



**KTH Industriell teknik
och management**

MG1026 Tillverkningsteknik

Kursprogram 2019

Välkommen till kursen MG1026 Tillverkningsteknik, 6hp!

Kursen är utformad för att ge studenter på programmen Maskin och Industriell ekonomi en teorigrund och praktisk erfarenhet av viktiga verkstadstekniska tillverkningsmetoder och system.

Lärare, expedition mm

Kursansvarig, examinator:
Mats Bejhem

Adress

Brinellvägen 68, labhall P201
Tel: 790 6355
E-post: bejhem@kth.se

Expeditionstid

Studentexpedition Nord:

Brinellvägen 68
Tel: 790 8200
E-post: expnord@itm.kth.se

Öppet: kl. 09:30-16:30
Stänger kl.15 på fredagar

**KTH Industriell produktion
Brinellvägen 68
100 44 Stockholm**

Kursbeskrivning

Syftet med kursen är att förmedla grundläggande kunskap om vanliga metoder, maskiner och tillverknings-system i verkstadsindustrin. Kursen belyser även sambandet mellan konstruktion och tillverkning samt tillverkningsmetodens inverkan på produkten, med fördjupning på gjutning, plastisk- och skärande bearbetning, pulvermetallurgi och fogning. Verkstadsmätteknik ingår för att kunna verifiera funktion och kvalitet. Praktiska laborationer i mekanisk verkstad är en väsentlig del av kursen.

Lärandemål

Efter godkänd kurs ska studenten kunna:

- LM1 definiera begrepp, förklara fenomen och använda korrekt terminologi inom respektive ämnesområde
- LM2 beskriva funktion och användning av vanliga maskiner, utrustningar och system
- LM3 förklara principer och ange förutsättningar och resultat för olika tillverkningsmetoder
- LM4 utföra tillverkningstekniska beräkningar
- LM5 använda beredningsteknik för framställning av enklare detaljer i mekanisk verkstad
- LM6 använda verkstadsteknisk mätteknik för verifiering av funktion och kvalitet
- LM7 hantera mätdon och utrustningar för skärande bearbetning, plåtformning, svetsning och gjutning med hjälp av instruktioner.

För att underlätta inläsningen av kursmaterialet och uppfylla lärandemålen finns en detaljerad läsanvisning till lärobok och utdelat kursmaterial, se sidan 3.

Kurslitteratur

I kursen används läroboken Tillverkningsteknologi av Jarfors med flera, Studentlitteratur 2010, ISBN 978-91-44-07039-1, samt Formler och Tabeller för Mekanisk Konstruktion av Karl Björk. Den senare får användas på tentamen. Litteraturen kan köpas på THS Kårbokhandeln. Förutom läroboken tillkommer kurslitteratur i form av kompendier, föreläsningssanteckningar, samt övnings- och laborationshäften. Dessa kommer att distribueras under kursens gång.

Canvas användas för kursadministration (hämta dokument, lämna in uppgifter, boka laborationer etc.). Om du är kursregistrerad har du automatiskt tillgång till kursaktiviteten MG1026 HT19...

Obligatoriska moment

Tentamen (3 hp)

Tentamen består av två delar, Del A för betyg E och Del B för högre betyg. Skrivtiden är fyra timmar. Se Bilaga 1 för betygskriterier.

Del A består av tre uppgifter vardera på lärandemål LM1-LM6, totalt 18 uppgifter. Inga hjälpmedel förutom räknedosa, skriv och ritverktyg är tillåtna. Uppgifterna bedöms med P (godkänt), p (delvis godkänt) och F (underkänt). Ett P ger 2 bp (betygspoäng), p ger 1 bp och F ger 0 bp. Två av tre uppgifter ska vara godkända eller en uppgift godkänd och två uppgifter delvis godkända, dvs. minst 4 bp på respektive lärandemål. Om ett (1) av lärandemålen bedöms med betyget F erhålls betyget Fx och det går att komplettera **det målet** för att erhålla betyg E. Komplettering görs muntligt/skriftligt efter överenskommelse med kursansvarig senast sex veckor efter att tentamensresultatet anslagits. Två eller flera underkända lärandemål medför omtentamen.

