



<http://www.diva-portal.org>

This is the published version of a paper presented at *Forum för forskningsbaserad NT-undervisning*.

Citation for the original published paper:

Andersson, J., Haglund, J. (2019)

Lärarstudenter konkretiserar energigenom energiteater

In: Karin Stolpe, Gunnar Höst och Andreas Larsson (ed.), (pp. 23-38). Linköping
Naturvetenskapernas och teknikens didaktik

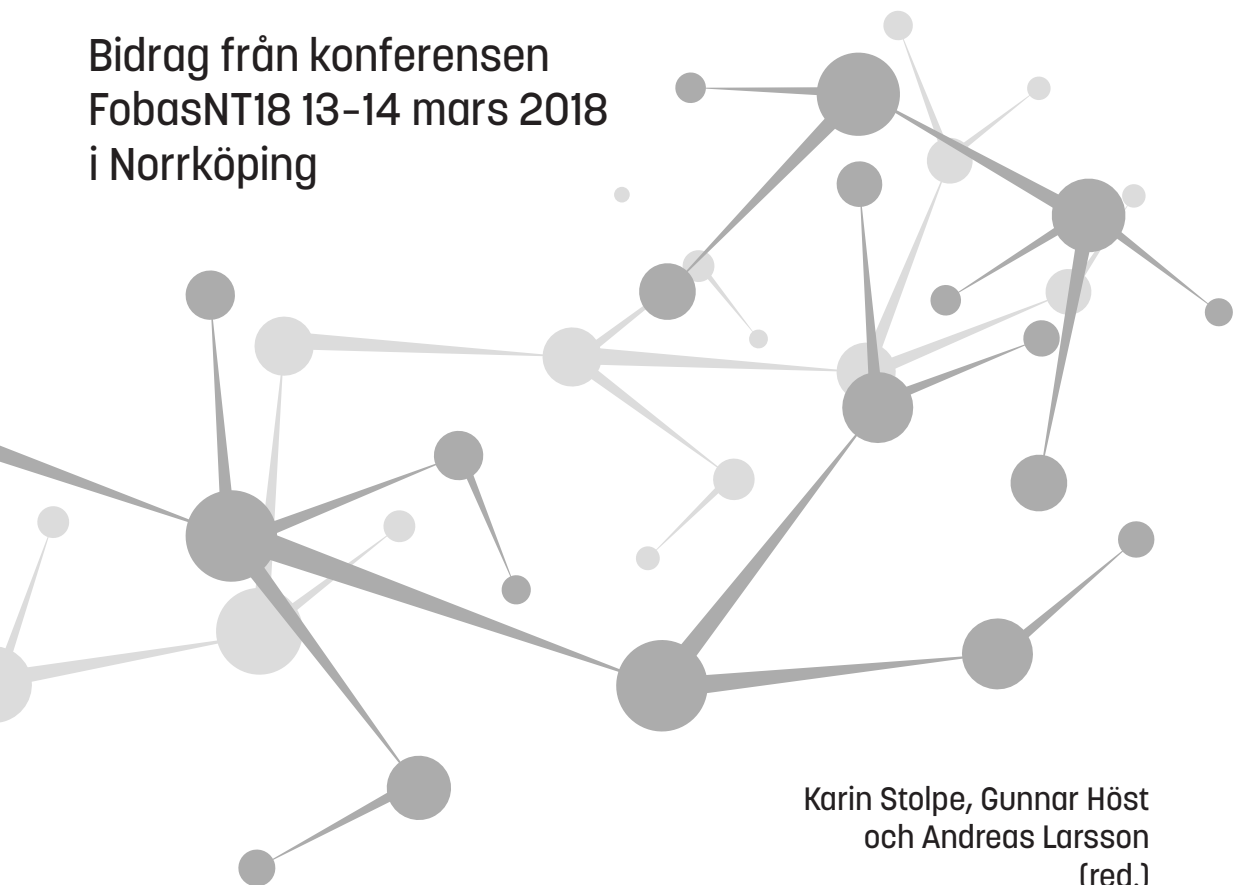
N.B. When citing this work, cite the original published paper.

Permanent link to this version:

