**Byg et musikinstrument**

Engineering i gymnasiet, Silkeborg Gymnasium

**Fag**: Fysik B, 1g

**Kernestof**: Bølger - grundlæggende egenskaber, bølgelængde, frekvens, udbredelsesfart og interferens

lyd samt lys som eksempler på bølger

**Antal moduler**: 11 moduler á 75 min.

# **Introduktion**

Dette forløb er lavet i forbindelse med projektet ”Engineering i gymnasiet”. Formålet med forløbet var at undersøge, om eleverne fik et øget udbytte af fysikundervisningen ved at følge en ”engineeringtilgang” til arbejdet med emnet - herunder at fremstille et produkt. Her tænkes både på det fysikfaglige udbytte, men også andre kompetencer. Så der blev indkøbt værktøj og materialer hjem til, at eleverne kunne bygge et strengeinstrument.

Forløbet, der er beskrevet i denne rapport, er afprøvet i 1.g i starten af studieretningsforløbet (efter kun 7 moduler). Det blev afprøvet i en Fysik B klasse (BT-Fy studieretning). Et meget lignende forløb (men med nogle forskelle) blev afprøvet i en 2g klasse som første aktivitet efter sommerferien.

Forløbet har titlen ”Byg et musikinstrument”. Opgaven, som eleverne bliver stillet, er:

**Opgave:**

*I skal bygge et strengeinstrument, der kan spille en simpel melodi*

*I skal begrunde jeres design og forklare fysikken bag instrumentets virkemåde og tonernes frembringelse.*

Produktkravet, som eleverne præsenteres for, er:

**Produkt:**

*Et instrument*, der kan spille en simpel melodi (som I selv vælger)

*Demonstration* og *fremlæggelse* for klassen (max 6 min per gruppe): Spil jeres melodi for klassen og forklar jeres design – hvilke valg har I gjort og hvorfor? Hvilke ændringer har I lavet i designet undervejs og hvorfor?

*Aflevering 2a og 2b*: Her går I i dybden med at begrunde jeres design og forklare fysikken bag.

# **Læringsmålene for forløbet**

Målet med forløbet var at komme igennem kernestoffet nedenfor og træne centrale faglige mål. Desuden var det målet at træne samarbejde og selvstændighed i arbejdet med en problemstilling. Vi håbede at engineeringvinklen, hvor eleverne fremstiller et musikinstrument, ville øge motivationen og engagementet og styrke fællesskabet i klassen, der kun havde kendt hinanden i 4 uger.

### **Engineering mål**

Der blev ikke opstillet egentlige engineeringmål fra start. Formålet med forløbet var at undersøge, hvad eleverne kunne få ud af en anderledes ”engineeringtilgang” til emnet. Vi har efterfølgende kunnet se, at eleverne har udviklet nogle ”engineeringkompetencer”.

### **Faglige mål, der arbejdes med (fra læreplan)**

Eleverne skal:

* ud fra grundlæggende begreber og modeller kunne foretage beregninger af fysiske størrelser
* kende og kunne opstille og anvende modeller til en kvalitativ eller kvantitativ forklaring af fysiske fænomener og sammenhænge
* ud fra en given problemstilling kunne tilrettelægge, beskrive og udføre fysiske eksperimenter med givet udstyr og præsentere resultaterne hensigtsmæssigt
* kunne behandle eksperimentelle data ved hjælp af blandt andet it-værktøjer med henblik på at afdække og diskutere matematiske sammenhænge mellem fysiske størrelser
* gennem eksempler kunne perspektivere fysikkens bidrag til såvel forståelse af naturfænomener som teknologi- og samfundsudvikling
* kunne demonstrere viden om fagets identitet og metoder
* kunne undersøge problemstillinger og udvikle og vurdere løsninger, hvor fagets viden og metoder anvendes

### **Kernestof der arbejdes med (fra læreplan)**

Bølger:

* grundlæggende egenskaber: bølgelængde, frekvens, udbredelsesfart og interferens
* lyd og lys som eksempler på bølger

### **Andre mål**

* Udover at eleverne skal tilegne sig fysikfaglig viden om emnet og udvikle samarbejds- og engineeringkompetencer, var det formålet med forløbet, at det skulle ryste eleverne sammen.

