

Effektiv, formativ och målrelaterad sluttenta

Viggo Kann

KTH Datavetenskap och kommunikation
viggo@nada.kth.se

Sammanfattning

Den stora fördelen med skriftliga tentor, säger en vitt spridd myt på högskolan, är att det är en billig och effektiv examinationsform. I denna artikel visas att så faktiskt inte är fallet. Missuppfattningen kommer nog av stordriften – alla tentander får samtidigt jobba med samma uppgifter – det måste ju vara effektivt! Genom att ersätta en vanlig skriftlig tenta med en kombination av en kamraträttad mindre teoritenta och en frivillig muntlig tenta för högre betyg har författaren minskat kostnaden för slutexaminationen per tentand från 800 kr till 270 kr, alltså med två tredjedelar. Den nya examinationen är inte bara billigare, den är också målrelaterad och i högre grad formativ än den tidigare traditionella tentan.

Abstract – Efficient, formative and criterion-referenced final exam

The major advantage of written exams, says a widespread university myth, is that it is a cheap and efficient form of examination. This article shows that this is not the case. The misperception is probably due to the large scale production – all students work on the same assignments at the same time – therefore it must be efficient! By replacing the standard written exam with a combination of a smaller peer corrected theory exam and an optional oral exam for higher grades, the author reduced the cost of the final examination per examinee from 800 to 270 SEK, that is, by two-thirds. The new examination is not only cheaper; it is also criterion-referenced and more formative than the traditional examination.

Introduktion

Inom ingenjörsutbildningarna slutar fortfarande nästan alla kurser på grundnivå med en skriftlig tenta, som genomförs på det gamla vanliga sättet och som på grund av sin vanlighet ofta omgärdas av omfattande centrala regler (KTH-handboken 2005).

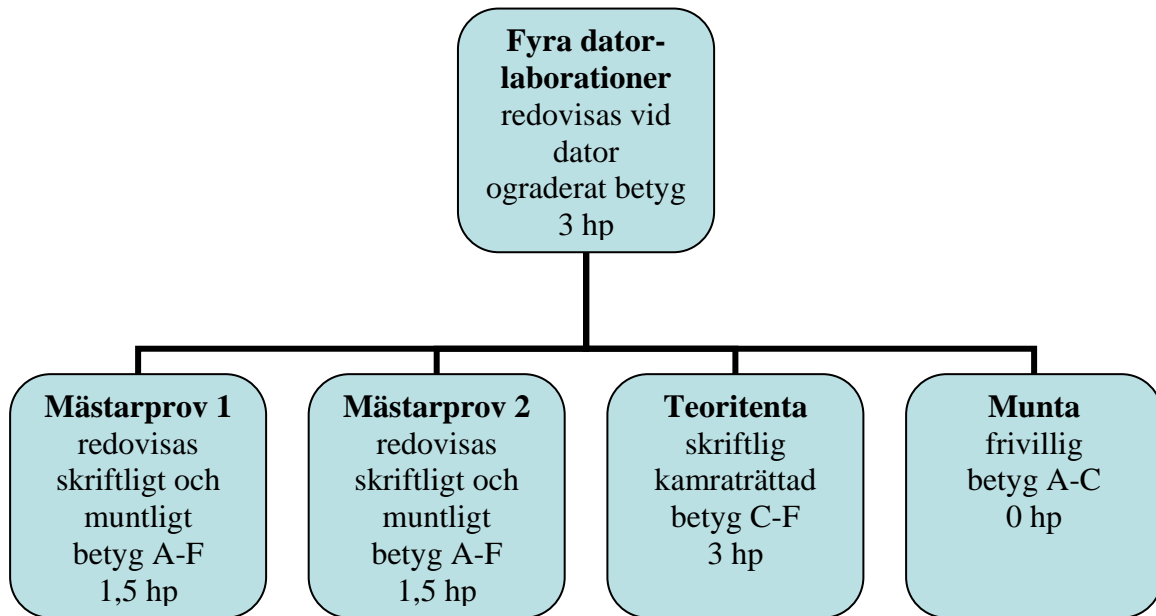
Inom pedagogisk forskning har den vanliga skriftliga tentan setts som enbart summativ examination, utan pedagogiska ambitioner, bara med syftet att på ett rättvist sätt kunna betygsätta tentanderna (Biggs 2003). Alla som själva tentat vet att det inte är rättvist: man kan ha tur eller otur med tentauppgifterna, hur svåra de är och hur bra de passar till det man har pluggat. Det är ibland lätt för tentanden att missuppfatta uppgiftslydelserna och lätt för läraren att missuppfatta tentandens lösningar.

