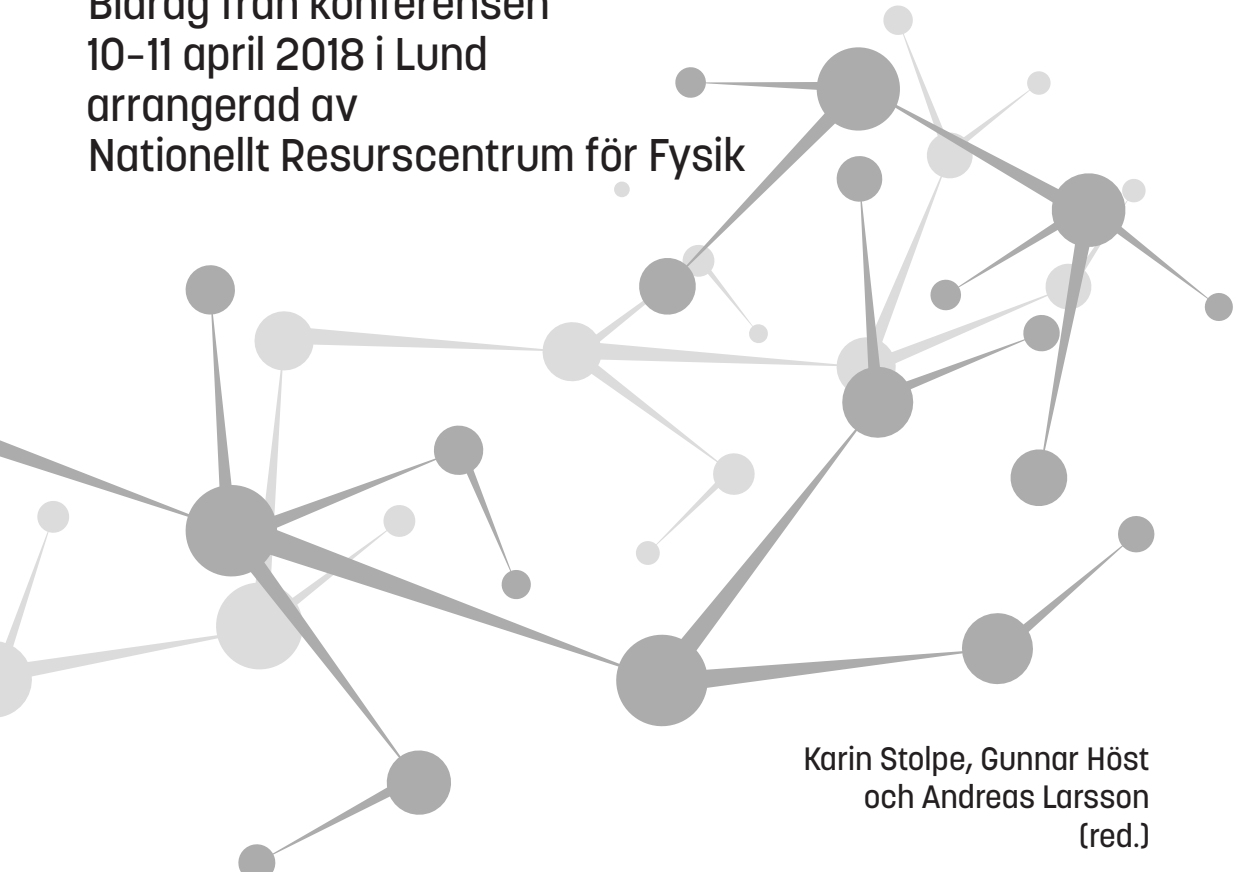


# Från forskning till fysikundervisning

Bidrag från konferensen  
10-11 april 2018 i Lund  
arrangerad av  
Nationellt Resurscentrum för Fysik



Karin Stolpe, Gunnar Höst  
och Andreas Larsson  
(red.)



# Från forskning till fysikundervisning

Bidrag från konferensen  
10-11 april 2018 i Lund  
arrangerad av  
Nationellt Resurscentrum för Fysik

*Karin Stolpe, Gunnar Höst och Andreas Larsson (red.)*

Nationellt centrum för naturvetenskapernas och teknikens didaktik (NATDID) vid Linköpings universitet inrättades 2015 efter ett beslut från regeringen. Centret verkar för att sprida ämnesdidaktisk forskning inom naturvetenskap och teknik till personer verksamma inom skolan. På så sätt bidrar NATDID till att stödja skolutvecklingen på nationell nivå inom naturvetenskap och teknik. Denna forskningsspridning bygger på att skapa möten mellan lärare och forskare för att på så sätt bidra till att upprätta långsiktiga relationer och dialog mellan parterna.

<http://www.liu.se/natdid>

©Nationellt centrum för naturvetenskapernas och teknikens didaktik och författarna. Distribueras av Nationellt centrum för naturvetenskapernas och teknikens didaktik vid Institutionen för samhälls- och välfärdsstudier, Linköpings universitet, [karin.stolpe@liu.se](mailto:karin.stolpe@liu.se), [gunnar.host@liu.se](mailto:gunnar.host@liu.se) och [andreas.b.larsson@liu.se](mailto:andreas.b.larsson@liu.se).

Omslag: Tomas Hägg

Tryck: LiU-Tryck, Linköping 2019  
ISBN: 978-91-7929-980-4

# Innehåll

<i>Ann-Marie Pendrill</i>	
Inledning.....	5
<i>Margareta Enghag, Karin Haglund, Linda Schenk, Karim Hamza, Leena Arvanitis, Iann Lundegård och Andrzej Wojcik</i>	
Riskbedömningar på gymnasiets fysikkurser – om kommunikation med radiovågor .....	7
<i>Lena Hansson, Lotta Leden, Ann-Marie Pendrill och Åsa Arvidsson</i>	
Naturvetenskapernas karaktär i klassrummet .....	23
<i>Helena Johansson, Magnus Oskarsson och Peter Nyström</i>	
Fysikbegreppens flyktighet: En konsekvens av kursplane- förändringar? .....	33
<i>Charlotte Lagerholm, Claes Malmberg och Urban Eriksson</i>	
Säger en bild mer än tusen ord? .....	47
<i>Ann-Marie Pendrill</i>	
Med telefonen utanför klassrummet .....	59



# Inledning: Från forskning till fysikundervisning – med fysiken i centrum

Ann-Marie Pendrill

*Nationellt resurscentrum för fysik*

Konferensen ”Från forskning till fysikundervisning” har som syfte att låta lärare möta forskning som på olika sätt kan påverka undervisningen. Det kan både handla om fysikdidaktisk forskning och exempel på hur aktuell forskning inom fysik kan komma in i undervisningen. Det senare nämns exempelvis i högstadiets kursplan i fysik.

”Från forskning till fysikundervisning” är en konferensserie som arrangeras av Nationellt resurscentrum för fysik (NRCF). NRCF har till uppgift att stödja lärares undervisning i fysik, från förskola till gymnasienivå. Vi strävar efter att överbrygga gapet mellan skolans praktik och forskning och att sprida resultat av forskningsbaserade utvecklingsarbeten. Den andra konferensen i serien ägde rum i Lund den 10-11 april 2018 och samlade 56 lärare och forskare från hela landet. Under konferensen varvades föreläsningar med parallella sessioner där deltagarna presenterade sina bidrag.

Hur fysik kan bli ett viktigt verktyg för att rädda liv genom att låta solljus desinficera vatten<sup>1</sup> var temat för det första inbjudna föredraget som gavs av Pilar Fernandez-Ibáñez från Ulster University i Nordirland

Konrad Schönborn från Linköpings universitet visade under den andra föreläsningen exempel på hur interaktiva visualiseringar kan göra det osynliga synligt, både inom fysik och andra delar av naturvetenskapen. Deltagarna fick sedan möjlighet att under en workshop själva prova hur en värmekamera kan användas i klassrummet.

Claudia Haagen-Schützenhöfer från University of Graz i Österrike berättade under det tredje föredraget om designbaserad forskning som syftade till att elever ska uppnå bättre förståelse av begreppet ljus (Haagen-Schützenhöfer, 2017).

Den avslutande föreläsningen gavs av Stan Micklavzina från University of Oregon, USA. Han har utvecklat ett mycket stort antal demonstrationsexperiment för att illustrera olika fysikaliska fenomen. Han har även samarbetat med

---

<sup>1</sup>Europhysics News 2017 nr 3. <https://www.europhysicsnews.org/articles/epn/abs/2017/03/epn2017483p26/epn2017483p26.html>

bland annat skådespelare och cirkusartister. Föreläsningen innehöll experiment som varit en del av en teaterföreställning om Nicola Tesla.

Även några av deltagarnas bidrag presenterades under plenarsessionerna. Linda Gunnarsson, Fredrik Nordling och Fredrik Olofsson från Hulebäcksgymnasiet demonstrerade ett lektionsupplägg för aktivt lärande. I ett sådant upplägg flyttas fokus i planeringen från frågan ”Vad ska läraren göra?” till ”Vad ska eleverna göra?” De använde undervisningsmetoden 5E: Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate. Som ett exempel på metoden fick deltagarna på konferensen se ett klipp från filmen *Kill Bill*. Därefter fick deltagarna, i smågrupper, med hjälp av en liten skrivtavla, analysera om det som visades i filmen kunde vara rimligt ur fysikalisk synvinkel.

Jakob Lavröd berättade om tävlingen International Young Physicists’ Tournament (IYPT)<sup>2</sup> och hur denna tävling kan knytas till gymnasiearbetet. Under den följande pausen fick deltagarna möjlighet att träffa gymnasister som deltagit i tävlingen. De presenterade också några av sina experiment.

I den här konferensboken presenterar vi några av de bidrag som presenterades under konferensen – med fysiken i centrum.

## Referenser

Haagen-Schützenhöfer. Claudia. (2017). *Physics Education*. 52 044003. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/aa6d9c>

---

<sup>2</sup>International Young Physicists Tournament (IYPT) <https://IYPT.se>



# Riskbedömningar på gymnasiets fysikkurser – om kommunikation med radiovågor

Margareta Enghag

*Stockholms universitet*

Karin Haglund

*Tumba gymnasium*

Linda Schenk

*Kungliga tekniska högskolan och Karolinska institutet*

Karim Hamza

*Stockholms universitet*

Leena Arvanitis

*Blackebergs gymnasium*

Iann Lundegård

*Stockholms universitet*

Andrzej Wojcik

*Stockholms universitet*

## *Sammanfattning*

*Inom projektet RiskEdu genomför forskare och lärare tillsammans flera designbaserade interventioner på gymnasieskolans kurser i biologi, fysik, kemi och naturkunskap. Syftet för RiskEdu-projektet är att introducera samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll (SNI) i undervisningen för att ge eleverna tillfälle att hantera samhällsfrågor i en naturvetenskaplig kontext. Denna artikel presenterar en studie om hur elever, inom ramen för fysikundervisningen, gör en riskbedömning kring frågor rörande kommunikation med hjälp av radiovågor. Temat var "wifi på tunnelbana och buss i Stockholm". Studien baseras på en undervisningssekvens där begreppen risk och riskbedömning introduceras för eleverna i samband med fysikundervisning om strålning. Under en första intervention i halvklass, introduceras begreppet risk och eleverna gör en riskbedömning i grupper om tre. Rubrikerna har först diskuterats med ungdomarna. Forskningsfrågan som ställs i studien handlar om hur ungdomar ger innehåll till de rubriker de använt som*

*stöd för sin riskbedömningsuppgift samt hur de använde detta innehåll för att genomföra sin riskbedömning. För att analysera elevernas skriftliga svar har vi använt oss av en tematisk analys. Studiens resultat visar fyra riskbedömningar där många sakfrågor och begrepp om wifi tas med (exempelvis hur högt gränsvärdet för sändarstyrkan är, om radiovågornas energi kan tas upp av kroppen eller att barn kan få något högre exponering för radiovågor än vuxna). Att använda riskbedömning med underrubriker hjälpte tre av fyra elevgrupper att få till en text som innehåller både relevant information och en saklig argumentation. Samtliga grupper använde sina fysikkunskaper i processen på ett tydligt sätt. En grupp använde sig dock av information om hälsorisker från en intresseorganisation, och denna information var inte vetenskapligt grundad, vilket pekar på vikten av att diskutera källkritik.*

## Introduktion

Vi lever i en tid som präglas av en rad komplexa problem utan uppenbara lösningar eller enkla orsakssamband. I dagstidningar, TV, radio och sociala medier möter våra elever frågor som förutsätter kunskaper i naturvetenskap så som genetiskt modifierade organismer, kärnkraft, biologisk mångfald, eller kemikaliehantering. Att ta hänsyn till kunskaper från naturvetenskaplig forskning i beslut som handlar om samhällsfrågor är dock en svår uppgift för elever (Lee & Brown, 2018). De tekniska system som byggs upp runt omkring oss är mer än tidigare förenade med osäkerhet (Angell m.fl., 2004). De omfattar risker och kräver beslut om livsstil och hållbar utveckling (Adams, 1995; Christensen, 2009). Sådana frågor kan alltså inte lösas av enskilda experter eller lösas med hjälp av enskilda naturvetenskapliga fakta, utan behöver en samhällsvetenskaplig kontext där både fakta och värderingar vägs in (Schenk, Enghag, Wojcik & Hamza, 2017). Det är därför viktigt och kritiskt att unga människor får en utbildning som hjälper dem att både konstruera och analysera argument relaterade till naturvetenskapens sociala tillämpningar och konsekvenser (Driver, Newton & Osborne, 2000). Detta gäller kanske särskilt i fysikämnet som tidigare inte varit orienterat mot att lösa samhällsproblem som exempelvis klimatproblematik och digitalisering.

Risk är ett komplext koncept som kan vara svårt att förstå, inte minst för att betydelsen skiftar både i vardagligt tal och i expertutlåtanden (Schenk m.fl., 2017).

Hansson (2012) ger tre exempel på hur ordet risk används på olika sätt:

- 1) Lungcancer är en av de allvarligaste risker som drabbar rökare (konsekvens),

- 2) rökning är den största åtgärdbara hälsorisken i vårt samhälle (orsak), samt
- 3) rökare har en risk om ungefär 50 procent att få sitt liv förkortat av en rökningssjukdom (sannolikhet).

Risk beskrivs i tekniska sammanhang ofta som en kombination av sannolikheten för att en farlig händelse ska inträffa och hur svåra konsekvenserna av denna händelse kan bedömas bli. Hansson (2012) beskriver den allmänna riskvägningsprincipen, som säger att "en risk är acceptabel i den mån som den uppvägs av större nytta" (s. 84). För att ge en mer konkret bild av begreppet risk och i synnerhet relationen mellan sannolikhet och konsekvens, använde vi ett känt exempel om en lindansare (Se British Columbia Provincial Emergency Program, 2004). Det finns ju en fara att lindansaren faller ner och blir skadad. Antag nu att linan bara är uppspänd 1 meter ovanför marken. Sannolikheten för att lindansaren faller har då kanske inte ändrats, men konsekvensen blir ju helt annorlunda om personen faller ned 1 meter jämfört med 100 meter. Tänk dig vidare att det står en folkmassa under lindansaren. Folkmassan kan ju då också komma att utsättas för skador om lindansaren faller, vilket påverkar konsekvenserna och därmed risken. Detta exempel fick inleda lektionen om risk där även andra risksituationer diskuterades. Eleverna instruerades att semi-kvantitativt gradera sannolikheten enligt skalan låg, medelstor och hög sannolikhet. På motsvarande sätt kan konsekvenser graderas enligt liten, medelstor och mycket stor påverkan.

Strålning och radioaktivitet har tidigt uppmärksammats som ett område som väcker starka känslor. Att samtala om risker och riskbedömningar i samband med strålning har visat sig vara en framkomlig väg att närma sig fysiken via samhällsfrågor med ett naturvetenskapligt innehåll (SNI) (t.ex. Enghag m.fl., 2017). Kolstø (2006) studerade hur ungdomar resonerade och argumenterade när de tog ställning till de lokala planerna för nya kraftledningar i relation till att ledningarna kunde öka risken för leukemi hos barn. Kolstø fann att fysik med riskbedömning spelade stor roll när det gällde att utveckla elevernas förståelse av begreppen risk och osäkerhet. Kolstø identifierade fem olika typer av huvudargument:

- 1) det relativa riskargumentet (storleken av risken, exempelvis hur kostnadseffektiva vissa lösningar var)
- 2) försiktighetsargumentet (prioriterat att undvika risk överhuvudtaget)
- 3) osäkerhetsargumentet (oföränderlig efterfrågan på faktisk kunskap om den möjliga risken)
- 4) det lilla riskargumentet (att små risker är naturliga och måste beaktas)
- 5) argumentet om fördelar och nackdelar (välbefinnande hos drabbade människor avgör, flera olika typer av argument)

Det är tydligt att fler ämnesområden än fysik är medverkande i argumentationen, och även elevernas personliga inställningar finns involverade här.

På samma vis kvalificerar sig frågan om strålning från mobiltelefoni som en komplex samhällsfråga där naturvetenskapen ännu inte har entydiga svar. Hundratala undersökningar har studerat effekterna av mobilstrålning, men resultaten är till viss del motsägelsefulla. Exempelvis visade den stora europeiska epidemiologiska studien INTERPHONE att det finns en signifikant ökad risk av den elakartade hjärntumören gliom men inte av den godartade hjärntumören meningiom bland personer som använde mobiltelefoner mer än 1640 timmar under en period av 5 - 10 år. Å andra sidan fann man att risken för både gliom och meningiom minskade hos de som använde mobilen mellan 30 - 400 timmar under samma tidsperiod (Cardis m.fl., 2010). Det finns dock ingen biologisk förklaring till dessa resultat. En stor djurstudie, genomförd av det nationella toxikologiprogrammet i USA konstaterade att det finns tydliga evidens för att råttor, dock bara av hankön, som utsatts för höga nivåer av mobilstrålning utvecklade cancer i form av hjärttumörer. Man fann också tecken på att tumörer i hjärnan och binjurarna kunde utvecklas hos exponerade han-råttor (Se NTP, 2018; NIEHS, 2018). Hur dessa fynd ska tolkas i termer av risker för människor efter exponering för nuvarande mobilteknik är alltså långt ifrån klart. Det finns även studier som inte påvisar några effekter av mobilstrålning på vare sig människor eller odlade celler (Vijayalaxmi & Obe, 2004; Röösli m.fl., 2019). I ljuset av den stora osäkerheten vad gäller hälsoeffekter av mobilstrålning bestämde sig WHO år 2011 för att klassificera mobilstrålning som möjligen cancerframkallande (Baan m.fl., 2011), vilket är den svagaste graden av misstanke om cancerrisk. Strålsäkerhetsmyndigheten har inte begränsat användningen av mobiltelefoni på grund av skadliga hälsoeffekter, men inte heller ansett att frågan är avgjord utan lägger stor vikt vid att följa fortsatt kunskapsutveckling:

*Strålsäkerhetsmyndigheten bevakar noggrant forskningen inom området mobiltelefoni och hälsorisker. Inte minst är det viktigt att bevaka eventuella trender i cancerstatistiken för hjärntumörer. (Strålsäkerhetsmyndigheten, 2013, s. 3).*

Radiovågor, såsom mobiltelefoni och wifi-nätverk, utgör på så sätt ett intressant område att studera i forskning med avseende på hur elever genomför riskbedömningar i fysik.

