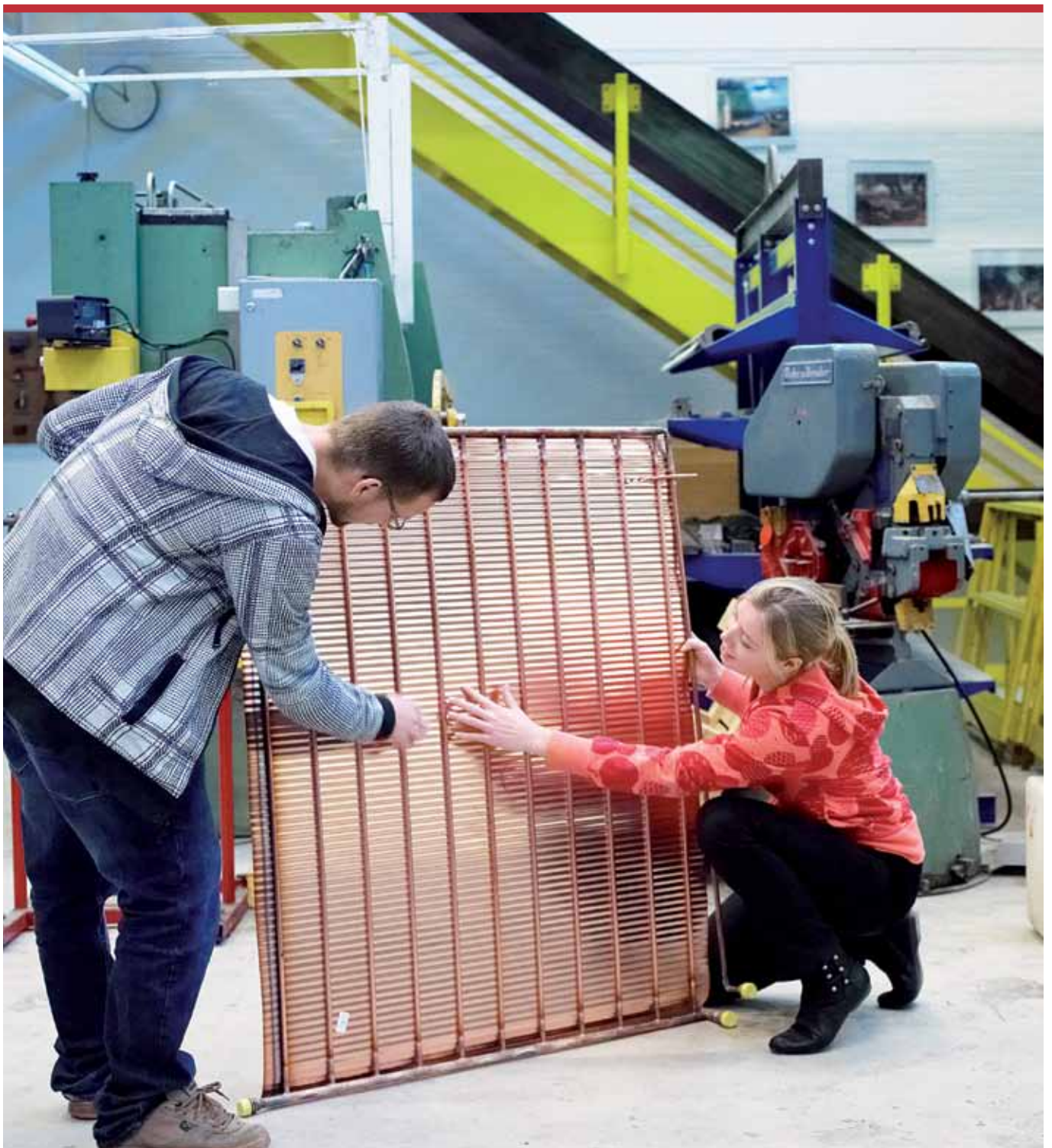


# Håndbog for CDIO på DTU's diplomingeniøruddannelse

Version 2 – 2013



---

## Indhold

<b>Forord</b>	5
<b>1. CDIO på DTU - en introduktion</b>	6
Hvad er CDIO?	7
Implementeringen af CDIO	9
Læsevejledning	10
<b>2. CDIO: Kompetencestyrede uddannelser</b>	13
CDIO Syllabus	13
Læringsmål	14
Kompetencematrix	16
Uddannelsesportræt	21
<b>3. Undervisnings- og eksamensformer</b>	23
<b>4. Projekter</b>	26
Flerfaglige projekter	28
Design-build projekter	28
<b>5. Praktik</b>	32
<b>6. De studerende</b>	33
<b>7. Underviserteams og læringskultur</b>	36
<b>8. Kompetenceudvikling af undervisere</b>	39
Litteraturliste	41
Bilag A - De 12 CDIO standarder	42
Bilag B - DTU's CDIO-syllabus	57
Bilag C - Taksonomiske niveauer for læringsmål	61
Bilag D - Kompetencematrixen: eksempler og modeller	71
Bilag E - Didaktisk model for undervisningsformer	76
Bilag F - Forskellige eksamensformers styrker og svagheder	79
Bilag G - Fælles mindset: Hvad de nye studerende skal udvikle gennem det første studieår - fokuspunkter	82



## Forord

På Danmarks Tekniske Universitet har diplomingeniøruddannelsen siden 2008 været baseret på det internationale koncept for ingeniøruddannelser CDIO. Ingeniørhøjskolen i København tog beslutningen om at implementere CDIO i 2010. Fusionen mellem de to institutioner er derfor en god anledning til at gennemarbejde DTU's fortolkning og anvendelse af CDIO-principperne for den nye, fælles diplomingeniør-uddannelse som går i luften i 2014.

Denne håndbog er udarbejdet som en del af fusionsarbejdet med den hensigt at etablere et fælles afsæt for udviklingen af nye uddannelsesretninger. Den er tænkt som et værktøj for studieledere, kursusansvarlige, undervisere og andre der arbejder med uddannelse og undervisning på den nye, fælles diplomingeniør-uddannelse. Samtidig kan håndbogen være inspirationskilde for studieledere og undervisere på DTU's civilingeniøruddannelser. Den giver så vidt muligt konkrete metoder og vejledninger i hvordan man kan arbejde med CDIO i praksis. Nogle af de detaljerede - og væsentlige - beskrivelser er for overskuelighedens skyld placeret i håndbogens bilag.

Håndbogen er resultatet af arbejdet i en arbejdsgruppe som blev nedsat som en del af fusionsprocessen. Den trækker på de erfaringer der er gjort med implementeringen af CDIO på DTU's diplomingeniøruddannelse i årene 2006-2012, ligesom den trækker på IHK's erfaringer med problembaseret læring og projektorganiseret undervisning.

Håndbogen afspejler dermed den aktuelle situation og giver et billede af hvordan CDIO kan bruges på DTU i den nærmeste fremtid. Efterhånden som den nye diplomingeniør-uddannelse udvikles og virkeliggøres, vil nye metoder og værktøjer blive prøvet af, nye erfaringer blive høstet, og nye gode praksisser blive udviklet. CDIO kan anskues som et "grydeklart" koncept for udviklingen af kompetencestyrede, innovations-, praksis- og professionsorienterede ingeniøruddannelser, som hjælper os med at uddanne "Engineers who can engineer". Det er en bestræbelse, vi aldrig bliver færdige med – og der vil derfor også blive behov for fremtidige opdateringer af en håndbog som denne.

Følgende har deltaget i CDIO-arbejdsgruppen:

Andreas T. Mortensen (studerende, DTU)  
Anna Friesel (IHK)  
Birgitte Lund Christiansen (DTU)  
Christen Monberg (IHK)  
Christina Kimmer Larsen (studerende, DTU)  
Jens Christian Andersen (DTU)  
Jens Dlugosch Sonne (IHK)  
John Clausen (IHK)

Karen Isaacson (IHK)  
Linda Madsen (IHK)  
Maria Hørby Madsen (IHK)  
Morten Høyer (DTU)  
Niclas Andersson (DTU)  
Pernille Harris (DTU)  
Søren Raagaard (IHK)

På vegne af CDIO-arbejdsgruppen  
Birgitte Lund Christiansen  
LearningLab DTU  
Januar 2013

# 1. CDIO på DTU – en introduktion

Denne håndbog introducerer til konceptet CDIO<sup>1</sup> med henblik på at stille konkrete idéer og værktøjer til rådighed for tilrettelæggelse og udvikling af DTU's diplomingeniøruddannelse. De primære målgrupper for håndbogen er studieledere, kursusansvarlige, undervisere og studerende, som indgår i arbejdet med at udvikle kvalitet og relevans af kurser på diplomingeniør-uddannelsen.

De konkrete formål med håndbogen er:

- at give forslag og praktiske anvisninger til, hvordan CDIO kan implementeres på diplomingeniørretningerne
- at understøtte strukturen på diplomingeniørretningerne, så de studerende udvikler den viden og de færdigheder og kompetencer, som ingeniørprofessionen efterspørger
- at bidrage med konkrete redskaber til at sikre sammenhæng på hvert semester og sammenhæng og progression i den samlede uddannelse
- at give alle involverede i undervisning og uddannelsesplanlægning et fælles begrebsset i forbindelse med udviklingen af diplomingeniørretningerne
- at bidrage til kvalitetsstyringen af diplomingeniørretningerne

## Hvad kan CDIO?

Det internationale koncept for ingeniøruddannelser CDIO handler grundlæggende om, at de studerende udvikler de rette slutkompetencer, og det handler om en struktureret tilgang til, hvordan og hvornår de studerende udvikler disse kompetencer i løbet af uddannelsen. CDIO er den overordnede ramme for beskrivelse af progression og sammenhæng i uddannelserne. CDIO er også beskrivelsen på kursusniveau af sammenhængen mellem indhold, læringsmål, undervisnings- og prøveformer (constructive alignment).

Dermed understøtter CDIO realiseringen af de overordnede mål for DTU's diplomingeniøruddannelse. CDIO understøtter også kravene til akkreditering af videregående uddannelser i Danmark, idet CDIO giver et nyttigt systemværktøj (kompetencematrixen, jf. kapitel 2) til brug for dokumentation af sammenhæng og progression i uddannelsen, herunder integration af praktikforløbet, og sætter særligt fokus på udvikling af undervisningskompetence og på bedømmelse af studerendes læringsudbytte. Dette er baggrunden for, at DTU's diplomingeniøruddannelse er opbygget i henhold til CDIO-konceptet.

## De overordnede mål for DTU's diplomingeniøruddannelse

Som den førende udbyder af diplomingeniør-uddannelse i Danmark har DTU formuleret ambitiøse mål for diplomingeniøruddannelsen for at imødekomme erhvervslivets ønske om flere og bedre ingeniører, der er løsnings- og praksisorienterede, innovative og værdiskabende.

I overensstemmelse med formålsbeskrivelsen i bekendtgørelsen om diplomingeniøruddannelsen og visionerne i CDIO er de overordnede mål for DTU's diplomingeniøruddannelse:

- at diplomingeniøruddannelsen gør den studerende i stand til at arbejde kvalificeret som ingeniør og dermed varetage komplekse erhvervsfunktioner fra første arbejdsdag
- at læringsaktiviteterne skal udvikle den studerendes ingeniøridentitet og evne til at løse ingeniørmæssige opgaver på et nationalt og internationalt niveau
- at den studerende lærer at omsætte tekniske forskningsresultater samt naturvidenskabelig og teknisk viden til praktisk anvendelse ved udviklingsopgaver og ved løsning af tekniske problemer

- at den studerende kan tænke innovativt og helhedsorienteret i løsning af konkrete tekniske problemstillinger omfattende alle faser i CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) fra problemidentifikation, idéudvikling og kravspecifikation, over design og implementering til ibrugtagning og drift
- at den studerende kan inddrage samfundsmæssige, økonomiske, miljø- og arbejdsmiljø-mæssige konsekvenser i løsning af ingeniørmæssige opgaver
- at den studerende lærer at arbejde konstruktivt, effektivt, innovativt og værdiskabende både selvstændigt og i moderne teambaserede arbejdsfællesskaber. Dette gælder både som medarbejder, som deltager i ledelsesfunktioner og som iværksætter.
- at diplomingeniøruddannelsen giver de studerende forudsætninger for livslang læring. Realiseringen af ovennævnte mål fordrer, at de studerende gennem deres uddannelse udvikler den viden og de færdigheder og kompetencer, som erhvervslivet efterspørger. Dette gælder den matematisk-naturvidenskabelige og teknisk-ingeniørfaglige viden, og det gælder personlige og professionelle kompetencer, sociale færdigheder og professionsrettede ingeniørkompetencer. Disse færdigheder og kompetencer er forudsætninger for, at dimittenden kan bringe sin ingeniørfaglighed i spil i nye, komplekse og udviklingsorienterede sammenhænge.

## Hvad er CDIO?

CDIO er et koncept for udvikling og kvalitetssikring af ingeniøruddannelser, der tager udgangspunkt i den professionelle ingeniørs virkelighed. Flere end 50 ingeniøruniversiteter i mere end 25 lande har valgt at tilrettelægge deres ingeniøruddannelser i henhold til CDIO-konceptet. CDIO blev i år 2000 igangsat i et internationalt samarbejde mellem MIT (Massachusetts Institute of Technology) og

førende svenske ingeniøruniversiteter (Chalmers, Kungliga Tekniska Högskolan og Linköpings Universitet) med input fra forskere, undervisere, studerende og ingeniørvirksomheder. Baggrunden var en oplevelse blandt arbejdsgivere i USA og Sverige af, at kandidaternes kompetencer ikke i tilstrækkelig grad var i overensstemmelse med erhvervslivets behov.

Visionen med CDIO er:

to educate students who understand how to Conceive - Design - Implement - Operate complex value-added engineering systems in a modern team-based engineering environment

Kortfattet kan det udtrykkes som:

**Engineers who can engineer!**

I takt med en stigende teoretisering af uddannelserne blev der oplevet et behov for at styrke de studerendes personlige, sociale og ingeniørpraktiske kompetencer. CDIO-konceptet har som mål at fastholde en høj faglighed og samtidig sikre autenticiteten i uddannelsen, som skal relatere til ingeniørens praktiske arbejdsliv. Bogstaverne CDIO karakteriserer den løbebane – eller livscyklus – som ingeniørens problemløsning gennemgår inddelt i fire faser: "Conceive, Design, Implement, Operate".

- **Conceive:** I den første fase sker en erkendelse af problemstillinger, nye ideer opstår, og overordnede perspektiver og problemer afdækkes
- **Design:** Dernæst følger en designfase, hvor der udtænkes løsninger til problemer, herunder skitsering af designløsninger
- **Implement:** Under implementeringen realiseres valgte løsninger som en prototype på en proces, et produkt eller et system
- **Operate:** I sidste fase er fokus på produkters anvendelse og drift af processer, produkter eller systemer

<sup>1</sup> CDIO er et koncept for udvikling og kvalitetssikring af ingeniøruddannelser, der tager sit udgangspunkt i den professionelle ingeniørs virkelighed. Bogstaverne CDIO karakteriserer den løbebane – eller livscyklus – som ingeniørens problemløsning gennemgår inddelt i fire faser: "Conceive, Design, Implement, Operate" (se endvidere side 7).

Filosofien bag CDIO-konceptet er, at C, D, I og O faserne bliver en synlig ramme for studerendes læring i uddannelsesforløbet. Læringsaktiviteterne skal afspejle den virkelige verden og professionen, praksisnære elementer fra ingeniørers arbejde skal bringes ind i uddannelserne, og de studerende skal deltage aktivt i læringsaktiviteterne.

### De 12 CDIO-standarder

CDIO-konceptet er baseret på 12 standarder, der beskriver, hvorledes CDIO bør udmøntes (se figur 1). De 12 standarder beskriver hver deres del af helheden:

Uddannelsesfilosofien og principperne bag CDIO (Standard 1), de(n) tilsigtede viden, færdigheder og kompetencer i overensstemmelse med en CDIO Syllabus (Standard 2),

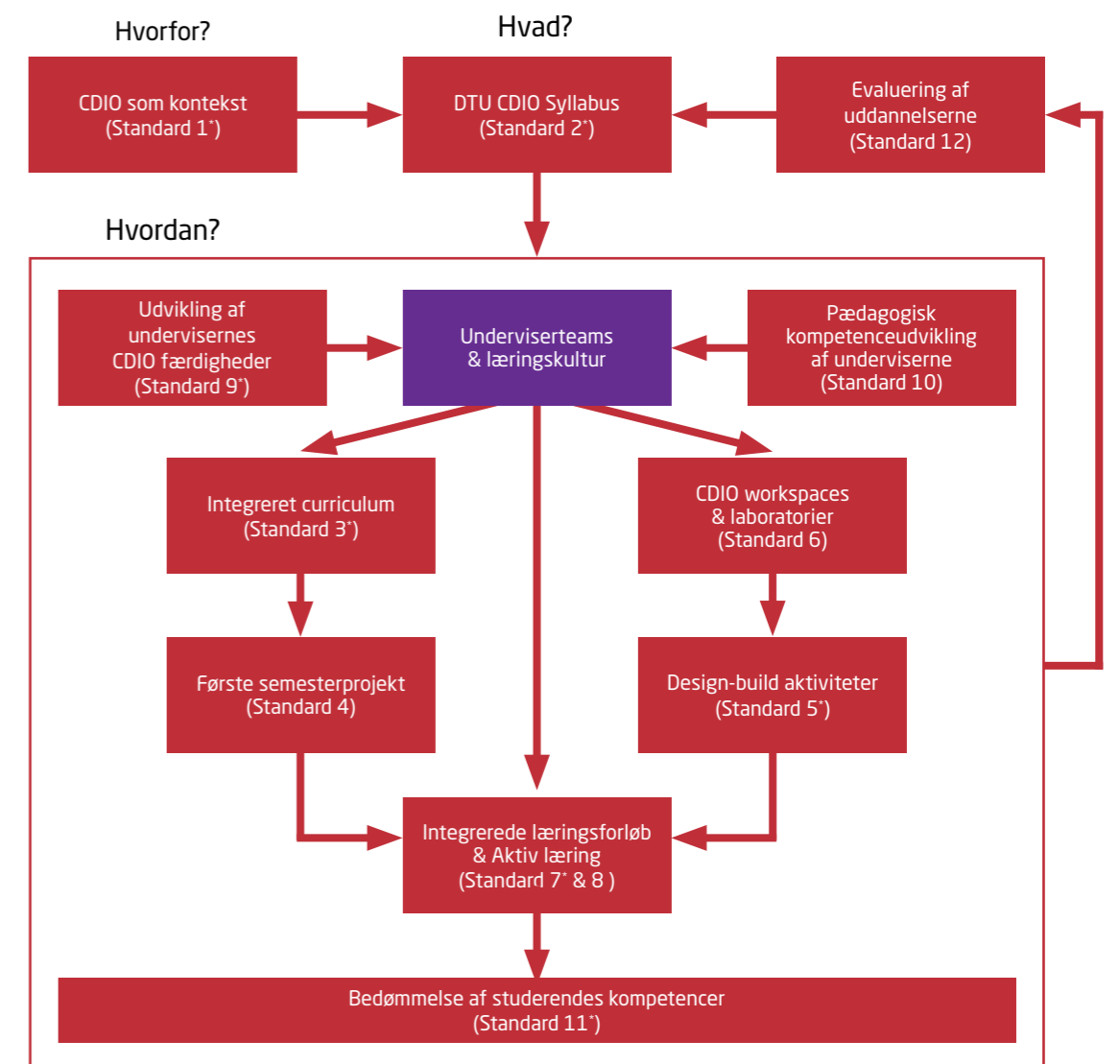
principper for studieplansudvikling og fagintegration (Standard 3), et design-build projekt på første semester, som skal stimulere de studerendes interesse og motivation for den relevante ingeniørretning (Standard 4), udviklingen af laboratorier og "CDIO workspaces" for eksperimenter og "design-build"-erfaringer (Standard 5 og 6), principper for integrerede læringsforløb og aktiv læring (Standard 7 og 8), kompetenceudvikling af underviserne (Standard 9 og 10), former for udprøvning af studerendes kompetencer (Standard 11) og principper og metoder for evaluering af uddannelserne (Standard 12). I denne håndbog er der så vidt muligt henvist til de relevante CDIO-standarder under de enkelte kapitler. Bilag A indeholder en detaljeret beskrivelse af hver af de 12 standarder.



### Implementeringen af CDIO

CDIO er ikke et certificeringssystem, men for at kunne karakterisere uddannelserne som CDIO-uddannelser, skal de være tilpasset mindst syv af de 12 standarder (# 1, 2, 3, 5, 7, 9 og 11). Hvert enkelt universitet, der er tilknyttet det internationale samarbejde

omkring CDIO, gennemfører naturligt sin egen lokale fortolkning af standarderne. DTU har f.eks. tilpasset sin egen CDIO-Syllabus (jvf. Standard 2), der på dansk beskriver relevante kompetencer for diplomingeniøruddannelsen (bilag B). En oversigt over de 12 standarder og deres indbyrdes sammenhæng er vist i figur 1.



\* angiver de grundlæggende standarder, som minimum skal være opfyldt for, at en uddannelse kan kalde sig en CDIO-uddannelse.

**Figur 1:** Det pædagogiske grundlag for CDIO er operationaliseret gennem 12 CDIO-standarder. Standarderne adresserer de grundlæggende spørgsmål: Hvorfor CDIO? Hvad undervises der i? Hvordan implementeres CDIO? Figuren viser de 12 standarder og deres indbyrdes sammenhæng. En nærmere beskrivelse af de enkelte standarder findes i bilag A. På DTU spiller underviserteams og læringskultur en afgørende rolle og er derfor tilføjet oversigten (se endvidere kapitel 7).

## Centrale elementer i CDIO

De centrale elementer og metoder i CDIO, som vil blive uddybet i denne CDIO-håndbog er:

- CDIO Syllabus (kapitel 2 og bilag B)
- Læringsmål (kapitel 2 og bilag C)
- Kompetencematrix (kapitel 2 og bilag D)
- Undervisnings- og eksamensformer, herunder aktiv læring (kapitel 3 samt bilag E og F)
- Flerfaglige projekter (kapitel 4)
- Design-Build projekter (kapitel 4)
- Praktik (kapitel 5)
- Forventninger til de studerende (kapitel 6 og bilag G)
- Underviserteams og læringskultur (kapitel 7)
- Kompetenceudvikling af undervisere (kapitel 8)

## Læsevejledning

**CDIO-Syllabus:** CDIO-konceptet arbejder med en "CDIO Syllabus", som beskriver, hvilken viden og hvilke færdigheder og kompetencer de studerende skal have tilegnet sig, når de er færdige med uddannelsen. Disse mål for læringsudbytte er delt op i følgende fire kategorier.

1. Matematisk-naturvidenskabelig og teknisk-ingeniørfaglig viden
  2. Personlige og professionelle kompetencer
  3. Sociale færdigheder
  4. Professionsrettede ingeniørkompetencer
- CDIO Syllabus beskrives nærmere i kapitel 2 og bilag B.

**Læringsmål:** Læringsmål beskriver det ønskede læringsudbytte, som de studerende opnår ved at gennemføre et kursus eller anden aktivitet. Mere information om læringsmål og retningslinjer for arbejdet med dem findes i kapitel 2 og i bilag C.

**Kompetencematrix:** Læringsmålene på kursusniveau skal samlet for hver uddannelsesretning føre frem til den kompetenceprofil, der er udarbejdet som slutmål for retningen. For at sikre en fornuftig sammenhæng og progression benyttes for hver uddannelsesretning en kompetencematrix, som viser samspillet mellem kurser og projekter, og som er et meget anvend-

eligt redskab i koordineringen af det samlede læringsforløb. Kompetencematrixen beskrives i kapitel 2 og i bilag D.

**Undervisnings- og eksamensformer, herunder aktiv læring:** Et helt centralt element i CDIO er, at den studerende er i fokus og indgår engageret i læringsaktiviteterne. Problemorienteret projektarbejde og arbejde med praksisnære problemstillinger har derfor en særlig status i CDIO og på DTU's diplomingeniøruddannelse. Læringsaktiviteterne er tilrettelagt med henblik på, at de studerende skal indgå aktivt og som engagerede deltagere. Dette sker ud fra en filosofi om, at de studerende lærer bedst, hvis de aktivt bearbejder det, der skal læres. I kapitel 3 findes en beskrivelse af undervisnings- og eksamensformer, herunder forslag til, hvordan aktiv læring understøttes i undervisningen. Bilag E indeholder en didaktisk model, der viser, hvilke typer af læringsudbytte (viden, færdigheder og kompetencer) de forskellige undervisningsformer primært bidrager til. Bilag F indeholder en detaljeret oversigt over eksamensformer og deres styrker og svagheder.

