernas frågor.

Uppackning genom en visuell representation i samma representationsform

Här packas en disciplinär representation upp genom att läraren lägger till ytterligare en representation i samma representationsform, där fler eller andra kritiska aspekter synliggörs. Om vi fortsätter med exemplet ovan – väteklorid – ritade läraren en ny bild bredvid strukturformeln för att visa att molekylen är en dipol (se [Figur 6](#)). Genom att lägga till denna representation blev en aspekt synlig som inte framgår explicit i strukturformeln – att molekylen är en dipol och därmed kan bilda dipol-dipolbindningar.



Figur 6. Till vänster ses en visuell representation där läraren flyttat linjen som visar delat elektropar närmre kloratomen.

Till höger ses den visuella representation som läraren ritade efteråt, som syftar till att synliggöra att molekylen är en dipol. Båda representationerna är i samma representationsform (symboliska diagram).

Under elevintervjuerna så framgår det att de anser att detta sätt att packa upp disciplinära representationer kan stötta deras meningsskapande. Både när läraren använder förenklade representationer, som i exemplet ovan, men också när läraren lägger till representationer med mer detaljer som en elev beskriver i citatet nedan:

Elev: Man kan göra så att man ritar upp en atom, ungefär hur den är uppbyggd, men sen kan man göra en bild bredvid för att göra det ännu tydligare med elektroner och så här, så man kan ha en lite lättare och en lite mer invecklad. För om man har en invecklad från första början då är det väldigt svårt att förstå så jag tycker man ska ha olika som visar olika mycket. Så en enkel och så en lite svårare.

Uppackning genom visuell representation i en ny representationsform

Här packas en disciplinär representation upp genom att läraren lägger till ytterligare en representation i en ny representationsform. För att exemplifiera detta återgår vi till exemplet med dipoler igen.

Läraren fortsatte undervisningen genom att uppmärksamma eleverna på tavelsudden som satt på tavlan. Läraren hade ritat ett plus-tecken på ena sidan av sudden och ett minus-tecken på andra (se [Figur 7](#)). Först flyttade läraren sudden mot den ritade dipolen på tavlan i fel riktning (d.v.s. med minustecknet på sudden vänt mot minustecknet på den ritade dipolen). Eleverna reagerade och påpekade att sudden borde vändas, så att sidan med ett plustecken kom närmast den ritade dipolens minussida. Läraren snurrade på sudden. Läraren visade även att dipol-dipolbindningar inte enbart sker i en rak linje, utan tredimensionellt genom att flytta sudden runt den ritade dipolen och även rikta den ut från tavlan.

På detta sätt riktade läraren elevernas uppmärksamhet mot hur dipol-dipolbindningar kan orienteras i förhållande till varandra. Att packa upp en representation genom att använda olika representationsformer kan alltså möjliggöra att fler eller andra kritiska aspekter synliggörs, som inte hade varit möjliga att synliggöra med den representationsform som användes först.



Figur 7. Två olika representationsformer används för att synliggöra dipol-dipolbindning.

Ett annat exempel som eleverna lyfter som lärorikt är när läraren, utöver att använda visuella representationer på submikroskopisk eller symbolisk nivå, även använder representationer på makroskopisk nivå (d.v.s. det som går att se med blotta ögat). Under en diskussion om vätebindningar tog till exempel en av lärarna med sig en snöboll (makroskopisk nivå) in i klassrummet för att visa hur vattenmolekyler i fast form bildar mer stabila vätebindningar mellan molekylerna än i flytande form. Därefter visade läraren animationer för studenterna – en med molekyld modeller (submikroskopisk nivå) och en med strukturformler (symbolisk nivå) – för att illustrera hur vätebindningar bildas och bryts mellan vattenmolekyler i olika faser. En elev beskriver i citatet nedan hur lärarens användning av olika representationsformer främjar hans förståelse:

Elev: En sån här [animation] är bra, för då blir det lite mer, en slags, mindre [submikroskopisk] nivå. Och då har vi allt från snö [makroskopisk nivå] till det här [symbolisk animation] och det där [submikroskopisk animation]. Och det är de stegen som är bra, för då förstår man [fenomenet] på, liksom, olika sätt.