Didaktisk modellering är ett sätt att lyfta didaktiska utmaningar som är gemensamma för olika undervisningsfält (Wickman, Hamza & Lundegård, 2018). Sadler, Foulk och Friedrichsen (2016) skriver om SNI i fyra olika design-baserade forskningsprojekt, och sammanfattar detta i en modell för projekten. Modellen är avancerad men innehåller grundläggande data som elever kan hantera inom SNI-frågor. Modellen bygger på att elever möter data som ett problem som de får

resonera väldigt fritt kring för att sedan sammanfatta i ett uttalande om hur de ser på problemet i stort. Detta generella upplägg har använts i flera interventionsstudier inom ramen för RiskEdu, bland annat för denna delstudie.

Syftet för denna delstudie är att undersöka hur elever använder kunskaper om fysik och risk när de tar ställning till frågor rörande wifi i tunnelbana och buss i Stockholm. Det material de använde för sin bedömning, är det inledande avsnittet om risk som ges i en introduktionslektion, samt rapporten ”Mobiler och master” utgiven av Strålsäkerhetsmyndigheten (2013), som är en riskbedömning i större format än denna elevenna nu ska skriva för varandra. Forskningsfrågan är: Hur ger ungdomar innehåll till de rubriker som de har till stöd för sin riskbedömning och hur använder ungdomar detta innehåll som ingång till frågor kring wifi i sin omgivning?

## Design, metodik och analysredskap

I RiskEdu-projektet studeras konsekvenserna av gymnasieskolans naturvetenskapsundervisning om risk och riskbedömning. Detta görs dels med avseende på elevernas förmåga att fatta beslut baserat på riskbedömningar, dels med avseende på att formulera handlingsalternativ i aktuella samhällsfrågor. Även elevernas lärande av ämnesinnehållet (t.ex. strålning) såsom det bedöms i vanliga prov studeras i projektet. Den metodologiska ansatsen är inspirerad av design-baserad forskning (The Design-Based Research Collective, 2003; McKenney & Reeves, 2012) och bygger på olika interventioner i undervisningen som är utformade i samråd mellan forskare och lärare.

Den aktuella designen bygger på tidigare interventioner som utvärderats genom diskussioner i projektgruppen. Studien utgick således från nedanstående design-principer (Enghag m.fl., 2016, s. 76):

*Övergripande designprincip: Alla interventioner ska relatera till det centrala innehållet i ämnesplanen samt fokusera på utveckling av kunskap/förmåga som hör till ämnet.*

*Designprinciper:*

- 1) *Inledande överblickslektion introducerar ämnesområdet samt väcker intresse genom kopplingar till samhällsaspekter.*
- 2) *Startar upp med små samtalsgrupper i heterogena sociospråkliga grupper vilket ger bättre samtal och fler lärtillfällen. Samtalen fokuseras kring ämnesrelaterade frågor.*

- 3) *Introducerar risk som ett kunskapsinnehåll. Detta görs genom riskbedömningsuppgifter som även tränar argumentation inom ämnesinnehållet.*
- 4) *Avslutas med en andra omgång samtal i smågrupper. Denna gång med tematiska frågor med tillspetsade frågeställningar.*
- 5) *Prov på avsnittet inkluderar som uppgifter med riskbedömningsfokus.*

Interventionen som redovisas i denna artikel rör designprincip 1 - 3. Interventionen gjordes under en lektion (90 min) med 12 elever indelade i 4 grupper. Klassen introducerades först i begreppet risk. Därefter gjordes en övning där eleverna, både i mindre grupper och i helklass, fick diskutera frågorna hur man kan genomföra en riskbedömning av wifi på tunnelbana och buss.

Efter denna introduktion fick eleverna i uppgift att gruppvis (3 elever/grupp) skriva en egen riskbedömning på temat "Wifi på tunnelbanan och bussen i Stockholm", eller en snarlik problemsituation som de kunde engagera sig i. Förste- och andreförfattaren delade ut texten "Mobiler och master" som ges ut av Strålsäkerhetsmyndigheten (2013). Det användes också en bild<sup>1</sup> från samma text för att illustrera hur en basstation är lokaliserad i praktiken.

*Basstationen monterad under balkong. Det vita avlånga föremålet strax under balkongen är en basstation. Referensvärdet kan överskridas i området framför antennen (markeras av den genomskinliga cylindern) (Strålsäkerhetsmyndigheten, 2013, s.3).*

Det material som eleverna använde för sin bedömning var det inledande avsnitt om risk som gavs i introduktionslektionen samt rapporten "Mobiler och master", utgiven av Strålsäkerhetsmyndigheten (2013); en riskbedömning i större format än den som eleverna själva skulle skriva. Förste- och andreförfattaren resonerade med eleverna och kom överens om att eleverna skulle skriva en riskbedömning som innefattade rubrikerna: frågeställning, påstående, data/information samt bedömning. Till detta skulle även en argumenterande slutsats samt referenser adderas. Denna modifiering kan ses som ytterligare en design-princip – "att ge ett ramverk" – vilken introducerades parallellt med den pågående interventionen. Det är modifieringen som utgör fokus för denna studie.

Förste- och andreförfattaren genomförde på elevernas begäran en egen riskbedömning, se Appendix 1. Denna granskning låg till grund för elevernas information om en provuppgift om Solbadande som följde senare i kursen.

---

<sup>1</sup> Figuren som hänvisas till i citatet nedan kan ses i texten <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/contentassets/97939d28c6c540eb8a7135a30ba237bd/mobiler-och-master>

## Resultat och analys

Lektionen startade med en introduktion om risk med avseende på icke-joniserande strålning. Förste- och andre författaren använde "lindansaren" (se ovan) som exempel på hur risk definieras. Vidare diskuterades risk allmänt, samt delar ut Strålsäkerhetsmyndighetens rapport Mobiler och master, som i sig är en riskbedömning i mer omfattande skala. Grupperna sammanfattade efter diskussioner sin slutliga riskbedömning skriftligt (se tabell 1, nästa sida). Diskussionerna bestod av samtal om wifi, vad ordet betyder och hur wifi fungerar i praktiken.

Elevernas texter har analyserats utifrån en deduktiv tematisk analys baserad på fyra av de fem rubrikerna (tabell 1) som växt fram som struktur för elevernas riskbedömningar. Kodord har angivits för att få en bild av hur eleverna ger innehåll och använder detta innehåll i relation till rubrikerna.

### ***Om gruppernas användning av rubriken Frågeställning***

(Kodord: *Om frågan*). Analysen visar att innehållet i rubrikerna redan är färgat av gruppernas åsikter i frågan. Grupp 1 är väldigt saklig, Grupp 2 är redan lite negativ (borde vi begränsa), Grupp 3 tar situationen direkt till skolsituationen, Grupp 4 är intresserade av tekniken. Grupp 1 gör sin riskbedömning omgående som en ja/nej-fråga vilket tar bort viktig information om anledningen. Grupp 2 inför en begränsning direkt för var wifi ska få finnas, vilket är en klar markering att de ser detta som ett problem. Grupp 3 inför direkt sin egen roll i denna situation – ska skolan tillhandahålla wifi, vilket leder problemet lite längre än till wifi i närområdet. Grupp 4 håller en teknisk profil genom att undersöka hur täckningen ska vara i närheten av basstationen. Grupperna ger med andra ord väldigt olika innehåll till rubriken, vilket visar hur de har olika ingång i frågan om risker med wifi.

### ***Om gruppernas användning av rubriken Påstående***

(Kodord: *Om wifi*). Två grupper uttryckte tvekan till området wifi: ("ska inte finnas", respektive "man borde begränsa användningen") och två är positiva ("Det är nödvändigt" respektive "Vi tycker att basstationen ska ligga närmare ställen med mindre täckning för att minska exponeringen"). Vår granskning visar att kopplingen mellan elevernas frågeställning och påstående blir lite för tydlig. Kanske skulle vi ha haft med en riskbedömning separat för att få en bättre övergång till att använda data i bedömningen. Elevernas uppgift att formulera innehållet i rubriken Påstående blev här lite övertydligt gällande wifi, det är svårt att påstå något innan man satt sig in i ämnet, men det blev ändå en bra utgångspunkt för det fortsatta arbetet.

Tabell 1: Elevers riskbedömningar i fulltext

Rubriker	Grupp 1	Grupp2	Grupp 3	Grupp 4
Frågeställning:	Ska det finnas wifi på SL-tågen?	Borde vi begränsa användning av wifi/trådlösa nätverk i exempelvis caféer eller tåg?	Ska man ha wifi i skolan?	Bör man skapa (täckning) närmare basstationen?
Påstående:	Det ska inte finnas wifi på SL-tågen.	Man borde avgränsa användning av wifi/ trådlösa nätverk	Det är nödvändigt. Så länge man har flera stationer så sänks frekvensen, och därmed risken.	Vi tycker att basstationen ska ligga närmare ställen med mindre täckning för att minska exponeringen.
Data, Info:	Ju längre bort från basstationen du är, desto högre sändarstyrka är det. Gränsvärdet för sändarstyrkan är x. Radiovågornas energi kan tas upp av kroppen. Barn kan få något högre exponering för radiovågor än en vuxen.	Exponeringen från datorn & routern avtar snabbt med avståndet och blir betydligt lägre. De mätningar som myndigheten gjort visar att exponeringen ligger under referensvärdet dock kan energin fortfarande tas upp av kroppen i och med att det är radiovågor. Om man befinner sig i ett område med flera caféer som har trådlösa nätverk, blir man ändå påverkad då kroppen tar upp energin. Detta kan leda till yrsel, huvudvärk, koncentrationssvårigheter och minnesstörningar. Dessutom kan det påverka pace-maker-användare.	Mobiler och master – information om radiofrekventa fält. Strålsäkerhetsmyndigheten.	Fler basstationer ger lägre exponering.
Bedömning:	Eftersom radiovågornas energi kan tas upp av kroppen, och människor oftast åker korta sträckor, så anser vi att wifi är onödigt och risktagande. Kroppen utsätts för onödig strålning. Dessutom är det många barn som åker SL-tåg, och de exponerar högre radiovågor än vuxna, vilket kan påverka barnen negativt. Tågen förflyttar sig även längre sträckor. Vilket leder till att avståndet till basstationen bli längre och sändarstyrkan ökat-> farligt.	Ja, man borde avgränsa användningen av trådlösa nätverk.	Låg sannolikhet, ganska svåra konsekvenser. Vi anser att sannolikheten att drabbas av strålning är försumbar så vida det finns flera stationer eller förstärkare. Wifi är en nödvändighet därför att belöningen är mycket högre än risken.	Om det är glesare sänds det ut högre styrka och det påverkar områden där risken är högst, t.ex. byar på landet. Då bör man istället placera närmare basstationer för att minska risken. Om det är berg i vägen kan det bli svårare att få täckning, vilket kräver högre signal. Man bör tänka på gränsvärdet, och inte skapa för många basstationer, till slut kanske man överskrider gränsvärdet när man skapar flera o flera basstationer. Till slut exponeras man lika starkt som när man hade glest mellan basstationerna.
Referenser:	Mobiler och master.pdf	Stralskyddsstiftelsen.se + Mobiler och master.pdf	Mobiler och master.pdf	Mobiler och master.pdf



### **Om gruppernas användning av rubriken Data, info**

(Kodord: *Informationen*). Under rubriken Data, info blir informationen som används väldigt olika mellan grupperna (Tabell 1). Grupp 1 anger att radiovågornas energi kan tas upp av kroppen, och att barn får högre exponering än vuxna. Grupp 2 hävdar att radiovågornas energi tas upp av kroppen, men då leder till yrsel, huvudvärk och koncentrationssvårigheter, med mera. Detta är information som inte är vetenskapligt belagd. Grupp 3 saknar data här och ger bara en referens, även om fysikkunskaper kan sägas ha använts för att formulera påståendet och göra bedömningen. Grupp 4 hävdar att fler basstationer ger lägre exponering. Det är klart att innehållet som tas med här senare kommer att ligga till grund för bedömningen om risk, och att det är viktigt att här slå fast det man uppmärksammat som relevant.

### **Om gruppernas användning av Bedömning.**

(Kodord: *Argumentation*). Med rubriken Bedömning så argumenterar Grupp 1 och anför många skäl för att avböja wifi. Grupp 2 argumenterar inte alls, utan bara repeterar sitt ställningstagande från påståendet. Grupp 3 använde risk som sannolikhet och konsekvens, och avslutade med att wifi är en nödvändighet för att belöningen är mycket högre än risken. Grupp 4 resonerar om gränsvärdet som kommer att överskridas i och med ökande antal basstationer, då signalstyrkan avgörs av detta. Ungdomarna använder och presenterar olika innehåll och slutsatserna de drar (hur innehållet används) skiljer sig följaktligen. Gemensamt är att det fanns en tydlig koppling till det gruppen resonerar om under rubriken Data, info. Det är också skillnad i hur man hanterar riskbedömning här. Elevernas riskbedömningar karakteriseras av att risk inte används så tydligt i tre grupper av fyra, medan grupp 3 skriver om risken som låg sannolikhet men med ganska svåra konsekvenser. Kopplingen mellan grad av exponering och sannolikhet för konsekvenser eller allvarlighetsgrad av konsekvenser är mer implicit hos grupperna 1,2, och 4. Grupp 2 återkopplar dessutom inte alls till dessa resonemang i sin bedömning.

Risk behöver beskrivas med dess beståndsdelar sannolikhet och konsekvens.

### **Diskussion och sammanfattning**

Riskbedömning och samtal kring risker med radiofrekventa fält genomfördes med en intresserad men frågande ton. De rubriker som diskuterades var tydliga och klara för eleverna att följa, även om ämnet var svårt att på kort tid ge korrekt information om. Möjligen måste anvisningar om rubriker justeras så att eleverna inte behöver använda både rubrikerna Frågeställning och Påstående, då endast

rubriken Påstående skulle räcka. Även inom rubriken Bedömning måste informationen om risk betonas ännu mer.

Att använda de valda rubrikerna hjälpte tre av fyra elevgrupper att få till en text som innehöll både relevant information och en saklig argumentation. En grupp använde information om hälsorisker från en intresseorganisation. Information som inte var vetenskapligt grundad. Författarna hävdar att det är viktigt att eleverna inte använder källor som saknar vetenskaplig status i sitt arbete, men samtidigt söker efter referenser inom det intressanta området. Det är också viktigt att diskutera detta med eleverna, som nog inte uppfattat att de refererade till en artikel som saknade vetenskaplig status. Samtliga grupper använde sina fysikkunskaper under processen.

Eleverna gjorde flera bra inslag om begrepp i kursen, som att diskutera sändarstyrka, basstationer, radiofrekventa fält, radiovågors energi, exponering samt andra viktiga begrepp för att klargöra vad wifi står för. Det fattades dock relevanta enheter i elevernas texter, vilket borde vara lätt att ta med för dessa elever. Lite mer grundläggande information med relevans för risk fanns med, såsom hur exponering påverkar människan, till exempel uppvärmning.

Detta inslag om risk inom fysikundervisningen motiverar oss att fortsätta med SNI/riskfrågor för att ge eleverna tillfälle att hantera samhällsvetenskapliga frågor i ett fysiksammanhang. En intresseväckande artikel av Sadler, Foulk och Friedrichsen (2016) ger mer information om hur lärarstudenter bör möta en fokuserad SNI-undervisning: SNI-frågor som tar upp frågor som ännu inte finns utbredda globalt och hur elever kan diskutera saker som är i forskarvärldens framkant.

Det finns intressanta synpunkter på hur "scientific inquiry" är väldigt relaterad till värderingar för att komma till beslutsfattande (Lee & Brown, 2018). RiskEdu fortsätter nu med att undersöka elevers värderingar och kunskaper och hur dessa kan vägleda deras beslutsfattande om lämplighet i användning av riskbedömningar (Schenk m.fl., 2019). Kolstös olika elevargument visar hur mycket elevers förkunskaper och attityder påverkade deras argumentation.

Att diskutera och använda risk som definieras av sannolikhet och konsekvens i fysikundervisningen fungerade, även om inte alla grupper använde dessa begrepp i sina texter. Att använda en mindre modell och att bygga riskbedömningen kring ett antal rubriker gör riskbedömningen tydlig och lätt att diskutera med ungdomarna. Att ungdomarna fick använda tid till att både diskutera och sedan formulera sig skriftligt, gjorde att lektionen gav ögonblick av både närhet mellan elever, och distans till litteratur och myndigheters artiklar. De rubriker som användes kan komma att justeras, men att använda en frågeställning, att ange ett påstående, samt skildra data och information med användning av den fysikkunskap eleven har, och ett beslutsfattande om detta där risken fokuseras, var grunden denna gång.

Under rubriken referens måste den referens som används också vara angiven som giltig referens. En grupp använde en referens som ger information som inte är vetenskapligt förankrad. Kritisk granskning av referenser behöver genomföras och i vissa fall leder detta till diskussion om de är korrekta eller inte, vilket är bra och för fram en kritik mot forskning som otillräcklig, till exempel när det gäller elöverkänslighet. Eftersom det finns väldigt mycket forskning om detta är det bra att diskutera och visa fram resultat kring detta. Källkritik och att motivera vetenskaplighet i referenser är en grundläggande aktivitet. Det är viktigt att kontrollera hur sakliga övriga referenser än den rekommenderade referensen är och att i förhand diskutera källkritik med eleverna inför sökandet av egna referenser.

Att strålningen är icke-joniserande tyder på att den inte har allvarliga hälsoeffekter, men det är också ett spännande samhällsfenomen att vi alla använder så stor del av dagen uppkopplade. Att elever får diskutera och ta del av denna diskussion ger ett bra inslag av att delta i sammanhang där ny teknik utvärderas och artiklar genomlysas, det vill säga om samhällsfrågor i fysik.

## Tack

Tack alla elever som samarbetat med oss i denna studie! Studien har genomförts inom ramen för projekten RiskEdu I och II. RiskEdu II finansieras av Skolforskningsinstitutet och löper 2018-2020. RiskEdu I är avslutat och finansierades av Marcus och Amalia Wallenbergs minnesfond.

## Referenser

- Adams, J. (1995). RISK London and New York: Routledge.
- Angell, C., Guttersrud, Ø., Henriksen, E.K., & Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, But Fun: Pupils' and Teachers' Views of Physics and Physics Teaching. *Science Education* 88(5):683 – 706.
- Baan, R., Grosse, Y., Lauby-Secretan, B., El Ghissassi, F., Bouvard, V., Benbrahim-Tallaa, L., Guha, N., Islami, F., Galichet, L., Straif, K.: WHO International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group (2011). Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. *Lancet Oncology* 12, 624-626.
- British Columbia Provincial Emergency Program (2004). *Hazard, Risk and Vulnerability. Analysis Tool Kit*. US: Government of British Columbia.
- Cardis, E. and the INTERPHONE Study Group (2010). Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *International Journal of Epidemiology* 39, 675-694.

