

Utvecklar studenterna ett globalt perspektiv  
på kvantfysik i de grundläggande  
kurserna inom F utbildningen?

En jämförelse mellan CTH, KTH och LTH.

Mikael Bauer, Peter Blennow, Carl Ellström, Johan Sjöholm  
och Magnus Ögren

Projektarbete i kursen “Högskolepedagogisk introduktionskurs (2p)” vid LTH juni  
2006.

# Innehållsförteckning

<b>1. INLEDNING.....</b>	<b>3</b>
<b>2. BAKGRUND.....</b>	<b>3</b>
<b>3. INTERVJUER.....</b>	<b>6</b>
3.1. CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA (CTH) .....	6
3.1.1. Tillämpningar .....	7
3.1.2. Lärarens syn på globalt perspektiv .....	7
3.1.3. Pedagogiskt arbete.....	7
3.1.4. Studenternas perspektiv .....	8
3.1.5. Arbetsbelastning .....	9
3.2. KUNGLIGA TEKNISKA HÖGSKOLAN (KTH) .....	9
3.2.1. Tillämpningar .....	9
3.2.2. Lärarens syn på globalt perspektiv .....	9
3.2.3. Pedagogiskt arbete.....	10
3.2.4. Studenternas perspektiv .....	10
3.2.5. Arbetsbelastning .....	11
3.3. LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA (LTH) .....	11
3.3.1. Tillämpningar .....	11
3.3.2. Lärarnas syn på globalt perspektiv .....	11
3.3.3. Pedagogiskt arbete.....	11
3.3.4. Studenternas perspektiv .....	12
3.3.5. Kursomlägget som skett på LTH de senaste åren .....	12
<b>4. ANALYS.....</b>	<b>12</b>
<b>5. REFERENSER .....</b>	<b>14</b>

# 1. Inledning

En förståelse för kvantfysikaliska fenomen och teorier är fundamental för många kurser inom fysik, men även inom många andra ingenjörssämne, t.ex. materialvetenskap och kemi. Många studenter kan lösa problem de ställs inför i de mer klassiska fysikämnena men får ofta svårigheter med att få det globala perspektivet och en djupare förståelse för kvantfysikaliska problem. Med globalt perspektiv menar vi här de förankringar som kursen måste innehålla utanför den strikta teorin för att öka studenternas förståelse för kvantfysiken.

Svårigheterna kan i stor grad bero på avsaknaden av analogier med vardagliga erfarenheter som man kan ha stor nytta av i mer klassiska ingenjörssämnena. Istället är kvantfysik mindre intuitivt och kan rentav kännas ologiskt till sin natur. Vad bör man som lärare tänka på för att få studenterna att få en bättre djupinläring i ämnet och se möjligheterna och tillämpningarna med kvantfysiken? På vilket sätt påverkar lärarens syn på ämnet och sin lärarsituation studenternas syn på sitt lärande? För att besvara frågeställningen om vad som görs för att ge studenter vid tekniska utbildningar i Sverige en bra grund för inläring har vi intervjuat kursansvariga lärare vid Chalmers, KTH och LTH om hur de ser på pedagogiken i deras kurser.

# 2. Bakgrund

Ett problem med kvantfysiken är att en stor del av studenterna uppfattar detta ämnesområde som relativt abstrakt och det finns få tidigare kunskaper och relevansstrukturer att fästa den nya informationen vid. Enligt Posner och Trigwell<sup>1</sup> löper studenter som har svaga förkunskaper större risk att anta inlärningsätt som leder till ytinläring och studenter med bättre konceptuell förståelse har en större tendens att anta ett lärande som leder till djupinläring. Djupinläring innebär att man klarar av att sätta saker i sitt sammanhang och strävar efter förståelse. Man klarar av att koppla ihop nya kunskaper med det man redan kan. Djupinläring leder till att man minns mer. Motsatsen är ytinläring och innebär enkelt uttryckt utantillinläring, dvs. att fakta och formler lärs in och memoreras utan att de sätts in i något sammanhang.

I en artikel av Schmidt<sup>2</sup> ges ett liknande synsätt som Posner och Trigwell<sup>1</sup>. Där kan man notera att de förkunskaper en person har inom ett visst ämne till viss del bestämmer till vilken grad ny information kan tas upp. De som saknar relevanta förkunskaper har svårare and förstå och komma ihåg ny information eftersom de har färre verktyg till att konstruera en meningsfull representation av vad den nya informationen verkligen betyder. Detta är ett stort problem för lärare inom grundkurserna i kvantfysik, eftersom det i stor grad är en kurs som kräver att studenten ändrar sin syn på fysiken från ett klassiskt perspektiv till ett kvantperspektiv. Problemet ligger bl.a. i att man antingen kan ge en klassisk förklaring av ett fenomen, eller ingen förklaring alls. En klassisk förklaring är lättare för studenten att förstå, men det leder till en förståelse som lätt kan leda fel. Ett exempel är liknelsen av kärn- och elektronspinn: att dessa partiklar snurrar runt sin egen axel. Denna liknelse håller för att förklara enkel NMR- och magnetröntgenteori men är direkt felaktig och helt oanvändbar i beräkningar. Vid inläring som kräver omorganisering av centrala koncept, på liknande sätt som kvantfysiken gör, hävdar Posner et al.<sup>3</sup> att det ställs tre krav på materialet för att studenten skall kunna uppmärksamma och ta till sig den nya kunskapsgrunden:

- Det måste finnas en tydlig skillnad gentemot den befintliga kunskapen.
- Bevisen som förs fram måste vara tillräckligt förståeliga, även för någon utan den nya kunskapen, att de omkullkastar de gamla uppfattningarna.
- Den nya kunskapen måste visa sig tillämpbar på problem och öppna upp nya frågeställningar.

