

Konceptinventering för förstaårsstudenter på ett civilingenjörsprogram – vägen dit samt ett par intressanta ”destinationer”

Greger Thornell och Lena Klintberg

Abstract—Användningen av en sk konceptinventering – här 20 flervalsfrågor kring centrala begrepp och samband – på en inledande kurs i materialvetenskap under tre år, identifierar återkommande ett antal särskilt svåra koncept, som inte nödvändigtvis tillhör de som förmodats tillkomma under kursen, samt en både ganska typisk och måttlig ökning (eller till och med minskning) av förståelse mellan för- och eftertest. En uppföljande undersökning bland studenterna indikerar värden vid sidan av de rent undervisningsrelaterade, t ex att kursinnehållet bättre definieras och att medvetenheten om egna förkunskapsbrister och egen utveckling ökar.

Nyckelord—konceptinventering, materialvetenskap, teknologer, teknisk fysik, test, förkunskaper

I. INTRODUKTION

Uppsala universitets civilingenjörsprogram Teknisk fysik med materialvetenskap har sedan det inrättades en inledande kurs i materialvetenskap: Introduktion till materialvetenskap (ITE610, 5 hp). Vid sidan av två kurser i matematik, är detta utbildningens allra första kurs. Det är också den enda så kallade profilkursen under programmets två första år.

Utmärkande för kursen är att den definierar en stor mängd materialrelaterade begrepp och att den beskriver ett försvarligt antal ämnescentrala företeelser och samband, som i det följande benämns *koncept*. Det har funnits skäl att fundera på både om förkunskaperna, som i allmänhet är gymnasiala, är nöjaktiga, och på om tillräcklig förståelse om de övriga uppnås under kursens gång. I syfte att få klarhet, inleddes en långsiktig *konceptinventering*. Der här arbetet redovisar utfallet av de första tre åren.

II. METOD

A. Konceptinventeringar

Konceptinventeringar (eng. *concept inventories*) är inte regelrätta inventeringar, utan test uppbyggda kring förståelsen av ett ämnes centrala och bärande koncept, som dock bör vara

välinventerade. Vanligtvis ställs deltagarna inför flervalsfrågor där svarsalternativ kan vara försåtliga. Dessa benämns *distractors*. Testerna kan användas diagnostiskt, t ex inledningsvis i en utbildning, eller för att värdera resultatet i efterhand. [1]

Konceptinventeringar gjorde sin entré i fysik under tidigt 90-tal [2] då det framkommit att tillämpning av teori inte förutsatte förståelse. Syftet var dels att främja förståelse, dels att komma åt missuppfattningar – särskilt de som fanns på förhand hos studenterna. Konceptinventeringar är idag väletablerade och det finns flera ”inventeringar” av dem, t ex [3].

B. Genomförande

Med hjälp från Arizona State University, där S. Krause et al. under flera år har arbetat med konceptinventering i just inledande universitetskurser i materialvetenskap [4, 5], formulerades en konceptinventering bestående av 20 frågor med fyra svarsalternativ, subjektivt ordnade efter förmodad ökande svårighet. (Gränsen för vad som antogs skulle kunna vara förkunskaper och vad som antogs rimligen skulle bli känt först under kursen, hamnade av en tillfällighet mellan fråga nr 10 och 11.)

Därefter remitterades den till tre kollegor som har ansvarat för kursen i olika tappningar under perioden 2000-2009, och varefter ett par frågor justerades. Efter detta betraktades konceptinventeringen som färdigformulerad och kvalitetssäkrad.

Mest av nyfikenhet, prövades testet på två medelålders personer, den ena med naturvetenskaplig gymnasieutbildning, den andra med ekonomisk gymnasieutbildning följt av naturvetenskapligt basår. Båda dessa lyckades svara rätt på något mer än hälften av frågorna.

För att få ett gott deltagande, beslutades det att testet skulle genomföras i samband med kursens introduktionsföreläsning och sedan i slutet av kursens sista föreläsning, som normalt får god uppslutning bland annat för att den ligger nära tentamen. För att minimera tidsåtgången, förenkla hanteringen och för att säkerställa anonymiteten, och möjligen för att göra det lite roligare, lades testet fram i form av en Powerpoint-presentation och studenterna fick svara med hjälp av så kallade klickers, som kan användas på olika sätt för att skapa studentaktivitet. (En någorlunda nyanserad överblick ges i M. E. Lantz och S. J. Jones et al:s arbeten [6, 7].) I det här fallet användes hård- och mjukvara från företaget Turning Technologies, och studenterna fick anonymt välja klickers.