Projektarbejde har i CDIO ligeledes en særlig status som den arbejdsform der bedst muliggør tværfaglighed og integreret læring af de forskellige kategorier af viden, færdigheder og kompetencer, som CDIO Syllabus'en omfatter. Der lægges især vægt på følgende typer af projekter:

**Flerfaglige projekter:** I CDIO-konceptet arbejdes med, at individuelle kurser kan bindes sammen af ét eller flere projekter. På hvert af de fire første semestre etableres mindst ét sådant semesterprojekt, der bæres af et kursus (det projektbærende kursus). Disse kan være udformet på mange måder, men det er væsentligt, at (de fleste af) kurserne på semestret fagligt indgår i projektet. I kapitel 4 er beskrevet forskellige eksempler på flerfaglige projekter. Der inddrages i muligt og ønskeligt omfang hands on-aktiviteter og virksomhedsbesøg.

**Design-build projekter:** Med et Design-Build projekt menes en aktivitet, hvor forskellige faser i CDIO gennemløbes. Der udvikles en proces, et produkt eller et system. Det kan eksempelvis være en kemisk proces, et edb-program, en strømforsyning eller en bygningskonstruktion. Projektet kan være en del af eller udgøre et af de flerfaglige projekter, der er nævnt ovenfor. Design-build projekter beskrives nærmere i kapitel 4 om projekter.

**Praktik:** Praktik indgår ikke som en selvstændig standard i CDIO-konceptet, men det obligatoriske praktikforløb i en relevant ingeniørvirksomhed er i overensstemmelse med ånden i CDIO. Praktikforløbet er ingeniørarbejde i den virkelige verden og en unik ramme for, at de studerende får mulighed for at afprøve og anvende de ingeniørkompetencer, de har tilegnet sig på de foregående semestre, i en virkelig ingeniørmæssig kontekst. Kapitel 5 beskriver, hvordan DTU arbejder for at sikre, at praktikforløbet bliver en integreret del af uddannelsen på linje med kurser og projekter.

**Forventninger til studerende:** Som det fremgår ovenfor, er aktiv læring et vigtigt element i CDIO. DTU har formuleret klare forventninger til, hvordan de studerende forventes at indgå aktivt i læringsaktiviteterne. Læs mere herom i kapitel 6 og bilag G.

**Underviserteams og læringskultur:** For at sikre en sammenhængende uddannelse, succesfulde semesterprojekter og en løbende koordination mellem kurserne skal der på hver uddannelsesretning etableres retningsudvalg og semester teams. Information om underviser-samarbejde findes i kapitel 7.

**Kompetenceudvikling af undervisere på DTU:** Der findes en vifte af forskellige måder, som underviserne kan bruge til at udvikle deres kompetencer. Det gælder de generelle pædagogiske kompetencer, og det gælder opbygningen af et beredskab til at koble undervisningen til ingeniørrelevante perspektiver og adressere de kompetencer, som indgår i CDIO Syllabus. Læs mere om disse forskellige muligheder og om hvordan kompetenceudviklingen er knyttet til DTU's generelle processer i kapitel 8.



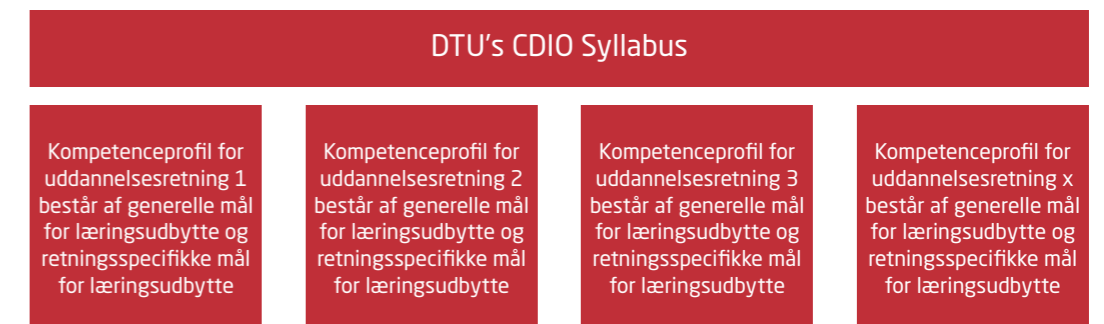


## 2. CDIO: Kompetencestyrede uddannelser

### Kompetenceprofil

I Danmark er der krav om, at en videregående uddannelse skal have en kompetenceprofil, som indeholder uddannelsens overordnede mål for læringsudbytte. På DTU's diplomingeniørudannelse udarbejdes for hver uddannelsesretning en kompetenceprofil, som består af et sæt generelle mål for læringsudbytte, som gælder for alle diplomingeniørretningerne. Disse generelle mål for læringsudbytte skal for hver uddannelsesretning suppleres med et antal

specifikke mål for læringsudbytte for den enkelte uddannelsesretning. Kompetenceprofilerne udarbejdes med udgangspunkt i DTU's CDIO Syllabus (se nedenstående figur 2). CDIO Syllabus er en 'tjekliste', som skal sikre opmærksomhed på, at der i hver uddannelsesretnings kompetenceprofil bliver formuleret mål for læringsudbytte, som adresserer alle fire kategorier i CDIO-syllabus med tilhørende underkategorier.

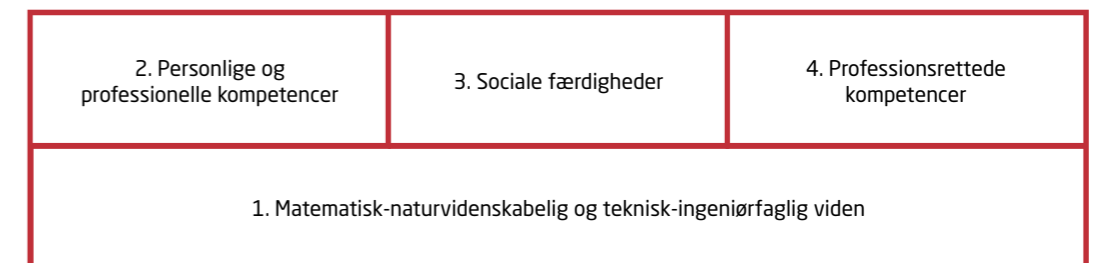


**Figur 2:** Figuren viser, at kompetenceprofilerne udarbejdes med udgangspunkt i DTU's CDIO Syllabus' fire overordnede kategorier for læringsudbytte med tilhørende underkategorier. En uddannelsesretnings kompetenceprofil består af et sæt generelle mål for læringsudbytte, som gælder for alle diplomingeniørretninger, og et antal mål for læringsudbytte, som er specifikke for den enkelte uddannelsesretning.

### CDIO Syllabus

CDIO Standard 2 består af en detaljeret kompetencenøgle benævnt CDIO Syllabus. Den indeholder en systematisk beskrivelse af mål for læringsudbytte, som kan bruges som skabelon

til at definere slutkompetencer for en uddannelse. CDIO Syllabus opererer med fire kategorier af viden, færdigheder og kompetencer, som vist i nedenstående figur:



**Figur 3:** De fire kategorier af kompetencer i CDIO Syllabus.

Den første kategori omfatter den tekniske og faglige viden i overensstemmelse med den grundlæggende filosofi i CDIO-konceptet: at uddannelsesaktiviteterne er fast funderet på en teknisk og faglig kunnen. CDIO Syllabus' øvrige kategorier omfatter kompetencer, som ligger ud over den teknisk-faglige og disciplinære viden. Disse andre kategorier skal forstås som generiske kompetencer, som læres og udøves inden for de faglige, ingeniørmæssige sammenhænge og ikke som særskilte generelle akademiske kompetencer. Princippet om at integrere udviklingen af disse generiske kompetencer med opbygningen af fagdisciplinær viden og færdigheder er beskrevet i CDIO Standard 3 "Integrated Curriculum". Pointen er, at der ikke skal oprettes separate kurser og projektforsøg til træning af de generiske kompetencer, men at disse kompetencer udvikles samtidig med, at de studerende arbejder med at opbygge faglig og teknisk viden. Det drejer sig med andre ord om at tilrettelægge uddannelsen og undervisningen sådan, at de studerende lærer at samarbejde, kommunikere og arbejde kreativt i en konkret ingeniørrelevant kontekst.

DTU's samlede CDIO Syllabus er gengivet i bilag B. Her gives en overordnet beskrivelse af de enkelte kategorier:

*Syllabus kategori 1. Matematisk-naturvidenskabelig og teknisk-ingeniørfaglig viden*

Herunder hører teknisk og videnskabelig faglighed og disciplinær viden, som er grundlaget for al ingeniøruddannelse. De forskellige uddannelsesretninger adskiller sig med hensyn til hvilke fagligheder, der lægges vægt på i denne kategori.

*Syllabus kategori 2.*

*Personlige og professionelle kompetencer*

Denne kategori fokuserer på færdigheder og egenskaber, som knytter sig til det enkelte individ. Som eksempel på færdigheder kan nævnes: kreativitet, helhedstænkning, selvstændighed, forståelse af egne styrker og svagheder, analytisk sans og fleksibilitet. Kategorien

omfatter imidlertid også mere personlige egenskaber og holdninger, som f.eks. pålidelighed og forvaltning af professionel etik.

*Syllabus kategori 3. Sociale færdigheder*

De sociale færdigheder vedrører de udadvendte aktiviteter, som en ingeniør indgår i som del af en organisation. Eksempelvis kan nævnes: Samarbejdsevne og -villighed, møde- og diskussionsdisciplin, evne til at forklare, formidle, lytte og tale, kommunikationsfærdigheder (skriftligt og mundtligt) og fremmedsproglige færdigheder.

Kategori 2 og 3 er i andre sammenhænge kendt som "brede", "bløde" eller "skjulte" kompetencer. I CDIO betragtes de hverken som "brede, bløde eller skjulte". De er benhårde og vigtige elementer for den udøvende ingeniør, og de skal derfor studeres og trænes i løbet af ingeniørstudiet som en integreret del af de teknisk-faglige og ingeniørfaglige kurser og projekter.

*Syllabus kategori 4.*

*Professionsorienterede kompetencer*

Til denne sidste kategori hører de praksisbaserede og professionsorienterede færdigheder. Det vil sige de kompetencer, som er nødvendige i den ingeniørvirkelighed, som beskrives med bogstaverne i CDIO-akronymet. Det handler dermed om at kunne arbejde struktureret med de faser, der indgår i ingeniørfaglig problemløsning – fra afgrænsning af problemet og idéudvikling over design og implementering af en løsning til drift. Endvidere er der tale om at kunne gebærde sig og vide, hvad man skal gøre i forskellige arbejdssituationer – forventede som uventede. Denne kategori omfatter de kompetencer, som gør ingeniører til ingeniører, herunder f.eks. forretningsforståelse, systemforståelse og projektstyring. Kompetencerne opbygges gennem ingeniørpraktiske øvelser, der er så realistiske og virkelighedsnære som muligt.

**Læringsmål**

CDIO-konceptet handler grundlæggende om at

give de studerende mulighed for at udvikle de rette slutkompetencer og om en meget bevidst tilgang til, hvor og hvordan i uddannelsen dette kan ske. Det er derfor en helt nødvendig forudsætning, at der i planlægningen af uddannelsesretninger, kurser og projekter arbejdes med en koordination af læringsmålene for de enkelte elementer i uddannelsen, og at det dermed sikres, at og hvordan hvert enkelt kursus og projekt bidrager til kompetenceprofilen på uddannelsens slutniveau.

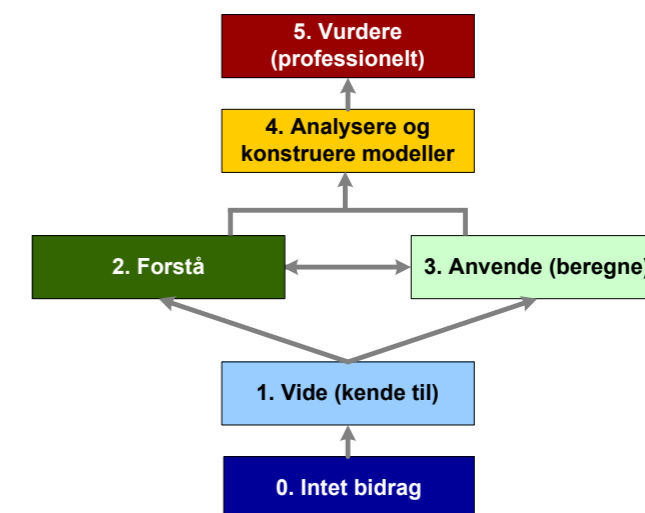
Yderligere bør læringsmålene for de enkelte kurser reflektere de forventninger, der ligger beskrevet i CDIO-konceptet. Dette vedrører ikke mindst de læringsmål, der knytter sig til Syllabus-kategorierne 2, 3 og 4.

Kategori 1 beskriver de faglige kompetencer, som typisk vil være specifikke for den enkelte uddannelsesretning, mens kategorierne 2, 3 og 4 beskriver generelle og personlige kompetencer, som i et vist omfang vil være fælles for alle uddannelsesretningerne. Det er vigtigt at undgå en liste med læringsmål, som blot er en teknisk-faglig indholdsfortegnelse for kurset baseret på kategori 1. Læringsmålene skal beskrive viden, færdigheder og kompetencer, som de studerende vil opnå eller have forbedret ved at gennemføre

kurset – inden for alle fire kategorier i CDIO Syllabus. Desuden skal læringsmålene beskrives operationelt. Det vil sige som noget, der kan observeres og evalueres - som noget den studerende skal kunne gøre for at demonstrere, at det pågældende læringsmål er nået.

I DTU CDIO syllabus (bilag B) er hver af de fire kompetencekategorier opdelt i delområder. Disse er beskrevet gennem aktive verber, som kan bruges som udgangspunkt og inspiration til at formulere operationelle læringsmål i kursusbeskrivelserne. Det er således forventningen, at hvert enkelt læringsmål kan knyttes til et eller flere af de nævnte delområder fra DTU Syllabus. Ved udarbejdelse af læringsmålene er det nødvendigt, at der samtidigt tages stilling til en bedømmelsesform, der hænger sammen med de opstillede mål. For hvert læringsmål gælder, at det skal kunne evalueres, således at der er en klar sammenhæng mellem læringsmål og kriterier for bedømmelse (eksamen).

Endelig er det hensigten med kompetencematri- cenen (se næste afsnit), at det forventede bidrag til uddannelsens slutkompetencer tillige vurderes med hensyn til opnået læringsniveau. Figur 4 viser en klassifikation (taksonomi) af forskellige læringsniveauer.



**Figur 4:** Taksonomi for niveauer af læringsmål med farvekodning, der i kompetencematri- cenen kan benyttes til kodning af niveau for læringsbidraget fra de enkelte kurser og projekter til CDIO Syllabus-kompetencerne. Farvekoderne er inspireret fra et geografisk kort, gående fra havdybets mørkeblå (intet bidrag) til de højeste tindres dybtrøde (læringsudbytte på højeste niveau).



---

Denne klassifikation af læringsniveauer er baseret på Benjamin Bloom's taksonomi for læringsmål. I det følgende gives et overblik over disse niveauer. I bilag C findes mere detaljeret information om taksonomi og læringsmål.

Et givet kursus skal ikke bidrage til alle slutkompetencer for en uddannelse. De fem læringsniveauer er derfor suppleret med et niveau, der svarer til "intet bidrag" (niveau 0). Det laveste læringsniveau for et kursusbidrag betegnes herefter som niveau 1 svarende til, at den studerende introduceres til et emne, har "viden om" og "kender til" et emne, men uden at have opnået en grundlæggende forståelse (niveau 2) eller en evne til at anvende det lærte f.eks. i beregninger (niveau 3). Bemærk at niveau 2 og 3 i figuren er sat på samme niveau. Det er udtryk for den erfaring fra højere uddannelser i naturvidenskab og ingeniørfag, at forståelse og simple anvendelseskompetencer (f.eks. beregningsfærdigheder) ikke nødvendigvis følges ad, men først samordnes på et højere niveau, hvor den studerende bliver i stand til selv at analysere og konstruere modeller (niveau 4). Niveau 5 betegner den professionelle ingeniørkompetence til at vurdere alternative modeller og deres begrænsninger, samt kunne vurdere forskellige perspektiver (modelbetragtninger, forretningsmæssige og miljømæssige perspektiver etc.). Disse læringsniveauer bruges i forbindelse med udarbejdelse af læringsmål for kurser og i arbejdet med kompetencematrixen.

### Sådan arbejder vi med læringsmål

I kursusbeskrivelserne udtrykkes læringsmål på bulletform som klare tilkendegivelser af, hvad den studerende forventes at kunne ved kursets afslutning, og hvorledes vedkommende forventes at demonstrere sin kunnen. Læringsmål skal være målbare og kunne evalueres. De beskrives derfor med aktive verber. Læringsmålene skal hænge sammen med måden, hvorpå de studerendes læringsudbytte bedømmes, og derfor bør beskrivelsen af læringsmål så vidt muligt være operationel i forhold til eksamen og karaktergivning. Det kan derfor anbefales at gøre

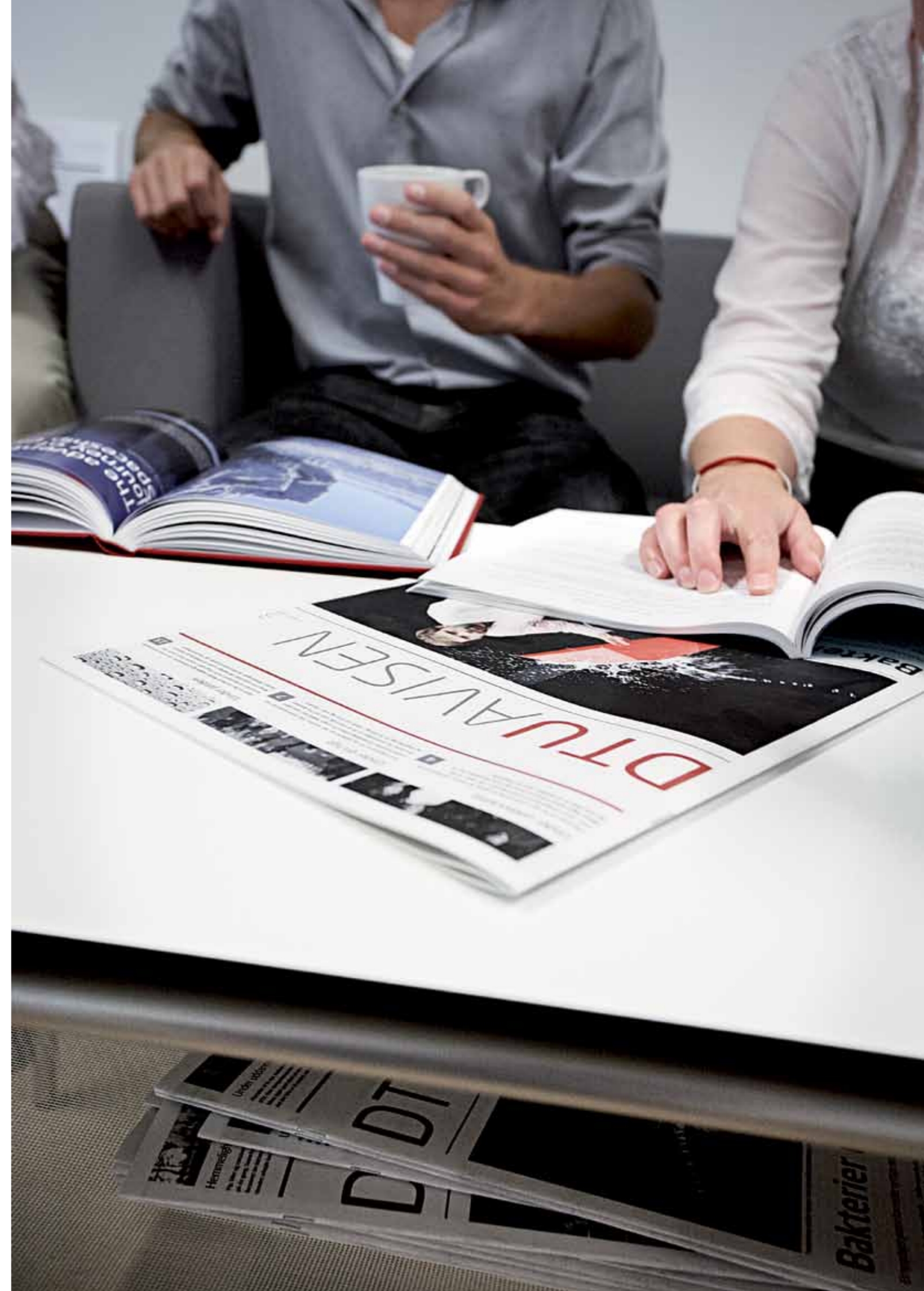
læringsmålene så specifikke som muligt samt for hvert læringsmål at markere, hvilket taksonomisk niveau det adresserer.

Se yderligere om formulering af læringsmål i bilag C.

### Kompetencematrix

Formålet med kompetencematrixen er at synliggøre de enkelte kursers og projekters bidrag til kompetencemålene for den uddannelsesretning, de indgår i, og at synliggøre sammenhænge mellem kurserne og projekterne indbyrdes. Matrixen er dermed et redskab til planlægning og justering af kursernes og projekternes indbyrdes faglige sammenhænge, idet den giver overblik over, hvilke kompetencer de forudsætter og opbygger. Den er tillige et redskab til at vurdere og justere progression igennem uddannelsen. Læringsmålene for en aktivitet kan adressere en bestemt kompetence til et vist taksonomisk niveau, mens aktiviteter på senere kurser kan adressere samme kompetence på et højere niveau. Matrixen kan således give et overblik over den gradvise udvikling af kompetencer gennem en uddannelse og kan bruges til f.eks. at undgå umotiverede spring i læringsniveau eller brud i kontinuiteten (jf. figur 5).

Ved udfyldelsen af kompetencematrixen kan man benytte farvekoder til at visualisere de enkelte kursers og projekters læringsbidrag til uddannelsens kompetencer, angivet med læringsniveau (jf. figur 4), med henblik på hurtigt at kunne identificere mønstre. Nedenfor vises et konstrueret eksempel, som illustrerer nogle principielle problemstillinger, som kan afdækkes ved hjælp af matrixen. I eksemplet vises et udsnit af uddannelsen (de fire første semestre, praktik og afgangprojekt) samt CDIO Syllabus kategori 2, 3 og 4 med henblik på at tydeliggøre disse generiske kompetencer. I det praktiske arbejde med matrixen for en konkret uddannelsesretning, bør alle semestre tages med, ligesom CDIO Syllabus kategori 1 (Matematisk-naturvidenskabelig og teknisk-ingeniørfaglig viden) også bør inkluderes (jf.



”Sådan arbejder vi med kompetencematricen” i slutningen af dette kapitel). I bilag D findes eksempler på kompetencematricer som har været brugt i forbindelse med planlægningen af CDIO-implementeringen på forskellige uddannelsesretninger.

I eksemplet i figur 5 viser søjlerne de forventede kursusbidrag til CDIO-Syllabus slutkompetencer for kategori 2, 3 og 4, mens rækkerne viser de enkelte kurser og projekter samlet semestervis. Dette fiktive eksempel viser, hvordan kompetencematricen kan bruges til at synliggøre potentielle problemområder, hvor der vil være behov for koordinering og justering inden for og imellem de etablerede underviserteams.

Pilen gennem rækken for kursus 1 på første semester viser et kursus, hvis læringsmål ikke umiddelbart er afspejlet i uddannelsesretningens kompetenceprofil, og som derfor ikke bidrager direkte til kompetencemålene. Dette bør give anledning til fornyet diskussion af kompetence- og læringsmål.