I kursen Algoritmer, datastrukturer och komplexitet, som är en obligatorisk kurs för 140 andraårsteknologer som läser datateknik på KTH, har jag ersatt en vanlig skriftlig tenta med en kombination av en läträttad mindre teoritenta och en frivillig muntlig tenta för högre betyg. På detta sätt har kostnaden för slutexaminationen per tentand minskat med två tredjedelar.

I denna artikel beskrivs hur den nya examinationen går till, hur kostnaden för den kan beräknas, tentandernas resultat och utvärdering av examinationsformen. Slutligen diskuteras de pedagogiska fördelarna med examinationen.

Examinationen i kursen

Kursen har fyra obligatoriska examinationsmoment: en labbkurs, två stycken individuella hemuppgifter (som jag kallat mästarpöv för att framhäva deras vikt), och den avslutande teoritentan. Labbkursen har underkänt och godkänt som enda betyg, men övriga moment har målrelaterade graderade betyg i skalan A-F där A är högst och F är underkänt, se figur 1 (ADK-kursens examination 2008).



Figur 1. Examinationsmoment i Algoritmer, datastrukturer och komplexitet.

Jag har infört betygskriterier för alla kursens lärandemål (Ekekrantz 2008). Flera mål har kriterier som är lika för alla godkända betyg. Det är bara tre mål som har olika kriterier för alla betyg. Det första av dessa mål examineras med första mästarpöven och det andra examineras med det andra mästarpöven. Det tredje examineras upp till betyg C med teoritentan, som också examinerar en rad andra mål till godkäntnivån (Kann 2007).

Teoritentan genomfördes i KTHs största sal F1 under tre timmar. Tentanderna fick sitta på varannan plats med tomma bänkrader emellan så att jag kunde komma fram till var och en och kolla legitimation och svara på frågor. Skrivtiden var två timmar, och jag hade bara en annan lärare som hjälp, inga tentavakter. Tentan var anonym: vid legitimationskontrollen märkte jag varje tenta med ett unikt och i förväg framslumpat nummer. Figur 2 visar hela tentalydelsen.

När alla skrivningar lämnats in blandade jag om dem och la ut dem med framsidan ner tillsammans med lösningsförslag. Sedan fick tentanderna komma in och sätta sig längst fram i salen med en tenta framför sig. Jag hade därefter en genomgång av tentans lösning och en rättningsmall, och tal för tal fick tentanderna rätta den tenta som låg framför dem. Jag gick igenom olika tänkbara svar och hur dessa skulle bedömas. Eleverna fick ställa

Teoritenta i Algoritmer (datastrukturer) och komplexitet
för KTH DD1352/2D1352/DD2354/2D1354 och SU 2008-05-13
klockan 9.00–11.00 med efterföljande kamraträttning

Inga hjälpmedel är tillåtna. Skriv svaren direkt på blanketten. Skriv **inte** namn eller personnummer på tentan.

Bonusspoäng från läsåret 2007/2008 kan tillgodoräknas på denna tenta. 14 poäng krävs för betyg E (godkänt), 17 poäng för betyg D och 20 poäng för betyg C. Lämnas in tentan när du är klar, men tidigast 9.45. Lämnas sedan salen, men återvänd klockan 11.10, för då tar rättningen vid. Varje tentand ska rätta en annan (anonym) tentands tenta. Därefter kontrollerar Viggo rättningen och för in resultaten i res ikväll.

