

SL serien

Berit Bungum

MEKANISKE LEKER: PRINSIPPER OG IDEER



Trondheim

Program for
lærerutdanning

Skolelaboratoriet
for matematikk, naturfag
og teknologi

NR. 10
November 2006

Tidligere utgitt i SLserien

- Nr. 1, aug. 2003: Rein: **Hold og stell av vandrende pinner***
- Nr. 2, okt. 2003: Rossing, Stefansson, Bungum: **Elektronikk for skolen***
- Nr. 3, nov. 2003: Rossing, Kind: **Kreativitet og skaperglede***
- Nr. 4, aug. 2004: Rossing, Fagerli, Dinesen: **Teknologi i skolen, "Bygg et hus"***
- Nr. 5, okt. 2004: Karoliussen: **Fornybare energikilder***
- Nr. 6, apr. 2005: Næss: **Luft og strømminger***
- Nr. 7, des. 2005: Rossing: **Fra elektriske kretser til intelligente hus***
- Nr. 8, mars 2006: Karoliussen: **Energi for framtida***
- Nr. 9, des. 2006: Rossing: **Fysikkløypa ved NTNU***

MEKANISKE LEKER: PRINSIPPER OG IDEER

ISBN-13 978-82-7923-048-9

ISSN 1503-9242

Trondheim 2006

Layout og redigering: Berit Bungum

Redaktører for SLserien: Torlaug Løkensgard Hoel
Ove Haugaløkken
Sissel Mathiesen

Publikasjoner i skriftserien kan kjøpes
ved henvendelse til:

Program for lærerutdanning (PLU)

NTNU

Låven, Dragvoll Gård

7491 Trondheim

e-post: sissel.kjol.berg@plu.ntnu.no

Telefon: 73 59 19 90

Telefaks: 73 59 10 12

<http://www.plu.ntnu.no/>

Faglige spørsmål rettes til:

Berit Bungum

Institutt for Fysikk, NTNU

berit.bungum@ntnu.no

Mekaniske leker: Prinsipper og ideer

Berit Bungum

Forord frå redaktørane

Engasjement og læring har nær samanheng i skulen si undervisning. Engasjerte lærarar får betre resultat, og engasjerte elevar lærer meir. Berit Bungum tar dette på alvor, og syner i dette heftet korleis ein både kan skape engasjement og legge grunnlaget for forståing av viktige mekaniske prinsipp gjennom aktivitet, samstundes som forfattaren peikar på at det er viktig å ha det morosamt når ein lærer. Det ligg til rette for både moro og god læring i klassen når lærar og elevar lagar mekaniske leikar etter Bungum si oppskrift.

Trondheim, 31.10.2006

Torlaug Løkensgard
Hoel

Ove Kr. Haugaløkken

Sissel W.
Mathiesen

Forord fra forfatteren

Aktivitetene i dette heftet er blitt til gjennom stor grad av prøving og feiling og gjennom glede over å skape. Jeg håper ideene kan være til nytte for flere, og tar gjerne i mot innspill om forbedringer og nye ideer.

Jeg er takknemlig overfor forlagsredaktør Bjørn Møst i Gyldendal Undervisning som sendte meg av gårde på denne galeien fordi der trengtes en lærerveiledning om mekaniske leker til Gaia, et læreverk i naturfag for grunnskolen. Bjørns oppmuntring har vært viktig i denne prosessen, som etter hvert utviklet seg til en mani.

Når manien etter hvert gikk på privatøkonomien løs har Anders Isnes og Naturfagsenteret gitt velvillig støtte til innkjøp av flere hjul og annet materiale.

Stor takk til Nils Kristian Rossing ved Skolelaboratoriet som med sin sedvanlige grundighet har kommet med nyttige innspill til manuskriptet underveis og bidratt praktisk til å få heftet i stand.

Takk også til Jonny Kregnes som har lånt meg foto og tanker, for hans utrettelige entusiasme over gamle former for kunnskap, og for godt naboskap.

Berit Bungum
oktober 2006

INNHold

MEKANISKE LEKER: MEKANIKK FOR FORNØYELSENS SKYLD!	13
MEKANIKK: EN VERDEN AV ENKLE PRINSIPPER OG ELEGANSE.....	14
NØDVENDIG UTSTYR OG MATERIELL.....	16
MED ROTASJON SOM UTGANGSPUNKT: PRINSIPPER FOR MEKANISKE OVERFØRINGER	17
<i>Fra en rotasjonsretning til en annen</i>	<i>17</i>
<i>Hastighet og retning for rotasjonen</i>	<i>18</i>
<i>Fra rotasjon til bevegelse opp og ned: eksentriske hjul.....</i>	<i>19</i>
<i>Bevegelse med kamakslar.....</i>	<i>20</i>
<i>Kronhjul med "innlagte pauser".....</i>	<i>21</i>
MEKANISK TEATER: EKSEMPLER PÅ BRUK AV MEKANISMER.....	22
LEKER MED AKSLING AV STÅLTRÅD	28
VEIVAKSEL MED STAG	33
LEKER SOM TRILLER	36
NOEN KLARER IKKE STOPPE; MEKANISKE LEKER SOM KUNSTFORM	41
KILDER OG RESSURSER	43

MEKANISKE LEKER: MEKANIKK FOR FORNØYELSENS SKYLD!