Kursus 2 i andet semester illustrerer et kursus, der kun bidrager introducerende til de generiske kompetencer. Her bør retningsudvalget drøfte, om kurset skal tage ansvar for at løfte nogle af kompetencerne op på et højere niveau.

Kolonne 2.3 viser et eksempel på, hvordan projektbærende kurser gennem forløbet fra første til fjerde semester trinvist højner læringsniveauet for den pågældende kompetence.

Kolonne 4.3 viser til gengæld et potentielt problem med kurserne på fjerde semester, der bidrager til kompetencen på et højt niveau, men uden at denne kompetence er introduceret i tidligere kurser. Dette er ikke et problem, hvis kurserne selv varetager denne introduktion, men det kan også være udtryk for en fejlagtig antagelse om studerendes forudsætninger, og derfor bør det diskuteres i de relevante underviserteams.

Kolonne 2.5 viser en kompetence der introduceres adskillige gange, men uden at læringsniveauet højnes gennem uddannelsen, hvilket indikerer, at der er behov for at koordinere de forskellige kursers bidrag. Endelig viser kolonne 4.6 en kompetence, der tilsyneladende kun berøres flygtigt eller slet ikke i uddannelsen, og som ingen kurser tager ansvaret for. Først i forbindelse med praktik og afgangsprøve adresseres denne del af de professionsrettede ingeniørkompetencer, som rummes i Syllabus Kategori 4, nemlig Drift af systemer (”Operate”).

DTU Syllabus	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6
Afgangsprøve	4	3	4	5	3	3	4	4	3	3	4	5	4	2
5./6. semester (...)														
Praktik	4	2	3	4	3	4	4	4	2	2	3	4	3	3
4. semester:														
Design-Build Projekt	4	4	4	4	5	4	4	2	4	4	4	4	1	
Kursus 1	4	4		3	4	3	3	2	2	4	0	0	0	
Kursus 2	4	3		3	4	3	3	2	2	4	0	0	0	
Kursus 3	3	3		0	3	3	3	2	2	2	4	0	0	
Kursus 4	4	4		3	4	3	3	2	4	4	4	0	0	
3. semester:														
Projekt	4	3		3	3	2	2	3	1	0	0	0	0	
Kursus 1	3	1		3	3	0	2	2	3	0	0	0	0	
Kursus 2	4	3		3	3	0	1	3	4	0	0	0	0	
Kursus 3	4	0		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kursus 4	4	0		1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
2. semester:														
Projekt	4	0		0	1	0	2	4	4	0	0	0	0	
Kursus 1	4	0		0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
Kursus 2														
Kursus 3	3	0		3	3	0	0	3	3	1	0	0	0	
Kursus 4	1	3		3	3	0	0	3	0	1	0	0	0	
1. semester:														
Design-Build Projekt	3	3		3	3	3	3	1	1	1	0	0	0	
Kursus 1														
Kursus 2	1	1		3	2	1	0	3	3	0	0	0	0	
Kursus 3	1	0		1	2	0	2	1	2	1	0	0	0	
Kursus 4	1	2		3	3	0	0	1	0	0	0	0	0	

Figur 5: Udfyldt kompetencematrix (fiktivt eksempel) der demonstrerer brugen af matricen til at identificere potentielle problemer i koordineringen mellem kurser indbyrdes og mellem læringsmål for kurser og uddannelsens slutkompetencer. Kompetencematricen er et værdifuldt redskab til at skabe overblik over sammenhæng og progression i en uddannelse og for underviserne til at koordinere progression og integration af viden, færdigheder og kompetencer.

Farvekodning for læringsniveauer:

Intet bidrag	Vide (kende til)	Forstå	Anvende	Analysere og konstruere	Vurdere (professionelt)
0	1	2	3	4	5

## Sådan arbejder vi med kompetencematrixen

Kompetencematrixen er et vigtigt værktøj i planlægningen af nye uddannelsesretninger, ligesom den kan bruges i den løbende koordinering mellem kurser og projekter. Udarbejdelsen af en kompetencematrix for en specifik uddannelsesretning vil være en iterativ proces, hvor studieledelsen naturligt har en central rolle, og som involverer alle undervisere med ansvar for planlægningen af hele eller væsentlige dele af de kurser og projekter, der indgår i uddannelsesretningen. Den enkelte ansvarlige underviser for et kursus eller aktivitet foretager en vurdering af, hvordan kurset/aktiviteten bidrager til de enkelte kompetencer, hvilket danner basis for en koordinering og evt. justering af de enkelte aktiviteter læringsmål og dermed indhold.

De udfyldte matrixer er en del af uddannelsesportrættet, der samler centrale informationer om den enkelte uddannelsesretning (se afslutningsvis i dette kapitel), og kan bruges som bilag til beskrivelserne af de enkelte uddannelsesretninger. Desuden kan den anvendes som et værktøj for studievejledningen.

I arbejdet med matrixen inkorporeres alle 4 kategorier i CDIO Syllabus. På den enkelte uddannelsesretning vurderes det, hvilket detaljeringniveau der er hensigtsmæssigt. Det gælder specielt kategori 1 (*Matematisk-naturvidenskabelig og teknisk-ingeniørfaglig viden*), som i den tilpassede syllabus (se bilag A) er beskrevet i 3 meget generelle underkategorier. Disse kan dermed med fordel nedbrydes yderligere, specielt underkategorierne 1.2 og 1.3 som dækker de retningsspecifikke vidensfelter. Herved kan det dokumenteres, i hvilke kurser og projekter uddannelsesretningens faglige kerneområder dækkes, og på hvilket niveau, hvorved progressionen i uddannelsesforløbet tydeliggøres. Kategorierne 2, 3 og 4 dokumenteres som minimum på det detaljeringniveau, der er brugt i eksemplet ovenfor – f.eks. 4.3 *Begrebsdannelse og systemforståelse ("Conceive")*. Også her kan det være hensigtsmæssigt at

anvende det næste niveau – f.eks. 4.3.1: *Er i stand til at omforme et problemkompleks til en relevant og dækkende ingeniørfaglig problemformulering*.

Kompetencematrixen for den enkelte uddannelsesretning dækker som minimum de obligatoriske dele af studieforløbet samt praktik og afgangspjekt. Valgfrie elementer som er samlet i anbefalede pakker, inkorporeres også.

For visuelt at anskueliggøre progressionen fra laveste til højeste taksonomiske niveau, opbygges kompetencematrixerne således, at 1. semester ligger i bunden og afgangspjektet i toppen. jf. eksemplerne i bilag D.

I bilag D findes endvidere en model for, hvordan der for en given uddannelsesretning kan foretages en nedbrydning af kategori 1 i CDIO Syllabus (*Matematisk-naturvidenskabelig og tekniskingeniørfaglig viden*). Hvilke og hvor mange underkategorier det er relevant og hensigtsmæssigt at arbejde med, bestemmes på den enkelte uddannelsesretning. I vurderingen af hvilket taksonomisk niveau et kursus eller projekt leder frem til for en given underkategori i CDIO Syllabus (f.eks. 4.3 *Begrebsdannelse og systemforståelse ("Conceive")*), kan indgå følgende overvejelser:

- Kurset kan lede frem til forskellige niveauer på delementer der indgår i den pågældende underkategori. Der må derfor foretages en helhedsvurdering af, hvilke taksonomisk niveau der bedst karakteriserer læringsmålene relateret til denne underkategori
- Taksonomien for niveauer af læringsmål er udviklet mhp. opbygning af faglig viden. Der kan derfor være typer af læringsmål specielt inden for CDIO Syllabus kategorierne 2 (*Personlige og generiske professionelle færdigheder*) og 3 (*Sociale færdigheder*), som vanskeligt lader sig beskrive ud fra taksonomiens rubriceringer. F.eks. kan det være vanskeligt at bestemme "anvendelse", "analyse/konstruktion" hhv. "vurdering" når det drejer sig om CDIO Syllabus kategori 2.4.5: *Kan*

*tage ansvar for egen læring og fortsatte kompetenceudvikling*. I sådanne tilfælde kan niveauerne 0-5 bruges til at angive en mindre specifik differentiering og progression i niveauerne for læringsmål.

Disse problemstillinger demonstrerer, at arbejdet med kompetencematrixen under alle omstændigheder forudsætter en tæt dialog mellem studieleder og de kursusansvarlige om de enkelte uddannelsesaktiviteters konkrete bidrag til de studerendes opbygning af viden, færdigheder og kompetencer. Og dermed hvordan der konkret kan bygges oven på afsluttede aktiviteter i en progression gennem uddannelsen.

## Uddannelsesportræt

Hvert universitet, som har implementeret CDIO-konceptet, anvender naturligt sin egen fortolkning af standarderne, så de passer til den konkrete institutionelle kontekst. Som supplement til kompetencematrixen udarbejdes et "Uddannelsesportræt" for hver uddannelsesretning, målrettet uddannelsesretningens under-

visere og studerende. Uddannelsesportrættet er et dynamisk dokument, som samler den vigtigste information for hver uddannelsesretning. Uddannelsesportrættet indeholder bl.a. følgende information:

- Introduktion til uddannelsesretningen
- Kompetenceprofil
- Studieplan
- Faglig progression (den emnemæssige faglige progression i kurser og projekter)
- Kompetencematrixen
- Information om de enkelte projekter på uddannelsen, herunder hvilke C-D-I-O elementer det enkelte projekt fokuserer på
- Studiehåndbog
- Relevante kontaktpersoner (som minimum kontaktinformation for studieleder, praktikkoordinator, medlemmer af retningsudvalg og center- eller institutsekretær)

Informationen i Uddannelsesportrættet er det primære grundlag for arbejdet i retningsudvalg og semester teams.





### 3. Undervisnings- og eksamensformer

Da indhold og læringsmål i de enkelte kurser og projekter skal bidrage til, at de studerende udvikler forskellige former for viden, færdigheder og kompetencer, har undervisningsformen afgørende betydning. Bilag E indeholder en didaktisk model, der viser, hvilke typer af læringsudbytte (viden, færdigheder og kompetencer) de forskellige undervisningsformer primært bidrager til. I de følgende to afsnit om undervisningsformer er fokus på aktiv læring, som er et centralt element i CDIO. Afslutningsvis i dette kapitel følger to afsnit om eksamensformer og feedback. Bilag F indeholder en oversigt over forskellige eksamensformers styrker og svagheder.

#### Aktiv læring

CDIO lægger vægt på, at de studerende engageres aktivt (Standard 8) – i form af mentale, kognitive processer og i form af aktivt arbejde med løsning af praksisnære problemstillinger. Herved trænes de studerende i at arbejde med og anvende det faglige stof og metoder, og de trænes i at identificere, afgrænse, analysere og løse problemer.

#### Aktiverende læringsformer

Aktiv læring på større hold kan bl.a. bestå i, at underviseren lader de studerende diskutere centrale temaer i små grupper, lader dem overveje og svare på spørgsmål for at bidrage til deres begrebs-mæssige forståelse og lader dem gennemgå dele af stoffet for hinanden.

Aktiv læring omfatter også, at de studerende arbejder med ingeniørfaglige problemstillinger og dermed opnår erfaring med at arbejde ”som ingeniør”. Problembaseret arbejde, case studier, simuleringer og praksisnært projektarbejde er blandt de mange metoder, som giver sådanne muligheder.

’Blue Dot Projects’, som er betegnelsen for

innovative, studenterdrevne projekter på DTU, fanger i høj grad essensen af aktiv læring. Projekterne fungerer som værksteder, hvor de studerende arbejder med problemløsning i praksis. De kan betragtes som legepladser, hvor der er rum til at eksperimentere og tænke nyt. Dermed får de studerende mulighed for at udvikle innovative løsninger på en række udfordringer. Samtidig skal de studerende få ting til at fungere ’i virkeligheden’, hvilket jo er ingeniørens fornemste opgave. Udbyttet for de studerende er mangfoldigt: De arbejder i team, de arbejder på tværs af faggrænser, de samarbejder med industripartnere, og de lærer både projektledelse og problemløsning i praksis.

Sådanne undervisnings- og arbejdsmetoder – hvoraf mange er baseret på, at de studerende arbejder i grupper af forskellige størrelser – giver mulighed for at kombinere træning i specifikke fagdiscipliner med udvikling af viden, færdigheder og kompetencer i andre af de kategorier for læringsudbytte, som indgår i DTU CDIO Syllabus (bilag B). Det kan f.eks. være ingeniørfaglig problemløsning, fleksibilitet og selvledelse, samarbejdsevne og kommunikative færdigheder. Herved støttes CDIO Standard 3 – Integreret curriculum.

E-læringsteknikker kan benyttes som led i aktiv læring. De kan bruges i forbindelse med studerendes forberedelse til holdundervisning og øvelser via web-baserede instruktioner, øvelser og andre e-læringsmoduler – som f.eks. tests af forudsætninger og træningsmoduler for de, der har behov for repetition. De kan endvidere bruges i forbindelse med de studerendes aktive deltagelse i selve holdundervisningen – f.eks. ved brug af elektroniske afstemninger til at belyse forskellige opfattelser af et problem, som så kan diskuteres på holdet.

## Eksamensformer og bedømmelse

Der skal være sammenhæng (constructive alignment) mellem eksamensform, undervisningsform, indhold og læringsmål. Det betyder bl.a., at eksamensformen skal egne sig til, at underviserne kan bedømme de studerendes præstationer i henhold til de kriterier, som er angivet i læringsmålene, og at bedømmelsen skal korrespondere med de taksonomiske niveauer, som er specificeret i læringsmålene.

For at sikre, at de studerende udvikler viden, færdigheder og kompetencer inden for alle 4 kategorier i CDIO Syllabus – og ikke kun inden for specifikke faglige discipliner – skal alle fire kategorier for læringsudbytte indgå i bedømmelsen af de studerende i løbet af uddannelsen. Ligesom færdigheder og kompetencer som ingeniørfaglig problemløsning, samarbejdsevne og kommunikation bedst trænes i tæt sammenhæng med de faglige discipliner, bør bedømmelsen af disse også integreres med bedømmelsen af den disciplinorienterede viden. F.eks. bedømmes de studerendes kommunikative færdigheder som evnen til mundtligt og/eller skriftligt at dokumentere og præsentere et fagligt emnefelt.

Bedømmelsen kan baseres på forskellige typer præstationer såsom projektrapporter, individuelle opgaver (f.eks. som resultat af et case studie), eller portfolio hvor den studerende samler en række opgaver eller andet materiale, som er resultat af arbejdet gennem semestret. Bedømmelsen kan også foregå ved en skriftlig eller mundtlig eksamen.

Valg af eksamensform på det enkelte kursus/projekt skal ske under hensyntagen til eksamensformerne på den samlede uddannelse. Dette er vigtigt med henblik på at udnytte de forskellige eksamensformers styrker. Hvor den trivielle anvendelse af én bestemt eksamensform ofte betyder, at de studerende finpudser en bestemt eksamensteknik, er en variation i eksamensformer en hensigtsmæssig måde at understøtte de studerendes udvikling af forskel-

lige kompetencer. På DTU's diplomingeniør-uddannelse benyttes en bred variation af eksamensformer.

Se bilag F for en oversigt over forskellige eksamensformer og deres styrker og svagheder.

## Feedback

Feedback kan gives på forskellige måder. Formativ feedback peger fremad, idet den har til formål at den studerende kan lære – og får baggrund for at justere og prioritere sin indsats. Summativ feedback – som især kendes fra den afsluttende eksamen – retter blikket bagud, idet fokus alene er på at vurdere, i hvilken grad den studerendes præstationer lever op til læringsmålene for kurset/projektet. Den formative feedback hjælper den studerende med at lære, hvad der var godt, og hvordan der skal arbejdes med at udvikle de mindre stærke sider. Den summative feedback – f.eks. i form af et ”Fint” eller ”7” som tilbagemelding på en skriftlig opgave – bidrager til gengæld ikke meget til, at den studerende lærer, hvad han/hun skal forbedre.

DTU lægger vægt på, at de studerende modtager en formativ feedback i forbindelse med alle kurser og projekter, jf. DTU's uddannelsespolitik. Undersøgelser viser, at det er centralt for læreprocessen, at de studerende får en fremadrettet kvalitativ tilbagemelding på deres faglige arbejde. For så vidt formativ feedback kobles sammen med eksamen, kan også eksamen blive en del af læreprocessen. Det er her vigtigt, at feedbacken i stedet for at være en legitimering af den konkrete bedømmelse primært er fremadrettet med henblik på at bidrage til den studerendes faglige udvikling og forøgede læringsudbytte. Formativ feedback i forbindelse med eksamen kan enten gives individuelt efter bedømmelsen ved en mundtlig eksamen eller som en kollektiv feedback, hvor underviseren på et møde med de studerende, efter at opgaverne er rettet, fortæller om de generelle vanskeligheder, som underviseren har konstateret.

Formativ feedback gives bedst løbende – typisk som procesvejledning i forbindelse med et projekt – eller som afslutning på en delaktivitet eller projekt. Det er naturligvis oplagt, at det er underviseren, som giver de studerende formativ feedback, men der er også store læringsmæssige fordele ved at arbejde systematisk med 'peer feedback' som pædagogisk redskab – dvs. hvor studerende giver fremadrettet feedback på hinandens opgaver/projekter. Udover at

læringsudbyttet øges ved at flere inddrages i processen, lærer de studerende at give og modtage feedback, der er lødig, systematisk og professionel. At kunne vurdere eget og andres arbejde er en væsentlig kompetence på arbejdsmarkedet, og det indgår derfor som et mål for læringsudbytte i DTU's CDIO-syllabus kategorierne 3.1 (Samarbejdsevne) og 3.2 (Kommunikative færdigheder).



## 4. Projekter

I CDIO-konceptet spiller projektarbejde en central rolle (Standard 5). Projektarbejde tilskynder til aktiv læring, de studerende lærer at arbejde som ingeniører i kraft af projekternes praksisnære problemstillinger, og projekterne bidrager til, at de studerende udvikler viden, færdigheder og kompetencer inden for alle fire kategorier for læringsudbytte i CDIO Syllabus (jf. kapitel 2). Men projekterne spiller også en væsentlig rolle for de studerendes motivation. Forskning viser (Illeris 2011), at studerendes motivation øges, når de inddrages i styringen af læringsaktiviteterne, og det er ikke mindst i kraft af projekterne, at de studerende får indflydelse på indholdet i deres uddannelse.

### Motivation og læring

Et succesrigt ingeniørstudium kræver lyst og energi til at dygtiggøre sig. DTU forventer derfor, at de studerende er motiverede og er indstillet på at yde den indsats, det kræver, jf. DTU's uddannelsespolitik (se også kapitel 6). Omvendt stiller det krav til underviserne om at tilrettelægge læringsaktiviteterne, så de motiverer til aktiv deltagelse og appellerer indholdsmæssigt til de studerendes interesser.

Der er et tæt samspil mellem indhold/medbestemmelse og motivation. Som voksne mennesker er studerende i langt højere grad i stand til at mobilisere den mentale energi (typisk motivation, følelser og vilje), der skal til i et uddannelsesforløb, hvis de inddrages i beslutningen om indhold og undervisningsform. At være inddraget i, hvad der skal læres, og hvordan det skal foregå, har altså ikke kun stor betydning for studerendes motivation for at indgå i læringsaktiviteterne, det har også væsentlig betydning for selve læringsudbyttet. Læringsforskning har påvist (Illeris 2011), at når man tilegner sig ny viden, er mængden og karakteren af den energi, man investerer, både en del af læreprocessen og en del af resultatet. Hvis de studerende har været stærkt engagerede i læreprocessen, så vil

de tilegne sig indholdet på en måde, der øger anvendeligheden meget stærkt – både i forhold til, hvor godt det huskes, hvor godt det lærte indgår som grundlag for ny læring, og hvor tilbøjelige de studerende er til at overføre og bruge den viden i nye sammenhænge (transfer). Kort og godt: Jo stærkere motivation og følelsesmæssigt engagement i læreprocessen, jo større er læringsudbyttet. Projekterne på diplomingeniøruddannelsen spiller en central rolle i den sammenhæng.

### Hvad er et projekt på DTU?

For at sikre, at projekterne på diplomingeniøruddannelsen udarbejdes inden for hensigtsmæssige pædagogiske rammer, bør tilrettelæggelsen af projekterne ske i henhold til nedenstående retningslinjer. Udgangspunktet er, at projektet bliver udarbejdet af en gruppe af studerende.

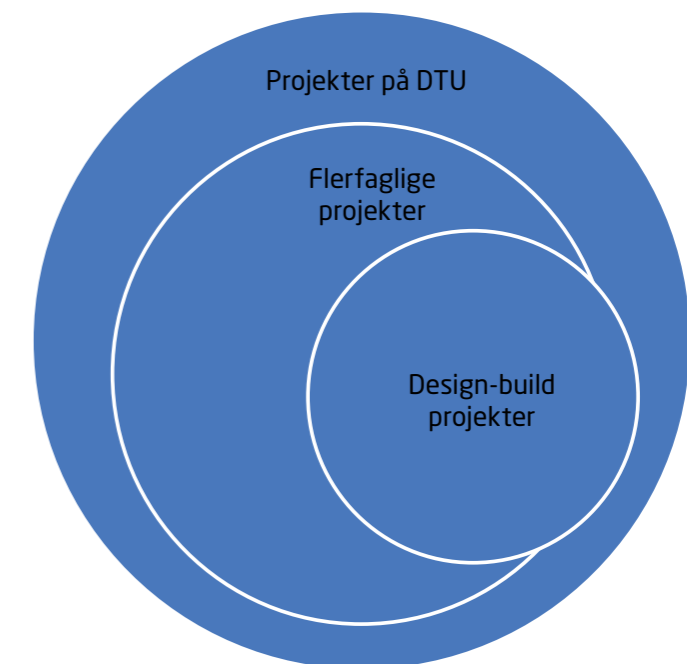
- Et projekt skal tydeligt forholde sig til, hvilke(n) fase(r) af C-D-I-O, som projektet omhandler. Et projekt bør tage udgangspunkt i en relevant og praksisnær ingeniørmæssig problemstilling.
- Et projekt bør udvikle viden, færdigheder og kompetencer, der adresserer flere eller alle kategorier for læringsudbytte i CDIO-Syllabus. Det er vigtigt, at projektets læringsmål også adresserer læringsudbyttekategori 2 - 4, og at disse læringsmål kan evalueres afslutningsvis.
- Gruppetørrelsen bør tilpasses læringsmålene for projektet, dvs. hvis der er eksplicit fokus på samarbejde og gruppedynamik, bør hver projektgruppe bestå af et tilstrækkeligt antal medlemmer, så de studerende får fornødent grundlag for at udvikle samarbejds- og projektledelseskompetencer.
- De studerende har hovedansvaret for arbejdets tilrettelæggelse og udførelse, som medfører både individuelle og samarbejds-mæssige diskussions- og skriveprocesser.

- De studerendes frihed til at arbejde selvstændigt med projektet skal tilpasses læringsmålene for projektet. Projektet skal altid udarbejdes inden rammerne af uddannelsesretningens faglige indhold.
- Projektet bør indeholde krav om – og specifikation af – dokumentation.
- Det er oplagt at afslutte projektforløbet med en projektrapport, som fremlægges mundtligt, hvorefter de studerende eksamineres bredt i håndtering af praksis, valg af metoder, teori og projektets organisering m.v.

Generelt om projekter gælder, at hvert af de fire første semestre rummer mindst ét sådant projekt, at sværhedsgraden stiger for hvert semester, at de studerende får stadig mere frihed til selv at definere, afgrænse og organisere projektet og finde faglige løsninger, og at projekterne giver mulighed for at arbejde tværfagligt.

DTU opfordrer til, at projekter i størst muligt omfang tilrettelægges, så studerende kan udarbejde dem i samarbejde med en virksomhed med henblik på at styrke det praksisnære element i uddannelsen.

Flerfaglige projekter og design-build projekter udgør størstedelen af projekterne på diplomingeniøruddannelsen, men der kan også findes projekter på de enkelte uddannelsesretninger, som hverken er et flerfagligt projekt eller et design-build projekt. Det kan f.eks. være afgangprojektet eller et monodisciplinært projekt. Nedenstående figur 6 illustrerer de forskellige projekttyper på DTU og deres indbyrdes sammenhæng. Efterfølgende beskrives flerfaglige projekter og design-build projekter mere detaljeret.



