

# Studieplan för forskarutbildning i flygteknik

Ulf Ringertz, Avdelningen för flygdynamik, KTH

October 24, 2006

Gemensamma föreskrifter och riktlinjer för forskarstudier vid KTH finns i KTH-handbokens del II. Denna studieplan för forskarutbildning i flygteknik kompletterar de gemensamma föreskrifterna och riktlinjerna med följande ämnesspecifika anvisningar.

## 1. Ämnesbeskrivning samt mål för utbildningen

Ingenjörer med inriktning flygteknik är verksamma inom konstruktion, utveckling, utprovning samt drift och underhåll av kommersiella och militära flygplan, helikoptrar, rymdfarkoster och satelliter. Luftfarkoster är komplexa system där korrekt utformning och konstruktion är beroende av samverkan mellan ett flertal discipliner som aerodynamik, hållfasthet, aeroelasticitet, flygmekanik och flygmotorteknik. Forskarutbildning bedrivs inom forskningsområden som aerodynamik, flygmekanik, flygplankonstruktion samt struktur- och materialteknik för flygtekniska tillämpningar. Men även andra områden kan komma i fråga.

Målsättningen med utbildningen är att ge den blivande forskaren bred grundläggande kunskap inom området, samt ge den nödvändiga specialisering vilken krävs för att ett självständigt nyskapande forskningsarbete skall kunna utföras. Problemställningar orienterade mot flygindustrin behandlas. Utbildningen anpassas till den enskildes intresseinriktning.

## 2. Aktuell forskning

Forskningsaktiviteterna i flygteknik kan delas in i följande huvudområden:

### Aerodynamik

Aerodynamiska egenskaper för flygplanskonfigurationer och komponenter beräknas genom att man med numeriska metoder löser de differentialekvationer som beskriver strömningsfältet runt dessa geometrier. Beräkningsprogrammen utvecklas kontinuerligt och för närvarande är korrekta turbulensmodeller och snabbt konvergerande numeriska metoder aktuella forskningsområden.

Beräkningsmetoder används för utformning och optimering av flygplan och flygplanets komponenter med avseende på aerodynamiska egenskaper. Tillämpningsområden är vingprofiler och vingar med hög lyftkraft och litet motstånd, höglyftsanordningar, aerodynamik vid höga anfallsvinklar, virvelströmning, integration av luftintag med flygplanskropp, och kontroll av laminär strömning.

### Flygmekanik

Flygplanets dynamik och stabilitet påverkas av samverkan mellan aerodynamiska krafter på kropp, vinge och styrytor, flygplanets massfördelning samt framdrivningssystem. Forskning inom området behandlar utveckling av modeller för analys av flygegenskaper och stabilitet. Vidare behandlas utformning av styrlagar och samverkan mellan pilot och flygplanets styrsystem.

Modeller utvecklas även för simulering, analys och optimering av flygplanets manövrar och i mer komplicerade fall även hela flyg- uppdrag som till exempel utformning av flygplanets bana från start till givet mål på minsta tid. Denna form av optimering utförs genom att integrera en flygmekanisk modell med numerisk optimeringsmetodik.

### Flygplankonstruktion

Forskningen inom området omfattar i huvudsak utveckling av dimensioneringsmetoder med speciell hänsyn till samverkan mellan flygplanets aerodynamik, strukturmekanik och styrsystem. Dimensioneringsmetoderna baseras på numerisk optimeringsmetodik i samverkan med aerodynamiska beräkningsmetoder och finita elementmodeller för strukturdynamisk analys.

Speciellt behandlas aeroelastisk analys och dimensionering, samverkan mellan struktur, luftkrafter och styrsystem för utformning av reglersystem för dämpning av fladder och reduktion av manöverlast. Experimentella försök utförs i vindtunnel för att verifiera beräkningsmetoder och dimensioneringsmetodik.

### 3. Utbildningens utformning

Den individuella studieplanen är en plan för avhandlingsarbetet med en beskrivning av handledningen och de kurser som ska läsas. Studieplanen upprättas i samråd med ämnesföreträdare och handledare under det första studieåret. Uppföljning och revision av studieplanen sker minst en gång per år. Avhandlingens inriktning skall bestämmas snarast. Ett avhandlingsarbete inom flygteknik kan omfatta såväl teoretiskt som praktiskt experimentellt arbete. Arbetet dokumenteras normalt löpande genom publikation i erkända internationella tidskrifter.

Val av kurser och litteratur beror på forskningens inriktning och den studerandes bakgrund. Exempelvis bör grundutbildningen på M kompletteras med högre kurser i matematik. Grundutbildningen på E, F och M bör för blivande forskarstuderande inom flygteknik kompletteras med ämnen inom flygteknik.

### 4. Obligatoriska och rekommenderade kurser

Forskarutbildningen utgörs av en kursdel och en avhandlingsdel. För teknisk doktorsexamen utgörs kursdelen av 40 poäng. För teknisk licentiatexamen krävs 25 poäng.

#### Grundläggande doktorandkurser

- 4E5926 Advanced Topics in Aeronautics, 4-8 p
- 4E5222 Applied Computational Aerodynamics, 3-5 p
- 4B5927 Flight Mechanics, Simulation and Modeling, 4-8 p
- 4E5914 Numerical Optimization with applications, 6 p
- 4E5916 Finite Element Analysis, 8 p
- 4E5928 Wind Tunnel Testing, 4 p

Dessutom kan enskilda kurser i vetenskapsteori och forskningsmetodik ingå. Moment av detta anses annars ingå som en naturlig del i övriga teoretiska kurser som ges inom avhandlingsarbetet.

