



Vetenskapsrådet

## RESULTATDIALOG 2016

RESULTATDIALOG 2016

VETENSKAPSRÅDET

Box 1035

SE-101 38 Stockholm

VR1616

ISBN 978-91-7307-336-3



---

**NY TEKNIK – LÄRANDE**

---

---

## VIRTUELL VERKLIGHET STÖDJER LÄRANDE

---

**Interaktiva visualiseringar ökar förståelsen för komplexa egenskaper hos material inom nanoteknologin. Det visar ett forskningsprojekt från Linköpings universitet. Virtuella applikationer kan därför utgöra en alternativ plattform för lärande inom de naturvetenskapliga ämnena.**

Genom att kombinera 3D-teknik med rörelsedetektion har forskarna kartlagt hur elever interagerar framför en skärm med en virtuell “nano-värld”. Så kallade nanorör som i verkligheten är en miljondels millimeter stora singlar runt och man kan röra och dra i dem och få en intuitiv känsla för de annorlunda krafter som verkar. Då rören bara är några kolatomer breda är gravitationens krafter mycket mindre än de ihopklibbade krafter som verkar mellan rören.

Detta är en av de insikter som förmedlas på ett effektivt sätt i visualiseringen. De elever som provade visade större kunskap för en av riskerna med nanoteknologin: att de minimala partiklarna ska klumpa ihop sig och bli hälsofarliga på ett sätt som liknar asbest. Projektet gav också djupare förståelse för ett positivt användningsområde för nanoteknologin, nämligen möjligheten att bearbeta partiklarna så att de kan fastna på cancerceller. Genom att sedan värma dem med infraröd strålning går det att behandla tumörer.

En av de sex delstudierna som har utvärderat försöket visar också att den kroppsliga interaktion som eleverna tvingades till har betydelse. Genom att systemet på så sätt berör flera sinnen blir det mer “uppslukande” och ökar den inre motivationen för lärande.

– De som fick interagera kopplade uttryckligen den gestbaserade interaktionen till sin förståelse för krafter mellan nano-objekt. Detta fynd ger stöd för att en förkroppsligad erfarenhet kan vara viktig för att bättre förstå begrepp på den icke förnimbara nanonivån, säger Konrad Schönborn vid Linköpings universitet.

Erfarenheterna från försöket med en interaktiv visualisering av nano-objekt visar enligt forskarna att det kan fungera som en kompletterande plattform för lärande av vetenskapliga begrepp inom de traditionella skolämnena kemi, fysik och biologi.

– Sammanfattningsvis har projektet visat att vetenskapligt baserade visualiseringar kan användas som lärandeverktyg för att ge möjlighet att integrera en interaktiv erfarenhet med abstrakta och komplexa vetenskapliga begrepp, säger Konrad Schönborn.

Förutom lärande konstaterade forskarna också att den virtuella miljön kan fungera som en resurs för omprövning av attityder, i det här fallet till risker och möjligheter med nano-teknologin.

**Projekt:** Interaktiv visualisering av nanovärlden stödjer lärande

# Interaktiv visualisering av nanovärlden stödjer lärande

Konrad J. Schönborn, projektledare, Linköpings universitet, [konrad.schonborn@liu.se](mailto:konrad.schonborn@liu.se)

Gunnar E. Höst, Linköpings universitet, [gunnar.host@liu.se](mailto:gunnar.host@liu.se)

Karljohan E. Lundin Palmerius, Linköpings universitet, [karljohan.lundin.palmerius@liu.se](mailto:karljohan.lundin.palmerius@liu.se)

Webb: <http://www.itn.liu.se/mit/research/visual-learning-and-communication/nanosim?l=sv>

Nyckelord: nanoteknik, nanovetenskap, naturvetenskapernas didaktik, begreppslärande, gymnasieelever, informellt lärande, science center, interaktiv virtuell miljö

## Projektdeltagare och samarbeten

Projektet utfördes i forskargruppen Visuellt lärande och kommunikation vid Institutionen för teknik och naturvetenskap, Linköpings universitet. Jennifer Flint deltog inom ramen för projektet som en del av hennes licentiatutbildning. Projektet samarbetade med Norrköpings visualiseringscenter C, Älvkullsgymnasiet (Karlstad), Tullängsgymnasiet (Örebro) och Alléskolan (Hallsberg). Förutom författarna så bidrog Lena Tibell, Daniel Johansson, Henry Fröcklin och Gustav Bohlin (Linköpings universitet) på olika vis till projektet.