**Figur 6:** Figuren viser de forskellige projekttyper på diplomingeniøruddannelsen. Flerfaglige projekter udgør en delmængde af projekterne på DTU. Design-build projekter er som regel også flerfaglige. Der skal være et flerfagligt projekt på minimum hvert af de fire første semestre, tilsvarende skal der være mindst to design-build projekter i løbet af uddannelsen.

## Flerfaglige projekter

På DTU er kurserne på de første fire semestre obligatoriske på diplomingeniørretningerne. I overensstemmelse med CDIO-konceptet er der på hvert af disse semestre et tværgående, flerfagligt projekt, som skaber sammenhæng mellem og integrerer kurserne på semestret. Projektet skal tilgodese læringsudbytte fra alle fire CDIO læringsudbyttekategorier og have fagligt fokus på det anvendelsesorienterede aspekt. Afhængigt af uddannelsesretning og fagkombination på de enkelte semestre findes der forskellige måder at tilrettelægge det flerfaglige projekt på. I det følgende er beskrevet tre forskellige eksempler på tilrettelæggelsen af flerfaglige projekter.



- Det flerfaglige projekt kan tilrettelægges som et selvstændigt projektkursus, som har sit eget skemamodul. Projekterne skal indeholde faglig progression og kan vokse i kompleksitet og ECTS-vægt i løbet af uddannelsen. Det er vigtigt, at projektet spiller sammen med og er koordineret med semesterets øvrige kurser og/eller foregående kurser. Når projektet har sit eget modul, opstår muligheden for, at det kan få sit eget liv. Dette kan være en fordel for de studerendes motivation og holdningen til kurset, men det må ikke kunne opfattes som uafhængigt og løsrevet fra de øvrige kurser. Projekter af denne art vil ansvarsmæssigt være knyttet til en bestemt underviser – og ikke relatere sig formelt til andre kurser.
- Den anden yderlighed i tilrettelæggelsen af det flerfaglige projekt er at lade dette være en

del af et stort, flerfagligt kursus, der så er eneansvarligt for projektet.

I de to foregående eksempler er der ikke særlige problemer med tilrettelæggelse, hvad angår eksamination og omprøve. Enten er projektet bestået eller ikke.

- En tredje alternativ måde at tilrettelægge projektføløbet på er at lade ét kursus være det projektbærende kursus. Dette kursus skaber den røde tråd mellem og samler input fra de øvrige kurser på semesteret og har ansvaret for det samlede projektføløb. Dette kan f.eks. gøres ved at blive enig om en ”rammefortælling”, et tema eller en fælles problemstilling i de forskellige kurser. Det skal være klart for de studerende, hvilke elementer i kurserne, som indgår i denne rammefortælling, men hvert enkelt element bliver eksamineret og evalueret på de enkelte kurser. Således er der ikke problemer med at skelne, hvilke dele af det flerfaglige projekt, som er bestået i tilfælde af en omprøve. Udfordringen består i at gøre projektet tydeligt nok og at tage højde for, at projektets forskellige delelementer ikke bliver evalueret/afsluttet som en samlet og selvstændig studieenhed.

I løbet af diplomingeniøruddannelsen skal mindst to af semesterprojekterne være ”design-build”-projekter. Dette stiller særlige krav til projekterne, hvilket beskrives i det følgende.

## Design-build projekter

Den obligatoriske del af diplomingeniøruddannelsen indeholder mindst to praktiske projekter, som giver den studerende erfaring med design-build aktiviteter. Det første projekt er på et indledende niveau (1. semester), det næste på et mere avanceret niveau (4. semester eller senere).

Begrebet ”design-build”-projekter karakteriserer en række praksisorienterede aktiviteter, som er centrale i forbindelse med udviklingen af nye processer, produkter og systemer. Formålet er at



udvikle de studerendes evne til at udvikle processer, produkter og systemer og yderligere at udvikle deres evne til at anvende deres teknisk-teoretiske viden.

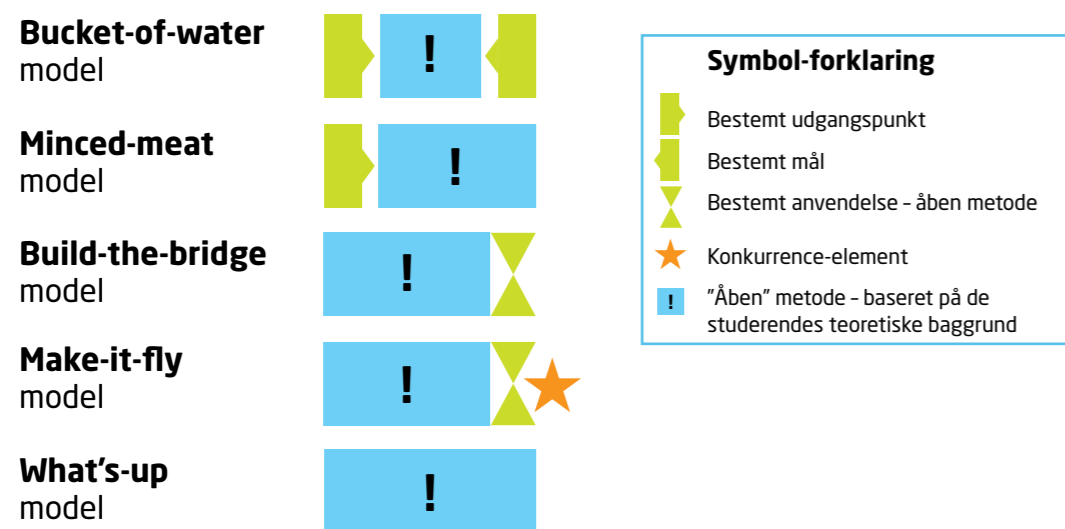
Nogle diplomingeniørretninger har god erfaring med at øge kompleksiteten af design-build projektet fra første til fjerde semester ved at øge antallet af deltagere i projektgruppen fra f.eks. tre til ti studerende. Når deltagerantallet i en arbejdsgruppe bliver så højt, nødvendiggør det en opsplitning i flere mindre delprojekter, der skal koordineres, og det gør projektet langt mere komplekst at håndtere. Denne type projektarbejde kan bidrage til udvikling af de studerendes kompetencer inden for projektledelse.

Design-build projekter skal være strukturerede og planlagte, så de giver de studerende en positiv (succesfuld) erfaring med ingeniørmæssig praksis. Integration af design-build projekter på stigende kompleksitetsniveau styrker den

studerendes forståelse for produkt- og systemudviklingsprocessen. Design-build projekterne skal give de studerende et fagligt fodfæste og identitet, som kan danne grundlag for en dybere forståelse af de faglige discipliner.

Fokuseringen på at lave processer, produkter og systemer og implementere dem i realistiske situationer giver de studerende mulighed for at reflektere over sammenhængen mellem de faglige discipliner, de lærer, og deres professionelle karriereinteresser. Design-build projekter kan udformes på en række forskellige måder med varierende grad af åbenhed i problemstillingen. Underviseren kan lægge forskellige begrænsninger ind, som fx økonomi, tid eller krav til bæredygtighed. Figur 7 skitserer et udsnit af forskellige modeller for design-build projekter.

## Design-build projekt-modeller



**Figur 7:** Eksempler på forskellige modeller af design-build projekter. I alle modellerne kan underviseren lægge forskellige realistiske begrænsninger ind, som fx økonomi, tid eller krav til bæredygtighed.

### Bucket-of-water modellen

I bucket-of-water modellen opereres med et fast udgangspunkt, og de studerende arbejder sig igennem faserne C, D, I og O for at nå frem til et bestemt resultat. Navnet bucket-of-water modellen kommer af denne anekdote: En professor på et hollandsk universitet underviste i 80'erne på et kursus, hvor han gav de studerende en spand og bad dem om at fylde den op med vand fra kanalen bag universitetet. Da de studerende kom tilbage til hans kontor med vandet, fortalte han dem, at det var deres opgave at finde en metode til at rense vandet, så de kunne drikke det, når projektet var omme. I denne type projekt er det prædefinerede udgangsmateriale (det forurenede vand) og det fastlagte resultat (drikkevand) de eneste retningslinjer, de studerende får.

### Minced-meat modellen

I minced-meat modellen opereres med et specifikt udgangsmateriale, som de studerende skal analysere. Metoderne og løsningerne er åbne og op til de studerende. Eksemplet med minced-meat projektet kommer fra fødevarerområdet. Her er fokus ofte på analyse og kontrol i fødevarerindustrien. En pakke hakket kød udtages tilfældigt fra køledisken i et supermarked, og derefter er det op til de studerende, hvordan de vil analysere den grundigt. I denne type projekt er det faste udgangspunkt (det hakkede kød) det eneste, de studerende får. Resultatet afhænger af de studerendes teoretiske og praktiske viden og deres opfindsomhed.

### Build-the-bridge modellen

Build-the-bridge modellen er en forholdsvis åben projektmodel. Resultatet er en bestemt anvendelse, som de studerende arbejder hen imod ved hjælp af deres viden om design og implementering. Visse begrænsninger kan lægges ind i opgaveformuleringen, men i sin rene form er det eneste krav anvendelsen. Build-the-bridge eksemplet er meget simpelt og et urgammelt problem. Man står på den ene side (af fx en flod) og vil over på den anden side. Opgaven er simpelthen at forbinde de to sider. I denne slags projekt kan det ønskede resultat (broen) nemt suppleres med mere

specifikke tillægskriterier, der kan vejlede de studerende i projektarbejdet.

### Make-it-fly modellen

Make-it-fly modellen minder meget om build-the-bridge modellen. Forskellen er, at make-it-fly projektet indeholder et konkurrenceelement. Målet kan fx være at bygge det højeste, længste eller hurtigste system. Konkurrenceelementet kan være en vigtig motivationsfaktor der intensiverer studenteraktiviteten. På DTU har et hold studerende skabt DTU Roadrunners (et DTU Blue Dot project), der har konstrueret lavenergikøretøjer og fremdriftssystemer (biler). Hvert år deltager bilerne i Shell Øko-maraton, og flere gange er det lykkedes at sætte verdensrekord i at køre længst på literen. Inspirationen til betegnelsen make-it-fly kommer fra et kursus på KTH i Stockholm, hvor de studerende skal designe en letvægtsstruktur, der kan flyve og bære en bestemt vægt en vis distance.

### What's-up modellen

Med what's-up modellen har de studerende helt frie tøjler. Intet er besluttet på forhånd – bortset fra det antal ECTS-point, som den studerende opnår, når projektet er gennemført. Denne type projekt er en helt åben model uden bestemt udgangspunkt eller slutfunktion, hvilket selvfølgelig kan afføde mange administrative og logistiske udfordringer. De studerendes egen kreativitet er helt bestemmende for indholdet i projektet. Det er netop målet med vores diplomingeniøruddannelse: Studerende der kan klare det hele selv. Denne type projekt egner sig glimrende til Roskilde Festival kurser – Powered by DTU students.

### En kombination af modellerne

Nogle diplomingeniørretninger har benyttet sig af en kombination af de forskellige projektmodeller. Bygningsdesign har udviklet en projektmodel, der er en kombination af minced-meat og build-the-bridge modellerne: De studerende skal analysere en bestemt bygning for at lære, hvordan bygninger er konstruerede. Bagefter skal de bruge deres viden til selv at designe og bygge et fugleobservationstårn.



## 5. Praktik

Selv om praktik ikke indgår som en selvstændig standard i CDIO-konceptet, er det obligatoriske praktikforløb af et semesters varighed helt i overensstemmelse med ånden i CDIO. Praktikforløbet er ingeniørarbejde i den virkelige verden og en unik ramme for, at de studerende får mulighed for at afprøve og anvende den viden og de færdigheder og kompetencer, de har tilegnet sig på de foregående semestre, i en virkelig ingeniørmæssig kontekst.

Praktikopholdet i en relevant ingeniørvirksomhed er derudover meget værdifuldt for de studerende i forhold til at blive klogere på, hvad de vil arbejde med efter afsluttet uddannelse. En del studerende skriver også deres afgangsprøve i praktikvirksomheden som en naturlig forlængelse af praktikopholdet, og det er ikke usædvanligt, at matchet mellem praktikvirksomhed og studerende er så godt, at det resulterer i en ansættelse efter endt uddannelse.

DTU lægger vægt på, at de studerende selv søger og finder en praktikplads. På den måde får de studerende erfaring med at formulere en ansøgning og et CV samtidig med, at de får trænet deres evne til at skrive måltrettet og relevant til de enkelte virksomheder. DTU's karrierecenter støtter denne proces ved løbende at tilbyde workshops om bl.a. praktiksøgning.

Det er vigtigt, at praktikken ikke lever sit eget liv, men at den er en integreret del af uddannelsen på linje med kurser og projekter. Læringsmålene for praktikophold består af et sæt generelle læringsmål, som gælder for alle uddannelsesretninger, og et sæt læringsmål, som er specifikke for den enkelte retning. Det er disse læringsmål, som den studerendes afsluttende praktikrapport bedømmes ud fra. Både de generelle og de

retningsspecifikke læringsmål skrives ind i kompetencematrixen.

Derudover findes retningslinjer for ingeniørpraktik på diplomingeniøruddannelsen<sup>2</sup>, som

- fastsætter de overordnede rammer for praktikforløb
- tydeliggør forventningerne til en praktikvirksomhed
- og beskriver kommunikationen mellem virksomhed, studerende og DTU i praktikperioden.

Retningslinjerne tilbyder også en standardpraktikkontrakt, som virksomheden og den studerende kan anvende og indgå, med mindre der er særlige forhold, som gør en særlig praktikkontrakt nødvendig.

Det er obligatorisk, at alle studerende afleverer og får godkendt en praktikrapport, som lever op til de generelle og retningsspecifikke læringsmål. Derudover indgår en obligatorisk skriftlig aflevering, som har til formål at få den studerende til at reflektere over, hvordan han/hun har udviklet sine kompetencer i løbet af praktikken, og hvordan han/hun konkret kan bruge erfaringerne fra praktikken konstruktivt og fremadrettet på resten af studiet og i den efterfølgende karriereplanlægning.



<sup>2</sup> [http://portalen.dtu.dk/DTU\\_Generelt/AUS/Undervisning/Infosite\\_om\\_undervisning/Uddannelsesstruktur/Uddannelsesportr%C3%A6t.aspx](http://portalen.dtu.dk/DTU_Generelt/AUS/Undervisning/Infosite_om_undervisning/Uddannelsesstruktur/Uddannelsesportr%C3%A6t.aspx)

## 6. De studerende

### Forventninger til studerende<sup>3</sup>

Den studerende er studiets hovedperson. Læreprocesserne sker hos den enkelte studerende, mellem de studerende og med underviserne som katalysatorer.

I alle undervisningsaktiviteter forventes og forudsættes det, at den studerende er engageret, er en aktiv medspiller og yder en god arbejdsindsats. Et succesrigt ingeniørstudium kræver, at den studerende har evne, lyst og energi til at blive ingeniør og er klar til at yde den indsats, det kræver. DTU forventer, at de studerende ønsker at udvikle sig til nytænkende, troværdige og engagerede ingeniører.

Det forventes og forudsættes også, at den enkelte studerende har lyst til og er i stand til at arbejde konstruktivt sammen med andre og udvikler sig gennem projektarbejdsformen.

### Det kan de studerende forvente af DTU<sup>4</sup>

På DTU har de studerende let og ubesværet kontakt med deres undervisere. Dette er et vigtigt element i læringskulturen på DTU, hvor undervisere og studerende har respekt for hinanden og den fælles uddannelsesproces.

De studerende kan derudover forvente sig følgende:

- DTU sætter rammerne for, at de studerende kan engagere sig i deres uddannelse og opfordrer til konstruktiv deltagelse i undervisningen.
- Undervisningen er aktiverende og sætter de studerendes læreproces i centrum, sådan at de bedst tilegner sig den viden og de færdigheder og kompetencer, som er uddannelsens formål.
- En god og inspirerende start på ingeniørstudiet er vigtig for de studerende. Derfor lægges i det første studieår i særlig grad vægt på pædago-

gisk tilrettelæggelse af undervisningen og inddragelse af praksis- og professionsorienterede problemstillinger og perspektiver.

- DTU informerer om faglige forudsætninger og krav for at kunne gennemføre uddannelsen med succes. Denne forventningsafstemning er især vigtig overfor nye studerende (jf. nedenfor), men gælder for alle uddannelseselementer. De studerende, som har behov for at yde en ekstra indsats, modtager hjælp og vejledning.
- DTU anvender undervisningsmetoder, som træner de studerende i at arbejde selvstændigt og kreativt, og der anvendes informations-teknologiske værktøjer.
- De studerende modtager formativ feedback (jf. kapitel 3) undervejs i undervisningen, hvilket understøtter deres læreproces og opbygning af slutkompetencer.
- Undervisningen tilrettelægges med et stort antal ugentlige undervisningstimer.

### DTU's fælles mindset: Fra elev til studerende

Specielt for de nye studerende er det en udfordring at finde ud af, hvad der forventes af dem i deres nye rolle som studerende. De har indtil nu været elever der går i skole, de har gået i en klasse og har læst lektier, som læreren har givet dem for. Nogle af dem har i længere tid været væk fra uddannelsessystemet. Nu skal de være studerende på et universitet, hvor de – nogle gange – går på et hold. De skal selv tilrettelægge deres forberedelse til undervisningen, og i det hele taget selv tage ansvar for deres studier.

Dette identitetsskift kommer ikke af sig selv. I starten af studiet har de studerende brug for at møde klare forventninger og hjælp til at møde forventningerne. De har brug for noget at støtte sig til ("stilladsering") – ikke mindst hvad angår de almene studiekompetencer som planlægning

<sup>3</sup> Jf. DTU's politik for uddannelse 2011

<sup>4</sup> Ibid.

---

af projektarbejde, litteratursøgning, teamwork og rapportskrivning. I det første semester- eller design-build-projekt kan f.eks. gives en meget tæt vejledning i at skrive en rapport og feedback på de første forsøg. Det er imidlertid vigtigt, at disse støtteforanstaltninger gradvis og systematisk aftrappes – at stilladserne pilles ned – sådan at de studerende udvikler sig til at blive selv-hjulpne og i stand til at agere som selvstændige studerende. Det skal derfor også klart kommunikeres til de studerende, at denne ”afstilladsering” finder sted, med begrundelserne for det.

Med udgangspunkt i et fælles mindset støttes de studerende i at udvikle sig som ingeniørstuderende, sådan at de i løbet af det første studieår bliver klar til at møde de udfordringer, som et studium på DTU indebærer. Alle nye studerende møder ensartede holdninger og forventninger fra alle, de kommer i berøring med på DTU ved studiestarten og gennem det første studieår, herunder introvejledere, studievejledere, undervisere, studieledere, tutorer og administrativt personale. Alle disse aktører tager på basis af det fælles mindset del i og ansvar for de studerendes omstillingsproces gennem det første studieår. Se bilag G for detaljer om indholdet i det fælles mindset

### Inddragelse af de studerende

De studerende besidder en hel særlig viden, som det er vigtigt at inddrage i det løbende arbejde med at udvikle kvaliteten i uddannelserne. Deres oplevelse af, hvordan forskellige undervisningsmetoder virker, og erfaringer med i hvilken udstrækning det f.eks. lykkes at etablere sammenhæng og progression i uddannelsen, er værdifuld information for fastholdelse og forbedring af eksisterende praksis.

De studerende er repræsenteret i følgende formelle udvalg og nævn:

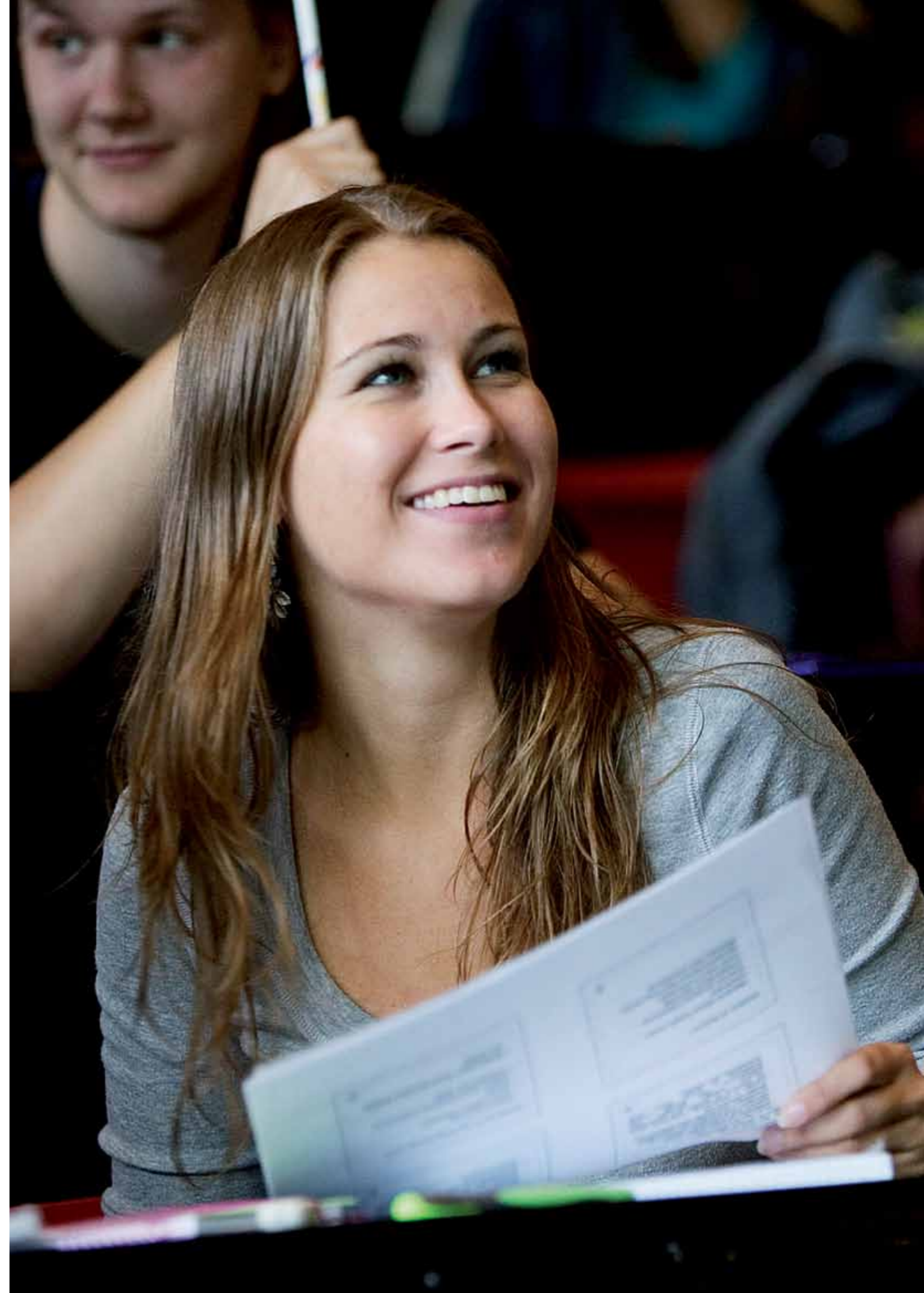
- Retningsudvalg: mindst 2 repræsentanter (jf. kapitel 7)
- Center- og Institutstudienævn: halvdelen af medlemmerne, heraf næstformandsposten
- Det centrale uddannelsesudvalg for diplomingeniøruddannelsen (DUU): 3 repræsentanter

I det omfang der nedsættes ad hoc-arbejdsgrupper, kan det anbefales at invitere studerende til at deltage og/eller gennemføre høringer blandt studerende om forslag til nye tiltag og ændringer i uddannelse og undervisning.

Kursusevalueringer er en vigtig kilde til feedback til undervisere, kursusansvarlige og studieledere samt studienævn. Løbende feedback – f.eks. i form af to feedbackpersoner for hver undervisningssession – kan anbefales, sådan at behov for tilpasning af undervisningen hurtigt kan fanges op. Kursusevalueringer gennemføres som minimum midtvejs i semesteret (mundtligt og evt. skriftligt) samt ved kursusafslutning (skriftligt via CampusNet og evt. mundtligt).