# **Overordnet beskrivelse af forløbet**

Forud for forløbet havde vi haft et forløb, hvor eleverne skulle designe en klokke for AC/DC. Det var nogle af de samme faser, de skulle igennem; fx skulle de også her granske problemstillingen og identificere og de forsøg, der skulle laves for at kunne besvare opgaven – herunder undersøge de forskellige parametres betydning for svingningstiden. Dog skulle de ikke fremstille klokken til slut. Eleverne havde desuden arbejdet lidt med lyd, lydens hastighed og ekkolokalisering - men uden at komme ind på lyd som bølger.

Forløbet er overordnet delt op i disse fire dele:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Aktivitet** | **Varighed** | **Lærerstyring** | **Faser i FITS-modellen** |
| Optakt: Grundlæggende om bølger, lyd, egenfrekvenser og resonans. Demonstrationsforsøg og opgaver. | 2 x 75 min. | Høj | - |
| Præsentation af forløbet og opgaven. Eksperimentelle forundersøgelser. Deling af resultater på tværs af grupper. | 3,5 x 75 min. | Medium | Fokusfase  Undersøgelsesfase |
| Design og fremstilling af prototype (strengeinstrument). Skitser af design præsenteres for klassen. Der føres logbog. | 4,5 x 75 min. | Lav | Teknisk designfase  Synergifase |
| Præsentation af prototyper inkl. faglige begrundelser for ændringer. Suppleres med længere aflevering. | 1 x 75 min. | Medium | Synergifase |

Figur 1: Forløbet er overordnet delt op i fire dele med forskellig grad af lærerstyring.

Den samlede modulplan for forløbet er vist i Figur 2. Forløbet strakte sig over 11 moduler af 75 minutters varighed. Eleverne blev præsenteret for oversigten i Figur 2 i første modul.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Modul** | **Tid** | **Indhold** |
| -2 | I de to moduler op til forløbet. | Optakt: Grundlæggende om bølger og lyd som bølger. Sammenhæng mellem frekvens og tonehøjde samt amplitude og volumen (demoforsøg). Egenfrekvenser og resonans. Demonstration af resonans for bølger på en streng. |
| 1 | Mandag 2/12  3. modul  (uge 49) | Lærer: Præsentation af forløb og opgave. Elever: Udfylde spørgeskema, finde ud af hvilke variabler der skal undersøges, fordele disse på grupperne, læse i ressourcerummet. |
| 2 + 3 | Tirsdag 3/12  3. modul  Torsdag 5/12  4. modul  (uge 49) | Eksperimentelle forundersøgelser. Husk variabelkontrol. Fremgangsmåde nedskrives inkl. vurdering af fejlkilders og måleusikkerheders betydning for resultaterne. Data præsenteres med grafer, så andre grupper kan bruge dem. Læs videre i ressourcerummet. Start på logbog. Installér LoggerPro. |
|  | *Søndag 8/12*  *(uge 49)* | *Aflevering 2a (2 timer) – til deling af data på tværs af grupper. Se særskilt dokument.* |
| 4 | Mandag 9/12  4. modul  (uge 50) | Fælles opfølgning på de eksperimentelle forundersøgelser og deling af resultater og konklusioner. Start på skitse af instrument på baggrund af konklusioner fra forundersøgelserne. |
| 5 | Onsdag 11/12  5. modul  (uge 50) | Skitesefernisering: Præsentation af skitser for klassen. Færdiggørelse af skitse (var der noget fra de andre grupper, I kunne bruge?) Design skal kunne begrundes fagligt. Er der andet, der skal undersøges eksperimentelt, for at I kan komme i gang? Husk at skrive i logbogen. Start på aflevering 2b og skriv løbende til. Evt. start på fremstilling af prototype / flere forundersøgelser. |
| 6 + 7 | Torsdag 12/12  2. + 3. modul  (uge 50) | Lav prototype. Løbende test og forbedring af design. Hvordan skal instrumentet stemmes, så det kan spille jeres melodi? Husk at skrive ned undervejs i jeres aflevering. Husk logbogen. Optag og tolk et frekvensspektrum. Mål hvilke toner jeres instrument kan spille (find en app til jeres telefon, fx en guitartuner). |
| 8 | Mandag 16/12  1. modul  (uge 51) | Skrivelektion / arbejde med prototype. |
|  | *Onsdag 18/12*  *(uge 51)* | *Studiemodulet kan bruges til at gøre aflevering færdig.* |
|  | *Onsdag 18/12*  *(uge 51)* | *Aflevering 2b (3 timer) – endelig aflevering. Se særskilt dokument.* |
| 9 | Torsdag 19/12  1. modul  (uge 51) | Demonstration og forklaring af instrument: *Gør jeres instrument klar til koncert. Forbered en kort præsentation af jeres instrument (max 6 min per gruppe). Spil jeres melodi for klassen og forklar jeres design - hvilke ændringer har I lavet i designet undervejs og hvorfor?* Udfylde afsluttende spørgeskema (gøres i timen). |
|  | Efter jul | Fælles opsamling: Hvad har vi lært? Hvilke begreber, formler og fænomener skal vi kunne forklare? Hvad skal vi kunne fra ressourcerummet? Afleveringer tilbage. |