Manuskriptet mottogs 24 oktober 2015.

G. Thornell, Avdelningen för mikrosystemteknik, Institutionen för teknikvetenskaper, Uppsala universitet (+46-18-471 71 26; e-post: greger.thornell@angstrom.uu.se).

L. Klintberg, Avdelningen för mikrosystemteknik, Institutionen för teknikvetenskaper, Uppsala universitet (e-post: lena.klintberg@angstrom.uu.se).

Som ett riktmärke för frågornas tidsbegränsning användes tiden det tog att lugnt läsa igenom respektive fråga och dess svarsalternativ tre gånger.

När förtestet hade genomförts allra första gången, ställdes några korta utvärderingsfrågor. Svaren på dessa visade att testet varit uppskattat och att frågorna var tydliga. En utbredd uppfattning var att svarstiden var alldeles för lång. Viss samstämmighet rådde också kring ett önskemål att införa bakgrundsmusik. När testet genomfördes andra gången, det vill säga vid första eftertestet, nära nog halverades svarstiden. Dessutom gick de rätta svarsalternativen igenom efter testet. Även här undersöktes deltagarnas attityd formativt och med positivt utfall. (Någon bakgrundsmusik spelades dock inte heller den här gången.) På detta sätt "för-" och "eftertestades" 46 & 36, 48 & 27, respektive 40 & 25 studenter under tre kurstillfällen 2013-15.

Inga av studenternas frågor under kursens gång kunde härröras till konceptinventeringen, troligen för att det påpekades vid första teststillfället att koncepten var centrala för kursen och studenterna kunde utgå från att de skulle beröras på ett eller annat sätt.

Ingen medveten förändring av undervisningen av relevans för konceptinventeringen, som trots allt berör bara en del av kursen, gjordes 2013. Hela analysen anstod i själva verket till efter kursen. Däremot användes ordet koncept betydligt flitigare i föreläsningarna för studenterna 2014, om än utan koppling till testets frågor. Den tredje kullen, slutligen, fick dessutom veta att den skulle få tillfälle att göra testet också i kursens slut. I gengäld användes inte ordet koncept lika ofta.

I kursutvärderingarna, tillfrågades teknologerna hur de ställde sig till konceptinventeringen, dels med graderingsfrågan: *Du gavs möjligheten att pröva din förståelse av kurscentrala begrepp med hjälp av så kallade klickers både i början och i slutet av kursen. Hur nyttigt tycker du att detta var?* där nyttan skulle anges på en femgradig skala från *inte alls givande* (1) till *mycket givande* (5), dels fritextuppsmaningen: *Kommentera gärna hur det påverkade din uppfattning om kursinnehåll och din planering av studierna.*

Slutligen ombads åtta doktorander, som genomgått programmet eller ett motsvarande, att genomföra testet.

III. RESULTAT

Utfallet från de totalt sex testerna på de tre årskullarna, Fig. 1, har sammanställts i Tabell I.

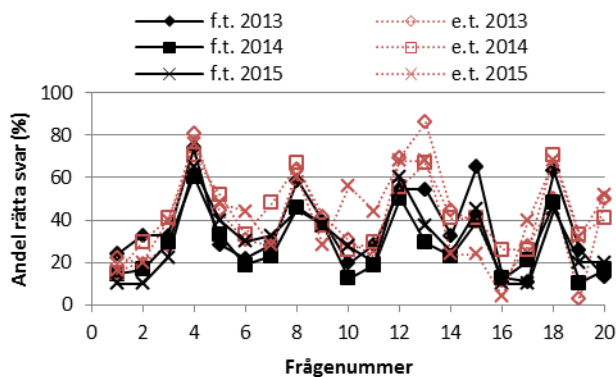


Fig. 1. Andelen rätta svar per fråga för de sex teststillfällena där "f.t." och "e.t." står för för- respektive eftertest.