Feedback fra de studerende på det første studieår indsamles i de turnusevalueringer, som DTU gennemfører for både civil- og diplomingeniøruddannelserne. LearningLab DTU står for en evaluering, som udvikles i tæt samspil med studieledere og retningsudvalg, og som samler information om de studerendes oplevelse af både faglige, pædagogiske og studiemiljø-mæssige spørgsmål. Evalueringerne leder frem til en handlingsplan for den enkelte uddannelsesretning, som diskuteres i det centrale uddannelsesudvalg for diplomingeniøruddannelsen.

Samarbejdet mellem DTU's ledelse repræsenteret ved rektor og bachelordekan og Polyteknisk Forening som repræsentant for de studerende foregår i diverse udvalg og ved kvartalsvise møder. Her drøftes løbende spørgsmål og initiativer, der vedrører undervisning, uddannelser og studiemiljø.



## 7. Underviser teams og læringskultur

En af grundstenene i CDIO er, at der er en tæt koordination og sammenhæng mellem de kurser og projekter, der indgår i en uddannelse – inden for det enkelte semester og på langs gennem uddannelsen. En forudsætning for etablering og videreudvikling af en sådan sammenhæng mellem uddannelsens kurser og projekter er, at de involverede undervisere løbende kommunikerer og koordinerer mål og aktiviteter for deres respektive kurser og projekter.

Dette indebærer et afgørende brud med en udbredt tendens i universitetsverdenen: at undervisningen i vid udstrækning betragtes som den enkelte underviseres private sag. CDIO forudsætter, jf. DTU's uddannelsespolitik, og støtter udviklingen af en læringskultur blandt underviserne, hvor

- undervisningen er et fælles anliggende
- underviserne løbende udveksler erfaringer, overvejelser og gode råd
- underviserne inddrager kolleger i udviklingen af kurser og undervisning

- underviserne giver og modtager kollegavejledning for at udvikle kurser og undervisningsmetoder.

En sådan læringskultur kan udfolde sig i mange forskellige samarbejdsrelationer og fora. Der kan opstå uformelle diskussioner over frokosten og spontane møder mellem kolleger, der kan laves aftaler om at udveksle skriftlige kommentarer til kursusplaner og undervisningsmateriale, og der kan etableres ad hoc-arbejdsgrupper om specifikke temaer.

### Studieleder

Studielederen har det praktiske ansvar for gennemførelse af uddannelsen, hvilket bl.a. indebærer samarbejde med studienævnene om indholdsudfyldelse af de enkelte kurser. Studielederen har dermed en helt central rolle i forhold til at sikre, at den løbende koordination mellem de involverede undervisere finder sted, og er – i samarbejde med retningsudvalget – ansvarlig for den løbende udvikling af uddannelsens kvalitet og relevans.



### Retningsudvalg

Retningsudvalget er et stående udvalg, som løbende drøfter uddannelsens udvikling og tager

stilling til tilpasninger med inddragelse af studerende fra den pågældende uddannelsesretning. Retningsudvalget beskrives nærmere nedenfor.

#### Retningsudvalg

Et retningsudvalg består af studielederen, som er formand for udvalget, 4-5 undervisere, der så vidt muligt som minimum repræsenterer 1.-4. semester og samlet set dækker uddannelsesrettningens faglige spændvidde, gerne praktikkoordinatoren, samt mindst 2 studerende. Studielederen sørger for indkaldelse til møder, fastlæggelse af dagsorden samt mødeledelse. Der afholdes 2-4 møder årligt afhængigt af omfanget af de øvrige koordinerende aktiviteter, der foregår på uddannelsesretningen. Med det formål at styrke undervisningen og udbredelsen af CDIO på diplomingeniørretningerne skal retningsudvalget assistere studielederen i løbende at:

- diskutere status for de enkelte semestre og for den samlede uddannelse
- sørge for den overordnede sammenhæng og progression gennem uddannelsen (bl.a. med brug af kompetencematricen) og for den nødvendige koordination på tværs af uddannelsens kurser og projekter
- sikre at alle kategorierne for læringsudbytte fra DTU's CDIO-syllabus indgår i studieplanerne
- sørge for at alle undervisere er fortrolige med kompetencematricen og dermed sikre alle underviseres kendskab til, hvilke mål for læringsudbytte de er ansvarlige for, at de studerende tilegner sig i løbet af deres kursus eller projekt
- medvirke til fortsat pædagogisk udvikling af uddannelsen
- understøtte og opfordre til løbende kommunikation mellem underviserne ang. koordinering af uddannelsens elementer inden for det enkelte semester og på langs gennem uddannelsen (f.eks. via semesterteams eller andre former for undervisersamarbejde).

### Andre typer underviser teams

En anden type underviser teams er semester teams, som danner ramme for løbende dialog og samarbejde mellem de undervisere, der underviser på den enkelte uddannelsesretnings semestre. Ofte vil underviserne komme fra flere forskellige uddannelsescentre og institutter. Semesterteamet skal varetage, at der er en fornuftig faglig sammenhæng mellem semestrets

kurser og projekt. Det skal sørge for at planlægge undervisningen på en måde, der sikrer, at de studerende oplever en jævn arbejdsbelastning hen over semesteret, og det skal vælge undervisnings- og eksamensformer, der sikrer de studerende en passende variation gennem semesteret. Semesterteams beskrives nærmere nedenfor.

#### Semesterteams

Et semesterteam består af alle kursusansvarlige på et semester og gerne flere af de øvrige undervisere. Studielederen udpeger en formand, der sørger for indkaldelse til møder, fastlæggelse af dagsorden samt mødeledelse. Der afholdes mindst to møder i løbet af semesteret – et før semesterstart og et midtvejsmøde. Ved møderne diskuteres og planlægges forhold omkring

- sammenhængen mellem semesterets kurser og projektet
- tidspunkter for aflevering/afholdelse af opgaver/aktiviteter, der er særlig tidskrævende for de studerende
- identificerede problemer i i løbet af semesteret – forslag til handling
- andre spørgsmål



---

## 8. Kompetenceudvikling af undervisere

Det er et omdrejningspunkt for en vellykket implementering af CDIO, at de involverede undervisere har kompetencerne til:

- at sikre at de kompetencemål, som er beskrevet i CDIO Syllabus (bilag B), integreres i undervisning og eksamen på de enkelte kurser. Foruden de specifikke disciplinorienterede områder gælder det også de personlige, sociale og professionsrettede kompetencer (jf. CDIO Standard 9, se bilag A).
- at bruge undervisnings- og eksamensmetoder, som fremmer de studerendes aktive og erfaringsbaserede læring (jf. CDIO Standard 10, se bilag A).
- at tænke helhedsorienteret og bidrage til at de studerendes opbygning af CDIO-kompetencer kan ske igennem det samlede uddannelsesforløb.

Udviklingen af undervisernes CDIO-kompetencer er en del af den løbende kompetenceudvikling af såvel nye som erfarne undervisere for at imødekomme de krav og forventninger, som knytter sig til undervisergerningen. Undervisernes kompetenceudvikling indgår dermed i DTU's og institutternes generelle proces for medarbejderudvikling, hvor MUS (Medarbejderudviklingssamtaler) er et centralt element for opsamling af behov for og ønsker til kompetenceudvikling og som svar på lokale strategier for kompetenceudvikling (på institut- eller center-niveau).

Nye undervisere på DTU stifter bekendtskab med CDIO og mange af de principper og metoder, som indgår i CDIO, gennem pædagogikumforløbet UDTU, som LearningLab DTU står for. Her introduceres de til ingeniørkompetencer og til formulering af læringsmål, de arbejder med forskellige metoder til kursusplanlægning og med undervisningsmetoder, der bygger på de studerendes aktive læring, og de bliver trænet i at arbejde i underviserteams og bruge kollegavejledning. Deltagerne i

forløbet modtager også pædagogisk supervision af en erfaren kollega fra eget institut eller center. Her lægges hovedvægten på didaktik og undervisningsmetodik.

Desuden kan der være behov for at nogle undervisere får en efteruddannelse, som sætter dem i stand til at integrere elementer i CDIO Syllabus kategorierne 2, 3 og 4 i undervisningen og vejledningen af de studerende (jf. CDIO Standarderne 3, Integrated Curriculum, og 7, Integrated Learning Experiences - se bilag A). Det kan f.eks. være i projektledelse, etik, innovation og entrepreneurship.

En særlig problemstilling er kompetenceudvikling af deltidsansatte, herunder eksterne lektorer. De har ofte værdifulde erfaringer fra ingeniørernes professionelle og praktiske hverdag, og det er derfor nyttigt, at de på forskellige måder inddrages i underviserteams og andre af de aktiviteter, der nævnes nedenfor. Perspektivet er både deres egen læring og udvikling som undervisere, og den viden og inspiration de kan bibringe de fastansatte undervisere.

Kompetenceudvikling relateret til generel undervisningsmetodik og specifikt til CDIO - for såvel nye som erfarne undervisere - kan støttes på en vifte af forskellige måder, som kan supplere hinanden. Nærværende CDIO-håndbog er et redskab i mange af disse aktiviteter. Væsentlige aktiviteter er:

- Udviklingsaktiviteter, hvor grupper af undervisere arbejder sammen i projekt- og arbejdsgrupper bl.a. i retningsudvalg og semesterteams, med pædagogisk sigte - herunder i forbindelse med udviklingen af de nye retninger på diplomingeniøruddannelsen.
- Møder, seminarer og workshops: - Afdelingsmøder, hvor CDIO-relaterede temadrøftelser kan bringes op. F.eks.

hvordan undervises og eksamineres i centrale CDIO kompetencer som "Begrebsdannelse og systemforståelse (Conceive)" og "Systemdesign"

- Temamøder for alle undervisere på en uddannelsesretning
- Temamøder for undervisere på tværs af retninger og afdelinger – f.eks. frokostmøder, hvor erfaringer fra egen undervisning, materiale fra eksterne konferencer eller nye ideer præsenteres og drøftes

- Adjunktsupervision og kollegavejledning, knyttet til konkrete undervisningsmæssige problemstillinger
- Eksterne seminarer og workshops på nationalt, regionalt og internationalt niveau (jf. nedenfor)
- Aktiviteter i tæt samarbejde med erhvervsvirksomheder: Innovations- og forskningsprojekter, samarbejde om de studerendes projekter og praktik, samt "underviserpraktik" hvor undervisere i en periode har en tilknytning til en virksomhed

På nationalt plan er DACIN (Dansk Center for Ingeniøruddannelse) en naturlig ramme for fælles aktiviteter med andre danske ingeniøruddannelser. Det kan være i forhold til kompetenceudvikling af den enkelte underviser, og det kan være fælles projekter om pædagogiske udviklingsaktiviteter om specifikke temaer som f.eks. udfordringer med håndtering af internationale

hold med studerende med forskellige kulturelle baggrunde.

Kontakt til det internationale netværk omkring CDIO er en god mulighed for opkvalificering af såvel undervisere som studieledere. Der afholdes jævnligt internationale og regionale konferencer, seminarer og møder i CDIO-regi, hvor samarbejdspartenerne kan udveksle erfaringer og skabe kontakter. Her deltager planlæggere, undervisere, administratorer, studerende og folk med særlig viden om pædagogik og didaktik. Disse konferencer og møder fremgår af den internationale CDIO hjemmeside og information udsendes på DTU gennem studielederne. Undervisere fra DTU opfordres til at deltage aktivt med papers og indlæg på de årlige konferencer. En sådan deltagelse bidrager både til at kvalificere de enkelte undervisere og til at synliggøre DTU's CDIO-indsats nationalt og internationalt.

Tilsvarende kan deltagelse i konferencer og workshops arrangeret af den europæiske organisation af ingeniøruddannelser, SEFI, og det internationale netværk Active Learning in Engineering, ALE, være gode måder at forene individuel kompetenceudvikling med opbygning af personlige netværk og eksponering af DTU's arbejde med kvalitetsudvikling af uddannelserne.



## Litteraturliste

Biggs, John & Tang, Catherine (2007) "Teaching for Quality Learning at University". McGraw Hill

Bloom, B.S. (Ed.), Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H., & Krathwohl, D.R. (1956). Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook 1: Cognitive domain. New York: David McKay.

Crawley, Edward et.al. (2007) Rethinking Engineering Education. The CDIO Approach. Springer

Illeris, Knud (2011) "Læring", Roskilde Universitetsforlag

Leth Andersen, Hanne og Tofteskov, Jens (2008) "Eksamen og eksamensformer", Samfundslitteratur

DTU's politik for uddannelse i DTU's politikker (2011), Danmarks Tekniske Universitet

### Relevante hjemmesider:

ALE: [www.ale-net.org](http://www.ale-net.org) (Active Learning in Engineering Education)

CDIO: [www.cdio.org](http://www.cdio.org)

DACIN: [www.dacin.dk](http://www.dacin.dk) (Dansk Center for Ingeniøruddannelse)

SEFI: [www.sefi.be](http://www.sefi.be) (European Society for Engineering Education)



## De 12 CDIO standarder

### The CDIO Standards

In January 2004, the CDIO Initiative adopted 12 standards to describe CDIO programs. These guiding principles were developed in response to program leaders, alumni, and industrial partners who wanted to know how they would recognize CDIO programs and their graduates. As a result, these CDIO Standards define the distinguishing features of a CDIO program, serve as guidelines for educational program reform and evaluation, create benchmarks and goals with worldwide application, and provide a framework for continuous improvement. The standards may also be used as a framework for certification purposes. The 12 CDIO Standards address program philosophy (Standard 1), curriculum development (Standards 2, 3 and 4), design-implement experiences and workspaces (Standards 5 and 6), methods of teaching and learning (Standards 7 and 8), faculty development (Standards 9 and 10), and assessment and evaluation (Standards 11 and 12). Each standard is presented here with a description, a rationale, and a rubric.

**Description.** The description elaborates the statement of the standard, explaining its meaning. It defines significant terms and provides background information.

**Rationale.** The rationale highlights reasons for the adoption of the standard. Reasons are based on educational research and best practices in engineering and higher education. The rationale explains ways in which the standard distinguishes the CDIO approach from other educational reform efforts.

**Rubric.** A rubric is a scoring guide that seeks to evaluate levels of performance. The rubric of the CDIO Standards is a six-point rating scale for assessing levels of compliance with the standard. Criteria for each level are based on the description and rationale of the standard. The rubric highlights the nature of the evidence that indicates compliance at each level. The rubrics in this document are hierarchical, that is, each successive level includes those at lower levels. For example, Level 5 that addresses continuous process improvement presumes that Level 4 has been attained.

#### Self-Assessment of Compliance

The assessment of compliance with the CDIO Standards is a self-report process. An engineering program gathers its own evidence and uses the rubrics to rate its status with respect to each of the 12 CDIO Standards. While the rubrics are customized to each CDIO Standard, they follow the pattern of this general rubric.

General rubric	
Scale	Criteria
5	Evidence related to the standard is regularly reviewed and used to make improvements.
4	There is documented evidence of the full implementation and impact of the standard across program components and constituents.
3	There is documented evidence of the full implementation and impact of the standard across program components and constituents.
2	There is a plan in place to address the standard.
1	There is an awareness of need to adopt the standard and a process is in place to address it.
0	There is no documented plan or activity related to the standard.

## Standard 1 - The Context

### Adoption of the principle that product, process, and system lifecycle development and deployment - Conceiving, Designing, Implementing and Operating - are the context for engineering education

**Description:** A CDIO program is based on the principle that product, process, and system lifecycle development and deployment are the appropriate context for engineering education. Conceiving--Designing--Implementing--Operating is a model of the entire product, process, and system lifecycle. The Conceive stage includes defining customer needs; considering technology, enterprise strategy, and regulations; and, developing conceptual, technical, and business plans. The Design stage focuses on creating the design, that is, the plans, drawings, and algorithms that describe what will be implemented. The Implement stage refers to the transformation of the design into the product, process, or system, including manufacturing, coding, testing and validation. The final

stage, Operate, uses the implemented product or process to deliver the intended value, including maintaining, evolving and retiring the system.

The product, process, and system lifecycle is considered the context for engineering education in that it is part of the cultural framework, or environment, in which technical knowledge and other skills are taught, practiced and learned. The principle is adopted by a program when there is explicit agreement of faculty to transition to a CDIO program, and support from program leaders to sustain reform initiatives.

**Rationale:** Beginning engineers should be able to Conceive--Design--Implement--Operate complex value-added engineering products, processes, and systems in modern team-based environments. They should be able to participate in engineering processes, contribute to the development of engineering products, and do so while working to professional standards in any organization. This is the essence of the engineering profession.

Rubric	
Scale	Criteria
5	Evaluation groups recognize that CDIO is the context of the engineering program and use this principle as a guide for continuous improvement.
4	There is documented evidence that the CDIO principle is the context of the engineering program and is fully implemented.
3	CDIO is adopted as the context for the engineering program and is implemented in one or more years of the program.
2	There is an explicit plan to transition to a CDIO context for the engineering program.
1	The need to adopt the principle that CDIO is the context of engineering education is recognized and a process to address it has been initiated.
0	There is no plan to adopt the principle that CDIO is the context of engineering education for the program.

## Standard 2 - Learning Outcomes

### Specific, detailed learning outcomes for personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills, as well as disciplinary knowledge, consistent with program goals and validated by program stakeholders

**Description:** The knowledge, skills, and attitudes intended as a result of engineering education, that is, the learning outcomes, are codified in the CDIO Syllabus. These learning outcomes detail what students should know and be able to do at the conclusion of their engineering programs. In addition to learning outcomes for technical disciplinary knowledge (Section 1), the CDIO Syllabus specifies learning outcomes as personal and interpersonal skills, and product, process, and system building. Personal learning outcomes (Section 2) focus on individual students' cognitive and affective development, for example, engineering reasoning and problem solving, experimentation and knowledge discovery, system thinking, creative thinking, critical thinking, and professional ethics. Interpersonal learning outcomes (Section 3) focus on individual and group interactions, such as, teamwork, leadership,

communication, and communication in foreign languages. Product, process, and system building skills (Section 4) focus on conceiving, designing, implementing, and operating systems in enterprise, business, and societal contexts.

Learning outcomes are reviewed and validated by key stakeholders, that is, groups who share an interest in the graduates of engineering programs, for consistency with program goals and relevance to engineering practice. Programs are encouraged to customize the CDIO Syllabus to their respective programs. In addition, stakeholders help to determine the expected level of proficiency, or standard of achievement, for each learning outcome.

**Rationale:** Setting specific learning outcomes helps to ensure that students acquire the appropriate foundation for their future. Professional engineering organizations and industry representatives identified key attributes of beginning engineers both in technical and professional areas. Moreover, many evaluation and accreditation bodies expect engineering programs to identify program outcomes in terms of their graduates' knowledge, skills, and attitudes.

Rubric	
Scale	Criteria
5	Evaluation groups regularly review and revise program learning outcomes, based on changes in stakeholder needs.
4	Program learning outcomes are aligned with institutional vision and mission, and levels of proficiency are set for each outcome.
3	Program learning outcomes are validated with key program stakeholders, including faculty, students, alumni, and industry representatives.
2	A plan to incorporate explicit statements of program learning outcomes is established.
1	The need to create or modify program learning outcomes is recognized and such a process has been initiated.
0	There are no explicit program learning outcomes that cover knowledge, personal and interpersonal skills, and product, process and system building skills.

### Standard 3 - Integrated Curriculum

#### A curriculum designed with mutually supporting disciplinary courses, with an explicit plan to integrate personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills

**Description:** An integrated curriculum includes learning experiences that lead to the acquisition of personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills (Standard 2), interwoven with the learning of disciplinary knowledge and its application in professional engineering. Disciplinary courses are mutually supporting when they make explicit connections among related and supporting content and learning outcomes. An explicit plan identifies ways in which the integration of skills and multidisciplinary connections are to be made, for example, by mapping the specified learning outcomes to courses and co-curricular activities that make up the curriculum.

**Rationale:** The teaching of personal, interpersonal, and professional skills, and product, process, and system building skills should not be considered an addition to an already full curriculum, but an integral part of it. To reach the intended learning outcomes in disciplinary knowledge and skills, the curriculum and learning experiences have to make dual use of available time. Faculty play an active role in designing the integrated curriculum by suggesting appropriate disciplinary linkages, as well as opportunities to address specific skills in their respective teaching areas.

Rubric	
Scale	Criteria
5	Stakeholders regularly review the integrated curriculum and make recommendations and adjustments as needed.
4	There is evidence that personal, interpersonal, product, process, and system building skills are addressed in all courses responsible for their implementation.
3	Personal, interpersonal, product, process, and system building skills are integrated into one or more years in the curriculum.
2	A curriculum plan that integrates disciplinary learning, personal, interpersonal, product, process, and system building skills is approved by appropriate groups.
1	The need to analyze the curriculum is recognized and initial mapping of disciplinary and skills learning outcomes is underway.
0	There is no integration of skills or mutually supporting disciplines in the program.

### Standard 4 - Introduction to Engineering

#### An introductory course that provides the framework for engineering practice in product, process, and system building, and introduces essential personal and interpersonal skills

**Description:** The introductory course, usually one of the first required courses in a program, provides a framework for the practice of engineering. This framework is a broad outline of the tasks and responsibilities of an engineer, and the use of disciplinary knowledge in executing those tasks. Students engage in the practice of engineering through problem solving and simple design exercises, individually and in teams. The course also includes personal and interpersonal skills knowledge, skills, and

attitudes that are essential at the start of a program to prepare students for more advanced product, process, and system building experiences. For example, students can participate in small team exercises to prepare them for larger development teams.

**Rationale:** Introductory courses aim to stimulate students' interest in, and strengthen their motivation for, the field of engineering by focusing on the application of relevant core engineering disciplines. Students usually select engineering programs because they want to build things, and introductory courses can capitalize on this interest. In addition, introductory courses provide an early start to the development of the essential skills described in the CDIO Syllabus.

Rubric	
Scale	Criteria
5	The introductory course is regularly evaluated and revised, based on feedback from students, instructors, and other stakeholders.
4	There is documented evidence that students have achieved the intended learning outcomes of the introductory engineering course.
3	An introductory course that includes engineering learning experiences and introduces essential personal and interpersonal skills has been implemented.
2	A plan for an introductory engineering course introducing a framework for practice has been approved.
1	The need for an introductory course that provides the framework for engineering practice is recognized and a process to address that need has been initiated.
0	There is no introductory engineering course that provides a framework for practice and introduces key skills.



**Standard 5 - Design-Implement Experiences**

**A curriculum that includes two or more design-implement experiences, including one at a basic level and one at an advanced level**

**Description:** The term design-implement experience denotes a range of engineering activities central to the process of developing new products and systems. Included are all of the activities described in Standard One at the Design and Implement stages, plus appropriate aspects of conceptual design from the Conceive stage. Students develop product, process, and system building skills, as well as the ability to apply engineering science, in design-implement experiences integrated into the curriculum. Design-implement experiences are considered basic or advanced in terms of their scope, complexity, and sequence in the program. For example, simpler products and systems are included earlier in the program, while more complex design-implement experiences appear

in later courses designed to help students integrate knowledge and skills acquired in preceding courses and learning activities. Opportunities to conceive, design, implement, and operate products, processes, and systems may also be included in required co-curricular activities, for example, undergraduate research projects and internships.

**Rationale:** Design-implement experiences are structured and sequenced to promote early success in engineering practice. Iteration of design-implement experiences and increasing levels of design complexity reinforce students' understanding of the product, process, and system development process. Design-implement experiences also provide a solid foundation upon which to build deeper conceptual understanding of disciplinary skills. The emphasis on building products and implementing processes in realworld contexts gives students opportunities to make connections between the technical content they are learning and their professional and career interests.

Rubric	
Scale	Criteria
5	The design-implement experiences are regularly evaluated and revised, based on feedback from students, instructors, and other stakeholders.
4	There is documented evidence that students have achieved the intended learning outcomes of the design-implement experiences.
3	At least two design-implement experiences of increasing complexity are being implemented.
2	There is a plan to develop a design-implement experience at a basic and advanced level.
1	A needs analysis has been conducted to identify opportunities to include design-implement experiences in the curriculum.
0	There are no design-implement experiences in the engineering program.

