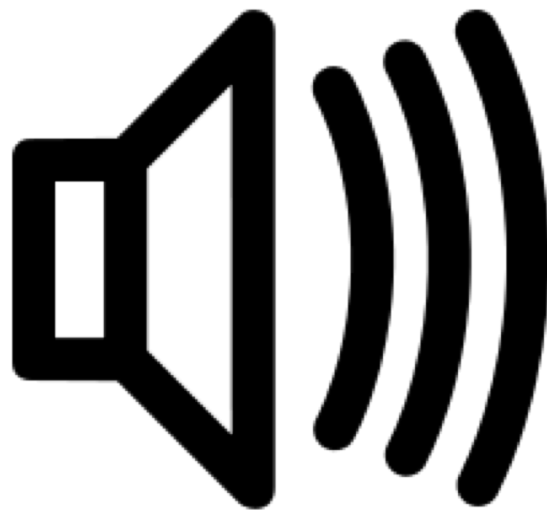


Ram tonen

Design og konstruktion af en lydgenerator



Ingeniørens udfordring

LÆRERVEJLEDNING

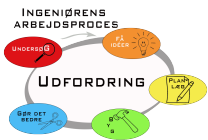
Til mellemtrinnet -Natur/Teknik

Lyd og akustisk teknologi



Experimentarium®

- DU BLIVER SJOVT NOK KLOGERE



Ingeniørens udfordring

Lærervejledning

Materialet er udarbejdet i forbindelse med EU-projektet; Engineer.

Redaktion:

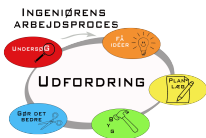
Læringskonsulent, Experimentarium:
Anette Vestergaard

Layout:

Anette Vestergaard Nielsen

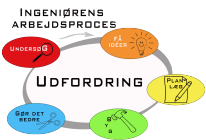
Experimentarium 2014





Indholdsfortegnelse

Introduktion	4
10 udfordringer	5
En problemløsende tilgang.....	5
Materialets opbygning.....	6
Viden og færdigheder.....	8
Introduktion til	9
teknologi og ingeniørarbejde	9
Ingeniørarbejde og teknologi	10
Teknologianalyse	11
Konklusion på teknologi og ingeniørarbejde.....	12
UDFORDRINGEN	13
Præsenter udfordringen	14
Krav til produktet	16
INGENIØRENS ARBEJDSPROCES	17
Præsenter Ingeniørens arbejdsproces	18
Undersøg.....	19
Undersøg - lyd	20
Undersøg - lydbølger	21
Undersøg - lyd som vibration	22
Undersøg - tonehøjder.....	23
Undersøg - resonanskasse og lydforskelle.....	24
Undersøg - strengenes spænding.....	25
Opsamling på undersøgelsesfasen	26
Repetér Ingeniørens arbejdsproces & undersøgelsesternes resultater	27
Få idéer.....	29
Planlæg og byg	30
Test af lydgeneratoren.....	31
Gør det bedre og test.....	31
REFLEKSION	33
Evaluering.....	33
Komponer og præsenter	2
lydsporet	2
Læringsudbytte af 'Ram Tonen'.....	3
Materialeliste	4
Centrale naturvidenskabelige begreber, viden og færdigheder	7
Elevers forestillinger	11
om lyd og ingeniørarbejde	11
Egne noter:	13
Partnere i Engineer	14



Introduktion

Unge naturfaglige dannelse skal gøre det muligt at forstå og agere i et samfund i stadig udvikling. Deres evne til at gå systematisk til værks, når de møder en udfordring skal trænes og med **Ingeniørens Udfordring** får eleverne på grundskolens mellemtrin netop et værktøj til problemløsning indenfor natur/teknologi.

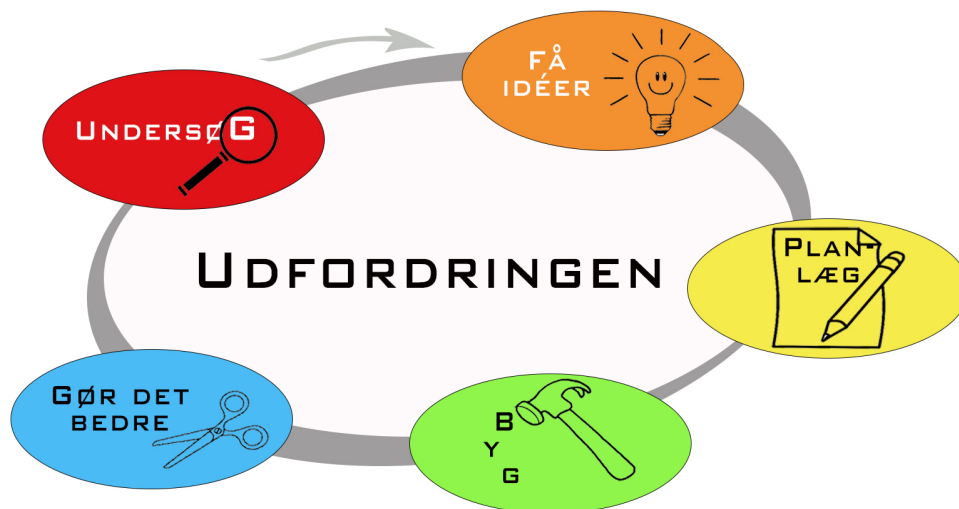
Ingeniørens udfordring er som materiale udviklet i samarbejde med 9 andre EU-lande og består af i alt 10 undervisningsforløb.

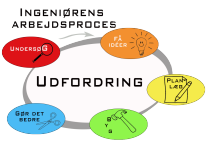
Hvert undervisningsforløb i **Ingeniørens Udfordring** er bygget op omkring en ingeniørudfordring, som skal løses ved at arbejde efter en 5-fasers arbejdsmodel: 'Ingeniørens arbejdsproces'.

Ingeniørens arbejdsproces er inspireret af den måde, som uddannede ingeniører arbejder på. Den består 5 faser: *Undersøg, Få ideer, Planlæg, Byg og Gør det bedre.*

Ingeniørens Udfordring har bl.a. til formål at udfordre den stereotype opfattelse af ingeniører og ingeniørarbejde. Derfor er der lagt stor vægt på at tilgodese begge køn og forskellige elevtyper, og dermed øge både drenge og pigers engagement i naturfagsundervisningen.

INGENIØRENS ARBEJDSPROCES





10 udfordringer

Der er udviklet ti forskellige forløb om **Ingeniørens Udfordring**, som alle tager udgangspunkt i forskellige naturfaglige emner og ingeniørfelter:

- *En fin balance* – om mekanik, balance og kræfter
- *Varme fødder* – om varmeledning, isolering og materialekendskab
- *Højt og tørt* – om at synke og flyde
- *Højt at flyve* – om luftnavigation og kræfter
- *Pust og sug* – om det menneskelige luftvejssystem
- *Vandhullet* – om jordbundstyper og filtrering
- *Grønne fingre* – om kapillærkræfter og vand som livgiver
- *Ram tonen* – om lyd og akustik
- *Mekanisk leg* – om mekanik og energi
- *Sug det op* – om elektriske kredsløb og sugsevne

En problemløsende tilgang

Ingeniørens arbejdsproces er undersøgelsesbaseret. Det vil sige, at elevernes egen undring, spørgsmål, valg og designs er centrale i læringsprocessen.

Ingeniørens arbejdsproces hjælper eleverne med at strukturere en udviklingsproces fra udfordring til færdigt produkt. Den er et værktøj til at fremme elevernes kreativitet og støtter udviklingen af deres problemløsningsevner; såsom at tilegne sig relevant viden, udvikle og teste ideer, fortolke resultater og evaluere løsninger. Andre kompetencer så som at overholde en deadline, sætte sig et mål og at samarbejde er også centrale i forløbet.

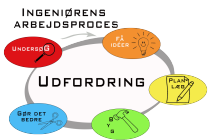
Materialiets opbygning

Ingeniørens Udfordring består af en lærervejledning og tilhørende elevark. I vejledningen til læreren findes konkrete forslag til aktiviteter, der understøtter elevernes begrebsforståelse og designproces. I afsnittet 'Baggrundsviden til læreren' forklares de naturfaglige begreber. De afsatte tider er vejledende.

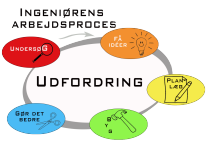
Aktivitet	Indhold	Tid	Formålet
Introduktion til teknologi - Giver en introduktion til teknologi begrebet og ingeniørarbejde	Ingeniørarbejde og teknologi Teknologi analyse Konklusion		At udvikle forståelsen af, at menneskeskabte genstande er udviklede til at opfylde et formål, og at teknologi i bred forstand dækker over enhver genstand, system eller proces, der er blevet udviklet til at løse et bestemt problem eller imødekomme et behov.
Udfordringen - Udfordringen, konteksten og 'Ingeniørens arbejdsproces' introduceres	Præsentation af udfordringen		At gøre arbejdet med problemet, videnstillelsen og udformningen af en lydgenerator relevant.
Ingeniørens arbejdsproces	Præsentation af Ingeniørens arbejdsproces		At præsentere eleverne for den måde, de skal arbejde på.
Arbejdsprocessen	Hvordan arbejdes der med lyd og akustik i hverdagen?		At give en hverdagsforståelse af lyd og akustik samt se hvordan elektriske apparater er designet samt henlede elevernes opmærksomhed på, hvordan materialevalg og konstruktioner i eksisterende apparater tjener et formål.
Undersøgelser: Hvad har andre gjort?	Hvordan har en resonanskasses strørrrelse indflydelse på lyden?		At undersøge forskellige former for lyd og udforskning af lydens egenskaber.
<i>Test af lydgenerator</i>	Eleverne prøver sig frem.		At genopfriske arbejdsprocessen faser og succeskriterier for lydgeneratoren.
Arbejdsprocessen - repetition	Arbejdsproces og succeskriterier for produkt		At få mange ideer og at udvælge den, der passer bedst til succeskriterierne. At arbejde på at konkretisere ideen og at få bragt den teoretiske viden i spil i designet af lydgeneratoren.
Få ideer	Brainstorm og udvælgelse af idé		
Planlæg	Tegner skitser af		

This document is produced under the EC contract № 288989

It is the property of ENGINEER Parties and shall not be distributed or reproduced without the formal approval



	lydgeneratoren		
Byg	Konstruktion af lydgeneratoren		At få omsat ideerne fra tegningen til praksis og at teste om lydgeneratoren er i stand til at opfylde de opstillede succeskriterier.
Gør det bedre	Forbedring og ny test		At evaluere testen og at foretage forbedringer ud fra resultaterne.
Præsentation	Præsentation af lydspor for hinanden		
Refleksion	Refleksioner over arbejdsprocessen		At få italesat, hvad arbejdsprocessens faser har bidraget til i forhold til de overordnede målsætninger.