<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kau:diva-72987>

Forum för forskningsbaserad NT-undervisning

Bidrag från konferensen
FobasNT18 13-14 mars 2018
i Norrköping



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

Lärarstudenter konkretiserar energi genom energiteater

Jan Andersson & Jesper Haglund

Institutionen för ingenjörsvetenskap och fysik, Karlstads universitet

Sammanfattning

Vid Karlstads universitet har vi sedan hösten 2017 infört energiteater som en aktivitet i fysikkurser på samtliga grund- och ämneslärarutbildningar. Energiteater kan betraktas som en kompletterande undervisnings- och inlärningsform, där studenter förväntas att i mindre grupper tillsammans diskutera och sedan gestalta förekommande energiformer och energiomvandlingar i olika vardagsscenarier. I den här studien har videoinspelningar av en grupps gestaltningar kring två skilda scenarier analyserats i syfte att klargöra på vilket sätt energiteater stimulerar studenternas kommunikation och interaktion. Scenarierna involverar de energiomvandlingar som sker då en studsboll studsar mot marken, respektive de energiomvandlingar som sker i ett snurrande änglaspel. Resultatet visar att energiteater i stor utsträckning stimulerar utforskande samtal mellan studenterna, vilket kan betraktas som en meningsskapande dialog. Aktivitetens karaktär bidrar till att alla deltagare blir aktiva och förtrogna med förekommande energiformer och energiomvandlingar. Planerandet och genomförandet av gestaltningen skapar spontana kvalitativa diskussioner kring flödet av energi mellan olika system, som på ett naturligt sätt motiverar studenterna att vidareutveckla själva gestaltningen. Vi menar att energiteater kan stärka lärarstudenternas egen förståelse av energi, men att den även kan erbjuda en möjlig alternativ undervisningsansats för lärarstudenterna i sin blivande roll som lärare i skolan.

Introduktion

Energibegreppet har ur ett historiskt perspektiv fått en allt mer framträdande och betydelsefull innebörd, både på en global politisk nivå men också för den enskilde individen. Ekonomiska och miljömässiga intressen befinner sig i en ständig dragkamp där energi ur ett hållbarhetsperspektiv ofta är i fokus. Samtidigt som människors genomsnittliga konsumtion av varor och tjänster tenderar att öka, eftersträvas en lägre energiförbrukning i jakten på det hållbara samhället. Energi är

idag ett brett begrepp som i en vardagskontext ofta förknippas med förbrukning av något slag. Att energibegreppet ur ett hållbarhetsperspektiv är något som alla samhällsmedborgare förväntas kunna förhålla sig till avspeglas tydligt i Skolverkets läroplaner, från förskoleklass upp till gymnasienivå (Skolverket, 2011). Energi är ett centralt begrepp i naturvetenskapen och NV-undervisningen. Samtidigt är det även ett svårt begrepp att förstå, inte minst på grund av dess abstrakta karaktär. Fundamentalt sett är energi en matematisk konstruktion, en storhet som har visat sig ha samma värde för ett fysikaliskt system och dess omgivning, oavsett vilka fysikaliska förändringar de genomgår (Feynman, Leighton och Sands, 1963). Med andra ord, i enlighet med energiprincipen (termodinamikens första huvudsats), är energin bevarad, den kan varken skapas eller förstöras.

NV-didaktikern Reinders Duit (1987) argumenterar för att lärare behöver finna sätt att konkretisera vad energi är för sina elever och studenter. En möjlig ansats är att betrakta energi som en sorts substans som finns i föremål eller system. Denna energi kan då på ett påtagligt vis omvandlas mellan olika energiformer, överförs från ett föremål eller system till ett annat, och den tenderar att spridas ut eller minska i kvalitet. På detta sätt kan elever dra nytta av sina erfarenheter av att interagera med olika substanser då de närmar sig energibegreppet.

Forskning har visat att många studenter och lärare inte strikt tillämpar energiprincipen när de analyserar mekaniska scenarion (Daane, McKagan, Vokos & Scherr, 2015). Att kunna hitta förekommande energiformer i olika händelseförlopp har visat sig vara en utmanande uppgift. Daane och kollegor menar att de energiformer som vi direkt kan uppfatta genom våra sinnen som exempelvis rörelse, ljud, höjd och värme, oftast är förhållandevis enkla att registrera. Dissipativa processer, där mekanisk energi gradvis övergår till värmeenergi både i det studerade objektet och till omgivningen, är enligt Daane och kollegor scenarier som för många är svårt att förklara utifrån energins bevarande. De menar att svårigheten i huvudsak beror på att den värmeenergi som utvecklas och fördelas i de olika systemen inte är märkbar. Det går helt enkelt inte att känna hur exempelvis friktionskraften som verkar mellan en puck som glider utefter isen uträttar ett arbete som blir till värmeenergi och slutligen får pucken att stanna. Två handflator som snabbt gnids mot varandra ger däremot direkt en upplevelse av hur händernas rörelseenergi övergår till värmeenergi.

Energiteater

Vid Seattle Pacific University (SPU) har Rachel Scherr och kollegor utvecklat Energy Theater som en undervisningsansats för att konkretisera vad energi är. Utgående från synen på energi som något som finns i föremål iscensätter deltagare olika fysikaliska processer som involverar omvandling och överföring av

energi. Vi tror att implementering av energiteater i undervisningen kan vara ett bra komplement till den mer traditionella undervisningen inom området, och har från och med hösten 2017 börjat använda energiteater som en aktivitet på fysikkurser på lärarutbildningen.

Energiteater är en inlärningsaktivitet där energi betraktas som en bevarad substans vilken kan ändra skepnad, vara lokaliserad i ett system och/eller överförs mellan olika system (Scherr et al., 2013). Varje system eller objekt i ett tänkt scenario representeras av ett område på golvet, inringat med hjälp av ett rep. Varje deltagare representerar en energienhet, som kan skifta mellan olika energiformer. Varje energiform gestaltas med ett i gruppen överenskommet tecken. Målet med energiteater är att studenterna ska förstå hur energi flödar och transformerar i verkliga vardagsscenarion, samtidigt som de tillämpar principen att energin alltid är bevarad (Daane, Wells & Scherr, 2014).