**Standard 6 - Engineering Workspaces**

**Engineering workspaces and laboratories that support and encourage hands-on learning of product, process, and system building, disciplinary knowledge, and social learning**

**Description:** The physical learning environment includes traditional learning spaces, for example, classrooms, lecture halls, and seminar rooms, as well as engineering workspaces and laboratories. Workspaces and laboratories support the learning of product, process, and system building skills concurrently with disciplinary knowledge. They emphasize hands-on learning in which students are directly engaged in their own learning, and provide opportunities for social learning, that is, settings where students can learn from each other and interact with several groups. The creation of new workspaces, or remodeling of existing laboratories, will vary with the size of the program and resources of the institution.

**Rationale:** Workspaces and other learning environments that support hands-on learning are fundamental resources for learning to design, implement, and operate products, processes, and systems. Students who have access to modern engineering tools, software, and laboratories have opportunities to develop the knowledge, skills, and attitudes that support product, process, and system building competencies. These competencies are best developed in workspaces that are student-centered, user-friendly, accessible, and interactive.

Rubric	
Scale	Criteria
5	Evaluation groups regularly review the impact and effectiveness of workspaces on learning and provide recommendations for improving them.
4	Engineering workspaces fully support all components of hands-on, knowledge, and skills learning.
3	Plans are being implemented and some new or remodeled spaces are in use.
2	Plans to remodel or build additional engineering workspaces have been approved by the appropriate bodies.
1	The need for engineering workspaces to support hands-on, knowledge, and skills activities is recognized and a process to address the need has been initiated.
0	Engineering workspaces are inadequate or inappropriate to support and encourage hands-on skills, knowledge, and social learning.

**Standard 7 -  
Integrated Learning Experiences**

**Integrated learning experiences that lead to the acquisition of disciplinary knowledge, as well as personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills**

**Description:** Integrated learning experiences are pedagogical approaches that foster the learning of disciplinary knowledge simultaneously with personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills. They incorporate professional engineering issues in contexts where they coexist with disciplinary issues. For example, students might consider the analysis of a product, the design of the product, and the social responsibility of the designer of the product, all in one exercise. Industrial partners, alumni, and other key stakeholders are often helpful in providing examples of such exercises.

**Rationale:** The curriculum design and learning outcomes, prescribed in Standards 2 and 3 respectively, can be realized only if there are corresponding pedagogical approaches that make dual use of student learning time. Furthermore, it is important that students recognize engineering faculty as role models of professional engineers, instructing them in disciplinary knowledge, personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills. With integrated learning experiences, faculty can be more effective in helping students apply disciplinary knowledge to engineering practice and better prepare them to meet the demands of the engineering profession.

Rubric	
Scale	Criteria
5	Courses are regularly evaluated and revised regarding their integration of learning outcomes and activities.
4	There is evidence of the impact of integrated learning experiences across the curriculum.
3	Integrated learning experiences are implemented in courses across the curriculum.
2	Course plans with learning outcomes and activities that integrate personal and interpersonal skills with disciplinary knowledge has been approved.
1	Course plans have been benchmarked with respect to the integrated curriculum plan.
0	There is no evidence of integrated learning of disciplines and skills.

**Standard 8 - Active Learning**

**Teaching and learning based on active experiential learning methods**

**Description:** Active learning methods engage students directly in thinking and problem solving activities. There is less emphasis on passive transmission of information, and more on engaging students in manipulating, applying, analyzing, and evaluating ideas. Active learning in lecturebased courses can include such methods as partner and small-group discussions, demonstrations, debates, concept questions, and feedback from students about what they are learning. Active learning is considered experiential when students take on roles that simulate professional engineering practice, for example, design-implement projects, simulations, and case studies.

**Rationale:** By engaging students in thinking about concepts, particularly new ideas, and requiring them to make an overt response, students not only learn more, they recognize for themselves what and how they learn. This process helps to increase students' motivation to achieve program learning outcomes and form habits of lifelong learning. With active learning methods, instructors can help students make connections among key concepts and facilitate the application of this knowledge to new settings.

Rubric	
Scale	Criteria
5	Evaluation groups regularly review the impact of active learning methods and make recommendations for continuous improvement.
4	There is documented evidence of the impact of active learning methods on student learning.
3	Active learning methods are being implemented across the curriculum.
2	There is a plan to include active learning methods in courses across the curriculum.
1	There is an awareness of the benefits of active learning, and benchmarking of active learning methods in the curriculum is in process.
0	There is no evidence of active experiential learning methods.

**Standard 9 - Enhancement of Faculty Competence**

**Actions that enhance faculty competence in personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills**

**Description:** CDIO programs provide support for the collective engineering faculty to improve its competence in the personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills described in Standard 2. These skills are developed best in contexts of professional engineering practice. The nature and scope of faculty development vary with the resources and intentions of different programs and institutions. Examples of actions that enhance faculty competence include: professional leave to work in industry, partnerships with industry colleagues in research and education projects, inclusion of engineering practice as a criterion for hiring and promotion, and appropriate professional development experiences at the university.

**Rationale:** If engineering faculty are expected to teach a curriculum of personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills integrated with disciplinary knowledge, as described in Standards 3, 4, 5, and 7, they as a group need to be competent in those skills. Engineering professors tend to be experts in the research and knowledge base of their respective disciplines, with only limited experience in the practice of engineering in business and industrial settings. Moreover, the rapid pace of technological innovation requires continuous updating of engineering skills. The collective faculty needs to enhance its engineering knowledge and skills so that it can provide relevant examples to students and also serve as individual role models of contemporary engineers.

Rubric	
Scale	Criteria
5	Faculty competence in personal, interpersonal, product, process, and system building skills is regularly evaluated and updated where appropriate.
4	There is evidence that the collective faculty is competent in personal, interpersonal, product, process, and system building skills.
3	The collective faculty participates in faculty development in personal, interpersonal, product, process, and system building skills.
2	There is a systematic plan of faculty development in personal, interpersonal, product, process, and system building skills.
1	A benchmarking study and needs analysis of faculty competence has been conducted.
0	There are no programs or practices to enhance faculty competence in personal, interpersonal, product, process, and system building skills.

**Standard 10 - Enhancement of Faculty Teaching Competence**

**Actions that enhance faculty competence in providing integrated learning experiences, in using active experiential learning methods, and in assessing student learning**

**Description:** A CDIO program provides support for faculty to improve their competence in integrated learning experiences (Standard 7), active and experiential learning (Standard 8), and assessing student learning (Standard 11). The nature and scope of faculty development practices will vary with programs and institutions. Examples of actions that enhance faculty competence include: support for faculty participation in university and external faculty development programs, forums for sharing ideas and best practices, and emphasis in performance reviews and hiring on effective teaching methods.

**Rationale:** If faculty members are expected to teach and assess in new ways, as described in Standards 7, 8, and 11, they need opportunities to develop and improve these competencies. Many universities have faculty development programs and services that might be eager to collaborate with faculty in CDIO programs. In addition, if CDIO programs want to emphasize the importance of teaching, learning, and assessment, they must commit adequate resources for faculty development in these areas.

Rubric	
Scale	Criteria
5	Faculty competence in teaching, learning, and assessment methods is regularly evaluated and updated where appropriate.
4	There is evidence that the collective faculty is competent in teaching, learning, and assessment methods.
3	Faculty members participate in faculty development in teaching, learning, and assessment methods.
2	There is a systematic plan of faculty development in teaching, learning, and assessment methods.
1	A benchmarking study and needs analysis of faculty teaching competence has been conducted.
0	There are no programs or practices to enhance faculty teaching competence.

### Standard 11 - Learning Assessment

#### Assessment of student learning in personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills, as well as in disciplinary knowledge

**Description:** Assessment of student learning is the measure of the extent to which each student achieves specified learning outcomes. Instructors usually conduct this assessment within their respective courses. Effective learning assessment uses a variety of methods matched appropriately to learning outcomes that address disciplinary knowledge, as well as personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills, as described in Standard 2. These methods may include written and oral tests, observations of student performance, rating scales, student reflections, journals, portfolios, and peer and self-assessment.

**Rationale:** If we value personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills, and incorporate them into curriculum and learning experiences, then we must have effective assessment processes for measuring them. Different categories of learning outcomes require different assessment methods. For example, learning outcomes related to disciplinary knowledge may be assessed with oral and written tests, while those related to design-implement skills may be better measured with recorded observations. Using a variety of assessment methods accommodates a broader range of learning styles, and increases the reliability and validity of the assessment data. As a result, determinations of students' achievement of the intended learning outcomes can be made with greater confidence.

Rubric	
Scale	Criteria
5	Evaluation groups regularly review the use of learning assessment methods and make recommendations for continuous improvement.
4	Learning assessment methods are used effectively in courses across the curriculum.
3	Learning assessment methods are implemented across the curriculum.
2	There is a plan to incorporate learning assessment methods across the curriculum.
1	The need for the improvement of learning assessment methods is recognized and benchmarking of their current use is in process.
0	Learning assessment methods are inadequate or inappropriate.

### Standard 12 - Program Evaluation

#### A system that evaluates programs against these twelve standards, and provides feedback to students, faculty, and other stakeholders for the purposes of continuous improvement

**Description:** Program evaluation is a judgment of the overall value of a program based on evidence of a program's progress toward attaining its goals. A CDIO program should be evaluated relative to these 12 CDIO Standards. Evidence of overall program value can be collected with course evaluations, instructor reflections, entry and exit interviews, reports of external reviewers, and follow-up studies with graduates and employers. The evidence can be regularly reported back to instructors, students, program administrators, alumni, and other key stakeholders. This feedback forms the basis of decisions about the program and its plans for continuous improvement.

**Rationale:** A key function of program evaluation is to determine the program's effectiveness and efficiency in reaching its intended goals. Evidence collected during the program evaluation process also serves as the basis of continuous program improvement. For example, if in an exit interview, a majority of students reported that they were not able to meet some specific learning outcome, a plan could be initiated to identify root causes and implement changes. Moreover, many external evaluators and accreditation bodies require regular and consistent program evaluation

Rubric	
Scale	Criteria
5	Systematic and continuous improvement is based on program evaluation results from multiple sources and gathered by multiple methods.
4	Program evaluation methods are being used effectively with all stakeholder groups.
3	Program evaluation methods are being implemented across the program to gather data from students, faculty, program leaders, alumni, and other stakeholders.
2	A program evaluation plan exists.
1	The need for program evaluation is recognized and benchmarking of evaluation methods is in process.
0	Program evaluation is inadequate or inconsistent.



Bilag B

## DTU's CDIO-syllabus<sup>5</sup>

<b>1. Matematisk-naturvidenskabelig og teknisk-ingeniørfaglig viden</b>	
1.1 Viden og færdigheder i matematik og naturvidenskab	1.1. har en solid anvendelsesorienteret viden om og færdigheder i grundlæggende matematiske og naturvidenskabelige teorier og metoder.
1.2 Retningsspecifik grundfaglig kerneviden	1.2. besidder en grundlæggende ingeniørfaglig viden inden for den pågældende uddannelsesretning baseret på den nyeste udvikling og forskning.
1.3 Retningsspecifik videregående ingeniørfaglig viden	1.3. besidder specialiseret ingeniørfaglig viden inden for den pågældende uddannelsesretning baseret på den nyeste udvikling og forskning.
<b>2. Personlige og professionelle kompetencer</b>	
2.1 Ingeniørfaglig problemløsning og modellering	<p>2.1.1 kan selvstændigt omsætte tekniske forskningsresultater samt naturvidenskabelig og teknisk viden til praktisk anvendelse ved udviklingsopgaver og ved løsning af ingeniørmæssige problemer.</p> <p>2.1.2 kan kortlægge, afgrænse og beskrive problemstillinger.</p> <p>2.1.3 kan vælge og anvende relevante analysemetoder og redegøre herfor.</p> <p>2.1.4 kan vurdere modelantagelser samt vælge og anvende relevante modellerings- og simuleringsmetoder og redegøre herfor.</p> <p>2.1.5 kan ud fra et helhedsperspektiv foretage estimater og kvalitative ræsonnementer.</p> <p>2.1.6 kan håndtere usikker og ufuldstændig information.</p> <p>2.1.7 kan udføre relevant og kritisk informationssøgning og anvende fagrelevante informationskilder.</p>
2.2 Eksperimentelle metoder	<p>2.2.1 kan ud fra en induktiv tilgang designe og opstille eksperimenter, udvælge målemetoder og gennemføre målinger, herunder foretage dataopsamling.</p> <p>2.2.2 kan foretage test af hypoteser og bearbejdning af måledata.</p>

<sup>5</sup> I det internationale CDIO initiativ er syllabus'en udviklet til en meget stor detaljeringsgrad for kategorierne 2, 3 og 4 - se: <http://www.cdio.org/framework-benefits/cdio-syllabus>

2.3 Helhedsorienteret analyse	<p>2.3.1 kan analysere komplekse problemstillinger ud fra en helhedsorienteret og tværfaglig tilgang i løsningen af konkrete tekniske problemstillinger. Dette omfatter alle faser fra problemidentifikation, idéudvikling og kravspecifikation, over design, optimering og implementering til egentlig produktion og ibrugtagning.</p> <p>2.3.2 kan arbejde systematisk og helhedsorienteret ved løsning af konkrete, tekniske problemstillinger.</p>
2.4 Flexibilitet og selvledelse	<p>2.4.1 kan udvise initiativ og flexibilitet i opgaveløsningen.</p> <p>2.4.2 kan arbejde selvstændigt og målrettet.</p> <p>2.4.3 kan overskue og prioritere opgaver.</p> <p>2.4.4 kan udvise kreativ og kritisk tænkning.</p> <p>2.4.5 kan tage ansvar for egen læring og fortsatte kompetenceudvikling.</p>
2.5 Professionelle færdigheder og holdninger	<p>2.5.1 kan vurdere og vælge teknologiske løsninger ud fra bæredygtighedsprincipper og professionens etiske principper.</p> <p>2.5.2 har kendskab til professionens faglige udvikling og relevante forskningsresultater nationalt og internationalt</p>
<b>3. Sociale færdigheder</b>	
3.1 Samarbejdsevne	<p>3.1.1 kan indgå i samarbejds- og ledelsesmæssige funktioner og sammenhænge på et kvalificeret grundlag sammen med mennesker, der har forskellig uddannelsesmæssig, sproglig og kulturel baggrund.</p> <p>3.1.2 er i stand til at strukturere et gruppebaseret projektarbejde, herunder overholde tidsplaner, organisere og planlægge arbejdet.</p> <p>3.1.3 kan samarbejde på tværs af fagligheder.</p>
3.2 Kommunikative færdigheder	<p>3.2.1 kan argumentere for og formidle tekniske problemstillinger, analyser og løsninger skriftligt og mundtligt.</p> <p>3.2.2 kan målrette kommunikation til forskellige målgrupper.</p>
3.3 Sproglige færdigheder	<p>3.3.1 behersker et teknisk fagsprog på dansk og engelsk og kan læse relevant teknisk litteratur på begge sprog.</p>

<b>4. Professionsrettede kompetencer</b>	
4.1 Samfundsforståelse	<p>4.1.1 kan inddrage samfundsmæssige, økonomiske, miljø- og arbejdsmiljø-mæssige konsekvenser i løsningen af ingeniørmæssige opgaver.</p>
4.2 Forretningsforståelse og entrepreneurship	<p>4.2.1 kan udøve professionen i forhold til organisatoriske, økonomiske og juridiske rammer.</p> <p>4.2.2 har viden om innovation og innovative processer.</p> <p>4.2.3 kan omsætte viden til resultater i en erhvervmæssig sammenhæng.</p> <p>4.2.4 har viden om grundlæggende forretningsøkonomi i praksis og kan foretage overslagsbetragtninger.</p>
4.3 Begrebsdannelse og systemforståelse ("Conceive")	<p>4.3.1 er i stand til at omforme et problemkompleks til en relevant og dækkende ingeniørfaglig problemformulering.</p> <p>4.3.2 kan inddrage flerfaglig viden og forskellige perspektiver til at analysere systemer og systematiske sammenhænge.</p> <p>4.3.3 kan planlægge, realisere og styre tekniske og teknologiske anlæg og projekter samt projektere systemer, konstruktioner, anlæg og elementer som del af en større helhed.</p> <p>4.3.4 kan foretage livscyklus- og cost-benefit-betragtninger.</p>
4.4 Systemdesign ("Design")	<p>4.4.1 kan anvende viden om metoder til kravspecifikationer, designprocesser og bæredygtigt design til at designe løsninger på ingeniørmæssige problemer med fokus på brugere.</p> <p>4.4.2 Kan opstille modeller, simulere og teste.</p> <p>4.4.3 kan dokumentere sit arbejde.</p>

4.5 Implementering af systemer (retningspecifikke) ("Implement")	<p>4.5.1 kan planlægge og implementere løsninger under hensynstagen til kvalitetsstyring og ressourcer.</p> <p>4.5.2 kan udvælge og foreskrive produktionsmetoder.</p> <p>4.5.3 kan anvende computersystemer til styring, kontrol og overvågning af processer.</p>
4.6 Drift af systemer (retningspecifikke) ("Operate")	<p>4.6.1 kan analysere drift af systemer med henblik på optimering.</p> <p>4.6.2 kan udforme instruktioner i betjening og anvendelse af produkter og systemer ud fra et brugersynspunkt.</p> <p>4.6.3 kan vurdere bæredygtighed.</p>

Bilag C

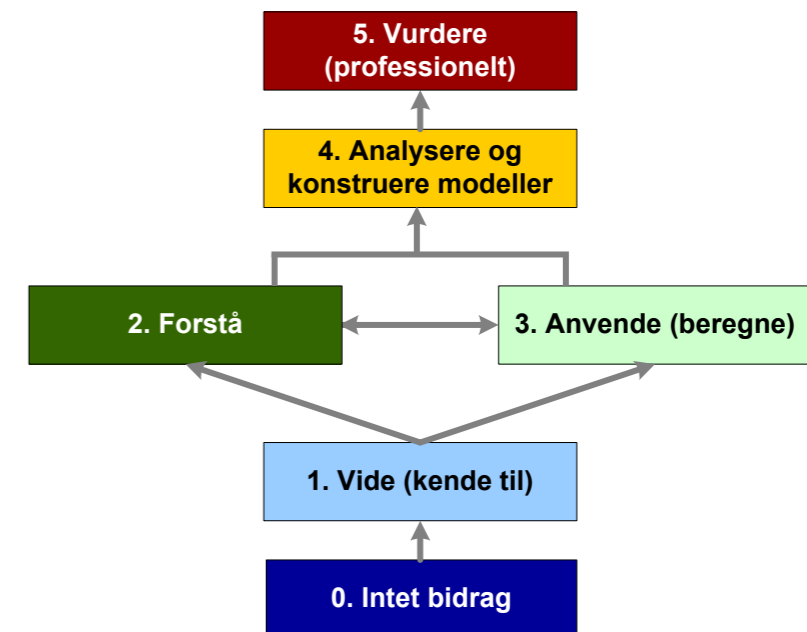
## Taksonomiske niveauer for læringsmål

Formulering af læringsmål – dvs. mål for de studerendes læringsudbytte af de enkelte kurser og projekter – er et vigtigt værktøj i planlægningen af uddannelser og kurser. De kan bl.a. bruges til:

- Sikring af overensstemmelse mellem et kursus' mål, indhold, undervisningsaktiviteter, studenteraktiviteter og bedømmelse / eksamen
- Afstemning af forventninger mellem underviser og studerende
- Afstemning af forventninger mellem underviser og censor
- Koordination mellem flere undervisere på samme kursus
- Koordination mellem kurser og projekter mhp. sikring af sammenhæng og progression

Ved formuleringen af læringsmål er det en fordel at opdele målene i et hierarki, således at de kan grupperes efter voksende grad af kompleksitet. I relation til CDIO på DTU benyttes en modificeret udgave af Blooms taksonomi<sup>6</sup>, der dels rummer en sådan struktur, og dels inden for hver gruppe foreslår et fyldigt arsenal af aktive verber, der kan benyttes til at beskrive, hvad den studerende forventes at kunne.

Den modificerede udgave af Blooms taksonomi for læringsniveauer fremgår af figur 4 i kapitel 2:



**Figur 8:** Taksonomi for læringsmål med farvekodning, der i kompetencematrixen kan benyttes til kodning af niveau for læringsbidraget fra de enkelte kurser til CDIO Syllabus-kompetencerne.

<sup>6</sup> Bloom, B.S. (Ed.), Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H., & Krathwohl, D.R. (1956). Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook 1: Cognitive domain. New York: David McKay.

Bloom's taksonomi, som den amerikanske psykolog Benjamin Bloom beskrev i "Taxonomy of Educational Objectives" (1956), indeholder følgende niveauer: 1. Knowledge, 2. Understanding, 3. Application, 4. Analysis, 5. Synthesis, 6. Evaluation. Den revision, som figuren ovenfor afspejler, er foretaget for at opnå:

- *Forenkling*: Der er færre niveauer fordi vi i ingeniørfag i praksis ofte vil se at de analytiske og syntetiske niveauer udvikles samtidig og gennem den samme type aktiviteter, og det er desuden i praksis svært at skille dem ad i kursus-beskrivelser.
- *Tilpasning* til erfaringen fra bl.a. ingeniørdannelse: Fra såvel et teoretisk som et praktisk perspektiv viser det sig, at forståelse og anvendelse ikke nødvendigvis er forbundet som en ren lineær progression som det antages i Bloom's taxonomi. Der kan i ingeniørfag sagtens udvikles en forståelse (Blooms niveau 2) uden opnåelse af de tilsvarende anvendelsesfærdigheder (Blooms niveau 3), og der kan omvendt udvikles f.eks. beregningsfærdigheder for modeller i nye men genkendelige situationer selv med en meget begrænset forståelse. Taksonomien er derfor revideret således at forståelse og færdigheder (anvendelse) er parallelle spor, som kan samordnes på det næste, højere niveau (analyse og konstruktion).
- *Tydeliggørelse*: "Vurdering" som et højeste niveau er tydeliggjort ved at betegne dette niveau som svarende til en professionel ingeniørkompetence – til at vurdere forskellige modellers anvendelighed, forstå forskellige perspektiver på realistiske ingeniørpraktiske problemer etc. Dette er noget som uddannelsen ikke nødvendigvis udvikler i fuldt omfang: det sker typisk gennem den senere praktiske erhvervs erfaring. Desuden er "anvendelses"-niveauet specificeret som en form for færdigheder, f.eks. at anvende teorier og modeller i den begrænsede forstand at man kan udføre beregninger med dem i nye, men genkendelige standardsituationer. Dermed er "Anvendelse" klart afgrænset fra det højeste niveau, som handler om anvendelighed på virkelige problemstillinger.

I kursusbeskrivelserne udtrykkes læringsmål på bulletform som klare tilkendegivelser af, hvad den studerende forventes at kunne ved kursets afslutning, og hvorledes vedkommende forventes at demonstrere sin kunnen. Læringsmål skal være observerbare/målbare og kunne evalueres. De skal derfor beskrives gennem aktive verber, jf. eksemplerne nedenfor. Ikke-operationelle verber som vide, forstå, have lært, være bekendt med, være fortrolig med etc. bør undgås. Læringsmålene skal hænge sammen med måden, de studerendes læringsudbytte bedømmes, og derfor bør beskrivelsen af læringsmål så vidt muligt være operationel i forhold til karaktergivning. Det kan derfor anbefales at gøre læringsmålene så specifikke som muligt samt for hvert læringsmål at markere hvilket taksonomisk niveau det adresserer.