## Mål och resultat i korthet

Projektets övergripande vision var att dels utveckla en virtuell miljö för att förmedla begrepp inom nanovetenskap och nanoteknik (vilket härfter kommer att benämnas med samlingstermen nano), och dels att undersöka vilken effekt interaktion med systemet har på lärande av vetenskapliga begrepp och uppfattningar kring fördelar och risker med nano hos elever och besökare vid ett science center. Utifrån detta övergripande syfte gavs projektet följande specifika mål:

- Formge, utveckla och implementera en immersiv miljö för virtuell verklighet grundad i naturvetenskap, för kommunikation av grundläggande nanovetenskapliga begrepp.
- Studera elevers och besökares interaktion med den virtuella nanomiljön som ett verktyg för utveckling av grundläggande vetenskaplig kunskap.

Projektet resulterade i utvecklingen av en miljö där gester kan användas för att styra en virtuell verklighet som möjliggör lärande om nano, samt en version av systemet som är anpassad för traditionella datorer (PC) utrustade med skärm och mus. Empiriska undersökningar av användares interaktion med den virtuella miljön visar att den erbjuder möjligheter för att förstå nanobegrepp genom att stödja kognition, kroppsliga erfarenheter, motivation, och generell användbarhet. Resultaten tyder på att immersiva virtuella miljöer kan ge stöd för att användare baserat på sina interaktiva upplevelser ska kunna utveckla kunskap om vetenskapliga kärnbegrepp, samt utveckla sådan kunskap som krävs för att bedöma upplevda möjligheter och risker med nano.

## Bakgrund och motivation

Nanovetenskapliga tillämpningar gör snabbt insteg i det moderna livet. Den pågående utvecklingen av innovationer på nanoskalan medför ett stort behov av att människor får tillgång till vetenskaplig kunskap för att kunna bedöma nanoteknikens inverkan på samhället. Dessutom ställer det krav på utbildningssystemet att säkra tillgången på personer med vetenskaplig kompetens inom nanoområdet. Lärande i såväl formella (t.ex. skolor) som informella (t.ex. science centers) sammanhang behöver därför tillgång till de redskap som krävs för att tillgodose och kommunicera nano-relaterad kunskap (Schönborn, Höst, & Lundin Palmerius, 2016). Då nano är ett tvärvetenskapligt fält så bygger nano-relaterade idéer ofta på ett flertal grundläggande vetenskapliga begrepp inom skilda discipliner. Detta medför att nano kan utnyttjas som kontext för lärande av grundläggande vetenskapliga begrepp inom de traditionella naturvetenskapliga ämnena, samtidigt som det kan bidra till engagemang hos såväl elever som en bredare allmänhet kring naturvetenskap och teknik. Nanovärlden kan vara svår att kommunicera och förstå, eftersom nanovärldens ofattbart små objekt och processer ofta uppvisar kontraintuitiva egenskaper (t.ex. att "klibbiga" krafter mellan ytor dominerar över gravitation på nanoskalan).

Här kan virtuella miljöer som utformats för att ge “uppslukande” (immersiva) erfarenheter som engagerar flera olika sinnen erbjuda unika och spännande möjligheter för att utveckla vetenskaplig kunskap (Höst, Schönborn, & Lundin Palmerius, 2013). Interaktiva visualiseringar är sålunda en möjlig lösning för att ge de lärande en slags tillgång till nanovärlden via aktivt utforskande av begrepp och principer på nanoskalan (Schönborn, Höst, & Lundin Palmerius, 2016). Dessa möjligheter kan uttryckas i en hypotes om att utvecklingen av en virtuell miljö där användaren med hjälp av kroppsliga rörelser (t.ex. gester) kan interagera med virtuella nanoobjekt bör kunna stödja byggandet av en förståelse kring strukturer och processer på den i egentlig mening otillgängliga nanoskalan.