Reglerna för energiteater är följande (Scherr et al., 2013):

- Varje person som deltar symboliserar en energienhet i scenariot.
- Områden på golvet representerar olika föremål eller system i scenariot.
- Varje person kan bara representera en energiform i ett visst ögonblick.
- Varje person gestaltar sin energiform på något sätt, oftast genom ett tecken med handen.
- Personer rör sig från ett område till ett annat i takt med att energi överförs mellan föremålen, och ändrar tecken med handen när energin ändrar form.
- Antalet personer i ett visst område motsvarar energimängden som finns i objektet vid det specifika tillfället.

Daane med kollegor (2014) betonar att med hjälp av energiteater kan transport av energi och energiomvandlingar symboliseras som synliga händelser, där studenterna måste konfronteras med rådande kausala mekanismer. Det faktum att energi inte går att skapa eller förstöra blir i och med gestaltningen tydligt för deltagarna. Daane med kollegor framhåller även energiteaterns mångsidighet, där energiomvandlingar i elektriska kretsar likaväl som att åkturer i bergodalbanor kan gestaltas och diskuteras.

Kommunikationens roll

Mycket av undervisningen inom naturvetenskapliga ämnen har fokus kring det undersökande arbetssättet samt kring det material och den utrustning som finns tillgängligt i klassrummet. Många gånger glöms det dock bort att det är genom samtal som lärare och studenter har möjlighet att utbyta idéer och utveckla förståelse (Hackling, Smith & Murcia, 2010). Även Lemke (1990) framhåller språkets betydelse för att kunna lära sig naturvetenskap, men betonar att lärare måste

lämna det traditionella samtalsmönstret där läraren ställer frågor, studenten svarar, varpå läraren utvärderar om svaret är korrekt eller inte. Lemke menar att den typen av samtal lämnar litet eller inget utrymme för studenterna att ta egna initiativ i dialogen.

Diskussioner mellan studenter kring naturvetenskapliga begrepp och fenomen är betydelsefulla för att klargöra och förtydliga studenternas egna uppfattningar (Hart, Mulhall, Berry, Loughran & Gunstone, 2000). Det förutsätter också att studenterna erbjuds aktiviteter som stimulerar naturvetenskapliga diskussioner (Mercer och Dawes, 2009). Barnes och Todd (1995) genomförde tidigt studier av hur elevers samtal i mindre grupper är strukturerat och införde begreppet ”*utforskande samtal*”. Denna typ av samtal kännetecknas av att personerna ställer frågor till varandra, ifrågasätter påståenden, bygger vidare på varandras uttalanden och på så vis skapar en gemensam förståelse kring ett fenomen, händelse eller begrepp. Barnes och Todds primära syfte var att hitta strukturer i elevernas samtal som leder till lärande. Baserat på sina studier framhåller de att det utforskande samtalet är meningsskapande och därmed eftersträvansvärt i utbildningssammanhang. Mercer (1995) definierade ytterligare två samtaltyper: ”*disputerande samtal*” och ”*kumulativa samtal*”. Disputerande samtal kan ses som ett konfliktbaserat samtal. I ett sådant samtal kommer inte deltagarna överens och deras påståenden bemöts men nya motstridiga påståenden, där sakfrågan tenderar komma i skymundan då deltagarna fokuserar på att vinna debatten som uppstått. Konflikterande samtal startar ofta som utforskande samtal men i takt med att motstridiga uppfattningar yttras kan samtalet övergå till att bli av mer konfliktbaserad karaktär. Det kumulativa samtalet kännetecknas av att deltagarna för mer av ett oreflekterat samtal där yttranden bekräftas utan att personerna kritiskt ifrågasätter varandras uttalanden.

Andersson och Enghag (2017) har visat att designen av det laborativa arbetet i fysik har en tydlig inverkan på hur kommunikationen mellan gymnasieelever struktureras och byggs upp. Mer styrda aktiviteter tenderar att stimulera samtal av mer kumulativ karaktär som ofta driver arbetet framåt utan att nödvändigtvis tillföra ny kunskap. Aktiviteter där eleverna i större utsträckning involveras i hur en undersökning ska genomföras, genererar däremot samtal av mer utforskande karaktär.

Praktiskt arbete sker oftast i mindre grupper, vilket skapar förutsättningar att på ett naturligt sätt få möjlighet att diskutera och prata fysik på deltagarnas egna villkor. Vi anser att mer forskning behövs för att bättre förstå hur olika undervisningsformer som exempelvis gestaltning kan användas för att öka studenters förståelse för energibegreppet och termodynamikens lagar. En analys av studenternas interaktion och kommunikation vid planering och genomförande av energiteater kan här bidra med sådan kunskap.