Således ställs det stora krav på hur föreläsaren lägger upp sin kurs, med avseende både på teori och tillämpningar, för att få till stånd det önskade paradigmskiftet i studentens förståelse av fysiken. I Schmidts artikel beskrivs sex fundamentala principer bakom kognitiv inläring, dessa har tagits fram från forskning runt kognitiv psykologi<sup>2</sup>:

1. *De förkunskaper människor har inom ett visst ämne är den avgörande faktorn på vilket sätt och hur stor mängd ny information som kan bearbetas.*  
 Detta kan innebära att de studenter som har tillräckliga förkunskaper för att dra nytta av undervisningen kommer att lära sig mer än de som inte har det, vilket kan öka kunskapsklyftan mellan de två grupperna allt eftersom undervisningen fortgår.
2. *Förkunskaperna måste aktiveras på något lämpligt sätt.*  
 Det är inte tillräckligt med en mängd olika teorier eller påståenden om de inte kan sättas in i ett större sammanhang. Om teorierna eller påståendena däremot aktiveras av något som kan kännas igen ökar inläringen. Som exempel kan studien om "Making and Flying a kite"<sup>4</sup> nämnas. Försökspersonerna hade stora svårigheter att komma ihåg ett stycke som till synes innehöll en mängd lösryckta meningar. När sedan titeln på stycket blev tillgängligt, "Making and Flying a kite", kunde försökspersonerna komma ihåg nästan dubbelt så mycket information i stycket. I Schmidts artikel<sup>1</sup> finns fler referenser till liknande scenario inom mer relevant undervisning.
3. *Kunskap är strukturerad. Sättet den är strukturerad i minnet påverkar hur tillgänglig den är att använda.*  
 Enligt författaren består kunskap av olika satser som är strukturerade i så kallade semantiska nätverk. Satserna är påståenden som innehåller två begrepp och deras samband. De semantiska nätverken består av ett stort antal satser som är sammankopplade på ett spindelnätsliknande sätt. Dessa nätverk skapar en struktur på verkligheten som annars skulle kunna uppfattas som en kaotisk massa. Det viktiga att förstå är att nätverken inte nödvändigtvis återspeglar den korrekta verkligheten, utan istället reflekterar en persons erfarenheter, åsikter och uppfattningar. En av anledningarna till att studenter kan ha svårt att sätta ny information i sitt riktiga sammanhang är att deras nya kunskap inte har strukturerats in i deras "kunskapsnätverk" och att de således får svårt att tillämpa den nya informationen i andra situationer. Kortfattat kan man säga att det finns en inbyggd tillämpningsproblematik i inlärningsprocessen av ny kunskap.
4. *Lagring och återkallande av information i minnet förbättras avsevärt om materialet bearbetas under inlärningsfasen.*  
 Aktiv bearbetning av ny information underlättar omstruktureringen av de semantiska nätverken så att fler vägar i minnet öppnas upp för att återkalla informationen. När fler vägar öppnas upp blir sannolikheten större att man kan "hitta" ett visst koncept i minnet och applicera den nya informationen eller kunskapen i olika situationer.

5. *Förmågan att aktivera kunskaper lagrade i långtidsminnet och göra dem tillgängliga är kopplade till vilken omgivning man befinner sig i.*  
Experiment har visat att information som lärs in medvetet kopplas omedvetet samman med den omgivningen där man tog in informationen, även om omgivningen är helt irrelevant till den information som lärs in. Författaren menar därför att det är lättare att återkalla information eller kunskap om det görs i en liknande omgivning som där man lärde sig informationen. Som exempel tar författaren upp svårigheterna för vissa studenter att "hitta rätt svar" på en examination trots att de har studerat ämnet noggrant hemma.
6. *Att vara motiverad att lära förlänger tiden man studerar ett visst ämne och förbättrar prestationen inom det området.*

Detta är ett intuitivt resonemang. Den student som har en drivkraft att lära sig nya saker kommer generellt vara beredd att spendera mer tid på sina studier än någon som har mindre motivation att studera.