- Christensen, C. (2009). Risk and school science education. *Studies in Science Education*, 45, (2), 205-223.
- The Design-Based Research Collective (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32, 1:5-8.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Enghag, M., Haglund, K., Schenk, L., & Hamza, K. (2017). Integrating risk as a content in upper secondary physics courses. Paper presented at the European Science Education Research Association (ESERA), 21-25 August, Dublin.
- Enghag, M., Haglund, K., Hamza, K., Schenk, L., Wojcik, A., Arvanitis, L., & Lundegård, I. (2016). Ska vi bestråla jordgubbar? Att undervisa om riskbedömningar på gymnasiets fysikkurser. In K. Stolpe & G. Höst (Eds.), *Från forskning till fysikundervisning* (s. 65-82). Linköping, Nationellt centrum för naturvetenskapernas och teknikens didaktik.
- Firestone, W. A. (1993). Alternative arguments for generalizing from data as applied to qualitative research. *Educational Researcher* 22 (4), 16-23.
- Hansson, S.-O. (2009). *Riskfilosofi: en introduktion*. Stockholm: Liber.
- Kolstø, S.D. (2006). Patterns in Students' Argumentation Confronted with a Risk-focused Socio-scientific Issue. *International Journal of Science Education*, 28(14), 1689-1716.
- Lee, E. A., & Brown, M. J. (2018). Connecting Inquiry and Values in Science Education – An Approach Based on John Dewey's Philosophy. *Science & Education*. 27:63-79.
- McKenney, S. & Reeves, T.C. (2012). *Conducting Educational Design Research*. US and Canada: Routledge.
- NTP(2018) och NIEHS (2018): High Exposure to Radio Frequency Radiation Associated With Cancer in Male Rats.
- Röösli M., Lagorio, S., Schoemaker M.J., Schüz, J. & Feychting, M. (2019). Brain and Salivary Gland Tumors and Mobile Phone Use: Evaluating the Evidence from Various Epidemiological Study Designs. *Annual Review of Public Health*.
- Strålsäkerhetsmyndigheten. (2013). *Mobiler och master*. Internetresurs: <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/contentassets/97939d28c6c540eb8a7135a30ba237bd/mobiler-och-master>
- Sadler, T.D., Foulk, J.A., & Friedrichsen, P.J. (2016). Evolution of a Model for Socio-Scientific Issue Teaching and Learning, *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology* 5(2), s.75-87.

- Schenk, L., Enghag, M., Wojcik, A., & Hamza, K. (2017). The concept of risk: Implications for science education. In: Electronic Proceedings of the ESERA 2017 Conference. "Research, practice and collaboration in science education", Dublin.
- Vijayalaxmi, O.G. (2004). Controversial cytogenetic observations in mammalian somatic cells exposed to radiofrequency radiation. *Radiation Research* 162, 481-496.
- Wickman, P.O., Hamza, K., & Lundegård, I. (2018). Didactics and didactic models in science education. *Nordic Studies in Science Education* 14, 239–249.

## Appendix 1: RiskEdu förslag på riskbedömning inför framtida prov

### **Riskbedömning av wifi-användning – med fokus på fysikinnehåll – som kan användas tillsammans med andra ställningstaganden i ett klassrumsperspektiv.**

Frågeställning: Borde vi begränsa användning av wifi/trådlösa nätverk i exempelvis caféer eller tåg?

Påstående: Ingen begränsning är nödvändig vid nuvarande förekomst av wifi.

Data, info: Trådlösa nätverk tillhandahålls genom att elektromagnetiska vågor i våglängder inom  $\mu\text{m}$ -området sänds ut från basstationer med sändarstyrkan (effekten) 2-4W, oftast betydligt lägre. Referensvärdet för intensiteten på signalen är  $4\text{-}10\text{W}/\text{m}^2$ . Exponeringen från datorn och routern avtar snabbt med avståndet och blir betydligt lägre. Barn kan få något högre exponering än en vuxen. De mätningar som Strålsäkerhetsmyndigheten gjort visar att exponeringen ligger långt under referensvärdet, och en forskningsartikel visar på mätningar av ca  $1\text{ mW}/\text{m}^2$  (se referens). Energin i strålningen, som är av typen mikrovågor, dock kan tas upp av kroppen, som då värms upp. Strålningen är icke-joniserande, så det finns ingen risk för att cellerna förändras på något bestående sätt. Om man befinner sig i ett område med flera caféer som har trådlösa nätverk, blir man ändå påverkad då kroppen tar upp energin. Intresseorganisationer som Strålskyddsstiftelsen hävdar att detta kan leda till yrsel, huvudvärk, koncentrationssvårigheter och minnesstörningar, men kan inte påvisa forskningsresultat som stödjer detta, och bör inte användas.

Bedömning: Man bör kontinuerligt kontrollera strålningen från wifi/trådlösa nätverk och hur människor påverkas, men då mätningarna hittills visat värden

långt under referensvärden måste sannolikheten för skada bedömas vara låg, samt konsekvensen av en typisk skada vara måttlig. Rekommendationer för begränsad användning behövs inte vid nuvarande nivå av utbyggnad, men kan komma att ändras.

Referenser:

Strålsäkerhetsmyndigheten (2013) Mobiler och master – information om radiofrekventa fält.

Strålskyddsstiftelsen.se (Strålskyddsstiftelsen är Årets förvillare 2013).

Patrizia Freia et al. (2009). Temporal and spatial variability of personal exposure to radio frequency electromagnetic fields *Environmental Research*, 109 (6): 779–785.

-----

-----

### **Fakta viktiga för bedömningen hämtade ur häftet:**

Radiofrekventa fält är ett samlingsnamn för radiovågor och mikrovågor med frekvenser mellan 300 kilohertz (kHz) och 300 gigahertz (GHz). Radiofrekventa fält räknas till icke-joniserande strålning. Hit räknas även ljus, ultraviolett och infraröd strålning samt elektriska och magnetiska fält.

Kommunikation i mobiltelefonisystem sker med radiovågor. Radio, tv, mobiltelefoner, tråd-lösa datornätverk och kommunikationsradio för taxi och polis är exempel på användnings-områden där radiovågor används för trådlös kommunikation. Den här typen av kommunikation bygger på att apparaterna innehåller radiosändare och mottagare. Telefonens SAR-värde, Specific Absorption Rate, är ett mått på den energi som kroppen tar upp när mobilen hålls mot huvudet och sänder med högsta styrka, vilket den sällan gör vid normal användning. Alla mobiltelefoner på marknaden ligger under gränsvärdet.

### **Författarpresentationer**



**Margareta Enghag** är universitetslektor i naturvetenskapernas didaktik vid Stockholms universitet. Hennes forskningsintresse berör kommunikation och användning av representationer och multimodalitet i fysikundervisning vid skola och högskola. Hon forskar med fysiklärare för att skapa lärandemiljöer där elevers fysikkunskaper används i samtal och sammanhang.



**Karin Haglund**, Tumba gymnasium, är legitimerad lärare i kemi, fysik och matematik. Karins intresse är att utveckla fysikundervisningen.



**Linda Schenk** är docent i toxikologisk riskhantering och forskar på Institutionen för filosofi och historia vid Kungliga Tekniska högskolan samt Institutet för miljömedicin vid Karolinska Institutet. Hennes forskningsintressen berör hur risker med kemiska ämnen identifieras och hanteras framför allt i arbetsmiljön, men också hur ungdomar resonerar om risker generellt.



**Karim Hamza** är universitetslektor och docent i naturvetenskapsämnenas didaktik vid Stockholms universitet. Hans forskning rör utveckling av didaktiska modeller i samarbete med lärare.



**Leena Arvanitis** är gymnasielärare och lektor i biologi och naturkunskap vid Blackebergs gymnasium. Hennes intresse handlar om att utforma en naturvetenskapsundervisning som inkluderar alla elever och som ger dem en rik och mångfacetterad bild av naturvetenskapen som verksamhet.



**Iann Lundegård** är docent i naturvetenskapsämnenas didaktik vid Stockholms universitet. Hans huvudsakliga forskningsintresse rör pragmatisk utbildningsfilosofi med fokus på gymnasieelevers deliberation och meningsskapande i utbildning för hållbar utveckling. Som lektor har Iann en rik erfarenhet av arbete med lärar- och forskarutbildning.



**Andrzej Wojcik** är professor i strålningsbiologi vid Stockholms universitet. Han arbetar med in vitro cellmodeller och mänskligt provmaterial. Forskningsintresset avser cellulära effekter av olika typer av joniserande strålning och faktorer som påverkar individuell strålkänslighet, biologisk dosimetri och olika aspekter av strålskydd. Medlem av Stålsäkerhetsmyndighetens forskningsnämnd samt av International Commission of Radiological Protection. Han är intresserad av hur kunskapen om strålrisker kan förmedlas till befolkningen.





# Naturvetenskapernas karaktär i klassrummet

Lena Hansson<sup>1,2</sup>, Lotta Leden<sup>1,2</sup>, Ann-Marie Pendrill<sup>1</sup>, Åsa Arvidsson<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Nationellt resurscentrum för fysik, Lunds universitet

<sup>2</sup>Högskolan Kristianstad

## Sammanfattning

*Vikten av att behandla naturvetenskapernas karaktär ('Nature of Science', NOS) i NO-undervisningen har länge lyfts fram i den nu-didaktiska forskningslitteraturen. NOS är också del av många länders kursplaner, däribland de svenska. Dock saknas traditioner i skolan att arbeta med området och det finns ett behov av både undervisningsmaterial och exempel på hur en sådan undervisning kan se ut. Nationellt resurscentrum för fysik har arbetat med flera forsknings- och utvecklingsprojekt med koppling till NOS. Ett sätt har varit att lärare, inom ramen för fortbildningskurser, har provat att undervisa NOS och dela sina erfarenheter med andra lärare. I den här artikeln berättar vi om olika sätt att arbeta med NOS och tipsar om resurser i form av undervisningsmaterial och texter som kan tjäna som inspiration för dig som lärare.*

## Introduktion – vad är naturvetenskapernas karaktär och varför ska man undervisa om den?

Att undervisa om naturvetenskapernas karaktär ('Nature of science', NOS) innebär att undervisa om vad som är speciellt för den naturvetenskapliga verksamheten, hur naturvetenskaplig kunskap utvecklas och hur människor är inblandade i de processerna. Det kan handla om frågor som: Hur kommer naturvetenskaplig kunskap till? Hur säker är kunskapen? Kan naturvetenskaplig kunskap ändras? Vilken roll har experiment? Hur påverkas naturvetenskapen av det omgivande samhället/kulturen? Finns det gränser för naturvetenskapen eller kommer naturvetenskapen så småningom att kunna svara på alla frågor? Sådana frågor har inte alltid ett givet svar, utan olika perspektiv finns. Vi kan lära oss om detta genom att lyssna på naturvetare själva, men också på vetenskapsfilosofer, vetenskapssociologer och vetenskapshistoriker. Det visar sig att alla inte är överens om allt, men att det också finns saker som de flesta är (någorlunda) överens om. Sa-

ker som ofta tas upp är att naturvetenskaplig kunskap kännetecknas av både kontinuitet och förändring, att naturvetenskapen har gränser, att det är skillnad mellan observationer och slutsatser, att det inte finns någon forskningsmetod som är ett entydigt steg-för-steg-recept samt att forskningsprocessen inte enbart kan beskrivas som objektiv, värdeneutral och logisk utan också har subjektiva och kreativa inslag. I forskningslitteraturen finns olika förslag på NOS-innehåll för skolan (se t.ex. Erduran & Dagher, 2014; Lederman, 2007; McComas, 2017).

Vikten av att behandla NOS i NO-undervisningen har länge lyfts fram i den nv-didaktiska forskningslitteraturen (se t.ex. Lederman, 2007). NOS är också en del av många länders kursplaner, däribland de svenska (Johansson & Wickman, 2012). Många gånger kan undervisning kring den här sortens övergripande och grundläggande frågor om vad som kännetecknar naturvetenskap glömmas bort i NO-undervisningen. Det saknas helt enkelt undervisningstraditioner för att arbeta med NOS i skolan. I NO-ämnena finns istället en stark tradition av att fokusera på att utveckla elevers förståelse för begrepp och modeller. Ofta fokuserar man i NO-undervisningen på ”fakta” – man beskriver hur det är (Zacharia & Barton, 2004). Mer sällan stannar man upp för att exempelvis prata om de människor som är och var involverade i forskningen eller om hur man har kommit fram till det som beskrivs i skolans NO-böcker idag och de resultat som diskuteras i media.

Skäl som angetts för att inkludera NOS i NO-undervisningen är att öka elevers intresse för NO-ämnena (Aikenhead, 2006) eller för att bidra till lärandet av begrepp och modeller (McComas, 1998). Ytterligare ett skäl är att kunskap om NOS är viktigt för alla medborgare (Hodson, 2009) då det underlättar engagemang och ger ökad möjlighet till deltagande i samhällsfrågor med ett naturvetenskapligt innehåll.

Eftersom det saknas traditioner för att arbeta med NOS i skolan finns det ett behov av både undervisningsmaterial och exempel på hur en sådan undervisning kan se ut. Nationellt resurscentrum för fysik har därför arbetat med flera forsknings- och utvecklingsprojekt kopplat till NOS. Ett sätt har varit att lärare, inom ramen för fortbildningskurser/workshops har fått prova på att undervisa NOS för att sedan dela sina erfarenheter med andra lärare. Erfarenheter har delats direkt under kurser men också indirekt då lärare bidragit till vår forskning genom att låta oss använda texter eller inlämningsuppgifter för forskningsändamål eller vid tillfällen då vi haft möjlighet att besöka lärare i deras klassrum. I dessa fall blir forskningsresultat och erfarenheter även tillgängliga för andra lärare. I den här artikeln rapporterar vi från de här forsknings- och utvecklingsprojekten och berättar om olika sätt att arbeta med NOS. Vi tipsar också om resurser för dig som lärare (undervisningsmaterial samt texter som kan tjäna som inspiration). Förhoppningsvis kan de här tipsen vara ett stöd för dig som vill försöka stanna upp och diskutera NOS i NO-undervisningen.

## **Hur kan NOS undervisas?**

I forskningslitteraturen finns olika förslag på hur NOS kan undervisas. Det forskarna är överens om är att det inte går att räkna med att eleverna lär sig om NOS som en automatisk följd av en undervisning fokuserad på begrepp och modeller. Det kan inte heller antas att eleverna lär sig om NOS genom att själva vara involverade i laborativt arbete (Lederman, 2007). Detta ska inte tolkas som att undervisning om NOS inte kan kopplas till vare sig undervisning om begrepp och modeller eller till laborationer. Däremot innebär det att undervisningen aktivt måste diskutera de aspekter av NOS som man vill att eleverna ska lära sig. Man brukar säga att undervisningen om NOS behöver vara explicit och reflekterande (Lederman, 2007).

Nedan följer exempel på sätt att undervisa NOS som vi på Nationellt resurscentrum för fysik på olika sätt arbetat med på kurser och utbildningsdagar tillsammans med lärare. Bland exemplen finns både NOS-övningar som inte är kopplade till något speciellt naturvetenskapligt innehåll och övningar som är direkt kopplade till olika typer av kontexter. De kontexter vi beskriver här är dels aktuell fysik och nutida fysikforskare, dels historiska kontexter. Se Hansson och Leden (2016)<sup>1</sup> för fler exempel på hur man kan fånga tillfällena för NOS-undervisning i den "vanliga" undervisning.

## **Svarta lådor: NOS-övningar med låg grad av kontextualisering**

Det finns flera exempel på övningar med så kallade svarta lådor som kan användas för att belysa NOS. En svart låda innebär att du har en behållare av något slag med ett okänt innehåll eller en okänd konstruktion. En låda som inte kan öppnas. Ett exempel är "Hinken" (Wickman & Persson, 2015). I den övningen får elever fundera över konstruktionen av en specialbyggd hink. I hinken hålls vätskor av olika färg men ut ur hinken, genom en slang, kommer alltid ofärgad vätska. Kopplat till övningen får eleverna formulera hypoteser om hur hinken ser ut inuti, baserade på sina observationer. Andra övningar med svarta lådor liksom andra typer av NOS-övningar som inte är kopplade till något speciellt naturvetenskapligt område finns beskrivna på olika websidor<sup>2</sup>. Sådana övningar kan vara bra att använda om man vill ägna en eller några lektioner åt frågorna "Vad är naturvetenskap?" och "Hur fungerar naturvetenskap?".

---

<sup>1</sup> Denna artikel finns fritt tillgänglig på: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/51/5/055001>

<sup>2</sup> Se t.ex. <https://science.iit.edu/mathematics-science-education/resources/lederman-depository/>; <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/430-observation-and-the-mystery-box>

Viktigt när man använder sig av den här typen av övningar är att man explicit kopplar till NOS, så att det inte bara blir en ”kul grej”. Läraren gör tillsammans med eleverna kopplingar mellan det eleverna gör i övningen och naturvetenskaplig forskning. Sådana kopplingar skulle till exempel kunna vara att diskutera att det är skillnad mellan att observera och att dra slutsatser, vad det kan vara som gör att kunskap ibland förändras eller vilken betydelse kreativitet har i forskningsprocessen. För en text på svenska om detta, se Hansson, Leden och Pendrill (2014).

Inom ramen för en fortbildningskurs har högstadielärare introducerats till den här typen av separata övningar som inte är direkt kopplade till något speciellt naturvetenskapligt innehåll. Lärarna provade sedan någon av övningarna i sin undervisning. Deras erfarenheter finns beskrivna i korta artiklar i LMNT efter en introducerande text om NOS och NOS-undervisning<sup>3</sup>. Läs gärna dessa för att få inspiration!

## **Koppla NOS till nutida och historiska forskningskontexter**

En fördel med att koppla NOS till specifika områden och kontexter är att man minskar risken för att NOS blir något som behandlas separat och inte integreras med övrigt undervisningsinnehåll. Det kan därför vara värdefullt att inte bara undervisa om NOS med separata övningar med låg grad av kontextualisering, utan också att koppla NOS-undervisningen till specifika kontexter (Allchin, 2014). Ett sådant exempel kan vara att använda aktuella samhällsfrågor som kontext för NOS-undervisning (Wong m.fl., 2011). Andra förslag kan vara att undervisa NOS utifrån aktuell forskning och möten med forskare, eller genom berättelser om historiska händelser där eleverna får möta historiska forskare.

Nedan följer en kortfattad beskrivning av två projekt vi jobbat med som handlar om att undervisa NOS utifrån aktuell fysik respektive historiska berättelser.

## ***Undervisa NOS kopplat till pågående forskning***

En möjlighet som vi utforskat är att belysa NOS genom att undervisa om aktuell fysikforskning (Hansson, Leden & Pendrill, 2019). I kursplanen för fysik är till exempel ”Aktuell fysik” ett centralt innehåll, men många lärare vi mött har tyckt att det varit svårt att veta vad de kan göra av det här. Inspirerade av en artikel av Tala och Vesterinen (2015) lät vi, inom ramen för en fortbildningskurs, högstadielärare välja ett aktuellt forskningsområde kopplat till fysik, intervjua en forskare

---

<sup>3</sup> Såväl den introducerande artikeln om NOS-undervisning och lärarnas beskrivning av sina erfarenheter hittar du här: [http://www.fysik.org/fileadmin/nrcf/fortbildning/LMNT\\_2014-2\\_NOS.pdf](http://www.fysik.org/fileadmin/nrcf/fortbildning/LMNT_2014-2_NOS.pdf)

och skriva en text om forskningsområdet och forskaren med sina egna elever som målgrupp. Denna text använde lärarna sedan i ett undervisningsinslag i sina egna klasser.

När vi tittat på lärarnas texter, såg vi att de inkluderat en stor bredd av aspekter av NOS. Både "klassiskt" NOS-innehåll som att kunskap förändras, men också aspekter såsom forskningsfinansiering och personliga drivkrafter togs upp. Lärarna använde texterna som bakgrundsmaterial för att diskutera aktuell forskning och NOS på olika sätt med eleverna. I några fall gjordes ovan beskrivna svarta lådan-övningar och eleverna fick dra paralleller till den aktuella forskning som de läst om. I ett annat exempel fick elever diskutera sin bild av forskare före och efter läsning av texten.

Om du vill börja arbeta med aktuell fysik (eller kemi eller biologi) med dina elever, finns mycket spännande att hitta via till exempel universitetens och högskolornas hemsidor. Om du har någon högskola eller något universitet nära dig så kan du också ta kontakt med detta. Många erbjuder möjligheten att en forskare kommer ut på skolan och berättar om sin forskning, eller att du och din klass kan göra ett besök på högskolan/universitetet.

