

Att skapa framstående ingenjörsutbildning

Projektets beställare:

Maria Hamrin
Programansvarig Teknisk fysik

Projektledare:

Anders Berglund
Student Teknisk Fysik F06

Umeå universitet

10 juni 2009

Sammanfattning

Resultatet av den självvärdering som genomfördes på Civilingenjörsprogrammet i Teknisk fysik vt 2008 visade på ett antal möjliga förbättringspunkter på programmet. Studenterna uppgav att de saknade motivation till laborationerna i fysik, vidare framkom att studenterna tyckte att de allmänna ingenjörskurserna inte är tillräckligt attraktiva. Det efterfrågades också bättre vägledning gällande de valbara kurserna och studenterna upplevde att resultatet av kursutvärderingar inte tas på allvar, samma problem i kurserna återkommer år efter år. Med anledning av detta har ett kursutvecklingsprojekt bedrivits på programmet under vårterminen 2009. Tre stycken fysikkurser med inslag av laborationer fått en översyn. Dessutom har en mer generell översyn av programmet inom området numeriska metoder/beräkningsteknik genomförts.

För fysikkurserna ska förbättringarna vara av så pass generell karaktär att de kan användas på fler kurser. Förslag på konkreta åtgärder som framkommit är införandet av laborationsintroduktion, laborationer med mer fritt upplägg och mer skriftlig och muntlig presentation. För undervisningen i numeriska metoder/beräkningsteknik generellt på programmet visar resultatet dels att kommunikationen mellan kursansvariga lärare, men också mellan de institutioner som bedriver undervisningen inom området kan förbättras. Vidare måste undervisningen inom ämnet finnas med kontinuerligt i utbildningen. Så är inte fallet idag så förslag på hur detta skulle kunna åstadkommas har också tagits fram.

Innehåll

1	Bakgrund	4
2	Projektets omfattning	4
2.1	Beställning	4
2.2	Projektets början	5
2.2.1	Pedagogik	5
2.2.2	Laborationer i fysik	5
2.2.3	Allmänna ingenjörskurser	6
2.3	Val av förbättringskurser	6
3	Projektets mål	7
4	Delprojekt I	8
4.1	Inledning	8
4.1.1	Projektgrupp	8
4.1.2	Metod	8
4.2	Inventering	9
4.3	Demoexperiment inom Termodynamik och Elgrunder	10
4.3.1	Historik kring demonstrationsexperiment	10
4.3.2	Ny användning av demonstrationsexperiment	10
4.3.3	Förslag	11
4.4	Introduktion till laborationer	12
4.5	Övriga erfarenheter under projektets gång.	13
4.6	Sammanfattning	14
4.6.1	Förslag till förändringar	14
5	Delprojekt II	14

5.1	Inledning	14
5.1.1	Projektgrupp	14
5.1.2	Vision	15
5.1.3	Bakgrund	15
5.1.4	Metod	15
5.2	Nulägesanalys	15
5.2.1	Nuvarande kurser	15
5.2.2	Kursutvärderingar	16
5.2.3	Pågående förändringar (institutionsvis)	17
5.2.4	Sammanställning alumnienkäter angående programmering och numeriska metoder	19
5.2.5	Attitydundersökning F-07, F-08	19
5.3	Omvärldsanalys	19
5.4	Möte med kursansvariga: FMM, Numeriska metoder och FMM . .	20
5.5	Sammanfattning	21
5.5.1	Förslag till förändringar	21
5.5.2	Attityden hos Tekniska fysiker	22
5.5.3	Matematiklaborationer i årskurs 1	23
5.5.4	Placering av kursen Numeriska metoder	23
5.5.5	Vårterminen årskurs 2	23
5.5.6	Vårterminen årskurs 3	24
5.6	Erfarenheter från projektets gång	24
6	Uppföljning	25
6.1	Förslag som är genomförda	25
6.2	Programledningens ansvar	25
A	Bilaga 1	28

A.1	Demonstrationsförsök i termodynamik	28
A.2	Demonstrationsförsök i ellära	29
A.3	Budget	30

1 Bakgrund

Vårterminen 2008 genomförde ett antal studenter på programmet en självvärdering av Teknisk fysik i Umeå [1]. Detta gjordes på uppdrag av programledningen vars långsiktiga mål är att söka Höskoleverkets utmärkelse "Framstående utbildningsmiljö". I självvärderingen framkom såväl positiva som negativa synpunkter på utbildningen. Nedanstående punkter är exempel på saker som studenterna ansåg kunde förbättras i utbildningen:

- Det saknas ett system för lärarnas pedagogiska utveckling
- Studenterna känner sig oförmögna att påverka lärarens insats på föreläsningar.
- Kursutvärderingarna följs inte upp, samma problem återkommer år efter år.
- Studenternas motivation till laborationer i fysik är dålig.
- Informationen kring de valbara kurserna kan förbättras, studenterna vill ha vägledning tidigt i utbildningen.
- De allmänna ingenjörskurserna är inte tillräckligt attraktiva för studenterna.

Studenternas synpunkter bekymrade programledningen. Med anledning av detta skickade programansvarige Maria Hamrin in en ansökan till Naturvetarutskottet om kvalitetsmedel för att komma tillrätta med problemen. Ansökan beviljades med 75000 kr av ansökta 175000kr. Med stöd av detta kunde projektledare och projektdeltagare arvoderas.

2 Projektets omfattning

2.1 Beställning

Projektuppdraget formulerat i beställningen var:

1. Välj ut och analysera 3 programkurser som är lägst presterande (negativa kursutvärderingsresultat, dålig genomströmning).
2. Tillsammans med lärare, studierektor och studenter på aktuella institutioner göra en processkartläggning där även ingångsvärden (tidigare kurser, förkunskaper) analyseras.
3. Tillsammans med lärare, studierektor och studenter klarlägga orsakerna till bristerna.

4. Förslag till lösning av kvalitetsproblemen i form av förbättrad process, förbättrade rutiner, förslag till kompetenshöjande åtgärder naturligtvis med syfte att formulera generella förbättringsprocesser som kan användas på andra programkurser (oavsett insitutionstillhörighet) i framtiden.
5. Införande av nya arbetssätt och rutiner dels på institutionsnivå, dels på programnivå.

2.2 Projektets början

I projektets uppstartsfas analyserades kursutvärderingar och fördes diskussioner mellan beställare och projektledare kring vilka programkurser som skulle väljas ut.

2.2.1 Pedagogik

Då resultatet av kursutvärderingar analyserats var det tydligt att vissa programkurser har problem av pedagogisk karaktär. För att lösa ett sådant problem finns inte den extra kompetens inom fysikpedagogisk didaktik som är nödvändig på någon av de institutioner som bedriver undervisning på programmet. Den kompetensen måste komma utifrån. Därför kontaktades institutionen för matematik, teknik och naturvetenskap och universitetsadjunkt Krister Ödmark. Krister har erfarenhet av undervisning i matematik, fysik och kemi på gymnasienivå. Till att börja med undrade Krister vad det egentligen var som var problemet i undervisningen. Vad var det studenterna inte tyckte fungerade? Då detta var svårt att sätta fingret på tyckte Krister att det första som måste ske är att bilda sig en uppfattning om just detta. En person med starka ämneskunskaper, men också med pedagogiska färdigheter bör närvara vid föreläsningar för att bilda sig en uppfattning om hur undervisningen skulle kunna bedrivas på ett bättre sätt. Krister tvekade själv inför detta uppdrag, eftersom han var osäker på om hans egna ämneskunskaper var tillräckliga. Projektledaren började också uppleva att om detta problem skulle åtgärdas skulle projektets budget inte räcka. Detta är inget problem som åtgärdas på ett halvår utan kräver ett mer långsiktigt arbete. I diskussion med beställaren togs därför beslutet att kurser med dessa typer av problem inte skulle behandlas inom ramarna för detta projekt. Däremot är det värt att ta med sig inför framtiden att problemen av pedagogisk karaktär kvarstår på programmet.