TABELL I
UTFALL FRÅN DE TRE TESTSTILLFÄLLENA MED STUDENTER.

Årskull	Teststillfälle	Andel rätt svar (%) & standardavvikelse	Procentuell förbättring
2013	förtest	36 (19)	11
	eftertest	40 (22)	
2014	förtest	28 (15)	50
	eftertest	42 (16)	
2015	förtest	31 (16)	35
	eftertest	42 (20)	

I Fig. 2 visas den ökade förståelsen mellan varje årskull/kurstillfälles före- och eftertest.

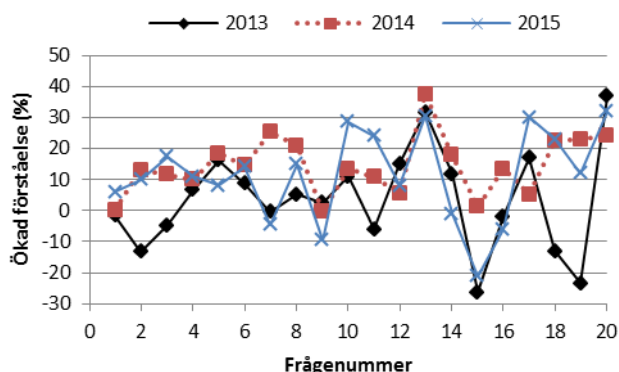


Fig. 2. Den ökade förståelsen mätt i procent från för- till eftertest per fråga för de tre årskurserna.

Doktoranderna, slutligen, hade i genomsnitt 65% rätt (standardavvikelse 13%). I Fig. 3 jämförs dessas resultat med medelresultatet från de tre årskullarna studenter.

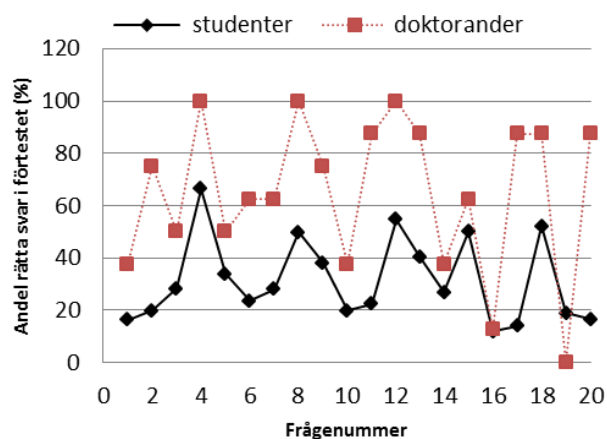


Fig. 3. Medelvärdet av samtliga studenters andel rätta svar från förtesterna jämfört med doktorandgruppens för alla frågor.

Kursutvärderingen visade att en klar majoritet ställde sig positiv till konceptinventeringen. Medelvärdena blev 4,1; 3,8 respektive 3,9 av skalans 5 när 18, 23 och 18 svarat.

Några vitt skilda fritextkommentarer var:

- "Det ger en diagnos om ens kunskap om området och hur mycket nytt som man måste lära sig. Man kan balansera studierna bra."
- "När man gjorde testet i början så kändes det som att det var jättekomplicerade frågor, blev nästan lite avskräckt och undrade vad man gett sig in på, men nu efteråt är det jättekul att se att man förstår allt."

- ”Planeringen vet jag inte om det påverkade, men man fick ett hum om vad kursen gick ut på, och vid andra genomgången förstod man att man faktiskt lärt sig en hel del, vilket var kul.”
- ”Tänkte aldrig på det efter, var mer av en gissningslek.”
- Man kände inte att det var särskilt givande. Något som var bra var att göra övningen igen i slutet av kursen för att se vad man lärt sig.
- Det lät mig få en tydlig bild över mina kunskapsluckor, och då ökade mitt begär att fylla på dessa luckor så att jag skulle ha fått alla rätt nästa gång om jag fick ett sådant test igen.
- Gav mig en inblick om vad kursen skulle handla om.

IV. DISKUSSION

Resultatet med genomsnittliga förbättringar av konceptförståelsen på 11-50% är naturligtvis nedslående. Med ambitionen att koncepten i en kurs ska befästas hos dess deltagare, är skulle förbättringarna i det här fallet behöva vara ett par hundra procent.