### 1. Vide (kende til)

Viden kan i den betydning, der knytter sig til Blooms taksonomi, defineres som evnen til at genkalde sig og huske facts uden nødvendigvis at forstå dem. Eksempler på aktive verber, der kan bruges til at udtrykke viden, er: *Definere, betegne, arrangere, benævne, beskrive, citere, finde, gengive, genkalde sig, genkende, gentage, identificere, indsamle, memorere, opregne, præsentere, relatere, reproducere, rubricere, sortere, undersøge, vise.*

### 2. Forstå

Forståelse kan i den betydning, der knytter sig til Blooms taksonomi, defineres som evnen til at begribe og fortolke indlært information. Eksempler på aktive verber, der kan bruges til at udtrykke forståelse, er: *Afkode, associere, beskrive, diskutere, forklare, fortolke, forudsige, generalisere, genkende, identificere, illustrere, indikere, klassificere, konstruere, konvertere, løse, skelne mellem, skønne, rapportere, tydeliggøre, udlede, udtrykke, udvælge, ændre.*

### 3. Anvende (beregne mm.)

Anvendelse kan i den betydning, der knytter sig til Blooms taksonomi, defineres som evnen til at bruge indlært information i nye situationer, eksempelvis bringe kendte ideer og begreber i spil i en løsningsproces. Eksempler på aktive verber,

der kan bruges til at udtrykke anvendelse, er: *Anvende, beregne, bestemme, demonstrere, eksperimentere, fastsætte, finde, fortolke, forudsige, illustrere, løse, modificere, opdage, organisere, producere, relatere, skitsere, udføre, undersøge, udregne, udvikle, udnytte, udvælge, vise.*

### 4. Analysere og konstruere modeller

Analyse kan i den betydning, der knytter sig til Blooms taksonomi, defineres som evnen til at nedbryde information i delkomponenter. Eksempler på aktive verber, der kan bruges til at udtrykke analyse, er: *Adskille, analysere, arrangere, beregne, debattere, deducere, differentiere, eksperimentere, identificere, illustrere, kategorisere, klassificere, kritisere, opdele, relatere, sammenkæde, sammenligne, teste, udlede, udpege, undersøge, vurdere.*

Konstruktion af modeller – svarende til Syntese i den oprindelige Bloom-taksonomi – kan defineres som evnen til at sammenkæde information. Eksempler på aktive verber, der kan bruges til at udtrykke syntese, er: *Argumentere, arrangere, designe, foreslå, forklare, formulere, generalisere, generere, genskabe, integrere,*

*kategorisere, kombinere, compilere, konstruere, modificere, opfinde, opsummere, organisere, planlægge, relatere, revidere, samle, skabe, udvikle.*

### 5. Vurdere (professionelt)

Vurdere kan i den betydning, der knytter sig til Blooms taksonomi, defineres som evnen til at bedømme værdien af forelagt materiale i en given sammenhæng. Eksempler på aktive verber, der kan bruges til at udtrykke vurdering, er: *Anbefale, argumentere, bedømme, beslutte, forklare, forsvare, fortolke, forudsige, konkludere, kritisere, måle, overbevise, relatere, sammenligne, skønne, tilknytte, udvælge.*

### Eksempler på læringsmål der afspejler sammenhæng og progression gennem flere kurser

I følgende oversigt er læringsmål fra en række kurser, som udbydes af Center for Byggeri og Infrastruktur, indplaceret i forhold til DTU CDIO Syllabus. Tallene i parentes efter det enkelte læringsmål angiver det taksonomiske niveau i henhold til figur 8.

DTU CDIO Syllabus		Kursus	Kopi af nogle af/alle kursets læringsmål
<b>1. Matematisk-naturvidenskabelig og teknisk-ingeniørfaglig viden</b>			
1.1 Viden og færdigheder i matematik og naturvidenskab	1.1. har en solid anvendelsesorienteret viden om og færdigheder i grundlæggende matematiske og naturvidenskabelige teorier og metoder.	INF-1	Gennemføre landmålingstekniske opgaver (3) Redegøre for landmålingstekniske opgaver (2)
1.2 Retningspecifik grundfaglig kerneviden	1.2 besidder en grundlæggende ingeniørfaglig viden inden for den pågældende uddannelsesretning baseret på den nyeste udvikling og forskning.	KON	Udføre simple tekniske beregninger, herunder bestemmelse af reaktioner og snitkræfter indenfor statisk bestemte systemer (3) Dimensionere trækstænger i træ og stål, og bjælker i træ, stål og armeret beton (3)



1.3. Retningspecifik videregående ingeniør- faglig viden	1.3 besidder specialiseret ingeniørfaglig viden inden for den pågæl- dende uddannelses- retning baseret på den nyeste udvikling og forskning.	HAL-T3	Vurdere den konstruktive og statiske opbygning, samt vurdere sandsynlige lastkombinationer (5) Udforme og dimensionere konstruktionselementerne i stål, træ og beton (4) Udforme og dimensionere konstruktionssamlingerne i stål, træ og beton (4) Redegøre for principperne for sikkerhed, last og funktionskrav til bærende konstruktioner (2) Bestemme snitkræfter og deformationer for enkle statisk ubestemte konstruktioner efter elasticitetsteori (3) Bestemme momenter efter flydeledsmetoden i enkle statisk ubestemte konstruktioner (3) Anvende plasticitetsteori ved udformning og beregning af skiver, plader, bjælker og samlinger i beton og stål (3)
<b>2. Personlige og professionelle kompetencer</b>			
2.1 Ingeniørfaglig problem- løsning og modellering	2.1.1 kan selvstændigt omsætte tekniske forskningresultater samt naturvidenskabelig og teknisk viden til praktisk anvendelse ved udviklingsopgaver og ved løsning af ingeni- ørmæssige problemer. 2.1.2 kan kortlægge, afgrænse og beskrive problemstil- linger. 2.1.3 kan vælge og anvende relevante analysemeto- der og redegøre herfor. 2.1.4 kan vurdere modelanta- gelse samt vælge og anvende relevante modellerings- og simuleringsmetoder og redegøre herfor. 2.1.5 kan ud fra et helheds- perspektiv foretage estimer og kvalitative ræsonnementer.	INF-2  INF-PRO  JGV-T3  INF-2	Dimensionere og projektere løsninger (4)  Beskrive og afgrænse det valgte projektemne (3)  Planlægge, opbygge og gennemføre kørsel af en grundvandsmodel (3) Reflektere over og begrunde valg af løsninger (4)  Udarbejde enkle strategiske miljøvurderinger (4)

	2.1.6 kan håndtere usikker og ufuldstændig information. 2.1.7 kan udføre relevant og kritisk informations- søgning og anvende fagrelevante informationskilder.	DIP-B  DIP-B	Demonstrere indsigt i planlæg- ningens betydning for infrastruk- turudvikling og byudvikling (4)  Redegøre for afgangprojektets dokumentation (2)
2.2 Eksperimentelle metoder	2.2.1 kan ud fra en induktiv tilgang designe og opstille eksperimenter, udvælge målemetoder og gennemføre målinger, herunder dataopsamling. 2.2.2 kan foretage test af hypoteser og bearbejd- ning af måledata.		
2.3 Systemorienteret analyse	2.3.1 kan analysere komplekse problemstillinger ud fra en helhedsorienteret og tværfaglig tilgang i løsningen af konkrete tekniske problemstillinger. Dette omfatter alle faser fra problemidentifikation, idéudvikling og kravspeci- fikation, over design, optimering og implemen- tering til egentlig produk- tion og ibrugtagning. 2.3.2 kan arbejde systematisk og helhedsorienteret ved løsning af konkrete, tekniske problemstillinger.	INF-PRO  DIP-A  DIP-B	Begrunde valg af løsninger (4)  Udarbejde, analysere og begrunde valg af løsninger (4)  Se pkt. 2.4
2.4 Fleksibilitet og selvledelse	2.4.1 kan udvise initiativ og fleksibilitet i opgave- løsningen. 2.4.2 kan arbejde selvstæn- digt og målrettet. 2.4.3 kan overskue og prioritere opgaver. 2.4.4 kan udvise kreativ og kritisk tænkning. 2.4.5 kan tage ansvar for egen læring og fortsatte kompetenceudvikling.	DIP-B  IPR	Udføre og redegøre for et projekt indeholdende en række faser og med en gradvis højere detalje- ringsgrad (3) Opstille, analysere og begrunde valg af løsninger (4) Redegøre for eget arbejde i diplom- ingeniørprojektets planlægning og gennemførelse samt for projektets dokumentation (3) Reflektere over og vurdere diplomingeniørprojektet og dets elementer af nytænkning (5) Redegøre for egne arbejdspro- cesser i forhold til byggeriets eller anlægsarbejds faseforløb (2)

2.5 Professionelle færdigheder og holdninger	2.5.1 kan vurdere og vælge teknologiske løsninger ud fra bæredygtighedsprincipper og professionens etiske principper.	IEV-T3	Opstille bæredygtige funktionskrav for et udvalgt bygningsprojekt ud fra tekniske, arkitektoniske og miljømæssige forhold (4-5) Analysere, vurdere og beregne klimaskærmens indflydelse på energiforbrug og indeklima (5) Analysere og vurdere fordele og ulemper ved udvalgte materialer i forhold til egenskaber og livscyklus samt kunne anvende disse materialer ved projektering af klimaskærms-detajler (4) Reflektere over og begrunde valg af løsninger (4) Reflektere over og vurdere diplomingeniørprojektet og dets elementer af nytænkning (5)
	2.5.2 har kendskab til professionens faglige udvikling og relevante forskningsresultater nationalt og internationalt.	DIP-B	
<b>3. Sociale færdigheder</b>			
3.1 Samarbejdsevne	3.1.1 kan indgå i samarbejds- og ledelsesmæssige funktioner og sammenhænge på et kvalificeret grundlag sammen med mennesker, der har forskellig uddannelsesmæssig, sproglig og kulturel baggrund.	BYG-1 + INF-1 + BYG-2	Redegøre for og reflektere over anvendelse af personlige og mellemmenneskelige kompetencer (2-3)  Udføre og redegøre for et sammenhængende projekt, med præsentation af oversigt og detaljer, samt tidsplan for gennemførelse og samfundsøkonomiske konsekvenser (4)
	3.1.2 er i stand til at strukturere et større arbejde, herunder overholde tidsplaner, organisere og planlægge arbejdet.	BYG-PRO + INF-PRO	
3.1.3 kan samarbejde på tværs af fagligheder.			
3.2 Kommunikative færdigheder	3.2.1 kan argumentere for og formidle tekniske problemstillinger, analyser og løsninger skriftligt og mundtligt. 3.2.2 kan målrette kommunikation til forskellige målgrupper.	INF-PRO	Dokumentere det udførte arbejde i rapport inkl. visualisering (2)

3.3 Sproglige færdigheder	3.3.1 behersker et teknisk fagsprog på dansk og engelsk og kan læse relevant teknisk litteratur på begge sprog.	JGV. + to- sprogede kurser, fx MSU-T2	Genkende og anvende fagtermer (1 og 3) Redegøre for gruppens samarbejde med særlig fokus på interaktion med udenlandske studerende (4)
<b>4. Professionsrettede kompetencer</b>			
4.1 Samfundsforståelse	4.1.1 kan inddrage samfunds- mæssige, økonomiske, miljø- og arbejdsmiljø- mæssige konsekvenser i løsningen af ingeniør- mæssige opgaver.	INF-PRO	Udføre og redegøre for et sammenhængende projekt, med præsentation af oversigt og detaljer, samt tidsplan for gennemførelse og samfunds- økonomiske konsekvenser (4)
4.2 Forretningsforståelse og entrepreneurship	4.2.1 kan udøve professionen i forhold til organisatoriske, økonomiske og juridiske rammer.	LES	Gøre rede for helheden af byggesagens faseforløb, dens processer, dokumenter og digitale redskaber (3)
	4.2.2 kan anvende viden innovativt.  4.2.3 har viden om grundlægende forretningsøkonomi i praksis og kan foretage overslagsbetragtninger.	BIHK  BBF-T2	Udarbejde en handlingsplan for hvordan en institution som IHK i 2050 kan blive en bæredygtig institution uden afbrænding af fossile brændstoffer (4) Udarbejde et projekt med de valgte løsninger, med tekniske og økonomiske løsningsforslag (4)
4.3 Begrebsdannelse og systemforståelse ("Conceive")	4.3.1 er i stand til at omforme et problemkompleks til en relevant og dækkende ingeniørfaglig problemformulering. 4.3.2 kan inddrage flerfaglig viden og forskellige perspektiver til at analysere systemer og systematiske sammenhænge.	BBF-T2	Opstille og analysere mulighederne for et eksisterende byggeri kan ændres, således at bygningens indretning og forventede resurseforbrug opfylder nutidige og fremtidens krav (4)
		BIM-T2	Udføre et projekt i tværdisciplinært samarbejde med andre faggrupper (4)

	<p>4.3.3 kan planlægge, realisere og styre tekniske og teknologiske anlæg og projekter samt projektere systemer, konstruktioner, anlæg og elementer som del af en større helhed.</p> <p>4.3.4 kan udføre livscyklusanalyser og cost-benefit analyser.</p>	VAT-T2	Planlægge, udføre og redegøre for et varmeanlæg herunder produktion af varmt brugsvand og anvendelse af solvarme (3)
		BIHK-U5	Anvende de grundlæggende bæredygtighedsbegreber som C2C, livscyklusanalysemetoder m.v. (3)
4.4 Systemdesign ("Design")	<p>4.4.1 kan anvende viden om metoder til kravspecifikationer, designprocesser og bæredygtigt design til at designe løsninger på ingeniørmæssige problemer med fokus på brugere.</p> <p>4.4.2 Kan opstille modeller, simulere og teste.</p> <p>4.4.3 kan dokumentere sit arbejde</p>	BIHK-U5	Afholde en energisparkampagne for en virksomhed som IHK, og undersøge brugeradfærd indflydelse på forbruget. (4)
		JGV-T3	Planlægge, opbygge og gennemføre kørsel af en grundvandsmodel (3)
		INF-PRO	Dokumentere det udførte arbejde i rapport inkl. visualisering (3)
4.5 Implementering af systemer (retnings-specifikke) ("Implement")	<p>4.5.1 kan planlægge og implementere løsninger under hensynstagen til kvalitetsstyring og ressourcer.</p> <p>4.5.2 kan udvælge og foreskrive produktionsmetoder.</p> <p>4.5.3 kan anvende computersystemer til styring, kontrol og overvågning af processer.</p>	PLU-T3	Anvende kvalitetssikring i udførelsesfasen (3)
		BRO-T3	Analysere og vurdere forskellige brotyper under hensyntagen til anvendelse, fysiske betingelser, statisk virkemåde og udførelsesmetoder (5)
		VAT-T2	Analysere, vurdere og dimensionere brokonstruktioner i armeret beton og forspændt beton. Begrunde valget (5) Planlægge, udføre og redegøre for anlæggenes regulering, styring og drift (4)
4.6 Drift af systemer (retnings-specifikke) ("Operate")	<p>4.6.1 kan analysere drift af systemer med henblik på optimering.</p> <p>4.6.2 kan udforme instruktioner i betjening og anvendelse af produkter og systemer ud fra et brugersynspunkt.</p> <p>4.6.3 kan vurdere bæredygtighed.</p>	JBA-T	Analysere og vurdere eksisterende jernbaneanlæg i forhold til vedligehold og fornyelse (5)
		IEV-T3	Opstille bæredygtige funktionskrav for et udvalgt bygningsprojekter ud fra tekniske, arkitektoniske og miljømæssige forhold (4)
		IEV-T3	Analysere og vurdere fordele og ulemper ved udvalgte materialer i forhold til egenskaber og livscyklus (samt kunne anvende disse materialer ved projektering af klimaskærms-detajler) (4)

Kursuskode	Kursusnavn	Placering i uddannelsen
JGV	Jord Geologi Vand	1. semester
BYG-1	Lavt Bolig Byggeri	1. semester
KON	Bærende konstruktioner	2. semester
INF-1	Infrastruktur 1	2. semester
BYG-2	Erhvervsbyggeri	3. semester
BYG-PRO	Projekt Større Byggeri	3. semester
INF-2	Infrastruktur 2	4. semester
INF-PRO	Projekt Infrastruktur	4. semester
LES	Ledelse og Styring	4. semester
IPR	Ingeniørpraktik	5. semester
DIP-A	Diplomingeniørprojekt A	6. semester
HAL-T3	Halkonstruktioner og statisk ubestemte konstruktioner	6. eller 7. semester
MSU-T2	Miljøplanlægning, spildevand, udland	6. eller 7. semester
JGV-T3	Jord, grundvand, vandforsyning	6. eller 7. semester
IHK-U5	Bæredygtig udvikling og design	6. eller 7. semester
JBA-T	Jernbanebygning	6. eller 7. semester
BRO-T3	Brobygning og betonkonstruktioner	6. eller 7. semester
PLU-T3	Procesplanlægning og Ledelse i Udførelsesfasen	6. eller 7. semester
VAT-T2	Varmeteknik	6. eller 7. semester
BIM-T2	Building Information Modeling	6. eller 7. semester
BBF-T2	Bæredygtig bygningsfornyelse	6. eller 7. semester
IEV-T3	Integreret Energidesign og Ventilation	6. eller 7. semester
DIP-B	Diplomingeniørprojekt B	7. semester

**Tabel 1:** Eksempler på læringsmål med progression inden for CDIO syllabus kategori 1 hhv. 2 + 3 + 4.



Bilag D

## Kompetencematricen: eksempler og modeller

### Eksempler

Nedenfor er vist to eksempler på kompetencematricer, som er udfyldt og brugt i forbindelse med udvikling af to forskellige uddannelsesretninger.

**Eksempel 1.** I det første eksempel (se figur 9 side 72) fokuseres på faglige kernekompetencer. Matricen bruges som led i planlægningen af den nye uddannelsesretning ”Fødevareanalyse”, som havde første optag af studerende i 2011. Den dækker kompetencer, der ligger inden for CDIO Syllabus kategori 1.2 (Retningsspecifik grundfaglig kerneviden) og 1.3 (Retningsspecifik videregående viden). I matricen sondres ikke mellem kategorierne 1.2 og 1.3, hvorfor de er slået sammen i ”x” (1.x1, 1.x.2 etc.). Matricen giver et overblik over, hvor i uddannelsen de enkelte kompetencer adresseres, og i hvilken grad.

Som en pendant til oversigten over taksonomiske niveauer (se figur 8 side 61), hvor progressionen går fra bund til top, er det første semester lagt i bunden af matricen, og de senere semestre placeret ovenpå. Farvekoderne hjælper til at anskueliggøre progressionen i udviklingen af de kompetencer, som indgår i CDIO Syllabus kategori 1.2 og 1.3. Farvekoderne er støttet af tal, der refererer til de taksonomiske niveauer. Matricen rummer alle semestre i uddannelsen,

inkl. praktikforløb og afgangprojekt, men ikke alle elementer er udfyldt endnu, da uddannelsen stadig er under opbygning. Det ses at de laveste taksonomiske niveauer dominerer de første semestre, mens højere niveauer findes på de senere semestre. Matricen kan bl.a. bruges til at koordinere de enkelte kursers bidrag til hvert af de faglige områder, samt til at diskutere og justere ambitionsniveauet for de enkelte kurser og den samlede uddannelse.

**Eksempel 2.** Dette eksempel (se figur 10 side 73) viser en kompetencematrix, som blev udfyldt som led i planlægningen af CDIO-implementering på Bygningsdesign-retningen i 2008. Her kortlægges de obligatoriske dele af retningen, som fortrinsvis ligger i de fire første semestre.

Matricen giver et overblik over, hvor i uddannelsen de enkelte kompetencer adresseres, og i hvilken grad. Farvekoderne hjælper til at anskueliggøre progressionen i udviklingen af de kompetencer, som indgår i CDIO Syllabus kategori 2, 3 og 4. Det ses umiddelbart, at de lavere taksonomiske niveauer dominerer i de første semestre, mens de højere niveauer er fremtrædende senere i uddannelsen.

I begge eksempler bruges farver og tal på følgende måde:

### Farvekodning for læringsniveauer:

Intet bidrag	Vide (kende til)	Forstå	Anvende	Analysere og konstruere	Vurdere (professionelt)
0	1	2	3	4	5

Eksempel 1:

	1.x.1	1.x.2	1.x.3	1.x.4	1.x.5	1.x.6	1.x.1	1.x.2	1.x.3	1.x.4	1.x.5	1.x.6
<b>Forventet slutniveau:</b>	3	4	3	2	2	3	Viden om kostindtag og ernæring					
<b>6. sem.</b>	Risikoanalyse & modellering	3	4	0	2		1	Risikoanalyse				
	Toksikologi	2	4	0	0		1	Laboratoriesikkerhed				
	Valgfrit projekt							Analyseteknik (Mikrobiologisk)				
<b>5.</b>	Praktik							1.x.5	Analyseteknik (Kemisk-Toksikologisk)			
	Forvaltningsret (290019)	0	1	0	0	0	0					
<b>4. semester</b>	Videnskabsteori (270076)	0	0	0	0	0	0					
	Råvarekvalitet (270072)	2	2	0	1	1	2(3)					
	Mikrobielle interaktioner (240024)	0	3	0	1	0	0					
	Tværfagligt projekt (mikrobio. & hyg.)	3	3	3		2	0					
<b>3. semester</b>	Mikrobiel diversitet	2	2	0	2	0	0					
	Fødevareproduktion råvarer & hygiejne	2	2	0	1	1(2)	2(3)					
	GXP & statistisk processtyring	0	3	3		2	1					
<b>2. semester</b>	Tværfagligt projekt (bioinformatik)	1(2)	2	0	0	2	2					
	Organisk Kemi	0	1	0	0	0	0					
	Biologisk Kemi (23932)	0(1)	1	3	0	0	1					
<b>1. semester</b>	Statistik	0	2	0	0	2	2					
	Diplomat	0	1	0	0	0	1					
	Almen Kemi	0	1	1(2)	0	1	0					
<b>1. semester</b>	Analytisk Kemi (lab. øvelser)											
	Grundkursus (Brød & øl projekt 23901)	1	0	1	1(2)	1(2)	2					

Figur 9: Eksempel på kompetencematrix for faglige kompetencer (= CDIO Syllabus Kategori 1) for uddannelsesretning "Fødevareanalyse", opbygget i forbindelse med planlægningen og udviklingen af uddannelsen.

Eksempel 2:

DTU Syllabus	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6
<b>Afgangsprojekt</b>														
<b>6. semester</b>														
<b>Valgfrit projekt</b>														
<b>Valgfrit kursus</b>														
<b>Praktik</b>														
<b>4. semester</b>														
CDIO-projekt	4		3		3	4					2	4		
11933 Syst. CAD projektering og vis.	4						4	4						
11935 Baggrund for Architectural Eng. 2			3	4	3	4	4					4		
11941 Konstr.udform. 2	4					4	4	4	2			4		
11944 Bygningsdesign, koncertsal	4		3	4		4	4					4	1	
11947 Indeklima, installation, energi 2	4		3		3	4	4	4				4	1	
<b>3. semester</b>														
CDIO-projekt	4		3			3/4					2	3		
10931 Fysik							3	3				3		
11931 Konstr.udform. 1	4		3		2		3		2			3		
11932 Byens rum – den store konstruktion	4		3	4		3/4	3					3		
11933 Syst. CAD projektering og vis.						3							1	
11935 Baggrund for Architectural Eng. 2	4			4	3	4	3					3		
11937 Indeklima, installation, energi 1	4						3	3				3		
Geometri	4						4	4						
<b>2. semester</b>														
CDIO-projekt		3	2	2								2		
01932 Matematik	2						2	2						
11913 CAD, skitsering	2					2								
11915 Baggrund for Architectural Eng. 1		3		2	2	3	2					2		
11921 Konstr.elem. 2	3	3	2			3	2	2			1	2		
11924 Boligbyggeri og bygningsdesign	2/3	3	2	2	2	2/3	2	2	1		1	2	1	
<b>1. semester</b>														
CDIO-projekt		3	2	2										
01931 Matematik	1						1	1				1		
11911 Konstr.elem. 1	2		2			1	1/2	1				1		
11912 Byplan og bydesign	2		2	2		1	1/2	1				1		
11913 CAD, skitsering						1						1		
11915 Baggrund for Architectural Eng. 1	2		2	2	2	1	1/2					1		
11946 Materialeleære		2					1/2	1				1		

Figur 10: Eksempel på kompetencematrix for uddannelsesretning "Bygningsdesign", udfyldt i forbindelse med planlægningen af CDIO-implementering, april 2008.

## Modeller

**Model 1.** Model for kompetencematrix for given uddannelsesretning for CDIO Syllabus Kategori

1-4, nedbrudt på første niveau af underkategorier. Af bilag B – DTU's CDIO Syllabus fremgår hvad underkategorierne dækker.