## Metod och genomförande

De deltagande forskarna bidrog med kompetens inom naturvetenskapernas didaktik, lärandepsykologi, visualiseringsteknik, och naturvetenskap till projektet. Forskningsprogrammet använde en mångfald av metoder för att svara upp mot projektets mål, innefattande studieupplägg av såväl flexibel som mer fast karaktär. Data samlades in muntligt (t.ex. tänk-högt-intervjuer), skriftligt (t.ex. svarsformulär och elektroniska enkäter), samt via videoinspelningar och sparad interaktiv data (t.ex. automatisk loggning av användarinteraktion). Såväl induktiva som deduktiva analytiska metoder användes för att behandla datan. Analysen strävade särskilt efter att använda den mutlipla metodansatsen för att triangulera fynden. Forskningsprojektet genomfördes i form av sex studier. Den första studien rörde utformning och konstruktion av en miljö för virtuell verklighet för kommunikation av nanovärldens egenskaper. De efterföljande fem studierna utforskade hur skolelever och besökare vid ett science center interagerade med systemet. Resultaten från dessa sex studier presenteras i det följande.

### Utformning och utveckling av en immersiv virtuell miljö för lärande om nanovärlden

Den första studien i forskningsprogrammet rörde utformning, utveckling och konstruktion av en immersiv miljö för virtuell verklighet för att kommunicera nanovärldens begrepp. Utformningen innebar en sammanlänkning av aspekter kring kommunikation om nanobegrepp, representation av scenarier kring “risker” och “möjligheter” med nano, utveckling av teknik för att ge en känsla av närvaro och att möjliggöra interaktion, samt en avvägning mellan design och krav på datorprestanda (Lundin Palmerius, Höst, & Schönborn, 2012).

Två olika scenarios utgjorde grunden för de uppgifter som användare skulle få jobba med. Dessa valdes medvetet ut för att representera ytterligheter längs en tänkt dimension från “risk” till “möjlighet”. Båda dessa involverade så kallade kolnanorör, molekyler enbart bestående av kolatomer som formar ett rör som är mycket smalt men relativt långt. Risk-scenariot (nano och giftighet) kommunicerar en möjlig fara med nano: På grund av “klibbiga” krafter som hänger samman med att nanoobjekt har en mycket stor yta i förhållande till dess volym så kan kolnanorör aggregera till buntar, och om dessa andas in så kan det leda till asbest-liknande giftighet. Möjlighets-scenariot (nano och medicinsk behandling) kommunicerar en terapeutisk innovation: Genom att modifiera ytan på kolnanorör med andra molekyler kan de fås att binda specifikt till utvalda cancervävnader, som de därmed anrikas vid. Detta möjliggör att tumörer kan förstöras med värmebehandling utan att skada övrig vävnad genom att rören absorberar infraröd strålning och specifikt hettar upp tumörens celler. Den virtuella miljön använder 3D TV-teknik och rörelsespårning med Microsoft Kinect. Genom att systemet detekterar en specifik gest med handen kan användare interagera med 3D nano-objekt i den virtuella miljön enbart via sina rörelser (fig. 1).



**Figur 1. Den gestbaserade miljön för virtuell verklighet som utvecklats för att användare ska få tillgång till nanobegrepp. Kolnanorör visualiseras i stereoskopisk 3D med ett perspektiv som är kopplat till användarens huvudposition för att ge en än mer uppslukande upplevelse med en ökad känsla av närvaro. Användaren kan med en "greppa"-gest få kontakt med de virtuella kolnanorören och därigenom nå in i den virtuella nanovärlden. Upplevelsen av att interagera med nanoobjekt för att flytta runt, dra och trycka på dem genom kroppsliga rörelser utgör grunden för att bygga kunskap om nanobegrepp i visualiseringen. Det ger även en vetenskaplig underbyggnad för att bedöma och ta ställning till möjligheter och risker med nano. (Bild: Thor Balkhed/Linköpings universitet)**

Efter att i det föregående ha beskrivit utformning, konstruktion och implementering av den interaktiva virtuella miljön för att skapa förståelse om nano, vänder vi oss nu till de empiriska undersökningarna av elevers och besökares interaktion med systemet som ett lärandeverktyg.