Dette heftet tar for seg noen prinsipper for mekaniske leker og ideer til hvordan de kan utformes med forholdsvis enkelt utstyr og materiell. Vi presenterer ikke ferdige oppskrifter, men gir et utgangspunkt for kreativ videreutvikling av egne ideer.

Hva er så en mekanisk leke? Enhver innretning som omdanner bevegelse, bare for fornøyelsens skyld, kan sies å være en mekanisk leke. En slik forståelse av begrepet 'mekanisk leke' gjør at det omfatter omtrent alt mulig, fra en enkel lekebil til en ballong. Her skal vi imidlertid se på helt bestemte former for mekaniske leker, hvor vi bruker akslinger og hjul til å omdanne rotasjonsbevegelse til andre former for bevegelse i leker vi bygger selv. Men fortsatt kun for fornøyelsens skyld!

Selv om lekene skal lages og brukes for fornøyelsens skyld, kan de ha en videre betydning ved at de kan skape kunnskaper om, interesse for og erfaring med mekaniske prinsipper som er i bruk i mange tekniske systemer. Når man har opplevd gleden ved å få en leke til å bevege seg slik man har tenkt (eller kanskje på uventede måter), er det lettere å forstå at tekniske løsninger som virker selvfølgelige i det daglige kan ha blitt til gjennom kreativitet og fascinasjon for hva vi kan få til med enkel mekanikk. Man vil også lettere kunne forstå og legge merke til hvilke mekaniske prinsipper som er i bruk i ulike tekniske systemer. Det er trolig en slik hensikt som ligger bak når arbeid med mekaniske leker har fått plass i læreplanen for naturfag i forbindelse med Kunnskapsløftet. På barnetrinnet er et av kompetansemålene at eleven skal kunne

- planlegge, bygge og teste mekaniske leker, beskrive ulike bevegelser i lekene og prinsipper for mekaniske overføringer

(Hovedområdet Teknologi og design, etter 4. årstrinn)

Å lage mekaniske leker krever tid. I undervisnings-sammenheng er det viktig at elevene får tilstrekkelig med tid til å prøve og feile, slik at de kan få opplevelsen av å lykkes. Det er også viktig at elevene får anledning til å dekorere

produktet sitt etter eget ønske. Vi anbefaler likevel at en holder fokus på det mekaniske i begynnelsen av aktiviteten. Ellers risikerer en å spore av, og resultatet blir bare mye pynt på en leke som ikke virker, for eksempel fordi den blir for tung. Når leken virker som den skal rent mekanisk, kan den sluttføres med dekorasjon. Med litt erfaring klarer man å planlegge og samkjøre de tekniske aspektene parallelt med dekorasjonen. Men for elever og andre nybegynnere vil fokus på dekorasjon ofte bli et hinder for den tekniske utformingen.

MEKANIKK: EN VERDEN AV ENKLE PRINSIPPER OG ELEGANSE

Selv om mekaniske leker er til – og lages – for fornøyselsens skyld, er det verdt å minne om hvor viktig mekanikkens verden er for mye av det mennesker har utviklet av teknologi gjennom tidene. I vår tids teknologi er dette ikke like synlig, siden tekniske systemer gjerne styres av elektrisk og digital teknologi.

Mekanikkens gullalder var kanskje på 17- og 1800-tallet. Dampmaskinen og mekaniske vevstoler utgjorde ”motoren” i den industrielle revolusjonen, og baserte seg på isolert sett enkle mekaniske prinsipper. Dette gjelder også finmekanikken som gjorde det mulig å måle tiden nøyaktig for allmennheten ved utvikling av pålitelige mekaniske klokker.

På slutten av 1700-tallet utviklet svensken Christopher Polhem verdens første skjæremaskin for tannhjulene til klokker. Dette bidro til at det ble mulig å produsere klokkene i relativt stort antall. Polhem utviklet også det som kalles et *mekanisk alfabet*, det vil si en sammenfatning av alle grunnprinsippene innen mekanikk. Enhver maskin kunne dermed beskrives som en gitt kombinasjon av mekaniske prinsipper, akkurat som et ord eller en setning bygd opp av bokstaver fra alfabetet. Figur 1 viser en av ”bokstavene” fra det mekaniske alfabetet til Polhem.



*Figur 1. En av "bokstavene" i Polhems mekaniske alfabet.
(Kilde: Tekniska Museet, Stockholm)*

I Figur 2 ser vi et mekanisk urverk fra omkring år 1700 (mesteren som har signert urverket var virksom fra 1690 til 1717). Fotografiet viser at urmakerne utviste stor estetisk sans i sitt arbeid. Urverket var ikke bare en nyttegjenstand, men også et kunstverk av elegant utforming. Elegansen hadde imidlertid liten verdi dersom ikke urverket bokstavelig talt "gikk som en klokke"; her som ellers går form og funksjon hånd i hånd. Urverket avbildet i Figur 2 går fortsatt om det trekkes opp – det blir neppe tilfelle med dagens klokker om 300 år! Vi lar derfor 1700-tallets urmakerarbeid inspirere oss når vi går i gang med å lage mekaniske leker ved hjelp av noen ganske få av bokstavene fra Christopher Polhems alfabet.



