

## Olika former av representationer kräver olika form av representationskompetens

Konrad Schönborn, Linköpings universitet

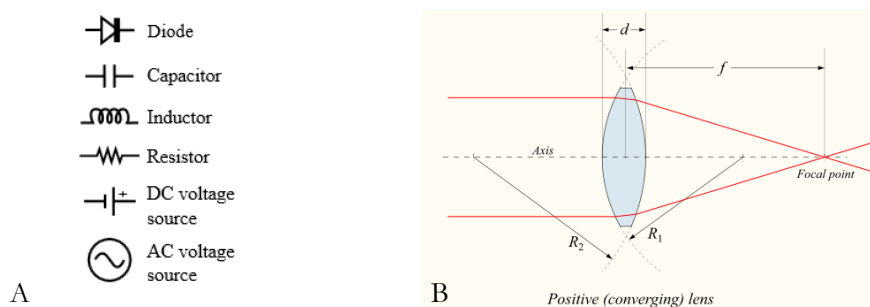
Det finns ofta skillnader mellan de färdigheter som behövs för att tolka och använda modeller och representationer inom olika ämnesområden. Detta innebär inte att vissa delar av representationskompetensen är viktigare än andra. Snarare betyder det att det visuella språk, de symbolsystem och den abstraktionsnivå som används för att kommunicera innehåll inom fysik, kemi, biologi respektive teknik ofta kräver att delvis olika färdigheter används. I denna artikel beskrivs några exempel på olika representationskompetenser som har ett mer eller mindre starkt samband med undervisning och inläring av olika visuellt representerat innehåll. Artikeln tar även upp hur ni kan tänka när ni utformar uppgifter för bedömning som omfattar modeller och representationer i naturvetenskap och teknik.

### **Att engagera olika representationskompetenser i olika ämnen**

Tolkningen och användningen av modeller och representationer för att bygga förståelse inom naturvetenskap och teknik kräver flera olika kognitiva färdigheter (se artikeln ”Representationskompetens – förmågan att använda modeller och representationer” i denna del). Den relativa betydelsen av dessa kompetenser skiljer sig delvis åt när man lär och undervisar fysik, kemi, biologi respektive teknik. I det följande presenteras exempel som i olika grad betonar olika kompetenser, beroende på vilket innehåll och vilka modeller och representationer som är i fokus.

### **Fysik**

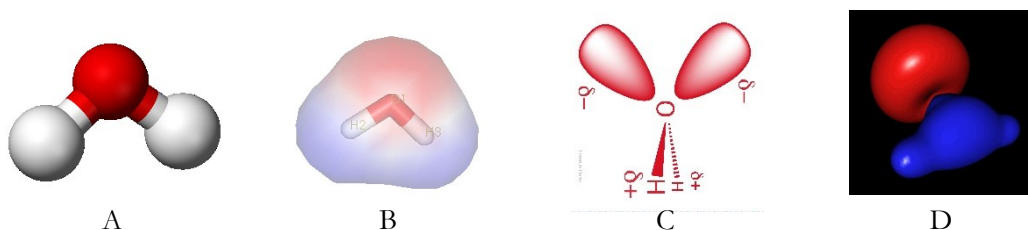
Fysikens långa historia och position som en av hörnstenarna i naturvetenskapen har gjort att modeller och representationer som används för att kommunicera fysikrelaterade begrepp och processer ofta är bundna av universella visuella konventioner som tolkas på ett konsekvent sätt inom fysiken. Denna samstämmighet är tydlig i de standardiserade symboliska markeringar som används i representationer, till exempel den uppsättning av krafter som verkar på ett objekt som vilar på ett lutande plan, komponenterna i en elektrisk krets (t.ex. figur 1A), eller ljusstrålars väg genom ett optiskt system (t.ex. figur 1B). En enhetlig uppsättning av grafiska konventioner möjliggör i detta avseende en stabilitet i hur lärare och elever tolkar, använder och tillämpar modeller och representationer för att kommunicera och diskutera fysik. Detta är en följd av att sättet att använda symboler och andra representationer, och tolkningen av dessa, är konsekvent. Figur 1 visar två exempel på standardiserade konventioner för att representera fysikaliska begrepp och processer, i det här fallet för elektricitet och optik. En framträdande visuell förmåga som ofta behövs är att under problemlösning använda (tidigare lärda) universella symboler som är förknippade med fysikaliska begrepp och processer.