1. (8 p) Är följande påståenden sanna eller falska? Rings in rätt svar! För varje deluppgift ger riktigt svar 1 poäng och ett övertygande motiverat riktigt svar 2 poäng.
 - a) Med hjälp av FFT kan man addera envariabelpolynom av höga gradtal effektivast.
 sant falskt
 Motivering:
 - b) En algoritm med tidskomplexiteten $O(3^{2^{\log(n^2)}})$ går i polynomisk tid.
 sant falskt
 Motivering:
 - c) En *heuristisk* är en algoritm som i polynomisk tid hittar en approximativ lösning till ett optimeringsproblem, där resultatet är inom en konstant faktor ifrån det optimala värdet.
 sant falskt
 Motivering:
 - d) En *skiplista* är en lämplig datastruktur i en tillämpning med kravet att uppslagning givaretar måste ta $O(\log n)$.
 sant falskt
 Motivering:
2. (4 p) Stryk över dem felaktiga alternativen nedan så att korrekta definitioner av NP och NP-fullständighet uppstår.

NP består av alla $\begin{cases} \text{beslutsproblem} \\ \text{optimeringsproblem} \\ \text{konstruktionsproblem} \end{cases}$ som har egenskapen att för varje

$\begin{cases} \text{ja-instans} \\ \text{nej-instans} \\ \text{indata} \end{cases}$ kan $\begin{cases} \text{en probleminstans} \\ \text{ett orakel} \\ \text{en lösning} \end{cases}$ $\begin{cases} \text{reduceras} \\ \text{skapas} \\ \text{verifieras} \end{cases}$ i polynomisk tid.

Ett problem A är NP-fullständigt om det dels $\begin{cases} \text{är NP-svårt} \\ \text{tillhör NP} \end{cases}$ och dels varje $\begin{cases} \text{NP-svårt problem} \\ \text{problem i NP} \\ \text{exponentiell lösning} \end{cases}$ kan $\begin{cases} \text{reduceras till } A \\ \text{reduceras från } A \\ \text{reduceras både till och från } A \end{cases}$ i $\begin{cases} \text{logaritmisk tid.} \\ \text{polynomisk tid.} \\ \text{ändlig tid.} \end{cases}$

3. (4 p) Du har fått i uppdrag att lösa ett knivigt optimeringsproblem B . Först visar du att problemet är NP-svårt. Men chefen vill ändå ha ett program som löser problemet. Beskriv *fyra* olika saker (från ADK-kursen) som du kan prova för att få chefen nöjd.

4. (4 p) Uppgift två i mästarprov 2 började som bekant så här:
 År 2004 infördes ett nytt bedömningsystem i konsttävlingar. Varje utfört element (till exempel ett hopp) bedöms av tolv domare på en heltalskala från -3 till $+3$. Tre av domarna, som i förväg har valts ut slumpmässigt, får sina bedömningar borttagna (för att motverka fusk) och av de återstående nio bedömningarna tas den högsta och den lägsta bort. Summan av resterande sju bedömningar blir elementets slutpoäng (vilket senare skalas om, men det borteer vi från här). Efter varje tävling publiceras alla domares bedömningar och varje elements slutpoäng. Vilka domare som tagits bort syns inte, men det går att räkna ut med totalsökning. a) Skriv pseudokod för en totalsökningsalgoritm som hittar vilka tre domare som tagits bort. Du kan anta att det finns en lösning och behöver inte hitta mer än en lösning.
Konsttävning (8 [1..12], 1..n], Slutpoäng [1..n]) -

b) Vad är tidskomplexiteten för din algoritim?

Figur 2. Teoritenta i Algoritmer, datastrukturer och komplexitet 2008.

Tentanden ska inte skriva något på denna sida.

Rättningsprotokoll

Antal bonusspoäng:	
Uppgift 1a:	
Uppgift 1b:	
Uppgift 1c:	
Uppgift 1d:	
Uppgift 2:	
Uppgift 3:	
Uppgift 4a:	
Uppgift 4b:	
Summa:	
Betyg:	

Jag har poängsatt tentan efter min bästa förmåga.