*Figur 2. Mekanisk urverk fra omkring 1700.
(Eier og foto: Jonny Kregnes, Trondheim)*

NØDVENDIG UTSTYR OG MATERIELL

Mekaniske leker kan bygges med forholdsvis billige materialer og enkelt verktøy. Men resultatets kvalitet, både teknisk og estetisk, øker betraktelig om en hever nivået et lite hakk fra det aller enkleste. Da handler det for eksempel om å bruke hulltang istedenfor hullemaskin, og bevilge seg ferdigkjøpte profilerte hjul framfor hjul skåret ut i papp. Figur 3 viser utstyret som behøves for å lage leker av den typen som presenteres i dette heftet, med godt resultat. Nærmere spesifisering av materiell gis under hver enkelt aktivitet.



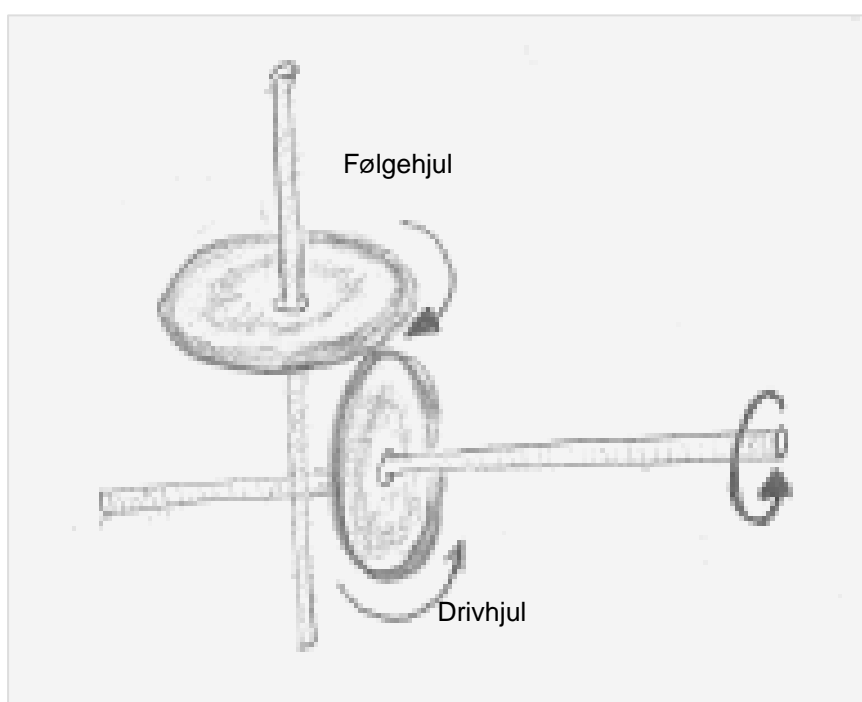
Figur 3. Utstyr og materiell for mekaniske leker

MED ROTASJON SOM UTGANGSPUNKT: PRINSIPPER FOR MEKANISKE OVERFØRINGER

De mekaniske lekene i dette heftet har rotasjon som utgangspunkt. Gjennom mekanismer i lekene endres denne rotasjonen til andre former for bevegelse; rotasjon i annen retning eller bevegelse opp og ned eller fram og tilbake. Mekanismene bak dette er ulike typer akslinger og hjul.

Fra en rotasjonsretning til en annen

Med to hjul vinkelrett på hverandre kan vi endre retning for rotasjonen som vist i figur 4. Det er viktig at hjulene ikke sklir mot hverandre, derfor er trehjul med profiler egnet til dette. Det kan likevel gå bra om hjulet på akslingen er av papp og dermed helt flatt.

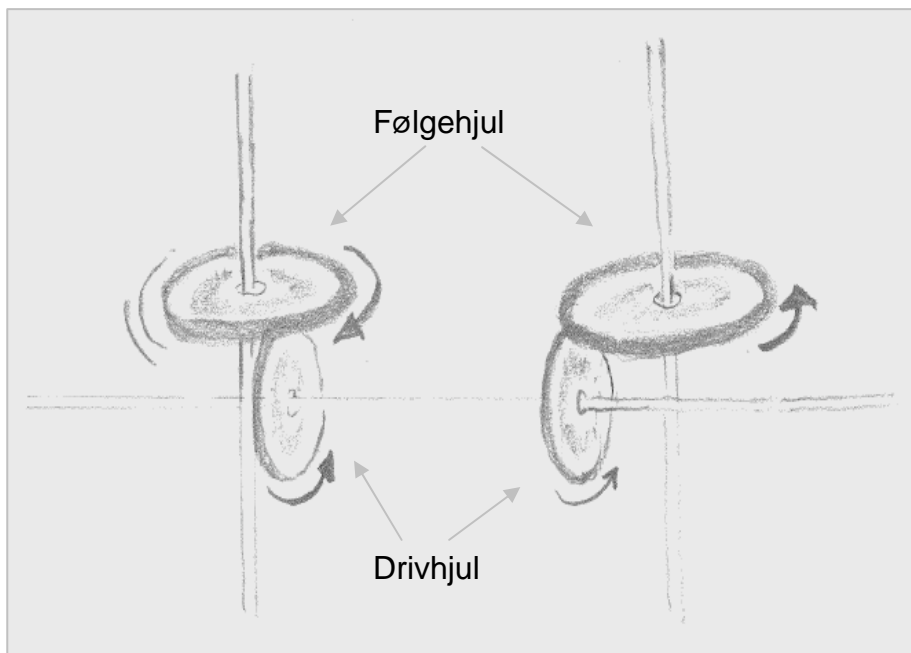


Figur 4. Drivhjul og følgehjul.

