



Kapitel 5. Engineering-kompetencer

Dette kapitel handler om de engineering-kompetencer, som eleverne tilegner sig, når de arbejder med en engineering-udfordring. Vi uddyber, hvordan denne læring i høj grad træner elevernes naturfaglige og matematiske kompetencer.

Engineering-didaktikken består af følgende kapitler:

- Kapitel 1. Læsevejledning
- Kapitel 2. Engineering - en faglighed i skolen
- Kapitel 3. Engineering i STEM
- Kapitel 4. Engineering - hvad er det?
- Kapitel 5. Engineering-kompetencer**
- Kapitel 6. Modellering i engineering
- Kapitel 7. Den gode engineering-udfordring
- Kapitel 8. Lærers rolle, stilladsering og evaluering
- Kapitel 9. Design et engineering-forløb
- Kapitel 10. Engineering og andre undervisningstilgange

Du kan finde alle kapitler på engineeringiskolen.dk

Engineering i skolen – hvad, hvordan, hvorfor

Revideret udgave, 2022, 1. udgave, 2. oplag

Forfattere: Suzie Auner, Peer Schrøder Daugbjerg, Keld Nielsen, Simon Olling Rebsdorf, Martin Krabbe Sillasen og Mads Joakim Sørensen

Redaktion: Martin Krabbe Sillasen og Mads Joakim Sørensen

Grafik & layout: Grethe Kofoed og Anne Dorte Spang-Thomsen

ISBN: 978-87-994359-5-1

Didaktikken udgives af Engineer the Future og VIA University College i samarbejde med Københavns Professionshøjskole og Astra.

Didaktikken er revideret og udgivet med støtte fra VILLUM FONDEN under Engineering i skolen.

Tak til lærerne Anna Hermannsen, Per Milling, Lotte Kold Thorup, Nina Gjetterman og Hanne Grøn for afprøvning og feedback under arbejdet med at revidere engineering-didaktikken og for at bidrage med eksempler fra egen engineering-praksis.

Tak til læreruddannere på professionshøjskolerne for frugtbare diskussioner, der har bidraget til at kvalificere engineering-didaktikken.

5. Engineering-kompetencer

Dette kapitel beskriver, hvilke engineering-kompetencer eleverne træner og udvikler, når engineering er en del af undervisningen, både i monofaglige og tværfaglige sammenhænge. Engineering-kompetencer relaterer sig til og viser sammenhænge mellem de eksisterende kompetenceområder i matematik og naturfagene (biologi, fysik/kemi, geografi og natur/teknologi) jf. Fælles Mål.

Formålet med at beskrive "nye" engineering-kompetencer er at tydeliggøre, hvilke fagspecifikke kompetencer eleverne har mulighed for at træne i hver af de syv engineering-

delprocesser (beskrevet i kapitel 4), samt at udarbejde en fælles og forsimplet kompetenceramme for det tværfaglige samarbejde mellem matematik og naturfagene.

Relevansen af engineering-kompetencer forstærkes yderligere, fordi problembaseret undervisning som fx engineering giver eleverne mulighed for at udvikle kompetencer gennem handlinger, når de i gruppearbejde anvender deres faglige viden og færdigheder på at finde løsninger på autentiske problemstillinger.

5.1 Hvad er engineering-kompetencer?

Styrken ved at arbejde med engineering-faglighed i skolen er brugen af faglig viden og færdigheder i konkrete forbedringsprocesser. Det er integrationen af praktiske, konstruktive og forbedrende elementer, som adskiller engineering fra anden problembaseret undervisning. Dette peger på, at relevante engineering-kompetencer handler om at have *færdigheder* til at handle og *viden* til at kunne forstå og forklare problemløsningen.

Engineering er først blevet implementeret i naturfagene i grundskolen, som allerede har en fælles kompetenceramme, men har siden bredt sig til andre fag som fx matematik. Den fælles kompetenceramme i naturfagene har inspireret til beskrivelsen af en ny samlet kompetenceramme (se tabel 5.1), der meningsfyldt kan anvendes af lærere i matematik og naturfagene til planlægning af engineering-forløb.