#### Utforskning av interaktion och lärande med den virtuella nanomiljön

Vår andra studie i forskningsprogrammet utforskade interaktion mellan systemet och elever respektive besökare vid ett science center. Studien gjordes i samband med att den virtuella miljön var en del av en utställning i en science center-kontext (Schönborn, Höst, Lundin Palmerius, & Flint, 2014). Kvantitativa resultat baserat på data insamlade med automatisk loggning av interaktioner från ungefär 1500 besökare tyder på att miljön erbjuder en engagerande och i hög grad interaktiv erfarenhet.

I den tredje studien visade en kvalitativ tänk-högt-undersökning med tre elever som nyligen genomgått gymnasiets kemiundervisning att gest-baserad interaktion med systemet kan fungera som kognitiv bas för att bygga sådan nano-relaterad förståelse som behövs för att bedöma upplevt hopp och rädsla inför nano. Utöver detta visade studien att den interaktiva nano-kontexten gav en stimulerande möjlighet för elever att lära sig traditionella kemibegrepp.

En fjärde studie med tio gymnasieelever som interagerade med systemet visade på en rad kognitiva möjligheter hos den virtuella miljön. Detta inkluderade en kognitiv avlastning tack vare den gestbaserade interaktionen med systemet, samt en ökad inre motivation för lärande (Flint, Schönborn, Höst, & Lundin Palmerius, 2014). Fynden visade också att studenter skattade användbarheten högt för den virtuella nanomiljön. Till detta kan läggas att studenter ofta gav uttryck för nano-relaterade idéer på andra sätt än genom ett strikt vetenskapligt språk. Dessutom förekom rapporter från elever om en upplevelse av krafter mellan nanoobjekt, trots att de inte fick någon fysisk återkoppling från systemet. Det är möjligt att denna så kallade pseudohaptiska perception kan utnyttjas vid design av miljöer där syftet är att nå förståelse för nanoobjekts fysikaliska interaktioner. Överlag kan fynden bidra till utvecklingen av de kognitiva och användbarhetsmässiga dimensionerna hos virtuella lärandemiljöer för nano-relaterat lärande.

Den femte studien i projektet utgjordes av utformning och validering av ett instrument för att mäta begreppslig kunskap kring nanovetenskap och nanoteknik (Schönborn, Höst, & Lundin Palmerius, 2015). De psykometriska egenskaperna hos det utvecklade nano-kunskapsinstrumentet (NanoKI) tyder på att det är ett verktyg som kan användas för att mäta nano-relaterad kunskap med acceptabel validitet och reliabilitet. Kvalitativa mönster i fördelningen av korrekta och inkorrekta svar på frågeinstrumentet tyder på att vissa begrepp kring relativ storlek på nanoskalan, slumpmässig rörelse hos nano-objekt, samt interaktioner på nanoskalan är särskilt utmanande.

I den sjätte studien jämförde vi effekten från den virtuella nanovärlden med respektive utan gestbaserad interaktion (Schönborn, Höst, & Lundin Palmerius, manuskript). Resultaten visar att deltagarna (40 besökare vid ett science center) ökade sin nano-relaterade kunskap, mätt med NanoKI, mellan pre- och posttest, samt att de bedömde de risker som nano kan vara associerat med som större efter interventionen än före. Upplevelsen av att interagera med den virtuella miljön kan alltså även ha påverkat deltagarnas riskbedömningar kring nano. Trots att det inte fanns någon statistiskt signifikant skillnad mellan de två experimentella villkoren i den kvantitativa datan så tyder kvalitativa resultat från deltagarnas utsagor på att de som fick interagera uttryckligen kopplade den gestbaserade interaktionen till sin förståelse för krafter och dynamik mellan nano-objekt. Detta fynd ger stöd för att en förkroppsligad erfarenhet kan vara viktig för att bättre förstå begrepp på den icke förnimbara nanonivån.