Många forskningsartiklar har argumenterat för att problembaserat lärande (PBL) stödjer aktiverandet av tidigare kunskaper och underlättar fortsatt bearbetning av ett ämne eller problemställning. Inlärningsprocessen av ny information underlättas av diskussion kring relevanta problemställningar. Dessa effekter förklaras bland annat av att en form av omorganisering sker i studenternas relevansstrukturer, som ett resultat av problemorienterade studier. Enligt Prosser och Trigwell<sup>1</sup> uppfattar olika studenter samma undervisning på olika sätt. Studenternas tidigare upplevelser från undervisning och inläring påverkar deras nuvarande lärandesituation. Studenternas uppfattning om sin lärandesituation har i sin tur stor betydelse för hur de angriper sina studier och för hur kvaliteten på resultaten från studierna ser ut. Samma synsätt gäller för lärarna. De angriper sin undervisning på kvalitativt olika sätt. Olika lärare fokuserar på olika aspekter i deras omgivning. Författarna menar vidare att det som lärarna fokuserar på har stor påverkan på hur undervisningen ser ut och att det finns ett starkt samband mellan lärarens synsätt på sin undervisning och hur studenterna angriper sina studier. En av de viktigaste förmågorna en lärare bör ha, för att förbättra kvaliteten hos sina studenters inläring, är att försöka se och förstå situationen ur studenternas perspektiv. Om läraren kan anpassa sin undervisning i relation till hur han/hon uppfattar studenternas situation får undervisningen ett mer studentfokuserat perspektiv. Enligt författarna är det större sannolikhet, för de lärare som anammar ett studentfokuserat undervisningssätt, att studenterna har ett djupinriktat synsätt på sitt lärande. Lärare som istället har ett lärarfokuserat perspektiv, dvs endast utgår ifrån sig själv i sin undervisning, riskerar att få studenter som prioriterar ytinläring i sina studier.

### 3. Intervjuer

Som bas för intervjuerna med de kursansvariga lärarna på de olika lärosätena användes följande frågor:

1. Många studenter har svårt att se relevansen av kursinnehållet tidigt under kursen i kvantfysik. Hur gör ni för att presentera och klargöra tillämpningar? Vad gör ni för att studenterna ska få en bredare synvinkel på området?
2. Vilka exempel tar ni upp utanför det grundläggande teoriblocket? Är det exempel som skall belysa eventuella tillämpningar eller är det exempel för att eventuellt klargöra teorin ytterligare?
3. När i kursen tar ni upp dessa exempel? Är det i början, slutet eller kontinuerligt genom kursen?
4. Finns det några speciella anledningar till att ni väljer ett exempel från ett visst tillämpningsområde? Är det inom många olika områden eller huvudsakligen lärarens intresseområden? Hur påverkar kurslitteraturen?
5. Hur uppfattar ni själv att studenterna tar till sig eventuella exempel och utökar sina kunskapsperspektiv?
6. Hur vill ni tidsmässigt vikta teori mot tillämpningar i kursen?
7. Kan ni förtydliga kursmålen angående tekniska tillämpningar?
8. På vilket sätt har ni varit med och utvecklat/förändrat det pedagogiska upplägget på kursen?

En kort jämförelse av formen för de olika kurserna finns sammanställd i Tabell 1.

**Tabell 1. Jämförelse av kursuppläggen vid de olika högskolorna.**

	CTH	KTH	LTH
Poäng (varav kvantteori)	3+4 p 5 p	8 p 4 p	9p 3 p (+1p projekt)
Examination	duggor, lab & projektarbete	tenta, duggor & projektarbete	tenta, dugga, lab & projektarbete
Projekt	fyra st. totalt 1 p	ett om 1 p	ett om 1 p
Lab	två st. totalt 2 p	inga	fem st. totalt 3 p
Fördjupning	atom och elektronikfysik	atomfysik	atom & kärnfysik
Litteratur	egen	kommersiell	egen, kommersiell

#### 3.1. Chalmers Tekniska Högskola (CTH)

På Chalmers har länge kvantfysiken ansetts som den viktigaste kursen i utbildningen i Teknisk Fysik (F). Kvantfysiken betraktas generellt som en milstolpe i utbildningen. Nästan alla kurser som kommer efteråt bygger på den och de innan är uppbyggda så att just denna kurs ska klaras av. Med andra ord så läggs ganska stor press på både föreläsare och studenter att alla ska klara kvantfysiken bra. Tidigare låg kursen i en period (7p) parallellt med en annan valfri kurs (3p) vilket för många resulterade i att den mindre kursen släpptes på grund av en för tung arbetsbörda under läsockens gång. Det nya upplägget med två kurser (4p+3p) under en hel termin borde underlätta för studenterna men risken finns att det resulterar i en ännu tyngre arbetsbörda.

### 3.1.1. Tillämpningar

Kvantfysiken på Chalmers är en teorikurs med resultatet att den innehåller mycket mer teori än praktiska tillämpningar. Även i det nya upplägget med två kurser så är det mycket stor andel teori i den andra kursen ("Tillämpad kvantfysik"). De exempel som behandlas i kurserna är till största del tagna från atom- och molekylfysiken. Detta beror till stor del på att Chalmers F-utbildning inte har någon obligatorisk kurs i atom- och molekylfysik utan det är meningen att kvantfysiken ska täcka en del av detta ämne. På senare tid har dock de forskare som arbetar inom fysikalisk elektronik (MC2) arbetat för att få in en större andel exempel från detta område i kvantfysiken, exempel från detta område är t.ex. kvantprickar. Denna inriktning skulle enligt läraren kunna leda till ett nytt spår i kursen tillämpad kvantfysik vilket skulle kunna bredda studenternas kunskaper.

