

Mot högre lärande i beräkningsvetenskap

Henrik Brandén
Linköpings universitet
henrik.branden@liu.se

Sammanfattning—Under hösten 2010 genomfördes ett projekt med målet att styra lärande i kurser i beräkningsvetenskap vid Linköpings universitet mot högre kunskapsnivåer och därmed öka både genomströmning och andel studenter med högre betyg.

Arbets sättet var att genom *constructive alignment* tydliggöra för studenter vad som krävs för respektive betyg. Det krävde en omfattande och genomgripande revidering av kursen.

Den nya formen gavs för olika studentgrupper under läsåret 2010/11. På några av kurserna syntes en ökad genomströmning. På andra ökade andelen godkända studenter marginellt och istället visade kursvärderingar på ökad popularitet.

I. BAKGRUND

Beräkningsvetenskap handlar om att utföra vetenskapliga beräkningar på datorer. Ämnet kallas ibland den tredje vägen, eftersom datorbaserade beräkningar idag ofta är ett komplement till teori och experiment.

Varje år läser många hundra studenter vid Linköpings universitet någon kurs i beräkningsvetenskap. En förenklad sammanfattning av befintliga målbeskrivningar är att en student efter slutförd kurs ska kunna

- beräkningsvetenskapliga begrepp,
- utföra beräkningsvetenskapliga algoritmer och uppskatta noggrannhet i beräknade resultat,
- använda matematisk programvara.

Fokus ligger alltså på att förstå begrepp och använda metoder. I detta projekt har ambitionen varit att styra lärandet även mot mer avancerade färdigheter som att analysera och värdera.

Projektet finansierades av Linköpings tekniska högskolas pedagogiska utvecklingsgrupp, PUG, och den nya formen gavs för flera olika studentgrupper under läsåret 2010/11.

II. MÅL

Projektets mål har varit att styra lärandet i kurser i beräkningsvetenskap mot högre kunskapsnivåer och därmed att öka både genomströmning och andelen studenter med högre betyg.

III. TEORI

Att försäkra sig om att mål, undervisning och examination hänger samman är en av två komponenter i *constructive alignment*, ett begrepp myntat av den australiensiske inlärningspsykologen John Biggs (1999). Den andra är en konstruktivistisk syn på kunskap och teorin att människor skapar mening åt ny information utifrån vad de gör när de lär sig.

Constructive alignment har i detta projekt använts för att styra fokus från att enbart förstå begrepp och använda metoder till att även analysera och värdera information. Det ledde till en omfattande och genomgripande revidering av kursen.

För att säkerställa att kursens alla delar pekar åt samma håll har en teknik utvecklad av Gunilla Näsström använts (Näsström, 2008). Näsström använder Blooms reviderade taxonomi (Anderson & Krathwohl, 2001) för att kontrollera samstämmighet mellan mål och examination. I detta projekt har tekniken använts även vid konstruktion av undervisningsmaterial.

Blooms reviderade taxonomi är en bearbetning av den amerikanske inlärningspsykologen Benjamin Blooms klassiska taxonomi (Bloom, 1956). Modellen har två dimensioner, en för kunskaper och en för kognitiva processer. Modellens kunskapsdimension har fyra kategorier:

1) Faktakunskap

- Terminologi
- Specifika detaljer och delar

2) Begreppskunskap

- Klassificeringar och kategorier
- Principer och generaliseringar
- Teorier, modeller och strukturer

3) Procedurkunskap

- Ämnesspecifika färdigheter och algoritmer
- Ämnesspecifika tekniker och metoder
- Kriterier för att avgöra när man ska använda lämpliga metoder

4) Metakognitiv kunskap

- Strategisk kunskap
- Kunskap om inlärningsfrågor inklusive lämplig kontextuell och ovillkorlig kunskap
- Kunskap om sig själv

De kognitiva processerna har också kategoriserats:

1) Minnas

- Känna igen
- Komma ihåg

2) Förstå

- Tolka
- Exemplifiera
- Klassificera
- Sammanfatta
- Dra slutsatser
- Jämföra
- Förklara

3) Tillämpa

- Verkställa
- Applicera

4) Analysera

- Särskilja
- Organisera
- Tillskriva

5) Värdera

- Kontrollera
- Kritisera

6) Skapa

- Generera
- Planera
- Producera

Följande exempel illustrerar hur samstämmighet kan kontrolleras med hjälp av Blooms reviderade taxonomi.

