

Linköping University Electronic Press

Book Chapter

Att se det osynliga: Visualiseringar som meningsskapande verktyg för kommunikation av molekylär livsvetenskap

Lena Tibell, Konrad Schönborn and Gunnar Höst

Part of: Resultatdialog 2014, rapport från Vetenskapsrådet, pp. 202-209.
ISBN: 978-91-7307-247-2

Available at: Linköping University Electronic Press
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-129534>

ATT SE DET OSYNLIGA

Visualiseringar som meningsskapande verktyg för kommunikation av molekylär livsvetenskap

Lena A.E. Tibell, *projektledare, Linköpings universitet, lena.tibell@liu.se*

Konrad Schönborn, *Linköpings universitet*

Gunnar Höst, *Linköpings universitet*

Nyckelord: visualisering, molekylär livsvetenskap, multimodal, semiotik, kommunikation

Projektets webbplats: <http://www.itn.liu.se/mit/research/visual-learning-and-communication/science-education-aspects-of-visualization-in-molecular-life-science?l=sv>

Övriga projektdeltagare och samverkanspartners

Utöver författarna har följande personer på olika sätt medverkat i projektet:

Petter Bivall Persson, Caroline Larsson, Mari Stadig Degerman, Jan Anward, Richard Hirsch, Anders Ynnerman och Bengt-Harald Jonsson, samtliga på Linköpings universitet, samt Shu-Nu Chang-Rundgren, Karlstads universitet, Carl-Johan Rundgren, Stockholms universitet, Sharon Ainsworth, Nottingham University, England, Arthur Olson, Scripps Institute La Jolla, USA, och Trevor Anderson, University of KwaZulu-Natal, RSA/Purdue University, USA.

Projektet har även samarbetat med gymnasieskolor i Norrköping och Linköping, med universitetsutbildningar (inklusive lärarutbildningen) på Linköpings universitet samt med Norrköpings visualiseringscenter.

Mål och resultat i korthet

Målet med projektet var att studera visuella representationers roll som verktyg för kommunikation och lärande inom molekylär livsvetenskap utifrån tre övergripande frågeställningar:

- Vilka kritiska egenskaper hos visualiseringar är avgörande för hur de tolkas?
- Hur påverkas lärandeprocessen av olika visuella representationer?
- Hur påverkas lärandeprocessen av hur den visuella representationen används?

Projektet har inbegripit såväl metodologisk utveckling som forskningsresultat som kan stödja konstruktionen och användandet av visualiseringar i kommunikativ praktik.

Bakgrund

Från det att vi föds utforskar vi världen genom våra sinnen; vi känner, smakar, och luktar. Dessa erfarenheter gör omgivningen begriplig och blir grunden för hur vi senare kommer att lära oss om och förstå vår omvärld. Men hur hanterar vi kunskaper som inte kan erfaras direkt med våra sinnen? Vi vet hur det känns att vara förkyld, men vi kommer aldrig att kunna ta på ett förkylningsvirus, trots att vi har "förlängda sinnen" såsom mikroskop, röntgenkameror och andra apparater. I den meningen är innehållet i naturvetenskaplig undervisning ofta abstrakt.

Molekylär livsvetenskap behandlar strukturer och processer som är för små för att vi ska kunna se, känna eller höra dem. Det abstrakta och komplexa gör molekylär livsvetenskap utmanande för elever och lärare. Vanliga strategier för att underlätta förståelsen av molekylära processer och strukturer är att beskriva dem med hjälp av liknelser och metaforer, och att använda visualiseringar såsom bilder, animationer och modeller. Sådana kommunikationsverktyg är nödvändiga, men kan även leda fel om de tolkas ytligt. Det är till exempel viktigt att inse att visualiseringar endast representerar vissa aspekter av de gestaltade fenomenen. De är viktiga pedagogiska knep som används för att underlätta tanken, men samtidigt beskriver de inte fenomenen fullständigt. Inte så sällan kan de därför även bli till tankefällor och hinder för förståelse.