## Sammanfattning och slutsatser

Fynden från projektet antyder att användares upplevelser och gestbaserade interaktion med den virtuella nanovärlden kan fungera som ett kognitivt stöd för utveckling av nano-relaterad förståelse, och som en möjlig alternativ plattform för lärande av vetenskapliga begrepp i de traditionella skolämnena kemi, fysik och biologi. Tillsammans ger det en bas av vetenskaplig förståelse utifrån vilken de lärande kan göra bedömningar kring sina förhoppningar och rädslor inför nano (Schönborn, Höst, & Lundin Palmerius, 2016). Resultaten visar också på potentialen hos förkroppsligade erfarenheter för att nå begrepp på nanoskalan som inte kan förnimmas direkt. Detta sker genom att koppla samman användarens sensorimotoriska interaktion i världen med interaktioner mellan virtuella nanoobjekt. Den virtuella miljön kan också fungera som en resurs för omprövning av elevers och besökares attityder till nano. Sammanfattningsvis har projektet visat att vetenskapligt baserade visualiseringar kan användas som lärandeverktyg för att ge de lärande möjlighet att integrera sin interaktiva erfarenhet i lärande av i övrigt abstrakta och komplexa vetenskapliga begrepp.

## Projektets produktion

Projektets genomförande har resulterat i 10 referee-bedömda publikationer (5 artiklar i internationella tidskrifter, 3 kapitel och 2 artiklar i konferens-proceedings), 3 examensarbetsrapporter, 2 manuskript, och 2 interaktiva digitala lärandemiljöer för åtkomst till nanovärlden. Projektet har även varit delaktig i 8 presentationer på internationella konferenser, 11 inbjudna presentationer, och har vid ett flertal tillfällen uppmärksamats i nyhetsartiklar i olika former av media.



#### Referee-bedömda publikationer i projektet

- Schönborn, K. J., Höst, G. E., & Lundin Palmerius, K. E. (2016). Interactive visualization for learning and teaching nanoscience and nanotechnology. In: K. Winkelmann, B. Bhushan (Eds.), *Global Perspectives of Nanoscience and Engineering Education* (pp. 195-222). Basel: Springer. doi:10.1007/978-3-319-31833-2\_7
- Schönborn, K. J., Höst, G. E., & Lundin Palmerius, K. E. (2016). Nano education with interactive visualization. *Nanotoday*. Advance online publication. doi:10.1016/j.nantod.2015.10.006
- Schönborn, K. J., Höst, G. E., & Lundin Palmerius, K. E. (2015). Measuring understanding of nanoscience and nanotechnology: development and validation of the nano-knowledge instrument (NanoKI). *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 346-354. doi:10.1039/C4RP00241E
- Schönborn, K. J., Höst, G. E., Lundin Palmerius, K. E., & Flint, J. (2014). Development of an interactive immersion environment for engendering understanding about nanotechnology: concept, construction, and implementation. *International Journal of Virtual and Personal Learning Environments*, 5(2), 40-56. doi:10.4018/ijvple.2014040104
- Höst, G.E., & Bohlin, G. (2014). Engines of creationism? Intelligent design, machine metaphors and visual rhetoric. *Leonardo*, 48(1), 80-81. doi:10.1162/LEON\_a\_00905
- Lundin Palmerius, K.E., Höst, G.E., Johansson, D., & Schönborn, K.J. (2014). An analysis of the influence of a pseudo-haptic cue on the haptic perception of weight. In: M. Auvray, & C. Duriez (Eds.), *Haptics: Neuroscience, Devices, Modeling, and Applications* (pp. 117-125). Berlin: Springer. doi:10.1007/978-3-662-44193-0\_16
- Flint, J., Schönborn, K.J., Höst, G.E., & Lundin Palmerius, K.E. (2014). Investigating an immersive virtual nanoscience simulation for learning: students' interaction, understanding, attitudes and system usability. *Paper presented at the Annual Meeting of the American Association for Educational Research* (Philadelphia, 3-7 april). (Artikeln vann Emerging Virtual Scholar Award in the Applied Research in Immersive Environments for Learning (ARIEL) SIG for AERA 2014)
- Schönborn, K., Lundin Palmerius, K., Höst, G., & Flint, J. (2013). Developing an interactive virtual environment for engendering public understanding about nanotechnology: from concept to construction. *Paper presented at the Annual Meeting of the American Association for Educational Research* (San Francisco, 26 April – 1 May)
- 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. *Educational Research International*, vol. 2013, Article ID 194363, 11 pages, doi:10.1155/2013/194363
- Lundin Palmerius, K.E., Höst, G.E., & Schönborn, K.J. (2012). An interactive and multi-sensory learning environment for nano education. In: C. Magnusson, D. Szymczak, & S. Brewster (Eds.), *Haptic and Audio Interaction Design*. Berlin: Springer, pp. 81-90. doi:10.1007/978-3-642-32796-4\_9