Det är en klen tröst att bara små förbättringar erhållits även på andra håll. Till exempel visar konceptinventeringen i värmeöverföring och termodynamik av M. J. Prince et al. en förbättring från 37,4 till 44,0% [8]. Stephen Krause et al. rapporterar typiska förbättringar om 15-20%, men också ett så högt värde som 38% när ”*active learning*” tillämpats [5]. D. Hestenes et al. visar betydligt högre siffror från användningen av deras *Force Concept Inventory* på universitetsnivå [2]. I två fall är förbättringen 85% respektive 89%. I ett tredje fall är förbättringen blygsammare 21%.

Dock är det inte helt klart vad, till exempel, ”*post-testing*” i dessa undersökningar innebär. Den förstnämnda förtydligar med ”*after instruction*”, nästa med ”*students exiting from [the] course*”. I båda fallen skulle det kunna tolkas som att de lärarledda delarna av kursen är avslutade. I så fall är villkoren liknande de som rådde här. Men det kan också tolkas som att testet gjordes efter kursen, vilket ställer utfallet här i än bättre dager eftersom studenterna normalt bedriver självstudier inför examinationen efter genomförandet av det andra testet. Det saknas också information om huruvida kursen lästes parallellt med andra kurser eller inte och huruvida studenterna var förberedda på konceptinventeringen eller inte. I den här undersökningen lästes tre kurser parallellt, och testet bör ha kommit som en fullständig överraskning åtminstone de första gångerna det genomfördes.

Inte heller framgår det i allmänhet huruvida det var en identisk population som testades de båda gångerna. Med anonyma tester och utan närvarolistor, lider försöket här av samma brist. Hur många av de som gjorde det andra testet utan att ha följt kursen alls eller särskilt väl, är högst osäkert utom vid det senaste testtillfället där alla utom en sade sig ha deltagit i motsvarande förtest.

I sammanhanget är det intressant att erinra sig R. R. Hakes analys av utfall från konceptinventeringar från olika undervisningssätt i ämnet mekanik [9], som visar vilka (maximala) förbättringar man kan förvänta sig mellan två testtillfällen för traditionell och mer studentaktiv undervisning, Fig. 4. Utan att veta hur renodlade dessa former är, är den här konstaterade

förbättringen ungefär den förväntade maximala för traditionell undervisning.

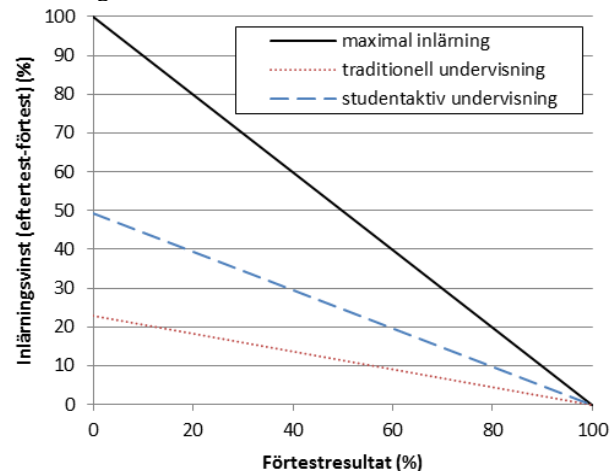


Fig. 4. Förbättring från för- till eftertest för traditionell och studentaktiv undervisning enligt R. R. Hake [9] (omritad).

Jämför man de tre årskullarnas testutfall, kan man notera att 2015 och, framför allt, 2014 uppvisar markant större förbättringar mellan för- och eftertest än 2013-studenterna, trots dessas bättre resultat i förtestet, och trots åtminstone medvetet marginella förändringar i undervisningen utöver det mer aktivt användandet av ordet koncept.

Studerar man utfallet från de olika frågorna, är det anmärkningsvärt att den rangordning som konstruktörerna gav sig på är nära nog helt verklighetsfrämmande. Istället rör sig andelen rättsvarande ryckigt över de 20 frågorna fast med hyfsad korrelation både mellan kullarna, Fig. 1, och gentemot referensgruppen med doktorander, Fig. 3. Även om det vid några testtillfällen har avslöjats att frågorna ställs någorlunda efter svårighetsgrad, är det inte troligt att felaktigheten i det har påverkat utfallet nämnvärt.