**Figur 1.** Två exempel på standardiserade symboliska konventioner som används för att representera fysikaliska begrepp och processer. (A) Olika symboler används för att representera olika elektriska komponenter som bidrar till en elektrisk krets. (B) Bild av ett optiskt system där en ljustråle representeras av två infallande ljustrålar (röda linjer) som passerar genom en konvex lens (blå) och konvergerar vid brännpunkten (de röda linjernas skärningspunkt) (bilder från Wikimedia Commons, licens CC-BY-SA-3.0).

## Kemi

Att förstå kemi innebär att lära sig att resonera kring strukturer och processer som är inte är tillgängliga för våra sinnen genom direkt varseblivning. Att komma åt och kommunicera den kemiska världen är därför starkt beroende av modeller och representationer (Hoffmann & Laszlo, 1991). Följaktligen visualiseras kemiska strukturer och processer med en mängd olika symboler och representationsformer, vilket kräver förmågan att tolka symboler som kommunicerar olika aspekter. Det kräver också en förmåga att knyta samman olika representationer av samma modell genom att överföra egenskaper hos en typ av representation till de andra. Ett typiskt exempel är att tolka och koppla samman olika typer av representationer för att lära sig om en vattenmolekyls egenskaper (figur 2). Denna process kan innebära att tolka representationer såsom en ”pinn-kulmodell” som visar atompositioner och bindningsvinklar (A), en blandning mellan en pinnrepresentation och en van der Waals-yta som är färgkodad efter laddning för att kommunicera aspekter av molekylär volym och laddningsfördelning (B), och olika representationer för att representera orbitalkonfiguration (C), och elektrondensitet (D).

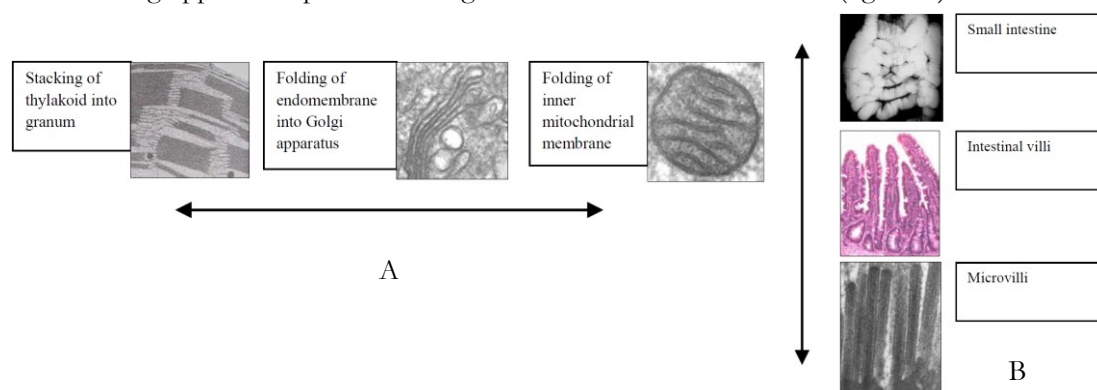


**Figur 2.** Fyra exempel på representationer som beskriver olika strukturella och fysikaliska egenskaper hos en vattenmolekyl. (A) Pinn-kulmodell, (B) laddningsfördelning, (C) orbitalkonfiguration, (D) elektrondensitet (bilder A och B från Wikimedia Commons, i *public domain*, bild C med tillstånd från Loren Williams, Georgia Institute of Technology, bild D med tillstånd från Jorge F. Trindade, publicerad i Trindade et al., 1999).

Förståelse för kemiska fenomen och kemisk förändring kräver även kompetensen att koordinera modeller och representationer på tre olika nivåer: den *synliga makro-nivån*, den *osynliga molekylära nivån*, och den *symboliska och matematiska nivån* (Johnstone, 2010) (se Del 5). Till skillnad från de universella konventioner för tolkning som ofta återfinns inom fysik så är framväxande visuella uttrycksätt som används för att representera och kommunicera vetenskapliga fenomen inom kemiområdet inte alltid brett förankrade, och det kan ibland finnas flera alternativa uttrycksätt. Ett typiskt exempel på detta är representationen av antikropps molekyler (molekyler som är en del av immunsystemet). Denna molekyl representeras av forskare och läroboksförfattare på ett antal olika sätt. De olika sätten visar olika aspekter av molekylernas struktur, där vissa skildringar använder mer konventionella uttrycksformer medan andra är mer inkonsekventa i såväl vilka uttrycksformer som används som hur de används. Utan den begrepps-förståelse som krävs för att tolka representationer inom sådana områden står elever inför risken att göra tolkningar på en ytlig nivå, vilket kan leda till felaktiga uppfattningar om struktur, process och funktion.