2.2.2 Laborationer i fysik

Det är också tydligt i kursutvärderingar att det finns kurser på programmet där laborationerna fungerar mindre bra. Studenterna upplever att laborationerna kopplar dåligt till teorin på föreläsningar och att laborationer och föreläsningar är två helt

skiljda delar av kursen. Det är även så att studentens betyg på kursen endast grundar sig på den skriftliga tentamen som skrivs i slutet av kursen. Det kan medföra att laborationerna känns mindre viktiga i förhållande till kursens teori. På laborationerna krävs endast att studenten är närvarande och får godkänt på examinationen av laborationen som kan vara en skriftlig rapport eller en muntlig redovisning. I självvärderingen uppger studenterna också att de tycker laborationerna är slentrianmässiga och enformiga, en student kommenterade: ”man gör mätningar, plottar i Origin och drar slutsatser”.

2.2.3 Allmänna ingenjörskurser

När det gäller de allmänna ingenjörskurserna är det svårt att hitta någon förklaring i kursutvärderingar till varför studenterna inte tycker kurserna är attraktiva. I självvärderingen hade studenterna angivit att man läste kurserna för att ”de krävs för att få ut examen”. Om man tittar i utbildningsplanen står det att: ”Syftet med dessa kurser är att stärka studentens kompetens inom områden som anses vara viktiga för den framtida yrkesrollen som civilingenjör” [5]. Om studenterna inte upplever de allmänna ingenjörskurserna som attraktiva och läser kurserna för att ”det krävs för att få examen”, bör det innebära att det inte är tillräckligt tydligt varför dessa kurser är viktiga för en civilingenjör. Frågan diskuterades vid ett möte mellan projektledare och styrgrupp. Styrgruppen ansåg att programmering och numeriska metoder är ett av de viktiga verktyg som är viktiga för en civilingenjör och det bedrivs forskning inom området vid flera av institutionerna vid Umeå universitet. Därför bör programmet kunna ge studenter en bild av varför kunskaper inom detta område är viktigt och på så sätt göra det mer attraktivt att läsa sådana kurser ansåg styrgruppen. Presenteras ett bra kurspaket för studenterna bör det också ligga i linje med studenternas önskan om mer vägledning i kursvalssituation. Om man ser till de beräkningsprofiler som finns på programmet har det även framkommit i kursutvärderingar att både studenter och undervisande lärare upplever att studenternas kunskaper inom programmering och numeriska metoder inte är tillräcklig för att profileringskurserna ska komma till sin rätt.

2.3 Val av förbättringskurser

Utifrån ovanstående förstudie beslutades i samråd med beställaren att välja ut följande programkurser för förbättring av laborationer:

- Klassisk mekanik, vt år 1
- Elektromagnetismens grunder, vt, år 2
- Termodynamik, ht år 3

Kursen Elektromagnetismens grunder är den av dessa tre kurser som haft mest negativa synpunkter på laborationerna i kursutvärderingar. Liknande synpunkter

har även förekommit i utvärderingar av termodynamiken om än inte lika tydligt. Den klassiska mekaniken har inte fått någon kritik för sina laborationer. Värt att påpeka är att kursen är den första fysikkurs som läses på programmet. Studenterna har inte någon annan kurs att jämföra med så liknande problem kan förekomma även i denna kurs. Det främsta skälet till att valet föll på just dessa kurser är att de ligger i lämplig kronologisk ordning och en förbättring skulle ge en positiv trend genom hela utbildningen.

När de gäller de allmänna ingenjörskurserna valdes inga specifika förbättringskurser ut. Problemet upplevdes att vara av mer generell karaktär och därför inriktas arbetet inte på specifika kurser utan ser mer till hela programmets upplägg.

3 Projektets mål

När projektets omfattning var bestämd kunde projektets mål formuleras. För de tre fysikkurserna med laborationer, härnäst refererat till som delprojekt I, är projektmålen:

- Att vidareutveckla laborationerna på de tre grundkurserna i fysik, *Klassisk mekanik*, *Elektromagnetisens grunder* och *Termodynamik* på ett sådant sätt att kursansvarig lärare, laborationshandledare och studenter står bakom och tror på laborationernas innehåll och upplägg.
- Att föreläsningar och laborationer knyter an till varandra på ett så bra sätt som möjligt.
- Att höja laborationernas status inom kursen och tydliggöra för studenterna att laborationerna är ett för kursen viktigt moment.
- Att i framtida kursutvärderingar (både för lärare och studenter) avläsa en tydlig förbättring av studenternas åsikter om laborationerna på kurserna.
- Att utveckla den experimentella skicklighet som arbetslivet (företag, forskning) har uttryckliga krav och förväntningar på.
- Att ta fram generella åtgärder för hur man förbättrar och förnyar laborationer på en kurs, vilka kan användas av andra institutioner som vill genomföra samma typ av förbättring.

För den del av projektet som omfattar att titta på utbildningen mer generellt och förbättra undervisningen av beräkningsteknik genom hela programmet, härnäst refererat till som delprojekt II, formulerades följande projektmål:

- Att studenternas kunskaper inom området beräkningsteknik oavsett profilering motsvarar arbetslivets (företag, forskning) krav och förväntningar.

- Att öka samarbetet mellan olika kurser med inslag av dessa ämnen, oavsett kurskategori och institutionstillhörighet. I och med detta skapas en gemensam syn inom hela programmet på vad som är tanken med undervisningen inom området.
- Att stärka studenternas kunskaper så att det är tillräckliga för att genomföra en profilering inom området om så önskas.
- Att ta fram generella åtgärder för hur man kommer till rätta med denna typ av problem som också kan användas av andra kurser oavsett institution som vill genomföra en liknande förbättring.

4 Delprojekt I

4.1 Inledning

4.1.1 Projektgrupp

Denna projektgrupp är sammansatt av lärare från Institutionen för fysik (Mats Forsberg, Leif Hassmyr, Patrik Stenmark och Krister Wiklund) samt tre stycken studenter på Teknisk fysik (Anders Berglund F-06, Marcus Olofsson F-06, Amanda Albano F-08). Tanken med gruppens sammansättning är att ha med labhandledare från de aktuella kurserna, andra lärare med erfarenhet av laborativ undervisning samt studenter från både början och slutet av utbildningen.

4.1.2 Metod

Gruppen diskuterade och fann att det inom ramarna för detta projekt inte fanns någon möjlighet eller motivering till att utveckla nya laborationer. De laborationer som finns på fysikkurserna idag har ett bra innehåll och belyser väl de fysikaliska fenomen som är centrala för respektive kurs. Om studenterna upplever att laborationerna fungerar dåligt måste det finnas andra orsaker än laborationernas egentliga innehåll.

Med utgångspunkt från detta genomfördes en inventering av de kurser som ges av institutionen för fysik under de tre första åren och där laborationer ingår. Kurserna undersöktes med avseende på tre aspekter:

1. Hur redovisningen av laborationen går till.
2. Kursansvariges insyn i laborationerna på kursen.
3. Hur laborationen introduceras för studenterna.

4.2 Inventering

Redovisningssätt: ■ = skriftlig rapport, ■ = muntlig presentation, ■ = muntlig redovisning på plats

Läsperiod	1	2	3	4
Termin				
AR 1	Metoder och verktyg(3) ● ● ●			Klassisk mekanik (3) ● ● ●
AR 2		FMM (2) ●●	Elektromagnetism (3) ● ●● Vågfysik & optik (3) ● ●●	Kvantfysik (3) ● ● ● Analytisk mekanik
AR 3	Kvantmekanik (1) ● Elektrodynamik (4) ●●●●	Termodynamik (4) ●●●● GM (5) ●●●●●		Fasta tillståndets fysik ● ●●●

Figur 1: Översiktsschema av nuvarande laborationer i Fysik år 1-3 och hur de redovisas.