De flesta icketeoretiska exempel som tas upp i kvantfysiken kommer in i kursen via gästföreläsare. Dock bör man beakta att gästföreläsare kostar en hel del samtidigt som budgeten för kvantfysiken har minskat under de senaste åren enligt läraren. Läraren anser att det optimala är att ha en gäst efter andra veckan i kursen och sedan ungefär en varannan vecka (beroende på schemat). Efter vecka två har studenterna förhoppningsvis börjat få upp det nya tankesättet som man får via kvantfysiken och kanske har de börjat ställa frågan: varför läser vi detta? Detta gör att belysande exempel passar bra. Detta är det optimala men med gästföreläsare har man alltid problemet med scheman som inte matchar. Som det ser ut nu gäller att kursen har ca tre till fyra gästföreläsningar och dessa infaller oftast när föreläsarna har tid och inte när det är optimalt för studenterna.

### 3.1.2. Lärarens syn på globalt perspektiv

Intrycket som förmedlades under intervjun var närmast att ett globalt perspektiv skulle kunna vara viktigt men inte så relevant för kvantfysikkursen. Läraren anser snarast att kvantfysiken är en teorikurs och därmed betraktas tillämpningar och andra exempel nästan som ett nödvändigt ont. Detta kan naturligtvis skapa problem vad gäller studenternas lärande eftersom svårigheter att strukturera och aktivera ny kunskap skapar problem för det kognitiva lärandet.<sup>2</sup>

Avsikten med kursupplägget är istället att studenterna ska få en lämplig breddning genom de fyra projekt som är obligatoriska i kursen. Schemamässigt är varje projekt tilldelat åtta timmar men för studenterna brukar de ta mycket mer tid i anspråk. Ämnet för de enskilda projekten är valfritt för studenterna men det ska beröra kvantfysik. Det finns även en lista med olika projekt alternativ med varierande svårighet som studenterna kan välja mellan. Det finns alltså ingen garanti att de ämnen som studenterna tar upp verkligen breddar deras kunskaper eller belyser ett jämt spektrum av de områden som bör och kan tas upp. Oavsett projekt så låter man under projektarbetena studenterna bearbeta materialet mer aktivt vilket, som tidigare nämnts, underlättar omstrukturering av de semantiska nätverken mot en djupare förståelse.

### 3.1.3. Pedagogiskt arbete

Det huvudsakliga pedagogiska arbetet brukar ske under kursens gång men inga större pedagogiska förändringar har skett sedan 2002. Detta är en kurs som sett likadan ut en längre tid och som troligen kommer att se likadan ut om inte yttre omständigheter diktar, exempelvis Bolognaprocessen som nu resulterat i en uppdelning av kursen. Det finns dock ett par lite annorlunda pedagogiska detaljer som bör påpekas.

Kursen har två examinatorer/föreläsare, alltså en form av par-undervisning. Tanken var från början enligt läraren att ha två personer som var enbart examinatorer för att öka rättvisan för studenterna och sedan plocka in yngre mer ivriga föreläsare för att motivera studenterna och öka friheten i kursen. Detta visade sig dock svårt att genomföra då ekonomin som alltid sätter käppar i hjulet. Så nu är det istället examinatorerna som också är huvudföreläsare i kursen och anledningen till att de är två är nu enbart för att minska arbetsbördan för lärarna.

En annorlunda detalj är också att kvantfysikkursen inte har något fast slutdatum. Kursen avslutas med ett muntligt samtal ("eftersamtal") mellan examinatorerna och studenten där förståelse och återkoppling är huvudteman. Innan det avslutande samtalet måste alla projekt ha redovisats (skriftligt och muntligt), duggor vara avklarade och inlämningsuppgifterna inlämnade. Eftersom upplägget i kursen aktivt uppmanar studenterna att arbeta i grupp genom hela kursen är också eftersamtalet ett sätt för examinatorerna att studera hur stämningen och gruppdynamiken har varit bland studenterna. Att det saknas ett slutdatum gör dock att flera studenter drar ut på ett eller flera av projekten till efter övriga tentor eller t.o.m. efter jullovet eller ännu senare.

Ambitionen finns dock att ändra kvantfysikkursen något. Enligt läraren borde kursen vara ännu mer teoretisk och mer inriktad mot den akademiska fysiken. Anledningen till detta ställningstagande är att utbildningen i teknisk fysik måste klara av att tillgodose det växande behovet av kvantfysiker inom universitetsvärlden. I övrigt gav läraren ett intryck av att vara nöjd med kursens upplägg och såg inget behov av förändringar. Detta tyder lite på att läraren inte har ambitionen att undervisa från ett studentfokuserat perspektiv utan mer utgår ifrån sitt eget perspektiv. Med detta synsätt på undervisningen var det större sannolikhet att studenterna anammade ett ytinriktat lärande.<sup>1</sup>