Engineering-kompetencer	Naturfagskompetencer	Matematikkompetencer
Problemløsning og designfaglighed	Undersøgelse Perspektivering	Problembehandling Modellering
Praksisfaglig og teknologisk handleevne	Undersøgelse	Hjælpemidler
Undersøgelse	Undersøgelse	Ræsonnement og tankegang
Modellering	Modellering	Modellering Repræsentation og symbolbehandling
Myndiggørelse og perspektivering	Perspektivering	Modellering
Kommunikation	Kommunikation	Ræsonnement og tankegang Kommunikation

Tabel 5.1: Fagenes kompetenceområder fordelt på engineering-kompetencer. I tabellen er angivet, hvilke faglige sammenhænge og synergier der er mellem de natur- og matematikfaglige kompetencer og de seks engineering-kompetencer.

Med inspiration fra Fælles Mål i matematik og naturfagene er der i tabel 5.2 formuleret eksempler på færdigheder inden for hver af de seks engineering-kompetencer.

Eksemplerne viser, hvordan sammenhænge mellem fagene har defineret de seks engineering-kompetencer. Men det er ikke en udtømmende liste over alle faglige sammenhænge.

Engineering-kompetencer	
Kompetenceområde	Færdigheder og viden <i>Parentesen efter beskrivelsen angiver det grundskolefag, som har leveret inspiration til færdigheden med tilhørende viden.</i>
Problemløsning og design	En elev med denne kompetence kan <ul style="list-style-type: none"> • identificere, opstille og løse autentiske problemer (naturfag) • arbejde med et problem som en udfordring, der ikke umiddelbart kan løses ved hjælp af en standardprocedure, men kræver en handleplan, der ofte kan opdeles i delprocesser (matematik).
Praksisfaglig og teknologisk handleevne	En elev med denne kompetence kan <ul style="list-style-type: none"> • vurdere fordele og ulemper ved valgte værktøjer, materialer osv. i realiseringen af løsningen (matematik).
Undersøgelse	En elev med denne kompetence kan <ul style="list-style-type: none"> • formulere spørgsmål, som kan undersøges gennem valg af relevante undersøgelsesmåder, designe egne undersøgelser og systematisk indsamle data, der belyser fx ideer og løsninger (naturfag) • medtænke og vurdere kvaliteten af undersøgelser, fx i form af undersøgelsessystematik, variabelkontrol og væsentlige fejlkilder (naturfag) • finde mønstre i, fortolke og konkludere på data (naturfag) • relatere egne undersøgelsesresultater til faglige forklaringer (naturfag).
Modellering	En elev med denne kompetence kan <ul style="list-style-type: none"> • bruge modeller til at forstå, forklare eller forudsige fænomener og systemers opførsel samt diskutere og forholde sig kritisk til modeller, fx deres grundlag og rækkevidde (naturfag) • konstruere/revidere modeller med afsæt i egne undersøgelser eller som en del af problemløsning (naturfag) • skelne mellem virkelighed og model, især modellens afgrænsning og idealisering af den virkelige situation (matematik).
Myndiggørelse og perspektivering	En elev med denne kompetence kan <ul style="list-style-type: none"> • forbinde faglig viden til sin egen hverdag og nære omverden (naturfag) • belyse og forholde sig til løsningsrelevante samfundsmæssige problemstillinger med et naturfagligt indhold (naturfag) • beskrive og diskutere sammenhænge mellem teknologisk udvikling og samfundsudvikling (fysik/kemi) • italesætte og demonstrere egne muligheder for stillingtagen og handlen i forhold til en bæredygtig udvikling og menneskets samspil med naturen – lokalt og globalt (naturfag).
Kommunikation	En elev med denne kompetence kan <ul style="list-style-type: none"> • bruge et relevant fagligt sprog til både at beskrive og formidle faglige fænomener og indsigter, som er en del af løsningen eller af processen (naturfag) • argumentere med relevante faglige belæg og forholde sig kritisk til argumentation med et fagligt islæt (naturfag).

Tabel 5.2: Eksempler på færdigheder inden for hver af de seks engineering-kompetencer.