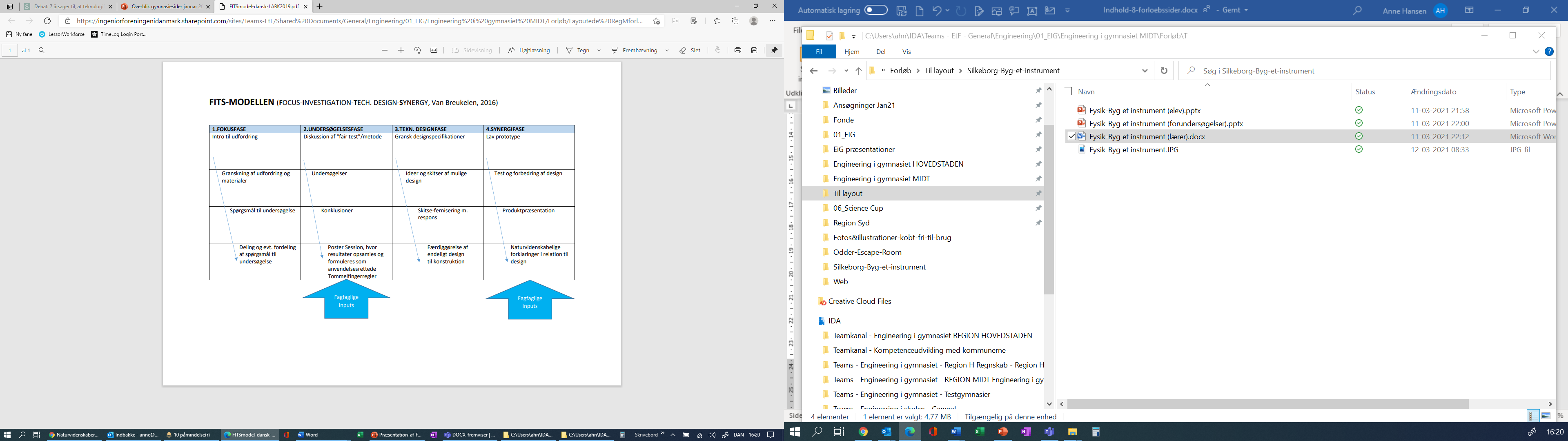
Figur 2: Tabel præsenteret for elever i starten af forløbet (små ændringer foretaget efter forløbets afslutning).