Rättarens underskrift:

Rättarens namn (läsligt):

Lärarens signatur:

Figur 3. Kamraträttningsprotokoll till tentan i figur 2.

frågor om den tenta de rättade, men inte om sina egna svar. Om rättaren trots detta tyckte att poängbedömningen var osäker så gick det bra att skriva frågetecknen för den uppgiften i rättningsprotokollet. Figur 3 visar rättningsprotokollet som var hophäftat med tentan. Figur 4 visar rättningsmallen.

Rättnings-sessionen tog en timme. Samma eftermiddag gick jag igenom rättningen av alla tentor, vilket tog i genomsnitt en och en halv minut per tenta, och rapporterade resultatet.

Rättningsmall för ADK-tentan 2008-05-13	
<p>1. (8 p) För varje deluppgift ger riktigt svar 1 poäng och ett övertygande motiverat riktigt svar 2 poäng.</p> <p>Allmän bedömning för deluppgifterna: rätt svar med korrekt övertygande motivering ger 2 poäng, rätt svar med svag/ingen/fel motivering ger 1 poäng, fel svar ger 0 poäng oavsett motivering. Notera att ordningen mellan deluppgifterna kan variera.</p> <p>A) Med hjälp av <i>FFT</i> kan man addera envariabelpolynom av höga gradtal effektivast.</p> <p>Falskt. En av motiveringarna räcker (att <i>FFT</i> är bra på multiplikation eller att man kan addera optimalt termvis).</p> <p>B) En algoritm med tidskomplexiteten $O(3^{\log(n^2)})$ går i polynomisk tid.</p> <p>Sant. Man måste komma fram till $n^{\log 9}$ eller $n^{O(1)}$. Åtminstone ett (korrekt) mellanled i beräkningarna krävs.</p> <p>C) En <i>heuristik</i> är en algoritm som i polynomisk tid hittar en approximativ lösning till ett optimeringsproblem, där resultatet är inom en konstant faktor ifrån det optimala värdet.</p> <p>Falskt. Det räcker att skriva att en heuristik inte garanterar att lösningen är bra.</p> <p>D) En <i>skipplista</i> är en lämplig datastruktur i en tillämpning med kravet att uppslagning garanterat måste ta $O(\log n)$.</p> <p>Falskt. Det räcker att skriva att uppslagning i en skipplista kan ta mer än logaritmisk tid (dvs $\omega(\log n)$).</p>	<p>2. (4 p) Ge en halv poäng för varje korrekt svar. Ett svar räknas bara som korrekt om båda felaktiga alternativen är strukna.</p> <p>3. (4 p) En poäng ges för varje korrekt svar.</p> <p>Korrekta svar kan vara både mer eller mindre specifika än svaren i facit, till exempel: "slå upp i Viggos lista om det finns en approximationsalgoritm" eller "förenkla problemet och försök sedan att lösa det förenklade problemet i polynomisk tid".</p> <p>4. (4 p) a) En korrekt algoritm ger 3 poäng. Varje fel i algoritmen ger en poängs avdrag. Man kan inte få mindre än 0 poäng.</p> <p>Kolla speciellt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • att alla möjliga domartrippler undersöks i algoritmen (dvs att det är tre nästlade for-slingor eller motsvarande med korrekta gränser), • att alla element (rader) går igenom, • att summan för bedömningarna beräknas korrekt och att min och max av dom 9 återstående bedömningarna plockas bort. <p>b) Det krävs att man fått minst en poäng på a-uppgiften för att man ska få poäng på b-uppgiften (dvs det måste vara en åtminstone nästan rätt algoritm som man analyserar). Motivering till tidskomplexiteten krävs inte. Det går lika bra att svara "$O(n)$" som "linjär tid".</p>

Figur 4. Rättningsmall för tentan i figur 2.