I beskrivelsen af de forskellige engineering-kompetencer i figur 5.2 har færdigheder fået forrang ved at anvende ud-sagnsordet 'kan' i den indledende sætning: "En elev med denne kompetence kan..."

Det betyder ikke, at viden fra naturfag og matematik eller teknologisk viden ikke er relevant i engineering i skolen. Hvilken viden det er relevant at inddrage, afhænger af

engineering-udfordringens fokus. Det gælder dels leksikal viden, der kan bruges til at forklare og forstå engineering-udfordringen, dels viden om, hvordan udfordringen kan løses. Eleverne kan demonstrere deres viden om, hvordan de vil løse udfordringen, gennem deres handlinger, og den leksikale viden kan de vise gennem deres forklaringer om, hvordan dele af deres løsning virker.

5.2 Sammenhæng til STEM-fagenes kompetenceområder

De seks engineering-kompetencer er defineret som tværfaglige kompetenceområder, der sætter eleven i stand til at mestre krav, der hører til at gennemføre selve engineering designprocessen. Tabel 5.3 viser, hvilke delproces-

ser i engineering designprocessen der i særlig grad træner de forskellige engineering-kompetencer hos elever, når de arbejder fagligt eller tværfagligt i en engineering designproces.

Engineering-delprocesser	Engineering-kompetencer					
	Problem-løsning og design-faglighed	Praksis-faglig og teknologisk handleevne	Under-søgelse	Modellering	Myndig-gørelse og perspek-tivering	Kommuni-kation
Forstå udfordringen	X			X	X	X
Få ideer	X	X	X	X	X	X
Undersøge	X	X	X	X	X	X
Konkretisere	X		X	X		X
Konstruere	X	X		X		X
Forbedre	X	X	X	X	X	X
Præsentere				X	X	X

Tabel 5.3: I tabellen er angivet, hvilke engineering-delprocesser der i særlig grad træner og udvikler de forskellige engineering-kompetencer hos eleven.

5.2.1 Engineering og naturfaglige kompetencer

Som naturfagslærer er det naturligvis centralt at inddrage arbejde med naturfag i et engineering-forløb på en sådan måde, at det fremmer elevernes naturfaglige læring og derved gør engineering-forløbet mere udbytterigt.

Engineering designprocessen er først og fremmest nyttig ved at navngive og definere en række centrale delproces-

ser. Den gør det dermed muligt for elever og lærer at tale om, hvad engineering er, hvilke processer der er nødvendige, og hvor man er i den samlede proces.

Når vi så alligevel i denne engineering-didaktik lægger så stor vægt på at skabe sammenhæng til naturfagene, kan det bl.a. begrundes med, at erfaring viser, at engineering

Engineering-delprocesser	Naturfaglige delkompetencer			
	Undersøge	Modellere	Perspektivere	Kommunikere
Forstå udfordringen	X		X	X
Få ideer	X		X	X
Undersøge	X	X		X
Konkretisere		X		X
Konstruere		X		
Forbedre	X	X	X	X
Præsentere		X	X	X

Tabel 5.4: De naturfaglige kompetencer i relation til de syv engineering delprocesser. Et kryds angiver, at når eleverne arbejder (ideelt) i den givne delproces, udvikler de den angivne naturfaglige kompetence gennem engineering.

designprocessens syv delprocesser kan bidrage til elevernes læring inden for alle fire naturfaglige delkompetencer: undersøgelses-, modellerings-, perspektiverings- og kommunikationskompetence (se tabel 5.4).

For at vise, hvordan de naturfaglige kompetencer hos eleverne kan udvikles gennem engineering, er her beskrevet et eksempel på et engineering-forløb, der er blevet anvendt som et fællesfagligt naturfagsforløb i udskolingen.



EKSEMPEL 1

Bæredygtig fødevareproduktion i storbyen

Forløbet tager udgangspunkt i, at eleverne i en 8.-klasse skulle designe praktiske løsninger på forskellige STEM-faglige problemstillinger inden for problemfeltet bæredygtig fødevareproduktion i storbyen. Det fællesfaglige forløb indeholder STEM-faglige problemstillinger, som er relevante for alle tre naturfag. Eleverne skulle designe løsninger, der kunne muliggøre produktion af afgrøder i bymæssig bebyggelse, fx vertikale haver eller i vejrabatten.