### ***Undervisa NOS kopplat till historiska berättelser om forskare***

Att undervisa NOS genom historiska berättelser om hur naturvetenskaplig kunskap har utvecklats är ett sätt att koppla NOS till arbetet med en specifik modell eller ett specifikt begrepp. Frågor som står i fokus skulle kunna vara: Hur har man kommit fram till detta? Hur har den här kunskapen utvecklats genom naturvetenskapernas historia? Man kan berätta till exempel om forskarna som varit involverade, experiment som har gjorts samt olika förutsättningar i samhället och kulturen som var viktiga för att forskningen genomfördes eller för hur resultaten tolkades. Det finns flera olika material som innehåller texter om intressanta historiska forskare som kan användas i undervisningen<sup>4</sup>. I dessa material behandlas, på lite olika sätt, naturvetenskapernas historia. Där finns mycket att hämta för den som vill arbeta med att lyfta in NO-historia i undervisningen.

Nationellt resurscentrum för fysik har fått tillstånd att översätta ett av dessa undervisningsmaterial till svenska. Detta material är utvecklat inom ett EU-projekt<sup>5</sup> och projektet "Science StoryTelling" på Europa Universität Flensburg. Materialet innehåller berättelser, biografier och historiska bakgrunder. Åtta be-

---

<sup>4</sup> Några undervisningsmaterial om naturvetenskapernas historia hittar du här: <http://shipseducation.net/>; <https://www.storybehindthescience.org/> och <https://www.uni-flensburg.de/en/project-storytelling/>.

<sup>5</sup> Projektkod: 518094-LLP-1-2011-1-GR-COMENIUS-CMP

rättelser (med tillhörande biografier och historiska bakgrunder) från naturvetenskapernas historia finns tillgängliga på svenska. De svenska översättningarna hittar du på: [www.fysik.org/fysikhistoria/](http://www.fysik.org/fysikhistoria/).

Materialet är tänkt att användas så att du som lärare gör en berättelse om en historisk forskare till din egen och helt enkelt ikläder dig rollen som exempelvis Marie Curie eller Ernest Rutherford (eller någon annan person som är med i berättelsen, t.ex. en hantverkare, borgmästare, en släkting). Genom att berätta en fem minuter lång historia kan du och eleverna sedan diskutera olika aspekter av NOS som blivit tydliga i berättelsen. Berättelserna kan självklart även användas med fokus på utveckling av begrepps- och modellförståelse. Du kan läsa mer om det här projektet i en artikel i KRC:s informationsbrev (Hansson, Arvidsson & Pendrill, 2018)<sup>6</sup>. En artikel i *Physics Education* (Hansson, Arvidsson, Heering & Pendrill, 2019) handlar om hur tre mellanstadielärare riktar uppmärksamheten mot olika aspekter av NOS genom en berättelse om Ernest Rutherford.

## Sammanfattande reflektioner

För många lärare vi möter i kurser och på fortbildningsdagar är NOS ett, åtminstone delvis nytt innehåll och det kan vara motigt att komma igång. Vår förhoppning är att denna artikel kan vara en inkörsport utifrån vilken du kan gå vidare och titta på några av materialen vi tipsat om och kanske läsa någon av de artiklar vi länkat till som kan ge dig lite ytterligare kött på benen. Vissa kanske föredrar att börja med en enstaka övning och väljer kanske någon av övningarna som inte har direkt koppling till något specifikt naturvetenskapligt innehåll. Andra kanske föredrar att koppla NOS mer direkt till något tema man har i undervisningen: Kanske vill du plocka in en berättelse om Rutherford när du arbetar med atommodellen, eller ge dig på skrivningen om aktuell fysik/kemi/biologi i kursplanerna och koppla NOS till detta? I linje med forskningsresultat som visar på att lärare beskriver ökat engagemang och förändrat deltagande för elever (se t.ex. Leden, 2017; Leden m.fl., 2017), så har lärare efter sina första försök att undervisa NOS återkommit till oss och gett uttryck för att det blivit intressanta samtal med eleverna. En del berättar också om att nya elever klivit fram som annars brukar vara ganska osynliga i NO-undervisningen.

## Referenser

Aikenhead, G. S. (2006). *Science education for everyday life: Evidence-based practice*. New York, N.Y.: Teachers College Press.

---

<sup>6</sup> Du hittar artikeln här: <http://www.krc.su.se/om-oss/informationsbrev/kemil%C3%A4rarnas-informationsbrev-3-2018-1.403060>.

- Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing the nature of science for science education: Scientific knowledge, practices and other family categories*. Dordrecht: Springer.
- Hansson, L., Arvidsson, Å., & Pendrill, A.-M. (2018). Att använda berättelser från naturvetenskapernas historia i undervisningen. *Kemilärarnas informationsbrev*, nr 3, 2018, s 8-9. <http://www.krc.su.se/om-oss/informationsbrev/kemil%C3%A4rarnas-informationsbrev-3-2018-1.403060>.<http://www.krc.su.se/om-oss/informationsbrev/ke-mil%C3%A4rarnas-informationsbrev-3-2018-1.403060>.
- Hansson, L., Arvidsson, Å., Heering, P., & Pendrill, A.-M. (2019). Rutherford visits middle school: A case study on how teachers direct attention to the nature of science through a storytelling approach. *Physics Education*, 54(4), 045002. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/ab07e7/pdf>
- Hansson, L., & Leden, L. (2016). Working with the nature of science in physics class: Turning 'ordinary' classroom situations into nature of science learning situations. *Physics Education*, 51(5), 55001-55006. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/51/5/055001>
- Hansson, L., Leden, L., & Pendrill, A.-M. (2014). Att arbeta med naturvetenskapens karaktär i NO-undervisningen. *LMNT-nytt*. [http://www.fysik.org/file-admin/nrcf/fortbildning/LMNT\\_2014-2\\_NOS.pdf](http://www.fysik.org/file-admin/nrcf/fortbildning/LMNT_2014-2_NOS.pdf).
- Hansson, L., Leden, L., & Pendrill, A.-M. (2019). Contemporary science as context for teaching nature of science: Teachers' development of popular science articles as a teaching resource. *Physics Education*, 54, 055008. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab194e>
- Hodson, D. (2009). *Teaching and learning about science: Language, theories, methods, history, traditions and values*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Johansson, A.-M., & Wickman, P.-O. (2012). Vad ska elever lära sig angående naturvetenskaplig verksamhet? -En analys av svenska läroplaner för grundskolan under 50 år. *NorDiNa*, 8(3), 197-212.
- Leden, L. (2017). *Black & white or shades of grey: Teachers perspectives on the role of nature of science in compulsory school science teaching*. (Doktorsavhandling). Malmö Högskola.
- Leden, L., Hansson, L., & Redfors, A. (2017). From black and white to shades of grey. *Science & Education*, 26(5), 483-511. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-017-9920-4>
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (s. 831-879). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

- McComas, W. F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (s. 53-70). Dordrecht: Kluwer Academic.
- McComas, W. F. (2017). Understanding how science works: The nature of science as the foundation for science teaching and learning. *School Science Review*, 98(365), 71-76.
- Tala, S., & Vesterinen, V.-M. (2015). Nature of science contextualized: Studying nature of science with scientists. *Science & Education*, 24(4), 435-457.
- Zacharia, Z., & Barton, A. C. (2004). Urban middle school students' attitudes toward a defined science. *Science Education*, 88(2), 197-222.
- Wickman, P.-O., & Persson, H. (2015). *Naturvetenskap och naturorienterande ämnen i grundskolan: En ämnesdidaktisk vägledning*. Stockholm: Liber.
- Wong, S. L., Wan, Z., & Cheng M. M. W. (2011). Learning nature of science through socioscientific issues. In T.D. Sadler (ed.), *Socio-scientific issues in the classroom* (s.245-269). Dordrecht: Springer.

## Författarpresentationer

	<p><b>Lena Hansson</b> är docent i naturvetenskapernas didaktik vid Högskolan Kristianstad, där hon arbetar med forskning och undervisning i lärarutbildning. Hon har under många år haft uppdrag för Nationellt resurscentrum för fysik där hon arbetat bland annat med praktknära forsknings- och utvecklingsprojekt.</p>
	<p><b>Lotta Leden</b> är lektor i naturvetenskapernas didaktik vid Högskolan Kristianstad, där hon arbetar med forskning och med undervisning i lärarutbildning. Hon har en bakgrund som högstadielärare och har många års erfarenhet av NO-undervisning. Lotta har även haft uppdrag för Nationellt resurscentrum för fysik där hon arbetat med lärarfortbildning och praktknära forskningsprojekt.</p>



	<p><b>Ann-Marie Pendrill</b> har en bakgrund inom atomär beräkningsfysik, vid Göteborgs universitet. Hon har under många år använt nöjesparker och lekplatser som resurser i fysikundervisningen. Hon använder gärna frågan “Hur vet vi att ...” i undervisningen. Sedan 2009 är hon föreståndare för Nationellt resurscentrum för fysik vid Lunds universitet.</p>
	<p><b>Åsa Arvidsson</b> är adjunkt på Högskolan Kristianstad. Hon har en bakgrund som mellanstadie lärare och har många års erfarenhet av NO-undervisning. Åsa har haft uppdrag för Nationellt resurscentrum för fysik där hon bland annat arbetat med StoryTelling-projektet som beskrivs i den här artikeln.</p>

# Fysikbegreppets flyktighet: En konsekvens av kursplaneförändringar?

Helena Johansson och Magnus Oskarsson

Mittuniversitetet

Peter Nyström

Göteborgs universitet

## Sammanfattning

*TIMSS Advanced är en internationell studie om gymnasieelevers kunskaper i avancerad matematik och fysik. Studien har genomförts tre gånger, 1995, 2008 och 2015, och Sverige har deltagit alla tre gångerna. Resultaten från senaste studien visade att svenska gymnasieelever presterade bättre i matematik men sämre i fysik jämfört med resultaten från 2008. Normalt brukar prestationerna i matematik och fysik följas åt och det är därför intressant att undersöka tänkbara orsaker till de försämrade fysikresultaten. Resultatet visar för det första på försämrade resultat på uppgifter som tidigare lagts i undervisningen när de nya ämnesplanerna i fysik infördes 2011 och för det andra på försämrade resultat på uppgifter som mäter begreppsbildning i fysik. Detta kan tyda på att eleverna hade glömt områden som behandlades i undervisningen året innan provet gick, men kan också tyda på att elevernas kunskaper var alltför ytliga. Slutsatsen blir att man tydligare bör studera vad som händer när kurser och kursinnehåll förändras.*

## Inledning

Sverige deltar i flera internationella jämförande studier av vad elever vet och kan göra i matematik och naturvetenskap. Hösten 2015 presenterades resultat från dessa studier som för första gången sedan mitten av 1990-talet visade positiva tendenser. Ett undantag var dock fysikresultaten för svenska gymnasieelever i TIMSS Advanced (Trends in Mathematics and Science Study Advanced) som fortsatte att sjunka, samtidigt som matematikresultaten hos samma grupp elever förbättrades. Analyser har visat att fysikproven som gavs till elever i TIMSS Advanced 2015 i hög grad handlar om innehåll som svenska elever bör ha mött i gymnasieskolan (Nyström, Kjellson Lind, Dahlberg & Johansson, 2016). En jämförande analys mellan TIMSS Advanced 2015 och 2008 visar att proven i huvud-

sak mäter samma saker och att karaktären hos frågorna inte ändrats i någon avgörande grad (Johansson, Oskarsson & Nyström, 2018). Det finns därför anledning att gå vidare med analyser för att försöka förstå resultatnedgången.

Det övergripande syftet med den studie som presenteras här är att söka orsaker till de försämrade resultaten i fysikdelen i TIMSS Advanced från 2008 till 2015. Mer specifikt intresserar vi oss för hur innehållsliga förändringar i gymnasieskolans fysikkurser och elevers svar på olika uppgiftstyper kan kopplas till resultatförändringarna. Detta görs med hjälp av följande forskningsfrågor:

- Kan förändring av kurser och kursinnehåll förklara någon del av nedgången i resultat?
- Vad karaktäriserar uppgifter där svenska eleverna lyckas väl och där de lyckas mindre väl? Finns det skillnader jämfört med hur det såg ut 2008?

## Bakgrund

### ***TIMSS Advanced***

TIMSS Advanced handlar om vad elever som läst mycket matematik och fysik vet och kan göra i dessa ämnen i slutet av gymnasieskolan. Studien organiseras av IEA (The International Association for the Evaluation of Educational Achievement) med syfte att jämföra prestationer mellan länder och över tid. Förutom elevresultat på matematik- och fysikuppgifter samlas information om elever, lärare och skolor in genom olika enkäter. Sammantaget ger detta värdefulla underlag till diskussioner om utbildningsreformer och stöd i länders utveckling av naturvetenskap och teknikutbildning (Mullis & Martin, 2014). TIMSS Advanced har hittills genomförts vid tre tillfällen, 1995, 2008 och 2015. Vilka länder som deltagit vid de olika tillfällena har varierat. Det är bara Sverige, Norge, Ryssland och Slovenien som deltagit vid varje tillfälle.

Eleverna som studien handlar om går sista årskursen i det som motsvarar gymnasieskolan i deltagande länder, och de allra flesta av dem är 19 år. Eleverna i målpopulationen ska dessutom läsa eller ha läst avancerad matematik eller fysik. De elever som deltog i TIMSS Advanced 2015 i Sverige är ett slumpmässigt urval av klasser med elever som går sista året på naturvetenskaps- eller teknikprogrammet. För att delta i matematikdelen måste eleverna läsa eller ha läst minst Matematik 4 och för att delta i fysikdelen ska eleverna läsa eller ha läst minst Fysik 2 (Skolverket, 2016).

I den nationella rapporten från TIMSS Advanced 2015 (Skolverket, 2016) framkommer att svenska elever presterar bättre i fysik än tre av övriga länder som deltog 2015 och sämre än tre. Vidare beskrivs hur svenska gymnasieelevers fysikresultat har försämrats sedan 1995 med den största nedgången mellan 1995 och

2008. Mellan 2008 och 2015 kan försämringen framförallt lokaliseras till elever med lägst resultat, och för de 5 procent högst presterande eleverna ligger resultaten på samma nivå 2015 som 2008. I matematikdelen i TIMSS Advanced har däremot resultaten ökat något sedan 2008 samtidigt som spridningen har minskat (Skolverket, 2016).

## **Ämnesplaner i fysik**

Resultatförändringen från 2008 till 2015 bör tolkas och förstås utifrån de förändringar i gymnasieskolans fysikkurser som skett under samma tid. Jämfört med tidigare fysikkurser omfattar den första kursen (Fysik 1) 150 poäng istället för 100 poäng (Fysik A), och efterföljande fördjupningskurs (Fysik 2) omfattar nu 100 poäng mot tidigare 150 poäng (Fysik B). Sedan förändringen av fysikämnet har ämnesområdet optik utgått och området klimat och väderprognoser har tillkommit. Övriga ämnesområden är ungefär desamma (Skolverket, 2000, 2011). Detta innebär att ämnesinnehåll har flyttats mellan fördjupningskurs och introduktionskurs så att eleverna nu möter visst innehåll tidigare i sina fysikstudier och annat senare. En konsekvens av detta är att tiden mellan en elevs möte med ett visst innehåll kan skilja sig för de elever som deltog i TIMSS Advanced 2015 och de som deltog i TIMSS Advanced 2008. En annan tänkbar konsekvens av förflyttning av innehåll från den tidigare fördjupningskursen (Fysik B) till den nuvarande introduktionskursen (Fysik 1) är att innehållet inte behandlas lika djupgående som tidigare. Exempel på innehåll som har flyttats från fördjupningskursen till introduktionskursen är rörelsemängd, impuls, elektriska fält och radioaktivt sönderfall.

## **Tidigare fördjupningsstudier**

Relevansen för TIMSS Advanced i förhållande till den svenska gymnasieskolan har undersökts i tidigare studier. Dels har svenska elevers möjlighet att lära sig det som provas i TIMSS Advanced undersökts (Nyström, Kjellson Lind, 2009; Nyström m.fl., 2016), dels har sambandet mellan resultaten i TIMSS Advanced och elevers betyg, samt resultat på de nationella proven i gymnasiet analyserats (Skolverket, 2017). Nyström med kollegor (2016) visade att innehållet i TIMSS Advanced 2015 till hög grad täcks av innehållet i de svenska fysikkurserna. Utifrån detta bör de svenska eleverna ha haft möjlighet att lära sig den fysik som provas i TIMSS Advanced 2015. Vissa skillnader som kom fram i jämförelsen mellan det nationella bedömningsstödet i fysik och provuppgifterna i TIMSS Advanced är att TIMSS Advanced innehåller fler flervalsuppgifter, samt att formelsamlingen som används i TIMSS Advanced är mer kortfattad än de formelsamlingar som är tillåtna vid de svenska fysikproven. Skolverket (2017) konstaterar att korrelationen mellan betyg i Fysik 2 kursen och resultaten i TIMSS Advanced

är hög, vilket stöder att TIMSS Advanced mäter relevanta kunskaper i förhållande till de svenska fysikkurserna.

Tidigare analyser av TIMSS Advanced har alltså inte kunnat identifiera några förklaringar till de försämrade resultaten i fysik mellan 2008 och 2015. Eftersom matematikresultaten samtidigt förbättrats är det än mer angeläget att undersöka möjliga källor till försämringen i fysik, vilket görs i denna studie.

### **Aspekter som påverkar provresultat**

Studier har visat att elevers matematiska resonemangsförmåga påverkar hur de lyckas med att lösa fysikuppgifter (Johansson, 2016), och att resultatnedgången mellan 1995 och 2008 på fysikdelen i TIMSS Advanced till största delen beror på försämrat resultat på de fysikuppgifter som innehåller olika matematiska inslag (Nilsen, Agnell, & Grønmo, 2013). Utifrån samma ramverk som i Nilsen m.fl. så visar Nyström m.fl. (2016) att elevers resultat i TIMSS Advanced har förbättrats något mellan 2008 och 2015 på de fysikuppgifter som har matematikinslag, samtidigt som resultatet har försämrats på de fysikuppgifter som saknar tydliga inslag av matematik.

En annan aspekt som visat sig betydelsefull för hur elever lyckas på prov i naturvetenskap är uppgifternas koppling till verkligheten (Oskarsson, Eliasson, & Karlsson, 2017). Desto mer verklighetsanknuten frågeställningen är, desto lättare blir det för eleven att visualisera problemet, vilket gynnar deras möjlighet att lösa uppgiften (Benckert, Petterson, Assa, Johansson, & Norman, 2005; Rennie & Parket, 1996). Samtidigt kan en verklighetsbeskrivning innebära mycket information och en stor textmängd, vilket i sin tur kan försvåra för eleverna att identifiera problemet som ska lösas. Detta gäller speciellt för uppgifter som skiljer sig från den uppgiftstyp som eleverna är vana vid att möta (Park & Lee, 2004).