Syfte och frågeställning

I den här studien vill vi undersöka hur energiteater stimulerar lärarstudenters kommunikation och interaktion kring energiformer och energiomvandlingar utifrån följande frågeställning: *Hur interagerar och kommunicerar blivande grundskollärare kring energi och energiomvandlingar genom energiteater?*

Metod

För att besvara forskningsfrågan användes en kvalitativ ansats där lärarstudenters kommunikation analyserades både på en lingvistisk och kognitiv nivå. Studien fokuserar speciellt på två scenarier där studenterna ombads att gestalta förekommande energiformer och energiomvandlingar genom energiteater. Det första scenariot handlade om en boll som släpptes mot marken och studsade flera gånger innan rörelsen slutligen avstannade helt. Det andra scenariot kretsade kring ett så kallat änglaspel, där värmen från fyra tända stearinljus medförde en rotation hos tre änglaffigurer, vars slagverk skapade ett plingande ljud vid kontakt med två intilliggande bjällror. Totalt deltog 37 studenter i övningen, vilka samtliga läste termin 5 med inriktning mot NO och teknik på grundlärarprogrammet F-3. Energiteater ingick som ett planerat obligatoriskt moment i delkursen i fysik. Hälften av studenterna genomförde passet under en förmiddag och resterande studenter genomförde passet på eftermiddagen samma dag. Studenterna arbetade i mindre grupper om 4–6 personer i varje grupp. Samtliga studenter hade informerats och bjudits in att delta i forskningsprojektet vid en tidigare föreläsning. Sex studenter som deltog på förmiddagspasset, och lika många studenter som deltog på eftermiddagen hade givit sitt skriftliga samtycke att delta i forskningsstudien. Dessa två grupper placerades i ett avskilt rum, där deras genomförande av övningen spelades in med videokamera.

Dagen innan hade studenterna haft en föreläsning om energibegreppet och olika energiomvandlingar. Begrepp som lägesenergi, potentiell energi, rörelseenergi och kinetisk energi, samt värme och temperatur hade då översiktligt introducerats och diskuterats.

Energiteaterpasset inleddes med en gemensam genomgång om vad energiteater är och hur den skulle genomföras. Ringar av rep lades ut på golvet i syfte att symbolisera olika föremål eller områden. De studenter som valt att delta i forskningsstudien kallades fram och fick agera som statister när reglerna för energiteater presenterades. Särskilt betonades att varje student som deltog representerade en, och endast en energienhet, samt att om en person gick från en ring till en annan så representerade det att energi överfördes från ett föremål till ett annat. Ett scenario där en påse med blyhagel släpps från ett par meters höjd och faller ned och blir liggande på golvet presenterades och diskuterades gemensamt.

Efter att tillsammans ha klarlagt vilka energiformer och energiomvandlingar som äger rum, samlades studenterna i en av ringarna på golvet som representerade påsen med blyhagel. Studenterna enades sedan om vilka tecken de skulle använda för de olika energiformerna, gravitationell lägesenergi, rörelseenergi och termisk energi (på denna undervisningsnivå typiskt beskrivet som ”värmeeenergi”). Sedan genomfördes själva gestaltningen.

I det här skedet var läraren med och genomförde förloppet tillsammans med gruppen, inför övriga studenter. Studenterna uppmanades att fundera på om och hur deras gestaltning successivt skulle kunna utvecklas till att inbegripa fler energiformer. Efter detta presenterades det första scenariot med studsbollen varpå de olika grupperna gavs tid att först enskilt arbeta med gestaltningen för att därefter återsamlas för att visa och diskutera gruppernas olika gestaltningar.

Analysmetod

För att kunna besvara forskningsfrågan genomfördes en övergripande diskursanalys av en grups interaktion och kommunikation, utifrån en analysmodell utvecklad av Andersson och Enghag (2017). Sex studenters gemensamma gestaltning av två scenarier med hjälp av energiteater har analyserats. Videoinspelningarna har analyserats utifrån analysmodellens fyra huvudfrågor (se Figur 1). I den första fasen analyseras studenternas *interaktion*. Vi studerade hur eleverna kommunicerar på en lingvistisk nivå genom att söka efter diskursiva steg som är typiska för de olika samtalstyperna, samt hur studenterna interagerade på en kognitiv nivå. I fas två av analysen var fokus på *innehåll*, utifrån de begrepp som diskuterades på en lingvistisk nivå, samt vilka underliggande syften på en kognitiv nivå som studenterna gav uttryck för.

| | Interaktion (Hur?) | Innehåll (Vad?) |
|--|---|--|
| Lingvistisk nivå: | <i>Diskursiva steg:</i> | <i>Innehåll:</i> |
| Samtal som steg i dialogen och i innehållet. | Hur pratar studenterna med varandra? | Vilket innehåll är i fokus och vilka begrepp diskuteras? |
| Kognitiv nivå: | <i>Aktion:</i> | <i>Syften:</i> |
| Samtal som handling och tanke | Hur interagerar studenterna medan de arbetar med uppgiften? | Vilka syften uttrycker studenterna? |

Figur 1. Princip för diskursanalys reviderad av Andersson och Enghag (2017).