Viden og færdigheder

I dette undervisningsforløb tilegner eleverne sig viden om:

- Lydens egenskaber
- Design og afprøvning af enkle produkter
- Lydgeneratorens udformning og konstruktion
- Syn og hørelse

Eleverne vil arbejde med udviklingen af følgende færdighedsområder:

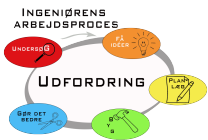
Undersøgelse: Eleven kan identificere materialer, deres egenskaber samt udvikle enkle produkter.

Modellering: Eleverne arbejder med modelleringskompetencer i planlægningsfasen, hvor de tegner en model af en lydgenerator, som de senere skal konstruere.

Perspektivering: Eleverne kan relatere natur og teknologi til situationer udenfor læringsrummet.

Sociale kompetencer: Eleverne samarbejder om at producere det bedste produkt ved at lytte til hinandens idéer og udnytte deres forskellige kompetencer.

Problemløsningskompetencer: Eleverne anerkender, at der er et problem og etablerer en forståelse for problemet og dets baggrund. Eleverne planlægger og udfører løsningen, hvorefter de afprøver og forbedrer deres produkt. Afsluttende evaluerer de processen.



Introduktion til teknologi og ingeniørarbejde

Som forudsætning for at gå i gang med udfordringen, skal eleverne have en forståelse af begrebet teknologi og ingeniørarbejde.

Denne teknologiintroduktion er ens i alle undervisningsforløb, og hensigten er at få eleverne til at tænke over, hvad teknologi er og at udfordre stereotype opfattelser af ingeniører og ingeniørarbejde.

Ingeniørarbejde og teknologi

Materialer: *Post-it* blokke

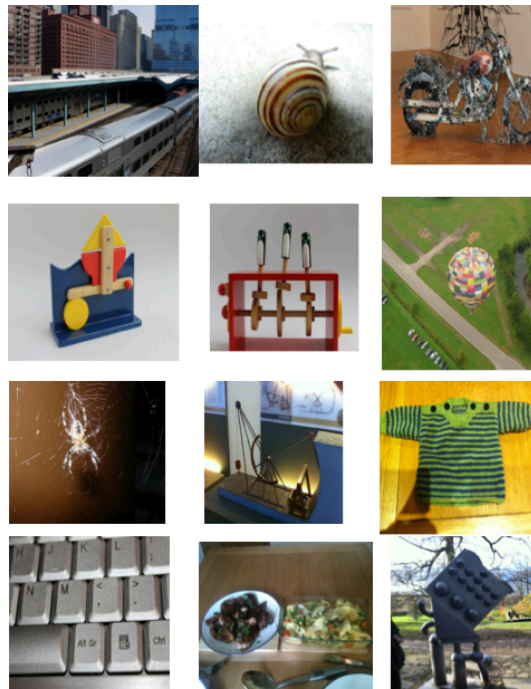
Del eleverne i fire grupper og giv hver gruppe en 'post-it' notesblok. Bed grupperne om at diskutere alle de ting, de associerer med udtrykkene 'ingeniørarbejde' og 'teknologi'. Sørg for, at hver elev i gruppen skriver mindst en ting på 'post-it' blokken under diskussionen.

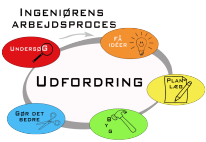
Få hver gruppe til at placere deres 'post-it' sedler på tavlen eller en stor fælles planche og få dem til kort at forklare deres valg til resten af klassen. Gem alle elevernes idéer til en gennemgang i senere i forløbet.

Yderligere diskussion af ingeniørarbejde:

Denne aktivitet kan udvides ved at uddele billeder af stereotype og usædvanlige eksempler på ingeniørarbejde, og derefter bede eleverne om at sortere billederne i ting, de associerer med ingeniørarbejde, og ting de ikke associerer med ingeniørarbejde.

Eleverne vælger, hvilke billeder de reletterer til ingeniørarbejde, og hvilke de ikke relaterer til ingeniørarbejde. Eleverne skal begrunde deres valg.





Teknologianalyse

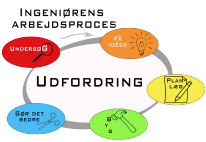
Materialer: Ca. 20 forskellige hverdagsting

Eleverne arbejder sammen to og to. Hvert par får udleveret en hverdagsting og skal finde svar på følgende spørgsmål:

- Hvad er det?
- Hvilket problem løser den?
- Hvad er den lavet af?
- Hvad kunne det ellers være lavet af?
- Hvad kan den ellers bruges til?

Når parret har diskuteret sig frem til svar på spørgsmålene, får de en ny hverdagsting. Saml op i plenum ved at få belyst, hvad eleverne har talt om omkring de forskellige ting.

Samtalen omkring de forskellige ting kan være med til at understrege, at de fleste ting vi bruger, er lavet med et bestemt formål for øje, og at ingeniører altid træffer et valg i forhold til design og anvendelse.

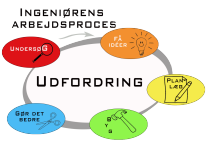


Konklusion på teknologi og ingeniørarbejde

Se på klassens post-it fra tidligere. Diskuter i klassen om eleverne har ændret syn på deres opfattelse af teknologi og ingeniørarbejde.

Væsentlige pointer:

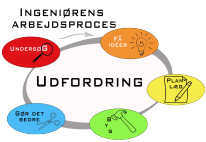
- Der er mange forskellige måder at definere teknologi på. Ingeniørens udfordring definerer teknologi som menneskeskabte genstande, systemer eller processer, der er udviklet til at opfylde et formål fx opfylde et behov eller løse et problem eller en udfordring
- Ingeniøren vælger de rette materialer til den rette opgave. Eleverne bør forstå at højteknologi ikke nødvendigvis er bedre end lavteknologi. Det handler om konteksten.
- Ingeniører bruger en række forskellige evner til at finde løsninger på problemer.
- Nogle løsninger virker, andre er mindre succesfulde. Ingeniørens arbejdsproces indeholder altid test, evalueringer og forbedringer for at øge succesen.
- En ingeniør arbejder indenfor faste rammer fx budget, tid og kvalitet.
- Forskellige former for ingeniørarbejde er: Bygningingeniør, Stærkstrømsingeniør (Elingeniør), Svagstrømsingeniør (Elektronikingeniør), IT-ingeniør, Maskiningeniør, Exportingeniør, Kemiingeniør, Miljøingeniør, Biotekingeniør, Skov- og Landskabsingeniør...
- Både mænd og kvinder, er ingeniører.



UDFORDRINGEN

I udfordringen rammesættes hele forløbet. Udfordringen i dette materiale er, at designe og bygge en simpel lydgenerator med strenge, som eleverne skal bruge til at komponere et lydspor til et kort filmklip.

Filmklippet har ingen lyd; det er blevet slettet ved en fejl. Kan eleverne hjælpe læreren ved at lave et nyt lydspor med en lydgenerator med strenge, som de selv har designet og bygget?



Præsenter udfordringen

Der er flere muligheder i forhold til at finde et filmklip. Benyt en af følgende muligheder:

1. Vælg et filmklip af ca. 50 sekunders varighed. Det kan være en tegnefilm eller en film på jeres eget sprog, eller et klip der passer til et bestemt emne I behandler i skolen, fx himmelrummet eller dyreliv. Se klippet med lyden slået fra.
2. Anvend en video som eleverne tidligere har indspillet i forbindelse med et emne I har behandlet i skolen.
3. Lad eleverne selv vælge et filmklip. Sørg for at tjekke, at filmklippene er alderssvarende.

Tip - På <http://movieclips.com> er der mange filmklip. Brug fx en del (0.40 - 1.35 sekunder) af klippet fra filmen 'Modern times' med Charlie Chaplin <http://cli.ps/xruv>. Eller is-scenen fra Bambi (0.0 – 0.50 sekunder) <http://cli.ps/hGMo>. Eller en Rube Goldberg maskine som denne: <http://youtu.be/qybUFnY7Y8w> (OK Go - This Too Shall Pass).

Diskuter lydens funktion i film og hørespil. Lad eleverne tænke over lyden og dens funktion. Hvorfor er lyden vigtig i en film? *Lyd kan skabe en stærk følelse indeni os, som får os til at opleve det vi ser mere intenst.* Vis filmklippet. Hvad sker der i filmklippet?

Før undersøgelsen

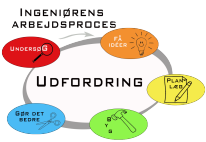
Hvad har vi brug for at vide for at løse problemet i udfordringen?

- Spørg eleverne, hvad de har brug for at vide for at kunne løse problemet. Hver gruppe diskuterer dette og skriver to spørgsmål på Elevens arbejdsark 2 – *Lydspor*.

Tip – Hvis eleverne kun stiller spørgsmål om materialer eller kriterier, så forsøg at anspore dem til at tænke på videnskabelige spørgsmål ved at stille spørgsmål som: Ved I hvordan man laver en lyd? Hvad er forskellen mellem en høj og en dyb tone?

- Lav en oversigt over gruppernes spørgsmål. Skriv dem på tavlen. Hvilke spørgsmål kan allerede besvares, og hvilke kræver yderligere undersøgelse inden besvarelsen?
- Sørg for, at restriktionerne og kriterierne er tydelige. Nogle spørgsmål vil omhandle videnskaben omkring udfordringen. Fortæl eleverne, at de senere skal lave forsøg, hvor de lærer om lyd og akustik.