Figur 1 visar alla kurser som ges på teknisk fysik av institutionen för fysik under de första tre åren. Här finns både grundkurser i fysik och allmänna ingenjörskurser med. Värt att observera är att det skriftliga rapportskrivandet och de muntliga presentationerna av laborationer har förvunnit under år tre och istället redovisas nästan alla laborationer muntligt på plats. De mer formella redovisningsformerna har ersatts av mer informella redovisningsformer allt eftersom utbildningen fortgår.

På de flesta kurser är den kursansvarige medveten om vad laborationerna handlar om. Antingen har den kursansvarige varit med och utvecklat laborationerna själv eller skaffat sig informationen via diskussioner med labhandledare. Det ska dock poängteras tydligt att i fallet med *Elektromagnetismens grunder* och *Termodynamik* tar inte den kursansvarige sitt ansvar för laborationerna i kursen. Vederbörande ska uttryckligen ha sagt till labhandledarna för kurserna att de får fria händer att göra vad de vill på laborationerna och därmed inte visat något intresse för laborationerna som en del av kursen. Här kan en förklaring finnas till varför laborationerna på dessa två kurser fått utstå mer kritik i jämförelse med de andra kurserna i fysik. Det är troligt att teorin på föreläsningarna och laborationerna kopplar dåligt till varandra.

Genomgående för alla kurserna är att det inte förekommer någon introduktion till laborationerna. Studenterna skriver ut laborationsspecifikationer på kurshemsidan alternativt så kommer labhandledarna och delar ut labspecifikationer och ett labschema. I enstaka fall ska studenterna ha löst vissa teoriuppgifter innan de kommer till labsalen.

4.3 Demoexperiment inom Termodynamik och Elgrunder

Laborationerna som det ser ut idag på kurserna *Elektromagnetismens grunder* och *Termodynamik* har väckt missnöje hos studenterna och därför är en förändring av *något* slag nödvändig. Ett införande av demonstrationslaborationer motiveras med följande punkter:

- Självtändigt arbete med en laboration tränar studenternas problemlösningsförmåga och motsvarar de problem studenterna kan komma att ställas inför senare som yrkesverksamma ingenjörer.
- Demonstrationslaborationerna skiljer sig i sin utformning från merparten av den övriga undervisning som ingår i programmet. Ett nytt sätt att samla kunskap bör vara motivationshöjande för studenterna.
- Vetskapen att man skall genomföra en laboration inför kurskamraterna inspirerar förhoppningsvis studenterna till studier inom det område som laborationen berör.

4.3.1 Historik kring demonstrationsexperiment

Under början av 1990-talet var Hans Forsman kursansvarig lärare för termodynamikkursen. Hans avslutade varje föreläsning med ett demonstrationsexperiment där han tog fram 2 studenter som, under ca. 15 min, tillsammans med honom noterade avlästa resultat från ett experiment i anslutning till vad som tagits upp vid föreläsningen. Alla studenter fick i uppdrag att behandla data och vid nästa föreläsningstillfälle togs resultaten upp och diskuterades under ca. 15 min. Denna verksamhet fick höga vitsord från studenterna. Ove Andersson som också har jobbat med denna verksamhet, både som kursansvarig lärare och sedan som hjälplärare, har upplevt en stor skillnad i intresse och engagemang från studenternas sida när han jämför de båda situationerna. Studenterna var mer positiva till den variant där den kursansvarige var engagerad i genomförandet av demoexperimenten. Försök där studenterna själva tilldelats ett projekt att utföra ett demonstrationsexperiment har testats av Magnus Cedergren och Mattias Marklund med Patrik Stenmark som hjälplärare. Dessa försök har dock enbart gjorts på fysikerprogrammets termodynamikkurser.

Om man går tillbaka till 1970- & 1980-talet hade man en parallell demonstrationskurs inom ellära för fysikerprogrammet och lärarprogrammet, där studenterna tilldelades ett eget demonstrationsprojekt.

4.3.2 Ny användning av demonstrationsexperiment

Ovanstående experiment och erfarenheterna kring dem är något man bör ta fasta på i dagens undervisning, dels för att det öppnar upp möjligheten att införa mer

självständig experimentell problemlösning men också för att det är ett för studenterna nytt och fräscht koncept. Dessutom kan man lätt införa träning i muntlig presentation där studenterna får öva i att förklara fysikaliska fenomen för andra, vilket kommer vara en vanlig situation i det kommande arbetslivet. För att återinföra demonstrationsexperimenten behöver man dock göra några förändringar av det ursprungliga upplägget av demo-experimenten (se förslaget nedan). Eftersom många av demoexperimenten redan är utvecklade och utrustning finns så kan man lägga mer fokus på att utveckla konceptet.

4.3.3 Förslag

I början av kurserna *Termodynamik* och *Elektromagnetismens grunder* tilldelas studenterna parvis varsitt problem ur listorna på experimenten beskrivna i bilaga. Studenterna förbereder och utför därefter självständigt under kursens gång tilldelat experiment och redovisar sedan resultaten genom att utföra och förklara demoexperimentet inför resten av klassen på något av de schemalagda tillfällena som finns utspridda under kursen. En viktig del i konceptet är att studenterna inte bara genomför experimenten utan att de också har till uppgift att vara opponenter på sina kamraters demonstrationer. Studenterna bör under kursens gång ha fri tillgång till lokaler och laborationsutrustning som krävs för att genomföra uppgiften. Den extra tid som krävs från handledaren för att genomföra ovanstående inslag fås genom att handledaren får ökad tilldelning av timmar för respektive kurs.

Nedan följer ett exempel på hur man skulle kunna genomföra ovanstående förslag i kursen *Termodynamik*.

Exempel

I början av kursen *Termodynamik* 6hp presenterar labhandledaren tillsammans med den kursansvarige en lista med demoexperiment som ska genomföras under kursens gång. De presenterar även en gruppindelning, gruppernas tilldelade experiment och upplägget för hur, var och när demonstrationerna ska presenteras. Demonstrationstillfällena är lagda att inte krocka med övriga laborationer som ingår i kursen och eftersom man i detta exempel kräver att studenterna ska genomföra ett experiment och vara opponenter vid två andra tillfällen så kommer varje student vara på minst tre av de schemalagda tillfällena. Presentationerna kan organiseras på följande sätt:

- Antag att kursen har 40 studenter och att det finns 4 veckor där man kan genomföra presentationer utan att krocka med övrig laborationstid.
- Studenterna jobbar i par vilket innebär att det kommer att genomföras 20 demonstrationer. Detta betyder att man skulle behöva göra 5 demon per presentationstillfälle, givet att man har ett tillfälle i veckan.
- Om man ger 20 min per demo (experiment och kort diskussion) samt inkluderar en kort paus blir varje tillfälle runt 2 timmar.

- Ett bättre alternativ i detta fall är att köra presentationerna parallellt i två salar och låta labhandledaren gå mellan salarna under passet. Då blir passen bara en timme och studenterna blir antagligen mer sugna på att närvara vid alla tillfällena. Nackdelarna är att studenterna då inte får se alla experiment och att labhandledaren inte kan närvara vid alla experiment.

4.4 Introduktion till laborationer

Idag förekommer ingen schemalagd introduktion till de laborationer som genomförs i fysikkurserna. Projektgruppen tycker att det bör införas på alla kurser i fysik. Laborationshandledarna bör hålla en laborationsintroduktion där den kursansvarige läraren självklart närvarar. Detta bör ingå:

- Ordningsregler:tider, läsa labspec, uppförande mm.
- Genomgång av labspec: dela ut den eller att studenterna får veta var de kan få tag i den.
- Labschema + labgrupper
- Beskrivning av utrustningen: Kort/bilder eller om möjligt ta med den, om det är några speciella saker som är bra att känna till.
- Vilken teori som kan vara bra att läsa på.

Motiveringen till att labintroduktioner bör införas är:

- Det ger en signal till studenterna om att laborationerna är lika viktiga som de teoretiska delarna av kursen.
- Det skulle minska uppdelningen mellan de teoretiska och experimentella delarna av en kurs. Om den kursansvarige läraren är närvarande vid labintroduktionen ger det en signal till studenterna att laborationerna är en viktig del av kursen.
- Det förbättrar studenternas motivation och förståelse för laborationerna.
- Studenterna förstår laborationen i stora drag innan de kommer till labsalen och kan då börja labba fortare.

