

### **Kommentarer angående mekanikkurser i studieplansförslaget 2018/2019 för teknisk fysik:**

Utformningen av en utbildning måste ha en bärande vision kring framtiden. En revolution pågår inom mekanik, där modernisering med automation, robotisering, elektronik och integrering av IT och AI smörjer möjligheterna att utveckla mer komplexa system. För att civilingenjörer ska kunna vara delaktiga i denna utveckling måste utbildningen utformas så att studenter har med sig verktyg för att tillvarata nya landvinningar. I stort sett alla företag, med verksamhet inom traditionell teknik, transportsektorn, medicin och omvårdnad och en mängd andra områden, bejaktar utvecklingen som innebär en teknisk revolution, vars betydelse mycket väl kan komma att överglänsa de omvälvande förändringarna som skett med internet. Det är ett huvudskäl till att förslaget till studieplan för teknisk fysik har nya obligatoriska kurser i mekanik. Med rätt utformning av utbildningen kan våra studenter bli drivande i utvecklingen. Uppsalas geografiska placering i en expansiv region med närhet till framstående företag, ett stort universitet och ett gigantiskt universitetssjukhus, ger outtömliga möjligheter för tekniska fysiker med rätt utbildning.

En lösning har eftersträvat som tillvaratar kompetenser från flera institutioner/avdelningar. Forskning i mekanik har numer en betydande omfattning vid institutionen för teknikvetenskaper, som idag är den klart största forskningsaktören i mekanik vid universitetet. Forskningsaktiviteten har dock inte återspeglats av ett motsvarande ansvar inom grundutbildningen. I studieplansförslaget fördelas utbildningsansvar i det obligatoriska basblockets mekanik mellan fysikinstitutionen och institutionen för teknikvetenskaper på följande sätt:

Fysikinstitutionen: Fortsatt kursansvar för Mekanik baskurs, 10 hp (eller Mekanik grundkurs)

Teknikinstitutionen: Får kursansvar för Tillämpad mekanik I, II, III (sammanlagt 15 hp, där dock presentationsteknik integreras i kurserna)

Utöver det finns en rad valbara kurser på högre nivå (hållfasthetslära, kontinuummekanik, fluidmekanik, kaosteori, robotmekanik, statistisk maskininlärning, reglerteknik, signalbehandling, it, mikromekanik, FEM-beräkningar m.m.) där mekanik antingen är centralt, eller åtminstone breddar spektrat av möjligheter för forskning och utveckling inom näringsliv eller akademi.

Det studieplansförslag som lades fram redan förra läsåret stöddes av programansvarig (PA) och programråd. Tekniska utbildningsnämnden (TUN) beslutade trots det att tillsätta en extern utredning för att bedöma mekanikutbildningen på teknisk fysik i Uppsala. Utredningen, med två representanter vardera från KTH och Chalmers, avgav rapport i slutet av augusti. Rapportens rekommendation ligger i linje med det förslag som lades fram av PA och stöddes av programrådet förra året. Man betonar betydelsen av hållfasthetslära, strömningslära och introduktion av robotteknik samt integrering av IT i mekaniken. Vissa rekommendationer kring omdisponeringar gavs dock, främst en förtätning av Mekanik baskurs (med introduktion till stel kropp och svängningar) och mer utrymme för en tydligare behandling av elastiska kroppar i Tillämpad mekanik I. Utredningen noterar de stora omvälvningarna som sker inom mekanik, där automation, robotisering, integrering av IT är centrala aspekter.

Dagens utbildning i mekanik vid civilingenjörsutbildningarna i Uppsala har inte svarat på dessa förändringar. En ambition med den nya studieplanen är att Uppsalas tekniska fysiker ska bli rustade för att anta moderna utmaningar i mekanik.

TUN har gett PA i uppdrag att tillsammans med ämneskoordinater i fysik respektive teknik reflektera över utredningens slutsatser. Programrådet ska ta fram studieplan som ligger i linje med utredningens rekommendationer.

I stort sett innebär detta att studieplanen kan utgå från det förslag som lades redan förra året, där det dock finns några avvikelser från utredarnas rekommendationer i analyser av framförallt Mekanik baskurs och Tillämpad mekanik I. Möda läggs vid att grundläggande begrepp får en adekvat beskrivning. Vissa moment med mer perifer betydelse stryks. Förkunskapskedjor för efterföljande kurser beaktas.