Eleverne udførte undersøgelser omkring urbaniseringsgrad, fotosyntese og næringsioner. For at sikre, at eleverne udviklede naturfaglige kompetencer, og at undersøgelsesresultaterne blev brugt i det videre arbejde med udvikling af prototypen, blev grupperne stilladseret tæt i indsamlingen af data, herunder med fokus på systematik og variabelkontrol. Helt konkret bad læreren dem fx om at lave tabeller til dataopsamling, og stilladsering blev differentieret ift. elevernes niveau. Desuden sikrede læreren, at tabellerne efter undersøgelserne blev brugt aktivt i en fælles opsamling, hvor eleverne to og to forklarede og begrundede deres egen gruppes valg og udformning af tabellen.

Undervejs i delprocessen *Få ideer* samlede læreren også grupperne to og to og bad dem argumentere for deres ideer til prototypen ud fra data fra deres undersøgelser. Her fik eleverne en oplevelse af vigtigheden af deres undersøgelser og brugbarheden af data, ved at tænke det ind i en større kontekst.

For at understøtte udvikling af elevernes modelleringskompetence fik de undervejs i forløbet udleveret forskellige matematiske modeller over udvalgte afgrøders CO₂-aftryk – både lagkagediagrammer, grafer og et søjlediagram. Disse modeller skulle de bruge som grundlag for valg af afgrøde, og mindst en af modellerne skulle indgå i præsentationen af deres prototype.

Dermed satte læreren fokus på modellering og uddybende, at prototypen også er en model. Og i drøftelserne af prototyperne skulle hver gruppe derfor også betragte deres egen prototype som en model og sammenligne med andre modeller.

Koblingen mellem engineering-delprocesser og naturfaglige kompetencer

Som det fremgår af eksemplet med det fællesfaglige forløb, kan elevernes arbejde med de syv engineering delprocesser bidrage til læring og udvikling af naturfaglig kompetence. Det er lærerens ansvar at udvælge og planlægge aktiviteter, der undervejs understøtter elevernes designproces, og bidrager til elevernes udvikling af kompetencebaserede færdigheder. Erfaringer viser, at det fremmer kompetenceudviklingen hos eleverne, at læreren tydeligt stilladserer, hvilke færdigheder eleven forventes at træne og/eller udvikle. I læseplaner for naturfagene (2019) er det beskrevet, hvad eleverne forventes at kunne inden for de fire naturfaglige kompetenceområder på de forskellige trinforløb.

I det følgende tager vi udgangspunkt i eksemplet ovenfor og udfolder, hvordan naturfaglig kompetence kommer til udtryk i de forskellige engineering-delprocesser.

Forstå udfordringen

At *Forstå udfordringen* involverer både elevernes kommunikations- og perspektiveringskompetence. Disse to kompetencer bruger de til at "oversætte" udfordringen til "eget sprog" og forstå den kontekst, udfordringen indgår i, som en forudsætning for at kunne arbejde videre med at løse problemet med en prototype. For at kunne oversætte udfordringen kan der indledningsvis være behov for at lave nogle undersøgelser, som giver en dybere indsigt i udfordringen.

I eksemplet med "Bæredygtig fødevareproduktion i storbyen" kan en del af perspektiveringen være at forstå behovet for fødevareproduktion i storbyen. Undersøgelsesdelen kan fx omfatte at eleverne snakker med mennesker, der dyrker grøntsager i kolonihaver. Undersøgelsen kan også omfatte, at de udbygger deres praktiske forståelse af, hvordan bæredygtig fødevareproduktion i bymiljøer kan foregå.

Få ideer

At *Få ideer* ligger i forlængelse af behovet for at *Forstå udfordringen*. Her skal eleverne udvikle deres egne bud på at løse den udfordring, som de er blevet præsenteret for. Her vil de benytte sig af og træne de samme kompetencer, som når de "oversætter" udfordringen til eget sprog, nemlig undersøgelseskompetencen, perspektiveringskompetencen og kommunikationskompetencen.