Under tiden detta projekt pågick har Mats Forsberg varit labhandledare på kursen *Klassisk mekanik*. För att se vilka positiva effekter som en labintroduktion kunde ge så höll Mats en presentation enligt ovan på ca 45 min om de laborationer som skulle genomföras.

Mats erfarenhet var att introduktionsföreläsningen fungerade bra. Intrycket var att studenterna var bättre förberedda än vad de skulle ha varit utan labintroduktionen. Det var dock lite svårt för Mats att veta om det var en tydlig förbättring eftersom han inte haft hand om mekaniklaborationerna tidigare.

I vilket fall som helst innebar förberedandet av introföreläsningen inte mycket mer arbete än vanligt. Mats skulle gissa att labintroduktionen tog någonstans runt en timme att förbereda. Gissningsvis sparas den tiden som introduktionen tar in ifall studenterna kommer till laborationerna bättre pålästa. Dessutom undviks en del strul då studenterna är mera benägna att informera ifall de har förhinder på specifika laborationstillfällen då de får träffa labhandledaren öga mot öga.

4.5 Övriga erfarenheter under projektets gång.

Det är tydligt i Figur 1 att det framförallt förekommer muntlig redovisning på plats under år 3 av utbildningen. Med muntlig redovisning på plats menas att studenten redovisar laborationen vid labtillfället för handledaren och blir alltså helt färdig med laborationen under ordinarie laborationstid. Det är inte bra att träningen i skriftlig presentation och muntlig presentation tenderar att försvinna i den senare delen av utbildningen. En mer informell redovisning som kan göras på plats är förstås bekvämt för både labhandledare och studenter, men om det blir den dominerande redovisningsformen tappar programmet i kvalitè. Detta bör åtgärdas och Jonas Larsson, kursansvarig lärare för *Elektrodynamik* har kontaktats med anledning av detta. Med utgångspunkt av den översyn som genomfördes så vore det lämpligt med ett inslag av muntlig presentation i den kursen.

Kursen har 4 datorlaborationer som alla redovisas genom att ta skärmdumpar som sedan mailas till Jonas. Då Jonas fick frågan om hur han såg på att istället införa någon typ av muntlig presentation av någon av laborationerna blev svaret att det skulle krävas mycket jobb för att genomföra detta och Jonas kände sig också osäker på hur en sådan muntlig presentation skulle gå till. Om han fick ett par förslag på hur man skulle kunna göra detta så var dock inte helt emot idén. Jonas sa också att laborationerna på Elektrodynamiken ska ses över då de i nuläget är väldigt styrda i sin utformning. Det såg Jonas däremot som något som ingår i de ordinarie uppgifterna som kursansvarig och som han kommer att göra inom en snar framtid.

Ett förslag till muntlig presentation som diskuterades flitigt i projektgruppen var att låta studenterna göra en powerpointpresentation av en datorlaboration. Powerpoint är ett bra verktyg för att göra muntliga presentationer och något som bör vara en del av undervisningen då det förmodligen är något som kommer användas ofta i ett framtida yrke. Att kunna visa upp simuleringsresultat från Comsol passar väldigt bra att göra i powerpoint.

Bertil Sundqvist kontaktades då det utifrån samma översyn vore lämpligt att få in en skriftlig rapport i kursen *Grundläggande mätteknik*. Bertil svarade att ett

långsiktigt mål är att införa en skriftlig rapport på en av laborationerna i kursen. Oavsett om detta nu sker så anser projektgruppen att studenterna bör skriva minst en skriftlig rapport under höstterminen år 3 och då alla studenter inte läser grundläggande mätteknik bör en skriftlig rapport införas på termodynamiken.

Parallellt med det här projektet har ett projekt om ”Att vara labhandledare” bedrivits på institutionen för Fysik. I det projektet har man fokuserat mycket på skriftliga rapporter och hur de ska se ut och rättas. En rättningsmall har även tagits fram för labhandledarna. Med anledning av detta har inte skriftlig redovisning diskuterats ingående i det här projektet.

4.6 Sammanfattning

Om laborationerna i fysik ska vara en del av utbildningen är det viktigt att såväl studenter, labhandledare som kursansvariga lärare har samma syn på varför laborationer är ett ingående moment i kurserna och vad som är syftet med dessa. Annars riskerar laborationerna att upplevas som mindre viktiga än de teoretiska delarna av en kurs vilket inte är bra för den experimentella undervisningen.

4.6.1 Förslag till förändringar

- Inför demonstrationslaborationer i kurserna *Termodynamik* och *Elektromagnetismens grunder*.
- Schemalägg laborationsintroduktioner i varje fysikkurs med laborationer.
- Försök få in mer muntlig presentation och skriftlig rapportskrivning som redovisningsform under år 3. Förslagsvis en muntlig presentation i kursen *Elektrodynamik* och en skriftlig rapport i kursen *Termodynamik*.

5 Delprojekt II

5.1 Inledning

5.1.1 Projektgrupp

Denna projektgrupp är sammansatt av lärare från Institutionen för fysik (Peter Olsson), Institutionen för datavetenskap (Johan Eliasson), Institutionen för matematik (August Johansson) och tre studenter på Teknisk Fysik (Sara Leonardsson F-05, Mona Forsman F-05, Johan Liedholm, F-08). Tanken bakom sammansättningen är att ha med lärare från berörda institutioner involverade i utbildningen och studenter dels i slutfasen av utbildningen med erfarenheter av hur det fungerat, dels i början av utbildningen för att projektet ska kunna följas upp.

5.1.2 Vision

För varje Teknisk fysiker skall användandet av datorhjälpmedel vara naturligt, såväl för att lösa problem numeriskt som att använda symbolhanterande program för analytiska beräkningar.

5.1.3 Bakgrund

Idag sker mycket av det ingenjörsmässiga arbetet med datorstöd. Trots detta bedrivs idag undervisningen för tekniska fysiker på traditionellt vis där det manuella räknandet är i fokus och de specialfall som går att beräkna för hand är de som studenterna lär känna som verkligheten. Förra vårterminen genomfördes en självvärdering av programmet som ett studentprojekt med bland annat en enkätundersökning om hur studenterna ser på sin utbildning [1]. En av de slutsatser som kan dras från denna är att numerik är ett svagt område inom utbildningen som alltför sällan kopplas till fysiken, främst inom grundkurserna. Inom vissa profilkurser, främst inom profilen Beräkningsfysik, har man också problem med att många av studenterna inte har tillräckliga kunskaper i programmering när de når fjärde året av utbildningen. Man har även sett signaler om att programmering/numerik är ett efterfrågat område att utexaminerade tekniska fysiker är kunniga inom. Projektets syfte är att hitta och föreslå förändringar som leder till att lägsta nivån efter grundkurserna i åk 1-3 på programmerings- och numerikkunskaper är tillräcklig för det framtida arbetslivet, och att de studenter som väljer en beräkningsteknisk profil har tillräckliga förkunskaper för att kunna ta till sig djupet i sina profilkurser.

5.1.4 Metod

Inledningsvis genomfördes en nulägesanalys för att identifiera problem och se vilka förändringar som är på gång på olika håll på. Nulägesanalysen omfattade hur nuvarande kurser inom utbildningen ser ut och hänger ihop, en genomgång av kursutvärderingar, vilka förändringar som är på gång på de olika institutionerna, vad som framkommer i alumnienkäter, samt en attitydundersökning i de lägre årskurserna (F-07, F-08).

En omvärldsanalys gjordes för att se hur området hanteras inom andra liknande utbildningar. Ett möte arrangerades också med de ansvariga för några sammanhängande kurser (*Fysikens matematiska metoder*, *Numeriska metoder* och *Fysikaliska modellers matematik*) i syfte att förstärka den röda tråden genom dessa.