Den som hade godkänt på båda mästarproven och teoritentan och dessutom hade minst betyg C på minst två av dessa moment fick anmäla sig till munta efter teoritentan. Eleven angav vid bokningen vilket betyg han eller hon ville satsa på. Muntan var individuell och tog ungefär 90 minuter. Tentanden fick en uppgift på varje lärandemål som betyget behövde höjas på. Sedan fick tentanden fundera i lugn och ro under en timme med kursboken som hjälpmedel och redovisade slutligen muntligt under upp till en halvtimme för läraren. Med löpandebandprincipen kunde en lärare ta emot en ny tentand varje halvtimme. Två lärare klarade av alla 30 tentander på två dagar. Uppgifterna valdes från en stor samling problemuppgifter från gamla tentor. Jag hade föregående år gått igenom uppgifterna och markerat vilket lärandemål och vilken betygsnivå varje uppgift testade. Vissa skyr muntlig tentamen och skulle hellre avstå från högre betyg än att utsätta sig för det. Därför har jag infört en alternativ möjlighet att visa att man uppfyller högre betygs-kriterier med hjälp av svårare programmeringsuppgifter, vilket några få väljer att göra. Dessa uppgifter tar lång tid att göra men går snabbt att redovisa.

Kostnad för examinationen

Det som skiljer den nya examinationen från den gamla är att den kamraträttade teoritentan och muntan ersätter en stor skriftlig tenta i två delar: teoriuppgifter och problemuppgifter.

Den tid som en betald lärare behöver lägga ner per kamraträttad tenta minskar från uppåt tre kvart till halvannan minut. Elevernas rättningsarbete arvoderas ju inte. Tabell 1 visar vad tentan kostade att genomföra förr och nu. 130 av kursens 140 elever gick upp på tentan. Lönekostnaderna är totalkostnader inklusive LKP, lokalkostnader och institutionsgemensamma kostnader. KTHs påslag på 17 % för högskolegemensamma kostnader är inte inräknat.

	Gammal tenta	Ny examination
Göra tenta och lösning	16h	10h
Tentasalar	8 stycken i 5h	en stor i 4h
Tentavakter	10 stycken i 6h	0
Lärarvakt	en i 6h	en i 4h, en i 2h
Rättning och rapportering	130·0,7h+1h	3h+1h
Tentavaktsadm+arvodering	6h	0
Tentautdelning på exp	2h	2h
Ladokrapportering på exp	1h	2h
Muntaadministration	0	3h
Munta, lärartid	0	30·0,6h
Salar	40·166=6640 kr	4·673=2692 kr
Tentavakter	60·144=8640 kr	0
Administratör	9·350=3150 kr	4·350=1400 kr
Lärare	114·750=85 500 kr	41·750=30 750 kr
Totalt per tentand	103 930/130=799 kr	34 842/130=268 kr

Tabell 1. Kostnader i tid och pengar för genomförande av tentan förr och nu.

Kostnaden per elev är alltså 800 kronor för den gamla modellen av tenta och bara 270 kronor, det vill säga en tredjedel, för den nya modellen. Det finns uppenbarligen stora pengar att spara. I mitt fall sparade institutionen 70 000 kronor på detta tentatillfälle.

Resultat och utvärdering

Resultatet på teoritentan var mycket bra. Bara 4 % missade tentan, 19 % fick betyg E, 23 % betyg D och 53 % högsta betyg C.

Jag kontrollerade kamraträttningen under i genomsnitt en och en halv minut per tenta. Mest tid la jag ner på de tentor där kamraträttaren markerat osäkerhet på rättningen (vilket bara var en tredjedel) och på de tentor där poängsumman låg nära en betygsgräns. Osäkerheten gällde nästan alltid bara en uppgift.

Vid kontrollen ändrade jag 20 % av tentanderna en poäng (av tjugo) upp eller ner, 4 % av tentanderna två eller tre poäng upp eller ner, och 1 % (en enda) fyra poäng. Detta

resulterade bara i två stycken (2 %) betygsändringar, i båda fallen låg tentanden en poäng under en betygsgräns och blev upprättad till det högre betyget.

För att i utvärderingssyfte kontrollera min egen kontroll gick jag efteråt igenom tolv slumpvis utvalda tentor och rättade dem noga. Tio av dessa tentor var helt korrekt rättade efter min första kontroll. De återstående två tentorna var försumbart felrättade (0,5 poäng för mycket respektive 2,5 poäng för lite) och ingen betygsgräns passerades. Min slutsats blev att kamraträttarna skött sig mycket väl, och att en snabb efterkontroll är tillräcklig för att osäkerheter och felrättningar ska kunna åtgärdas med i mitt fall troligen full precision.