I det studieplansförslag som läggs fram kan följande noteras:

1. Algebra och geometri: I linje med utredarnas rekommendationer ges mer utrymme till fysik i Mekanik baskurs genom att vissa moment med linjär algebra koncentreras till Algebra och geometri. (Kursens innehåll blir då än mer lik den gamla kursen "Grundläggande algebra" på det 4.5-åriga programmet, där majoriteten F-studenter erhöll det högsta betyget 5). Man kan notera att matematiken under senare år förstärkts på gymnasiet, och att man bör kunna ta med dessa moment i en första matematikkurs utan att riskera en svag genomströmning. (Genomströmningen har alla år varit synnerligen god i den första algebrakursen på teknisk fysik).  
Förslaget har stöd från PA för civilingenjörsprogrammet i elektroteknik. (Det underlättar E-programmets planering av förkunskapskedjor och balanserar kursers arbetsbelastning).  
Förslaget bör enligt min mening inte ha negativa återverkningar på andra berörda program som Q, ES eller W.  
Ämneskoordinator i matematik har kontaktats. Kursen måste placeras i period 1, varför samläsning med andra program i Linjär algebra och geometri I inte är aktuellt.  
Om nödvändigt borde det vara möjligt att ge en separat kurs för F och E, men min bedömning är att övriga program inte kommer att ha invändningar mot förslaget.
2. Mekanik baskurs: Kursen kan få viss förtätning, men man måste bevaka genomströmning.  
Ämneskoordinator i fysik informerade att upplägget innebär att det blir en separat kurs för F-programmet (där Civ-E eventuellt också samläses), p.g.a. att andra program har kvar innehållet i Mekanik baskurs. En separat kurs för F-programmet har i studieplansförslaget namngetts till  
**Mekanik grundkurs, 10 hp**

*Basala begrepp:* Statik för partikel och stelkropp. Dynamik för partikel, inklusive svängning. Partikelsystem. Stelkroppsmekanik. Tröghetsmoment, rotation kring fix axel, allmän plan rörelse och stöt.

*Speciell relativitetsteori:* Momentet ger allmänbildning och är inte särskilt betungande och föreslås kvarstå under innehåll (Lorentztransformationer för rum-tid, addition av hastigheter, och  $E=mc^2$ , men inte mer). De viktigaste relativistiska effekterna är antagligen tidsretardation och elektromagnetisk vågutbredning, som utförligt behandlas i Elektromagnetism II.

*Accelererade referenssystem:* Flyttas till Tillämpad mekanik II.

*Stel kropp:* Måste introduceras redan i en första kurs som omfattar hela 10 hp.

Tröghetsmoment begränsas till axisymmetriska kroppar (studenter kan ännu inte utföra generella volymsberäkningar). Endast enklare problem i 2D kan behandlas och examineras.

*Svängningar:* Normalt ryms detta i en första mekanikkurs som omfattar 10 hp. (Svängningar återkommer i inom elektronik, signaler och system, reglerteknik m.m.).

*Laborationer:* I Mekanik baskurs finns 4 st laborationer (motsvarande 2 hp). Arbetsmängden för laborationer kan minskas något (t.ex. 3 st laborationer).

*Förtätning:* För att bättre balansera arbetsmängden mellan baskursen och efterföljande mekanikkurs (Tillämpad mekanik I) föreslås att Mekanik baskurs får en viss förtätning (motsvarande en arbetsmängd på kanske 1 hp). Graden av svårigheter på problem m.m. ska ha detta i åtanke. Visserligen tas moment med linjär algebra och accelererade referenssystem bort, men omDispositionering av stoffet med introducering av stel kropp och svängningar innebär en viss ökning av totalt stoff. Arbetsvolym måste beaktas.

3. Tillämpad mekanik I: Kursnamnet oförändrat (tillägget hållfasthetslära utelämnas p.g.a. att kursen också behandlar annat), men moment med elastiska kroppar utökas något jämfört med programrådets tidigare kursplaneförslag från förra hösten. Förtätningen med Mekanik grundkurs ger bättre balans. Programrådet vill dock inte ha stort fokus på hållfasthetslära. Tröghetsmoment kan här härledas för 3D (således inte begränsat till axisymmetriska kroppar). Rörelseekvationer för stelkropp i 3D, dock endast översiktligt om gyroeffekten, med exempel i huvudsak i 2D+robotstyrning. (I Tillämpad mekanik II behandlas 3D mer utförligt, särskilt svängningar och introduktion till robotstyrning). Svängningar får utförligare behandling än i mekanik grundkurs, bl.a. torsionssvängningar m.m. Materialbehandling reduceras till isotropt linjärt elastiskt material. Laboration + simulering planeras. Avdelningen för tillämpad mekanik har relevant forskningsverksamhet för kursen.
4. Tillämpad mekanik II. Tillägget "robotteknik" tas inte med i kursnamnet p.g.a. att kursen tar upp andra saker (rotordynamik m.m.). Accelererade referenssystem är naturligt att flytta över till kursen. Översikt kring Euler-Lagranges ekvationer och minimeringar ges under innehåll. Utförligare behandling av stelkroppsekvationer i 3D, särskilt svängningar,  **samt styrning av "fleraxlig stel kropp" (eller robot) i 3D. Friktion och effekt får tydlig behandling.** Utredarna föreslår en något större betoning av robotteknik (på viss bekostnad av rotordynamik och induktion). Den nya preliminära kursplanen ligger i linje med detta, och ett samarbete med föreläsaren i den avancerade kursen i Robotmekanik har förberetts för att åstadkomma progression i robotteknik. Kvaternioner och kopplade svängningar ingår. Laboration med robotar och övning med simuleringsverktyget "Robotstudios" föreslås fortsatt ingå, liksom laboration med roterande system. Avdelningen för ellära får naturligen ett ansvar för kursen bl.a. p.g.a. sin robotverksamhet och sin unika kompetens i roterande maskiner (generatordesign, turbiner).
5. Tillämpad mekanik III med strömningslära: Bortsett från några randanmärkningar har utredarna inte uttalat starka synpunkter kring kursens innehåll. Kursplaneförslaget innebär fortfarande att en orientering ges om turbulens (det motsvarar högst en föreläsning, men är väsentligt för överblicken och orientering om modellers relevans). Moment med kompressibilitet (ljud m.m.) tas bort, bortsett från att föreläsningar ger viss orientering om giltighetsgränser för inkompressibel strömning. Det är enklare att ge undervisning kring CFD-simulering, men strömningslära (till skillnad mot fastkroppsmekanik) är ett område där simuleringar ofta inte ger användbara förutsägelser. En laboration i strömning föreslås därför kvarstå. Kursansvarig avdelning har bred verksamhet inom strömning (vind-, ström-, våg- och vattenkraft m.m.).
6. Mekanik III: Valbar kurs. Utredarna tycks föreslå en fokusering mot analytisk mekanik (och ta bort relativistiska fyrvektorer och tensorer). Åtgärden är tänkbar och rimlig, men är dock kanske