I eksemplet med "Bæredygtig fødevarerproduktion i storbyen" skal eleverne komme med ideer til produktion af afgrøder i bymæssig bebyggelse, vertikale haver og vejkanter. Undervejs laver de undersøgelser, som de efterfølgende præsenterer og får feedback på i peer-to-peer-sparring med en anden gruppe, som så kan bidrage til at kvalificere konkretiseringen af de forskellige bud på løsninger.

Undersøge

Delprocessen *Undersøge* lægger op til, at naturfaglige undersøgelser kan indgå i engineering-processen, men modellen anviser ikke tydeligt, hvordan eventuelle undersøgelser på forskellige klassetrin kan kobles til udfordringen og eventuelle krav, som løsningen skal leve op til. Det er op til læreren at planlægge, hvordan naturfaglige undersøgelser kan bidrage til gruppernes arbejde med engineering-processen, herunder i hvilken grad undersøgelserne skal være lærerstyrede eller elevcentrerede.

I eksemplet "bæredygtig fødevarerproduktion i storbyen" lavede elevgrupperne naturfaglige undersøgelser som en del af deres idegenereringsproces. De blev også præsenteret for modeller, som kunne bruges til at udbygge deres teoretiske forståelse for, hvordan de naturfaglige undersøgelser kunne bruges i det videre arbejde med at konstruere prototypen.

Konkretisere

Konkretisering er en konvergent proces, hvor eleverne går fra den abstrakte ide til den konkrete forestilling om, hvordan deres prototype skal konstrueres. Her trækker de på viden fra både *Forstå udfordringen*, deres naturfaglige undersøgelser og idegenereringen. De vil benytte sig af og træne både modelleringskompetencen og kommunikationskompetencen, fordi konkretiseringen bidrager til at udvikle den fælles forståelse af prototypens beskaffenhed og kvaliteter. Modelleringen som proces er en anden måde at visualisere konkretiseringsprocessen på.

I eksemplet "Bæredygtig fødevarerproduktion i storbyen" bruger læreren modellering som en betegnelse for konkretiseringsprocessen. Elevgrupperne præsenterer og drøfter deres prototype med andre grupper og får derved værdifuldt input til at videreudvikle den.

Konstruere

Når eleverne *Konstruerer*, anvender og træner de fortrinsvis deres modelleringskompetence. Modelleringsprocessen benytter sig af både elevernes mentale forestilling af prototypens udformning, som opbygges gennem de forudgående arbejdsprocesser, og det konkrete arbejde med at bygge prototypen. Modelleringen kan opfattes som et samspil mellem elevernes indre forestillingsevne omkring prototypen og den konkrete realisering med de valgte materialer. En sammenlignende metafor kan være tømrerens brug af arbejdstegning og erfaringer om, hvordan huse bygges, til at bygge et nyt hus.

Forbedre

I delprocessen *Forbedring* anvender og træner eleverne alle fire naturfaglige kompetencer, fordi de både skal undersøge, om prototypen løser udfordringen, trække på erfaringerne fra de naturfaglige undersøgelser og perspektivere til udfordringens kontekst for at kunne forbedre prototypen.

Undervisningseksemplet "Bæredygtig fødevarerproduktion i storbyen" indeholder mange muligheder for forbedringer af prototyper, afhængigt af hvilken slags løsningsforslag elevgrupperne arbejder med. Hvis det fx er afprøvning af vandingssystemer med genbrugsvand til urbane køkkenhaver, vil det kræve én slags forbedringsproces, som vil adskille sig fra forbedring af andre løsningstyper. Fælles for de forskellige løsningstyper vil være, at de trækker på alle fire naturfaglige kompetencer.

Præsentere

Når eleverne *Præsenterer* deres løsningsforslag, trækker de både på deres modellerings-, perspektiverings- og kommunikationskompetence. De tager udgangspunkt i den oprindelige udfordring, ved at forklare deres modelleringsproces, hvori prototypen blev udviklet, og inddrager den viden, som de har lært i tilknytning hertil.