### **Metod**

För att studera om eleverna som deltog i TIMSS Advanced 2015 mötte fysikinnehållet tidigare, senare eller vid samma tid som eleverna 2008 har vi använt oss av data från den lärarenkät som är en del av TIMSS Advanced-studien. Lärarenkäten besvaras av de matematik- och fysiklärare, som undervisar eleverna som ingår i urvalet till TIMSS Advanced. Varje lärares svar kopplas ihop med data från sina elever. En fråga som ingick i lärarenkäten både vid provomgången 2008 och 2015 handlar om när man har undervisat om olika delar av fysikinnehållet. De svarsalternativ som fanns att välja på var om detta innehåll i huvudsak undervisats före innevarande läsår, under innevarande läsår eller inte undervisats än eller precis påbörjats. Med utgångspunkt i hur innehållet beskrivs i lärarenkäten till TIMSS Advanced 2015 matchades innehållsbeskrivningarna i motsvarande

enkät från 2008 så att lärarnas svar kunde jämföras. Andelen svar i respektive kategori i de två omgångarna av TIMSS Advanced beräknades tillsammans med medelfelet. För att undersöka om det var en signifikant skillnad mellan lärarnas svar 2008 och 2015 så användes prövning genom konfidensintervall. För varje svarsalternativ används medelfelet för att bilda 95-procentiga och 90-procentiga konfidensintervall. Om ett konfidensintervall för lärarnas svar 2015 inte överlappade konfidensintervallet för motsvarande svar 2008 kan skillnaden anses vara signifikant på 5-procent- eller 10-procentnivån (beroende på vilka konfidensintervall som inte överlappar).

Data från lärarenkäten i TIMSS Advanced 2015 användes också för att undersöka det eventuella sambandet mellan tidpunkten för fysikkursernas avslutning och elevernas resultat på TIMSS-provet i fysik. Lärarna svarade på en fråga om tidpunkt för kursavslut i lärarenkäten. Eleverna grupperades utifrån lärarsvaren och ett medelvärde beräknades för varje elevgrupp. Motsvarande fråga fanns inte med i 2008 års lärarenkät.

För att studera sambandet mellan uppgiftskaraktäristika och resultat i TIMSS Advanced har samtliga provuppgifter i fysikdelen av TIMSS Advanced 2008 och 2015 kategoriserats utifrån uppgiftstyper enligt Tabell 1 nedan. Totalt ingick 68 fysikuppgifter i analysen för TIMSS Advanced 2008 och 102 uppgifter för TIMSS Advanced 2015.

Tabell 1. Olika kategorier som fysikuppgifterna delas in i

Uppgiftstyp		Kategorier	
Svarsformat	Öppen uppgift	Flervalsuppgift	
Sammanhang	Inget	Något	Välkänt
Matematikinnehåll	Saknas	Påtagligt	
Fysikkurs	Kurs 1 (A)	Kurs 2 (B)	

Kategoriseringen av uppgifter gjordes av två forskare oberoende av varandra och sedan jämfördes bedömningarna. En verksam gymnasielärare hjälpte också till att bedöma vilken fysikkurs uppgifter tillhör. Överensstämmelsen mellan bedömarna var god och på de områden där skilda bedömningar gjorts, genomfördes en tydligare beskrivning av hur de olika kategorierna skulle definieras. Vid kategoriseringen av uppgifterna med avseende på sammanhang var det såpass få uppgifter som bedömdes tillhöra *ett välkänt sammanhang* att denna kategori slogs ihop med kategorin *något sammanhang*.

I TIMSS Advanced möjliggörs jämförelser över tid med provuppgifter som används vid flera omgångar av TIMSS Advanced (Mullis & Martin, 2014). En del uppgifter byts ut, men de uppgifter som behålls, så kallade *ankaruppgifter*, är avgörande för trendmätningen. Delar av vår analys fokuserar därför särskilt på dem. För att få ett mått på hur svenska elever har lyckats på uppgiftsnivå så jämförs de svenska elevernas resultat med det genomsnittliga resultatet för eleverna

i de fyra länder (Norge, Ryssland, Slovenien och Sverige) som deltagit i alla tre provomgångar av TIMSS Advanced. Medelvärdena för de fyra länderna betecknas *4-medel*.

## **Analys och resultat**

### ***Förändring av kurser och kursinnehåll***

Tabell 2 visar signifikanta förändringar i lärares svar på frågan om när de undervisar olika innehållsområden i fysik, från 2008 till 2015.

Enligt Tabell 2 innebär de signifikanta förändringarna en minskning av undervisning under det innevarande läsåret i 9 av de 11 ämneskategorierna där en förändring skett (kolumn 3). Av tabellen framgår också att de största förändringarna har skett inom ämnesområdet Vågfenomen och kärnfysik. Inom detta område är det störst andel elever som har lärare som antingen har tidigarelagt undervisningen eller lagt den senare än tidigare (tabell 2). Av lärarnas svar att döma har det inte skett någon ökad andel undervisning av någon ämneskategori under aktuellt läsår, det vill säga det läsår då eleverna genomför TIMSS Advanced-proven. Mönstret som framträder visar att innehåll främst har tidigarelagts som en konsekvens av förändringar i gymnasieskolans fysikkurser.

Tabell 2. Andel elever vars lärare signifikant förändrat förläggning av olika ämnesområden, enligt lärarenkäten i TIMSS Advanced 2008 och 2015. Inom parentes anges andelen elever (i procent) vars lärare säger sig ha gjort respektive förändring.

Ämnesområde 2015	Förändring 2008 till 2015		
	andel undervisat före innevarande år (procent)	andel undervisat under detta läsår (procent)	andel inte undervisat än eller just påbörjat (procent)
<b>Mekanik och termodynamik (MT)</b>			
a) Rörelselagarna för olika typer av rörelser inklusive Newtons rörelselagar	+12*	-14**	
b) Lagen om rörelsemängdens bevarande, elastisk och oelastisk stöt	+46**	-50**	
c) Allmänna gaslagen, fasta ämnens och vätskors utvidgning vid temperaturförändring samt termodynamikens första huvudsats	+17**		-18**
<b>Elektricitet och magnetism (EM)</b>			
a) Elektrostatisk attraktion eller repulsion mellan enskilda laddade partiklar – Coulombs lag	+12*	-13*	
b) Elektriska kretsar, Ohms lag och Joules lag	+14**	-11**	
<b>Vågfenomen och kärnfysik (VK)</b>			
a) Mekaniska vågor, sambandet mellan fart, frekvens och våglängd	-17*		+7*
b) Elektromagnetisk strålning, våglängd och frekvens hos olika typer av vågor (radio, infraröd, synligt ljus, röntgen, gammastrålning)		-21**	+18**
c) Värmestrålning, temperatur och våglängd		-23**	+21**
d) Strukturen hos atomen och dess kärna, atomnummer och masstal, elektromagnetisk emission och absorption och elektronernas sätt att reagera	+22**	-23**	
e) Vågpartikeldualitet och fotoelektrisk effekt, typer av kärnreaktioner och deras roll i naturen (t.ex. i stjärnor) och samhället, radioaktiva isotoper	+13**	-34**	+21**
f) Relationen mellan energi och massa i kärnreaktioner och partikelomvandlingar	+58**	-28**	-30**

Förändringar som markeras med \*\* har en konfidensnivå på 5 procent och de som markeras med \* har en uppskattad konfidensnivå på 10 procent. Förändringar med en uppskattad konfidensnivå på över 10 procent redovisas inte.

Ett möjligt samband mellan resultat på fysikprovet i TIMSS Advanced och tidpunkten då eleverna mött det innehåll som provas kan också studeras med hjälp av data om när kurserna avslutas. I Tabell 3 redovisas medelresultat för svenska elever som avslutar kursen Fysik 2 vid olika tidpunkter. Elevgruppen som avslutade Fysik 2 efter höstterminen 2014 har signifikant bättre medelresultat (489 poäng) jämfört med de båda andra elevgrupperna.



Tabell 3. Medelvärde av resultat med avseende på när eleverna avslutade Fysik 2. Signifikanta skillnader mot de övriga medelvärdena markeras med \*.

Avslut av Fysik 2	Resultat
Maj/Juni 2014	433
December 2014/Januari 2015	489*
Maj/Juni 2015	444
Alla elever	455

Närmare analyser av hur elevresultaten fördelar sig för elever som avslutade Fysik 2 vid olika tidpunkter visar att de elever med höga resultat var de som avslutade Fysik 2 kursen i slutet av höstterminen 2014, det vill säga terminen innan TIMSS Advanced genomfördes. De elever som avslutade Fysik 2 i slutet av årskurs 3 går i klasser vars medelresultat är relativt jämnt utspridda bland högre och lägre resultat. De elever som däremot avslutade kursen i slutet av vårterminen 2014, det vill säga i slutet av åk 2, presterar avsevärt sämre. Då TIMSS Advanced genomfördes 2008, och fysikkurserna följde den tidigare läroplanen var det mer ovanligt att den avancerade kursen i fysik, Fysik B, avslutades redan i årskurs 2. Detta baseras på erfarenheter från aktiva fysiklärare. En avancerad kurs som omfattade 150 poäng istället för som nu 100 poäng kräver naturligtvis mer tid. Det är rimligtvis också så att de 50 poäng som flyttades från den avancerade kursen Fysik B till den introducerande kursen Fysik 1 kräver mer tid, vilket innebär att lärare lade mer tid totalt på de 250 fysik poängen enligt den tidigare läroplanen än vad som görs för de 250 fysikpoängen enligt dagens läroplan.

## **Uppgiftsanalys**

I uppgiftsanalysen jämför vi svenska elevers lösningsproportion på varje uppgift med motsvarande medelvärde för de fyra länder som deltagit i alla tre omgångarna av TIMSS Advanced (*4-medel*). Ett negativt värde anger i procentenheter hur mycket lägre Sveriges resultat är på den typen av uppgifter jämfört med genomsnittet för jämförelseländerna.

Resultaten visar att svenska elever presterade bättre på flervalsuppgifter än på de öppna uppgifterna 2008, men att det 2015 inte längre finns någon sådan skillnad (Tabell 4). År 2008 hade Sverige 0,78 procentenheter lägre lösningsproportion på flervalsuppgifterna än 4-medel men 2015 hade avståndet ökat till -6,41. Det är svenska elever som har blivit sämre på att lösa flervalsuppgifter inte de andra som har förbättrats.

Tabell 4. Skillnad mellan Sveriges resultat och 4-medlet uppdelat efter svarsformat.

Uppgiftstyp	Skillnad Sverige-4-medel		Antal uppgifter	
	2008	2015	2008	2015
Flervalsuppgift	-0,78	-6,41	40	59
Öppen uppgift	-6,72	-6,02	28	43
Alla	-3,22	-6,25	68	102

Analysen av svenska elevers lösningsproportioner på uppgifter med och utan sammanhang visar att svenska elever i genomsnitt presterar sämre än 4-medel även med avseende på denna aspekt. I Tabell 5 kan man se en svag tendens till att uppgifter med ett sammanhang gynnar svenska elever. Skillnaden mellan uppgiftstyperna är dock mindre än en procentenhet i TIMSS 2015 (-5,87 respektive -6,44). Liknande gäller även TIMSS 2008 (Tabell 5). Analysen visar heller ingen skillnad i andelen uppgifter med avseende på sammanhang mellan 2008 och 2015.

Tabell 5. Skillnad mellan Sveriges resultat och 4-medlet uppdelat efter sammanhang

Uppgiftstyp	Skillnad Sverige-4-medel		Antal uppgifter	
	2008	2015	2008	2015
Inget sammanhang	-3,66	-6,44	44	67
Sammanhang	-2,43	-5,87	24	35
Alla	-3,22	-6,25	68	102

I analysen av uppgiftstyper jämfördes även svenska elevers resultat på fysikuppgifter med eller utan matematikinslag med 4-medel för respektive kategori (Tabell 6). De svenska elevernas lösningsproportion 2008 var bara något lägre än 4-medel 2008 (-1,18 procentenheter) på fysikuppgifterna utan matematikinslag, men skillnaden har ökat till 2015 (-6,10). Det är svenska elever som har försämrats på den typen av uppgifter på samma sätt som för flervalsuppgifter.

Tabell 6. Skillnad mellan Sveriges resultat och 4-medlet uppdelat efter om uppgiften kräver matematik för att lösas eller inte

Uppgiftstyp	Skillnad Sverige - 4-medel		Antal uppgifter	
	2008	2015	2008	2015
Matematikinnehåll				
Saknas	-1,18	-6,10	43	58
Påtagligt	-6,7	-6,44	25	44
Alla	-3,2	-6,25	68	102

Sammantaget är det alltså för uppgifter utan matematikinnehåll samt flervalsuppgifter som den största försämringen skett.

## Olika aspekter för ankaruppgifter

För de 29 ankaruppgifterna som användes i TIMSS Advanced både 2008 och 2015 har lösningsproportionen i genomsnitt minskat med en procentenhet för de fyra länder som deltagit i alla omgångarna av TIMSS Advanced. För de svenska eleverna har den genomsnittliga lösningsproportionen minskat 4,7 procentenheter mellan 2008 och 2015, från 46,5 procent till 41,8 procent, och resultatför-sämringen är signifikant för 15 av de 29 ankaruppgifterna (Tabell 7).

I Tabell 7 visas att det är en något större försämring på flervalssuppgifter och på uppgifter som enbart testar förståelse för fysikbegrepp (d.v.s. saknar påtagligt matematikinnehåll) än på övriga uppgifter. Av de 15 ankaruppgifterna med försämrat resultat var 11 uppgifter flervalssuppgifter, och 12 uppgifter saknade matematikinnehåll. Detta kan då jämföras med de 13 ankaruppgifter med oförändrat resultat där uppgiftstyperna var jämnt fördelade, 7 flervalssuppgifter respektive 6 öppna uppgifter och 7 uppgifter som testar förståelse för fysikbegrepp respektive 6 uppgifter med påtagligt matematikinnehåll (Tabell 7). Detta stämmer med resultaten i Tabell 4 och 6.

Tabell 7. Resultatförändring för ankaruppgifter då de delas upp efter svarsformat och då delas upp med avseende på matematikinnehåll, samt för alla ankaruppgifter oavsett uppgiftskategori

Typ av ankaruppgift	Antal	Antal där resultatet		
		försämrats	är oförändrat	Förbättrats
Flerval	18	11 (61 %)	7 (39 %)	-
Fysikbegrepp	19	12 (63 %)	7 (37 %)	-
Alla	29	15 (52 %)	13 (45 %)	1 (3 %)

Vid analysen av ankaruppgifterna med avseende på om kursinnehåll flyttats mellan introduktionskurs (Fysik A/Fysik 1) och fördjupningskurs (Fysik B/Fysik 2) framkommer att även detta verkar ha påverkat resultaten (Tabell 8).

Tabell 8. Resultatförändring för ankaruppgifter uppdelade efter om innehåll flyttats mellan kurserna

Ankaruppgift med innehåll som flyttats	Antal där resultatet	
	försämrats	är oförändrat
från Fysik A till Fysik 2	3	0
från Fysik B till Fysik 1	4	3

Totalt är det tio uppgifter med innehåll som flyttats mellan fysikkurserna och av dessa är det försämrade resultat på sju uppgifter. Alla tre ankaruppgifter som tidigare tillhörde Fysik A och nu tillhör Fysik 2 uppvisar försämrade resultat. Utgående ifrån detta kan vi konstatera att det är en större andel ankaruppgifterna

med försämrat resultat (7 av 15, Tabell 7) som tycks ha påverkats av ämnesplanförändringar, jämfört med ankaruppgifter som har oförändrat resultat (3 av 13, Tabell 7).

I Tabell 7 visades att eleverna försämrade sina resultat på uppgifter med fysikbegrepp. En fråga är då inom vilka områden detta har skett, vilket visas i Tabell 9.

Tabell 9. Resultatförändring för ankaruppgifter uppdelade efter fysikområde

Typ av ankaruppgift	Antal där resultatet	
	försämrats	är oförändrat
Mekanik och termodynamik	4	7
Elektricitet och magnetism	4	3
Vågfenomen och kärnfysik	7	3

Eleverna har försämrat sina resultat på sju av tio uppgifter inom Vågfenomen och Kärnfysik. Inom El och magnetism är det en försämring på fyra av sju uppgifter. I Tabell 2 visades att många lärare flyttat undervisningen inom dessa områden till året innan eller ännu inte påbörjat undervisningen. Resultaten har alltså försämrats på ankaruppgifter som tillhör ett område där undervisningen av ett ämnesinnehåll har flyttats antingen för att kursinnehåll flyttats mellan de gamla och nya fysikkurserna eller för att kursen ligger tidigare.

## Diskussion

Vi har studerat hur försämrade fysikresultat i TIMSS Advanced kan kopplas till innehållsliga förändringar i gymnasieskolans fysikkurser och till uppgiftstyper, från 2008 till 2015. När det gäller gymnasieskolans fysikkurser kan vi konstatera att en del centralt innehåll som är relevant för TIMSS Advanced har tidigare lagts i och med ämnesplanens revidering 2011. Utifrån de resultat vi presenterat drar vi framförallt två slutsatser.

För det första verkar det som att elevernas resultat försämrats på just det fysikinnehåll som 2015 tas upp tidigare i fysikkurserna jämfört med 2008. Av de fysikuppgifter som fanns med i båda omgångarna av TIMSS Advanced kommer till exempel nästan hälften av uppgifterna med försämrade resultat från området Vågfenomen och kärnfysik, ett område som tydligt tidigare lagts i och med ämnesplanen som trädde i kraft 2011. Konkreta exempel på uppgifter inom olika områden presenteras i Johansson med kollegor (2018).

För det andra framträder förändringar i resultat för uppgifter av flervalstyp och för uppgifter som handlar om renodlade fysikbegrepp utan tydliga matematikinslag, vilket också stämmer överens med resultat från Nyström med kollegor

(2016). Resultaten tyder på att eleverna presterar sämre på båda dessa uppgiftstyper 2015 jämfört med 2008.

Analysen av lärarenkäterna i TIMSS Advanced visar alltså att eleverna som deltog 2015 möter många områden inom fysik tidigare under gymnasietiden än eleverna som deltog i TIMSS Advanced 2008. Förändringen av när undervisningen sker kan i hög grad kopplas till förändringar i ämnesplanen i fysik. I och med gymnasiereformen 2011 har fysikområden flyttats från Fysik B (fördjupningskursen) till Fysik 1 (introduktionskursen). Analysen av de uppgifter som användes både 2008 och 2015 visar att många av de uppgifter som eleverna försämrats på tillhör områden där undervisningen antingen har tidigare lagts eller där undervisningen knappt påbörjats. Vidare visar resultaten att elever läser fysikkurserna vid olika tillfällen, och att resultaten beror på vilken termin som eleverna avslutade Fysik 2. De som avslutat kursen i slutet av höstterminen innan TIMSS Advanced 2015 genomfördes har bäst resultat, medan de som avslutade i slutet på vårterminen i årskurs 2 har lägst resultat. Det finns inte några data från 2008 på när eleverna avslutade Fysik B, men då denna kurs var mer omfattande än den nuvarande Fysik 2 är ändå vår bedömning att få elever 2008 avslutade Fysik B redan i årskurs 2.

En tidigare lagd undervisning av ett begränsat område innebär en risk att elever glömt detta när de skriver provet. En omflyttning av innehåll från fördjupningskurs till introduktionskurs kan också innebära att området inte behandlas med samma djup. En orsak kan vara att det faktiskt är en "grundkurs", men det kan också vara så att eleverna inte har de förkunskaper som behövs för att behandla området på djupet.

En möjlig mekanism bakom resultatnedgången på uppgifter inom de fysikområden som läses tidigare skulle kunna handla om att eleverna bara fått översiktliga kunskaper i kursinnehåll som behandlas i början av gymnasieskolans fysik. Om samma innehåll skulle tas senare skulle det kunna vara möjligt att behandla det på ett djupare sätt eftersom eleverna har en bredare kunskaps- och erfarenhetsbas att bygga på. Det kan också handla om en glömskeeffekt, det vill säga att eleverna inte kommer ihåg allt som de lärt sig tidigare. Denna förklaring stöds i viss mån av att elever som avslutat Fysik 2 redan i årskurs 2, och alltså inte hållit på med fysiken på ett tag när TIMSS Advanced genomförs på våren i årskurs 3, presterar sämre än elever som nyss avslutat eller fortfarande avslutat fysikkursen.