Analys och resultat

Varje scenario analyserades var för sig och presenteras här som två fristående analyser, varpå resultat sedan jämförs och diskuteras utifrån tidigare studier kring energiteater som undervisningsform, samt kommunikationens betydelse för inlärning. Alla namn som figurerar i transkripten är fingerade. Siffror inom parentes i transkriptet symboliserar antal sekunder som talaren gör paus i sitt uttalande. Text inom hakparenteser används för att symbolisera uttalanden som sker samtidigt från två eller flera personer.

Scenario 1 – Energiomvandlingar hos en studsande boll

De sex studenterna började omgående att diskutera vilka energiformer och energiomvandlingar som förekommer när bollen studsar och antas komma upp till samma höjd som bollen släpptes från. Resonemang från en tidigare föreläsning, där en animation visade hur energistaplar för läges- och rörelseenergin varierade för en skateboardåkare som åker fram och tillbaka i en ramp, användes här av en student för att beskriva studsbollens energiomvandlingar. Samtidigt som diskussionen pågick hade studenterna knutit ihop ändarna på två rep och lagt dem på golvet så att varje rep bildade ett eget slutet område. Studenterna arbetade med uppgiften totalt i ca 25 min, och återvände sedan till övriga grupper för en gemensam diskussion och genomgång. Det första transkriptet är ifrån denna inledande ordväxling:

Erika: Det kommer bli som i skateboardrampen! Man såg staplarna som går upp och ned. Dom kommer att komma igång. Det är det som kommer hända!

Mimmi: Mm.

Erika: Det är samma princip.

Mimmi: Fast på skateboarden så slår dom inte.. (2) här blir det ju nått.. (knäpper och rycker till med ena handen för att visa att det inte är en jämn rörelse som i skateboardrampen).

Erika: Men den kommer ner på backen, vänder och kommer upp till samma höjd, så det blir ju ändå. (Visar samtidigt med händerna hur tänkta energistaplar går upp och ned som i animeringen).

Mimmi: Fast den kommer ned på backen, vänder och kommer upp på samma..

Petra: Det blir samma lägesenergi.

Anna: Det måste ju bli värmeenergi när den slår i marken då.

Erika: Men det struntar [vi i!].

Karin: [Han sa att vi kunde bort] bortse ifrån det i en perfekt värld. För om vi skulle räkna med eller ta med värmeenergi och ljudenergi så skulle den inte komma hela vägen upp.

Hur kommunicerar studenterna? Det inledande samtalet mellan studenterna blir genast av utforskande karaktär, där Erika gör jämförelser mellan bollen och skateboardåkarens energiomvandlingar. Mimmi lyssnar och reflekterar över Erikas påstående och uppmärksammar henne på att rörelserna inte är riktigt lika. Petra stödjer Mimmis uttalande och menar att det blir lägesenergi på toppen. Anna, som lyssnat, för diskussionen vidare genom att påpeka att det måste bli värmeenergi när bollen slår i marken, men Erika och Karin erinrar sig att de har fått anvisningen att bortse ifrån eventuella energiförluster i scenariot. När studenterna har fastställt vilka energiformer de ska använda övergår samtalet efter denna dialog till att bli av mer kumulativ karaktär, där de ger varandra instruktioner om vem som ska göra vad och hur de ska agera. Uttalanden och uppmaningar bekräftas snarare än att ifrågasättas. De kumulativa samtalen uppstår här i samband med och under själva gestaltningen.

Hur interagerar studenterna när de jobbar med uppgiften? Inledningsvis bestämmer sig studenterna för att gestalta en boll som släpps och faller mot golvet och sedan studsar upp till samma höjd som den släpptes från. Till att börja med råder det en viss tveksamhet kring hur de ska förhålla sig till de två områdena på golvet, markerade med rep.

Karin tar outtalat på sig en ledarroll och placerar sig lite vid sidan av, vänder sig till övriga och kommer med förslag på hur de ska gå tillväga. Alla studenterna är samtidigt engagerade och jobbar tillsammans för att genomföra gestaltningen på ett bra sätt. De enas om att behålla samma tecken för läges- och rörelseenergi som användes under introduktionen. Studenterna ställer upp sig på en rad i ett område begränsat av ett rep som de låter representera bollen. Lägesenergi representerar de genom att hålla ena handen stilla i höjd med huvudet. Rörelseenergi

representeras genom att de trummar med fingrarna, ungefär som om de skulle låtsas spela piano (se Figur 2).



Figur 2. Energiomvandlingar i en studsande boll. Studenterna gestaltar energiomvandlingarna som sker när en boll studsar mot golvet. Studenterna till vänster gestaltar lägesenergi och studenterna till höger rörelseenergi.

De bestämmer samtidigt att raden de står i symboliserar var bollen befinner sig i höjddled, där första personen i raden representerar bollens högsta höjd och sista personen i raden representerar när bollen är i kontakt med marken. Under själva gestaltningen, som sker under tystnad, är alla fokuserade och nickar instämmande till varandra som bekräftelse på att de gör rätt. Diskussionerna är drivande och de lyssnar, reflekterar och ger kommentarer kring varandras uttryckta tankar och idéer. Själva gestaltningen förefaller fungera som en kontroll för de medverkande, om deras tolkning av bollens energiomvandlingar är trovärdiga. Det är tydligt att genomförandet av gestaltningen väcker nya tankar hos individerna, utifrån uppvisat engagemang och vilja att vara delaktig. Två av studenterna som inte deltog så mycket i de inledande diskussionerna blir under gestaltningen mycket mer involverade och drivande i samtalen. En förutsättning för att gestaltungsövningen ska kunna genomföras är att alla studenterna når en samsyn kring scenariots händelseförlopp ur ett energiperspektiv. Studenternas aktiva deltagande i gestaltningen leder här till ett gemensamt meningsskapande.