## Biologi

Undervisning och inläring av biologi handlar ofta om tolkning av modeller och representationer som skildras på en viss nivå av biologisk organisation. Detta kräver förmågan att överbrygga olika nivåer av biologisk organisation (Schönborn & Bögeholz, 2009). Lärande i biologi beror därför ofta starkt på förmågan till *horisontella förflyttningar* för att gå mellan olika modeller och representationer som handlar om innehåll på *samma* nivå av biologisk organisation. Dessutom kräver det förmåga till *vertikal förflyttning* för att gå mellan olika modeller och representationer av innehåll som ligger på *olika* nivåer av biologisk organisation (se Del 5). För att till exempel förstå den biologiska principen om ökad yta behöver eleverna göra horisontella förflyttningar när de tolkar olika representationer på samma nivå av organisation (figur 3A). I andra fall behöver eleverna göra vertikala förflyttningar för att tolka representationer på olika nivåer av organisation, till exempel för att förstå begreppet absorption av näringsämnen i människans tunntarm (figur 3B).

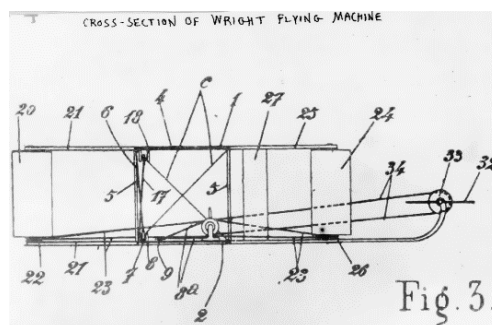
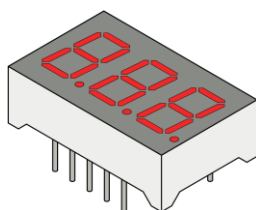


**Figur 3.** Att bygga en förståelse för biologi kräver (A) *horisontell förflyttning*, där tolkning av och förflyttning mellan representationer sker på en viss nivå av biologisk organisation, och (B) *vertikal förflyttning*, där tolkning av och förflyttning mellan representationer sker på olika nivåer av biologisk organisation (bilder från Schönborn & Bögeholz, 2009).

Ovanstående kompetens förutsätter också ofta förmågan att tolka visualiseringar som visas med olika former av representation (t.ex. realistiska fotografier eller abstrakta grafer, se Del 3). Dessutom förknippas biologilärande ofta med att tolka olika storleksordningar, relativ storlek, och skala i samband med en modell eller representation.

## Teknik

Teknikundervisning utmanar förmågan att föreställa sig, rita och spatialt representera olika vyer av artefakter och system eller av en designprocess. Tekniklärare och elever behöver därför ofta använda kognitiva färdigheter kring *visuospatial manipulation* och *mental rotation* av modeller och representationer för att förstå och förklara begrepp. Att förstå teknik kan också handla om att bygga en modell eller representation för att förklara ett begrepp, eller att lösa ett problem. Dessa färdigheter kräver representationskompetens kring att representera och tolka komponenter i ett system, med utgångspunkt i frågor såsom ”Hur ska jag göra det?” och ”Hur kommer det att fungera?” (Brophy et al., 2008). Att konstruera och tolka representationerna i figur 4 som en del av problemlösning kräver till exempel en förmåga att mentalt hantera 3D-objekt.



**Figur 4.** Representationsfärdigheter som består av spatiala förmågor såsom mental 3D-rotation och manipulation krävs ofta för att tolka och bygga modeller och representationer som en del av lärande i teknik (bilder från Wikimedia Commons, i *public domain*).

Buckley och Seery (2016) föreslår att eftersom samhället blir allt mer visuellt orienterat så kommer utveckling av elevers spatiala förmågor att vara grundläggande för en flexibel problemlösning. Sådana kompetenser krävs för framgångsrik design- och teknikutbildning, och är ett viktigt inslag i nutida problemlösning överlag. Representationskompetens kopplad till spatiala förmågor är inte enbart knuten till teknik, utan har paralleller inom andra områden. Eriksson, Linder, Airey och Redfors (2014), beskriver till exempel hur lärande inom astronomi till stor del bygger på elevernas förmåga att extrapolera från 2D-representationer till en tredimensionell verklighet. Undervisning i astronomi brottas alltså med samma grundläggande problem som teknik, nämligen att hjälpa elever att utveckla en 3D-medvetenhet utgående från de visuella intrycken vi får genom vårt mänskliga synsinne, i detta fall av en himmel som ser platt ut. Av denna orsak strävar astronomiundervisning ofta efter att främja elevers spatiala färdigheter relaterade till tolkning och interaktion med 3D-modeller och representationer för att utveckla förståelsen av vårt rumsliga universum.