Även om det är vanligt i konceptinventeringar i stort att vissa koncept grumlas under en kurs gång, är det naturligtvis sorgligt. I det här fallet är variationen från ett år till nästa stor i det avseendet, men fråga nr 15 utmärker sig extra illa. I gengäld uppför sig frågorna 12 & 13 och 17, 18 & 20, som genomgående leder till en ökad förståelse, väl.

Tittar man närmare på dessa frågor, kan man konstatera att nr 15, som handlar om förändringen av smältpunkt när två metaller blandas, gäller ett koncept som dels ligger i kursens utmarker, dels behandlas med försiktighet eftersom det baseras på så kallade binära fasdiagram, som är avskräckande nog på det här stadiet. Värre är att denna görs genom exempel som utgör ett specialfall. Sannolikt väljer man oftare det korrekta svarsalternativet i förtestet för att det har störst bredd, men erinrar sig sedan bara specialfallet i eftertestet.

Beträffande de frågor som är mest konsekventa i sin förbättring, kan följande kommentarer göras:

Fråga 12, som handlar om effekterna av ett materials anisotropi, och 13, som beskriver brottmekaniken för spröda och duktila ämnen, har det gemensamt att de dels berörs upprepade gånger med olika infallsvinklar under kursen, dels associeras till spektakulära och dittills obekanta fenomen (t ex piezoelektricitet) och fånglande anekdoter (t ex oväntade

farkosthaverier). Det är troligt att både nyhetsvärdet och avsaknaden av befästa missförstånd, bidrar till den stadiga förståelseökningen.

Frågorna 17, 18 och 20 är också besläktade. Samtliga behandlar nämligen relationen mellan en metalls hårdhet och förekomsten av defekter, något som är verkligt centralt i kursen och dessutom nytt för så gott som samtliga deltagare. Även här kan nyhetsvärdet ha bidragit till utvecklingen.

Slutligen bör fråga nr 19 kommenteras för att den avviker så kraftigt i ökad förståelse mellan år 2013 och senare år. Förklaringen är helt enkelt att svarsalternativen formulerades om efter det första eftertestet.

Redan noterat, är den kvalitativt goda överensstämmelsen mellan studenter och doktorander, Fig. 3. Först i utfallet på frågorna 17 och 20 är skillnaden avsevärt större än några tiotals procent. I det förstnämnda fallet handlar det troligen om att förbättringspotentialen fortfarande är mycket stor för studenterna, trots god ökad förståelse mellan för- och eftertest. Fråga nr 20, däremot, lider av en tvetydighet som troligen visar sig först i högre kurser eller i forskarutbildningen. Frågan lyder: "Ett stycke koppartråd som dras genom ett koniskt hål, som är mindre än trådens diameter, blir hårdare för att: (a) atombindningarnas styrka har ökat, (b) densiteten har ökat, (c) mängden defekter på atomär nivå har ökat, (d) mängden defekter på atomär nivå har minskat." Sju av åtta doktorander svarar (c), som faktiskt är korrekt, men betraktas som fel i testet, där (d) ger rätt eftersom stor skillnad görs på rörliga och icke rörliga defekter i kursen.

Övervägande positivt är resultatet från kursutvärderingen, som indikerar både det diagnostiska värdet och konceptinventeringens bidrag till att definiera kursinnehållet. På det hela taget får man anse att konceptinventeringen har varit nyttig både för studenterna och för läraren.

För framtiden kan man överväga att:

- jämföra utfallen på individnivå, även om det skulle kräva anonymisering eller att studenterna använde samma svarsdosa bägge gångerna,
- placera "eftertester" direkt efter examinationen, istället för, som här, några dagar före, för att studera effekterna av den självstudiemobilisering som normalt föregår examination, men också dem av ett skarpare fokus, ett annat "mindset" eller en annan attityd,
- samla ett antal studenter och se om formuleringarna och tidsbegränsningarna bör ses över, eller, som andra [8, 10 och inte minst 11] gjort, se om det rent av finns fler eller "bättre" missuppfattningar, och att
- undersöka hur väl det som förmodats vara förkunskaper är förankrat från gymnasiet, och om det i själva verket är så att en del inte ens tas upp där.