Forskningen inom projektet bidrar till att fylla ut kunskapsluckor kring hur livsprocesser på molekylnivå beskrivs med visualiseringar och hur dessa tolkas. Projektets mål var att få kunskap som kan användas för att underlätta kommunikation av den här typen av förståelse till allmänhet, elever och studenter. Vi gjorde detta genom att undersöka visualiseringars roll som verktyg för kommunikation inom molekylär livsvetenskap från två perspektiv. Det ena perspektivet fokuserade på hur visualiseringar bearbetas och tolkas i relation till deras avsedda innebörd. Här identifierade vi kritiska egenskaper hos visualiseringar som är avgörande för hur de tolkas;

alltså de egenskaper och uttryck i visualiseringar som antingen är riskabla att använda därför att de lätt leder tanken i fel riktning, eller de som bäst förmedlar olika typer av abstrakt kunskap. Det andra perspektivet handlade om själva processen av meningsskapande när visualiseringar används som verktyg för att resonera och för att konstruera vetenskaplig kunskap. Detta innebar att undersöka hur de lärande tolkar visualiseringar av ett abstrakt och komplext innehåll inom molekylär livsvetenskap. Projektet har innefattat metodologisk utveckling för innehållsanalys kopplat till kritiska uttryck i visualiseringar, för att kunna hantera och analysera loggfildata, samt för semiotisk analys av studenters verbala meningsskapande med visualiseringar. Vi har också genererat grundläggande forskningsresultat som kan stödja konstruktionen och användandet av visualiseringar i kommunikativ praktik.

Genomförande

Vi valde att undersöka visualiseringar som är tänkta att kommunicera centrala händelser och förlopp i cellen. Eftersom i stort sett alla processer i cellen involverar proteiner och samverkan mellan proteiner, är det också proteiners struktur, egenskaper och funktion som står i centrum i visualiseringarna. Ett antal olika typer av visualiseringar ingick; tvådimensionella diagram, animeringar, en handhållen interaktiv modell och en datorgenererad virtuell modell. Vi undersökte hur dessa tre typer av visualiseringar påverkar förståelse av begrepp och processer, såsom krafter mellan molekyler, molekylär dynamik, uppkomst av välordnade strukturer genom slumpmässiga processer, och sammankoppling av dynamiska processer med kemiska reaktioner. Detta innehåll är centralt för att förstå hur proteiner samverkar och utför sina olika funktioner. Projektet är uppdelat i tre delprojekt som undersöker olika typer av visualiseringar. Utvalda forskningsresultat från de tre delprojekten beskrivs nedan.

Delprojekt 1 – Studenters lärande genom interaktion med haptisk visualisering

Vi upplever inte bara världen via synen; de andra sinnen är också viktiga. Visualiseringar kan därför även utnyttja uttryckssätt som vi erfar via andra sinnen än synen. Haptisk teknik gör det möjligt att ge kraftåtermatning till en användare, så att denne kan interagera fysiskt med en modell. I detta delprojekt undersökte vi om en haptisk sensorisk upplevelse av en virtuell 3D protein-modell stödde studenters utveckling av förståelse kring komplexa

molekylära interaktioner. Resultaten visar att haptiken hjälpte studenter att lära sig mer om hur molekyler interagerar än när de använde samma visualisering fast utan kraftåtermatning. Studenterna använde också mer kraftbaserade resonemang (Bivall et al., 2011). I Schönborn et al. (2011) så korrelerade vi fynden med loggad interaktionsdata för att utforska mönster i hur studenterna interagerade med olika representationer och i hur de dockade en ligandmolekyl till sitt målprotein. Analysen tydde på att en koordinerad visuell och haptisk bearbetning kan avlasta den visuella kanalen genom en minskad belastning av det visuella arbetsminnet. Baserat på resultaten ovan undersöktes applikationen även som en del av en undervisningssekvens. En preliminär analys av studenters gruppdiskussioner ur argumentations- och gestperspektiv presenteras i Hirsch et al. (2011).