Vi kan kalle de to hjulene i mekanismen for drivhjul og følgehjul. Drivhjulet er det som sitter på akslingen vi sveiver på. Følgehjulet ”følger med” når drivhjulet roterer, men bevegelsen endres fra vertikal rotasjon for drivhjulet til horisontal rotasjon for følgehjulet (eller omvendt om mekanismen snus).

Hastighet og retning for rotasjonen

Hastigheten til følgehjulet avhenger av hvordan det er plassert i forhold til drivhjulet, som vist i figur 5. Hvis drivhjulet plasseres nær sentrum av følgehjulet, vil følgehjulet få høyere hastighet enn drivhjulet. Er drivhjulet plassert langt fra følgehjulets sentrum blir bevegelsen langsommere. Dette prinsippet kan en gjøre bruk av for å få ulik hastighet på ulike figurer i en mekanisk leke.



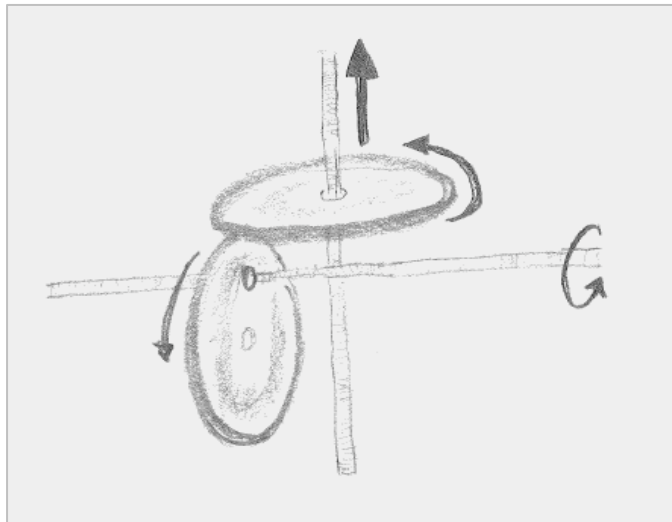
Figur 5. Vi kan variere hastighet og retning for følgehjulet. Når drivhjulet roterer nær aksnen til følgehjulet blir følgehjulets hastighet stor. Med større avstand til aksnen roterer følgehjulet langsommere.

Figur 5 viser også hvordan vi kan variere retning for rotasjonen til følgehjulet. Dette avhenger ganske enkelt av hvilken side av drivhjulet følgehjulet plasseres på.

Fra rotasjon til bevegelse opp og ned; eksentriske hjul

Vi kan omdanne rotasjonsbevegelse til bevegelse opp og ned ved hjelp av *eksentriske* hjul, det vil si hjul hvor akslingen ikke går gjennom sentrum. Figur 6 viser en slik mekanisme. Her vil følgehjulet bevege seg opp og ned i tillegg til å rotere. Jo mer eksentrisk hjulet er dess større blir utslaget opp og ned. Hvis man ønsker et lite utslag, kan det være praktisk å utvide det eksisterende hullet i hjulet framfor å bore et nytt. Akslingen limes fast i den ene siden av hullet, som da bli "litt" eksentrisk.

Ved bruk av flere eksentrisk hjul på samme aksling kan deres bevegelser justeres i forhold til hverandre. Om hjulene har skjevheten i samme retning vil de gå "i takt", det vil si at når den ene går opp går den andre også opp. Om de vender motsatt vei vil de gå i nøyaktig "mottakt", det vil si den ene går opp når den andre går ned.

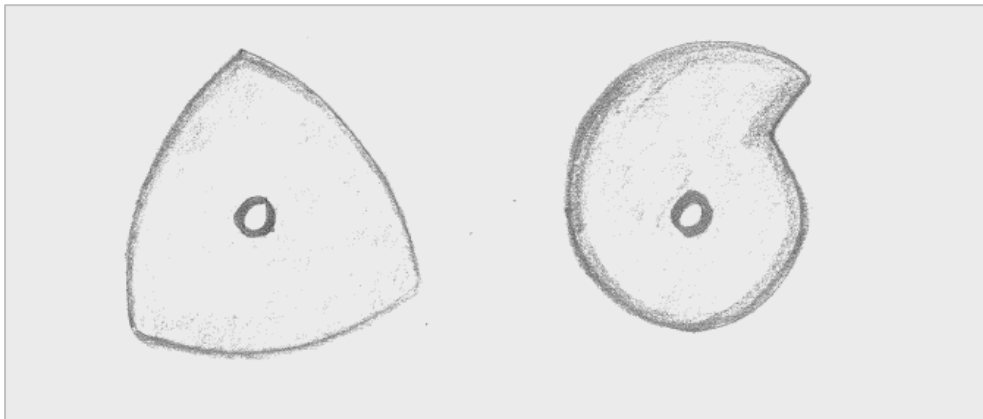


Figur 6. Eksentrisk drivhjul gir følgehjulet bevegelse opp og ned.