# **Beskrivelse af forløbets centrale engineeringindslag**

Engineeringdelen af forløbet tog udgangspunkt i FITS-modellen[[1]](#footnote-2) vist i Figur 3. Eleverne blev introduceret til FITS-modellen og dens faser i første modul. Herigennem blev det tydeligt for dem, hvilke faser de skulle igennem, og hvorfor det ikke er en god ide at springe direkte til produktet. Som afslutning på hver fase i FITS-modellen præsenterede grupperne, hvad de havde lavet / fundet ud af for resten af klassen:

1. Efter fokusfasen: Hvilke forundersøgelser er der brug for? Hvilke grupper gør hvad?
2. Efter undersøgelsesfasen: Præsentation/deling af resultater og konklusioner fra forundersøgelserne
3. Efter designfasen: Skitsefernisering
4. Efter synergifasen: Demonstration og fremlæggelse af instrument

Eleverne blev opfordret til lade sig inspirere af hinanden på tværs af grupperne.



*Figur 3: FITS-modellen.*

Eleverne skulle identificere, hvilke forundersøgelser, der var nødvendige. Under *fokusfasen* skulle eleverne finde så mange parametre som muligt, som har betydning for et strengeinstruments lyd. Dette blev gjort i grupperne, og resultaterne blev skrevet på tavlen. De fik derefter at vide, at de i første omgang skulle fokusere på at undersøge de parametre, der har betydning for tonehøjden. De andre undersøgelser må de gemme til senere (og meget gerne undersøge senere).

Det resulterede i disse parametre, der blev undersøgt (med dobbeltbestemmelse) i *undersøgelsesfasen*: Strengens længde, strengens opspænding, strengens tykkelse, strengens materiale. Eleverne skulle selv planlægge deres forsøg (og blev husket på begrebet variabelkontrol). Fremgangsmåde og resultater af undersøgelserne blev afleveret (Aflevering 2a) og efterfølgende delt og diskuteret i klassen på tværs af grupperne.

*Designfasen* fyldte ikke meget i dette forløb. Eleverne fik hurtigt lavet nogle skitser, som blev rettet lidt til efter samtale med mig. De præsenterede skitserne for hinanden.

*Synergifasen* fyldte 4,5 modul, heraf 3,5 på fremstilling, test, analyse og dokumentation af prototypen og 1 modul på demonstration og præsentation. Eleverne blev eleverne opfordret til løbende at ændre deres skitse, efterhånden som de blev klogere. De blev ikke bedømt på deres instrument, andet end om den kunne spille en simpel melodi. Efter deres demonstration og præsentation afleverede de den anden aflevering (Aflevering 2b).

Afleveringen fik de først tilbage efter jul, dvs. efter de havde udfyldt post-evalueringen. Den fælles opsamling på forløbet og snak om succeskriterier for forløbet fandt også først sted efter evalueringen.

# **Didaktiske overvejelser**

Eleverne blev præsenteret for opgaven og produktkrav i første modul. Vi var opmærksomme på, at den lave lærerstyring og åbne opgaveformulering kan skræmme visse elevtyper. Derfor blev moduloversigten og FITS-modellen præsenteret for eleverne i første modul, så de kunne se, at der var en overordnet plan og struktur. Desuden talte vi nogle gange i løbet af forløbet om, hvor vi var i FITS-modellen.

Den regelmæssige vekselvirkning på tværs af grupperne (gennem præsentation og deling af resultater og ideer i slutningen af hver fase) sikrede, at grupperne kunne lade sig inspirere og lære af hinanden. De blev også opfordret til at besøge hinanden i grupperne.