## Bedömning av representationskompetenser i naturvetenskap och teknik

De ovan beskrivna exemplen visar att framgångsrik tolkning av modeller och representationer inom olika ämnesområden ofta kräver olika kompetenser vid olika tidpunkter. Som lärare kan ni reflektera över sådana exempel när ni utformar uppgifter för bedömning av elevers representationskompetens inom naturvetenskap och teknik. Bedömning har ett stort inflytande på huruvida de lärande antar en ”djup” eller ”ytlig” inställning till sitt lärande, enligt Airey och Linder (2009). Samma författare föreslår att formativ bedömning av representationskompetenser ska fokusera på att få eleverna att anta ett djupare förhållningssätt till sitt lärande genom att erbjuda flera möjligheter för elever att öva med hjälp av olika modeller och representationer. För att formativt bedöma representationskompetens – bör bedömning beakta de olika *affordances* (t.ex. möjligheter, styrkor och begränsningar) som olika modeller och representationer ger för att kommunicera ett begrepp eller en process.

Trumbo (1999) har beskrivit ett antal komponenter som ligger bakom visuellt lärande i naturvetenskap genom att anpassa Blooms (1956) lärandemål inom den kognitiva domänen, bestående av *kunskap, förståelse, tillämpning, syntes* och *utvärdering*. Som ett stöd för lärares formativa bedömning presenterar vi i tabell 1 möjliga strategier för att bedöma elevers representationskompetens i naturvetenskap och teknik, baserat på Trumbos anpassning av Blooms kognitiva domän.

**Tabell 1.** Strategier för att bedöma elevernas representationskompetens i naturvetenskap och teknik som bygger på Trumbos (1999) anpassning av Bloom (1956) för visuellt lärande.

Komponent av visuellt lärande som ska bedömas enligt Trumbo's modell	Innehåll i uppgifter för bedömning
<i>Kunskap</i>	Använda modeller och representationer för att minnas begrepp Använda modeller och representationer för att organisera begrepp och processer i en visuell form
<i>Förståelse</i>	Tolka de visuella egenskaperna hos en modell eller representation Bygga upp kunskap med hjälp av modellen eller representationen
<i>Tillämpning</i>	Välja ut och använda flera olika former av visuell representation Tillämpa en lämplig visuell representation för att kommunicera ett begrepp eller process

<i>Syntes</i>	<p>Använda en modell eller representation som en del av en gemensam och interaktiv utforskning av ett begrepp eller process</p> <p>Utforska den estetiska, tekniska eller kognitiva potentialen hos en modell eller representation</p>
<i>Utvärdering</i>	<p>Bedöma potentialen i att utnyttja en modell eller representation för att kommunicera ett begrepp eller en process</p> <p>Bedöma vad en modell eller representation omfattar, dess effektivitet samt dess begränsningar</p>

Strategierna i tabell 1 för utformning av uppgifter för bedömning kan med fördel kombineras med en annan teknik att utföra formativ bedömning av elevernas representationskompetens, nämligen informella ”tänk högt”-samtal i klassrummet. McTigue och Flowers (2011) har föreslagit ett slagas ”intervju-protokoll” med fyra komponenter som kan guida en lärares diskussion med en eller flera elever kring deras kunskaper och färdigheter kring en modell eller en representation. Den första komponenten handlar om *syfte*, och innebär att läraren ber eleven förklara hur den aktuella modellen eller representation skiljer sig från andra som kommunicerar samma innehåll, och på vilket sätt de tror att representationen kan vara användbar för deras lärande. Komponent *strategier* handlar om att be eleven att i detalj beskriva hur de faktiskt gör när de ”läser” en modell eller representation, och vad de gör om de inte förstår representationen eller inte tycker att den stämmer med hur de tänker. Under *konventioner*-komponenten handlar samtalet om funktionerna hos de olika konventionerna i modellen eller representationen. Den sista komponenten handlar om *tolkning*, där elever uppmuntras att uttrycka sina tankar under tiden som de tolkar modellen eller representationen. Detta kan följas upp med frågor som handlar om hur ”korrekt” elevens tolkning är. Informationen som kommer ur dessa typer av bedömningar kan hjälpa lärare att identifiera de utmaningar som eleverna möter vid tolkningen av modeller och representationer, och kan även stimulera eleverna att reflektera över den roll som modeller och representationer har för att kommunicera vetenskaplig och teknisk kunskap.