5.2 Nulägesanalys

5.2.1 Nuvarande kurser

I nuläget läser studenterna på Teknisk fysik 12 hp obligatoriska kurser i datavetenskap. De obligatoriska kurserna är *Programmeringsteknik för civilingenjörer 7.5*

hp samt *Numeriska metoder* 4,5 hp. I Figur 2 nedan visas de olika kurserna och vad datorlaborationerna innehåller för moment. Observera att från och med nästa termin kommer den inledande programmeringskursen att flyttas från läsperiod 3 till läsperiod 1.

Första året läses inledande kurs i programmering samt matematikkurser som alla innehåller någon form av datorlaboration. Höstterminen i årskurs två läses också kurser som innehåller datorlaborationer i MATLAB. Utöver detta gör alla ett MATLAB-projekt omfattande 3 hp i kursen *Fysikaliska modellers matematik* (ges av fysik men räknas som en kurs i matematik).

På kursen *Elektromagnetismens grunder* görs fyra stycken mindre laborationer i COMSOL Multiphysics. Även i kursen *Elektrodynamik* görs en del av laborationerna i COMSOL Multiphysics. Övriga obligatoriska kurser på programmet har inga eller endast väldigt begränsade inslag av programmering/numerik.

Studenterna har också möjlighet att välja till en kurs i *Datastrukturer och algoritmer* och en kurs i *Systemprogrammering*. Dessa kurser har dock legat så i tiden att det varit svårt att läsa dem.

Nedan visar hur datorlaborationerna ser ut i kurserna idag på de första tre åren av programmet.

■=Datorlaboration i MATLAB, **||**=Datorlaboration i COMSOL Multiphysics, **■**= Programmering i C

	1		2		3	4
Årskurs 1	Metoder och verktyg 7,5 hp ■	Grundläggande programmerings teknik 7,5 hp ■ ■	Envariabel analys 1 7,5 hp ■	Envariabel analys 2 7,5 hp ■	Flervariabelanalys 7,5 hp ■	Statistik 6 hp ■
					Linjär algebra 7,5 hp ■	Klassisk mekanik 9 hp ■
Årskurs 2	Fysikens matematiska Metoder 7,5 hp ■		Numeriska Metoder 4,5 hp ■	Fysikaliska modellers matematik 10,5 hp ■	Vägfysik och Optik 6 hp	Kvantfysik 6 hp
					Elektromagnetismens grunder 6 hp 	Analytisk mekanik 6 hp
Årskurs 3	Kvammekanik 1 6 hp		Termodynamik 6 hp		Statistisk fysik 4,5 hp	Fasta tillståndets fysik 10,5 hp
	Elektrodynamik 6 hp 					

Figur 2: Översiktsschema av nuvarande datorlaborationer år 1-3.

5.2.2 Kursutvärderingar

Kursutvärderingarna i *Numeriska metoder* visar att studenterna inte är nöjda med kursen som den ser ut idag. Senaste kursutvärderingen fick kursen 3,3 (av 6) i

betyg. Kursen har fått mycket kritik i många år mycket beroende på att tempot är för högt och studenterna känner att både datorlaborationer och tenta är för mycket på en så kort kurs med mindre än tre veckor från kursstart till tenta. Kursansvarig lärare har varierat från år till år vilket lett till bristande utveckling av kursen.

Uppfattningen hos de flesta studenter som i år valde att läsa profilen beräkningsfysik var att man kunde alldeles för lite programmering innan man började. Beräkningsfysik är en profil inom beräkningsteknik där programmering/numeriska metoder är en viktig del men som formellt inte kräver mer programmeringskunskaper än minsta kravet för alla studenter på teknisk fysik. Många studenter föreslog under kursutvärderingen av första kursen i profilen, *Modellering och Simulering*, att man bör ha högre förkunskapskrav inom programmering för att läsa kursen. Även i utvärderingen av *Fysikens numeriska metoder* som ligger i samma profil framhölls att förkunskaperna inom programmering var för låga.

Kurser i *Datorgrafik och bildanalys* är kurser som ingår i de mer programmeringskrävande profilerna i beräkningsteknik. Här kan en skillnad mellan till exempel datavetare och tekniska fysiker iaktas. Jämförs de program som tekniska fysiker skriver med datavetarens så ser man tydliga skillnader i förmågan att strukturera och modularisera koden samt kännedomen om och förmågan att utnyttja existerande bibliotek i t.ex. C.

5.2.3 Pågående förändringar (institutionsvis)

Institutionen för datavetenskap

Programmeringsteknik med C och MATLAB

Från och med HT09 kommer alla civilingenjörsprogram att läsa kursen *Programmeringsteknik med C och MATLAB* som inledande programmeringskurs. Kursen kommer att introducera programmering i programspråken C och MATLAB. Proportionerna mellan språken kommer vara 6 hp C respektive 1,5 hp MATLAB, dvs detsamma som kursen *Programmeringsteknik för civilingenjörer* som läses av programmet sedan tidigare. Kursen kommer att ges för alla civilingenjörsprogram innan de inledande matematikkurserna och detta innebär bland annat att matematik kan anta att alla dessa lärt sig grunderna i MATLAB innan de kommer till de inledande kurserna där.

Datastrukturer och algoritmer

Inga stora förändring i innehållet är på gång, men eventuellt kommer lite mer tid att läggas på pekare/dynamisk minnesallokering än tidigare. Kursen kommer att ges två gånger/läsår (halvfart läsperiod 1 och 3) i programspråket C. Detta är en utökning med ett tillfälle pga att även Teknisk Datavetenskap, Kandidatprogrammet i Datavetenskap och Interaktion och Design kommer att läsa kursen i programspråket C. Denna förändring borde underlätta för Tekniska fysiker att få

plats för kursen i sin utbildning.

Systemprogrammering för ingenjörer

Inte heller här är några stora förändringar på gång innehållsmässigt. Systemprogrammering för ingenjörer och Systemnära programmering (som i dagsläget läses främst av C och DV) kommer i och med förändringarna på kursen Datastrukturer och algoritmer att ha väldigt liknande förkunskapskrav i framtiden. Mest troligt kommer dessa kurser på sikt slås ihop och kommer då att ges två gånger per år.

Numeriska metoder

Kursansvarige professor Martin Berggren har föreslagit att kursen utökas från 4,5 hp på helfart till 7,5 hp på halvfart och att kursen skulle förändras såväl innehållsmässigt som pedagogiskt. Kursen fick på föregående kurstillfälle, som tidigare nämnts, kritik för att den går för fort fram. Martin påpekar också att motsvarande kurser för Teknisk fysik i Uppsala och på KTH som han varit inblandad i är mer omfattande. Inspiration har han funnit bland annat vid Rice University, i projektkursen "Introduction to Computational Engineering"i, [3] där målet är att studenterna flytande skall kunna behärska "beräkningsspråket" på tre nivåer:

- att kunna uttrycka sig i MATLAB fritt från syntaxfel
- att kunna översätta en fysikalisk problembeskrivning till programvara
- att kunna välja lämplig numerisk metod

En sådan kurs genomförs lämpligen i problembaserad form. Kursen skulle grovt sett bestå av ungefär 6 stycken teman, som vardera skulle ta ungefär en vecka att genomföra. Varje tema illustrerar hur beräkningar kan användas på modellproblem inspirerade av riktiga modeller från ingenjörstillämpningar och ska så långt som möjligt illustrera stegen fysikaliskt problem \rightarrow matematisk modell \rightarrow val av numerisk metod \rightarrow implementering i programvara \rightarrow lösning och utvärdering. Dyliga förändringar försökte genomföras redan detta år, men gick inte att genomföra inom ramen för en kort helfartskurs på tre veckor.