Det er vigtigt, at de ord og begreber der anvendes, er helt klare for eleverne. Fx kan begreberne kraftig og høj tone let forveksles med hinanden. Skriv høj/dyb tone og kraftig/svag lyd et synligt sted samt alle andre ord, der behøver en forklaring. Dis-



kuter disse ord. Hav ordlisten et synligt sted gennem arbejdet med hele undervisningsmaterialet.

Tip – Det er en god idé løbende at tilføje ord og begreber på listen.

Introduktion og øvelse med diskussion

Eleverne fremstiller hver deres lydgenerator med strenge, men komponering af lydsporet foregår i grupper. Del klassen i grupper af ca. 5 elever i hver gruppe. Vis filmklippet igen og lad eleverne arbejde med Elevens arbejdsark 2 *Lydspor* (udelad det sidste spørgsmål). Efter ca. 10 minutter afholdes en diskussion i klassen, hvor der tales om hvilke slags lyde, eleverne vil lave.

Benyt også lejligheden til, at tale om hvad ingeniører, der arbejder med lyd, laver. Ingeniører, der løser lydrelaterede problemer kaldes ingeniører i akustik og audioteknologi. Den primære ting ingeniører i akustisk og audioteknologi laver, er at forsøge at kontrollere lyd. Det kan være at reducere lyden, eller at anvende den til noget nyttigt. Det kan omfatte:

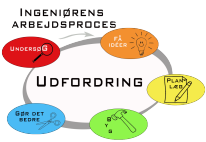
- Løsninger i forhold til uønsket støj, såsom lydbarrierer eller lydtætte rum til at lave musik i
- Udvikling af koncertsale med en god akustik
- Udvikling af løsninger til at minimere støj fra biler
- Udvikling af navigationssystemer, såsom sonar eller ekkolokalisering
- Ultralyd til medicinsk diagnosticering
- Optimering af musikeres lydeffekter.

Tip – Det kan være nødvendigt at give eleverne et klarere billede af begrebet 'tonehøjde'. Dette kan foregå gennem en samlet diskussion.

Refleksion over udfordring og videre arbejde

Afslut ved at gennemgå de ting, eleverne har fundet ud af undervejs. Mulige spørgsmål:

- Hvad kan vi bruge Ingeniørens arbejdsproces til?
- Kan I forklare de forskellige trin i Ingeniørens arbejdsproces?
- Hvad ved vi allerede om lyd?
- Hvilke spørgsmål mangler vi stadig at besvare?



Krav til produktet

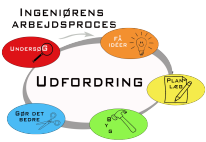
Udfordringen er, at designe og bygge en lydgenerator, der skal bruges til at komponere et lydspor til et kort filmklip. For at løse opgaven, er der visse succeskriterier lydgeneratoren skal opfylde. Alle skal bygge deres egen lydgenerator. Eleverne skal derefter i grupper komponere et lydspor. De skal afslutningsvis komponere og præsentere deres lydspor. Succeskriterierne for lydgeneratoren er:

- Den skal have 2 strenge, og de skal have hver deres tonehøjde.
- Stengene skal være af mindst to forskellige materialer.

Tip - For elever på et højere niveau kunne succeskriteriet være 3 strenge med forskellige tonehøjder.

Tip - Selv om eleverne bygger en lydgenerator med strenge, betyder det ikke, at de ikke også må bruge lydeffekter uden strenge, så længe de opfylder succeskriterierne. Dette kan øge deres kreativitet.

Tip - Hav succeskriterierne hængende synligt på en plakat eller tavle.



INGENIØRENS ARBEJDSPROCES

Arbejdsprocessen indeholder dels en introduktion til de 5 faser i arbejdsprocessen. Eleverne introduceres for, hvordan lyd bevæger sig og forsøg, der undersøger elementer af lydens egenskaber samt, hvordan eleverne kan forstærke lyd. Dette klæder dem på til ingeniørens arbejde med at designe, bygge og forbedre deres endelige lydgenerator.

Præsenter Ingeniørens arbejdsproces

Gennemgå indholdet af de fem faser i Ingeniørens arbejdsproces.

Undersøg: For at kunne bygge en lydgenerator, der kan fremstille lyd på filmklippet, bliver de først nødt til at undersøge en masse ting. I fasen *Undersøg* arbejder eleverne med:

- Nogle af lydens egenskaber
- Hvordan lyd bevæger sig
- Hvordan lyd kan forstærkes
- Ingeniørens arbejdsproces.

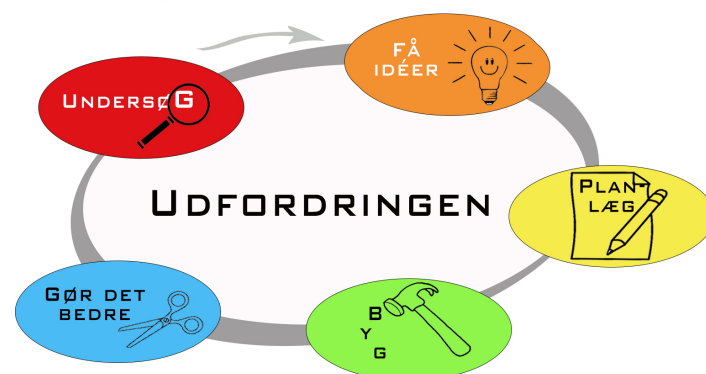
Få idéer: For at få en masse ideer til deres design brainstormer eleverne på gode idéer og vælger den bedste.

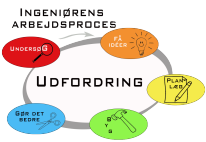
Planlæg: De tegner en model af idéen og udvælger materialer.

Byg: Nu følger de deres plan, bygger en lydgenerator og tester den.

Gør det bedre: Mulige forbedringer identificeres og deres lydgenerator gøres endnu bedre, hvorefter forbedringen testes og præsenteres.

INGENIØRENS ARBEJDSPROCES





Undersøg

Første trin i ingeniørens arbejdsproces er undersøgelsesfasen. Understreg overfor eleverne, at alle ingeniørudfordringer begynder med spørgsmål. Spørge-delen af ingeniørens arbejdsproces fører til en undersøgelse af lyd. Eleverne laver forsøg og opdager derved lydens egenskaber. De opdager også, hvordan resonanskassens størrelse har indflydelse på lyden. De erfarer, at det at lave undersøgelser kan lede til svar på spørgsmål.

I denne del vil eleverne lære:

- at lyd er en vibration
- at lyd er vibrationer i stof som fx luft, vand, træ, metal osv. og altså ikke kan udbrede sig i vakuum
- at en resonanskasses størrelse og materiale har betydning for lyden
- om de grundlæggende begreber om en vibrations frekvens og amplitude, samt effekten disse har på den frembragte lyd.

Materialer (til 30 elever):

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • slinky fjeder • liste med spørgsmål fra udfordringsdelen • ordliste påbegyndt i udfordringsdelen • en lille mængde sukker • 1 ballon • interaktiv tavle eller computer til at vise YouTube videoen • 15 Elevens arbejdsark 3 – <i>Forsøg med en lineal</i> • 15 linealer, ikke af træ • 15 Elevens arbejdsark 4 – <i>Elastisk og papkrus</i> | <ul style="list-style-type: none"> • 45 papkrus • 15 tynde elastikker • 15 sakse • 1 stor og 1 lille kasse af samme materiale og facon • 15 plastikkrus • 1 pakke tandtråd (20 cm per gruppe) • 1 rulle fiskesnøre (20 cm per gruppe) • 15 papirklips • 15 knapper • 15 træspyd |
|--|---|

Forberedelse:

- Find alle materialerne frem, herunder også en guitar eller et andet strengeinstrument.
- Lav kopier af arbejdsarkene.
- Hæng listen med spørgsmål fra udfordringen op.
- Hæng ordlisten op.
- Forbered YouTube videoen af en bølge på et stadion på den interaktive tavle eller computeren

Arbejdsmetode:

- Klasseaktivitet
- Diskussion i plenum
- Gruppearbejde.

Undersøg - lyd

Indled med at fortælle eleverne, at dette undervisningsforløb handler om undersøgelsen af lyd. Spørg eleverne, hvor i Ingeniørens arbejdsproces, de befinder sig samt hvilke spørgsmål de vil besvare i dag. Stil eleverne spørgsmål og noter svarerne på tavlen om begrebet 'lyd'.

Mulige spørgsmål kan være:

- Hvad tror I lyd er?
- Hvilke typer lyd findes der? Lad eleverne lave lyde såsom at nynne eller klappe.

Introducer ordet tonehøjde ved at lade eleverne lave en høj tone og en dyb tone. Gør det samme med en kraftig lyd og en svag lyd.

- Bed eleverne om at lægge en hånd på deres hals og føle efter.
- Få dem til igen at lægge hånden på halsen, men denne gang skal de nynne mens de føler efter. Hvad kan de mærke nu? *De kan mærke deres hals vibrere.* Konkluder, at lyd er en vibration.

Tag listen med spørgsmål fra første del; udfordringen. Var det et af elevernes spørgsmål?

Undersøg - lydbølger

Indled med at tale om, at I nu har fundet ud af, at lyd er en vibration. Fortæl, at lyd i bevægelse hedder en lydbølge. Hør eleverne:

- Hvem ved, hvad en bølge er?
Eleverne foreslår sandsynligvis bølger som i havet.
- Hvad er en bølge i havet?
I havet er en bølge noget vand, som bevæger sig.
- Er det det samme for lyd i luften?
Nej, det er det ikke. I luften er det lyden, der flyttes af luften. Luften 'blæses' ikke afsted af lyden.

Prøv at demonstrere dette med en slinky. Hav enderne af slinkyen ca. 80 centimeter fra hinanden, og sæt en bølge i gang. Lad eleverne observere.



- Kan de se bølgen (området, hvor fjederen er presset sammen) gå fra den ene side til den anden?
Ja.
- Slinkyen bevæger sig fra side til side, og vender derefter tilbage til sin udgangsposition.
- Lyd bevæger sig på samme måde. Luften bevæger sig en lille smule, men den 'puster' ikke lyden ind i øret på os. Luftpartiklerne bliver sat i bevægelse, og vibrationen bevæger sig igennem luften.