Læreren tog en konsulentrolle i design- og synergifasen. Men ikke mere end at han også kunne spørge ind og fremkalde refleksion over, hvad de var i gang med. Modulerne blev startet op fælles for at høre kort status fra grupperne (hvad skal I i denne lektion?) og for at fastholde fokus på målet og modulplanen. Under deres selvstændige arbejde i design- og synergifasen blev der stillet småopgaver (fx mål frekvensspektrum, dokumenter instrumentets toner, tænk over hvordan instrumentet skal stemmes, …). Desuden skulle grupperne slutte hver lektion af med at skrive i logbogen.

Eleverne fik ikke læselektier for, men måtte selv indhente den fornødne viden. Der blev stillet et ressourcerum til rådighed med en beskrivelse af de enkelte materialer.

# **Evaluering og erfaringer fra afprøvning af forløbet**

Overordnet set var forløbet en succes. Eleverne tilegnede sig den ønskede faglige viden, og der er for mig ingen tvivl om, at ”engineeringtilgangen” generelt har øget deres interesse og motivation for faget. Eleverne var meget engagerede og motiverede i lektionerne, især under design- og synergifasen. Eleverne giver også udtryk for, at de synes, at undersøgelsesfasen var relevant for processen.

Forløbet har taget noget længere tid, end hvis det var gennemført med mere ”traditionel” undervisning. Men eleverne har så til gengæld fået noget andet og mere ud af det, end de plejer, så jeg synes, at tiden er givet godt ud.

Nedenfor vil jeg kommentere på nogle centrale punkter fra forløbet.

###### **Motivation og angegement**

Eleverne var meget motiverede og engageret i arbejdet med at designe og fremstille instrumentet. Der var meget høj aktivitet i timerne (og støjgener i de omkringliggende lokaler), og pauserne blev taget i brug. Min oplevelse står umiddelbart i kontrast til deres svar i evalueringen, hvor halvdelen af eleverne skriver, at de ikke er blevet mere interesseret i at arbejde inden for naturvidenskab under forløbet. Denne uoverensstemmelse kan måske forklares med, at eleverne i pre-evalueringen allerede svarede, at de er interesserede i et arbejde inden for naturvidenskab (helt eller overvejende enig). Hvis interessen for naturvidenskab allerede er høj inden forløbet, medvirker forløbet måske ikke til at gøre dem mere interesserede.

###### **Autencitet og frihedsgrader**

Vi var bekymrede for, at eleverne ikke ville opleve opgaven som voldsomt autentisk og relevant. Det er trods alt ikke de store problemer, de løser med et hjemmelavet strengeinstrument. Eleverne skriver i evalueringen, at de ikke oplever opgaven som relevant for deres liv eller som noget, der kan bruges uden for skolen. Det ser dog ikke ud til at have den store betydning for måden, de går til opgaven på. De er meget fordybet og engageret i arbejdet. Det er heller ikke umiddelbart en opgave med mange frihedsgrader. Der er et begrænset antal måder, man kan løse opgaven på og et begrænset antal veje hen til den løsning. Ikke desto mindre skriver eleverne i deres evaluering, at de føler, de fik mulighed for at udvikle deres egne ideer og løsningsforslag. Det er også min oplevelse, at eleverne følte, at de fik fremstillet meget forskellige instrumenter.

###### **Faglig viden**

Tilegnede eleverne sig faglig viden under arbejdet med at designe og fremstille instrumentet? Det gjorde de helt bestemt, men det skyldes nok i høj grad afleveringerne og kravet om at kunne forklare fysikken bag frembringelsen af lyd. De fik fx som en bunden opgave at måle lydbølgerne fra en tone på instrumentet og lave en frekvensanalyse. Eleverne skriver selv, at de var nødt til at trække på faglig viden for at kunne løse opgaven, og at det var nødvendigt med undersøgelser for at komme frem til en god løsning.

Jeg tror, eleverne har opnået en mere konkret fornemmelse for sammenhængen mellem strengens tone og dens tykkelse, opspænding og længde. Én ting er at lære teoretisk, hvordan en tone afhænger af fx snorens længde. Det er noget helt andet at have en praktisk erfaring at trække på. Måske sidder deres faglige viden bedre fast?