Bevegelse med kamaksler

Vi kan lage variasjon i bevegelsen til følgehjulet ved hjelp av *kamaksler*. Disse har hjul med uregelmessig form, som kan se ut som i figur 7. Med kamaksler får følgehjulet i mekanismene en tilsvarende uregelmessig bevegelse, for eksempel med små hopp. Flere kamaksler montert på ulike måter får figurer til å hoppe på ulike stadier i bevegelsen.

For at mekanismen skal virke er det viktig at uregelmessighetene ikke blir for skarpe. Former som dem på figuren vil oftest fungere greit. Det er vanskelig å bruke profilerte hjul til å lage kamaksler; de bør skjæres ut av en treplate eller tykk papp.



Figur 7. Eksempler på kamaksler.



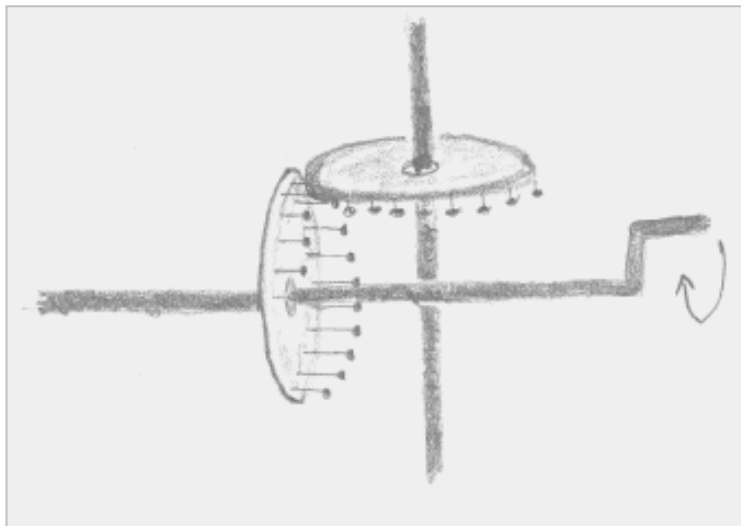
En kamaksel kan også ha oval form som i figur 8. Den gir en bevegelse opp og ned for følgehjulet, på liknende måte som et eksentrisk hjul fra forrige avsnitt.

Figur 8. Oval kamaksel.

Kronhjul med ”innlagte pauser”

I mekaniske leker kan vi velge å bruke *kronhjul*, det vil si tannhjul som står vinkelrett på hverandre. Tannhjul med tenner hele veien rundt vil bare gjøre samme bevegelse som de profilerte hjulene vi har brukt så langt. De kan gi mer stabil overføring av bevegelsen, men er mye mer tidkrevende å lage. Men hvis vi lar det ene tannhjulet ha et felt uten tenner, vil vi få til en ny effekt i den mekaniske leken, nemlig en pause i bevegelsen. Dette er vist i figur 9. Pausen oppstår når kontaktpunktet mellom hjulene beveger seg dit hvor tennene mangler. Da stopper følgehjulet opp en stund inntil hjulene igjen griper inn i hverandre.

Kronhjul kan lages ved å slå små spikre eller stifter inn i treskiver. Pass på at avstanden mellom stiftene er lik hele veien hvor det er tenner. Merk at det må være drivhjulet som mangler tenner; ellers vil mekanismen gå inn i en bakevje og stoppe opp for evig!



Figur 9. Kronhjul hvor drivhjulet har innlagte pauser.

MEKANISK TEATER: EKSEMPLER PÅ BRUK AV MEKANISMER

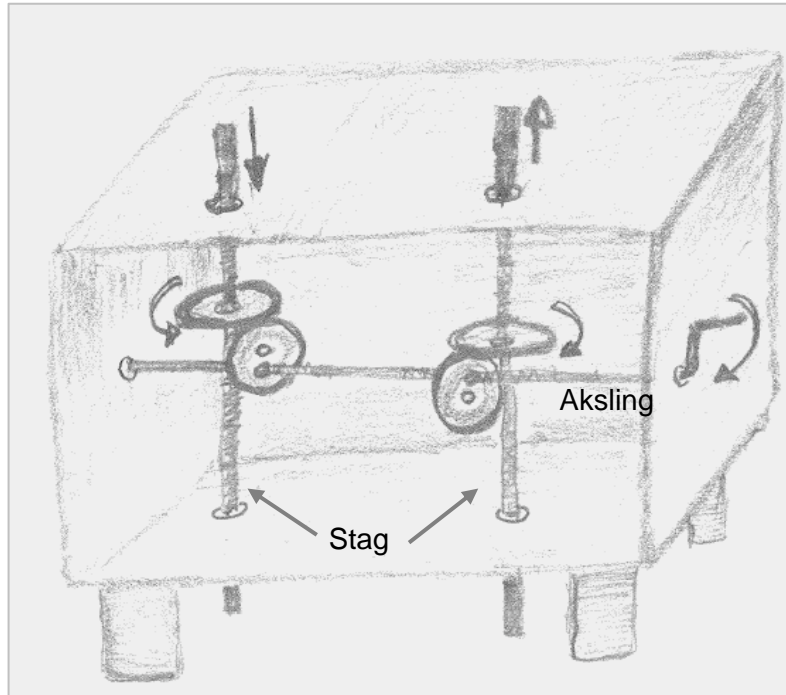
Her vil vi presentere eksempler på bruk av mekanismene presentert foran i mekaniske leker vi kaller *Mekanisk teater*. Teateret foregår i en skoese eller mindre eske av papp, hvor figurer beveger seg når vi sveiver på en aksling gjennom esken. Figurene er trædd inn på pinner (stag) som står vertikalt i esken.