Del B kan hämtas ut när Del A lämnats in. Del B är frivillig **och rättas om Del A inte är underkänd**. Den består av sex C-uppgifter på LM1-LM6 och fyra A-uppgifter på LM3-LM6, totalt 10 uppgifter. Förutom räknedosa, skriv och ritverktyg får också formelsamling användas. Frågorna bedöms som ovan med P, p, och F. Totalt antal betygspoäng på Del B är 20. En skala används för att särskilja betygen. Tentamensbetyget är slutbetyget på kursen.

Betyg	Betygspoäng	%
D	6	30%
C	10	50%
B	13	65%
A	16	80%

Laborationer med förberedelser (3 hp)

Kursens laborationsserie består av praktiska övningar i mekanisk verkstad. Som förberedelse används olika typer av uppgifter (reflektioner, beräkningar, ritningar och NC-program). Vissa uppgifter behöver göras i förväg andra lämpligen i efterhand. Redovisningen framgår av uppgiften. Laborationshäften och uppgifter finns att hämta i Canvas. Följande laborationer ingår i kursen:

- **Lab1: Loket**, tillverkning av ett leksakslok i aluminium, inklusive kvalitetskontroll. (4h)
- **Lab2: NC-bearbetning**, tillverkning av ett emblem i aluminium. Laborationen är uppdelad i Lab2a – NC-programmering med Cimco Edit och Lab2b – bearbetning i fleroptionsmaskin och utförs i grupper om tre studenter. Flera delmoment ingår, vilka kräver förberedelser. (3h)
- **Lab3: Svets och plåt**, här får du pröva på svetsning/lödning och plåtformningsmetoder. (3h)
- **Lab4: Gjutning**, sandformsgjutning av ett litet glas i tenn. (3h)

Alla laborationer genomförs i den stora laborationshallen P201 på Brinellvägen 68. Anmälan till laborationerna görs med hjälp av inbjudningar i Canvas. Tid och plats framgår av inbjudningarna.

Läsanvisning till boken Tillverkningsteknologi och utdelat kursmaterial

Läsanvisningen nedan är skriven med hjälp av delmål och aktiva verb. Den skiljer sig därför från en klassisk läsanvisning med sidhänvisningar till olika avsnitt i läroboken. Syftet är att tydliggöra vad som ska inhämtas i ett omfattande kursmaterial och samtidigt koppla det till kursens lärandemål. Använd delmålen när du studerar och pricka av det du kan.

Kapitel 1. Inledning

Kapitlet ger en introduktion och ett perspektiv på tillverkning. Börja med att läsa igenom detta kapitel (översiktligt), så erhåller du en allmän orientering i ämnet!

Kapitel 2. Gjutning (*Gjuteriteknisk handbok är en bra källa: <http://www.gjuterihandboken.se/>*)

- ange några fördelar och nackdelar med gjutning som tillverkningsmetod
- redogöra för sträng- och götgjutning, sandformsgjutning, centrifugalgjutning, kokillgjutning, pressgjutning och vaxursmältningsmetoden med text och figur, samt ge exempel på gjutna produkter
- redogöra för de tre vanligaste formningsprinciperna vid gjutgodstillverkning med avseende på typ av form, formmaterial, modelltyp och fyllnadsprincip.
- skissa en generell sandform och förklara/visa vad som avses med matare, stigare, ingjutssystem, kärna, formhalva, partning, släppning, flaska och modell - beskriv också deras syfte/funktion
- förklara (översiktligt) för vad som händer under gjutförloppet med avseende på stelning, formfyllnad, stelningförlopp (stelningsstruktur, ympning, dendriter) och segning.
- ange några vanliga typer av sand och bindemedel som används vid sandformsgjutning
- redogöra för vanliga gjutdefekter (porositet, restspänningar och sprickor, ytdefekter) och hur de uppstår i gjutgods, samt vad som kan göras för att undvika eller minimera uppkomsten av dem
- förklara hur stelning påverkar gjutgodsets mekaniska egenskaper och mikrostruktur
- nämna och motivera några vanliga metaller och legeringar som används för gjutning
- identifiera och ge förslag på lämpliga konstruktionslösningar för enklare gjutgods
- föreslå och motivera val av gjutmetod baserat på seriestorlek och produktens egenskaper

Kapitel 3. Plastisk bearbetning

I kapitel 1 finns också ett flertal plastiska tillverkningsmetoder illustrerade och beskrivna.