### 3.1.4. Studenternas perspektiv

En personlig reflektion efter att ha läst kursen är att kvantfysikkursen ter sig som ett enda töcken av konstiga teorier som gicks igenom via inlämningsuppgifter vilka löstes i grupp uppblandat med många föreläsningar och duggor. Då, 2002, betraktades kvantfysikkursen av studenterna nästan som en matematikkurs. Det var inte förrän mot slutet av kursen som man började få en något djupare förståelse för vad det var som det hela gick ut på och i vilken relevansstruktur som man skulle placera den nyvunna kunskapen. En anledning till detta kan vara ett ytinriktat lärande skapat av det höga arbetstempot som inte gav mycket tid över till reflektion och eftertanke. Uppdelningen av kursen i två mindre kurser kan mycket väl komma att gagna dels studenterna och dels kursens rykte. Förhoppningen är att uppdelningen kommer att leda till ett ökat inslag av tillämpningar i båda kurserna vilket kommer att ge en ökad förståelse för varför man läser kvantfysik och troligen kan man locka fler studenter att stanna kvar inom den akademiska världen som ju har den största mängden kvantfysiker. Att låta fysikalisk elektronik komma in i kvantfysikkursen verkar vara en bra idé. Detta borde leda till en större samling av tillämpningar att plocka exempel från vilket kan leda till en djupare förståelse hos studenterna. Det borde till och med vara så att ännu fler grenar borde kunna inkluderas i kursen utan allt för stor upppoffring. Till exempel så borde små delar av kvantkemi och kvantoptik kunna inkluderas utan att det inkräktar för mycket på de ordinarie föreläsningarna. Examinationsformen utan ett fast slutdatum har sina fördelar och nackdelar. Den stora fördelen är att studenterna kan planera in så att ett eller flera projekt görs efter de vanliga tentorna när arbetsbelastningen oftast är något lägre. Nackdelen är att vissa



studenter faller genom systemet, där studenter som har problem med den tunga arbetsbördan inte hinner med arbetet, vilket speciellt kan ske om man inte hittar en bra grupp att samarbeta i. Dessa studenter ser ofta avsaknaden av ett slutgiltigt datum som en förevändning till att skjuta upp delmoment i det oändliga.

### **3.1.5. Arbetsbelastning**

Den tidigare kvantfysikkursen var en av de allra tyngsta under hela utbildningen i teknisk fysik på Chalmers. Kursen har också ett rykte att vara just den tyngsta vilket gör att studenter satsar mer tid tidigt i kursen och sedan accelererar detta vilket leder till en alldeles för stor arbetsbörda oavsett vad man brukar ha som mål. Att dela kursen i två delar skulle kunna vara en lösning på den tunga arbetsbördan. Men anledningen till att kursen nu är delad i två är en anpassning till Bolognaprocessen som pågår för fullt på Chalmers, alltså inte att minska arbetsbördan för studenterna. Om arbetsbördan faktiskt kommer att öka eller minska p.g.a. delningen vet man idag inte då detta nya kursupplägg ännu inte testats. Dock är det klart att utdragningen över en hel termin gör att det totalt blir fler duggor och inlämningsuppgifter även om de blir lite mer utspridda.

## **3.2. Kungliga Tekniska Högskolan (KTH)**

### **3.2.1. Tillämpningar**

Den grundläggande kursen i kvantfysik ("Kvantfysik och statistisk mekanik") för F på KTH är en mycket teoretisk kurs med få tillämpningar och exempel. Det är ett medvetet val med tanke på tidigare och senare kurser. Läraren uppskattar att kvalitativa resonemang utgör ungefär 15% av föreläsningarna och de flesta kommer in på slutet. Exempelen är hämtade från atomfysiken av traditionella skäl - "de [flesta böckerna] ser ut på det här viset". Teorin exemplifieras av analytiskt lösbara problem som dock oftast inte är realistiska. Exempelvis studeras potentialer som är ovanliga i naturen men som är enkla att räkna på. Detta kan skapa svårigheter med att se helheten och användbarheten av den nya informationen, dvs man får svårt att strukturera upp den nya kunskapen och utveckla sitt semantiska nätverk.<sup>2</sup> De mest konkreta exempel som tas upp på föreläsningarna är väteatomen och den enkelt positiva heliumjonen. Någon gång har studenterna fått arbeta med numeriska lösningar av kvantfysikaliska problem i datorlaborationer. Det var intressant men det är inte ett moment som använts varje år. Kvantfysikdelen av kursen tar inte upp tekniska tillämpningar. Den andra delen (statistisk mekanik) av kursen tar upp tekniska tillämpningar, men de är inte knutna till kvantfysik. Kursledaren anmärkte att Fujitsu planerar att konstruera sina integrerade kretsar utifrån kvantmekaniska principer om ungefär tio år, ett perspektiv som kanske kan tas upp i undervisningen. Till kursen har på senare tillkommit ett projektarbete på en poäng som redovisas muntligt och skriftligt. Projektet är ofta mer tillämpat och kan beröra ämnen som kvantteleportering. Här är de grundläggande principerna desamma som tas upp i kursen, varför studenterna kan tillägna sig även vetenskapliga artiklar på området. Projektarbete innebär återigen en positiv bearbetning och aktivering av kunskapen man lärt sig. Ett bearbetande arbetssätt under inlärningsfasen förbättrar lagrandet och återkallandet av informationen i minnet avsevärt.<sup>2</sup>