En andra del av detta projekt (Höst et al., 2013) undersökte haptikens inflytande på gymnasieelevers förståelse för elektrostatiske egenskaper hos molekyler. Kvalitativ analys visar att eleverna visserligen hade en förståelse för elektrostatiske krafter, men att de hade problem med att applicera kunskapen i en molekylär kontext. Den visuohaptiska upplevelsen gynnade elevernas förståelse för elektriska fält, och visade sig kunna utmana existerande felaktiga uppfattningar såsom att det enbart är polära molekyler som har ett elektriskt fält.

Delprojekt 2 – Kritiska aspekter hos statiska och animerade visualisering av protein

Som en del av detta delprojekt undersökte vi hur gymnasielever tolkade en stillbild respektive en animation av vattentransport över ett biologiskt membran (Rundgren & Tibell, 2010). Med inspiration från variationsteori utformade vi en teoretisk modell för att särskilja mellan vad det är tänkt att man ska lära sig, vad som representeras i visualiseringen, och vad studenter faktiskt lär sig. Rundgren et al. (2010) har dessutom utvecklat ett system med fyra kategorier för att analysera studenters uppfattningar av vattentransport genom ett cellmembran. Lingvistiska perspektiv på hur elever, studenter, lärare och experter resonerar kring dessa visualiseringsformer presenteras i Rundgren et al. (2010a; 2010b).

Stadig Degerman & Tibell (2011) studerade vilka visuella kännetecken i en animation som hjälpte studenter att förstå hur ATP-synthasenzymet fungerar, en viktig molekylär komponent i cellers energiutvinning. En analys av gruppdiskussioner avslöjade att vissa av de analogier som användes i animationen orsakade feltolkningar. Detta resultat undersöks vidare i Stadig Degerman & Tibell (Inskickad), där även en intervju med animationens skapare används för att jämföra formgivarens intentioner med studenternas

tolkningar. Slutligen föreslår Stadig Degerman och Larsson (2012) en modell för att beskriva de metaforiska förhållandena mellan fenomen på submikroskopisk nivå och deras makroskopiska representation.

Delprojekt 3 – Slump och ordning; en handhållen interaktiv modell av självassocierande processer

Molekylär självassociation är ett mycket viktigt begrepp inom molekylär livsvetenskap. Begreppet beskriver hur ordnade molekylära komplex kan uppstå utifrån individuella komponenter i ett ursprungligt tillstånd av oordning, genom en spontan och delvis slumpmässig process. I projektet använde vi en handhållen fysisk modell som visar hur skalet (kapsel) till ett virus byggs ihop. Modellen består av tolv delar som kan sitta ihop som en boll tack vare magneter längs varje kant. Magneterna symboliserar de krafter som finns mellan molekylerna i kapseldelarna. I studier har studenter fått diskutera i grupp och simulera hur kapseln sätts samman genom att skaka delarna i en burk. Resultaten visar att detta kunde stödja aktivt lärande. I Höst et al. (2013) fann vi att de deltagande universitetsstudenterna endast hade lite eller ingen tidigare kunskap om självassociering, och att den interaktiva fysiska modellen stödde studenternas förståelse för den slumpmässiga och reversibla naturen hos självassociering. Modellen användes också i en forskningsbaserad undervisningssekvens i en autentisk lärandemiljö, där syftet var att följa hur studenters förståelse av begreppet självassociering utvecklades (Larsson et al., 2011; Larsson et al., Manuskript).