- ange några fördelar och nackdelar med plastisk formning som tillverkningsmetod
- redogöra för metoderna (processbeskrivning) **valsning** (platt- och spårvalsning), **smidning** (räck- och sänksmidning), **dragning** (av stång, tråd och rör genom en dyna), **extrusion** (direkt extrusion av profiler), **plåtformning** (pressning, böckning, klippning, stansning, trycksvarvning) med text och figur, samt ge exempel på tillämpningar/vanliga produkter
- förklara vad som menas med kall- respektive varmbearbetning och vad som skiljer dem åt

- förklara vad som menas med kristallstruktur (t ex FCC, BCC, HCP), deformationshårdnande dislokationer, glödning, rekristallisation, duktilitet, smideståga
- beskriva vad som händer med mikrostruktur, porer, slag och segringar i ett gjutet material när det bearbetas plastiskt (t ex vid räcksmidning av stålgot för tillverkning av stora axlar till turbiner)
- beräkna kraftbehov vid plattvalsning, vilket inbegriper tillämpning av bland annat flytkriterium, friktionsmodell och plan deformation. Teori enligt lärobok.
- rita ett generellt spännings- töjningsdiagram för stål (sann och teknologisk kurva) och markera sträckgräns, brottgräns och flytspänning, samt definiera sann spänning och sann töjning
- skissa i ett diagram hur temperaturen inverkar på flytspänningskurvan (exempelvis för stål)

Kapitel 4. Pulvermetallurgi

Kapitlet kan läsas med urskiljning.

- ange några fördelar och nackdelar med pulvermetallurgi som tillverkningsmetod
- ge exempel på typiska PM-produkter/PM-material
- redogöra för atomisering (vatten och gas), kompaktering, grönkropp, sintring (endast en allmän beskrivning av fastfas- och smältfassintring krävs), sintersmide, metallformsprutning (MIM), Het-Isostatisk Pressning (HIP), samt ångbehandling, infiltration och impregnering
- redogöra för de olika tillverkningssteg som krävs för att framställa en ”pulverprodukt”, inklusive tillverkning av pulver

Kapitel 5. Skärande bearbetning (*Manufacturing Guide är en bra källa: <https://www.manufacturingguide.com/sv>*)

- identifiera och ange namnen på följande bearbetningsmetoder (inklusive maskintyp): svarvning, fräsning, borrar (inklusive upprymmning, brotschning och försänkning), gängning och slipning (plan- och rundslipning)
- ange definitionerna på skärhastighet, matning och skärdjup vid svarvning, fräsning och borrar
- redogöra för deformationsförloppet i skärstället vid ortogonal bearbetning med text och figur, viktiga storheter är skjuvplan, skärkrafter, samt nominell- och verklig spåntjocklek
- ange några vanliga verktygsmaterial (snabbstål, hårdmetall, keramik, kubisk bornitrid, diamant) och beläggningar (TiN, TiC, Al₂O₃), samt ge exempel på tillämpningar (exempelvis spiralborrar, pinnfräsar, försänkare, upprymmare, brotschar, gängtappar, gängsnitt, vändskär etc.)
- förklara varför det är viktigt med god spånk kontroll vid skärande bearbetning
- beräkna matning, skärhastighet/varvtal, skärdjup, skärkraft, skäreffekt, märkeffekt, verktygslivslängd (enligt Taylor) och ytjämnhet för en grovsvarvningsoperation. Verktygets ställvinkel och spånvinkel, nominell spåntjocklek och specifik skärkraft är viktiga parametrar vid skärkraftberäkningar.
- beräkna skärhastighet/varvtal och matning för en fräs- och borroperation
- förklara begreppet skärbarhet, samt ge exempel på faktorer som påverkar skärbarheten
- redogöra för fas- och grovförslitning med text och figur, förklara orsaken till förslitningarna, samt ange hur bearbetningsresultatet påverkas av ett fasförslitet verktyg
- ange skärvätskans tre uppgifter
- bereda detaljer för tillverkning i manuella och numeriskt styrda verktygsmaskiner, inklusive val av verktyg, beräkning av skärdata, samt framtagning av detaljprogram. Exempel på viktiga bearbetningsoperationer: planfräsning, spårfräsning, längd-, plan-, kopier- och sticksvarvning, fasning, borrar, brotschning, försänkning och gängning
- förklara hur en slipskiva är uppbyggd, samt beskriva rund- respektive planslipning med en figur
- förklara skillnaden mellan med- och motfräsning, inklusive krafter och inverkan på arbetsstycket