Institutionen för matematik

På grund av placeringen av programmeringskursen i första läsperioden på civilingenjörsutbildningarna kommer en förändring av de MATLAB-laborationer som idag går i de första matematikkurserna (*Envariabelanalys 1*, *Envariabelanalys 2*, *Linjär algebra* och *Flervariabelanalys*) att ske. Innehållet kommer då att ha fokus på att lära ut matematik istället som det har varit, en kombination av matematik och MATLAB. Vi i projektgruppen hoppas att studenterna kommer att lära sig att datorn är ett naturligt verktyg. Diskussion har förts inom projektet om att föreslå matematikinstitutionen att inte enbart ha laborationer i MATLAB utan ha till exempel ha en laboration i C i kursen *Linjär algebra* för att fräscha upp C-syntax. I

kursen *Flervariabelanalys* kan man ha en laboration i Mathematica så att studenterna även kommer i kontakt med symbolhanterande programvara. Projektgruppen kommer att rådgöra med den på matematikinstitutionen tillsätta gruppen för revidering av laborationerna.

5.2.4 Sammanställning alumnienkäter angående programmering och numeriska metoder

Alumnienkäterna från åren 2006, 2007 och 2008 har gåtts studerats. Vid varje tillfälle frågades alumner som tagit examen två respektive tio år innan enkättillfället. Allmänt ses programmering/kurser i numeriska metoder ofta som värdefulla kurser av alumnerna i det arbete de har/har haft efter studierna. Relativt många (13 av 70 som svarat på någon av enkäterna) av dem som svarat jobbar också direkt inom data/informationsteknikområdet. Svaren på alumnienkäterna innehåller dock väldigt lite av konkreta uppslag till hur utbildningen på området kan förbättras. Ett antal studenter föreslår att programmerings-/ numerikinslagen på utbildningen ska ökas utan några konkreta svar på hur detta ska åstadkommas.

5.2.5 Attitydundersökning F-07, F-08

För att ta reda på hur studenterna i de lägre årskurserna ser på ämnet gjordes en attitydundersökning i dessa klasser. I den framkom att väldigt få studenter i F-08 visste vilken profil de ville gå i fyran, men den allmänna inställningen till mer programmeringskurser var god. Av studenterna uppgav 75 % att de skulle kunna tänka sig att läsa mer kurser inom ämnet. Studenterna fick också frågan om hur viktigt de trodde programmering var för framtida yrken och där var medelvärdet 4.8 (1-6). I klassen över, F-07 var det fler som visste vilken profil de ville gå men inställningen till programmering var sämre. De ansåg programmering som svårt och därmed tråkigt. 61 % uppgav att de kunde tänka sig att läsa mer programmering men många gjorde det helst inte. Medelvärdet om hur viktigt de trodde att programmering var för framtiden var 4.1.

Detta resultat ansågs förvånande då projektgruppen trodde det skulle vara tvärtom. Det resulterade i en diskussion vad det kunde tänkas bero på, är det så att F-08 har fått en bättre introduktion till programmeringen och därmed fått större förståelse för att programmering är viktigt? Projektgruppen drog slutsatsen att det är viktigt att redan från början visa att programmering är viktigt även för en teknisk fysiker.

5.3 Omvärldsanalys

Projektgruppen har granskat utbudet av datorlaborationer på Teknisk Fysik-utbildningen på Chalmers. Där ingår datorlaborationer i varje matematikkurs i årskurs ett. Samtliga dessa har en obligatorisk del och en frivillig del som ger bonuspoäng till tentamen. Laborationerna kan göras två och två och redovisningen av de obligatoriska

momenten och den del som ger bonuspoäng sker vid dator, förutom i kursen Linjär algebra och numerisk analys, då en rapport ska lämnas in. Varje kurs har ett handledningstillfälle och ett redovisningstillfälle. Programvaran som används är främst MATLAB, men även Mathematica används vid enstaka tillfällen. Värt att notera är att Chalmers tillhandahåller licens för dessa programvaror för installation på egen dator.

I årskurs två läses mestadels ingenjörskurser och lättare fysikkurser som elretsteori, mätteknik, optik med mera, samt mer avancerade matematikkurser som fourieranalys och komplex analys. En del kurser använder specifik programvara, såsom LabView och PSpice och dessa laborationer är obligatoriska. Andra har bonuspoängsgrundande laborationer i MATLAB med inlämnad rapport som grund för poängsättning. Tredje årskursen innehåller mer avancerade fysikkurser och även här är flertalet av datormomenten frivilliga, bonuspoängsgrundande och sker i MATLAB. Attityden bland studenterna är att man alltid gör samtliga laborationer och att dessa är inte mer omfattande än att man tjänar på detta. De bonuspoängsgrundande laborationerna kan kanske motivera mer självständigt arbete vid dator vilket vi tror är mycket viktigt.

I utbildningsplanen för Teknisk fysik i Uppsala [4] kan man se att utbildningen har 5 hp programmeringsteknik samt 3*5 hp beräkningsvetenskap inom grundkurserna åk 1-3 vilket är dubbelt så mycket i jämförelse med Teknisk fysik i Umeå.

5.4 Möte med kursansvariga: FMM, Numeriska metoder och FMM

Under höstterminen i årskurs två läses tre kurser som knyter an till varandra. Dessa är *Fysikens matematiska metoder* (Per-Anders Boo, matematik), *Numeriska metoder* (Martin Berggren, datavetenskap) och *Fysikaliska modellers matematik* (Jonas Larsson, Martin Servin, Patrik Norqvist, alla fysik). Projektgruppen har haft möte med samtliga inblandande för att se vad de säger om hur man kan förbättra studenternas kunskaper i programmering, numeriska metoder och modellering/simulering och se om det kan finnas några synergieffekter av att informera de involverade lärarna om innehållet i varandras kurser och den pågående översynen. Samtliga tyckte det var nyttigt att höra vad som går igenom i respektive kurser och de var ense om att det är viktigt med datorn som naturligt hjälpmedel och tyckte att en översyn av innehållet i hela programmet verkade sunt. Martin Berggren berättade entusiastiskt om projektkursen "Introduction to Computational Engineering" på Rice University vars mål stämmer väl överens med kvalitetsgruppens vision. Av dessa möten så kom ett reellt förslag på förändring: *Numeriska metoder* kan läsas parallellt med moment ett i *Fysikaliska modellers matematik*.

5.5 Sammanfattning

För att datorhjälpmedel ska bli ett naturligt sätt att lösa problem krävs att de kontinuerligt följer med i hela utbildningen från början och till slut utan några stora uppehåll. Det innebär att datorlabbar eller problem avsedda att lösas numeriskt till så stor del som möjligt bör vävas in i matematik och fysikundervisningen. Genom användning av olika typer av verktyg (programmering i C, MATLAB, symbolhanterare som Maple eller Mathematica, FEM-miljö som COMSOL m.m.) får studenterna möjlighet att lära sig välja rätt typ av stöd för olika typer av problem.

5.5.1 Förslag till förändringar

- Att årligen eller vid behov från programledningens sida kalla till samverkansmöten med kursansvariga för kurser som är nära knutna till varandra. Kursansvariga skulle då få tillfälle att upptäcka gemensamma delar inom sina respektive kurser. En trolig effekt av detta skulle bli vara kopplingen mellan kurserna blir tydligare.
- För att få studenterna att ta till sig undervisningen krävs att de är motiverade och förstår varför området programmering/numerisk beräkning är viktigt att lära sig. Därför anser vi att en inspirationsföreläsning borde förekomma under kursen Metoder och verktyg som visar på att programmering är viktigt för en Teknisk fysiker.
- Den totala mängden undervisning i programmering/numerik bör utökas för att studenterna ska bli bättre på att skriva bra kod och bli effektivare problemlösare.
- För att studenterna ska kunna använda datorn som naturligt hjälpmedel måste de även ha tillgång till programvara. Vi föreslår därför att universitetet ska tillhandahålla MATLAB och Mathematica till mer eller mindre självkostnadspris på samma sätt som sker vid Uppsala universitet, KTH och Chalmers. Detta har diskuterats för ett antal år sedan, men utan att studentlicenser infördes. Orsaken till detta var att antalet licenser var för få. Vårt förslag är därför att universitetet eller tekniska högskolan går samman i ett befintligt avtal med ett annat lärosäte. Denna lösning finns redan för programvaran SAS, där licensavtalet delas med Uppsala universitet.
- I matematikkurserna i årskurs 1 är det önskvärt att försöka få in en mindre laboration i C för att få en kontinuerlig repetition även i programspråket C.
- Kursen *Numeriska metoder* kan läsas parallellt med moment 1 i *Fysikaliska modellers matematik* och kan då gå på halvfart istället för som idag då den går på helfart.
- Eftersom det efter höstterminen årskurs 2 inte förekommer mer datorlaborationer om inte studenterna väljer till sådana kurser behöver det införas

i grundkurserna för att få kontinuitet. Förslagsvis anser projektgruppen att kurserna Vågfysik och Optik, Kvantfysik, Analytisk mekanik, Kvantmekanik 1, Statistik fysik och Fasta tillståndets fysik är lämpliga kurser att införa någon form av datorlaboration. I någon av dessa kurser bör datorlaborationerna vara i programspråket C så att det får repeteras.