inte särskilt angelägen för en valbar kurs, där kravet kring kursinnehåll kan vara mer flexibelt än för obligatoriska kurser. Två alternativ kan skönjas: Det första alternativet är att Mekanik III blir en valbar kurs (i period 33). Det andra alternativet är att fysikinstitutionen ersätter Mekanik III med en ny kurs i Analytisk mekanik. I avvaktan på förslag från fysikinstitutionen läggs Mekanik III in som valbar kurs i studieplanen i period 33.

7. Presentationsteknik: Kursen tas bort enligt tidigare förslag, men moment integreras i andra kurser (i Tillämpad mekanik I, II, III förstås, men också integrering i en del andra kurser). En koordinator genomför i samarbete med PA en översyn av integrationen.

#### *Kommentarer om några andra kurser som berörs:*

På lite sikt kommer kursen i Hållfasthetslära att anpassas mot studenters modifierade förkunskapskedja, men åtgärden vidtas först då dessa studenter når åk 4.

Innehållet i Fluidmekanik i åk 4 kommer att få en motsvarande översyn då det är dags.

Förkunskapskrav på Mekanik III (Analytisk mekanik) bör tas bort, åtminstone för Statistisk mekanik.

#### *Övrigt:*

Reglerteknik I har laboration för stabilisering av inverterad pendel (en tillämpning av mekanik i linje med utredarnas förslag), där betydelsen av it-system för att hantera mekaniska system blir påtaglig. (Det kan nämnas att det också finns en fysikalisk metod att stabilisera en inverterad pendel genom att låta dess ände oscillera, men dylika fysikaliska metoder kan inte lika flexibelt som reglerteknik överföras till andra system). Rörelsestyrning är ett annat exempel på integrering av reglerteknik och mekanik (det har relevans för exempelvis förarlösa fordon och robotteknik).

Svängningar: Är ett vanligt fenomen i elektronik, reglerteknik m.m. Vågor är "svängningar som breder ut sig", och vågor får återkommande behandling i Elektromagnetism II, Optik, Mikrovågsteknik, Kvantfysik, Fasta tillståndets fysik och en rad andra kurser. Vågekvationer är centrala!

Återkoppling: Ett oumbärligt begrepp för elektronik och reglerteknik, som dock inte har fått lika stort genomslag i traditionell mekanikutbildning. Detta åtgärdas delvis i förslaget. En intention är att bredda appliceringsmöjligheter för mekanik.

Robotmekanik (ny avancerad kurs i åk 5 som ges första gången i 1a perioden 2017):

Förkunskapskedjan är anpassad för studenter på F. Man kan notera att en majoritet (55 st) av studenter i åk 5 på F har sökt kursen. Runt 40 studenter kan erbjudas plats på kursen. Studiebesök (operationsrobot vid KI) ger en bild av utvecklingen mot "fingerfärdiga" robotar.

**Sammanfattningsvis:** Ambitionen är att F-studenter ska bli anställningsbara i verksamheter med mekanik och integrationen med it-system och fysik. En explosiv utveckling pågår, där forskningsområdet redan har vuxit till det största för svensk industri. En viss förtätning av första mekanikkursen (Mekanik grundkurs) föreslås, men tonvikten på hållfasthetslära i Tillämpad mekanik I är mindre än vad utredarna rekommenderar. Dynamik, med styrning av mekaniska system, betonas mer.

2017-09-11, Olov Ågren, Professor,

programansvarig för civ.ing.utbildningen i teknisk fysik, Uppsala universitet