Den redovisade uppgiftsanalysen stöder slutsatsen att elevernas resultat försämrats på uppgifter som behandlar fysikområden som har tidigare lagts, men antyder också att vissa uppgiftstyper blivit svårare för svenska elever. I TIMSS Advanced 2008 var flervalsfrågor och uppgifter med enbart fysikinnehåll styrkeområden för svenska elever, men 2015 har eleverna försämrats just på flervals-

uppgifter och på fysikuppgifter utan matematikinnehåll. Om detta verkligen beror på att elever glömt innehåll eller har en ytligare kunskap om innehållet är svårt att avgöra genom att bara studera TIMSS Advanced.

Det är likväl oroväckande att många elever inte behärskar grundläggande fysikbegrepp efter att läst både Fysik 1 och Fysik 2. Vilka konsekvenser omläggningen av kurser i fysik på gymnasiet haft för elevernas lärande bör noggrant analyseras vidare och beaktas i samband med utveckling av nya ämnes- och kursplaner. Det är angeläget med vidare studier av vilken typ av fysikkunskaper eleverna har efter respektive fysikkurs, effekter av eventuell glömska och hur förändringen av ämnes- och kursplaner påverkar elevernas kunskapsbildning.

## Referenser

- Benckert, S., Pettersson, S., Aasa, S., Johansson, O., & Norman, R. (2005). Gruppdiskussioner runt kontextrika problem i fysik: Hur ska problemen utformas? *Nordic Studies in Science Education*, 1(2), 36–50.
- Johansson, H. (2016). Mathematical Reasoning Requirements in Swedish National Physics Tests. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(6), 1133–1152. doi:10.1007/s10763-015-9636-3.
- Johansson, H., Oskarsson, M., & Nyström, P. (2018). Glömska eller ytliga fysikkunskaper: Fördjupad analys av svenska elevers sjunkande fysikresultat i TIMSS Advanced 2015. Stockholm: Skolverket.
- Mullis, I. V. S., & Martin, M. O. (Eds.) (2014). *Timss Advanced 2015 Assessment Frameworks*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College and International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).
- Nilsen, T., Agnell, C. & Grønmo, L. S. (2013). Mathematical competencies and the role of mathematics in physics education: A trend analysis of TIMSS Advanced 1995 and 2008. *Acta Didactica Norge*, 7(1).
- Nyström, P., & Kjellsson Lind, A. (2009). *Hur samstämmiga är svenska styrdokument och nationella prov med ramverk och uppgifter i TIMSS Advanced 2008?* Stockholm: Skolverket.
- Nyström, P., Kjellsson Lind, A., Dahlberg, U. & Johansson, H. (2016). *Hur samstämmiga är svenska styrdokument och nationella prov med ramverk och uppgifter i TIMSS Advanced 2015?* Stockholm: Skolverket.
- Oskarsson, M., Eliasson, N. & Karlsson, K. G. (2017). Verkliga vardagssammanhang i årskurs 4 eller kontextlös kunskap i årskurs 8? Everyday life context in grade 4 or knowledge without context in grade 8. *Nordic Studies in Science Education*, 13(1), 36–51.

- Park, J., & Lee, L. (2004). Analysing cognitive or non-cognitive factors involved in the process of physics problem-solving in an everyday context. *International journal of Science Education*, 26(13), 1577-1595.
- Rennie, L. J., & Parker, L. H. (1996). Placing physics problems in real-life context: Students' reactions and performance. *Australian Science Teachers Journal*, 42(1), 55.
- Skolverket. (2000). Ämne – Fysik, gymnasieskolan. Hämtad från <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/hitta-tidigare-amnen-och-kurser-ar-2000-2011-i-gymnasieskolan?url=1530314731%2Fsyl-labuscw%2Fjsp%2Fsubject-Kursinfo.htm%3FsubjectCode%3DFY2000%26lang%3Dsv%26tos%3Dgy2000&sv.url=12.5dfee44715d35a5cdfaa4bo>
- Skolverket. (2011). Ämne – Fysik, gymnasieskolan. Hämtad från <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/gymnasieprogrammen/amne?url=1530314731%2Fsyl-labuscw%2Fjsp%2Fsubject.htm%3FsubjectCode%3DFYS%26lang%3Dsv%26tos%3Dgy%26p%3Dp&sv.url=12.5dfee44715d35a5cdfa92a3>
- Skolverket. (2016). *TIMSS Advanced 2015. Svenska gymnasieelevers kunskaper i avancerad matematik och fysik i ett internationellt perspektiv* (Rapport Nr. 449). Stockholm: Skolverket.
- Skolverket. (2017). TIMSS, TIMSS Advanced och betygen: Analys av sambandet mellan svenska betyg och de internationella TIMSS-studierna. Stockholm: Skolverket.

## Författarpresentationer



**Helena Johansson** och **Magnus Oskarsson** är filosofie doktorer och forskar vid Avdelningen för Matematik och Ämnesdidaktik (MOD), Mittuniversitetet.



**Peter Nyström** är filosofie doktor och verksam på Nationellt centrum för matematikutbildning (NCM) och Institutionen för didaktik och pedagogisk profession, Göteborgs universitet, samt ämnesdidaktisk expert i arbetet med TIMSS Advanced 2015.



# Säger en bild mer än tusen ord?

Charlotte Lagerholm

Lunds universitet

Claes Malmberg

Högskolan i Halmstad

Urban Eriksson

Högskolan Kristianstad, Lunds universitet

## Sammanfattning

*Svenska läroböcker i fysik har utvecklats från att vara främst textbaserade till att numera innehålla ett stort antal representationer. Fotografier och teckningar men också variation i teckenstil eller matematiska formler är exempel på representationer som används för att förtydliga innehållet i texten. Studiens huvudsakliga syfte är att analysera vilka representationer som förekommer i fysikläroböcker för högstadiet i Sverige och hur dessa representationer används. För denna studie har ett kategoriseringsverktyg tagits fram. Verktöget används såväl för att kategorisera representationerna som för att analysera användningen av dem. Läroböckerna uppvisar stora likheter när det gäller hur de representerar begrepp. Resultatet visar att liknade representationer används i alla läroböckerna. Böckernas kapitel inleds med stora färgfotografier, inte alltid med ett tydligt syfte eller koppling till innehållet. Få fotografier och teckningar är relaterade till elevers vardag. Matematiska representationer såsom tabeller och formler är sällsynta och ingen av läroböckerna har med något diagram. Sammanfattningsvis är dessa inte läroböcker som kan sättas i händerna på elever utan vägledning från läraren. Ofta förväntas eleverna kombinera text och representation på egen hand där det krävs förkunskaper för att förstå representationerna. Det hade därför varit till nytta om representationerna bidrog med mer detaljerad information om hur de ska läsas.*

## Inledning

Inom naturvetenskap används många begrepp som inte finns i det vardagliga språket eller som har en annan betydelse i allmänna sammanhang. Ett sådant exempel är begreppet tryck. I vardagliga sammanhang kan det betyda till exempel att trycka på hissknappen eller en tryckt avbild av ett konstverk. I fysiksammanhang har det en mer specifik betydelse med en matematisk bakgrund. Bland an-

nat innebär ordet tryck i fysik ett samband mellan area och kraft. När läroböckerna behandlar begrepp som anses vara av naturvetenskaplig karaktär och inte sådana som elever vanligtvis är bekanta med används ofta representationer. Representationer kan förenklat beskrivas som sätt att förmedla information, det vill säga att de är exempel på olika knep för att förtydliga vad begreppen handlar om. Det kan vara bilder föreställande begreppet, förstorad text, markeringar med understrykningar, pilar som pekar på huvuddrag i en bild eller matematiska beräkningar.

Läromedel kan övergripande beskrivas som material producerat att används i undervisning, det kan till exempel vara läroböcker, digitala resurser, eller laborativt material. I den här studien är det läroböckerna som stått i fokus. Läroböcker har gått från att tidigare främst vara textböcker till att idag innehålla en stor mängd representationer såsom fotografier, skisser eller tabeller. I denna studie har fem fysikläroböcker för högstadiet analyserats med avseende på vilket sätt text och representation förstärker böckernas budskap. Syftet är att få syn på vilka representationer som förekommer i läroböckerna och hur de används för att belysa fysikbegrepp inom området tryck. Meningen är att användandet av representationer ska underlätta för eleverna att förstå innehållet i en text. Men gör de det?

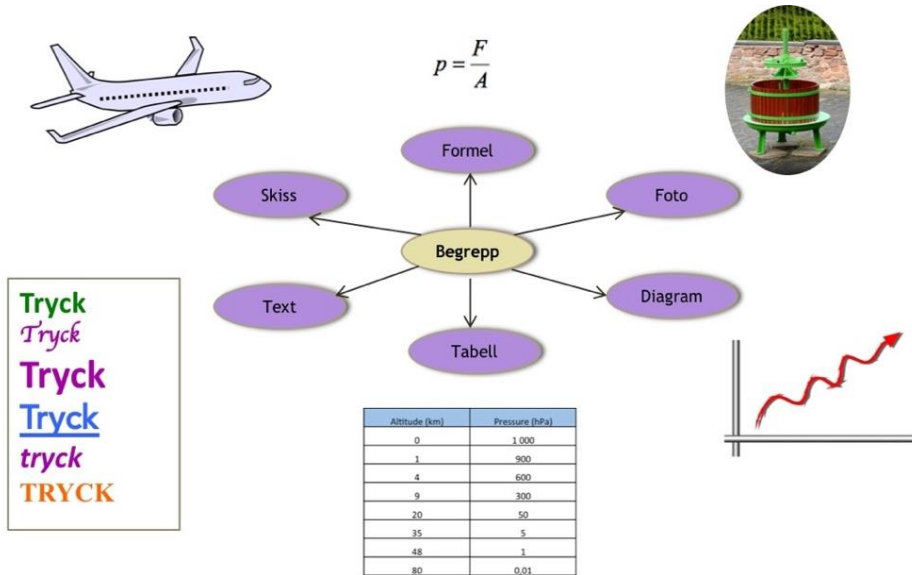
Studien har haft följande forskningsfråga i fokus: *Vilka representationer förekommer i fysikläromedel för högstadiet och hur används de?* I ett försök att svara på denna fråga har fem läroböcker i fysik för skolår 7-9 analyserats.

Urvalet gjordes med hjälp av en genomgång av de fysikböcker för högstadiet som läromedelsförlag erbjuder. Sökningen gjordes via förlagens internetsidor. Sökningen har gjorts utifrån kriterierna att läroböckerna ska vara övergripande, det vill säga bestå av hela fysikkursen för högstadiet samt att de ska vara aktuella enligt gällande läroplan. I Sverige finns fyra stora förlag som tillsammans ger ut fem läroböcker vilka alla svarar mot urvalskriterierna. Utifrån detta beslöts att alla fem skulle ingå i studien.

## Teori

I en fysiklärobok förmedlas innehållet inte bara med text. I samband med att vetenskapliga begrepp behandlas i läroböckernas text är det vanligt att någon form av visuell representation används för att beskriva, förtydliga eller förstärka betydelsen av dem (Liu & Khine, 2016; Rosengrant, Etkina, & Van Heuvelen, 2007). Representationer kan uttryckas visuellt på flera olika sätt. Några exempel är fotografier, skisser, tabeller, grafer och matematiska formler. Men även ord i skriven form kan visuellt representeras på olika sätt, till exempel med hjälp av variation av typsnitt, teckenstil och textstorlek (Selander & Kress, 2017). Figur 1 visar ett urval av representationer som förekommer i fysikläroböcker. Representationerna kan fylla flera olika syften. De kan bland annat visuellt peka ut begrepp i

texten, avbilda det texten beskriver eller tillföra information utöver texten (Slough, McTigue, Suyeon, & Jennings, 2010). Normalt krävs flera olika representationer för att förklara ett begrepp (Fredlund, Linder, Airey, & Linder, 2014). Multimodalitet innebär att ett innehåll förmedlas med flera olika representationsformer. Representationer av begrepp är ett viktigt verktyg för att förstå naturvetenskap men även hur de används i förhållande till varandra har betydelse för hur budskapet förmedlas (Kress & van Leeuwen, 2006).



Figur 1. Figuren visar exempel på några olika representationer som används för att beskriva eller klargöra begreppens betydelse. Varje representationsform i figuren belyses med ett bildexempel. Textrepresentationer kan vara olika typsnitt, storlek eller färg på det skrivna ordet. Grafiska representationer kan bland annat vara fotografier eller skisser. De matematiska representationerna kan exempelvis vara formler, tabeller eller diagram.

Läroböcker erbjuder mening genom att de med hjälp av text och representationer beskriver ett ämnesinnehåll. Elevens meningsskapande är dock beroende på eleven själv och dennes förkunskaper och förmågan att ta till sig ny kunskap. Detta sker genom disciplinärt urskiljande av representationernas meningserbjudanden (Eriksson, Linder, Airey, & Redfors, 2014). Dessutom spelar det sammanhang i vilket eleven befinner sig också en stor roll för meningsskapandet (Selander & Kress, 2017).

## Metod

Läroböckerna har först översiktligt studerats för att få en överblick över vilka representationer som förekommer samt för att kunna sammanställa ett analysverktyg med kategorier, vilka representationerna kan sorteras in under. Analysverktyget tar avstamp i en studie av Liu och Khine (2016). De presenterar två kategorier för representationer. Grafiska representationer (Bildrepresentationer) och matematiska representationer. De grafiska representationerna delas i sin tur upp i tre underkategorier, fotografier, teckningar och abstrakta skisser. De matematiska representationerna delas upp i underkategorierna tabeller, diagram och matematiska formler. Utöver dessa båda kategorier lades kategorin textrepresentationer till, vilken i sin tur består av underkategorierna variation av teckenstil (t.ex. fet stil, kursiv stil), klargörande text och rubriker. Analysverktyget består således av totalt nio kategorier. Sammanställningen över kategorierna visas i tabell 1.

Var och en utav underkategorierna tilldelades en färg. När läroböckerna sedan noggrant gick igenom markerades de olika representationerna med respektive underkategoris färg. Då varje uppslag innehåller många representationer från flera olika kategorier blev det tydligt med färgmarkeringarna. Slutligen räknades var kategori för sig och sammanställdes. Studien omfattar fem svenska läroböcker för högstadiet. Fysik Direkt (Sanoma), Puls (Natur och Kultur), Spektrum (Liber), samt Makro (Gleerups) och Titano (Gleerups). Från dessa läroböcker har kapitlet om tryck valts att studeras eftersom det inom det ämnesområdet finns möjligheter att beskriva begrepp med representationer från alla underkategorier.

Tabell 1. Tabellen visar en sammanställning över de tre huvudkategorierna, textrepresentation, grafisk representation och matematisk representation, under vilka de visuella representationerna kan sorteras in. Tabellen visar även de underkategorier som ytterligare delar upp huvudkategorierna.

	Kategorier		
	<i>Text-representation</i>	<i>Grafisk representation</i>	<i>Matematisk representation</i>
	Variation av teckenstil	Fotografi	Tabell
	Klargörande text	Teckning	Formler
	Rubriker	Abstrakt skiss	Diagram
Under-kategorier			

## **Resultat**

Samtliga läroböcker har en stor mängd representationer på sina uppslag. Sett till antal är textrepresentationer och grafiska representationer i klar majoritet fördelat på ungefär lika många vardera medan de matematiska representationerna endast utgörs av något enstaka exempel i varje lärobok.

### ***Textrepresentationer***

I de undersökta läroböckerna domineras textrepresentationerna av begrepp i texten markerade med avvikande teckenstil, fetstil eller kursiv stil. De markerade begreppen är antingen direkt knutna till ämnesinnehållet eller sådana begrepp som generellt kan anses vara språkligt svåra. Texterna har många indelningar med tydliga underrubriker. Dessa underlättar för läsaren att hitta i texten och att tydligt dela upp innehållet i olika beståndsdelar. Rubriker och underrubriker gör att läsaren lättare kommer ihåg textens innehåll jämfört med texter utan (Sanchez, Lorch, & Lorch, 2001). Förtydligande av innehållet är en typ av textrepresentation som är sällan förekommande i de studerade läroböckerna.

### ***Grafiska representationer***

Alla läroböckerna i studien har en stor andel grafiska representationer, i stort sett alla i färg, på sina uppslag. Texten varvas med grafiska representationerna vilket ger ett luftigt och inbjudande intryck. De grafiska representationerna som finns i läroböckerna är till stor del avbildningar av detaljer som texten tar upp. Till exempel, då texten tar upp trycket vid dykning används en grafisk representation i form av ett fotografi eller en teckning av en dykare. Genom att använda både text och grafisk representation för att förmedla budskapet skapas möjlighet att nå ut till fler läsare eftersom alla har olika förutsättningar att ta emot och tolka informationen (Kress & van Leeuwen, 2006). Fotografierna visar främst övergripande sammanhang, medan teckningarna och de abstrakta skisserna belyser specifika delar av ämnesområdet. Merparten av skisserna innehåller vanligtvis få disciplinära detaljer. Få grafiska representationer relaterar tydligt till elevers vardag även om undantag finns. Många gånger har de valts utifrån ett vetenskapligt perspektiv snarare än ett vardagligt. Alla läroböckerna inleder kapitlet om tryck med stora färgfotografier. Dessa fotografier har dock inte alltid en tydlig koppling till innehållet.

### ***Matematiska representationer***

Till gruppen matematiska representationer hör matematiska formler men också tabeller och diagram. Tabeller och formler förekommer endast sparsamt i alla

läroböckerna. Det är värt att notera är att ingen lärobok använder diagram som representation trots att kapitlets innehåll i hög grad skapar förutsättningar för det. Inom fysikdisciplinen används matematiska representationer och matematiska samband i hög utsträckning. Dessa är en del av fysikens språk och kan sägas utgöra en grund för förståelsen av ämnet. Trots att fysik är ett naturvetenskapligt ämne med en hel del matematiska samband används de matematiska representationerna generellt sett inte så ofta. Matematiska representationer och sambanden beskrivs i stort sett inte i läroböckerna även om de hade kunnat bidra till tydlighet. Diagram kan bland annat förskjuta fokus från mindre variationer och visa på större samband, exempelvis när det handlar om att visa på förändringar över en längre tid (Yeh & McTigue, 2009).

### **Användningen av representationer**

Resultaten visar att läroböckerna använder textrepresentationen variation av teckenstil både för att peka ut relevanta fysikbegrepp men även för att markera exempelvis namn på vetenskapsmän eller språkligt svåra ord. Rubriker används för att dela upp texten i ett stort antal delar, ofta bestående av endast ett stycke. De grafiska representationerna används främst för att avbilda textens innehåll och som dekoration, det vill säga de lättar upp sidorna så att de inte blir så kompakta men bidrar inte till att öka förståelsen av textens innehåll. De få matematiska representationer som förekommer i läroböckerna används främst som ett komplement till de grafiska representationerna. Få instruktioner ges till hur dessa skall tolkas vilket gör att deras styrka som representation inte lyfts fram.

### **Analys och Diskussion**

En stor del av analysen har ägnats åt grafiska representationer eftersom det finns många olika sätt att använda dessa för att representera innehållet. I läroböcker kan de bistå till ökad förståelse av begrepp och samband (Mayer, Steinhoff, Bower & Mars, 1995). Studien visar dock att den inneboende potential för meningsskapande som finns hos grafiska representationer inte används i någon större utsträckning. Grafiska representationer används framförallt för att avbilda textens innehåll. I dessa förekommer dock sällan någon ytterligare representation, i form av skisser, pilar eller text, för att peka på och förtydliga vad representationerna avser att belysa. Sådana kombinerade representationer hade kunnat stärka innehållet. När flera olika representationer används både separat och i kombination skapas möjligheter för eleverna att ta till sig informationen på fler sätt, vilket flera studier lyfter fram (Airey & Linder, 2017; Leijon & Lindstrand, 2013). Samtidigt

innebär kombinationer av representationer att det också finns en risk för motstridiga budskap. Det är något läraren bör vara medveten om och eventuellt förutse genom sin undervisning.