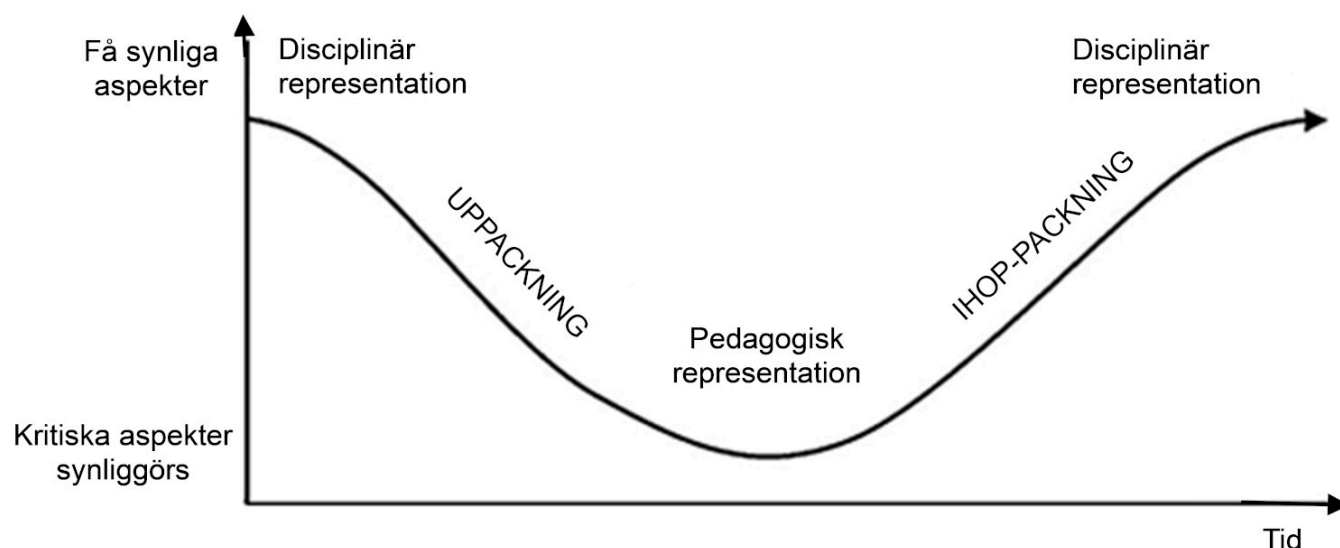
Avslutning

Ett centralt resultat i min avhandling är alltså att visuella representationer packas upp på fem kvalitativt olika sätt i kemiundervisningen. En slutsats som dras är att två av dessa sätt – *uppackning genom antagande* och *uppackning genom muntlig förklaring* – främst är lärarcentrerade. Det innebär att fokus ligger på att överföra kunskap från läraren till eleverna. De tre övriga sätten – *uppackning genom att aspekter läggs till*, *uppackning genom en visuell representation i samma representationsform* och *uppackning genom en visuell representation i en ny representationsform* – är mer elevcentrerade. Här ligger fokus på att stödja elevernas meningsskapande genom att hjälpa dem att urskilja kritiska aspekter som tidigare varit dolda för dem. Utifrån dessa resultat drar jag slutsatsen att det är viktigt att lärare resonerar kring vilka visuella representationer som används och om och i så fall *hur* de bör packas upp för att öka elevers möjligheter till meningsskapande. Under intervjuerna med eleverna bekräftade de att de elevcentrerade uppackningssätten främjar deras möjligheter till lärande. En viktig aspekt ur ett elevperspektiv är också att läraren även muntligen guidar eleverna genom uppackningsprocesserna och uttryckligen gör kopplingar mellan olika representationer.

Reflektionsverktyg för användningen av visuella representationer i undervisningen

En målsättning i kemiundervisningen är att elever ska förstå och kunna använda de disciplinära representationer som är typiska för ämnet, utan att dessa behöver packas upp. För att eleverna ska kunna nå dit behöver representationerna först packas upp på ett elevcentrerat sätt. Därefter behöver de pedagogiska representationerna *packas ihop* igen. Ihop-packning ses som en process där läraren hjälper elever att urskilja kritiska aspekter i de disciplinära representationerna, även om de inte är direkt synliga. Detta kan göras genom att visa hur pedagogiska och disciplinära representationer hänger ihop och diskutera likheter och skillnader mellan dem. Man kan också belysa vilka delar som är synliga i den uppackade representationen men är dolda i den disciplinära representationen, så att eleverna gradvis lär sig tolka och använda de disciplinära representationerna.

I [Figur 8](#) visas en vågmodell som kan vara ett stöd när du funderar över hur du kan använda visuella representationer i kemiundervisningen. Modellen illustrerar vikten av att både **packa upp** och **packa ihop** visuella representationer och att detta sker i växelverkan över tid. Det är viktigt att komma ihåg att dessa "vågor" mellan uppackning och ihop-packning kan se olika ut. De kan vara olika många och olika djupa, eftersom de disciplinära representationerna ofta behöver packas upp flera gånger och på olika sätt för att elever ska kunna förstå och använda dem. Det är alltså en pågående process, inte något som sker under en enstaka lektion.



Figur 8. En våg-modell som kan vara till hjälp för att reflektera över hur visuella representationer kan användas i kemiundervisningen.

Nedan följer några reflektionsfrågor som tillsammans med våg-modellen kan vara användbara för att planera och utvärdera undervisning i kemi med fokus på användningen av visuella representationer.

Reflektionsfrågor för att planera och utvärdera undervisning med visuella representationer

När en visuell representation används kan följande frågor ställas:

1. Vilken representation använder jag för att introducera ett kemiskt fenomen? Varför använder jag just den?
2. Vilka kritiska aspekter synliggör representationen och vilka är osynliga?
3. Hur ska jag packa upp representationen och på så vis synliggöra de aspekter som är osynliga?
4. Hur kan jag göra för att få insikt i om eleverna har upplevt representationerna på det sätt som avsågs?
5. Hur kan jag göra för att eleverna ska närma sig en förståelse av de disciplinära representationer som används i kemidisciplinen?