### **3.2.2. Lärarens syn på globalt perspektiv**

Lärarens syn är att allmänorienteringen i kvantfysik ges i den tidigare kursen ett år innan, "Modern fysik". Den ska ge en kvalitativ förståelse för ämnet medan denna

kurs går genom den grundläggande teorin. Men ingen anknytning till det faktiska kursinnehållet i den tidigare kursen görs. Här skulle mycket kunna vara vunnet om man tar upp vad studenterna förväntas ha fått med sig från den tidigare kursen. Laborationerna är flyttade från denna kurs till kursen "Modern fysik". De låg tidigare direkt före kursen i kvantfysik och skulle kunna ha utnyttjats som relevansstruktur för resten av kursen. För att vidga perspektivet läggs anknytning till verkliga fysikaliska problem in i tentamen. Läraren har provat att lägga in frågor som ska testa kvalitativ förståelse, med, enligt läraren, överraskande dåligt resultat. Eftersom man under kursens gång inte satsat på att bygga upp studenternas semantiska nätverk och missat att det finns en inbyggd tillämpningsproblematik i inlärningsprocessen<sup>2</sup>, så är kanske tentamensresultaten inte särskilt överraskande.

Kursledaren delar upp studenterna i starka och svaga och upplever att den mer tillämpade approximationsdelen av kursen går de svagare förbi. De matematiska redskapen är mer avancerade och de svagare studenterna får ingen tid över att fundera över problemens fysikaliska innebörd. Detta är ett typiskt exempel på hur svagare elever som inte har tillräckliga förkunskaper (dvs inte tillräckliga matematikkunskaper) kommer att fastna i ett ytinriktat lärande.<sup>1</sup> Konceptuellt svårt är koppling av rörelsemängdsmoment, något som inte innehåller så mycket avancerad matematik. Läraren verkar inte reflektera så mycket över hur det går att hjälpa studenterna att förstå dessa begrepp. Kursupplägget handlar om val av kurslitteratur, läsanvisningar till denna och hur kursinnehållet ska tenteras.

### 3.2.3. Pedagogiskt arbete

Innehållet i kvantfysikkursen på KTH styrs till stor del av kurslitteraturen.

Kursledaren tycker att det är opraktiskt att ha flera kursböcker och försöker därför välja en bok som är en bra kompromiss vad gäller klarhet, innehåll och val av exempel. Fördelen är att det är lätt att följa kursen med hjälp av litteraturen, nackdelen är att i princip hela kursen utgår från kursboken.

Kursledaren ser tentamen som en viktig del av kursen. Det som tas upp på tentamen och hur det tas upp definierar till stor del kursen. Eftersom studenterna löser uppgifter från tidigare tentamina bör frågorna koncentreras till det mest centrala delarna.

Avvikande exempel kan vara svåra att examinera på lämpligt sätt. Kvantfysik och statistisk mekanik har två kursledare. Att det är en kurs och inte två har mest att göra med en regel på KTH mot alltför små kurser. Kursledarna arbetar inte tillsammans, utan sköter varsin del själva.

Kursen är under bearbetning, men det är ingen större förändring i kursinnehållet.

Omläggningen i höst kommer att bearbeta kursen också med avseende på färdigheter som inte är direkt kopplade till ämnet, s.k. allmänna ingenjörskompetenser. Det är förstås möjligt att det innebär nya arbetssätt.

### 3.2.4. Studenternas perspektiv

Tillämpningen av kvantmekaniken kommer främst i senare kurser, men de är inte alltid obligatoriska. Möjligen har det ändrats nu. Det märks att de verktyg som medger beräkningar utan att utföra differential- eller integralkalkyl är populära och förstås av de flesta av studenterna. Valet att endast lägga exempel på slutet och i tentamina kan ifrågasättas. Visserligen är det bra att testa den djupare förståelsen, men det är inte många som får förbättrad djupförståelse för ämnet just vid själva tentamenstillfället. Det är emot alla grundprinciperna inom teorin för kognitiv inläring.<sup>2</sup> Som kursen ser ut nu är de enda exempel som tas upp de som kommer på slutet och handlar om approximationsmetoder. De är ofta tunga matematiskt och kan

snarare verka avskräckande än lättfattliga och entusiasmerande. Att det går att illustrera flera grundläggande fenomen i kvantfysiken med relativt enkla exempel är inte något som beaktats. Här skulle några enkla exempel kunna vidga studenternas perspektiv på kursinnehållet betydligt.

### **3.2.5. Arbetsbelastning**

Kraven på studenterna när det gäller kvantitativt arbete är inte så stora. Ett projekt, en kontrollskrivning och en tentamen är inte så mycket för fyra poäng. Tentamen upplevs som medelsvår och kursen hade inte rykte om sig att vara svår.