Vilket innehåll är i fokus och vilka ämnen diskuteras? I det inledande samtalet diskuterar studenterna vilka energiformer som är inblandade när bollen faller och studsar mot marken. Både Erika och Mimmi pratar mycket om energi utan

att använda fysikaliska begrepp. De gör kopplingar till tidigare diskussioner om energiomvandlingar. Mimmi menar att det är skillnad mellan bollen och skateboardåkarens rörelse. Anna och Karin utvecklar resonemanget genom att införa begrepp som lägesenergi och värmeenergi i diskussionen. Den friktionsfria modellens trovärdighet ifrågasätts och de enas om att genomföra två olika gestaltningar, en där de bortser från värmeenergi och en där de tar hänsyn till värmeenergi. Vid gestaltningen av förloppet då hänsyn tas till att rörelseenergi omvandlas till värmeenergi, uppkommer diskussioner om hur mycket värmeenergi det handlar om i bollen, respektive i golvet.

Vilka underliggande syften uttrycker studenterna under arbetets gång? Studenterna visar förståelse för den idealiserade situationen där studsbollen studsar tillbaka till samma höjd som den släpps ifrån. De är medvetna om att det är en orealistisk situation och visar det också i sin gestaltning genom att diskutera hur många cykler som faktiskt behöver gestaltas. I nästa moment när de tar hänsyn till att en del av rörelseenergin omvandlas till värmeenergi, börjar studenterna diskutera vad som egentligen händer vid själva studsens och enas om att det där temporärt blir någon form av elastisk energi. De syften som annars uttrycks under själva genomförandet är i huvudsak förknippat med upplägget av gestaltningen, hur och när de ska övergå från en energiform till en annan.

Scenario 2 – Energiomvandlingar hos ett änglaspel

Vid det här laget var studenterna väl förtrogna med energiteater som koncept och började omgående resonera kring vilka energiformer som är involverade i änglaspelet (se Figur 2). De konstaterade direkt att det här scenariot skiljde sig från den studsande bollen. Mimmi menade att här tillkommer det hela tiden ny energi i jämförelse med studsbollen. Anna påpekade att energin är begränsad tills ljusen brunnit ut. En student var noga med att uppmärksamma övriga på att hon inte förstått det fysikaliska fenomenet som fick änglarna att börja snurra när stearinljusen tänts. Detta ledde in studenterna på ett resonemang kring konvektion, där varm luft stiger uppåt och får propellern att snurra på samma sätt som om någon skulle blåsa på den. De enades om att det är den varma luften som skapar rörelsen och övergick sedan till att diskutera vart värmen tar vägen. De insåg att de enklare kunde följa energiflödet genom att påbörja planeringen av gestaltningen och övergick sedan till att diskutera hur många olika områden de borde ha på golvet för att kunna representation för de olika ingående systemen.

Erika: Men jag tänker värmen (2) försvinner väl inte?

Petra: Alltså! Den försvinner ju sen, alltså [den stiger ju upp men sen..]

Erika: [Ja, precis] men det är ju inte värme som blir rörelseenergi?

Mimmi: Men vi kan inte blanda ihop temperaturen och energin nu.

Erika: Nej, det är sant! Men jag tänker, men alltså att det fortsätter (1). Det blir ju inte svalt bara för att den börjar snurra, så då finns ju fortfarande värmeenergi kvar.

Karin: Men den sprider sig och går ut också?

Erika: Ja precis, men jag tänker att det är ju inte som när bollen studsar. Att (Erika smäller ihop händerna hårt) där tar bollens rörelseenergi slut, alltså värmeenergin tar inte slut så fort den börjar snurra utan det kommer ju gå omlott.

Mimmi: Men det blir så här att om det här är värmestrålningen eller vad det heter.

Erika: Mm, värmeenergin. Ja.

Mimmi: Värmeenergin, Och här så har vi ett blad, och så träffar den här kanske här på bladet som gör så att det snurrar så fortsätter ju en del uppåt.

Erika, Anna: [Ja].

Mimmi: Det är ju inte så att alla träffar utan en del av den energin fortsätter upp i luften och den hamnar ju där och värmer luften, för det blir ju varmare om man tänder ett ljus.

Erika, Anna: [Ja].

Mimmi: Men det finns ändå, eftersom den är vinklad som en propeller är det ändå några som träffar propellern (2) som gör att den snurrar vilket gör att..

Erika: Ja, propellern kommer ju att bli varm.

Mimmi: Ja precis, så visst går till att träffa propellern, det blir rörelseenergi men den blir också lite varm, och viss värmeenergi går liksom, träffar aldrig propellern utan den går upp i luften.