###### **Redesign og optimering**

Eleverne blev opfordret til løbende at forholde sig til deres design og forbedre det undervejs. Teste, analysere og optimere. Alle grupper fik i et vist omfang optimeret på deres prototyper, men de kunne sagtens have brugt mere tid på denne del. Eksempler på forbedringer, der blev lavet:

* Ingen havde overvejet fra start, hvordan stemningen i praksis skulle foregå. Nogle fik løst dette undervejs.
* Mange oplevede, at tonerne ikke var rene. Der blev eksperimenteret med, hvordan tonen/klangen kunne forbedres (fx ved brug af skarp kant) – det var relevant for den senere diskussion af instrumenters klang og betydningen af overtoner.
* En gruppe fandt ud af, at kobbertråd ikke er smart at anvende, da det udvider sig (=> tonen bliver lavere).
* En limpistol kan ikke bruges til at holde strengene fast, så der må findes på noget andet.

Grupperne fandt ud af, at det giver mening at lave nogle undersøgelser, før man går videre med at lave selve produktet. Det er dumt at bruge tid på at implementere en ændring i prototypen, som man ikke er helt sikker på virker efter hensigten. Der blev ikke udført mange store og velplanlagte undersøgelser, men eleverne fik alligevel undersøgt nogle små ting undervejs, som skulle tilvejebringe viden, som de skulle bruge i designet af deres endelige instrument. Ud over de planlagte forundersøgelser i modul 2 og 3, blev der i grupperne lavet forskellige småtests og undersøgelser bl.a.:

* Hvad er effekten af huller i siden for instrumentets klang og tone?
* Hvordan kan man montere en streng på et bræt?
* Hvor meget længere skal den ene streng være end den anden for at få det rigtige interval?
* Hvor meget kan strengen spændes op, før den springer? (hvor stor forskel kan der være på højeste og laveste tone på den samme streng?).
* Kan det holde, hvis vi bare limer træstykkerne sammen?

Eleverne kunne se det smarte i at foretage disse undersøgelser, selvom det ikke her og nu gjorde deres prototype bedre eller mere færdig. Denne erfaring er noget, der i høj grad kan komme dem til gode, når de skal lave forsøg i den ”almindelige” fysikundervisning. Her erstattes ”opskriftsvejledninger” i stigende grad af vejledninger, hvor eleverne bliver præsenteret for en problemstilling, som de skal undersøge, hvor de selv må finde på og planlægge, hvordan det skal gøres. Her er det en værdifuld indsigt, at de kan afprøve forskellige tilgange og metoder, før de springer til de endelige undersøgelser.

###### **Andre kompetencer/udbytter**

Eleverne fik trænet deres praktiske kundskaber (fx at bore et hul eller få en metalstreng til at sidde fast på en skrue). Det var overraskende, hvor svært det var for nogle elever at skrue en skrue i, save et stykke træ over eller bore et hul. Nogle forsøgte at lime strenge på med en limpistol!

Eleverne lærte, at det er ok, at den rette løsning ikke er der lige med det samme. Det er en naturlig del af designprocessen at lave fejl og blive klogere undervejs. De lærte, at man ikke skal lade sig slå ud af, at tingene ikke lykkes første gang.

Forløbet var med til at ryste eleverne, der kun havde kendt hinanden i fire uger, sammen. De fik trænet at løse en opgave selvstændigt i fællesskab med gruppen, uden der kommer en lærer og fortæller dem, hvordan de skal gøre. Det trænede også deres samarbejdsevner, og de oplevede, at det var nødvendigt at arbejde sammen med andre for at løse opgaven ordentligt.

###### **FITS-modellen**

Det fungerede godt at anvende FITS-modellen og præsentere den for eleverne. Modellen understøttede processen, og den klare struktur i FITS-modellen var en støtte for nogle elevtyper. Eleverne blev gennem FITS-modellen gjort opmærksom på, at et engineeringforløb indeholder mange faser, og at det ikke er smart at hoppe direkte til at lave produktet.