## **3.3. Lunds Tekniska Högskola (LTH)**

### **3.3.1. Tillämpningar**

I denna kurs ligger de flesta tekniska tillämpningar som tas upp inom kärnfysikområdet. Några exempel är medicinsk teknik, åldersdatering och kärnkraft. Gemensamt för hur dessa tillämpningar presenteras i kursen är att de inte bygger på en detaljerad förståelse på kvantfysik nivå utan snarare är mera informativ. Detta har enligt läraren historiska anledningar, den gamla fristående kärnfysikkursen hade i stort detta upplägg. Dessutom var kärnfysik till hög grad semiempirisk ända fram till 60-talet, till skillnad mot atomfysiken där man tack vare den välkända Coulombkraften tidigt kunde räkna på elektronkonfigurationer. När det gäller mera inomvetenskapliga tillämpningar brukar läraren ta upp magiska tal och deformerade kärnor som tillämpning på kvantmekanisk skalstruktur i t.ex. en harmonisk oscillator. Inom atomfysik delen ägnas något mindre tid åt tekniska tillämpningar i grundkursen, dessa förläggs istället i mera inriktade fortsättningskurser t.ex. laserfysik. De föreläsningstimmar som man ändå ägnar åt tillämpningar tar bl.a. upp atomfysik tillämpningar inom energi, miljö och medicin. Med utgångspunkt från vår frågeställning om ett globalt perspektiv på kvantfysiken bör man noggrant fundera igenom vilka tillämpningar som skall tas upp beroende på hur de anknyter till teorin i kursen och hur relevanta de är. Annars riskerar man att de upplevs som isolerade delar av studenterna.

### **3.3.2. Lärarnas syn på globalt perspektiv**

Läraren har väldigt höga ambitioner att få kursen att fungera på bästa sätt. Det kan dock vara svårt att genomföra egna moment och omstruktureringar med en alltför styrd kursplan. Läraren tror att genomförandet av Bolognaprocessen ytterliggare kommer att öka styrningen av kursinnehållet och minska lärarens frihet att prova nya grepp. En annan kommentar som ges är också att lärarna uppfattar det nya kursupplägget med mera projektarbete som roligare för studenten, vilket återigen ses som positivt för inläringen (se tidigare kommentarer angående projektarbeten).

### **3.3.3. Pedagogiskt arbete**

Den mest betydande förändringen för kvantfysiken på LTH de senaste åren är naturligtvis den omfattande kursomläggningen, se mer nedan. Den överskuggar mindre ändringar i kurserna direkt innan och efter omläggningen. Det är nu till hösten tredje gången den nya kursen går, så det borde vara dags att börja fokusera på mindre pedagogiska förbättringar. Lärarens pedagogiska arbete består idag i stort av att reflektera över elevernas utvärderingar av kursen vilket sker både skriftligt (CEQ,

frisvar etc.) och genom intervjuer med studenter t.ex. i samband med projektredovisningar.

### **3.3.4. Studenternas perspektiv**

För studenterna upplevs ofta kvantfysiken som svår. Förutom de konceptuella svårigheterna som vi nämnt i inledningen är den matematiken som används inom kvantmekaniken (t.ex. funktionsrum) på en hög nivå för många studenter som med små marginaler klarat de matematikkurser som utgör förkunskapskraven. Detta kan återigen få de konsekvenserna att de dåliga förkunskaperna skapar ytinlärande hos de ”svaga” studenterna. Som övningsledare på kvantmekanikkursen får man ofta höra av studenterna att de inte vet hur de skall börja lösa en räkneuppgift, men om de väl får några inledande råd klarar de galant uppgiften själva. Detta tyder på ett glapp mellan nivån på förståelse av de grundläggande begreppen som uppgiftskonstruktörerna och eleverna har. Kanske skulle man här prova att tidigt i kursen, istället för att bara lösa räkneuppgifter, också ha gruppvisa diskussionsuppgifter kring grundläggande begrepp. Detta skulle skapa den nödvändiga aktiveringen och underlätta omstruktureringen av de nya kunskaperna samt på ett enkelt sätt visa hur de nya begreppen kan tillämpas för att lösa problem och öppna upp nya frågeställningar.

### **3.3.5. Kursomlägget som skett på LTH de senaste åren**

En stor förändring har ägt rum på LTH de senaste åren när det gäller kursstrukturen för alla kurser inom F-programmet. För kurserna med anknytning till kvantfysik har det bl.a. inneburit att tre tidigare fristående kurser som lästes i årskurs tre (i given ordning), Kvantmekanik 4p, Atomfysik 5p och Kärnfysik 3p har gjorts om till en gemensam kurs, Atom- och kärnfysik med tillämpningar 9p. Det minskade omfånget (-3p) förklaras delvis genom att en del inledande kvantfysik numera presenteras i den tidigare kursen ”Kvantfenomen och nanoteknologi” samt att någon laboration i atomfysik och kärnfysik har utgått. Detta kursomlägg har skett som ett allmänt steg i att skapa större block i hela den obligatoriska delen av utbildningen men är också resultatet av många års studentutvärderingar med önskemål om en mera integrerad presentation av kvantfysiken. Studenternas önskemål visar återigen på hur de önskar att informationen bearbetas, aktiveras och omstruktureras under utbildningen så att den nya kunskapen till sist ska kunna ta plats på ett mer djupinlärande sätt.

Detta är naturligtvis ett stort steg i riktningen mot ett mera globalt perspektiv på kvantfysiken där t.ex. den formella kvantmekaniken direkt kan appliceras på en beräkning inom atomfysiken. Första året (2004) hade kursen märkbara barnsjukdomar och fick överlag dåliga utvärderingar där eleverna bl.a. sa att de fortfarande kändes som tre olika kurser. Efter mera samordningsarbeten mellan lärarna för de olika momenten fungerade kursen märkbart bättre under 2005 och fick överlag bra utvärderingar.