Kapitel 6. Fögning

- förklara skillnaden mellan svetsning och lödning, samt ge exempel på lod för hårdlödning och mjuklödning. Ange vad flussmedel har för funktion
- redogöra för MIG, MAG, MMA, TIG, gassvetsning och lödning (hård, mjuk) med text och figur

- välja och motivera val av svetsmetod för olika tillämpningar (t ex TIG för svetsning av tunn plåt)
- tolka vanliga svetsbeteckningar på ritningar, se formelsamling
- förklara begreppet svetsbarhet samt redogöra för vanliga svetsdefekter, samt vad som kan göras för att undvika dem
- genomföra en ”enkel” svetsbarhetsanalys med hjälp av t ex ett Bailey-diagram, några viktiga begrepp är kolekvivalent, kombinerad godstjocklek och sträckenergi

Kapitel 7. Tillverkningssystem

I laborationshäftet till Lab2 beskrivs programmeringen av en NC-fräsmaskin.

- förklara begreppet Concurrent Engineering och jämföra det med ett traditionellt arbetssätt
- förklara innebörden av följande begrepp: produktion/konstruktion/tillverkning, produkt/detalj, operation/uppspänning/tempo, beredning/planering, ledtid/genomloppstid, produktivitet, varor i arbete, funktionell verkstad, flödesorientering, FMS, och beordringssystem (tryckande/dragande)
- ange faktorer som påverkar val av tillverkningsprocess
- identifiera olika typer av verktygsmaskiner (fräsmaskin, svarv, bormaskin, slipmaskin, press)
- förklara vad en verktygsmaskin är för något (du behöver inte kunna definitionen ordagrant), samt redogöra för en NC-fräsmaskins uppbyggnad och funktion (inklusive viktiga maskinegenskaper och noggrannhet) med hjälp av följande komponenter: styrsystem, PLC, servomotor, kulmutterskruv, pulsgivare/mätskala, rätstyrning (en typ av lagring), stativ, maskinbord, spindel och spindelmotor
- framställa och tolka ett NC-program till en 3-axlig NC-fräsmaskin (se Lab2)
- redogöra för ett lägesservos uppbyggnad och funktion, samt förklara styrprincipen i ett förenklat 2-axligt NC-system
- förklara vad som kännetecknar en fleroperationsmaskin, samt ge exempel på användning
- motivera val av maskintyp utifrån exempelvis seriestorlek och detaljutformning, samt ge några exempel på fördelar med NC-teknik
- föreslå och motivera val av uppspänningsanordningar för olika detaljtyper
- förklara innebörden av DFM och DFA och ge exempel på arbetssätt/regler som ingår
- beskriva processen för framtagning av en prototyp med additiv tillverkning (3D-skrivare)