En viktig aspekt av modellen visade sig vara att den gav studenterna en slags erfarenhet av den molekylära processen. Detta verkar ha hjälpt dem att få en komplex förståelse av begreppen. Resultaten tyder också på ett samband mellan studenters känslor och deras begreppsliga förståelse av det molekylära ämnesinnehållet (Larsson, 2013). Modellen kunde utmana intuitiva idéer om biologiska processer, till exempel att ordning inte kan uppstå i en process som är slumpartad (Larsson & Tibell, Inskickad). Vi har också funnit att många studenter uttrycker sig som om de tillskrev en vilja till molekyler och molekylära processer (Höst & Anward, Manuskript).

Sammanfattning

Forskningen har lett fram till nya kunskaper om hur studenter och elever skapar mening inom molekylär livsvetenskap utifrån visualiseringar. Projektet har också lett till en utveckling av nya metoder för att ge en bättre insyn i studenters interaktion med visualiseringar. Till exempel har en

teoretisk modell utvecklats för analys av relationen mellan vad som representeras i visualiseringen, vad intentionen var med att använda visualiseringen för lärande, och hur elever och studenter tolkar den. Vidare visar vi att information som loggas när studenter använder digitala visualiseringar kan användas för att hitta kopplingar mellan deras handlingar och deras förståelse. Vi visar också att språkets karaktär, till exempel användande av hjälpord eller kraft-relaterade ord, kan ge en insikt i de lärandes förståelse som riskerar att inte upptäckas vid kvantitativ bedömning av svar på traditionella tester.

Publikationer från projektet

Forskningsresultaten har presenterats i form av 3 doktorsavhandlingar (Petter Bivall, 2010; Mari Stadig Degerman, 2012; Caroline Larsson, 2013), 14 artiklar i internationella tidskrifter, 1 bokkapitel, 3 manuskript, 18 referee-granskade konferensartiklar och två populärvetenskapliga artiklar.

Doktorsavhandlingar

- Bivall, P. (2010). Touching the essence of life: Haptic virtual proteins for learning. Linköping: Linköping University. (Supervisor: Ynnerman, A.).
- Larsson, C. (2013). Experiencing molecular processes: The role of representations for students' conceptual understanding. Linköping: Linköping University. (Supervisor: Tibell, L.A.E.).
- Stadig Degerman, M. (2012). Att hantera cellmetabolismens komplexitet: Meningsskapande genom visualisering och metaforer. Linköping: Linköping University. (Supervisor: Tibell, L.A.E.).

Referee-bedömda artiklar

- Bivall Persson, P., Ainsworth, S., & Tibell L.A.E. (2011). Do haptic representations help complex molecular learning? *Science Education*, 95(4), 700-719.
- Höst, G.E., Larsson, C., Olson, A., & Tibell, L.A.E. (2013). Student Learning about Biomolecular Self-Assembly Using Two Different External Representations. *CBE - Life Sciences Education*, 12(3), 471-482.
- Höst, G.E., Schönborn, K.J., & Lundin Palmerius, K.E. (2013). A case-based study of students' visuohaptic experiences of electric fields around molecules: Shaping the development of virtual nanoscience learning environments. *Education Research International*, vol. 2013, Article ID 194363, 11 pages.