## **4. Analys**

I intervjuerna kommer det fram att de ansvariga lärarna är medvetna om problematiken kring att lära ut kvantfysik till studenter utan djupare bakgrundskunskap. Det verkar dock finnas en åsikt att kvantmekaniken i viss mån är en kunskap som nöts in genom att grundligt gå igenom teorin. I princip är det inget motsägelsefullt i att betona teori och att uppnå en djupinläring hos studenterna. Prosser et al.<sup>1</sup> pekar dock på vikten av att ge studenterna en relevansstruktur att hänga upp ny kunskap på. Problemet för kvantfysiken är dock att det inte finns någon färdig

julgran att klä med kvantmekaniska fenomen och observationer utan att kursen måste låta detta träd växa fram hos studenten. Processen att bygga upp en ny relevansstruktur, speciellt i ett ämne som likt kvantmekaniken kräver ett konceptuellt nytt synsätt med höga krav på undervisningen. Posner et al.<sup>3</sup> beskriver processen som tre faser, en fas för studenten att inse bristerna hos den gamla kunskapen, en att inse den nya kunskapens tillämpbarhet för valda exempel samt en fas att inse vidden av den nya kunskapen – hur den kan användas i bredare tillämpningar. En student kan inte ta till sig ett nytt kunskapsområde förrän denna tagit sig igenom de olika faserna i tur och ordning. Om man tror på denna teori inses vikten av att exemplifiera teorin och att ge utrymme för de studenterna att själv reflektera över den nyvunna kunskapen. Det är därför positivt att se att alla kurserna har rätt betydande inslag av projektarbeten och laborationer, moment då individens tankar och reflektioner inte styrs av föreläsarens dikterande tempo. Intressant är också att notera att samtliga kurser till viss del har kontinuerlig examination. Detta är bra då det i en kurs där många nya och grundläggande koncept introduceras är viktigt att det finns en bra återkoppling mellan elever och lärare. Den kontinuerliga examinationen ger möjligheten för lärarna att ta temperaturen på kursen och se vilka moment som går studenterna förbi vid en fas av kursen då det ännu finns tid att korrigera detta.

Ett intryck från intervjuerna som förstärks av egna erfarenheter av de olika kurserna är att det finns en viss övertro av studenternas förkunskaper. Schmidt<sup>2</sup> beskriver förkunskaper som en av de viktigaste faktorerna för utfallet av inlärningsprocessen, det är därför allvarligt att inte mer tid läggs på att verkligen se till att alla studenter står på en bra bas ifrån början genom att återuppliva kunskaper införskaffade i de introduktionskurser som ges på samtliga lärosäten. Om kunskap skall ses som relevant för studenten måste det globala perspektivet hållas vid liv genom hela kursen med kontinuerliga återkopplingar för studenterna. Det känns lite som om vissa av kurserna saknar ambitionen att ha ett globalt perspektiv vilket är synd eftersom detta antagligen gör att fler studenter tappar motivationen för kurserna.

En synpunkt som kommer fram ifrån både studenter och lärare är att kursen upplevs som svår eftersom den matematiska biten är krävande. Ofta är problem komplexa och studenterna tenderar att fokusera på sättet att lösa problemen, matematiken, istället för de fysikaliska koncepten. Det hade kanske varit givande att i en kurs som denna, som skall ge studenterna en ny konceptuell bas, att lägga mer vikt vid just koncepten. Frågan är dock delikat eftersom det finns en stor del av både studenter och lärare som framhåller vikten av att ha en stringent matematiskt infallsvinkel för att kunna förstå och tillämpa kvantfysiken.

Det samlade intrycket som ges från intervjuerna är att det är ambitiösa lärare som vill att deras elever skall få en grundlig förståelse för kvantfysiken och en god grund att stå på inför framtida fördjupningar. Det är tydligt att ambitionen att lyssna på studenterna och att anpassa sig efter dem finns. Dock verkar det som om utvecklingsarbetet ligger uteslutande i kursernas utformning och väldigt lite i det pedagogiska innehållet. Man ändrar exempelvis projekt, litteratur och examination för att underlätta och inspirera vilket är utmärkt men det verkar finnas ett glapp mellan kursernas utveckling och vad den pedagogiska litteraturen säger om lärande av kunskap som kräver förändringar av konceptuella synsätt. En av slutsatserna vi drar är att mycket av innehållet hade kunna förbättras till ett litet pris om den pedagogiska medvetenheten hos lärarna höjdes lite. En större eftertanke i hur man väljer bra exempel och hur valet av dessa kan påverka studenternas egna reflektioner kring teorin och deras inlärningsmetoder skulle kunna leda till avsevärda förbättringar.

## 5. Referenser

- [1] Prosser M. and Trigwell K. *Understanding Learning and Teaching: The Experience in Higher Education*, Buckingham, SRHE and Open University Press, 1999.
- [2] Schmidt H. G. Foundations of problem-based learning: some explanatory notes. *Medical Education*, 1993, **27**, 422-432.
- [3] Posner G. J., Strike K. A., Hewson P. W. Gertzog W.A. Accomodation of a Scientitic Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 1982, **66**, 211-227.
- [4] Bransford H. S. and Johnson M. K. Contextual prerequisites for understanding: some investigations of comprehension and recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1972, **11**, 717-726.