Anna: Mm, men frågan är om man ska ha med, eller ha med, men det blir även ljusenergi av ljusen eller om man ska bortse ifrån det.

Mimmi: Vi kan ju börja lätt med de här tre formerna värmeenergi, rörelseenergi, ljudenergi, sen kan man lägga på för sen blir även värmeenergi på den här..

Karin: Sa du ljudenergi?

Anna: Ja, för den låter varje gång den går på, då plingar den, så där måste vi nästan ha med ljudet.

Mimmi: För det är ju en stor del av den där (3) Vad heter det?

Erika: Änglaspelet.

Hur kommunicerar och interagerar studenterna? Även i det här scenariot är de inledande samtalen av utforskande karaktär där de enskilda studenterna ger uttryck för hur de uppfattar omvandlingen av värmeenergi. Studenterna tar sig tid för att lyssna på varandra och kommer med inlägg som driver samtalet vidare. I ovanstående konversation är det inledningsvis Erika som söker kunskap och Mimmi delger för övriga studenter hur hon ser på händelseförloppet. Mimmis förklaringar accepteras men ifrågasätts emellanåt för att bringa klarhet och för att nå en ökad förståelse. När studenterna senare börjar med gestaltningsövningen skiftar samtalet återigen snabbt till att bli av övervägande kumulativ karaktär. Studenternas samtal består då mestadels av att de ger varandra instruktioner, hur de ska röra sig mellan områdena på golvet. Efter genomförda repetitioner blir det emellanåt inslag av kortare utforskande samtal, där gestaltningen utvärderas och revideras.

Hur interagerar studenterna när de jobbar med uppgiften? Studenterna inser att de behöver gestalta energiomvandlingarna för att kunna få en bättre helhetsbild över förekommande energiomvandlingar. De markerar fyra områden på golvet som representerar ljuset, propellern, klockspelet och omgivningen (se Figur 3). De arbetar målmedvetet och vid varje repetition upptäcks moment i gestaltningen de vill utveckla. Gestaltningen blir här en skapande aktivitet som studenterna tillsammans regisserar. Resultatet blir betydelsefullt för aktörerna som spontant eftersträvar progression. Vid ett tillfälle representerar två personer ljudenergi när gestaltningen anses vara genomförd. Studenterna inser då att ljudet från änglaspelet är beroende av att ljuset fortfarande lyser. Gestaltningen hjälper här studenterna att synliggöra brister i sitt resonemang, som troligtvis inte skulle framkommit via diskussioner enkom.



Figur 3. Änglaspelets utseende (vänster). Gestaltning av energiomvandlingar i ett änglaspel (höger). Studenterna ska påbörja gestaltningen och har markerat fyra områden på golvet med rep. Ringen de står i representerar stearinljuset och studenterna har armarna i kors som ett tecken på att de i den situationen representerar lagrad energi.

Vilket innehåll är i fokus och vilka begrepp diskuteras? Studenterna betraktar energin som någon sorts materiell substans som flödar från ljuset och sprids till änglaspelets propeller, vidare till klockspelet. Parallellt flödar också energi från ljuset till omgivningen. Fokus ligger på det perceptibla händelseförloppet, där energiflödet utgår från ljuset i form av lagrad energi, för att sedan bli till värmeenergi och ljusenergi. I den konversationen som presenterats ovan blir studenternas syn på energi som någon form av substans tydlig, då Mimmi beskriver värmeenergin som sprids till propellern som att det är "några" som träffar propellern och får den att snurra. Studenterna inför successivt fler energiformer. Energin från ljuset sprids till största delen till omgivningen medan en del av värmeenergin omvandlas till rörelseenergi i propellern. Rörelseenergin blir enligt studenterna sedan till ljudenergi och värme i klockspelet. De för resonemang om mängden energi som bör avsättas till respektive energiform men konstaterar att de behöver vara fler personer i gruppen för att kunna gestalta det på ett trovärdigt sätt. De koncentrerar sig istället på att gestalta flödet av energi i en cykel från stearinljuset till ljud- och värmeenergi. Ingen av deltagarna för dock energiflödesresonemanget vidare och ifrågasätter därför inte vad som sker med värmeenergin i ett senare skede.

Vilka underliggande syften uttrycker studenterna under arbetets gång? I de inledande diskussionerna framstår syftet främst vara att förstå de fysikaliska mekanismerna som får änglaspelet att rotera, samt att i gruppen förhandla fram en gemensam bild av energiflödet. Studenterna visar förståelse för att värmeenergi

har en relativt låg energikvalité genom att betona att bara lite av värmeenergin från ljuset övergår till rörelseenergi i propellern. De nämner dock aldrig begreppet energikvalité. Det sker en tydlig progression i studenternas förståelse av hur energin transformeras och sprids i systemen i takt med att de repeterar och undan för undan reviderar och förbättrar gestaltningen. Den inledande förvirrande blicken som kan skönjas hos några studenter ersätts successivt med ett mer självsäkert och tryggt beteende, där studenterna ifrågasätter och kommer med förslag. Gruppen skapar här en gemensam förståelse och kunskap som de verkar värdesätta.