- Höst, G.E., Schönborn, K.J., Lundin Palmerius, K.E. (2012). Students' use of three different visual representations to interpret whether molecules are polar or nonpolar. *Journal of Chemical Education*, 89(12), 1499-1505.
- Rundgren, C.-J. (2012). Att börja tala 'biokemiska' – Betydelsen av metaforer och hjälpord för meningsskapande kring proteiner. *Nordic Studies in Science Education*, 2(3), 30-42.
- Rundgren C.-J., & Tibell L.A.E. (2010a). Critical features of visualizations of transport through the cell membrane – An empirical study of upper secondary and tertiary students' meaning-making of a still image and an animation. *International Journal Science and Mathematics Education*, 8(2), 223-246.
- Rundgren C.-J., Chang-Rundgren, S.-N., & Schönborn, K.J. (2010b). Students' conceptions of water transport. *Journal of Biological Education*, 44(3), 129-135.
- Rundgren C.-J., Hirsch, R., & Tibell L.A.E. (2009). Death of metaphors in life science? A study of upper secondary and tertiary students' use of metaphors in their meaning-making of scientific content. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 10(3), Article 3.
- Rundgren C.-J., Hirsch, R., Chang Rundgren, S.-N., & Tibell, L.A.E. (2011). Students' communicative resources in relation to their conceptual understanding—The role of non-conventionalized expressions in making sense of visualizations of protein function. *Research in Science Education*, 42(5), 891-913.
- Schönborn, K.J., Bivall, P. & Tibell L.A.E. (2011). Exploring relationships between students' interaction and learning with a haptic virtual biomolecular model. *Computers & Education*, 57(3), 2095-2105.
- Schönborn, K.J., Höst, G.E., & Lundin Palmerius, K. (2010). Visualizing the Positive–Negative Interface of Molecular Electrostatic Potentials as an Educational Tool for Assigning Chemical Polarity, *Journal of Chemical Education*, 87(12), 1342-1343.
- Stadig Degerman, M., Tibell, L.A.E. (2012). Learning goals and conceptual difficulties in cell metabolism: An explorative study of university lecturers' views. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(4), 447-461.
- Stadig Degerman, M., Larsson, C., & Anward, J. (2012). When metaphors come to life: At the interface of external representations, molecular processes and student learning. *International Journal of Environmental and Science Education*, 7(4), 563-580.
- Tibell, L.A.E., & Rundgren, C.-J. (2010). Educational challenges of molecular life science - Characteristics and implications for education and research. *CBE – Life Science Education*, 9(1), 25-33.

Bokkapitel och Rapporter

Bivall, P., & Forsell, C. (2010). *Haptic just noticeable difference in continuous probing of volume data* (2010:6). Technical Reports in Computer and Information Science. Linköping: Linköping University.

Referee-bedömda konferensbidrag i urval

- Bivall Persson P., Höst G.E., Cooper M.D., Tibell L.A.E., & Ynnerman, A. (2009). *Improved feature detection over large force ranges using history dependent transfer functions*. Paper presented at the Third Joint Eurohaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environments and Teleoperator Systems, WorldHaptics 2009. doi: 10.1109/WHC.2009.4810843
- Hirsch, R., (2011, June). *Argumentation Structure, Semantic Content, and Gesture*. Paper presented at the Third Conference of the Scandinavian Association for Language and Cognition (SALC III), Copenhagen, Denmark.
- Larsson, C.A., Höst, G.E., Anderson, T.R., & Tibell, L.A.E. (2011). Using a Teaching-Learning Sequence (TLS), based on a physical model, to develop students' understanding of the process of self-assembly. In A. Yarden, & G.S. Carvalho (Eds.), *Authenticity in Biology Education: Benefits and Challenges*. Paper presented at ERIDOB, Braga, Portugal, 13-17 July (pp. 67-77). Braga: ERIDOB.
- Stadig Degerman, M., & Tibell, L.A.E. (2011, September). *Critical aspects and how students concretize their molecular understanding: Benefits and potential pitfalls with an animation*. Paper presented at ESERA, Lyon, France.

Populärvetenskapliga artiklar

- Akner-Koler, S., & Tibell, L.A.E. (2011). Aesthetics and nanostructure. *International Innovation*, 97-99.
- Tibell, L., Höst, G.E., Schönborn, K.J., & Bohlin, G. (2012). Att inSe – Om visualisering i biologiundervisningen. *Bi-lagan*, 3, 12-17.

Manuskript

- Höst, G.E., & Anward, J. A taxonomy describing students' use of intentional language in the context of molecular processes.
- Stadig Degerman, M., & Tibell, L.A.E. Symbolism in a biochemistry animation – Animator's intention and students' interpretation.
- Höst, G.E., Larsson, C.A., Anderson, T.R., & Tibell, L.A.E. A teaching-learning sequence for developing students' understanding of the process of self-assembly using an interactive tangible model.