Grunnoppsett for et mekanisk teater er vist i Figur 10 på neste side. Når vi dreier på akslingen roterer drivhjulene, og disse får i sin tur følgehjulene på stagene til å rotere. Hvis drivhjulene på akslingen er eksentriske, vil følgehjulene i tillegg få bevegelse opp og ned. Figur 11 viser et teater laget på denne måten. Figurene er av tre, og vi har boret hull gjennom dem for montering på hvert sitt stag.

For å lage et enkelt mekanisk teater trenger vi:

- En pappeske: skoese eller en litt mindre eske
- Profilerte hjul, 2 stk for hver figur i teateret
- 4 vinkorker eller klosser
- bor
- 2 trekuler til akslingens ender
- Trefigurer eller annet til å lage figurer av
- Trepinner

Den type trepinner man får kjøpt i hobbybutikker er tynnere enn hullet i hjulene. Disse egner seg som stag som skal gå gjennom figurene. Da vil figurene bevege seg uten at pinnene følger med. Blomsterpinner er en anelse tykkere. De passer perfekt til hjulene hvis disse ikke skal gå rundt på pinnen. Disse kan derfor brukes til å lage aksling av. Om hjulene sitter godt nok slipper man å lime dem.



Figur 10. Grunnoppsett for mekanisk teater.

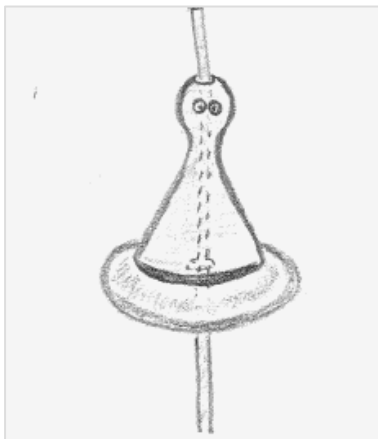


Figur 11. Eksempel på utforming med figurer.

Slik gjør vi:

- Lag et hull i hver av eskens vegger på de to kort-sidene.
- Bor nye hull i drivhjul som skal være eksentriske og gi figurér bevegelse opp og ned. Lim fast hjulene til akslingen hvis de ellers ikke sitter skikkelig.
- Tre akslingen inn i esken fra innsiden. Fest en trekule i hver ende av akslingen på utsiden av esken.
- Lim fast vinkorker eller klosser som føtter til esken.
- Lag parvise hull i eskens topp og bunn der figurene skal være, det vil si over og under drivhjulene.
- Bor gjennomgående hull i figurene, og lim dem fast i hvert sitt hjul slik at du får gjennomgående hull. Se Figur 12. Om figuren får plass, kan den også plasseres i sin helhet på utsiden av staget.
- Tre figurene inn på pinner som danner stag, og monter dem vertikalt i esken.

Figurene i teateret dekoreres etter ønske. Ofte blir enkel dekorasjon mest effektivt. I figur 11 har den ene figuren fått pålimt bevegelige øyne kjøpt i hobbybutikk. Disse gir livaktige øyebevegelser når figurene beveger seg.



Figur 12. Figur og hjul med gjennomgående hull for stag.

Prinsippene er enkle, men for å få det hele til å fungere kreves det at man prøver seg fram med å justere alle deler i forhold til hverandre.

Med litt øvelse kan en lage mekanisk teater med litt mer sofistikert utforming og en gjennomtenkt handling. Figur 13 viser et mekanisk teater som har fått navnet *Trøndertango*. Den litt sedate herren med trønderbart roterer, mens den mer spretne damen også har bevegelse opp og ned, ved at hun drives av et eksentrisk drivhjul. Begge trønderne har kropp av kork slik at klærne kan festes med nåler, som i seg selv er en del av dekoren. Akslingen holdes på plass i esken med en trekule i hver ende. Legg merke hvordan en kan lage håndtak ved å bore et ekstra hull i den ene av disse endekulene, og montere en bit av en trepinne i hullet.



Figur 13. Mekanisk teater "Trøndertango".