Jag fick inte ett enda klagomål på rättningen. Det visar att rättningsgenomgången fungerar preventivt mot klagomål.

Cirka hälften av eleverna var behöriga att gå upp på muntan, och hälften av dessa var inte redan garanterade betyg C eller bättre. Drygt hälften av de behöriga valde att gå upp på muntan. Av dessa klarade 75 % muntan varav en femtedel med lägre betyg än de anmält sig för. Alla som missade muntan eller fick lägre betyg än de satsat på accepterade bedömningen utan knot.

Jag har provat denna examination i två år, och båda gångerna har eleverna på kursenkäten varit mycket positiva. Tre fjärdedelar tyckte att tenta med kamraträttning var bra eller mycket bra och resten att det var acceptabelt. Lika många tyckte att formerna för examination och betygsättning i kursen var bra eller mycket bra (ADK-kursens kursanalys 2008).

Diskussion

Kamraträttningens pedagogiska förtjänster är väl kända (Biggs 2003). Exempelvis är det värdefullt för eleven att gå igenom tentan och lösningarna direkt efteråt. Tentanderna får se hur andra elever formulerar sig och tänker. Det är vidare nyttigt att se vad som bedöms och hur lärarna tänker vid rättning. Snabb rättning innebär snabb återkoppling.

Kamraträttning fungerar utmärkt i stora grupper. Det är rättssäkert på grund av den anonyma bedömningen, den lärarledda tentagenomgången som beskriver kraven på svaren och eftersom läraren granskar tentorna efteråt.

Läraren bör utforma uppgifterna så att de är lättbedömda utifrån lösningar och en rättningsmall. Uppgifter med friare typer av svar bör undvikas.

Det är viktigt att poängtera att både teoritentan och muntan har målrelaterade uppgifter och bedömning. Munta minimerar risken för missuppfattningar av uppgifter och lösningar, vilket gör att tentanderna får en rättvisare bedömning. Eftersom bara de duktiga och ambitiösa eleverna väljer att gå upp på muntan så är det för läraren mycket angenämare att ta emot redovisningarna än att rätta en skriftlig tenta.

Det finns många enkla sätt att minimera fusk och dåliga bedömningar vid kamraträttning:

- Eleverna ska sitta tätt vid rättningen så att ingen kan smussla.
- Den som rättar kan markera osäkerhet vid rättningen, vilket gör att läraren efteråt kan titta särskilt på den uppgiften.
- Anonyma tentor gör att den som rättar inte vet vems tenta det är.
- Den som rättar är inte anonym, så om någon rättar för hårt syns det vem det är.
- Man ska inte få rätta sin egen tenta.
- Läraren granskar rättningen efteråt.
- God rättning kan belönas till exempel med poäng på tentan. Detta har jag dock inte provat själv.

Min slutsats är att man med en noga uttänkt och väl utformad examination kan examinera både billigare, rättvisare, målrelaterat och dessutom formativt. Dessa önskvärda egenskaper hos examinationen är alltså inte motstridiga utan går utmärkt att förena!

Bibliografi

ADK-kursens examination, <http://www.csc.kth.se/DD1352/adk08/examination/>, 2008.

ADK-kursens kursanalys, <http://www.csc.kth.se/DD1352/adk08/kursanalys/>, 2008.

Biggs, J., Teaching for Quality Learning at University, Open University Press, 2003.

Ekekrantz, S., Målrelaterade betyg – att arbeta med betygskriterier och bedömning i sju grader, UPC-rapport 2007:1, Stockholms universitet, 2007.

Kann, V., Målrelaterade betygskriterier kräver modifierad examination – examination efter betygskriterier i en algoritmkurs på KTH, Högskoleverkets kvalitetskonferens, Umeå, 2007

KTH-handboken, Tentamensregler samt instruktion till tentamensvakter och ordningsföreskrifter vid tentamensskrivningar, <http://www.kth.se/info/kth-handboken/II/13/4.html>, 2005.