Kapitel 8. Verkstadsmätteknik

- förklara begreppen mätosäkerhet, kalibrering och spårbarhet
- beräkna mätosäkerhet, hantera systematiskt och slumpmässigt fel, samt ge exempel på källor till mätosäkerhet
- förklara innebörden av Abbes komparatorprincip och Taylors princip
- förklara hur en Abbot-kurva (materialandelskurva) kan användas för att beskriva en funktionsyta med höga krav. Viktiga parametrar är R_k , R_{pk} och R_{vk} . Beräkna bärighet utifrån en profilkurva.
- förklara vad dessa ytjämnhetsparametrar avser att mäta: R_z , R_a , R_p , R_v . Ange definition.
- bedöma en tillverkningsprocess duglighet (beräkna duglighetsindex P_p) och föreslå förbättringar
- förklara skillnaden mellan direkt och indirekt mätning (jämförande), samt ge exempel på tillämpning
- nämna användningsområden och ungefärlig osäkerhet (ibland även kallad noggrannhet i industrin) för följande mätdon: skjutmått, utvändig och invändig mikrometer, mätur, passbitar, tolkar
- beräkna gränsmått och toleransvidd utifrån en given dimensionstolerans, samt motivera val av ett lämpligt mätdon med hänsyn taget till både mätosäkerhet och kostnad (pris för mätdon)
- rita en toleransbild/passningsbild och beräkna maximalt, minimalt och medel spel/grepp
- tolka och förklara innebörden av en på ritning utsatt form- och lägestolerans (t ex rakhet, planhet, vinkelräthet, lägeriktighet), samt ge exempel på olika tillverkningsmetoder, verktyg och maskiner för att uppnå kravet (jämför med övningsuppgiften - skruvstycke). Föreslå mätprocedur.
- kravsätta ”enklare” ritningsunderlag (form- och läge, toleranser, ytjämnhet etc.)

Undervisningsmaterial som kompletterar boken.

Teknisk kommunikation (självstudier eller använda kunskaper från tidigare kurs i programmet):

- framställa och tolka maskinritningar med måttsättning, toleranser, ytjämnhet, snitt och vyer
- kunna avbilda ett tredimensionellt föremål i sex vyer enligt Europeisk vyplacering
- tillämpa måttsättningsprinciperna: baslinje-, kedje- och koordinatmåttsättning
- måttsätta längder, hål, spår, radier, utvändiga- och invändiga faser, gängor, samt försänkningar
- tillämpa snitt och snittmarkeringar för att förtydliga skymda konturer, t ex borrarade hål

Ytstruktur – ytbehandlingsmetoder, sorteras in under tillverkningsmetoder respektive verkstadsmätteknik:

- redogöra för metoderna blästring, pulverlackering, elektroplätning, anodisering, galvanisering och polering, samt ge exempel på tillämpningar för respektive ytbehandlingsmetod
- ge exempel på teknisk/mekanisk ytfunktion, samt korrosionsskyddande åtgärder
- ge exempel på hur ytstruktur påverkar en produkts tekniska och utseendemässiga egenskaper

Slutord: Jobba gärna i grupp och testa varandras kunskaper. Läroboken ger en fylig kunskapsbas. Lycka till med studierna önskar kursteamet från IIP.

Nya regler från KTH (nyligen inkomna)

Anpassad examination för studenter med funktionsnedsättning

För studenter med funktionsvariationer som har utlåtande från KTHs FUNKA-enhet om rekommenderade stödinsatser vid examination gäller följande i denna kurs:

- Alla stödinsatser under kod R (d.v.s. anpassningar som rör rum, tid och fysisk omständighet) beviljas utan särskilt beslut av examinator
- Stödinsatser under kod P (pedagogisk anpassning) ska aktivt beviljas eller avslås av examinatorn efter kontakt tagen av studenten i enlighet med KTHs regler. I normalfallet kommer även stödinsatser under kod P att tillstyrkas.