Kontrollera att algoritmen är andra ordningens noggrann.

Antag att uppgiften är tänkt att examinera lärandemålet

Studenten ska kunna använda beräkningsvetenskapliga metoder.

I beskrivningen av målet används verbet *använda* och substantivet *metoder*, så Blooms reviderade taxonomi placerar lärandemålet i kategorin *tillämpa procedurkunskap*. I uppgiften är verbet *kontrollera* och substantivet *algoritmen*, så Blooms reviderade taxonomi placerar frågan i kategorin *värdera procedurkunskap*. Den efterfrågade kontrollen kräver visserligen att en beräkningsvetenskaplig metod används, men också att resultatet kan värderas.

Med denna teknik går det att kontrollera att alla kursens lärandemål och inga andra examineras, liksom att undervisningen ger träning i det som kommer att examineras och inget annat.

IV. UTFÖRANDE

I detta avsnitt presenteras genomförda ändringar av kursen.

A. Lärandemål

Beräkningsvetenskap är ett ämne som går att förstå och använda på olika sätt. Följande är fyra stereotypa förhållningssätt.

- **Ingenjören** är intresserad av att utföra beräkningar och skatta noggrannhet i beräknade resultat. Hur kan en viss algoritm användas för att bestämma en approximativ lösning till ett givet matematiskt problem, vad blir den approximativa lösningen och hur stort är felet i den?
- **Forskaren** är intresserad av att använda matematisk programvara för att skaffa sig ny kunskap om vetenskapliga frågeställningar. Hur används programvaran, är de beräknade resultaten trovärdiga och vad säger de om frågeställningen?
- **Matematikern** är intresserad av att analysera beräkningsvetenskapliga algoritmer. Kommer en algoritm att ge en bra uppskattning, hur känslig är algoritmen för störningar i indata, hur lång tid skulle det ta att köra algoritmen på en given dator och hur mycket datorminne behövas i så fall?

- **Programmeraren** är intresserad av att implementera beräkningsvetenskapliga algoritmer och validera skrivna program. Fungerar ett program som det ska, är beräknade resultat korrekta eller tillräckligt noggranna, är tiden det tar att köra programmet rimligt och används en förväntad mängd datorminne?

I nuvarande mål finns ett fokus på ingenjörens perspektiv. Följande lärandemål ger en bättre balans mellan de olika perspektiven: Efter avslutad kurs ska studenten kunna

- A) förklara och klassificera beräkningsvetenskapliga termer och begrepp,
- B) använda beräkningsvetenskapliga
 - algoritmer för att lösa givna matematiska problem,
 - metoder för att beräkna noggrannhet i resultat,
 - tekniker för att bedöma resultat,
- C) bedöma förutsättningar för beräkningsvetenskapliga beräkningar och trovärdighet i beräknade resultat,
- D) analysera beräkningsvetenskapliga metoder teoretiskt,
- E) använda matematisk programvara.

I tabell I kategoriseras de fem målen enligt Blooms reviderade taxonomi. Notera hur central procedurkunskap är i kursen.

Tabell I
KATEGORISERING AV MÅL ENLIGT BLOOMS REVIDERADE TAXONOMI.

	Minne	Förstå	Tillämpa	Analys	Värdera	Skapa
Fakta		A				
Begrepp		A				
Procedur			B, E	D	C	
Metakog						

I detta projekt används ett system med olika lärandemål för olika betyg. Om lärandemål A, B och E har uppnåtts ges studenten betyg 3. Betyg 4 innefattar dessutom lärandemål C och betyg 5 även lärandemål D.