Undervisningseksemplet "bæredygtig fødevarerproduktion i storbyen" kan have mange forskellige bud på løsninger. Fælles for dem alle vil være, at elevgrupperne skal demonstrere prototypens virkemåde, og hvordan den løser den givne udfordring, samt hvilke begrænsende faktorer de har oplevet undervejs i konstruktionsprocessen.

5.2.2 Engineering og matematiske kompetencer

Fælles Mål i matematik lægger op til mange sammenhænge imellem engineering og de matematiske kompetencer. Hvilke matematiske kompetencer der kommer i spil i et konkret engineering-forløb, afhænger af det valgte forløb.

Som matematiklærer vil man ofte selv udvikle på forløbet for at få flere matematiske kompetencer i spil.

Før vi går mere i dybden med, hvordan matematiske kompetencer kan trænes i engineering, giver vi to eksempler på matematik i engineering-udfordringer.

EKSEMPEL 1

”Matematik og en katapult til kejser Augustus”

En 5.-klasse skal arbejde med matematik og engineering ud fra en narrativ fra Romerriget. De skal udvikle en katapult til kejser August.

Klassens matematiklærer gennemfører forløbet alene hen over tre uger.

Narrativ og udfordring lyder således:

Kejser Augustus (63 f.Kr. – 14 e.Kr.) ønsker at udvide sit territorium. Dette vil han gøre mod nord, men han møder kraftig modstand og stærkt befæstede byer med store fæstningsværker. Han har brug for et stærkt våben mod de befæstede byer, og derfor skal I hjælpe ham med at bygge nye katapulter.

Udfordring: I skal bygge en katapult, der kan skyde over fæstningsværket og ramme husene i byen. Katapulten skal kunne:

- skyde med en centicube
- skyde over en 30 cm høj mur, som er placeret 20 cm fra katapulten
- affyres ved hjælp af maks. 2 fingre.

Som indledning til forløbet ser eleverne videoer af forskellige typer katapulter. Når begejstringen over katapulternes skydeevne har lagt sig, fokuseres på den affyrede kugles bane. Eleverne skal beskrive kuglens forløb, og for at understøtte kommunikationskompetencen giver læreren dem matematiske begreber som fx affyringsvinkel, kuglebane og maksimal højde og opfordrer ligeledes eleverne til at lave skitser, mens de diskuterer.

Dette fører til mange interessante diskussioner. Flere grupper ender med at filme små kast for at se, hvordan kuglens bane er, og de når alle frem til den erkendelse, at kuglen bevæger sig symmetrisk omkring toppunktet.

Her er kompetencen ræsonnement og tankegang i spil, da eleverne selv indser, at matematikken kan hjælpe dem til at løse opgaven.

I delprocessen *Konstruktion* arbejder eleverne ud fra deres nye viden om kuglens bane. Alle grupperne har skitser, der viser, at kuglens bane skal have toppunkt over byens fæstningsværk, og udfordringen for mange er at finde den rette affyringsvinkel, så husene bag fæstningsværket rammes. Dette giver mange iterationer, og alle grupper må flere gange genbesøge deres skitser, ideprocessen og udføre nye undersøgelser. Dermed forbedrer eleverne både deres undersøgelser, deres ideproces og deres konstruktion.

Afslutningsvis præsenterer alle grupper deres prototype, og det er tydeligt, at det fælles matematiske sprog, som eleverne kan bruge om katapultens egenskaber, giver faglige diskussioner undervejs. Klassen er særligt optaget af, hvilken forskel affyringsvinklen giver ift. kuglens landing. De ved nu, at affyringsvinkel = landingsvinkel, men de overvejer, hvad der giver størst effekt, når kuglen lander – om den lander så lodret som muligt eller så vandret som muligt.

”Matematik i lodrette haver”

Eleverne i en 7.-klasse arbejder i 4 uger med det fællesfaglige engineering-forløb ”lodrette haver”. Udfordringen lyder således:

I skal udvikle en lodret have, som passer til jeres klasseværelse eller til væggen ved kantinen.