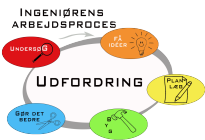


Tip – Demonstrer, hvordan trommehinden virker med en simpel model. Klip pustestykket af en ballon, og stræk den resterende del af ballonen hen over et plastikkrus. Drys lidt sukker på den udspændte ballon. Hold et papkrus tæt op mod munden med åbningen mod dig. Ret den mod modellen af trommehinden. Råb: 'hallo'. Gå rundt i klassen og bed eleverne om at fortælle, hvad de ser. Vibrationerne fra stemmen får den udspændte ballon til at vibrere, og dermed får den sukkerkornene til at hoppe.

Fortsæt: så lyden har brug for stof, den kan bevæge sig igennem, såsom luft. Tror I, at lyd kun kan bevæge sig igennem luft? Kunne den mon også bevæge sig gennem dette bord? Få alle til at lægge deres øre mod bordet og tromme forsigtigt med fingrene mod bordet. Hvad kan I høre? *Lyden bevæger sig gennem træet i bordet.*

Tip – En hyppig fejlopfattelse blandt børn er, at en bølge i vand og en lydbølge er det samme. Det er vigtigt at være opmærksom på dette, så eleverne opnår den rette forståelse af lydbølger.

Tip – Der kan også laves en sammenligning med en bølge på et stadion. Det er ikke menneskerne som bevæger sig fra den ene ende af stadion til den anden, det er bølgen, der gør det. For eksempel: <http://youtu.be/6SGeUVOP3GE>



Undersøg - lyd som vibration

Materiale: Elevhæfte – forsøg med lineal, lineal

Lad eleverne arbejde i makkerpar med forsøget på Elevens arbejdsark 3 – *Forsøg med en lineal*. I dette forsøg undersøger eleverne forskellen i vibrationen fra en kraftig og en svag lyd. Og forskellen i vibrationen fra en høj og en dyb lyd.

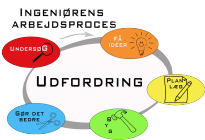
Bemærk, at det kan være svært for eleverne at beskrive, hvad de hører. Mind dem om ordlisten. Der kan forekomme meget støj i denne aktivitet. Diskuter gruppernes resultater efter 10-15 minutter, og fuldend disse sætninger med eleverne.

- En kraftig lyd kommer fravibrationer. *Store.*
- En svag lyd kommer fravibrationer. *små.*
- En høj tone kommer fravibrationer. *Hurtige.*
- En dyb tone kommer fravibrationer. *Langsomme.*

Hvis elevernes niveau er passende, kan begreberne frekvens og amplitude introduceres. Tilføj disse til ordlisten.

- Hvis vibrationen er stor, har vibrationen en stor amplitude.
- Hvis vibrationen er lille, har vibrationen en lille amplitude.
- En høj tone har vibrationer med en høj frekvens (mange vibrationer per tidsenhed).
- En dyb tone har vibrationer med en lav frekvens (få vibrationer per tidsenhed).

Tip – Hvis det ønskes ikke at anvende arbejdsarkene, kan instruktioner og spørgsmål skrives på tavlen i stedet. Eller man kan nøjes med at stille vejledende spørgsmål som: Hvad skal I gøre med linealen for at frembringe en svag lyd? Hvad skal I gøre med linealen for at frembringe en høj tone?



Undersøg - tonehøjder

Materiale: Elevhæfte 4 – Elastik og papkrus

I dette forsøg undersøger eleverne to ting. Først kigger de på forskellen i tonehøjde mellem en stramt udspændt og en mindre stramt udspændt elastik. Derefter undersøger de en resonanskasses funktion og erfarer, at jo større kassen er, jo kraftigere er lyden også.

Introducer begrebet 'kontrolleret forsøg'. Forklar, at det kun er muligt at lave en valid konklusion fra et forsøg, hvis der under forsøget kun har været én variabel mens alt andet, der kan have en indflydelse på forsøgets udfald, har været holdt konstant. Ellers er det ikke muligt at forklare, hvorfor tingene i forsøget sker.

Lad eleverne arbejde i makkerpar og gå i gang med Elevens arbejdsark 4 – *Elastik og papkrus*. Når eleverne er færdige, diskuter da deres observationer om elastikkens spændthed.

- En udspændt elastik frembringer en høj tone.
- En løsere udspændt elastik frembringer en dyb tone.
- Hvis I vil frembringe en høj tone, hvad skal elastikken så være? *Udspændt.*
- Hvis I vil frembringe en dyb tone, hvad skal elastikken så være? *En smule udspændt, ellers kan elastikken ikke vibrere, men ikke for udspændt.*

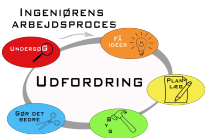
Diskuter elevernes resultater om resonanskassen i plenum.

- Lyden fra det store papkrus er kraftigere end lyden fra det lille papkrus. Papkruset fungerer som en resonanskasse. Den forstærker lyden. Jo større resonanskassen er, jo kraftigere er lyden.

Diskuter i plenum: Er der andre måder, hvorpå størrelsen af resonanskassen påvirker lyden?

- Lyden fra en stor resonanskasse er dybere end lyden fra en lille resonanskasse. Brug som eksempel på dette, forskellen mellem en kontrabas og en violin.

Tip – Det kan være vanskeligt at høre forskellen i tonehøjden. Hvis der er et strengeinstrument tilgængeligt, kan dette med fordel anvendes i diskussionen til at vise forskellen i tonehøjde, når strengen spændes.



Undersøg - resonanskasse og lydforskelle

Materiale: Medbragt resonanskasse

Fortæl eleverne, at de skal medbringe resonanskassen til deres lydboks hjemmefra. Diskuter eksempler på, hvad de kan medbringe. *Tomme madbeholdere fx fra hytteost, fetaost og smør, solide papkasser, Pringles beholdere, tomme maddåser, store og små plastikflasker. Se eksempler i appendiks.*

Eleverne har allerede lært, at resonanskassens størrelse har indflydelse på lyden. Jo større kassen er, jo kraftigere og dybere er lyden. De skal nu lave et forsøg, der vil tydeliggøre, at lydboksens materiale også påvirker lyden.

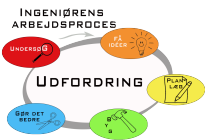
Lad eleverne arbejde i makkerpar om at undersøge lydforskellen mellem et papir- og et papkrus ved at tromme med fingrene på krusene. Der er ikke noget arbejdsark til dette forsøg.

Mulige spørgsmål:

- Hvad kan bruges som resonanskasse?
- Er lyden fra krusene ens?
- Hvorfor er det interessant at undersøge lyden fra jeres mulige resonanskasse?

Tip – Udvidelse af arbejdet: Lad eleverne undersøge, hvordan åbningens størrelse i resonanskassen påvirker lyden. Hvad sker der for eksempel, når der er huller i resonanskassen? Hvad sker der, hvis hullerne er store?





Undersøg - strengenes spænding

Materiale: forskellige strenge (etv. tandtråd og fiskesnøre), papkrus og broderinål uden spids.

Lad eleverne forsøge sig med måder at fastgøre forskellige strenge til et papkrus. Til fastgørelsen kan papirklips, knapper og træspyd anvendes. Til at lave huller i kruset kan fx en broderinål uden spids anvendes. Se også billederne i appendiks.



Efter 10 minutter kan I lave en opsamling, ved at diskutere hvordan man skal og ikke skal gøre. Mulige spørgsmål:

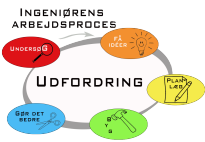
- Hvordan kunne I fastgøre strengene til jeres resonanskasse?
- Kan I give et godt råd til jeres klassekammerater?

Eftersom strengens spænding har en stor indflydelse på lydens tonehøjde, er det af stor betydning hvordan strengene er fastgjort til resonanskassen.

Tip – Billeder af mulige fastgørelser kan findes i materialets appendiks. Da det er nødvendigt, at strengene er meget udspændte for at give en god og klar lyd, er en god fastgørelse vigtig, men sommetider også svær. Eleverne kan have svært ved at finde måder at gøre det.

- *Anvend en knap eller papirklips på den ene side, og lad strengen gå hele vejen rundt.*
- *Anvend et træspyd: Sno strengen rundt om spyddet, og drej spyddet for at stramme stengen.*

Anvend en øskenskrue, der kan stramme strengen, når den drejes.

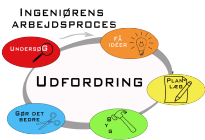


Opsamling på undersøgelsesfasen

Gentag resultaterne fra forsøgene, gerne med et rigtigt strengeinstrument. Anvend dette til at tjekke læringsudbyttet.

- Store vibrationer → kraftig lyd
- Små vibrationer → svag lyd
- Hurtige vibrationer → høj tone
- Langsomme vibrationer → dyb tone
- Hvis vibrationen er stor, har vibrationen en stor amplitude.
- Hvis vibrationen er lille, har vibrationen en lille amplitude.
- En høj tone har vibrationer med en høj frekvens (mange vibrationer per tidsenhed).
- En dyb tone har vibrationer med en lav frekvens (få vibrationer per tidsenhed).
- Lyd bevæger sig gennem stof.
- En stramt udspændt elastik frembringer en høj tone.
- En løsere udspændt elastik frembringer en dyb tone.
- Jo større resonanskassen er, jo kraftigere er lyden.
- Jo større resonanskassen er, jo dybere er lyden.

Sørg for, at alle de spørgsmål eleverne havde for at kunne påbegynde udfordringen, er besvarede. Bedøm gennem den fælles diskussion, i hvilken grad læringsmålene er opnåede. Den næste del af undervisningsmaterialet omhandler det følgende trin i Ingeniørens arbejdsproces. Det betyder, at der nu skal designes og bygges lydgeneratorer. **Alle skal medbringe deres egen resonanskasse!** Inden det endelige valg af resonanskasse, skal eleverne tænke på det filmklip, de skal komponere et lydspor til. De skal huske på, hvilke slags lyde, de vil lave, og vælge resonanskassen derefter.