#### Inbjudna presentationer

- Schönborn, K., & Lundin Palmerius, K. (2016). Opening a Window into the Nanoworld – Interactive Visualization for Learning. Inbjuden talare vid Visual Arena, Lindholmen Science Park, 29 juni.
- Schönborn, K.J., Höst, G.E., & Lundin Palmerius, K. (2014). The Nano(r)evolution in Education – Immersive Environments for Learning Science Concepts and Navigating Benefit and Risk. Inbjuden talare vid Svenska Fysikersamfundets fysikdag, AlbaNova, Stockholm, 10 oktober.

Schönborn, K.J. (2013). Visualizing, Prodding and Pulling Molecules: Cognitive and Learning Dimensions of Students' Immersive Interactions with Virtual Environments. Inbjuden att framföra Annual Ragsdale Lecture in Chemistry Education, University of Utah, USA, 23 april.

Lundin Palmerius, K. (2012). Touching What Can't Be Touched. Inbjuden talare vid School of Physics and Astronomy, University of Nottingham, Storbritannien, 8 november.

#### *Notiser i media*

Digitala intryck (Höstterminen 2016). *Så görs nanotekniken begriplig*. (s. 8). Hämtad från <http://slieducation.se/wp-content/uploads/2014/09/Digitala-intryck-Höstterminen-2016.pdf>

Ekstrand Amaya, T. (21 mars 2016). Greppa nanovärlden. *LiU-Nytt*. Hämtad från <http://liu.se/forskning/forskningsnyheter/1.676998?l=sv>