Figur 14 viser eksempel på et mekanisk teater som gjør bruk av litt mer avanserte mekanismer. Teateret heter ”*Bryllupssnurr*”. Brudgommen drives av en kamaksel, mens bruden har et kronhjul med innlagte pauser. Når vi sveiver på akslingen svinger bruden seg rundt, men plutselig stopper hun opp i dansen. Da gjør brudgommen et hopp for å påkalle brudens oppmerksomhet igjen. På siden av denne handlingen snurrer en brudebukett langsomt rundt. Legg merke til at vi har brukt en trekule som drivhjul for bukette; denne roterer saktere enn de andre figurene.

Figurene i ”*Bryllupssnurr*” er flate brikker ferdigkjøpt i hobbybutikk. Disse er festet til staget på en annen måte enn i teatrene vist foran. Isteden for å lage hull gjennom figurene, er disse limt fast til staget og hjulet, slik at hele mekanismen løfter seg. Denne løsningen fungerer dersom figurene er flate og kan plasseres helt inntil staget. Hvis figurene har større tyngde kreves det imidlertid at de plasseres helt symmetrisk på mekanismen for at den skal fungere.

Vi har også laget et sceneteppes som skjuler mekanismene. Teppet er festet på en trepinne. Denne hviler i øyeskruer stukket inn i kartongen som utgjør scenen.



Figur 14. Mekanisk teater "Bryllupsnurr"



Figur 15. "Bryllupsnurr" med sceneteppe som skjuler mekanismene.

LEKER MED AKSLING AV STÅLTRÅD

Med en aksling av bøyelig stålstråd kan vi lage fornøyelige leker med figurer som gjør de mest halsbrekkende bevegelser. Disse lekene blir mindre stive i bevegelsene enn dem vi har laget som "mekanisk teater" foran. Til gjengjeld krever ståltrådlekene en god del mer fingerferdighet og tålmodighet. I Figur 16 har vi laget en leke som har fått navnet *Fotballidiot*. Han veiver med ben og armer – og en sjelden gang treffer han da også fotballen!



Figur 16. Fotballidiot.

Fotballidioten er laget av en ståltråd som er bøyd i trinn. Trekuler er trædd inn på ståltråden slik at de sitter i trinnene. I trekulene er det festet en tråd, som igjen er festet i hver sin del av figuren. Figuren består av kuler og perler som er trædd sammen med tråd, og er dermed lett bevegelig. Ståltråden

danner aksling i en eske, som i mekanisk teater. Når vi sveiver på akslingen gjør figuren ulike bevegelser med ulike deler, avhengig av hvordan delene er festet til kulene på akslingen.

For å lage en leke som dette trenger vi:

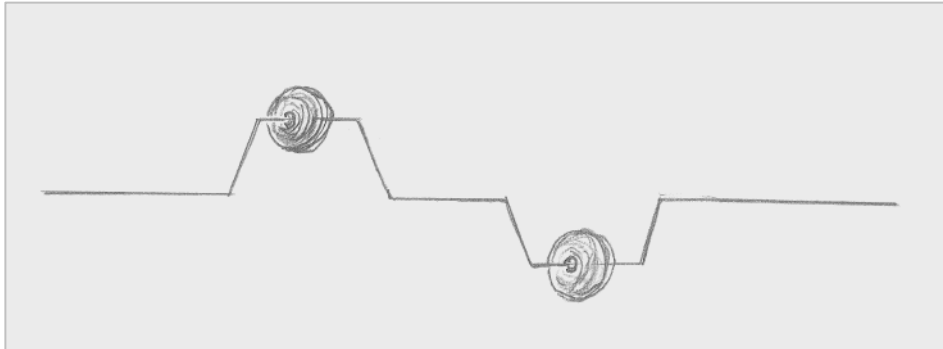
- En liten pappeske
- Synål og sterk tråd. Tråden er lettest å arbeide med om den er litt tykkere enn vanlig sytråd. Knapphullstråd er fint
- Trekuler med hull og avlange plastperler av den typen man ”perler” med i barnehagen
- Bevegelige øyne til å lime på figurene, og annen dekorasjon
- Kombinasjonstang til å bøye ståltråd med

Det er vesentlig at dimensjonen til ståltråden er passende. Aktuelle tykkelser på ståltråd i lekene som presenteres her er fra 0.8 mm til 1.5 mm. Tråd med 1.5 mm tykkelse blir solid, men er tung å bøye. Tråder med tykkelse på mindre enn 1 mm er mye lettere å forme, men knekker lett hvis de bøyes flere ganger. For lekene som presenteres her har vi brukt ståltråd med tykkelse 1 mm.