B. Undervisning

Kurser i beräkningsvetenskap delas ofta in i ett antal moment, som numerisk lösning av icke linjära ekvationer och numerisk integration. Varje moment har tidigare inletts med en föreläsning, följd av en lektion och sedan en schemalagd laboration där närvaro är obligatorisk och ett laborationsprotokoll fylls i för rättning.

I kursens nya form inleds varje moment med en laboration som inte kräver några förkunskaper. Träning i att använda matematisk programvara ges och frågor kring algoritmernas egenskaper väcks. Närvaro är obligatorisk, men ingen redovisning krävs.

På föreläsning förtydligas termer och begrepp och algoritmer, metoder och tekniker beskrivs och diskuteras. Frågor från laborationen besvaras.

För lektioner och egna studier har en ny övningssamling utvecklats, där övningarna är indelade i fyra kategorier som svarar mot lärandemålen A, B, C och D.

Varje moment avrundas med ett miniprojekt som löses i grupp på icke schemalagd tid. I projektet omsätts nya kunskaper och färdigheter i praktiken. På ett obligatoriskt seminarium

presenterar och diskuterar studenterna sina erfarenheter med varandra. Miniprojekten redovisas sedan skriftligt.

Kursen avslutas med en skriftlig tentamen, indelad i samma fyra kategorier som övningsamlingen. En sammanfattning av kursens undervisningsformer finns i tabell II.

Tabell II

HUR LÄRANDEMÅL A, B, C, D OCH E INTRODUCERAS (I), UNDERVISAS (U), ANVÄNDS (A), DISKUTERAS (D) OCH EXAMINERAS (E).

	A	B	C	D	E
Laboration	I	I	I		I
Föreläsning	U	U	U		
Lektion	A	A	A	A	
Miniprojekt	A	A	A		A
Seminarium	D	D	D		D
Rapport	E	E			E
Tentamen	E	E	E	E	

C. Examination

Tidigare har närvaro på laborationer, godkända laborationsprotokoll och godkänd skriftliga tentamen krävts för att bli godkänd. Efter omarbetning krävs för godkänd laborationskurs

- närvaro på laborationer,
- närvaro på seminarier, samt
- godkända projektrapporter.

Godkända projektrapporterna kräver en korrekt användning av programvara, termer, begrepp, algoritmer, metoder och tekniker. Betyg sätts som tidigare utifrån antal poäng på tentan.

V. UTFALL

Den nya formen av kursen gavs för flera olika studentgrupper under läsåret 2010/11. Här redovisas studenternas betyg samt kursvärderingarnas utfall för tre av grupperna, se tabell III, IV och V. En femgradig betygsskala används vid kursvärderingar. Lägst betyg är 1 och högst är 5. Som jämförelse finns utfall från tidigare år tabulerade. Författare av denna rapport var kursansvarig under 2009 och 2010.

Tabell III

UTFALL FÖR BLIVANDE HÖGSKOLEINGENJÖRER

År	#stud	Betyg				Kursvärdering		
		U	3	4	5	Svar	Kurs	Lärare
2010	14	14%	50%	29%	7%	83%	4.5	4.7
2009	19	21%	32%	26%	21%	62%	3.7	4.3
2008	21	33%	38%	19%	10%	36%	3.4	3.4
2007	23	35%	17%	35%	9%	37%	3.7	4.3

Tabell IV

UTFALL FÖR BLIVANDE GYMNASIELÄRARE

År	#stud	Betyg			Kursvärdering		
		U	G	VG	Svar	Kurs	Lärare
2010	9	22%	44%	33%	75%	4.7	5.0
2009	15	13%	53%	33%	53%	4.1	4.5
2008	10	10%	20%	7%			
2007	3	0%	67%	33%			