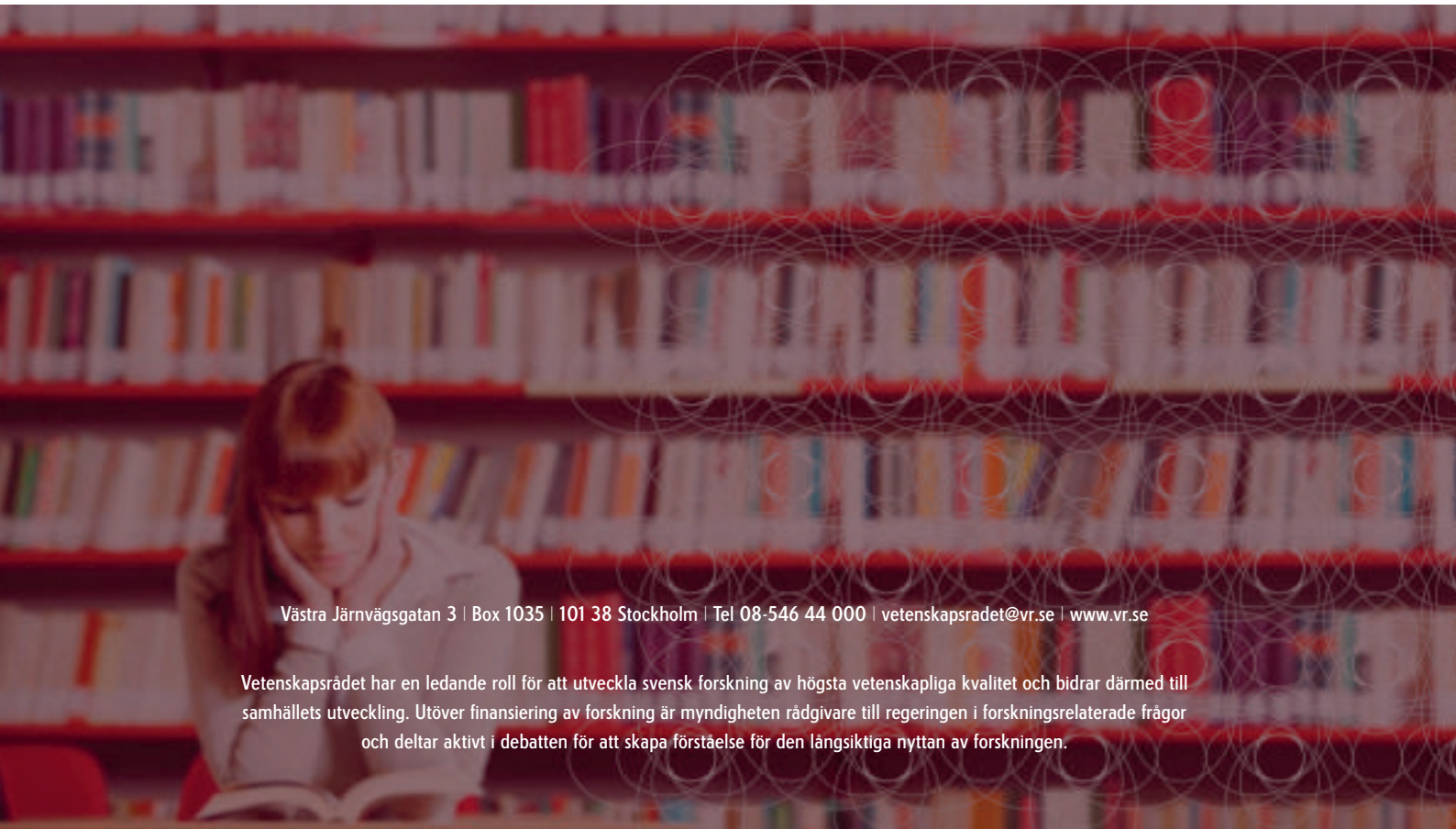
Linköpings universitet (12 april 2016). Grab hold of the nanoworld. *Nanotechnology World Association*. Hämtad från <http://www.nanotechnologyworld.org/#!/Grab-hold-of-the-nanoworld/c89r/570cbb1a0cf2d6bf6ee292a5>

Kornfeldt, T. (Intervjuare) & Lundin Palmerius, K. (Intervjuad) (12 juli 2013). Att känna på sånt som egentligen inte finns. *Sveriges Radio P1*. Intervju hämtad från <http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=4463&artikel=5571437>

#### *Utvecklad mjukvara*

Lundin Palmerius, K., Höst, G.E., & Schönborn, K.J. (22 mars 2013). A Simulated Nanoworld for Learning. Video hämtad från <http://www.youtube.com/watch?v=kfQmmvglBsl>

Resultatdialog 2016 presenterar svensk utbildningsvetenskaplig forskning finansierad av Vetenskapsrådets utbildningsvetenskapliga kommitté. Varje år sedan 2005 har resultaten från aktuella forskningsprojekt sammanfattats i konferensen och skriften Resultatdialog.



Västra Järnvägsgatan 3 | Box 1035 | 101 38 Stockholm | Tel 08-546 44 000 | [vetenskapsradet@vr.se](mailto:vetenskapsradet@vr.se) | [www.vr.se](http://www.vr.se)

Vetenskapsrådet har en ledande roll för att utveckla svensk forskning av högsta vetenskapliga kvalitet och bidrar därmed till samhällets utveckling. Utöver finansiering av forskning är myndigheten rådgivare till regeringen i forskningsrelaterade frågor och deltar aktivt i debatten för att skapa förståelse för den långsiktiga nyttan av forskningen.