Som en sista strategi i samband med utformningen av uppgifter för formativ bedömning kring modeller och representationer har Anderson och medförfattare (2013) utvecklat ett antal reflekterande frågor för lärare. Dessa innefattar följande sju:

1. Bedömer uppgiften elevernas förmåga att tolka, visualisera, och lära sig från modellen eller representationen?
2. Vilka specifika komponenter av representationskompetens prövas av uppgiften (se den första artikeln i denna del)?

3. Har eleverna den nödvändiga begreppskunskapen för att tolka modellen eller representationen som är relaterad till uppgiften?
4. Kommer uppgiften att påvisa tecken på elevernas specifika representationskompetenser och svårigheter?
5. Hur bra eller dåligt kommunicerar modellen eller representationen det avsedda naturvetenskapliga eller tekniska fenomen som hänger samman med uppgiften?
6. Tror du att modellen eller representationen och dess symbolik som används i uppgiften är tydlig och inte alltför komplicerad för eleverna att förstå?
7. Tror du att den tillhandahållna modellen eller representationen kommer att hjälpa eleven att svara på uppgiften?

Dagens elever är utsatta för mer visuell information än någon tidigare generation. Vi har vid flera tillfällen i den här modulen påpekat att enbart exponering för modeller och representation inte automatiskt kommer att leda till att elever lär sig de färdigheter kring representationskompetens som behövs för att avläsa och skapa representationer (McTigue & Flowers, 2011; Anderson et al., 2011; Trumbo, 1999). Kontinuerlig och systematisk formativ bedömning av elevernas representationskompetens krävs därför för att förbereda dem för meningsfullt lärande i naturvetenskap och teknik.

## Sammanfattning

Denna artikel har beskrivit hur tolkning av modeller och representationer av begrepp och processer inom olika områden inom naturvetenskap och teknik ofta kan kräva delvis olika representationskompetenser. Vi har gett exempel där en viss kompetens, vid vissa tillfällen, kan vara mer framträdande för ett visst ämnesinnehåll än för ett annat, eller för att lära sig ett visst begrepp. Det bör understrykas att detta *inte* innebär att vissa delar av representationskompetensen är viktigare än andra – *alla* är viktiga. I stället bör lärare vara medvetna om att olika representationer kräver olika representationskompetens vid olika tidpunkter. Detta beror på den naturvetenskapliga och tekniska kunskap som är representerad, och vilken tolkning och tillämpning som krävs. Vi har också erbjudit flera olika strategier som lärare kan utnyttja vid utformning av uppgifter för formativ bedömning av representationskompetens. Lärare inom naturvetenskap och teknik uppmanas att reflektera över strategier och frågor som de ovan vid utformning av uppgifter för bedömning som kräver att eleverna tolkar och genererar modeller och representationer.

## Referenser

- Airey, J., & Linder, C. (2009). A disciplinary discourse perspective on university science learning: Achieving fluency in a critical constellation of modes. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(1), 27-49.
- Anderson, T. R., Schönborn, K. J., du Plessis, L., Gupthar, A. S. & Hull, T. L. (2013). Identifying and developing students' ability to reason with concepts and representations in biology. D.F. Treagust & C.-Y. Tsui (Red.), *Multiple Representations in Biological Education* (s. 111-128). Dordrecht: Springer.

- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. New York: David McKay.
- Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing engineering education in P-12 classrooms. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 369-387.
- Buckley, J., & Seery, N. (2016). An Investigation into Problem Solving Approaches Adopted during Graphical Reasoning Episodes. M. De Vries (Red.), PATT2016: Technology Education for 21st Century Skills, Utrecht, Netherlands, 23-26 Augusti, Netherlands: PATT.
- Eriksson, U., Linder, C., Airey, J., & Redfors, A. (2014). Who needs 3D when the universe is flat? *Science Education*, 98(3), 412-442.
- Hoffmann, R., & Laszlo, P. (1991). Representation in chemistry. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 30(1), 1-16.
- Johnstone, A. H. (2010). You can't get there from here. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 22-29.
- McTigue, E. M., & Flowers, A. C. (2011). Science visual literacy: Learners' perceptions and knowledge of diagrams. *The Reading Teacher*, 64(8), 578-589.
- Schönborn, K. J., & Bögeholz, S. (2009). Knowledge transfer in biology and translation across external representations: Experts' views and challenges for learning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(5), 931-955.
- Trindade, J., Fiolhais, C., Gil, V., & Teixeira, J. (1999). Virtual environment of water molecules for learning and teaching science. J. Teixeira, W. Hansmann & M. McGrath (Red.), *Proceedings of Eurographics Workshop, GVE'99 - Computer Graphics and Visualization Education'99*, Coimbra, Portugal (s. 153-157).
- Trumbo, J. (1999). Visual literacy and science communication. *Science Communication*, 20(4), 409-425.