Diskussion

Energiteater skapad av Scherr och kollegor (2013) stimulerar på ett naturligt sätt utforskande samtal, särskilt i den inledande fasen av övningarna då deltagarna ska bestämma vilka energiformer, -omvandlingar, och -överföringar som ska gestaltas. Energiteater är en undervisningsform som passar bra för grundlärarstudenter, då det hjälper dem att konkretisera och förkroppsliga det abstrakta begreppet energi och olika energiformer. Energins bevarande – termodynamikens första huvudsats – är så att säga redan inbyggd i reglerna för energiteater. Ingen deltagare, och därmed inte den energienhet han eller hon representerar kan plötsligt försvinna. Studenterna i den här studien kommer fram till samma resultat som deltagarna i studien genomförd av Daane och kollegor (2015), nämligen att energin tenderar att omvandlas till värmeenergi och spridas ut till omgivningen, i linje med termodynamikens andra huvudsats. Med änglaspelet omvandlas visserligen värme till mekaniskt arbete under förloppet, vilket kan ses som en typ av värmemaskin, men i slutänden kommer det att stanna och energin spridas ut i rummet. Vår erfarenhet av att införa energiteater i lärarutbildningen är att vissa studentgrupper spontant uppmärksammar att värme kan omvandlas till mekanisk energi, dock inte alla.

Utifrån analysen blir det tydligt att gestaltningen bidrar till att synliggöra deltagarnas förståelse av energibegreppet på ett sätt som inte skulle ha framkommit genom enbart diskussioner. Aktiviteten ställer indirekta krav på att studenterna är aktiva, vilket är en förutsättning om de tillsammans ska kunna genomföra och lyckas med gestaltningen. Även om reglerna för energiteater skapar en styrd aktivitet har studenterna stor frihet att själva välja hur de vill utföra aktiviteten.

De studenter som deltog i den här studien visade ett stort engagemang för övningen och eftersträvade hela tiden att utveckla gestaltningen av scenariona. Här har läraren som håller i undervisningsmomentet en viktig roll att fylla. Ge-

nom att ifrågasätta hur deltagarna tänkt kring val av förekommande energiformer och områden, kan läraren stimulera till fortsatta fördjupade diskussioner och ökad förståelse.

Vi upplever att introducerandet av energiteater i fysikkurser på lärarutbildningen varit övervägande positivt, främst för att det bidrar till ökad förståelse för energibegreppet bland lärarstudenterna, men också för att det ger dem ytterligare ett verktyg att använda för att öka elevers förståelse för energibegreppet.

Referenser

- Andersson, J., & Enghag, M. (2017). The relation between students' communicative moves during laboratory work in physics and outcomes of their actions. *International Journal of Science Education*, 39(2), 158–180.
- Barnes, D., & Todd, F. (1995). *Communication and learning revisited: Making meaning through talk*. Portsmouth: Boynton/Cook.
- Daane, A. R., McKagan, S. B., Vokos, S., & Scherr, R. E. (2015). Energy conservation in dissipative processes: Teacher expectations and strategies associated with imperceptible thermal energy. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(1), 1–15.
- Daane, A. R., Wells, L., & Scherr R. E. (2014). Energy Theater. *The Physics Teacher*, 52, 291–294.
- Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. (1963). *The Feynman lectures on physics*. Vol. 1-3. Reading, UK: Addison-Wesley.
- Hackling, M., Smith, P., Murcia, K. (2010). Talking science: Developing a discourse of inquiry. *Teaching Science*, 56(1), 17–22.
- Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., & Gunstone, R. (2000). What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing Experiments? *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 655-675.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning and values*. Norwood New Jersey: Ablex Publishing Cooperation.
- Mercer, N. (1995). *The guided construction of knowledge: Talk amongst teachers and learners*. Clevedon: Multilingual Matters.
- Mercer, N., Dawes, L., & Staarman, J. K. (2009). Dialogic teaching in the primary science classroom. *Language and Education*, 23(4), 353–369.
- Duit, R. (1987). Should energy be illustrated as something quasi-material?, *International Journal of Science Education*, 9(2), 139-145.
- Scherr, R. E., Close, H. G., Close, E. W., Flood, V. J., McKagan, S. B., Robertson, A. D., ... Vokos, S. (2013). Negotiating energy dynamics through embodied action in a materially structured environment. *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 9(2), 201-205.

Skolverket (2011). *Läroplaner, ämnesplaner och kursplaner*. Hämtad från:
<https://www.skolverket.se/laroplaner-amnen-och-kurser>.

Författarpresentationer



Jan Andersson har disputerat i fysikdidaktik vid Karlstad Universitet, där han undervisar i fysikkurser på lärarutbildningen. I sin forskning har fokus varit på gymnasieelevers kommunikation under det laborativa arbetet.



Jesper Haglund är lektor i fysikdidaktik vid institutionen för ingenjörsvetenskap och fysik vid Karlstads universitet, och studerar i sin forskning fysikundervisning i ett brett åldersspann från grundskola till universitetsnivån, med fokus på värmelära och termodynamik.