Repetér Ingeniørens arbejdsproces & undersøgelsernes resultater

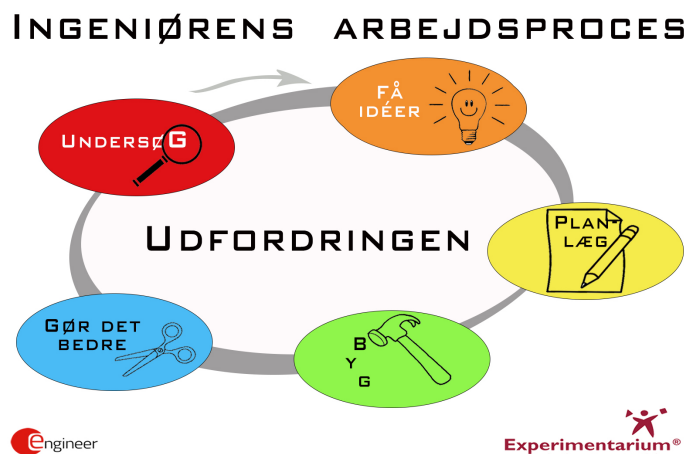
I denne del skal eleverne arbejde med 5-fase modellen 'Ingeniørens arbejdsproces' til at få ideer, planlægge og fremstille deres egen lydgenerator, så de kan lave et lydspor ved hjælp af strenge og en lydboks. De skal nu anvende al den viden, de har opnået ved deres undersøgelser til at løse udfordringen samt lære at anvende vaskelige materialer på sikker vis. Eleverne arbejder stadig i grupper på 5.

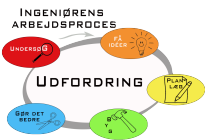
I denne del vil eleverne lære:

- hvad en designmæssig udfordring indebærer
- på hvilke måder lydets tonehøjde kan ændres
- at for at kunne designe og implementere en funktionsdygtig løsning til en ingeniørudfordring, er man afhængig af den videnskab (de fysiske principper), der danner grundlag for problemet
- at en lydgenerator kan bygges på adskillige måder, og konstruktionen vil være vellykket, så længe den lever op til de givne succeskriterier. Der findes altså ikke én rigtig løsning på problemet, men en række af løsninger
- at test og evaluering er en vigtig del af Ingeniørens arbejdsproces
- at tage tilstrækkeligt hensyn til sikkerheden og anvende redskaber på en hensigtsmæssig måde.

Indled med at skitsere ingeniørudfordringen: Udformningen af en lydgenerator til at skabe et lydspor. Henvis til 'Ingeniørens arbejdsproces' der beskriver modellen, som eleverne skal bruge i tilrettelæggelsen af deres arbejde. Introducer faserne igen:

Gør det klart for eleverne, at det at holde styr på tiden er afgørende i denne arbejdsproces. Opstil deadlines for hver af faserne, og gør derved også det at administrere tiden til en læreproces.





Repetér kravene til produktet

Inden eleverne udvikler deres egne lydgeneratorer, skal de have kravene til den genopfrisket. Det er disse mål, som de skal teste deres lydgenerator op mod senere.

Kravspecifikation:

- Lydgeneratoren skal have 2 strenge, og de skal have hver deres tonehøjde.
- Stengene skal være af mindst to forskellige materialer.

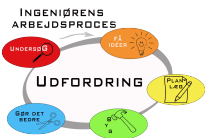
Diskuter med klassen, hvordan succeskriterierne, lydgeneratoren og lydsporene skal vurderes. Hvad mener eleverne? Der er nogle vigtige ting at overveje:

- Alle (læreren og eleverne) skal blive enige om, hvordan lydgeneratorerne skal vurderes. Det er vigtigt at alle har noget at skulle have sagt her; det øger elevernes engagement. Tag deres idéer alvorligt.
- Det handler ikke om at bygge en perfekt lydgenerator med det samme. Det er i orden at gøre noget, og så opdage at det ikke var den bedste løsning. Arbejdsprocessen handler om at teste og forbedre. Det er også sådan, ingeniører arbejder.
- Et andet vigtigt aspekt er, at eleverne forstår, at de kan lære af hinanden. Så selv om de bygger deres egen lydgenerator, kan de sagtens bede om råd eller kigge på det arbejde, de andre laver.

Opsummer undersøgelsernes resultater

Opsummer desuden, hvad eleverne har lært indtil videre.

- Hvordan kan man opnå en høj/dyb tone?
- Hvad er en resonanskasses funktion? Spiller resonanskassens størrelse nogen rolle i forhold til lyden?
- Hvad er vigtigt i forhold til fastgørelse af strengene?
- Hvilke trin i Ingeniørens arbejdsproces har vi været igennem? Hvilket trin er vi ved nu?



Få idéer

Materialer:

Elevhæfte: "Lydspor" og "Få idéer"

Indled eventuelt med at vise filmklippet. Ved eleverne hvilken lyd, de vil have deres lyd-generatorer til at lave? De overvejede dette i udfordrings-delen på Elevens arbejdsark 2 – *Lydspor*.

Introducer materialerne og redskaberne.

- Hver gruppe har den samme mængde materialer at bygge af. Gennemgå alle materialerne.
- Gennemgå alle redskaberne. Vær opmærksom på sikkerheden og giv tydelige eksempler på, hvordan man anvender redskaberne og materialerne.
- Det afhænger af de tilgængelige materialer, men der kan være nogle redskaber og materialer der kræver ekstra vejledning. For eksempel at lave huller i en dåse med en spids/syl. Mind eleverne om de forskellige former for fastgørelse, de øvede sig på i Del 2. Det er interessant at undersøge, om der er måder, hvorpå man kan fastgøre strengene således at det er muligt at ændre på strengens spænding, efter den er fastgjort, som på en guitar eller violin.

Tip – Vær ekstra opmærksom på sikkerheden, når eleverne anvender en broderinål eller et spidst redskab til at lave huller i deres resonanskasse

Eleverne skal have adgang til de materialer, der er tilgængelige i byggefasen. De må få et eksemplar af hver ting til øvelsen, men de må ikke sætte materialer sammen.

Egenskabsstafet

Øvelsen hedder: "Egenskabsstafet" og går ud på at få listet alle de gode egenskaber ved materialerne. Hver gruppe skal nu nævne 6 ting ved én af materialerne. Gruppen vælger fx solide papæsker og skal nu nævne 6 egenskaber ved solide papæsker. De skiftes til at nævne en egenskab. Holdbar, fast mv. Én i gruppen skriver udsagnene ned i elevarket ud for papæsker. Derefter tager de et nyt materiale og nævner 6 egenskaber, indtil tiden er gået. De har 10 min.

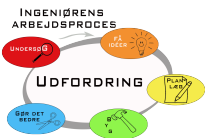
I stafetten har de nu fået listet nogle egenskaber ved de materialer, de skal bruge senere.

3-4 skitser

Eleverne tegner hver en skitse af en lydgenerator, der kan leve op til kravene. Anvend Elevens arbejdsark 5 – *Nu bygger vi!*. De diskuterer i gruppen, hvilken en idé, der er den bedste.

Vælg den bedste idé

Hver gruppe beslutter sig for, hvilken idé de synes, er den bedste. I den næste aktivitet arbejder de med at planlægge lydgeneratoren yderligere.



Planlæg og byg

Elevhæfte: "Nu bygger vi!"

Materialer til design af lydgenerator

Til strengene

- fiskesnøre
- brede elastikker
- tynde elastikker
- tandtråd
- sytråd

Til resonanskassen

Dette kan være tomme og rengjorte madbeholdere af solide materialer.

For eksempel:

- beholdere fra hytteost
- smørbakker
- solide papæsker
- Pringles bokse
- tomme madbeholdere
- plastikflasker (store eller små)

Til fastgørelse af strengene

- knapper
- papirklips
- klips til lukning af kuverter (line-danserben)
- øskenskrue
- ispinde, også til stramning af strenge og kan yderligere fungere som understøttelse til strengene
- træspyd, også til stramning af strenge

Redskaber

- broderinål uden spids eller andet perforerende
- redskab

Den tredje fase er planlægningsfasen. Eleverne skal arbejde videre med idéen fra idéfasen og konkretisere den. Eleverne arbejder ud fra deres viden om, hvilke materialer, der er til rådighed til designet. Men de har ikke adgang til dem. Dette er en god øvelse i at sætte den videnskabelige viden fra deres undersøgelser i praktisk anvendelse.

Nu kan eleverne arbejde videre og tænke på samt planlægge deres egen lydkasse. Nogle elever vil måske gerne lave en plan over konstruktionen af deres lydkasse. Det kan de gøre ved at tegne en skitse eller skrive idéen ned. Til dette kan de anvende Elevens arbejdsark 5 – *Nu bygger vi!*, der også blev introduceret i idéfasen.

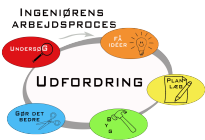
Tip – Anvendelse af arbejdsarket er ikke påkrævet. Det kan hjælpe eleverne, men det kan også være meget svært, og kan derfor hæmme elevernes kreativitet.

Tip – Inden eleverne begynder at bygge, er det nødvendigt at forklare dem, hvorfor det er vigtigt at sætte strengene fast, så de kan spændes og løsnes. Det er essentielt for at få lyd og forskellige tonehøjder fra deres lydkasse.

Når eleverne har planlagt, hvordan lydgeneratoren skal bygges (efter ca. 10 minutter), kan de hente byggematerialerne og gå i gang med konstruktionen. Det gør det mere overskueligt, hvis alle materialer og værktøjer til hver gruppe er samlet i en kasse.

Stop aktiviteten efter 15 minutter, og hør eleverne, hvordan det går med byggeriet. Mulige spørgsmål:

- Virker jeres idé?
- Er I i stand til at opfylde succeskriterierne for lydgeneratoren?
- Har I nogle tip og tricks I kan dele med de andre?