Läroböckerna ger få hänvisningar till de olika representationerna i texten. Trots det är det ofta relativt enkelt att se vilken representation som är kopplad till texten. Då bilderna visar övergripande begrepp eller teman fungerar det bra men om det är detaljer eleven ska lägga märke till blir det svårare att få informationen eller helheten förmedlad. Likaså, om en sida innehåller många representationer, kan det vara oklart vilken av dem det är meningen att eleven ska fokusera på. Ett grepp som skulle kunnat bidra till ökad förståelse är att ge en hänvisning i texten till specifika representationer eller detaljer hos en representation. Studier av exempelvis Slough och kollegor (2010) visar att förståelsen ökar om de grafiska representationerna förses med utförliga bildtexter speciellt om både representationens delar och dess funktioner förklaras. Merparten av de grafiska representationerna i den här studien har endast en kort bildtext som beskriver vad de föreställer. För att göra representationerna mer meningsbärande bör de förses med utförligare bildtexter som inkluderar förklaringar samt stöd att tolka representationerna. De bör även hjälpa till att uppmärksamma detaljer i representationerna. Detta är ett knep som bara används på ett fåtal ställen i läroböckerna. Många representationer innehåller dessutom dold information om hur de ska tolkas. Eleven behöver förutom att förstå ämnesinnehållet även förstå hur representationer skall tolkas för att de ska ha möjlighet att ta till sig deras erbjudna mening. För detta krävs det ibland förhandsinformation som det inte är självklart att eleverna har. Läraren utgör i dessa fall en viktig länk för att förmedla representationernas information.

De flesta grafiska representationerna är placerade på samma sida som tillhörande text. Vanligen placeras de intill texten eller efter texten. Endast enstaka representationer placeras före texten. Genom att placera representationen före texten kan eleverna få en inblick i det som kommer. En representation som presenteras före texten kan aktivera elevernas förkunskaper och diskussionen kring representationen kan komma att handla om att utveckla och fördjupa den befintliga kunskapen och om att koppla samman befintlig kunskap med ny kunskap (Slough et al., 2010). Detta är dock ett sätt att placera representationer som läroböckerna inte använder i någon större utsträckning. Endast någon enstaka representation finns på en annan sida än texten den hör samman med och då alltid på samma uppslag. Att integrera representationerna i texten är ett annat sätt att använda grafiska representationer (Slough et al., 2010). Därmed inbjuds eleverna att ta dem till sig tillsammans med texten. På så sätt kan de förstärka textens innehåll. Dock är det endast en av läroböckerna som använder detta sätt att varva grafiska eller matematiska representationer tillsammans med text.

Med hjälp av frågor eller uppmaningar kan elevernas fokus riktas mot specifika och väsentliga delar av representationerna (Slough et al., 2010). Analysen

av läroböckerna visar dock att frågor och uppmaningar är sällsynta. Läraren får därmed en uppgift att genom sin undervisning kompensera för denna brist.

Matematiska representationer är generellt sett sällsynta i alla läroböckerna. Detta skulle kunna bero på läroboksförfattarnas tolkning av gällande läroplan, LGR 11 (Skolverket 2018), där de matematiska sambanden inte skrivs fram särskilt tydligt. Eleverna ska ha kunskap om samband och kunna konstruera enkla tabeller och diagram men det nämns inget om de bakomliggande matematiska sambanden. Genom att begreppet matematisk utesluts från formuleringen kan läroplanstexten tolkas som om den matematiska delen av fysiken inte behöver behandlas i läroböckerna.

Många representationer är lika i alla läroböckerna. Begrepp presenteras med liknande fotografier och teckningar. I strävan att göra innehållet enkelt och tillgängligt för eleverna används kortfattade förklaringarna, där många ämnes-specifika begrepp saknas. Slutsatsen är att läroböckerna generellt är skrivna på ett sätt som gör att innehållet har svårt att stå för sig själv. Därmed krävs det att läraren utvecklar och gör tillägg till det område läroboken behandlar.

## **Avslutningsvis**

I den här analysen av läroböcker i fysik för skolår 7-9 har visuella representationer studerats med syfte att se vilka meningserbjudanden de har. Resultaten visar att läroböckerna består av ett stort antal representationer vilka alla innehar möjlighet att hjälpa till att förklara innehållet. Denna möjlighet är dock beroende av elevernas förmåga att ta till sig det budskap som förmedlas. Detta i sin tur är beroende av elevernas förståelse för ämnet men också för deras kännedom om hur representationer överlag skall tolkas (Selander & Kress, 2017). I läroböckernas kapitel om tryck finns det en stor mängd grafiska representationer som enbart är att betrakta som dekoration med syfte att göra läroböckerna visuellt attraktiva. Flertalet representationer skulle med lite bearbetning kunna bli tydligare i sitt meningserbjudande då det kommer till att förklara deras innehåll. Detta kan ske genom att kombinera flera representationer såsom ett fotografi tillsammans med en abstrakt skiss med delarna utmärkta, länka samman två eller flera representationer med ramar eller använda pilar som pekar på viktiga detaljer. Genom att skriva utförligare bildtexter till de grafiska och matematiska representationerna kan man hjälpa till att tydliggöra de begrepp de avser att förklara.

Ovan har getts en del förslag på hur läroböckerna skulle kunna utvecklas med avseende på hur representationer används för att förklara begrepp. Under tiden ligger detta arbete hos den enskilde läraren att i dialog tillsammans med sina elever arbeta med texterna och representationerna för att öka förståelsen av innehållet. Läraren behöver möta eleverna där de är för att hjälpa dem att gå från



ett vardagsspråk till ett ämnesspråk (Ausubel, Novak, & Hanesian, 1978). Läraren blir då en viktig länk mellan lärobokens framställning och elevernas mottagande, genom sin undervisning. Även om representationerna inte alldeles självklart beskriver de begrepp de representerar, eller står för sig själva, kan de utgöra underlag till många intressanta diskussioner. Fokus i undervisningens diskussioner bör då ligga på representationerna och deras inneboende förmåga att förmedla disciplinär meningspotential, både som enskilda representationer och hur de samverkar (Airey & Linder, 2017).

”Bilderna”, det vill säga de visuella representationerna, i fysikläroböckerna säger inte alltid mer än tusen ord men kan bidra till omfattande diskussioner om de begrepp de står för. Genom att medvetandegöra lärare om representationers inneboende styrkor och svagheter samt hur representationer tillsammans kan verka för att tydliggöra innehållet kan lärarens arbete, tillsammans med eleverna, hjälpa till att öka förståelsen för begreppet tryck och sannolikt också för fysikens begrepp generellt.

## Referenser

- Airey, J., & Linder, C. (2017). Social Semiotics in University Physics Education. In D. F. Treagust, R. Duit, & H. E. Fischer (Eds.), *Multiple Representations in Physics Education* (pp. 95-122). Cham: Springer International Publishing.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: a cognitive view*. New York, cop. 1978
- Eriksson, U., Linder, C., Airey, J. & Redfors, A. (2014). Introducing the anatomy of disciplinary discernment: an example from astronomy. *European Journal of Science and Mathematics Education*, (2:3, 167-182).
- Fredlund, T., Linder, C., Airey, J., & Linder, A. (2014). Unpacking physics representations: Towards an appreciation of disciplinary affordance. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 10(2), 020129.
- Kress, G., & van Leeuwen, T. (2006). *Reading images: the grammar of visual design*. London: Routledge.
- Leijon, M., & Lindstrand, F. (2013). Socialsemiotik och design för lärande: två multimodala teorier om lärande, representation och teckenskapande. *Pedagogisk forskning i Sverige*, 17(3-4), 171-192.
- Liu, Y., & Khine, M. S. (2016). Content Analysis of The Diagrammatic Representations of Primary Science Textbooks. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(8) 1937-1951.

- Mayer, R. E., Steinhoff, K., Bower, G., & Mars, R. (1995). A generative theory of textbook design: Using annotated illustrations to foster meaningful learning of science text. *Educational Technology Research and Development*, 43(1), 31-41.
- Rosengrant, D., Etkina, E., & Van Heuvelen, A. (2007). An Overview of Recent Research on Multiple Representations. AIP Conference Proceedings, 883(1), 149-152. doi:10.1063/1.2508714
- Sanchez, R. P., Lorch, E. P., & Lorch, J. R. F. (2001). Effects of Headings on Text Processing Strategies. *Contemporary Educational Psychology*, 26(3), 418-428. doi:10.1006/ceps.2000.1056
- Selander, S., & Kress, G. R. (2017). *Design för lärande: ett multimodalt perspektiv* (Andra upplagan). Lund: Studentlitteratur.
- Skolverket (2018). *Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet 2011, reviderad 2018*. (Femte upplagan). Stockholm: Skolverket.
- Slough, S. W., McTigue, E. M., Suyeon, K., & Jennings, S. K. (2010). Science Textbooks' Use of Graphical Representation: A Descriptive Analysis of Four Sixth Grade Science Texts. *Reading Psychology*, 31(3), 301-325. doi:10.1080/02702710903256502
- Yeh, Y. F. Y., & McTigue, E. M. (2009). The frequency, variation, and function of graphical representations within standardized state science tests. *School Science and Mathematics*, 109(8), 435-449.

## Författarpresentationer



### **Charlotte Lagerholm**

Jag delar min tid mellan att arbeta som lärare och att vara forskarstuderande. Min grundtjänst är som Ma/NO- lärare på Skanörs skolas högstadium. Skanörs skola är en liten skola i Skanör, Vellinge kommun. Vi har ca 80 elever i år 7-9 där jag för närvarande undervisar årskurs 9 i matematik, fysik, biologi och kemi och årskurs 7 i fysik. Jag har dessutom förmånen att vara kommunlicentiand för Vellinge kommun. Det innebär att jag på halva min tjänst är forskarstuderande. Jag deltar i forskarskolan CSiS, ett samarbete mellan Lunds universitet, Malmö universitet, Högskolan i Halmstad och Högskolan Kristianstad. Min forskning handlar om representationer i fysikläroböcker.



**Claes Malmberg** är handledare till Charlotte. Claes är professor i naturvetenskapens didaktik, Högskolan i Halmstad. Hans forskning handlar om hur demokrati kommer in i skolans naturvetenskap och berör bland annat områden som hälsa och hållbar utveckling.



**Urban Eriksson** är biträdande handledare till Charlotte. Han är universitetslektor i fysik med inriktning astronomididaktik vid Högskolan Kristianstad, samt forskare vid Nationellt Resurscentrum för fysik, Fysiska institutionen, Lunds universitet. Urban Eriksson är doktor i fysik med inriktning mot astronomididaktik. Hans forskning handlar om hur disciplinär kunskap förmedlas med representationer, både i fysik och astronomi



# Med telefonen utanför klassrummet

Ann-Marie Pendrill

Nationellt resurscentrum för fysik (NRCF), Lunds universitet

## Sammanfattning

*Telefonernas alltmer avancerade utrustning ger hela tiden nya möjligheter för fysikundervisningen. Inte minst kan utrustningen användas för att utveckla elevernas förståelse för krafter och rörelse, vilka kan studeras såväl i klassrummet som utanför skolan. Den inbyggda kameran ger möjlighet filma undersökningar för att gemensamt kunna diskutera hur de genomförts och studera i mer detalj vad som hände under snabba förlopp. Den inbyggda accelerometern kan mäta de krafter som den egna kroppen utsätts för i gungor och berg- och dalbanor. Eftersom telefonen följer med i rörelsen visar resultatet krafter i kroppens eget koordinatsystem, där "upp" pekar mot huvudet även om kroppen är upp- och ned. Gyron kan mäta rotation runt samma medföljande axlar medan barometern kan visa ändringar i höjd. Undervisning om krafter har fått en ny verktygslåda med många kompletterande representationer av rörelse som kan kopplas till lärobokens abstraktioner. Eftersom telefonens mätutrustning finns tillgänglig för eleverna även utanför skoltid har eleverna själva möjlighet att studera många olika slags rörelser som sedan kan få komma med in i klassrummet.*

## Att studera rörelse

För 25 år sedan behövde studenter låna stoppur för att kunna mäta svängningstiden för en gunga, medan dagens elever knappast känner till andra stoppur än telefonens. Många årgångar av gymnasister har fått låna accelerationssensorer att koppla till grafritande räknare eller till bärbara datorer. Dagens elever har ofta både accelerometer, gyro, barometer och andra sensorer i sina telefoner och har därför också mycket större möjligheter att bli förtrogna med mätning av rörelse. Kan telefonen revolutionera fysikundervisningen?

Kraft och rörelse är områden i fysiken där elever har väldokumenterade svårigheter (Andersson m.fl., 2003). Newtons lagar talar om krafter på en kropp, men "kroppen" i läroböckerna är oftast ett rätblock eller en punktformig massa. Rörelser är oftast med konstant hastighet eller likformigt accelererade. En modern telefon är ett litet laboratorium som kan följa med i undersökningar utanför klassrummet och mäta hur vår egen kropp accelererar och roterar.



Figur 1. En serie skärmdropp, med 0,2 sekunders intervall från attraktionen Hissningen på Liseberg. De röda och vita fälten är 1,1 m höga. På Gröna Lund och Tivoli finns systrarattraktionerna Lyktan och Stjernetårnet.

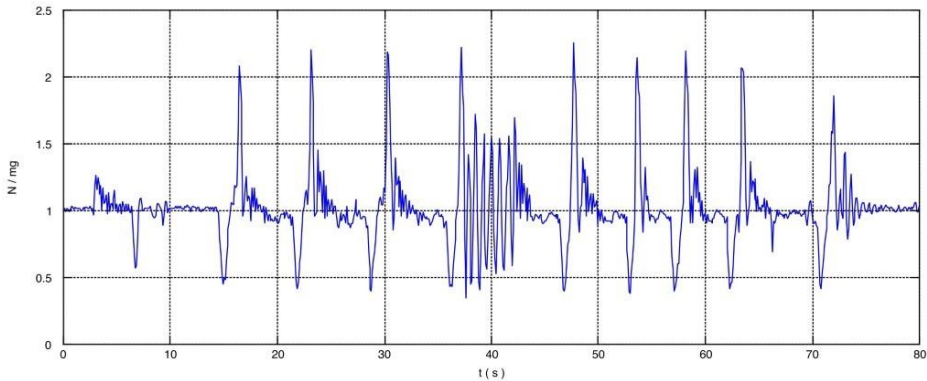
## Representationer av rörelse

### *Hastighet och acceleration*

Figur 1 visar en serie skärmdropp från en film av familjeattraktionen Hissningen på Liseberg. Bilden ger ett utifrån-perspektiv på rörelsen. Kan man ändå genom att titta på sekvensen få en uppfattning av hur det skulle kännas att åka den? Vilken matematik och fysik kan man koppla ihop med bildsekvensen?

Var åker man snabbast och var åker man långsammast? Ett mått på hastigheten kan man få genom att notera hur mycket höjden ändras mellan två bilder. Ur bildsekvensen syns att man åker snabbare på vägen ned, eftersom höjdskillnaden mellan två bilder är större. Finns det någon del av rörelsen då hastigheten är (nästan) konstant? Om man kan dra en rät linje mellan tre (eller fler) bilder kan man betrakta hastigheten som konstant under åtminstone en del av det tidsintervallet. Enligt Newtons första lag måste alla krafter som verkar på kroppen då ta ut varandra. Den uppåtriktade "normalkraften" från sätet på den som åker måste vara precis lika stor som den nedåtriktade tyngdkraften. Den som åker känner sig då lika tung som vanligt - det som kallas "1G". Det spelar ingen roll för kraftsituationen om man är på väg upp eller ned. Det spelar inte heller någon roll att man åker snabbare på väg ned.

Det är inte för att uppleva "likformig rätlinjig rörelse" som man åker i olika åkattraktioner. Istället är det för att uppleva acceleration. I figur 1 syns accelerationen genom att höjdskillnaden mellan två bilder ändras. I den lägsta punkten i figur 1 är accelerationen riktad uppåt och i den högsta punkten är den riktad nedåt.



Figur 2: Accelerometerdata för hela åkturen i attraktionen Hissningen

Accelerationen känns i hela kroppen eftersom det behövs en kraft för att ändra hastighet - och det vi känner kan också telefonen mäta. Figur 2 visar accelerometerdata för hela åkturen i Hissningen. Grafen visar hur kvoten mellan normalkraft och tyngdkraft varierar. Så länge den är nära 1 känner man sig ungefär lika tung som vanligt. Innan vi diskuterar dessa accelerometerdata i mer detalj tittar vi på några andra exempel på mätningar med telefon i likformig rätlinjig rörelse, som är den typ av rörelse som dominerar grundskolefysiken.



Figur 3: Likformig rätlinjig rörelse i Lisebergbanans "uppdrag", tillsammans med det koordinatsystem som används för att beskriva påverkan på kroppen. Undersök hur koordinatsystemet ser ut för den telefon du använder, t.ex. med någon av apparna Physics Toolbox Play eller PhyPhox.

## **Likformig rätlinjig rörelse – i berg- och dalbanan**

Traditionella berg- och dalbanor inleds med ett så kallat "uppdrag", där tåget dras upp till banans högsta punkt, som inledning till omvandlingar mellan lägesenergi och rörelseenergi. Figur 3 visar en del av Lisebergbanans uppdrag som lutar  $30^\circ$ . Eftersom man rör sig med konstant hastighet motverkas tyngdkraften precis av kraften från tåget, men kroppen lutar och det känns ganska annorlunda än att stå på marken, eller att åka uppåt i en hiss eller rulltrappa med samma lutning. I berg- och dalbanans uppdrag delas kraften från tåget på kroppen mellan säte och ryggstöd.

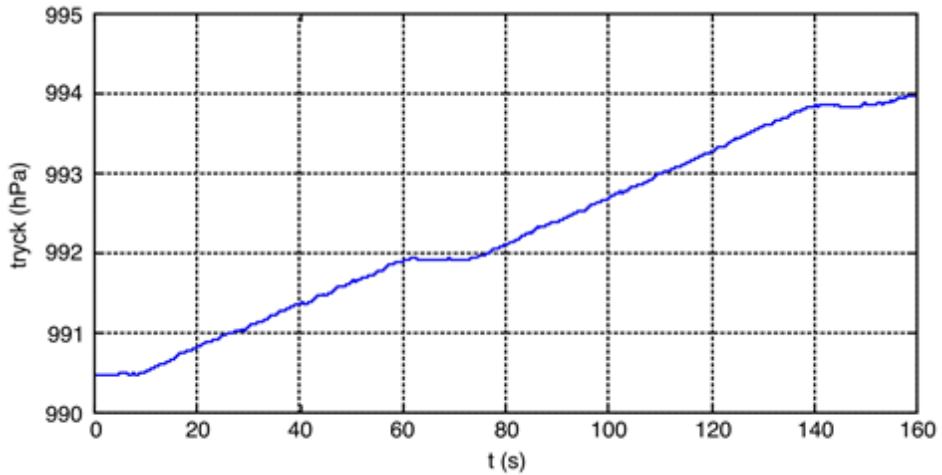
Tag fram telefonen och öppna en app för att använda sensorerna. Prova att skaka och rotera telefonen och se vad telefonen visar. En 3-dimensionell accelerometer som följer med kroppen mäter vektorn  $\mathbf{N}/m\mathbf{g} = (\mathbf{a}-\mathbf{g})/\mathbf{g}$  i kroppens koordinatsystem. Den registrerar alltså de krafter som upplevs av den som åker och kan ge ett inifrån-perspektiv på rörelsen.