Følgende gælder for de lodrette haver:

- *Skal kunne hænge lodret på en måde, så planterne (karse) får optimale lysbetingelser.*
- *Skal indeholde en form for vandingsystem, så der ikke skal vandes i kortere ferier og week-ender, men samtidig må planterne ikke blive overvandet (drukne).*
- *Eventuelt overskudsvand må ikke løbe ud på gulvet/jorden, men skal opsamles eller sendes retur.*
- *Gødning skal udnyttes optimalt i jeres lodrette have og må ikke ledes ud fra haverne.*
- *Dyrkningsmaterialet (jorden) skal sammensættes optimalt i forhold til planternes optagelse af vand og gødning.*

Klassens matematik- og biologilærer gennemfører forløbet sammen. I dette eksempel fremhæves, hvordan forskellige kompetenceområder fra matematik bliver bragt i spil.

I forløbet er der fokus på materialeforbrug, så da eleverne skal skitsere vandbeholderen til vandingsystemet, får de som benspænd, at de skal bruge så lidt materiale som muligt. Dvs. at overfladen på beholderen skal være mindst muligt ift. rumfang.

Her skal eleverne bruge geometrien til at beregne overflade og rumfang og finde bedst mulige forhold. Det sætter gang i matematiske diskussioner i grupperne, som eleverne understøtter med skitser og beregninger. Herved trænes både kommunikations-, ræsonnements- og modelleringskompetencerne.

Også forbruget af plantefrø skal beregnes. Eleverne bliver guidet til at tænke vægt frem for antal, og ved at bruge estimeringer og systematik undersøger de, hvor mange gram frø der skal til at dække 10 x 10 cm. Derefter beregner de den samlede mængde ud fra deres prototypes beplantningsareal. Her bringes elevernes problembehandlingsstrategier i spil.

Når eleverne når delprocessen *Konkretisere*, skal de være helt konkrete og præcise omkring deres udformning af deres lodrette haver. Derfor skal de ud fra et egnet målestoksforhold tegne en målfast tegning af deres kommende prototype, og de træner derved kompetenceområdet matematiske repræsentationsformer.

Dette forløb har et særligt krav til præsentationen. Klassen skal deltage i Folkemødet på Bornholm og dér præsentere deres lodrette have. Dette gør, at eleverne er meget bevidste om at formidle deres nye viden i deres præsentationer. Grupperne bliver derfor enige om at medbringe skitser for dermed at tydeliggøre prototypernes opbygning og funktionaliteter, ligesom det er en støtte i præsentationen at inddrage et så centralt arbejdsdokument fra processen.

Koblingen mellem engineering-delprocesser og matematiske kompetencer

Vi fremsætter her den påstand, at når man arbejder med engineering i matematik, så træner man også matematiske kompetencer. Denne påstand underbygger vi med tabel

5.5, som kobler de syv engineering-delprocesser med de matematiske kompetencer fra Fælles Mål. Et kryds angiver, at når eleverne arbejder (ideelt) i den givne engineering designproces, udvikler de den angivne matematiske kompetence gennem engineering.

Engineering-delprocesser	Matematiske delkompetencer					
	Problem-behandling	Modellering	Ræsonnement og tankegang	Repræsentation og symbol-behandling	Kommunikation	Hjælpemidler
Forstå udfordringen	X	X	X		X	
Få ideer		X	X		X	
Undersøge	X	X	X	X		X
Konkretisere		X		X		
Konstruere		X	X			
Forbedre		X				
Præsentere		X		X	X	

Tabel 5.5: De matematiske delkompetencer i de syv engineering-delprocesser. Et kryds angiver, at de matematiske delkompetencer trænes i den pågældende delproces.

Oversigten er udarbejdet af lektor Lars Henrik Jørgensen, Læreruddannelsen i Haderslev, UC Syd.

Nedenfor udfolder vi gennem de to tidligere beskrevne matematik eksempler, hvordan matematiske kompetencer kommer til udtryk i de forskellige engineering-delprocesser.

Forstå udfordringen

At forstå en problemstilling er et element i alle former for problemløsning – herunder virkelige problemer, som naturligt optræder i matematisk modellering og matematisk problemløsning. Desuden kan der i denne delproces være behov for at udtrykke udfordringen i et sprog, der indeholder matematiske formuleringer.