- =Befintlig datorlaboration i MATLAB, ■=Befintlig datorlaboration i COMSOL Multiphysics,
 ■= Befintlig datorlaboration i C
 * = Någon form av datorlaboration i MATLAB eller C kan införas,
 ■=inspirationsföreläsning kan införas (som visar att programmering är viktigt för en teknisk fysiker).

	1		2		3	4
Årskurs 1	Metoder och verktyg 7,5 hp ■	Grundläggande programmerings teknik 7,5 hp ■	Envariabel analys 1 7,5 hp ■	Envariabel analys 2 7,5 hp ■	Flervariabelanalys 7,5 hp ■	Statistik 6 hp ■
					Linjär algebra 7,5 hp ■*	Klassisk mekanik 9 hp ■
Årskurs 2	Fysikers matematiska Metoder 7,5 hp ■		Numeriska Metoder 4,5 hp ■	Fysikaliska modellens matematik 10,5 hp ■	Vågfysik och Optik 6 hp *	Kvantfysik 6 hp *
					Elektromagnetismens grunder 6 hp ■	Analytisk mekanik 6 hp *
Årskurs 3	Kvantmekanik 1 6 hp *		Termodynamik 6 hp		Statistisk fysik 4,5 hp *	Fasta tillståndets fysik 10,5 hp *
	Elektrodynamik 6 hp ■					

Figur 3: Översiktsschema över befintliga datorlaborationer och var det är möjligt att införa datorlaborationer av mindre karaktär i grundkurserna.

5.5.2 Attityden hos Tekniska fysiker

För att få studenterna att ta till sig undervisningen krävs att de är motiverade och förstår varför området är viktigt att lära sig. Projektgruppen tror att de korta inspirationsföreläsningar som hållits på kursen Metoder och verktyg (bland annat av August Johansson och Thomas Önskog, båda matematik) har varit väldigt nyttiga och ska göras permanenta. Kommande läsår då kursen i Grundläggande programmering kommer tidigt på höstterminen blir detta ännu viktigare än tidigare då risken för avhopp förmodligen är större i början av utbildningen om studenten inte är motiverad till det den gör. Därför bör en inspirationsföreläsning om programmering vara nödvändig i kursen Metoder och verktyg för teknisk fysik. Ett urval av andra som kan vara lämpliga föreläsare är Martin Berggren, datavetenskap, Mats Larson, matematik eller någon av doktoranderna i deras respektive forskargrupper.

5.5.3 Matematiklaborationer i årskurs 1

Som beskrivits ovan så kommer laborationerna i de inledande matematikkurserna revideras. Projektgruppen kommer att rådgöra med den gruppen och förmedla de tankar och de diskussioner som förts. Det absolut viktigaste är att studenterna inser att datorn är ett naturligt hjälpmedel inom matematik och fysik och att de med fördel kan användas för att lösa vanliga uppgifter.

Följande är några förslag till förändringar av laborationerna:

- En laboration i C i kursen Linjär algebra. Studenterna kan till exempel börja med att räkna ut skalärprodukt och kryssprodukt mellan två vektorer, matrisvektormultiplikation samt matrismatrismultiplikation och sedan gå vidare med någon algoritm. Fördelen med detta skulle vara att syntaxen i C fräschas upp.
- En laboration i Mathematica i kursen Flervariabelanalys. Mathematica är bra på symbolhantering, varför man smidigt kan genomföra räkningar som är enkla men tar tid att göra för hand. Till exempel kan man inspireras av det material som finns till exempel på Teknisk Fysik, Chalmers: som bonuspoängsgrundande uppgifter finns uppritande av normalvektorer och tangentplan till funktionsytor. Man kan även ha en laboration i optimering med steepest descentmetoden i MATLAB.

5.5.4 Placering av kursen Numeriska metoder

Efter diskussion med Martin Berggren, ansvarig lärare för kursen Numeriska metoder och de ansvariga lärarna för *Fysikaliska modellens matematik* (FMM), Jonas Larsson, Martin Servin och Patrik Norqvist, alla fysik, så föreslås att kursen *Numeriska metoder* läses parallellt med moment ett i FMM. I och med att innehållet i detta moment är vektoranalys och laborationer i COMSOL Multiphysics bör det inte vara något problem med en sådan överlappning. Dessutom blir det en naturlig övergång till de stora MATLAB-projekt som moment två innehåller; en naturlig tillämpning av de kunskaper som tillgodogjorts i Numeriska metoder. Med en starkare koppling mellan dessa två kurser kan studenterna göra en numerisk utvärdering av metoderna som använts i MATLAB-projektet.

5.5.5 Vårterminen årskurs 2

Det finns flera olika sätt att få in mer numerik i vårterminen i åk 2. Nedanstående följer två olika förslag:

1. Skapa en kurs (6 hp) att läsa på fjärdedels fart parallellt med *Elektromagnetismens grunder/Vågfysik och optik* samt *Analytisk mekanik/Kvantfysik*.

Kursen skall vara en introduktion till modellering och omfatta labbar (i MATLAB/Octave samt C) kopplade till de olika kurserna samt viss teori. Riktvärde kan vara 20 h laboration och 20 h teori kopplat till respektive kurs, eventuellt förskjutet mot mer laborationstid. *Elektromagnetismens grunder* - inget bra förslag på labb klart. *Vågfysik och Optik* - Strålgångar, reflektioner, ljus i OpenGL (C eller MATLAB). *Analytisk mekanik* - kopplade svängningar, dubbelpendel eller liknande, C eller MATLAB (ode45)(inspiration kan hämtas från Internet) [6]. *Kvantfysik* - lösa Schrödingekvationen. Detta förslag är ett större steg och kräver mer jobb. Förslaget nedan är en lösning som inte kräver lika mycket resurser.

2. Smyga in numeriska problem i den vanliga räkningen på kurserna. En väg att gå kan vara att låta *Elektromagnetismens grunder* och *Vågfysik och optik* vara oförändrade, men att föra in viss mätvärdesbehandling i MATLAB. I *Vågfysik och optik* är det svårt att ta tid till ytterligare moment (enligt kursansvarig). Byt ut vissa ”problem solving” -uppgifter i *Analytisk mekanik* mot numeriska uppgifter. Alternativt utöka kursen med 1.5 hp och lägga in en större datorlabb. I kursen *Kvantfysik* skulle man kunna experimentera med färdig kod kring väteatomen eller Schrödingerekvationen. Om kursen får 1.5 hp ytterligare kan man få in en datorlaboration. Detta kan sedan följas upp med laboration (enl. inspiration från Chalmers [7]) i kursen *Kvantmekanik* i hösten i 3:an (där det finns bonussystem som skulle kunna ändras till att gälla vissa numeriska uppgifter)

5.5.6 Vårterminen årskurs 3

I kursen *Statistisk fysik* används boken ”An introduction to thermal physics” [8]. I den finns ett antal problem som ska lösas med dator. Flera av dessa handlar om att beräkna vissa saker med högre precision och är konceptuellt inte speciellt spännande. Ett problem som anknyter direkt till teorin på ett icke-trivialt sätt är Problem 6.1 på sidan 224. Det handlar där om ett system som består av två delar, System och Reservoir och anknyter alltså direkt till härledningen av Boltzmann-faktorn.