Schema MG1026 Tillverkningsteknik, 2019

V.	Dag	Tid	Sal	Aktivitet	Bok	Lärare
35	Mån 26/8	15-17	M1	Kursinformation, ordna med laborationsgrupper till Lab2, boka laborationer i Canvas. Genomgång av Lab4		MB
	Tor 29/8	08-10	F2	Gjutning	2, a, b	MB
	Fre 30/8	08-10	F2	Gjutning	2, a	MB
Gjut	Börjar inte med kvart!		P201	Lab4 – Gjutning startar här: Bokning i Canvas – individuell bokning		
36	Mån 2/9	10-12	F1	Tillverkningssystem I och genomgång av Lab2	7, a, b	MB
	Tis 3/9	08-10	M1	Skärteknik	5, a	MB
	Fre 6/9	08-10	L51,52	(Ö) Beredningsstuga Lab2 (konsultation, eget arbete)	b	MB/RR
	Gjut	10-12	L51,52	(Ö) Beredningsstuga Lab2 (konsultation, eget arbete)	b	MB/RR
37	Mån 9/9	08-10	L51,52	(Ö) Beredningsstuga Lab2 (konsultation, eget arbete)	b	MB/RR
		10-12	L51,52	(Ö) Beredningsstuga Lab2 (konsultation, eget arbete)	b	MB/RR
	Tor 12/9	08-10	M1	Skärteknik	5, a	MB
	Fre 14/9	13-15	M1	Plastisk bearbetning	3, a	MB
NC Gjut	Börjar inte med kvart!		P201	Lab2a – NC-programmering startar här: Bokning i Canvas, en i gruppen bokar		
38	Mån 16/9	15-17	M1	Plastisk bearbetning	3, a	MB
	Tor 19/9	10-12	Q1	Fogning och genomgång av Lab3	6, a, b	MB
	Svets NC	Börjar inte med kvart!		Lab2b – NC-bearbetning startar här: Bokning på listor när Lab2a är godkänd Lab3 – Svets och plåt startar här: Bokning i Canvas – individuell bokning		
39 Lok Svets	Mån 23/9	10-12	FR4	Fogning + Övningsuppgift: Beräkning av svetsparametrar	6, a, e	MB
	Tor 26/9	08-10	Q1	Verkstadsmätteknik och genomgång av Lab1	8, a, b	MB
	Börjar inte med kvart!		P201	Lab1 – Loket startar här: Bokning i Canvas – individuell bokning		
40 Lok	Mån 30/9	10-12	FR4	Verkstadsmätteknik + Övningsuppgift: Verifiering	8, a, d	MB
	Tor 3/10	15-17	D1	Beredning + Övningsuppgift: Skruvstycke	a, b, c	MB
	Fre 4/10	13-15	E1	Tillverkningssystem II	7, a	MB
41 Lok	Ons 9/10	15-17	M1	Pulvermetallurgi	4, a	MB
	Tor 10/10	08-10	M1	Repetition och tentamensgenomgång	Allt	MB
43	Ons 23/10	14-18		Tentamen: M23,24,31,32,33,35,36,37,38, U41,51 Obligatorisk anmälan till tentamen!		
51	Ons 18/12	14-18		Omtentamen: M23, M24, M31, M35, M36, M311, M312		

Lärare: MB: Mats Bejhem, RR: Robert Romejko

Kursmaterial i Canvas:

- Föreläsningssmaterial
- Instruktioner till laborationer
- Övningsuppgift – Skruvstycke,
- Övningsuppgift – Verifiering
- Övningsuppgift – Beräkning av svetsparametrar