Eksempel 1, "Matematik og en katapult til kejser Augustus", illustrerer, hvordan kommunikationskompetencen kommer i spil. Også tankegangskompetencen kommer i spil, når eleverne skal vurdere, om og hvordan matematik kan bidrage til en løsning på problemet. Eleverne skal gennemtænke, hvad de forskellige krav til katapulten betyder, og hvordan de skal inddrage matematik for at opfylde kravene til, hvor langt kuglen skal kunne nå, blandt andet ved at forstå, hvilken bane centicuben følger.

Få ideer

Kommunikation er en væsentlig del af idegenereringen. Afhængigt af problemet kan matematiske formuleringer komme på tale. Ræsonnementskompetencen kan indgå i form af begrundet argumentation for at overbevise sig selv og andre om ideernes holdbarhed. Modelleringskompetencen kan komme i spil gennem skitser og matematisering af ideernes indhold.

Eksempel 2, "Matematik i lodrette haver", illustrerer, hvordan eleverne skal lave visuelle modeller i form af skitser. Disse skitser bruger de, når de over for gruppen skal forklare og begrunde deres ideer om, hvordan vandbeholderens udformning skal være. Heri indgår det, at en cylinderform kan give en mindre overflade i forhold til volumen end en firkantet form.

Undersøge

Problembehandlingsstrategier indgår, når eleverne opdeler problemet i elementer, der kan undersøges hver for sig. Undersøgelser involverer ofte matematiske modeller, fx i form af formel- og funktionsmodeller, ligninger, statistiske modeller, som repræsenteres gennem tabeller, grafer, dia-

grammer eller lignende. Matematiske hjælpemidler som programmet GeoGebra kan med fordel inddrages, og matematiske hjælpemidler til talbehandling som regneark eller CAS-programmer kan komme på tale.

I eksempel 2, "Matematik i lodrette haver" brugte eleverne deres viden fra matematiktimerne til at lave systematiske optællinger, som de skrev ind i et regneark. Senere i forløbet undersøgte og beregnede eleverne, hvor mange gram karsefrø de skulle bruge i deres have.

Konkretisere

I denne delproces kan der fx indgå forskellige matematiske repræsentationsformer i form af geometriske tegninger, andre arbejdstegninger eller beregningsmodeller. Desuden kan der arbejdes med målestoksforhold. Igen kan GeoGebra med fordel inddrages.

I eksempel 2, "Matematik i lodrette haver" arbejdede eleverne med målestoksforhold, da de ikke kunne lave de lodrette haver i fuld størrelse.

Konstruere

Konstruktion af en prototype involverer ofte matematiske ræsonnementer og argumenter, fx vedrørende beregninger, målinger, geometriske former, som kan henføres til matematisk modellering. Argumenter, der bygger på disse elementer, fx placering af prototypens forskellige dele, behandles geometrisk og beregningsmæssigt.

I eksempel 1, "Matematik og en katapult til kejser Augustus", er det vigtigt, at eleverne med matematiske ræsonnementer og overvejelser argumenterer for, hvordan de forskellige dele bliver sat sammen, så centicuben bliver sendt af sted i den rigtige vinkel.

Forbedre

Delprocessen *Forbedre* kan direkte overføres til modelleringprocessen idet denne delproces ofte omfatter flere gennemløb af modelleringscirklen (se kapitel 6), hvor modellen forbedres og forfines, fx ved at tilføje flere elementer eller variable. Alt efter problemets karakter kan andre matematiske kompetencer også indgå i delprocesserne *Få ideer*, *Konkretisere* og *Konstruere*.

I eksempel 1, "Matematik og en katapult til kejser Augustus", skal eleverne tilpasse og ændre deres konstruktion af katapulten, indtil den virker tilfredsstillende.

Præsentere

I præsentationen indgår valg af kommunikationsform og -niveau, valg af repræsentationer med videre, som kan relatere direkte eller indirekte til kommunikations- og repræsentationskompetencen.



Lined area for writing notes, consisting of multiple horizontal dashed lines.

Engineering i skolen er et samarbejde mellem Engineer the future, VIA University College, Københavns Professionshøjskole og Astra, finansieret af VILLUM FONDEN.