5.6 Erfarenheter från projektets gång

Det viktiga för att få igenom förändringar är att få kursansvariga att prata med varandra. För tvärvetenskapliga områden är det bra om initiativ kommer från studenter, annars finns risken att en institution känner sig överkörd av en annan i hur kurser ska utformas. Programledningen borde vara en tillräckligt neutral kraft, men är oftast för associerad till sin institution för att dess förslag ska tas väl emot.

- Kolla på hur man har gjort på andra ställen och försök få fram om det är bra eller dåligt. Man behöver inte göra alla misstag själv.

- Kom ihåg fokus - Studenterna skall få en bra utbildning, vara nöjda med sin studietid och vara attraktiva på arbetsmarknaden efter att ha genomgått utbildningen.
- Där mycket valbarhet finns kan studenterna behöva vägledning i studierna för att ha tillräckliga förkunskaper inför de avancerade kurserna.

6 Uppföljning

För att de förslag som framkommit i detta projekt verkligen ska realiseras måste framförallt Teknisk fysiks programledning ta sitt ansvar. Ett fåtal förslag har redan implementerats och kommer att ske av sig självt. De flesta måste däremot programledningen se till verkställs antingen genom att genomföra dem själva eller i de fall det är nödvändigt föra ärendet vidare uppåt till fakulteten.

6.1 Förslag som är genomförda

Några förslag som projektgrupperna givit är redan påbörjade och redo att genomföras i nuläget. Nedan följer dessa.

1. Demonstrationslaborationer i kurserna *Elektromagnetismens grunder* samt *Termodynamik* kommer att genomföras nästa läsår.
2. Kursen *Numeriska metoder* kommer att gå på halvfart parallellt med kursen *Fysikaliska modellens matematik* istället för som idag på helfart.

6.2 Programledningens ansvar

De flesta av förslagen måste programledningen ta ansvar för ifall de ska bli verkliga. Det är hela denna projektgrupps förhoppning om att så också sker. Följande förväntar sig projektgruppen att programledningen verkställer.

1. Inför en schemalagd introduktion till laborationerna på alla fysikkurser som har laborationer som en del av kursen.
2. Inför mer formell skriftlig redovisning och muntlig presentation även under programmets senare del istället för som idag då redovisningarna tenderat att bli mer informella.
3. Se till att samverkansmöten införs där kursansvariga lärare på programmet kan träffas och diskutera olika frågor. Det kommer föra programmet som helhet framåt.

4. Försök att förklara för studenterna att kunskaper i numerik är viktigt för en Teknisk fysiker. Gör detta genom hela utbildningen, men framför allt i början. Ordna inspirationsföreläsningar där forskargrupper eller alumner visar på vilket sätt de använder sig av dessa kunskaper i sitt dagliga arbete.
5. Inför mer numerik i utbildningen enligt projektgruppens förslag. Tänk på kontinuiteten och helheten i programmet. Utöka kursen Numeriska metoder till att omfatta 7.5 hp istället för som idag 4.5 hp. Det är nödvändigt för att kursen ska bli bättre och är även den kursansvariges önskemål.
6. Försök införa någon laborationer i C så att detta får repeteras. I annat fall riskerar studenterna att C-syntax glöms bort fort. Extra viktigt nu när kursen *Programmeringsteknik i C och MATLAB* kommer att ligga ännu tidigare i utbildningen.
7. Lyft frågan om studentlicenser för MATLAB och Mathematica vidare till fakulteten och tekniska högskolan. Detta är en viktig förutsättning för att studenterna ska kunna utveckla sina kunskaper inom området.
8. Lärarnas pedagogiska utveckling omfattades inte av detta projekt. Lyft ändå denna fråga högre upp. Det är knappast ett problem som bara finns på detta program. Bör inte fakulteten göra en översyn av hur pedagogiska föreläsningarna på fakulteten faktiskt är? En didaktiker kunnig inom respektive ämnesområde bör besöka föreläsningarna och se hur föreläsningarna bedrivs.
9. Utvärdera det här projektet om ett år. Vilka förslag genomfördes? Vad blev resultatet? Blev det lyckat eller inte? Vad hade kunnat göras annorlunda?

Referenser

- [1] Umeå universitet, Institutionen för Fysik,
Självvärdering av Teknisk fysik, vt 2008,
<http://www.phys.umu.se/tekniskfysik/kvalitetsarbete/RapportSVON2008i_080908.pdf>.
- [2] Höskoleverket,
Vägledande kvalitetsaspekter, 2009-04-27,
<http://www.hsv.se/kvalitet/kvalitetssakring/utmarkelsenframstaendeutbildningsmiljo/vagledandekvalitetsaspekter_4.7924e74611777d7c66080002555.html>.
- [3] Rice university,
Introduction to computational engineering
<<http://www.caam.rice.edu/caam210/CAAM210/Intro.html>>.
- [4] Uppsala universitet,
Studieplan för civilingenjörsprogrammet i Teknisk fysik, 2009-05-15,
<<http://www.teknat.uu.se/cms/node436>>.
- [5] Umeå universitet, Institutionen för Fysik,
Utbildningsplan Teknisk fysik, 2008-07-01,
<http://www.acc.umu.se/~amanuens/rt/documents/Teknisk%20fysik_20080908.pdf>.
- [6] Patrick Kessler,
Matlab for ME175, spring 2006,
<<http://www.mechanicaldust.com/UCB/me175.html>>.
- [7] Chalmers tekniska högskola, Kristian Berland
Kvantfysik, 2008-1214
<<http://webfiles.portal.chalmers.se/groups/kvantfysik/>>.
- [8] Schroeder Daniel V,
An introduction to Thermal Physics,
Addison-Wesley Longman.

A Bilaga 1

A.1 Demonstrationsförsök i termodynamik

- Absoluta nollpunkten (gastermometern)
- Termoelement
- Resistanstermometri och kalorimetri
- Kritisk punkt
- Polarisering i dielektrikum
- Volymutvidgning
- Värmeledning i plexiglas
- Termisk diffusivitet
- Stefan-Boltzmanns strålningslag
- Emissivitet/värmeledning –kallt/varmt
- Rüchardts metod (cp/cv)
- Kundts rör
- Stirlingmotorn
- Maxwells demon
- Volymutvidgningskoefficienten vid höga tryck
- Joule-Thomson (Kelvin)-effekt
- Peltiereffekt
- Fastransition (Woods metall)
- Smältning, frysning, sublimering (kolsyreis)
- Bränslecell

A.2 Demonstrationsförsök i ellära

- Virvelströmmar (Lenz lag, Thomsons ringar)
- Transformatorn (Hopsvetsning av spikar)
- Enkla transformatorförsök
- Gnidningselektricitet
- Elektrostatiska fält
- Coulombs lag
- Laddningstransport mellan kondensatorplattor
- Amperes lag (Torodial spole)
- Magnetfält: (3D-demo, visningar av Faradays bur)
- Plattkondensatorns kapacitans
- Stora kondensatorer
- Elektrometern - Några enkla försök
- Wattmeter
- Magnetisk kraftverkan (Strömförande ledare, strömförande tråd)
- Mätning av B-fält med fluxmeter & Gaussmeter
- Jordens magnetfält
- Visning av ferromagnetism
- Bandgeneratorn
- Elektriska dipoler (fin vattenstråle)
- Enkla induktionsförsök
- Fjädrande magneter
- Cykelgeneratorn
- Induktans (enkelt försök)
- Spänningsstöt vid brytning
- Halv- och helvåglikriktning
- Ampere- och voltmeter
- Tesla transformatorn
- Likströmsmotor

A.3 Budget

Det kan vara intressant för liknande projekt att känna till budgeten för detta projekt. Budgeten för hela projektet var 75000 kr och varje projektdeltagare arvoderades för 40 arbetstimmar. Projektledaren arvoderades dock för 60 timmar. Totala antalet projektdeltagare inklusive projektledaren var 13 st. Lönens storlek varierade beroende på akademisk titel.