#### Valfria doktorandkurser

- 4B1265 Aircraft Design, 3 p
- 4B5221 Advanced Topics in Aircraft Aerodynamics, 5-8 p
- 4E5929 Aeroelasticity, 4 p
- 4B5200 Aerodynamics of Aircraft, 6 p
- 4E5920 Sandwich Construction, 6 p
- 4E5922 Design of Fiber-Reinforced Composites, 6 p
- 4E5917 Structural Optimization, 5 p
- 4E5904 Project Assignment, 2-10 p

För doktorsexamen skall två grundläggande kurser genomföras. För licentiatexamen krävs en grundläggande kurs. Doktoranden uppmanas att även välja kurser vid andra institutioner vid KTH och andra universitet.

Efter överenskommelse med huvudhandledare kan i den individuella studieplanen ges poäng för genomförda kurser på grundutbildningsnivå motsvarande högst 20 poäng. Kurser från grundutbildningsnivå får bara medräknas om de behandlar för forskarutbildningen relevanta kunskapsfält samtidigt som de inte utgör förkunskapskrav. Maximalt 10 poäng av dessa kurser på grundutbildningsnivån får ingå i doktorandens tidigare grundutbildningsexamen om denna är på 180 poäng eller mindre.

Ytterligare kursmoment som ämnesföreträdare och studerande gemensamt bedömer viktiga för avhandlingsarbetet får också medräknas i kursdelen av licentiat- respektive doktorsexamen. Sådan poänggivande verksamhet kan vara enskilda litteraturkurser, kvalificerade insatser i institutionens forskningsverksamhet eller annan kvalificerad vetenskapligt anknuten verksamhet. För att sådan verksamhet ska få tillgodoräknas fordras överenskommelse i förväg mellan ämnesföreträdare och studerande med poäng som fastställs i individuell studieplan. Övrig poänggivande verksamhet får ingå med maximalt 5 poäng för licentiatexamen och 10 poäng för doktorsexamen.

## 5. Avhandling

### Doktorsexamen

Tiden för att erhålla en doktorsexamen uppskattas till fyra års heltidsstudier. Doktoranden har till uppgift att, utöver erforderliga kurser, skriva en avhandling där han/hon redovisar sina forskningsresultat. Avhandlingen skall skrivas på engelska och utformas normalt som en sammanläggning av rapporter och artiklar, tillsammans med en inledande och sammanfattande del. Avhandlingen skall vara av sådan kvalitet att den bedöms kunna utgöra grund för minst fyra normala artiklar som kan publiceras i internationellt erkända tidskrifter med granskning av sakkunniga. Avhandlingen publiceras och försvaras vid en offentlig disputation.

### Licentiatexamen

Inom ämnet flygteknik avläggs normalt teknisk licentiatexamen. Den studerande skall ha genomfört en forskningsuppgift som redovisas i en rapport, vilken är av samma karaktär men av mindre omfattning än vad som gäller för en doktorsavhandling. Licentiatavhandlingen kan utgöra grunden för en framtida doktorsavhandling. Avhandlingen skall vara av sådan kvalitet att den bedöms kunna utgöra grund för minst två normala artiklar som kan publiceras i internationellt erkända tidskrifter med granskning av sakkunniga. Avhandlingen presenteras och försvaras vid ett offentligt seminarium. Tiden för att erhålla en licentiatexamen uppskattas normalt till två års heltidsstudier.

## 6. Behörighet och urval

### Grundläggande och särskild behörighet samt förkunskaper

Behörig att antas till forskarutbildning inom ämnesområdet är den som avlagt civilingenjörsexamen på någon av linjerna E, F, M och T. Efter särskild prövning kan också student med motsvarande utbildning från universitet eller högskolor i eller utanför Sverige antagas till forskarstudier.

### Regler för urval

Antagning till forskarstudier beslutas av skolchefen vid skolan för teknikvetenskap efter beredning av ämnesföreträdare och i förekommande fall av forskarutbildningsansvarig (vid behörighetsprövning).

Förutom att den sökande prövats vara behörig är det graden av mogenhet och förmåga till självständigt omdöme och kritisk analys som läggs till grund för urval. Av stort intresse vid denna bedömning är tidigare studieresultat i kurser av fördjupningskaraktär i akademisk grundutbildning eller självständigt utförda vetenskapliga arbeten. För att få ett allsidigt beslutsunderlag intervjuas

---

de sökande av ämnesföreträdare i förekommande fall tillsammans med tilltänkt handledare. Kontakt tas normalt med lärare vid den utbildning sökande tidigare genomgått. Urval bland sökande till forskarutbildning görs av institutionen i samband med antagningen.

## **7. Examina och prov i utbildningen**

### **Licentiat- och doktorsexamen**

Licentiatexamen består av en kursdel omfattande 25 poäng och en avhandlingsdel omfattande 55 poäng. Avhandlingen ska framläggas och försvaras i enlighet med KTHs allmänna föreskrifter. Doktorsexamen består av en kursdel omfattande 40 poäng och en avhandlingsdel om 120 poäng. Avhandlingen ska framläggas och försvaras i enlighet med KTHs allmänna föreskrifter. Kurser och avhandlingsarbete som ingår i licentiatexamen får också tillgodoräknas i en doktorsexamen.

### **Prov som ingår i utbildningen**

I forskarutbildningskurser ska ingå ett skriftligt kunskapsprov. I vissa fall kan detta ersättas av muntlig tentamen. Utformningen av examinationen ska i enskilt fall vara sådan att examinator kan övertyga sig om att den studerande inhämtat hela kursinnehållet.