Tabell V

UTFALL FÖR BLIVANDE CIVILINGENJÖRER I DATATEKNIK

År	#stud	Betyg				Kursvärdering		
		U	3	4	5	Svar	Kurs	Lärare
2010	65	17%	35%	40%	8%	48%	4.1	4.4
2009	49	43%	29%	24%	4%	36%	3.9	4.4
2008	43	23%	28%	30%	19%	54%	3.7	3.7
2007	60	32%	43%	20%	5%	39%	3.7	4.2

Som synes var förändringarna i betyg små både för blivande högskoleingenjörer och lärare. Betygen på kursen och dess lärare ökade dock tydligt. För blivande civilingenjörer i datateknik var utfallet annorlunda. Både andelen studenter med betyg 3 och betyg 4 ökade markant. Kursbetyget ökade dock bara marginellt och lärarbetyget inte alls.

VI. DISKUSSION

Att andelen godkända inte ökade bland blivande högskoleingenjörer och lärarstudenter kan troligen förklaras av att genomströmningen var hög redan förra gången kursen gavs. Kursens ökade popularitet kan vara ett resultat av constructive alignment. Studenter i dessa grupper uttrycker ofta sorg, frustration, maktlöshet eller uppgivenhet över att matematik och data är svåra ämnen. En lärarstudent lämnade följande kommentar på 2010 års kursvärdering:

[Jag] förväntade mig en obegriplig matteprogrammeringskurs, men fick en kurs som vände min [...] frustration till ett svagt intresse.

Det är inte orimligt att studenter som brottas med sådana jobbiga känslor har ett behov av guidning och beskydd, ett behov som kanske delvis kan fyllas av den trygghet som constructive alignment bidrar med.

Blivande civilingenjörer i datateknik har en annan syn på matematik och datorer. Många är skickliga programmerare med en väl utvecklad kreativ förmåga och uttrycker nyfikenhet och intresse. De flesta är uppmärksamma på vad som krävs för respektive betyg och därmed blir den tydlighet som kommer med constructive alignment värdefull även för dem. Resultatet visar sig genom högre genomströmning.

Att constructive alignment erbjuder trygghet verkar dock gå de flesta obemärkt förbi. De söker inte guidning eller beskydd. Om studenterna sätter ord på negativa känslor så är det istället frustration över sådant som hämmar deras kreativitet, nyfikenhet eller ambition. En student skrev på 2010 års kursvärdering:

Del D behöver ses över, enda den egentligen går ut på är att plugga in en massa bevis som man ändå glömmer bort fort. Meningslöst enligt mig.

Antagandet att ambitiösa studenter klarar sig på egen hand visade sig vara felaktigt. Den glesa kolumn D i tabell II kan mycket väl vara förklaringen till att så få studenter fick betyg 5. Utan sammanhang får kunskaperna ingen mening. Studenter med de högsta ambitionerna har därmed missgynnats.

VII. VIDAREUTVECKLING

De viktigaste förändringarna på kort sikt är att erbjuda en bättre introduktion till lärandemål E för lärarstudenter och att integrera lärandemål D i undervisningen. På längre sikt kommer ett målrelaterat betygssystem att ersätta det kriteriebaserade.

Denna artikel är en kort version av *Träning för och examination av högre kunskapsnivåer i beräkningsvetenskap*, ursprungligen publicerad i CUL-rapport nr 16 (Stiwne, 2012).

REFERENSER

Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (Red.) (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Boston, USA: Allyn & Bacon.

Biggs, J. B. (1999). *Teaching for Quality Learning at University: What the Student Does*. Birkshire, England: Open University Press/McGraw Hill.

Bloom, B. S. (Red.) (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, Handbook I: Cognitive Domain*. New York, USA: Longman.

Näsström, G. (2008). *Measurement of Alignment between Standards and Assessment*. (Academic dissertations at the Department of Educational Measurement, nr. 1652-9650:3). Doktorsavhandling, Umeå: Umeå universitet.

Stiwne, E. E. (Red.) (2012). *Utmaning – undervisning – utmaning – utveckling, CUL-rapport nr 16*. Linköping, LiU-Tryck.