Data från den här undersökningen kan naturligtvis analyseras mycket djupare. Det skulle till exempel vara intressant att leta efter korrelation i svarsutfallen. Men till att börja med skulle svaren, särskilt de felaktiga, gås igenom ordentligt. Hestenes et al. [2] poängterar just att de felaktiga svaren är mer informativa än de korrekta.

Naturligtvis bör man också se om undervisningen ska förändras för att befästa koncepten. Dock får man se upp så att

konceptinventeringens syfte inte går förlorat, vilket är risken om konceptinventeringens ändå ganska korta och direkta frågor lärs in som fakta eller om svar läcker ut.

D. Hestenes och kollegors konstaterande: "*The first impression of most physics professors is that the Inventory questions are too trivial to be informative. This turns to shock when they discover how poorly their own students perform on it. It is true that the Inventory questions avoid the real complexities of mechanics. But such "trivial questions" are more revealing when they are missed.*" [2], får tjäna som diskussionens slutord.

V. SLUTSATSER

Konceptinventeringen identifierar med god säkerhet ett antal särskilt svåra koncept och reproducerar på flera ställen både ökad och minskad förståelse över kursens gång. Oftast återfinns förklaringen till detta i respektive koncept, och en intressant iakttagelse är att några inför kursen troligen okända koncepten, har vunnit störst terräng.

Konceptinventeringarna har fått ett gott mottagande hos studenterna som i allmänhet uppskattar att kursen på så sätt definieras ytterligare och att de egna kunskapsbristerna blottas.

TACK

Tack Staffan & Maja, som introducerade oss till konceptinventering. Tack alla studenter och doktorander (CEFIJMPR), som har ställt upp med tid och entusiasm, och tack kollegor, som har bidragit i utvecklingen.

REFERENSER

- [1] J. Libarkin, *Concept Inventories in Higher Education Science*, National Research Council Promising Practices in Undergraduate STEM Education Workshop 2, Washington, D.C., Oct. 13-14, 2008
- [2] D. Hestenes, M. Wells, and G. Swackhamer, *Force Concept Inventory*, *The Physics Teacher*, vol. 30, pp. 141-158, 1992
- [3] Exempel på förteckning över flera konceptinventeringar: https://www.asmb.org/uploadedFiles/Education/TeachingStrategies/Concept_Inventory/Concept%20Inventories%20%20202015.pdf (åtkommen 26/10/15)
- [4] S. Krause, J. Kelly, A. Tasooji, J. Corkins, D. Baker, and S. Purzer, *Effect of Pedagogy on Conceptual Change in an Introductory Materials Science Course*, *Int. J. Engng. Ed.*, vol. 26(4), pp. 869-879, 2010
- [5] S. Krause, J. C. Decker, and R. Griffin, *Using a Materials Concept Inventory to Assess Conceptual Gain in Introductory Materials Engineering Courses*, *Proc. of 33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, Boulder, CO, USA, Nov. 5-8, 2003
- [6] M. J. Lantz, *The use of 'Clickers' in the classroom: Teaching innovation or merely an amusing novelty?*, *Computers in Human Behavior*, vol. 26(4), pp. 556-61, 2010
- [7] S. Jones, D. Henderson och P. Sealover, *"Clickers" in the classroom*, *Teaching and Learning in Nursing*, 4, pp. 2-5, 2009
- [8] M. J. Prince, M. A. S. Vigeant, and K. E. K. Nottis, *Assessing Misconceptions of Undergraduate Engineering Students in the Thermal Science*, *Int. J. Engng. Ed.*, vol. 26(4), pp. 880-890, 2010
- [9] R. R. Hake, *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*, *American J. of Phys.*, 66(1), pp. 64-74, 1998
- [10] B. M. Olds, R. A. Streveler, R. L. Miller, and M. A. Nelson, *Preliminary Results from the Development of a Concept Inventory in Thermal and Transport Science*, *Proc. of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, 2004
- [11] S. Krause, A. Tasooji, and R. Griffin, *Origins of Misconceptions in a Materials Concept Inventory From Student Focus Groups*, *Proc. of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, 2004