Bilaga 1 – Betygskriterier 2019

	TEN1 - Del A	TEN1 - Del B	
	P/E	C	A
LM1	För respektive ämnesområde: definiera begrepp och förklara fenomen på grundläggande nivå. För alla kursmål gäller att rätt terminologi används!	För respektive ämnesområde: heltäckande, från alla delar av kursen. Hög nivå av stringens.	-
LM2	Beskriva funktion och användning på grundläggande nivå. Kunna ange namn på olika typer av maskiner och utrustningar (de som presenteras i kursen), ange användningsområden. Välja uppspänningsanordningar för olika detaljtyper. Framställa/tolka NC-program till en 3-axlig NC-fräsmaskin (Haas).	Förklara uppbyggnad och funktion av en 3-axlig NC-fräsmaskin/fleroperationsmaskin. Viktiga delar är exempelvis axeldrivning, servosystem, PLC. Beskriva processen för framtagning av en detalj med 3D-skrivare. Jämföra med traditionell tillverkning.	-
LM3	Princip, förutsättningar och resultat för de i kursen behandlade tillverkningsmetoderna beskrivs på grundläggande nivå. Utifrån givna förutsättningar föreslå och motivera val av en användbar metod.	Tydligt förklara principer, ange förutsättningar och värdera och diskutera resultatet. Utifrån givna förutsättningar värdera olika metoder och motivera val av en lämplig metod.	Utöver kraven för lägre betyg även kunna resonera och göra överväganden avseende hållbarhet vid val av material och metod, vilket innebär tillämpning av kunskaper från tidigare kurser inom ämnet hållbar utveckling.
LM4	Utföra skärtekniska beräkningar för svarvning, borrar och fräsning (matning, skärhastighet, verktygslivslängd) utan användning av formelsamling Ingående storheter och enheter är tydligt redovisade i lösningen.	Med hjälp av formelsamling utföra beräkningar inom: • Skärteknik: skärdata, kraft och effektbehov, verktygslivslängd • Svetsning: svetsparametrar och förvärmning med hjälp av Baileys-diagram • Plastisk bearbetning: krafter och moment vid valsning • Mätteknik: toleranser och passningar, duglighetsindex Ingående storheter och enheter är tydligt redovisade i lösningen.	Utöver kraven för lägre betyg även kunna härleda ytterligare samband och utvärdera och diskutera resultatet. Innebär tillämpning av kunskaper från flera delar av kursen, flera lärandemål.
LM5	Utifrån en detaljritning/figur föreslå hur enstaka bearbetningsoperationer ska utföras, inklusive val av maskin, uppspänningar, verktyg och lämpligt mätdon för verifiering. Lösningen ska vara genomförbar	Utifrån en detaljritning/figur föreslå hur en sekvens av bearbetningsoperationer ska utföras (operationslista) för att tillverka detaljen, inklusive val av maskiner, uppspänningar, verktyg och lämpliga mätdon för verifiering. Lösningen ska vara genomförbar	Utöver kraven för lägre betyg även kunna föreslå och motivera andra eller flera lämpliga lösningar. Innebär tillämpning av kunskaper från flera delar av kursen, flera lärandemål.

LM6	Kunna ange namn på vanliga mätdon (de som presenteras i kursen), dess användning och förväntad mätosäkerhet. Välja lämpligt mätdon och mätmetod för en given situation. Mätning av ytjämnhet: Ange definition och förklara vad följande ytjämnhetsparametrar avser att mäta: Rz, Ra, Rp och Rv.	Med hjälp av formelsamling tolka ”enklare” kravsatta tillverkningsritningar med t ex form- och läge, toleranser, ytjämnhet etc., och föreslå lämpliga mätdon och mätmetoder för att verifiera kraven Beräkna mätosäkerhet, hantera systematiskt och slumpmässigt fel, samt ge exempel på olika källor till mätosäkerhet (temperatur, mätkrafter, och geometriberoende fel). Förklara hur en Abbot-kurva (materialandelskurva) kan användas för att beskriva en funktionsyta med höga krav, t ex. smörjande ytor. Beräkna materialandel (bärighet) utifrån en profilkurva. Diskutera teknisk/mechanisk ytfunktion.	Utifrån en given specifikation kunna motivera och kravsätta ”enklare” tillverkningsritningar med hänsyn tagen till tillverkning och verifiering. Exempel på krav kan vara toleranssatta mått viktiga för detaljens funktion, ytjämnhet etc. Tydlig motivering och utförande enligt ritteknisk standard. Innebär tillämpning av kunskaper från flera delar av kursen, flera lärandemål.
LM7	Examineras med P/F på Lab1-4. Laborationer inklusive uppgifter är nöjaktigt utfört.	-	-