<b>DTU Syllabus</b>	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6
<b>Bachelor-/afgangsprojekt</b>																	
<b>5./6. semester:</b>																	
Projekt																	
Kursus 1																	
(...)																	
Kursus x																	
<b>Praktik</b>																	
<b>4. semester:</b>																	
Design-Build Projekt																	
Kursus 1																	
(...)																	
<b>3. semester:</b>																	
Projekt																	
Kursus 1																	
(...)																	
<b>2. semester:</b>																	
Projekt																	
Kursus 1																	
(...)																	
<b>1. semester:</b>																	
Design-Build Projekt																	
Kursus 1																	
Kursus 2																	
Kursus 3																	
Kursus 4																	
Kursus 5																	

**Figur 11:** Model for kompetencematrix for CDIO Syllabus Kategori 1-4 for given uddannelsesretning.

**Model 2.** Model for kompetencematrix for given uddannelsesretning for CDIO Syllabus Kategori 1 (Matematisk-naturvidenskabelig og teknisk-ingeniørfaglig viden), nedbrudt i andet niveau af underkategorier. Relevante underkategorier bestemmes for den enkelte uddannelsesretning.

Da kategorierne 1.2 og 1.3 i sig selv repræsenterer en faglig progression fra grundfaglighed til videregående viden, må det forventes, at 1.2 især optræder på uddannelses første semestre, mens 1.3 især findes på de senere semestre og karakteriseres af højere taksonomiske niveauer.

<b>DTU Syllabus</b>	1.1.1	1.1.2	(...)	1.2.1	1.2.2	1.2.3	1.2.4	(...)	1.3.1	1.3.2	1.3.3	1.3.4	(...)
<b>Bachelor-/afgangsprojekt</b>													
<b>5./6. semester:</b>													
Projekt													
Kursus 1													
(...)													
Kursus x													
<b>Praktik</b>													
<b>4. semester:</b>													
Design-Build Projekt													
Kursus 1													
(...)													
<b>3. semester:</b>													
Projekt													
Kursus 1													
(...)													
<b>2. semester:</b>													
Projekt													
Kursus 1													
(...)													
<b>1. semester:</b>													
Design-Build Projekt													
Kursus 1													
Kursus 2													
Kursus 3													
Kursus 4													
Kursus 5													

**Figur 12:** Model for kompetencematrix for CDIO Syllabus Kategori 1, nedbrudt i underkategorier, for given uddannelsesretning.

## Didaktisk model for undervisningsformer

Da de enkelte kurser og projekter har forskellige formål og skal bidrage til, at de studerende udvikler forskellige former for viden, færdigheder og kompetencer, har det afgørende betydning, at undervisningsformen på hvert kursus og projektforsløb er tilrettelagt, så den understøtter det specifikke kursus/projekts indhold og læringsmål. Men hvilken undervisningsform bidrager så mest hensigtsmæssigt til, at de studerende tilegner sig det læringsudbytte, som er målet med det enkelte kursus/projekt?

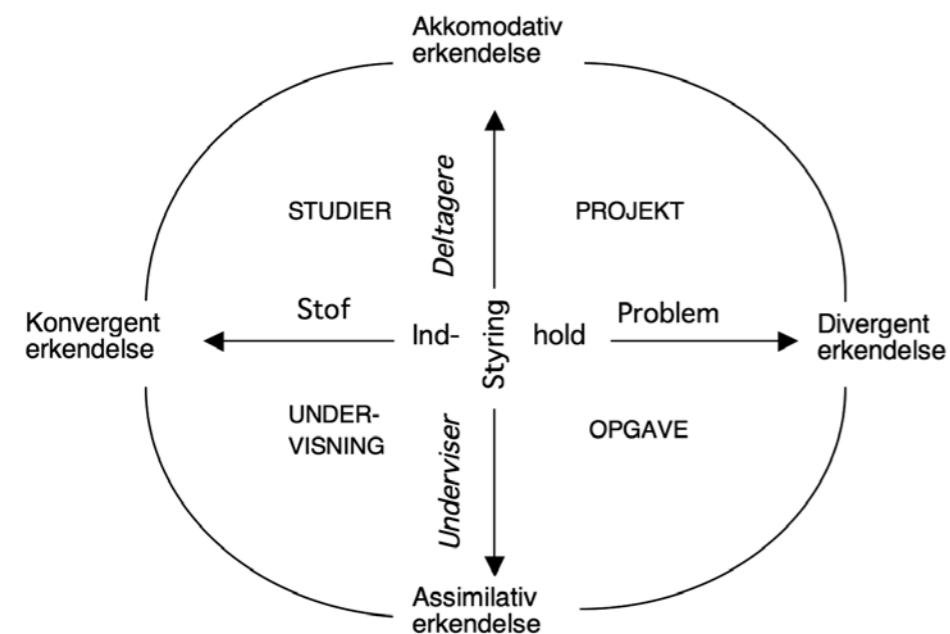
### En didaktisk model for undervisningsformer

Nedenstående didaktiske model viser, hvilke(n) type(r) erkendelsesform(er) forskellige undervisningsformer retter sig mod<sup>7</sup>:

### Fire forskellige erkendelsesformer

For enderne af de to akser i ovenstående model står begreberne assimilativ erkendelse, akkomodativ erkendelse, divergent erkendelse og konvergent erkendelse<sup>8</sup>:

- Assimilative læreprocesser (erkendelse) kendetegner den mest almindelige form for læring i uddannelsessystemet og kaldes også for tilføjende læring. I sin 'rene form' tilføjer og udbygger den studerende det allerede lærte i et roligt og fremadskridende tempo. Læringsudbyttet er typisk en emnemæssig, anvendelsesorienteret viden og færdigheder.
- Akkomodative læreprocesser (erkendelse) kaldes også overskridende læring, fordi der sker en kvalitativ overskridelse af det allerede lærte. Her 'falder 10-øren', og pludselig forstår



Figur 13: Didaktisk model for undervisningsformer.

<sup>7</sup> Illeris, Knud (2011) "Læring", Roskilde Universitetsforlag, side 257.

<sup>8</sup> Illeris, Knud (2011) "Læring", Roskilde Universitetsforlag

den studerende, hvordan noget hænger sammen. Læringsudbyttet kan relateres til begreber som refleksion og kritisk tænkning. Akkomodative læreprocesser er dermed en form for læring, der har stor betydning for moderne forståelser af kompetencebegrebet.

De to begreber divergent og konvergent erkendelse stammer fra amerikansk intelligens- og kreativitetsforskning<sup>9</sup>:

- Divergent (mangefoldig) erkendelse refererer til at idéudvikle, at være kreativ, at tænke i helheder og at udvikle færdigheder i problemløsning.
- Konvergent (entydig) erkendelse betyder at fokusere på et bestemt output givet et bestemt input, dvs. fokus er på at lære bestemte fremgangsmåder for at kunne løse et problem.

### Styring af læringsaktiviteterne – underviser vs. deltager

Den lodrette akse i modellen viser en skelnen mellem, hvem der i den daglige praksis styrer læringsaktiviteterne:

- Det kan enten være traditionel undervisning, hvor det mere eller mindre er underviseren, som alene bestemmer det faglige indhold, og hvordan det skal behandles.
- Eller det kan være deltagerne, dvs. de studerende og underviseren i fællesskab, der styrer, hvad der skal være indholdet i læringsaktiviteterne, samt arbejdsformerne.

### Indhold – en fagorienteret vs. problemorienteret tilgang

Den vandrette akse i modellen viser en skelnen mellem en fagorienteret tilgang og en problemorienteret tilgang. Med udgangspunkt i disse to tilgange kan der udstikkes nogle generelle didaktiske retningslinjer for tilrettelæggelse af undervisning<sup>10</sup>:

- En fagorienteret tilgang indebærer, at aktiviteten er centreret omkring et fags faglige indhold, eller at den tværfagligt bevæger sig inden for rammerne af flere fagområder. Denne tilgang er primært egnet til at udvikle læringsudbytte som viden, færdigheder og (metode)forståelse.

- En problemorienteret tilgang betyder, at aktiviteten er centreret omkring en problemstilling, hvor det er perspektiverne på problemstillingen og løsningsforslagene, der definerer det faglige indhold. Denne tilgang er især egnet til at udvikle viden, færdigheder, (metode)forståelse og personlige egenskaber som fx selvstændighed, fleksibilitet og samarbejdssevne, som indgår i moderne forståelser af kompetencebegrebet.

### Opsummering på den didaktiske model

Pointen med ovenstående model er ikke at fremhæve én undervisningsform frem for andre. Pointen er derimod at skabe blik for, at undervisningen tilrettelægges på netop den måde, som understøtter det specifikke kursus/projekts formål - og på den måde undgå, at undervisningsformen primært tilrettelægges som traditionel underviserstyret gennemgang af stoffet. Tilrettelæggelsen af en samlet uddannelse bør ske med udgangspunkt i en vekselvirkning mellem assimilative og akkomodative læreprocesser. Modellen skitserer fire forskellige undervisningsformer, der på grundlag af bestemte måder at kombinere indhold i undervisningen og styring af læringsaktiviteterne fremmer forskellige erkendelsesformer og læringsudbytte<sup>11</sup>

- Vælges kombinationen underviserstyring og problemorientering er der typisk tale om den undervisningsform, som bedst kendes som opgaver. Denne undervisningsform fremmer primært divergent og assimilativ erkendelse og bidrager fortrinsvis til, at studerende forøger deres emneorienterede viden og udvikler færdigheder inden for (kreativ) problemløsning.
- Vælges kombinationen underviserstyring og fagorientering er der typisk tale om den undervisningsform, som bedst kendes som undervisning. Denne undervisningsform fremmer primært konvergent og assimilativ erkendelse og bidrager fortrinsvis til, at studerende forøger deres emneorienterede viden, metodeforståelse og udvikler færdigheder med hensyn til at beherske bestemte fremgangsmåder.

<sup>9</sup> Illeris, Knud (2011) "Læring", Roskilde Universitetsforlag, side 70.

<sup>10</sup> Illeris, Knud (2011) "Læring", Roskilde Universitetsforlag

<sup>11</sup> Illeris, Knud (2011) "Læring", Roskilde Universitetsforlag, side 258.

- Vælges kombinationen deltagerstyring og fagorientering er der typisk tale om den undervisnings-form, som bedst kendes som studier. Denne undervisningsform fremmer primært konvergent og akkomodativ erkendelse og bidrager fortrinsvis til, at studerende forøger deres emneorienterede viden, metode forståelse og udvikler deres kompetencer i form af refleksion og kritisk tænkning.

- Vælges kombinationen deltagerstyring og problemorientering er der typisk tale om den undervisningsform, som bedst kendes som projekter. Denne undervisningsform fremmer primært divergent og akkomodativ erkendelse og bidrager fortrinsvis til, at studerende udvikler deres viden, evne til kreativ problemløsning og kompetencer som selvstændighed, samarbejdsevne, refleksion og kritisk tænkning.

Her kan du læse mere om undervisnings- og eksamensformer, der understøtter aktiv læring:

- Phil Race: The Lecturer's Toolkit. Routledge 2008
- Thomas A. Angelo & K. Patricia Cross: Classroom assessment techniques. Jossey-Bass 1993
- John Biggs & Catherine Tang: Teaching for Quality Learning at University. McGraw Hill 2007
- Edward Crawley et.al.: Rethinking Engineering Education. The CDIO Approach. Springer 2007
- Peter Goodhew: Teaching Engineering, CORE-Materials 2010  
– <http://core.materials.ac.uk/search/detail.php?id=3226>
- Knus Illeris: Læring. Roskilde Universitetsforlag 2011
- Hanne Leth Andersen & Jens Tofteskov: Eksamen og eksamensformer. Samfundslitteratur 2008

Bilag F

## Forskellige eksamensformers styrker og svagheder

Nedenfor fremgår en oversigt over de forskellige eksamensformers anvendelsesmuligheder og deres generelle styrker og svagheder (modificeret efter Leth Andersen & Tofteskov 2008).

Det skal dog bemærkes, at de fleste af nedenstående eksamensformer findes i en mangfoldighed af forskellige variationer.

Eksamensform	Mest oplagt til at bedømme	Styrker/ svagheder	Øvrige bemærkninger
Mundtlig eksamen med træk af spørgsmål	<ul style="list-style-type: none"> <li>• studerendes viden og forståelse indenfor et emneområde</li> <li>• analytisk evne med udgangspunkt i skriftligt materiale</li> <li>• mundtlig formidlings-evne</li> <li>• evne til at diskutere og argumentere</li> </ul>	<p><i>Styrker:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• eksamen kan blive en del af læreprocessen</li> <li>• muligt at uddybe spørgsmål</li> </ul> <p><i>Svagheder:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• er forbundet med held og tilfældighed, især hvis spørgsmålene ikke er kendt i forvejen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mundtlig formidling bør trænes i undervisningen</li> <li>• stiller krav om trænedede eksaminatorer</li> <li>• stiller store krav til formulering af gode og præcise eksamensspørgsmål</li> <li>• er ofte mere disciplinorienteret end problemorienteret</li> </ul>
Skriftlig stedprøve (med eller uden hjælpemidler)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• viden (og til dels forståelse) og evne til at skabe overblik under tidspres</li> <li>• evne til at prioritere tiden</li> <li>• analytisk evne med udgangspunkt i skriftligt materiale</li> <li>• skriftlig formidlings-evne</li> </ul>	<p><i>Svagheder:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• afspejler ikke en autentisk arbejdsproces på et job (hvis der ikke må bruges hjælpemidler)</li> <li>• lægger ikke vægt på evne til at udvælge stof</li> <li>• forståelse i matematisk-naturvidenskabelige fag testes ikke altid. Ofte er fokus primært på brug af formler.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stiller store krav til formulering af gode og præcise eksamensspørgsmål</li> <li>• er typisk mere disciplinorienteret end problemorienteret</li> </ul>
Skriftlig hjemmeopgave (se dog også under casebaseret eksamen og projekteksamen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• viden og forståelse</li> <li>• skriftlig formidlings-evne</li> <li>• analytisk evne</li> <li>• evne til at strukturere, diskutere og argumentere</li> </ul>	<p><i>Styrker:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• giver mulighed for større fordybelse end ved skriftlige stedprøver</li> <li>• lægger vægt på evne til at udvælge stof</li> </ul> <p><i>Svagheder:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• især hvis målet er at teste paratviden, er der risiko for snyd</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• eksamensformen er meget lig en professionel ingeniørs arbejdsbetingelser</li> </ul>



Eksamensform	Mest oplagt til at bedømme	Styrker/ svagheder	Øvrige bemærkninger
Multiple choice	<ul style="list-style-type: none"> <li>kan teste grundlæggende paratviden, men også mere grundlæggende forståelse</li> </ul>	<p><i>Styrker:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>høj reliabilitet (afhænger dog af, at der er nok svarmuligheder, så sandsynligheden for at gætte sig til en høj karakter er lille)</li> </ul> <p><i>Svagheder:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>kan være vanskeligt at teste på et højt taksonomisk niveau</li> <li>manglende mulighed for den studerende for at kunne uddybe sine svar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>stiller store krav til design af testen</li> <li>stiller store krav til formulering af gode og præcise eksamensspørgsmål</li> </ul>
Portfolio (en samling af den studerendes arbejde over tid, som har til formål at vise progressionen i den studerendes læring)	<ul style="list-style-type: none"> <li>viden og forståelse indenfor forskellige områder og evnen til at reflektere</li> <li>evne til at bedømme eget arbejde</li> <li>evne til informationsindsamling, udvælgelse og fortolkning</li> </ul>	<p><i>Styrker:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>eksamen kan blive en del af læreprocessen</li> <li>har potentiale til at bygge bro mellem teori og praksis</li> <li>delafleveringer kan sikre, at alle væsentlige temaer inden for et stort stofområde berøres i portfolioen</li> <li>de studerendes arbejdsindsats spredes ud over et længere forløb</li> </ul> <p><i>Svagheder:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>risiko for stor arbejdsbyrde for eksaminator og censor. Eksamen bør derfor kun bestå af et udsnit af delafleveringerne.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>den studerendes aflevering af opgaver kan suppleres af en obligatorisk refleksion over læreprocessen</li> <li>lægger vægt på refleksion, sammenligning og vurdering</li> <li>kan foregå individuelt eller i grupper</li> </ul>
Casebaseret eksamen	<ul style="list-style-type: none"> <li>evnen til at identificere, analysere og løse en problemstilling inden for mere eller mindre bundne faglige sammenhænge</li> <li>evne til at anvende teori og metode</li> </ul>	<p><i>Styrker:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>afspejler autentiske problemstillinger</li> <li>giver mulighed for at vurdere på mellem og højt taksonomisk niveau (anvende og vurdere), hvis casen er problemorienteret</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>er typisk problemorienteret</li> <li>en caseopgave er typisk tidsmæssigt kortere end et projekt</li> <li>kan foregå individuelt eller i grupper</li> </ul>

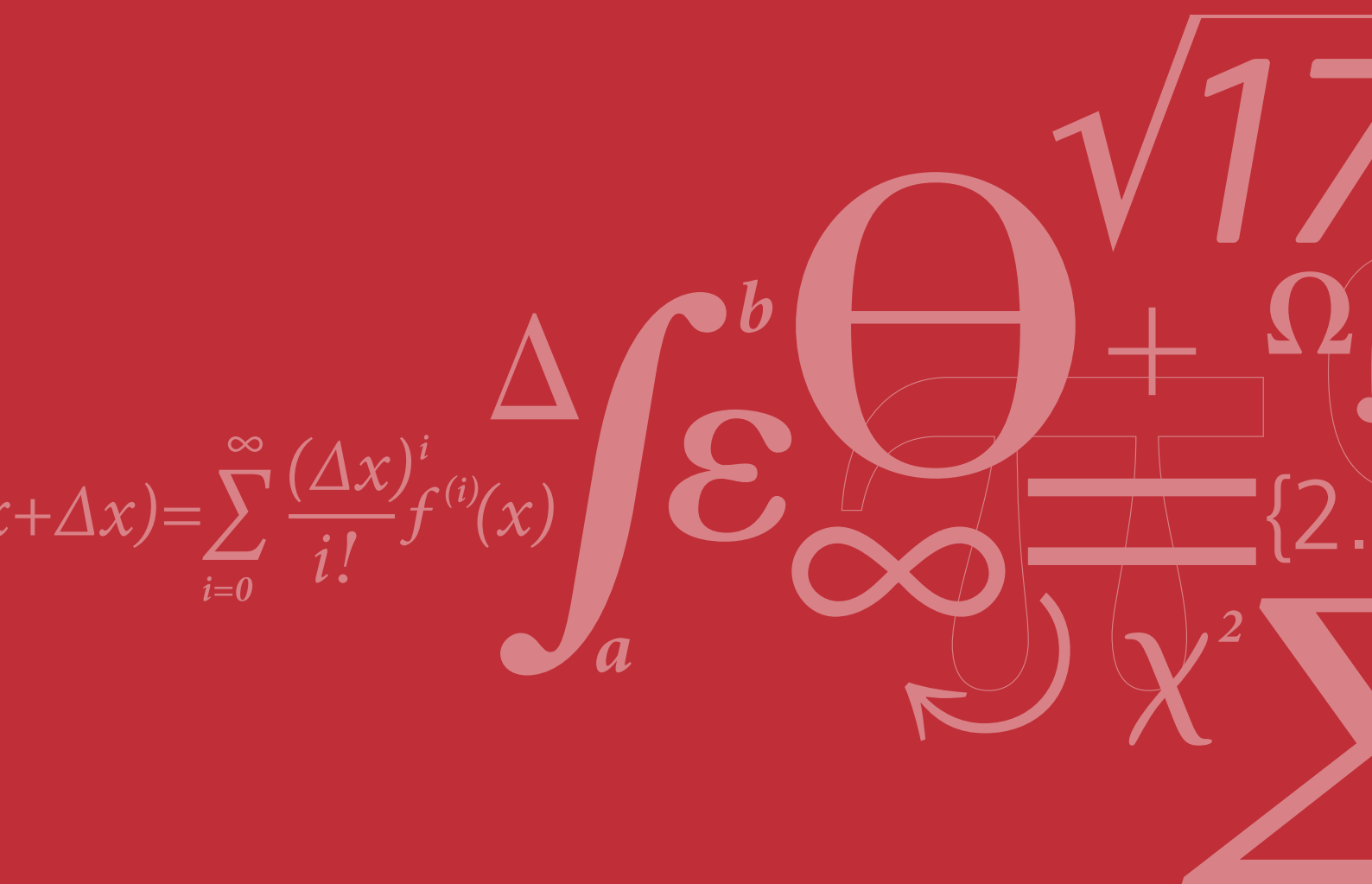
Eksamensform	Mest oplagt til at bedømme	Styrker/ svagheder	Øvrige bemærkninger
Projekter og projekt-eksamen (typisk aflevering af et produkt efterfulgt af en mundtlig eksamen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>kan teste grundlæggende viden</li> <li>evne til at formulere en problemstilling</li> <li>evne til at anvende teori og metode</li> <li>evne til at analysere og løse en problemstilling</li> <li>evne til refleksion og kritisk stillingtagen</li> <li>selvstændighed ift. at kunne udvælge stof</li> <li>evne til samarbejde (hvis projektet udarbejdes af flere)</li> <li>evne inden for projektledelse</li> <li>evne til skriftligt og mundtligt at formidle sit projekt</li> </ul>	<p><i>Styrker:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>afspejler en autentisk arbejdsproces på et job</li> <li>eksamen kan blive en del af læreprocessen</li> <li>giver mulighed for at vurdere på mellem og højt taksonomisk niveau (anvende og vurdere), hvis projektet er problemorienteret</li> </ul> <p><i>Svagheder:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>risiko for 'free-riders'</li> <li>ingen garanti for tilegnelse af viden og færdigheder som traditionelt betragtes som grundlæggende og obligatoriske for en disciplin eller et fag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>er typisk problemorienteret</li> <li>understøtter tværfaglighed</li> <li>udarbejdes typisk af en gruppe</li> <li>kræver tydelig beskrivelse af rammerne for projektet</li> <li>åbner mulighed for at inkludere innovation og entrepreneurship i læringsmålene</li> <li>det kræver en trænet eksaminator og censor for at kunne synliggøre individuelle kompetencer i en gruppesammenhæng med henblik på at kunne give en individuel bedømmelse</li> <li>projektarbejde skal suppleres med andre undervisningsformer for også at sikre tilegnelse af en grundlæggende faglighed</li> </ul>

## Fælles mindset: Hvad de nye studerende skal udvikle gennem det første studieår - fokuspunkter

Elementer	Hvad indebærer det?
Begejstring og gå-på-mod	At turde kaste sig ud på dybt vand, arbejde med åbne problemstillinger og tilegne sig ny og ukendt viden. Engagement.
Kreativ problemløsning	At identificere, indkredse og formulere et problem, som kan løses ingeniørmæssigt. At kunne se sammenhængen mellem det man lærer i forskellige kurser. At løse en problemstilling med ingeniørkunstens værktøjer, i en kreativ syntese af forskellige fagdiscipliner. At finde/vælge den løsning, der er optimal i forhold til de givne kriterier / forudsætninger / ressourcer.
Refleksion	Kritisk stillingtagen og etiske overvejelser. At vide at der ikke altid kun er én måde at løse et problem - og dermed heller ikke altid kun ét facit.
Teamwork	At indgå konstruktivt i et gruppearbejde og forstå og bruge egne og andres kompetencer. Være åben for forskellighed. At indgå i en arbejdsdeling. At give feedback på andres arbejde.
Prioritering	At prioritere og løse problemer, når der er begrænsninger - f.eks. begrænset tid eller begrænsede ressourcer. At bruge tid på studiet!
Personlig attitude	At tage ansvar for egen læring, at planlægge og strukturere sit arbejde og "at lære at lære selv". At byde ind i forhold til andre, bidrage til gruppearbejde o.l. At sætte sig ind i studiets rammer, regler og processer. At være stolt over at være studerende på DTU. At kunne se sig selv løse de multifacetterede problemer, verden vil give.
Dit eget bud...	Et syvende fokuspunkt som du selv kan vælge i tillæg til ovenstående.

**Tabel 2:** Hvad de nye studerende skal udvikle gennem det første studieår - fokuspunkter.





DTU Ballerup Campus  
 Lautrupvang 15  
 2750 Ballerup  
 TLF: +45 44 80 50 88

DTU Lyngby Campus  
 Anker Engelunds Vej 1  
 Bygning 101  
 2800 Kgs. Lyngby  
 TLF: +45 45 25 25 25

[www.dtu.dk](http://www.dtu.dk)

Håndbog for CDIO på DTU's diplomingeniøruddannelse  
 © DTU Januar 2013  
 Grafisk tilrettelæggelse: We Love People  
 ISBN 978-87-985272-5-1