I forhold til vores konkrete forløb kunne fasen med at få ideer godt fylde mere og være bedre struktureret. Jeg er faktisk ikke helt klar over, hvordan idegenereringen foregik i grupperne, og hvordan de nåede frem til deres første design. Ideerne kom i modul 4, da eleverne skulle i gang med deres skitse, og det gik meget hurtigt. Et forslag til en idegenereringsproces kunne være, at eleverne skal se på billeder af forskellige instrumenter og diskutere, hvordan de er designet, så de kan spille forskellige toner, stemmes, få volumen, er praktiske, kan spille flere toner på én gang, er robuste, etc.

En ulempe ved FITS-modellen er også, at den ikke lægger op til, at man springer tilbage i faserne. Der er kun én retning.

###### **Forslag til forbedringer**

* Gøre opgaven mere autentisk (hvis det er muligt). *Fx et band der vil have en ny spændende lyd?*
* Få eleverne til at vælge sang og finde toner og frekvenser tidligere og forsøg at fastholde dem på, at det er den sang, de skal spille. Eleverne gik hurtigt i gang med at lave instrumentet og overvejede først, efter det var færdigt, hvilken sang det kan bruges til at spille.
* Mindre og mere overskueligt ressourcerum.
* Mere tid og struktur på idegenerering.
* Overvej mere tid til redesign og optimering (dog ikke sikkert det giver så meget mere fagligt, men eleverne føler nok mere, at de når i mål med at løse opgaven).

# **Afrunding**

Jeg er overbevist om, at jeg kommer til at gentage forløbet (med et par småændringer). Ligeledes er udmeldingen fra Mie. Det er et rigtigt godt forløb til at ryste eleverne sammen og samtidigt opnå faglig læring og styrkelse af nogle fagligt relevante kompetencer. *Og så var det også rigtigt sjovt for læreren!*



Figur 4: Billede af elevernes færdige instrumenter. Instrumenterne kunne hver spille 3-4 forskellige toner – nok til at spille en simpel melodi (som opgaven lød på), men ikke meget mere. Overraskende nok var der ingen af grupperne, der forfulgte designs, hvor man kunne ændre på strenglængden, mens man spillede (som på en guitar). Både strenglængde, materiale/strengtykkelse og opspænding kom i spil som middel til at ændre tonehøjden. Desuden eksperimenterede to af grupperne med resonanskasser. De fungerede rigtigt godt – de to instrumenter med resonanskasser spillede tydeligt højere end de andre, hvilket gav anledning til en fin faglig diskussion af resonanskassernes betydning for instrumentets klang og volumen.

# **Kreditering**

Forløbet er lavet på Silkeborg Gymnasium. Involverede lærere:

* Mie Ljungberg Kristensen ([ml@sg.dk](mailto:ml@sg.dk))
* Jonas Ørbæk Hansen ([jha@sg.dk](mailto:jha@sg.dk))
* Linda Feveile Nielsen ([lfn@sg.dk](mailto:lfn@sg.dk))
* Jacob Bisgaard Andersen ([jpa@sg.dk](mailto:jpa@sg.dk))
* Philip Jakobsen ([pj@sg.dk](mailto:pj@sg.dk))

Forløbet blev afprøvet af Mie og Jonas. Sidstnævntes forløb danner baggrund for denne rapport.

# **Bilag: Elevevaluering**

Udpluk af elevevalueringen.