För att konkretisera hur en reflektion utifrån frågorna och modellen ovan skulle kunna se ut kommer här ett exempel taget från en undervisningssekvens som rör jonföreningar.

Vilken representation använder jag för att introducera fenomenet? Varför just den?

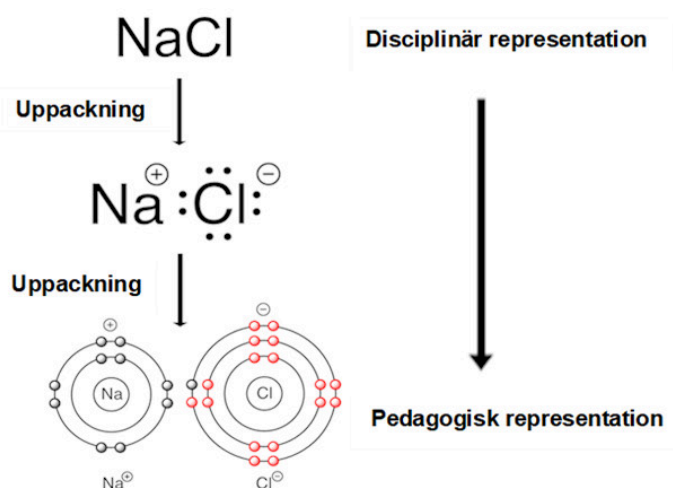
För att introducera området skrivs en kemisk formel av en jonförening som studenterna är bekanta med, exempelvis NaCl.

Vilka kritiska aspekter synliggörs och vilka är osynliga?

En kritisk aspekt som synliggörs är de ämnen som ingår i jonföreningen. Men vilken laddning respektive partikel har synliggörs inte.

Hur ska jag packa upp representationen?

För att packa upp laddningarna hos natriumjonen och kloridjonen används Lewis-strukturer. Lewisstrukturen synliggör jonernas laddning och antal valenselektroner. I nästa upppackningssteg skulle Bohrs atommodell kunna användas för att synliggöra att natriumjonen har avgett en elektron till kloridjonen (se [Figur 9](#)). Eftersom samtliga representationer i [Figur 9](#) är statiska skulle en animation som synliggör processen också kunna användas. Det är även viktigt att representationerna packas upp muntligt och att likheter och skillnader mellan de olika representationerna diskuteras med eleverna.



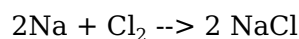
Figur 9. En illustration som visar upppackningsprocessen.

Hur får jag insikt i elevernas förståelse?

Eleverna skulle exempelvis kunna få rita en egen bild över processen och sedan diskutera vad som händer i reaktionen.

Hur stödjer jag elevernas förståelse av disciplinära representationer?

En disciplinär representation, såsom en reaktionsformel kan skrivas på tavlan för att synliggöra att natrium reagerar med klorgas och att detta leder till bildandet av en jonförening. Då kan också balansering av formeln diskuteras med eleverna. Här kan man också prata om vilka kritiska aspekter som inte är direkt synliga i reaktionsformeln, till exempel elektronöverföringen.



En viktig aspekt som ännu inte har synliggjorts i de tidigare representationerna är att jonföreningar, till skillnad från molekyler, bildar kristallstrukturer. Detta är något som kan packas upp i nästa våg i modellen. En annan möjlig våg kan fokusera på salters egenskaper – till exempel att de löser sig i vatten – vilket också är centralt för att förstå jonföreningars egenskaper.

Exemplet ovan är medvetet enkelt, men visar hur även en grundläggande undervisningssekvens kan analyseras med hjälp av reflektionsfrågorna och vågmodellen. Min förhoppning är att bidra med ett verktyg som kan användas för att reflektera över och utveckla kemiundervisningen – även inom mer komplexa områden. Modellen och reflektionsfrågorna är tänkta som verktyg för att kritiskt granska de visuella representationer som används, både i klassrummet och i läromedel. De kan också ge stöd i hur representationer kan packas upp för att synliggöra olika aspekter som är

kritiska för elevers meningsskapande. Förhoppningsvis kan modellen vara till stöd både vid planering av nya lektioner och vid utvärdering av representationer du redan använder.

Författare

Emelie Patron är fil.dr. i naturvetenskapernas didaktik och lektor i pedagogik vid Linnéuniversitetet ([Figur 10](#)). Hennes forskning fokuserar på multimodal kommunikation och meningsskapande, framför allt i det naturvetenskapliga klassrummet. Hon är även aktiv i en forskargrupp som undersöker hur digitala verktyg kan stödja yngre elevers lärande i kemi, matematik och svenska.



Figur 10. *Emelie Patron.*

Referenser

1. Patron E. Exploring the role that visual representations play when teaching and learning chemical bonding: An approach built on social semiotics and phenomenography. [Doktorsavhandling]. Linnéuniversitetet; 2022.
<https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:lnu:diva-108557>