Eleverne kan introducere deres idéer til resten af klassen og udveksle råd og idéer. Lad eleverne arbejde videre med deres lydgenerator

Test af lydgeneratoren

Gør det bedre og test

I denne sidste fase skal eleverne overveje, hvordan de kan forbedre lydgeneratorens design. Eleverne diskuterer deres valg af løsningen, design, testresultater, og hvad der skal forbedres.

Spørgsmål:

- Opfylder lydgeneratoren kravene
- Hvordan kan...
- Mv.

Eleverne præsenterer og får feedback på idéer til forbedring af lydgeneratoren. I deres forklaring skal de trække på den viden, de har opnået fra de foregående lektioner. Eleverne skal baseret på evalueringen, forbedre deres lydgenerator. De har 10 minutter.

Test af ny og forbedret lydgenerator – Testrapport 2

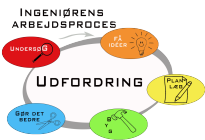
Når de forbedrede lydgeneratoren er færdige, tester eleverne dem igen og noterer deres data i elevhæftet: "Testrapport 2".

De deler deres resultater med hinanden og laver en konklusion på, om de klarede udfordringen?

Konklusion

Forhåbentlig er udfordringen blevet klaret med succes, og al konfetti er blevet suget op.

Lav en slutning på historien og forbered eleverne til den næste lektion, der er en evaluering af, hvordan de har arbejdet, og hvad de har lært.



Vurdering af arbejdet

Hvad var succeskriterierne for lydgeneratoren?

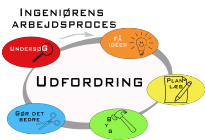
- Den skal have to strenge, som skal have hver deres tonehøjde.
- Stregene skal være af mindst to forskellige materialer.

Hav en fælles diskussion om succeskriterierne og byggeprocessen, som eleverne har været igennem.

- Var det svært at opfylde kriterierne?
- Hvilke slags løsninger fandt I?
- Hvordan var I i stand til at få høje og dybe toner?

Gennemgang af læringsudbyttet

Hver enkelt elev har arbejdet med at lave en lydgenerator som opfylder udfordringens succeskriterier, og som de kan bruge til at komponere et lydspor. I den næste del skal eleverne komponere deres lydspor og præsentere det for resten af klassen. De skal også tale om de erfaringer, de har gjort sig gennem designprocessen.



REFLEKSION

I reflektionsdelen bliver Ingeniørens arbejdsproces og lydsporet evalueret. Hvordan klarede de udfordringen? Hvordan anvendte eleverne den viden, de havde opnået, og hvordan arbejdede de med Ingeniørens arbejdsproces? Det er også her, at eleverne præsenterer deres løsning på problemet og opnår stolthed over, hvad de har lært og fremstillet.

I denne del vil eleverne lære:

- at reflektere over deres arbejde
- at de kan anvende ingeniørens arbejdsproces til at løse et problem
- om den videnskabelig forståelse af lyd og akustik og dennes forudsætning for et vellykket ingeniørarbejde.

Materialer (til 30 elever):

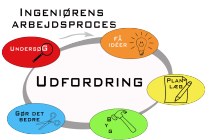
- 30 evalueringsark
- filmklippet
- interaktiv tavle eller computer med projektor
- internet forbindelse (til at vise filmklippet).

Forberedelse:

- Lav kopier af evalueringsarkene.
- Sørg for, at alle lydgeneratorerne er der.
- Forbered visning af filmklippet.

Evaluering

Indled denne del med at reflektere over processen med at anvende modellen over Ingeniørens arbejdsproces: "Hvad har vi lært i arbejdsprocessen? og "Hvordan arbejdede vi?" Evalueringsarket kan anvendes. Bed eleverne om at udfylde det eller anvend det som vejledende spørgsmål.



Komponer og præsentér lydsporet

Lydgeneratoren er redskabet til at lave lydsporet. I dag skal eleverne komponere og præsentere lydsporet med deres gruppe. Mind dem om, at de allerede har arbejdet lidt på lydsporet, da de udfyldte arbejdsark 2 – *Lydspor*. Vis filmklippet to gange.

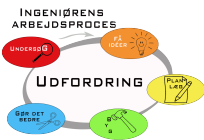
Giv eleverne 15 minutter til at komponere og øve deres lydspor. Hvis det er muligt, så lad dem køre filmklippet i ring.

Efter de 15 minutter skal hver gruppe præsentere deres lydspor. Mulige spørgsmål der kan stilles efter hvert afspillede lydspor:

- Synes I, at lydsporet passer godt til filmklippet? Hvorfor?
- Er det let at høre, om gruppen har brugt høje eller dybe toner?

Giv alle grupperne 10 minutter til at forbedre deres lydspor, og lad dem præsentere deres forbedrede udgave.

Tip – Hvis det er muligt, så lad eleverne øve deres lydspor i forskellige rum. De kan også få ekstra tid i løbet af ugen til at gøre det.



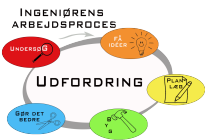
Læringsudbytte af 'Ram Tonen'

Tal om, hvad eleverne har lært og opnået. Henvi til den introducerende del (Introduktion til teknologi og ingeniørarbejde), og hør om eleverne stadig mener, at menneskeskabte ting er designet til et formål, og at teknologi i ordets bredeste betydning refererer til en hvilken som helst ting, system eller proces, som er designet og modificeret for at løse et bestemt problem eller opfylde et behov.


Ingeniører der løser problemer forbundet med lyd hedder ingeniører i akustik og audioteknologi. Vores undersøgelser af lyd har hjulpet os, så vi kunne bygge en lydgenerator. Er der nogen, der kan komme i tanker om andre former for problemer, en ingeniør i akustik og audioteknologi kan løse?

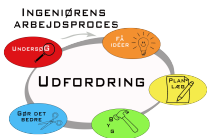
- Løsninger i forhold til uønsket lyd, såsom lydbarrierer eller lydtætte rum, hvor man kan lave musik.
- Udvikling af en koncertsal med en god akustik.
- Udvikling af løsninger i forhold til at minimere bilstøj.
- Udvikling af navigationssystemer, såsom sonar eller ekkolokalisering.
- Ultralyd til medicinsk diagnosticering.
- Optimering af musikeres lydeffekter.


Hovedopgaven for ingeniører i akustik og audioteknologi er at forsøge at kontrollere lyd. Det kan både være at reducere lyden og at anvende den til nyttige formål.

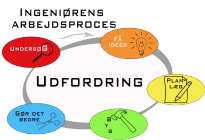







Materialeliste

Materialer	Totale mængde	Introduktion	Del 1	Del 2	Del 3	Del 4
Interaktiv tavle eller computer med projektor	1		1	1	1	1
Internet forbindelse (til at vise filmklip)	1		1	1	1	1
Filmklip (se Del 1, side 10)	1		1		1	1
Ingeniørens arbejdsproces printet på et stort (A-2) stykke papir	1	1	1	1	1	1
A4 papir	12		12			
Elevens arbejdsark 2 <i>Lydspor</i>	30		30	30		30
Listen med spørgsmål fra Del 1	1		1	1		1
Elevens arbejdsark 3 <i>Forsøg med en lineal</i>	15			15		
Elevens arbejdsark 4 <i>Elastik og papkrus</i>	15			15		
Elevens arbejdsark 5 <i>Nu bygger vi!</i>	30				30	
Evalueringsark til Ingeniørens arbejdsproces	30				30	
Resonanskasser (fx rengjorte madbeholdere såsom fra hytteost, Pringles, dåser, flasker osv. Se eksempler i appendiks)	30 (1 til hver elev)				30 (1 til hver elev)	
Boks til materialerne (opbevaring)	5				5	
Strenginstrument (hvis muligt)	1			1		
Slinky fjeder (Trappefjeder)	1			1		
 Slinky fjeder (Trappefjeder)	1			1		
Lineal (ikke af træ)	15		15	15		
 Lineal (ikke af træ)	15		15	15		
Papkrus	75			45	30	
 Papkrus	75			45	30	
Plastikkrus	30			15	15	
 Plastikkrus	30			15	15	



Materialer	Totale mængde	Introduktion	Del 1	Del 2	Del 3	Del 4
Stor firkantet papkasse 	1			1		
Lille firkantet papæske 	1			1		
En lille mængde sukker (til udvidet aktivitet)	1 portion		1 portion			
Ballon (til udvidet aktivitet)	1		1			
Tandtråd 	6 æsker			1 æske	5 æsker (1 til hver gruppe)	
Fiskeline (0,3-0,8 mm) 	6 ruller			1 rulle	5 (1 til hver gruppe)	
Papirklips 	90			15	75 (15 til hver gruppe)	
Knapper 	90			15	75 (15 til hver gruppe)	
Træspyd 	105			15	90 (18 til hver gruppe)	
Brede elastikker 	90				90 (18 til hver gruppe)	
Tynde elastikker 	105			15	90 (18 til hver gruppe)	
Sytråd 	5 ruller				5 ruller (1 til hver gruppe)	
Metallips til lukning af kuverter "linedanserben" 	75				75 (15 til hver gruppe)	

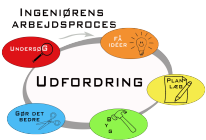


Materialer	Totale mængde	Introduktion	Del 1	Del 2	Del 3	Del 4
Øskenskrue 	90				90 (18 til hver gruppe)	
Ispinde 	90				90 (18 til hver gruppe)	
Sakse 	15			15	10 (2 per gruppe)	
Broderinål uden spids eller redskab til at lave huller med 	15			15	15 (3 per gruppe)	
Tape 	5 ruller				5 ruller (1 per gruppe)	

Centrale naturvidenskabelige begreber, viden og færdigheder

Baggrundsviden om lyd og akustik

- Lyd er en vibration.
- Der skelnes mellem lydtyperne: høj/dyb/kraftig/svag.
- Lyd bevæger sig gennem stof såsom luft og vand.
- Lyd bevæger sig som en bølge.
- Lyd bevæger sig med forskellig hastighed gennem forskelligt stof.
- Lyd høres, når vibrationer sætter trommehinden i svingninger.
- Lydens tonehøjde kan være høj eller dyb.
- Hurtige vibrationer kan frembringe en høj tone og langsommere vibrationer kan frembringe en dyb tone.
- Kraftige lyde fremkommer af store vibrationer og svage lyde fremkommer af små vibrationer.
- En lyds tonehøjde og lydstyrke kan ændres med en resonanskasse.