### **Hvad var efter din mening det bedste ved forløbet? Svar:**

1. Udvikling af eget produkt. Bruge sine hænder til at skabe noget
2. At se ens færdiglavet instrument spille en melodi.
3. Det var anderledes
4. At bygge vores strengeinstrumenter.
5. Vi kunne arbejde frit med vores fantasi og egne ideer, ud fra vores undersøgelser
6. At de ting i lavede havde en sammenhæng
7. Det var utrolig fedt man selv kunne udvikle et instrument, og så finde ud af hvad der fungerede og ikke fungerede og derefter ændre på et.
8. Friheden til at bruge egne ideer
9. At vi skulle bygge et instrument ud fra vores egne ideer, og selv komme med løsninger.
10. Jeg synes det bedste var at vi selv måtte finde på et instrument og bare generelt hvordan vi gerne ville have streng instrumentet til at fungere, hvilket gjorde det mere åbent
11. at man selv kunne få lov til erfare ting
12. At vi selv var afgørende for produktets resultat. Fik ligesom selv lov til at tage styringen, i det her forløb. VI havde selvfølgelige fælles teori og sådan noget, men der var meget frihed, hvilket var godt også at prøve.
13. Det var sjovt nok at bygge noget
14. Jeg synes det var sjovt at designe og bygge instrumentet.
15. At det var frit projekt
16. Udvikle egne ideer
17. Det var sjovt og spændene
18. Det bedste var at vi fik lov til at lave noget ud fra vores forsøg, det gav mig en endnu bedre forståelse
19. AT kreativiteten måtte komme på spil, og vi selv skulle læse op på den viden vi behøvede.
20. Det var sjovt at lave noget nyt og anderledes.
21. Det var en anderledes måde at arbejde med fysik på
22. At have et forløb hvor man på anden vis fik lov til at udtrykke dig kreativt. Det har været rart at have denne variation mellem teori og den kreative løsning
23. Det var super fedt, at vi fik lov til at arbejde med egne ideer på en sjov og kreativ måde. Jeg synes, det har været et rigtig godt og spændende forløb.
24. Musik-delen, og så også at vi kunne være kreative i konstruktionen af vores instrument
25. at det virkede

### **Hvordan vil forløbet efter din mening kunne forbedres?**

1. Længere tid og en runde til et forbedret produkt.
2. Mere tid til projektet, så man kunne re-design.
3. man kunne have mere tid til at prøve sig frem med instrumentet og ændre på det
4. Jeg mærkede ikke som sådan, at det var et Engineering-forløb, men det var stadig sjovt. Så hvis det var meningen, at det skulle være tydeligt, at der var tale om et bestemt forløb, så kunne der godt have været mere fokus på det.
5. Hvis vi fik lov til at forbedre vores endelige instrument
6. Ved jeg ikke
7. Man kunne godt lære mere om engineering og lære flere begreber. Få mere teori omkring emnet vi har om.
8. pas
9. Hvis vores resultat skulle fungere bedre, skulle vi måske have haft lidt længere tid til at designe instrumentet, og bygge det.
10. Det ville være rart med lidt ekstra tid til at kunne forbedre instrumentet efter vi havde bygget det, da der ikke var mulighed for at ændre ens fejl
11. en smule mere tid, og lidt strammere linjer
12. Jeg synes at det fungerede meget godt. Jeg kan ikke lige umiddelbart finde på noget...
13. mere tid til at bygge selve instrumentet og forbedrede sig til fremlæggelsen
14. Der var mere frie rammer i forhold til hvilke faktorer vi måtte styre lyden ud fra
15. Mere tid og mere informationer
16. ?
17. Bedre materialer
18. Det kunne forbedres ved at man undersøgte andre ting som materialet af instrumentet eller resonansrummet, så det måske kunne komme bedre resultater.
19. Hvis vi fik mere teori, og en bredere baggrundsviden.
20. Mere tid til at udvikle på instrumentet, så man f.eks. kunne give instrumentet en klar og ren tone.
21. Give os lidt mere tid, eller gøre det klart for starten, at det omhandler engineering
22. Jeg synes det har været et rigtigt godt forløb
23. Personligt synes jeg, at forløbet har fungeret rigtigt godt, så jeg har ikke noget konkret forslag til forbedringer.
24. Jeg mener det var et generelt godt forløb
25. ved ikke

1. <https://ajte.org/index.php/AJTE/article/view/37/19> [↑](#footnote-ref-2)