I likformig rätlinjig rörelse är vektorsumman av normalkraftens komponenter alltid precis  $m\mathbf{g}$ , men fördelas över olika komponenter beroende på telefonens orientering. Om vi lutar den  $30^\circ$  uppåt kommer värdena att ändras från att visa "1" i uppåtriktningen till att i stället att visa  $\cos(30^\circ)$  i det som är "upp" för den som åker och  $\sin(30^\circ)$  i framåtriktningen. Figur 3 illustrerar också hur krafterna delas upp i det koordinatsystem som följer med kroppen.

När accelerationen,  $\mathbf{a}$ , är precis lika med tyngdaccelerationen,  $\mathbf{g}$ , visar accelerometern noll. Detta är en konsekvens av ekvivalensprincipen mellan tung massa (i  $m\mathbf{g}$ ) och trög massa (i  $m\mathbf{a}$ ). När inga andra krafter än tyngdkraften verkar så faller kroppen fritt och accelereras lika mycket som alla andra kroppar i fritt fall. Detta kan leda till inspirerande undersökningar även för yngre elever (PendriLL m.fl., 2014).

I en rulltrappa är accelerometern inte lika intressant - den kommer bara att visa "1" i ryggradens riktning. Däremot kan det vara intressant att använda telefonens barometer för att mäta hur lufttrycket ändras.





Figur 4. Lufttryckets ändring under en tur i en lång tvådelad rulltrappa mellan övre och nedre delen av Liseberg.

### **Lufttryck och höjd**

Utanför klassrummet kan man uppleva stora höjdskillnader, som också leder till skillnader i lufttryck. Som inledning kan man demonstrera barometern i Physics Toolbox Play och se hur trycket ändras redan när man flyttar telefonen uppåt och nedåt. (Den förväntade tryckskillnaden för en höjdskillnad  $h$  kan beräknas ur uttrycket  $\rho gh$ , där luftens densitet,  $\rho$ , är ca 1,3 kilogram per kubikmeter).

Figur 4 visar resultatet av en lufttrycksmätning i en lång, tvådelad rulltrappa på Liseberg. I anslutning till grafen kan man diskutera frågor som: Åkte telefonen uppåt eller nedåt? Hur hög var rulltrappan? Hur högt är varje steg om den nedre rulltrappan har cirka 87 steg? Hur snabbt rörde sig rulltrappan uppåt eller nedåt? Stämmer det med standarden 0,5 m/s för rulltrappors hastighet om rulltrappan lutar 30°?



Figur 5: En slinky ändrar längd beroende på upplevd tyngd.

## Acceleration – ändring av hastighet

I bildsekvensen från åkattraktionen Hissningen i figur 1 ser vi hur rörelsen efter en sekund ändras från att vara på väg upp till att vara på väg ned - en nedåtriktad acceleration - för att sedan vända och åka uppåt igen - en uppåtriktad acceleration. När hastigheten ändras känns det i hela kroppen. I diskussioner i anslutning till en tur blir det tydligt att de flesta elever inte är vana att diskutera kroppens upplevelser som en del av studier av rörelse inom fysiken (Eriksson & Pendrill, 2019). För att åskådliggöra kroppens upplevelser kan den som åker ta med sig en liten slinky - som det gungande barnet i figur 5. Slinkyns längd beror på den upplevda tyngden: Den är kortare högst upp och längre när man passerar den nedersta punkten. Slinkyns längd kan observeras både av den som åker



Figur 6: Korggunga. Mätdata i figur 7 har tagits upp med en telefon på botten av gungan

och av dem som tittar på, som stöd för gemensamma diskussioner (Bagge & Pendrill, 2002).

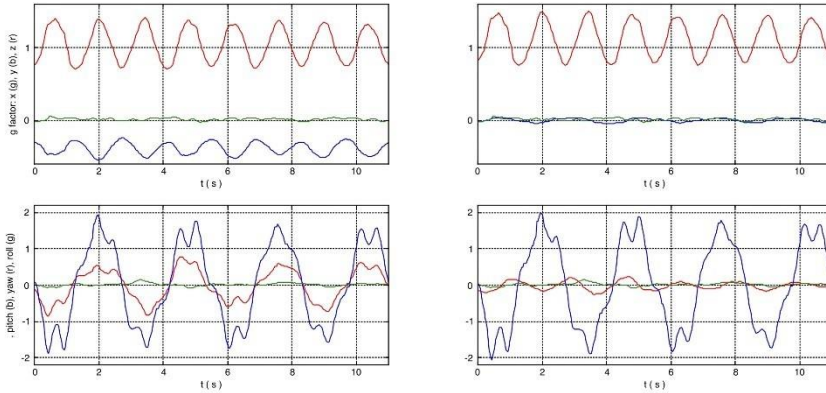
Slinkyns varierande längd illustrerar också hur vissa elektroniska accelerometrar fungerar, där avståndet mellan plattorna i en liten kondensator ändras vilket ger en elektrisk signal som registreras och kan bearbetas efteråt. Kraften på kroppen kan alltså bli matematik.

## Rotation

När det är vår egen kropp som rör sig blir det uppenbart att vi inte är punktpartiklar. Riktning spelar roll. För inte så många år sedan krävde rotationsmätningar specialutrustning och specialkompetens (Pendrill & Rödjegård, 2003). Idag finns utrustningen lättillgänglig i de flesta moderna telefoner. Rotationssensorn kommer väl till sin rätt tillsammans med accelerometer i studiet av pendelrörelser (se t.ex. Monteiro, Cabezo & Martí, 2013, Pendrill & Modig, 2018; Pendrill & Rohlén, 2011).

Prova att ta med telefonen i en vanlig lekplatsgunga som i Figur 5 eller en korggunga som i figur 6. I figur 7 visas accelerometer- och gyrodata från en telefon som lagts på botten av korggungan. Graferna till vänster i figur 7 är rådata från telefonen. Från accelerometergrafan syns att telefonens koordinataxlar inte varit helt korrekt orienterade: de enda krafter, förutom tyngdkraften, som påverkar pendeln kommer från kedjorna, och är riktade mot deras upphängningspunkter. Summan av krafterna från kedjorna är vinkelrätt mot gungans plan och det är bara denna axel av accelerometern som bör ge utslag - den röda grafen som är definierad som z-led i figur 3 (se ovan). I stället ser vi att den blå grafen som representerar kraft framåt eller bakåt (x-led) är nästan 40% av röda, men med omvänt tecken. Detta svarar mot en lutning på ungefär  $20^\circ$  framåt. Den totala kraften kan beräknas genom att ta absolutbeloppet av vektorn. Värdena som visas i graferna till höger i figur 7 har i stället beräknats genom att rotera koordinatsystemet, i detta fall med en vinkel ca  $20^\circ$  runt y-axeln.

I matematiska beskrivningar av pendelrörelse är det accelerationen i tangentens riktning som studeras. Eftersom accelerometern inte mäter acceleration utan komponenter av vektorn ( $\mathbf{a} - \mathbf{g}$ ) kommer den tangentiella accelerationen inte att ge något utslag i accelerometerdata. Däremot avspeglas vinkelaccelerationen som en ändring av vinkelhastigheten runt y-axeln ("pitch"). I rotationsdata i figur 7 syns dessutom en svag rotation runt z-axeln ("yaw"), men med annan period. Om korgen inte hålls i precis rätt läge innan den släpps får den också en torsionsrörelse utöver den rena pendelrörelsen.

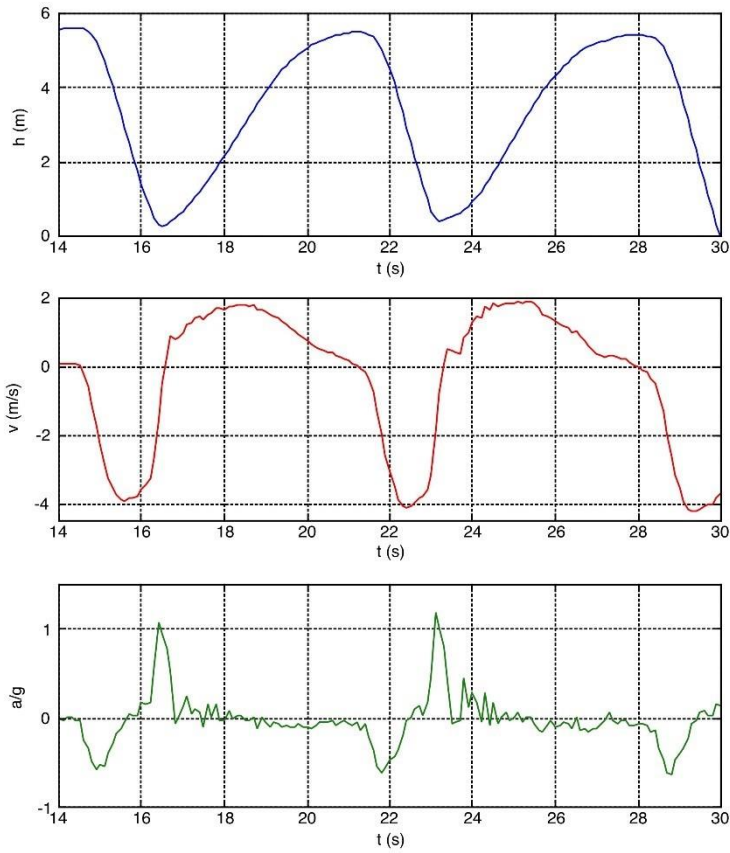


Figur 7: Accelerometer och gyrodata från en telefon på botten av korggungan i figur 6. Graferna till höger har erhållits efter en 20° rotation av koordinatsystemet runt y-axeln för att kompensera för telefonens lutning i gungan.

För att kunna rekonstruera en rörelse i tre dimensioner räcker det inte med en tre-axlig accelerometer. Det är lätt att se det från accelerometerdata i Figur 7, där avvikelserna från 1 är dubbelt så stora uppåt som nedåt, och under längre tid. Om man skulle tolka detta som kraft i en dimension skulle man få en netto-acceleration uppåt och högre och högre hastighet, medan vi vet gungan håller sig kvar i samma område och så småningom stannar i lägsta punkten. "Tröghetsnavigering" kräver att man också tar hänsyn till rotation runt de tre axlarna. Däremot räcker accelerometerdata för att kunna ta fram hastighet och läge om rörelsen bara är i en dimension, som i attraktionen Hissningen i figur 1. Detta diskuteras närmare i nästa avsnitt.

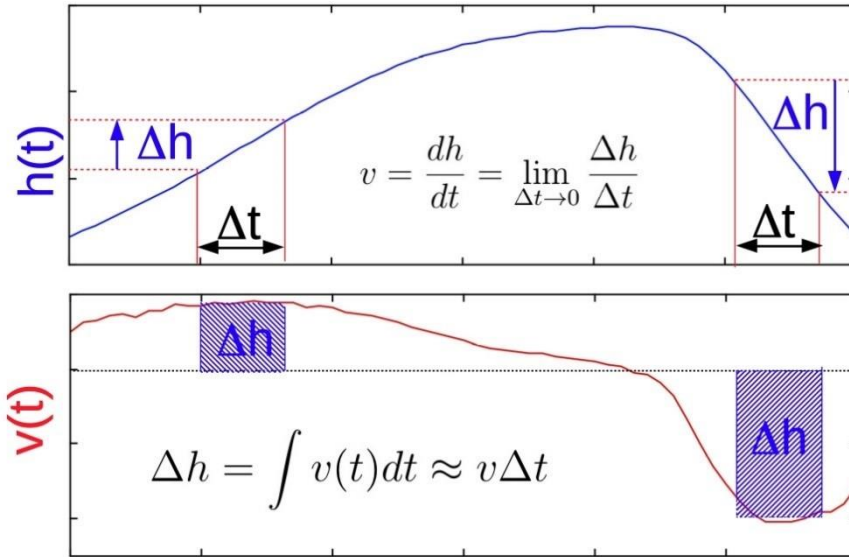
## Matematik eller fysik?

Att kunna tolka grafer är viktigt, inte bara inom fysik. Planinic, Ivanjek, Susac och Milin-Sipus (2013) har jämfört studenters förmåga att tolka grafer inom matematik, fysik och andra områden, och konstaterat att även om studenter behärskar de matematiska begreppen, så är det inte säkert att de spontant använder denna kunskap utanför matematiken. Att tolka av ytan under en graf verkar ofta vålla svårigheter, medan studenterna hade lättare att tolka lutningen av en graf. Detta noterades också när elever och studenter skulle ta fram grafer över höjd, hastighet och acceleration under trampolin hopp (Pendrill & Ouattara, 2017).



Figur 8: Höjd, hastighet och acceleration för två studsar i Hissningen.

Figur 2 visar en accelerometergraf för hela åkturen i Hissningen. Eftersom rörelsen är begränsad till en dimension kan accelerationen direkt uttryckas som  $\mathbf{a} = (\mathbf{N}/m + \mathbf{g})$ . Hastigheten kan sedan beräknas som en integral av accelerationen (d.v.s. en summa av numeriska värden) från en tidpunkt när attraktionen står stilla i högsta punkten och hastigheten alltså är noll. På samma sätt kan sedan höjden beräknas som en summa av de beräknade värdena för hastighet. Figur 8 visar acceleration, hastighet och höjd för två studsar i Hissningen (Eriksson & Pendrill, 2019).



Figur 9: Illustration av relationen mellan höjd och hastighet under en del av turen i Hissningen.

Relationerna mellan förflyttning, hastighet och acceleration är bland de mest typiska exemplen på derivator och integraler. För att komma från mätningen av acceleration till hastighet och höjd som visas i figur 8 används just ytan under graferna - inte bara färdiga formler för likformigt accelererad rörelse. När elever har autentiska data att arbeta med kan de mer allmänna relationerna mellan derivata och integral bli konkreta. I figur 9 visas ett exempel på hur ändringen i höjd mellan två tidpunkter ger ett mått på hastighet, medan ytan under hastighetsgrafen mellan motsvarande tidpunkter ger ett mått på höjdändringen. På detta sätt kan man alltså få en koppling mellan upplevelsen av kraft på kroppen, ändringen i hastighet och variationen i höjd, som i sin tur kan kopplas till bildsekvensen i Figur 1.

Likformigt accelererad rörelse är inte typisk i vardagen. Från en matematisk synvinkel kan man utan problem ta hänsyn till högre derivator. Derivatans av acceleration kallas ryck ("jerk") - och blir diskontinuerlig när accelerationen plötsligt ändras, som till exempel när man landar på en studsatta - eller lämnar den (se t.ex. Eager, Pendrill & Reistad, 2017). Från mätningarna kan man också uppskatta de följande derivatorna, som kallas "snap, crackle, pop" på engelska. På svenska har uttrycken sprak, knak och brak föreslagits (Alberg & Pendrill, 2017).

## Diskussion

Att ta fysiken utanför skolan kan vara ett värdefullt komplement till klassrumsundervisning. Ett klassbesök bland karuseller och berg- och dalbanor, till exempel på Fysikdagar på Liseberg eller Edutainmentdagar på Gröna Lund, kan ge många möjligheter till lärande, men det är viktigt med för- och efterarbete (Pendrell m.fl., 2013). Med telefonen som mätinstrument kan eleverna enkelt få med sig data att bearbeta och sedan diskutera i klassen. I denna artikel har några exempel på användningsområden för telefonen i studiet av rörelse presenterats, och som en hjälp att koppla ett matematiskt utifrån-perspektiv till det upplevda inifrån-perspektivet för den som åker.

## Referenser

- Alberg, H. & Pendrell, A.-M. (2017). Hastighet, acceleration, ryck – och sedan? *Nämnamnaren*, nr 4, s. 57.
- Andersson, B., Bach, F., Frändberg, B., Jansson, I., Kärrqvist, C., Nyberg, E., Wallin, A. & Zetterqvist, A. (2003). *Att förstå naturen - från vardagsbegrepp till fysik, sex "workshops"*. <https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/10627>
- Bagge, S. & Pendrell, A.-M. (2002). Classical Physics Experiments in the Amusement Park. *Physics Education* 37, 507, <https://doi.org/10.1088/0031-9120/37/6/307>.
- Eager, D., Ann-Marie Pendrell A.-M. & Reistad, N. (2016). Beyond velocity and acceleration: jerk, snap and higher derivatives. *European Journal of Physics*, 37, 065008 <https://doi.org/10.1088/0143-0807/37/6/065008>
- Monteiro, M., Cabeza, C. & Martí, A. C., (2014). Exploring phase space using smartphone acceleration and rotation sensors simultaneously. *European Journal of Physics*, 35 045013. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0143-0807/35/4/045013>
- Pendrell A.-M. & Eager, D. (2015). Studsmattematte - fritt fall och harmonisk svängningsrörelse. *Nämnamnaren*, nr 1, s. 37-42.
- Pendrell A.-M., Ekström, P., Hansson, L., Mars, P., Ouattara, L. & Ryan, U. (2014). The equivalence principle comes to school - falling objects and other middle school investigations. *Physics Education*, 49, 425, <https://doi.org/10.1088/0031-9120/49/4/425>
- Pendrell, A.-M., Kozma C. & Theve, A. (2013). Teacher Roles in amusement parks, Proceedings ICPE-GIREP, p 591-599, [http://tivoli.fysik.org/fileadmin/tiv-olifysik/english/ICPE-EPEC\\_2013\\_Pendrell\\_Kozma\\_Theve.pdf](http://tivoli.fysik.org/fileadmin/tiv-olifysik/english/ICPE-EPEC_2013_Pendrell_Kozma_Theve.pdf)

- Pendrill, A.-M. & Ouattara, L. (2017). Force, acceleration and velocity during trampoline jumps—a challenging assignment. *Physics Education* 52 065021, <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aa89cb>
- Pendrill, A.-M. & Rohlén, J. (2011). Acceleration and rotation in a pendulum ride, measured using an iPhone 4. *Physics Education*, 46 , 676, <https://doi.org/10.1088/0031-9120/46/6/001>
- Pendrill, A.-M. & Rödjegård, H. (2005). A roller coaster viewed through motion tracker data. *Physics Education*, 40, 522 <https://doi.org/10.1088/0031-9120/40/6/002>
- Planinic, M., Ivanjek, L., Susac, A. & Milin-Sipus Z. (2013). Comparison of university students' understanding of graphs in different contexts, *Physics Review ST Physics Education Research*. 9, 020103, <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevSTPER.9.020103>

## Författarpresentation



**Ann-Marie Pendrill** är sedan 2009 föreståndare för Nationellt resurscentrum för fysik vid Lunds universitet. Hennes vetenskapliga bakgrund är atomär beräkningsfysik. Hon har under många år använt nöjesparker och lekplatser som resurser i fysikundervisningen och kombinerar gärna enkla leksaker som visuella accelerometrar med matematik och data från telefonen eller annan elektronisk mätutrustning.





Tidigare nummer utgivna i serien Naturvetenskapernas och teknikens didaktik:

- Nr 1 2017: Från forskning till fysikundervisning. Bidrag från konferensen i Malmö 14–15 mars 2016
- Nr 2 2018: Teknikdidaktisk forskning för lärare. Bidrag från en forskningsmiljö
- Nr 3 2019: Forum för forskningsbaserad NT-undervisning.  
Bidrag från konferensen FobasNT18 13–14 mars 2018 i Norrköping