Lyd – Lyd er en vibration, der bevæger sig gennem stof (såsom luft eller vand). En **vibration** er en baglæns og forlæns bevægelse frembragt af en vibrerende kraft. Vibrationer bevæger sig udad i alle retninger fra kilden gennem det omgivende stof; de overføres gennem stoffet.

Hørelse – Når vibrationer når frem til øret, får de trommehinden til at vibrere. Lydene forstærkes inde i øret (det er ikke afgørende at kende til de anatomiske detaljer i dette undervisningsmateriale), og beskeder sendes via hørenerven til hjernen, hvor de bliver fortolket (dvs. 'hørt'). Hvis man for eksempel spiller på en fløjte, vil luften inde i fløjten vibrere, når man puster i den. Folk der sidder hele vejen omkring personen som spiller fløjte kan høre det, fordi vibrationerne bevæger sig udad fra fløjten gennem den omgivende luft, indtil den når de enkeltes trommehinde.

Lydbølge – Når en lydkilde vibrerer, forårsager det vibrationer i partiklerne som udgør det omgivende stof. Partiklernes bevægelse baglæns og forlæns (vibrationer) bevæger sig igennem stoffet, og når de gør det, skaber de områder hvor partiklerne er tætpakkede (**fortætninger**) og områder hvor partiklerne er spredt ud med større afstand imellem hinanden (**fortyndinger**), hvorved der opstår bølger af tryk (**lydbølger**). Det er muligt at se en animation af dette her: <http://www.acs.psu.edu/drussell/Demos/waves-intro/waves-intro.html>

Der er tre karakteristika, som beskriver en lydbølge:

- Frekvens** – det antal bølger der passerer et punkt hvert sekund – målt som cyklusser per sekund, kaldet Hertz (Hz)
- Bølgelængde** –afstanden mellem toppen på en bølge til toppen på den næste bølge
- Amplitude**- et mål for bølgens størrelse.

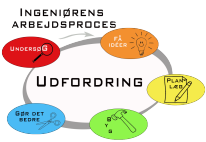
Frekvens – Frekvensen er antallet af vibrationer i en tidsenhed.

Det menneskelige øre kan høre i frekvensområdet 20-20.000 Hz. Det betyder, at 20 Hz er den dybeste lyd vi kan høre, og 20.000 Hz er den højeste. Det afhænger også af alder og helbred. Generelt kan børn høre højere lyde end voksne, så der er lyde som eleverne i klassen vil kunne høre, som læreren ikke kan. Nogle dyr kan høre og frembringe meget højere eller meget dybere lyde end mennesker kan høre. En hund kan for eksempel høre lyde i frekvensområdet 15-50.000 Hz. En flagermus kan høre lyde i frekvensområdet 100-100.000 Hz, mens pukkelhvalens sang ligger på 20-24Hz.

Tonehøjde – Tonehøjden afhænger af frekvensen. En høj tone har en høj frekvens, og en dyb tone har en lav frekvens. En lyds tonehøjde afhænger af lydbølgens frekvens, som er bestemt af vibrationens hastighed. Jo højere frekvensen er, jo højere er antallet af vibrationer per tidsenhed. En højere frekvens (altså hurtigere vibrationer) frembringer en højere tone end en lyd med langsommere vibrationer. Frekvens måles som vibrationer per sekund eller Hertz (Hz). Jo højere en lyds frekvens er, jo kortere er bølgelængden. Dette påvirker den måde en lyd bevæger sig på (se *Sådan opfører lydbølger sig* – længere nede).

Amplitude – Amplituden er størrelsen på en bølge. Amplituden bestemmer lydstyrken. En stor amplitude frembringer en kraftig lyd, og en lille amplitude frembringer en svag eller stille lyd. Dette kan illustreres med en lineal, der anslås (se *Forøg med en lineal* i Del 2). En stor vibration frembringer en kraftigere lyd end en lille vibration. Lydintensiteten måles i decibel (dB). Det er en logaritmisk skala. En forskel på 10 dB mellem to forskellige lydes intensitet betyder, at den ene lyd er 10 gange kraftigere end den anden. Menneskelig tale ligger mellem 40 dB (hvisken) og 80 dB (råb). Ørets følsomhed overfor en lyd afhænger af lydets frekvens. Det menneskelige øre er mest følsomt overfor lyde med en frekvens på omkring 4.000 Hz. Den højeste tone på et klaver er omkring 4.000 Hz. Der er meget kraftige lyde, som vores hørelse slet ikke registrerer. For eksempel er den lyd flagermus laver på 130 dB, men vi kan ikke høre dem, fordi lydene er for høje at høre for vores ører. Nogle få eksempler på forskellige lyde på en dB skala:

- | | |
|------------------------|-------|
| • hvisken | 40 dB |
| • samtale | 60 dB |
| • råb | 80 dB |
| • risiko for høreskade | 85 dB |



- trykluftbor 100 dB
- jetmotor på 10 m afstand 120 dB (eller en klasse fyldt med råbende børn)
- smertegrænsen 130 dB
- rock koncert tæt på højtalernerne 150 dB
- kraftig artilleriild 180 dB

Stof – Lyde bevæger sig gennem stof. Hvis der ikke er noget stof, er der ikke noget, der kan vibrere. Stoffet kan være luft eller vand, men også faste materialer såsom træ. Når man svømmer under vandet, kan man stadig høre ting. Træ er også et godt stof; læg øret mod bordpladen og trom på bordet med fingrene. Kan det høres? Når man taler om lydets hastighed, menes der som regel lydets hastighed gennem luft. Men lyd bevæger sig med forskellig hastighed gennem forskellige stoffer. Gennem luft er lydets hastighed ca. 343 meter per sekund (1235 km/t); dette varierer afhængigt af luftfugtighed og temperatur. I vand er lydets hastighed hurtigere (1500 m/s). Lyd bevæger sig meget længere i vand, end det gør i luft. For eksempel kan hvaler høre hinanden på flere hundrede kilometers afstand. Lyd kan ikke bevæge sig i vakuum, fordi der ikke er noget at bevæge sig igennem. Film hvori man hører et stort brag, når noget eksploderer i rummet, er altså ikke videnskabelige korrekte.

Akustik – Akustik er den videnskab, der undersøger mekaniske bølger. En **mekanisk bølge** er en bølge som udbreder sig i stof, da den videreføres gennem partiklers svingninger. Anvendelsen af akustik er for eksempel i industrier som kontrollerer lyd og støj. Et rum eller auditoriums karakteregenskaber bestemmer om lyden høres godt. Nogle af de ting der skal tages højde for er refleksionen af vibrationer, absorptionen af vibrationer, resonans og afstand (folk helt bagest skal også kunne høre).

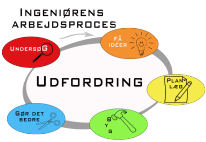
Sådan opfører lydbølger sig

Når en lydbølge støder på en forhindring, kan adskillige ting forekomme. Denne viden kan anvendes, når man skal designe en koncertsal eller et teater:

- **Absorption.** Når en forhindring består af blødt porøst materiale (fx skum eller vat), vil meget af lydbølgens energi blive absorberet. Det medfører at forskellene bliver mindre i lydbølgens tryk og lyden dæmpes. Dette anvendes fx i lydstudier, hvor vægge, gulv og loft er dækket med blødt porøst materiale for at dæmpe ekko og andre lyde, der ikke skal med på optagelsen. På samme vis er der mindre støj i et lokale med gulvtæppe fremfor et lokale med hårde gulvbelægninger, fordi tæppet absorberer lyde.
- **Refleksion.** Når lyd støder på en hård overflade (fx sten eller beton) bliver den reflekteret og bølgerne springer tilbage til lydkilden. Det er det som skaber ekko og efterklang. Lyde er kraftigere i et lokale med materialer som reflekterer lyd (for eksempel et badeværelse med fliser på gulv og vægge), end de er udenfor. Det er på grund af lydets refleksion mod fliserne. Man kan sige, at mængden af lydenergi der når ens øre er højere, fordi en lyd når ens øre adskillige gange.
- **Diffraction.** Lydbølger kan bevæge sig udenom genstande. For eksempel kan man godt høre en lyd, selv om der er en forhindring imellem en selv og lydkilden.

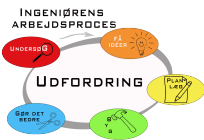
Frekvensen, og derfor tonehøjden, påvirker den måde lyd bevæger sig i et område. Og også hvordan den absorberes, reflekteres eller spredes. Høje lyde absorberes og spredes lettere end dybe lyde. Dybe lyde er mere gennemtrængende. Det er grunden til, at når der er en koncert eller stor fest langt væk, så kan man kun høre de dybe lyde, såsom bas og trommer. De høje lyde er enten absorberede eller spredt mellem en selv og lydkilden.

Når der designes og bygges musikinstrumenter, anvendes forskellige materialer afhængigt af deres absorberende og reflekterende egenskaber. Desuden påvirkes lyden også af facon og størrelse på det område hvor vibrationen dannes. Generelt kan man sige, at jo større instrumentet er, jo dybere er tonehøjden på den tone instrumentet frembringer. Det er fordi, et større instrument kan lave



lyde med en længere bølgelængde og derfor en dybere lyd. For eksempel er en orgelpibes længde halvdelen af bølgelængden af den tonehøjde den frembringer. Så jo længere orgelpiben er, jo dybere er tonehøjden på den tone, den frembringer.

En almindelig forklaring på **resonans** er eksemplet med at skubbe en gyng. Når et skub gives i overensstemmelse med gyngens bevægelse, så resulterer det i en større bevægelse af gyngen. Hvis det samme skub ikke gives på det korrekte sted i forhold til gyngens bevægelse, så er effekten af dette på størrelsen af gyngens bevægelse relativ lille, eller den reducerer måske endda bevægelsen, hvis denne går imod gyngens retningen. **Akustisk resonans** er et fænomen hvori lydbølgerne fra et akustisk system kan forstærkes, når lydets frekvens nærmer sig systemets naturlige vibrationsfrekvens. Akustisk resonans er uhyre vigtigt i fremstillingen af akustiske instrumenter. I et blæseinstrument, såsom en saxofon, blæser musikeren mod et blad i mundstykket, hvilket skaber en vibration. Når frekvensen af bladets vibration svarer til den naturlige frekvens af vibrationen i luftsøjlen i instrumentets krop, opstår resonans som frembringer en kraftig lyd. I Del 2, Akt. 2.5 skal eleverne undersøge tilblivelsen af en resonanskasse, til at forstærke den lyd de laver.



Elevers forestillinger om lyd og ingeniørarbejde

Børns tanker og idéer om hvordan verden fungerer, udvikles fra deres daglige interaktioner og erfaringer med omverdenen. Disse repræsenterer ikke nødvendigvis den nuværende etablerede videnskabelige opfattelse, men indeholder som regel et fornuftigt og logisk ræsonnement baseret på observation og interaktion.

Ved at give børnene muligheder for at udfordre deres tankegang gennem aktiviteter, vil der være en større sandsynlighed for at ændre deres opfattelser, end hvis de blot bliver præsenteret for fakta. Dette kræver dog en stor pædagogisk indsats. Det er meget krævende for elever på alle niveauer og aldre at rumme nye idéer om et bestemt fænomen, især når disse synes at modsige sund fornuft. Selv om forskning på området giver en vis indsigt i de idéer, elever sandsynligvis har om bestemte naturvidenskabelige begreber, vil eleverne ofte have vanskeligheder med at formulere deres tanker, og derfor er det nødvendigt at udvise en vis forsigtighed i forhold til at lave antagelser om elevernes ræsonnementer. Dette understreger betydningen af at give eleverne en mulighed for at diskutere deres tanker.

Børns forestillinger om lyd

De fleste børn kæmper med lydvidenskabens abstraktionsniveau. Tidlige opfattelser af lyd kan involvere, at børnene ikke erkender, at lyd har en kilde, hvorimod senere opfattelser kan indebære forestillinger om lyd som en fysisk størrelse med egenskaber som volumen eller vægt, og at lyd kan skubbes af vand eller luft (1). Nogle børn tror også, at lyd kan opbevares inde i noget. I et forskningsstudie udført af Haim, Eshach & Schwartz (2006), sagde en elev: 'Stemmer er som bobler med støj. Som små bolde. Inde i boldene er der støj. Når disse bolde åbnes, kommer stemmerne ud.' (1). Børn skal have muligheden for at opleve lyd som en vibration, og at identificere vibrationskilderne hvor dette ikke er umiddelbart indlysende (Som i Del 2 Akt. 2.1, hvor eleverne mærker vibrationerne i halsen, mens de taler). Selv om eleverne anvender ordet 'vibration', forstår de ikke nødvendigvis, at dette er en forlæns og baglæns bevægelse (et ryst) uden en netto bevægelse fra udgangspositionen.

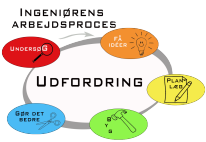
Selv når eleverne anerkender at lyd skyldes en vibration, tror de måske, at der er blevet produceret en enhed (kaldet lyd), som adskiller sig fra vibrationen (2). I aktiviteter der relaterer til lyds bevægelse, er det derfor vigtigt at sikre sig, at eleverne forstår at lyd er en vibration, og at det er vibrationen, som bevæger sig gennem stoffet. Det kan være en hjælp at gøre opmærksom på, hvor dette kan opleves, såsom de vibrationer der kan føles (samt høres) når der slås på et bordben af metal eller en træbordplade. Aktiviteter der involverer, at elever giver en 'vibration' videre er gode til at hjælpe med at udvikle denne idé. Det er også vigtigt, at lave en forbindelse mellem vibrationer der bevæger sig gennem luften (eller andet stof), og kommer ind i øret og får trommehinden til at vibrere.

Børns forestillinger om lydets bevægelser

Idéen om at lyd har brug for stof til at bevæge sig igennem, er svær at forstå. Børn omkring 7-års alderen tror ofte, at lyd bevæger sig uden stof, og at lyden 'slipper ud' fra sprækker og huller, som elever siger (1,3). Mange børn tror, at lyd kan bevæge sig gennem et rum uden luft (som et vakuum eller i rummet) (2). Det er noget børn ser og hører i film og computerspil. Piaget opdagede, at børn i 11-års alderen har en idé om at lyd bevæger sig igennem stof, og at vibrationer er involverede. I rumrapporten (3) svarede en 10-årig dreng, da han blev spurgt om, hvorvidt han kunne forklare, hvordan lyd bevæger: "Det er ikke på samme måde, som jeg kommer frem i en bil, det er - åh jeg ved det ikke - men det er ikke, som når man kører i en bil, eller når jeg cykler - det er noget andet". Børn kan også tro, at lyd bevæger sig i en retning fra kilden (fra kilden til øret på den person der hører lyden).

Børns forestillinger om lydbølger

Begrebet lydbølger er problematisk. Nogle børn tror, at lydbølger er mage til bølger i havet (2,3). Det dagligdags ord 'bølge' er ikke det samme, som den måde videnskaben anvender ordet; der findes forskellige bølge typer i videnskaben. Demonstrationen med en slinky i Del 2 Akt. 2.2, giver eleverne mulighed for at tænke over forskellen mellem bølger i vand og lydbølger med hensyn til



bevægelse. Ved at give den et skub, sendes en bølge af vibration (forlæns og baglæns bevægelse) gennem slinkyen, når den holdes i begge ender. Eleverne skal se at fjederen vender tilbage til sit udgangspunkt, når bølgen er passeret. Det er vigtigt at understrege dette, så de begynder at erkende at en bølge er et komprimeret område, der bevæger sig langs med fjederen. Det er en udfordrende idé, og læreren bliver muligvis nødt til at slå sig til tåls med elevernes delvise forståelse af dette.

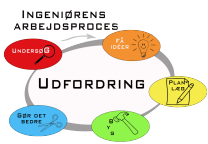
Børns forestillinger om lydændringer

Det kan være svært for børn, at høre en ændring i tonehøjde hvis lydstyrken også ændres. Det er meget svært at verbalisere dette. En typisk idé er, at hvis man slår hårdere på en ting, ændres lydets tonehøjde, og lydstyrke og tonehøjde er det samme (2,5). Det er vigtigt i Del 2, Akt. 2.3 og 2.4 at sikre sig, at eleverne forstår hvad der menes med svag/kraftig/høj/dyb tone gennem direkte erfaring. Dette er et læringsområde, hvor et musikinstrument vil være effektivt, og udforskning af hvordan man ændrer tonehøjden på et velkendt instrument kan understøtte læringen. For eksempel ændres tonehøjden på en fløjte ved at åbne og lukke for lufthullerne, mens man spiller. Dette ændrer størrelsen på luftsøjlen der vibreres (en lille luftsøjle giver en høj tone, og en stor luftsøjle giver en dyb tone). Mange tror fejlagtigt, at lyden fra fløjten kommer fra fløjtematerialets vibration og ikke luftens vibration indeni fløjten (2).

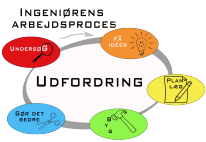
Begreberne 'amplitude' og 'frekvens' er vanskelige for de fleste elever på denne alder. Læreren bør nøje overveje elevernes forståelsesniveau af lyd, inden termene introduceres. *Store/små* og *hurtige/langsomme* vibrationer fra en lineal eller elastik (Del 2, Akt. 2.3 og 2.4) kan give en nyttig beskrivelse for mange elever.

Endelig er elevernes erfaring med og viden om resonans med stor sandsynlighed begrænset. Det er en kompleks videnskabelig idé, og formålet med dette undervisningsmateriale er ikke at udvikle en fuldkommen videnskabelig forklaring af det. På dette stadie forstås resonans bedst ved at udforske tilblivelsen af resonanskasser (Del 2, Akt. 2.4, 2.5 og 2.6).

- 1: Eshach, H. & Schwartz, J.L. (2006). Sound Stuff? Naïve materialism in the middle-school students' conceptions of sound. *International Journal of Science Education*, 28 (7), 733-764.
2. Nuffield Primary Science Process and Concept Exploration Ages 7-12 Teachers' Guide: *Sound and Music* (1995) Nuffield : London.
- 3: Hapkiewicz, A. (1992). Finding a List of Science Misconceptions. *MSTA Newsletter*, 38 (Winter'92), pp. 11-14.
- 4: Watt, D. & Russell, T. (1990). *Primary Space Project Research Report. Sound*. Liverpool University Press: Liverpool.
- 5: Periago, C., Pejuan, A., Jaén, X., & Bohigas, X. (2009). *Misconceptions about the Propagation of Sound Waves*, Departament de Física i Enginyeria Nuclear, Universitat Politècnica de Catalunya.
- 6: Author unknown, Operation Physics Elementary/ middle school physics education outreach project of The American Institute of Physics (1998). *Children's Misconceptions about Science*, obtained on 09-07-2012, <http://www.eskimo.com/~billb/miscon/opphys.html>



Egne noter:



Partnere i Engineer

Bloomfield science Museum Jerusalem
 The National Museum of Science and Technology “Leonarda da Vinci”
 Science Centre NEMO
 Teknikens Hus
 Techmania Science Center
 Experimentarium
 The Eugenides foundation
 Condervatoire National des Art et Métiers- muse des arts et métiers
 Science Oxford
 The Deutsches Museum Bonn
 Boston’s Museum of Science

Modiin Macabim Reut
 Istituto Comprensivo Copernico
 The Daltonschool Neptunus
 Gränsskolan School
 The 21st Elementary School
 Maglegårdsskolen
 The Moraitis School
 EE. PU. CHAPTAL
 Pegasus Primary School
 Donatusschule

ECSITE – European Network of Science Centres and Museums
 ICASE – International Council of Associations for Science Education
 ARTTIC
 Manchester Metropolitan University
 Bristol Centre for Research in Lifelong Learning and Education

There are 10 units available in these languages.



The units are available on
<http://www.engineer-project.eu/> till 2015 and on
<http://www.scientix.eu/>