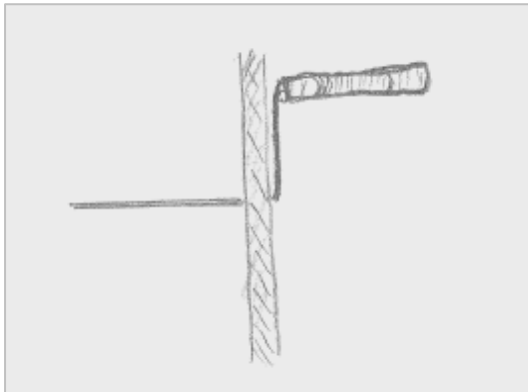
Først lager vi akslingen:

- Kutt av ståltråd til et stykke som er noen cm lengre enn bredden på esken.
- Stikk et hull i hver side av esken i identisk posisjon, slik at akslingen blir vannrett.
- Lag en 90° bøy i den ene enden av ståltråden slik at den ikke slipper gjennom sideveggen i esken.
- Ta ståltråden ut av esken og bruk en tang til å bøye til trinn som passer til perlene, som vist i Figur 17. Store trinn gir store bevegelser. Pass på at hver ende av tråden har samme posisjon og retning slik at den fungerer som en aksling.
- Tre en perle inn i hvert trinn. Trinnet må være bredt nok til at kulen kan rotere fritt. Juster knekken på tråden slik at kulen ikke kan gli ut av trinnet.

- Knyt en tråd inn i hver kule (ikke tegnet inn på figuren). Kule må kunne rotere uten at tråden følger med.
- Lag til slutt håndtak som vist i figur 18.

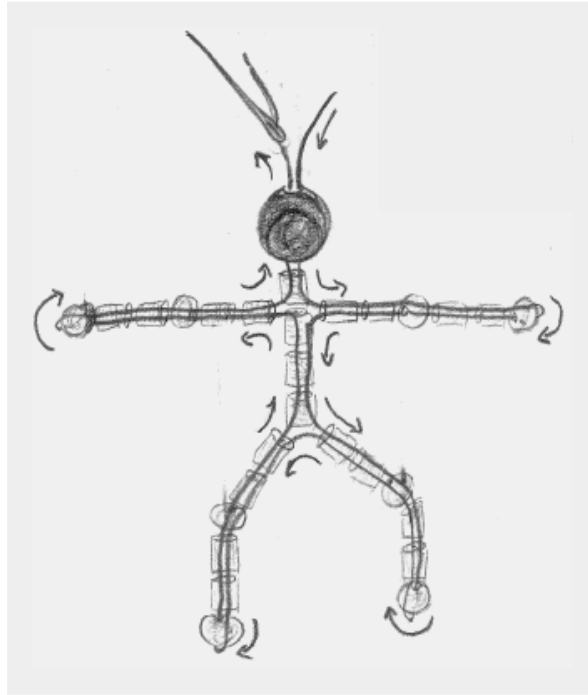


Figur 17. Perler træs inn i trinn på akslingen

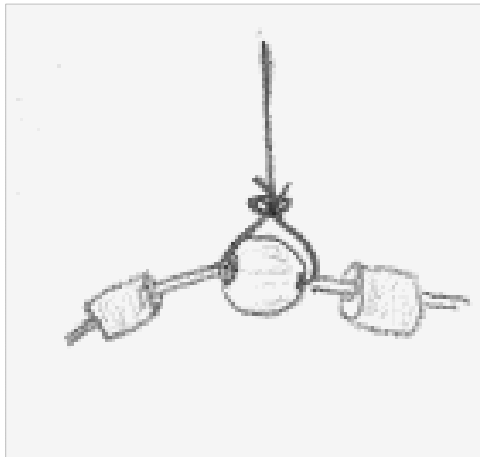


*Figur 18.
Håndtak til leken kan lages ved å bøye ståltråden to ganger og surre på litt farget tape.*

Deretter lager vi figuren som skal styres av veivakslingen. Tre tråder gjennom perlene, Figur 19 viser hvordan dette kan gjøres i ett sammenhengende stykke. Runde kuler passer godt som kneledd og albuer. Trådene fra akslingene festes på sentrale deler av figuren, som vist i Figur 20. Tenk ut og prøv deg fram med hvilke deler som skal festes til akslingen og hvor. Det har stor betydning for hva slags bevegelser figuren vil komme til å gjøre!



Figur 19. Perlene festes sammen med tråd til en figur.



Figur 20. Tråd fra akslingen knytes fast til albuer, kneledd og håndledd på figuren.

Det er lurt å ikke ha for mange festepunkter på akslingen og figuren. Det blir fort komplisert å holde orden på, og det er ikke så lett å få figuren til å gjøre som man planlegger. Tre festepunkter er ofte nok!

Figur 21 viser leken *TeaterBeate*¹ som er et eksempel på et langt mer komplekst oppsett. Her fins en ferdig figur som spiller keyboard med stor intensitet, saksofonisten Beate med gode hoftevrikk og en grønnhåret batterist med cymbaler som klinger når vi sveiver i gang teateret. Beate er laget av trekuler festet sammen med tråd, og batteristens kropp er sugerør med piperensere gjennom.

I *TeaterBeate* har vi totalt hele sju festepunkter. Justerer man en av dem påvirker det alle de andre. Bevegelsene har derfor en tendens til å ende i det fullkomne kaos; ikke sjelden havner saksofonisten inn mellom cymbalene til batteristen, eller keyboard-spilleren sveiver seg selv opp i akslingen. Til slutt er alt en eneste floke – men moro var det å lage!



Figur 21. TeaterBeate: 40 years of success!

¹ *TeaterBeate* har navn etter saksofonisten på figuren i anledning dennes 40 års fødselsdag.

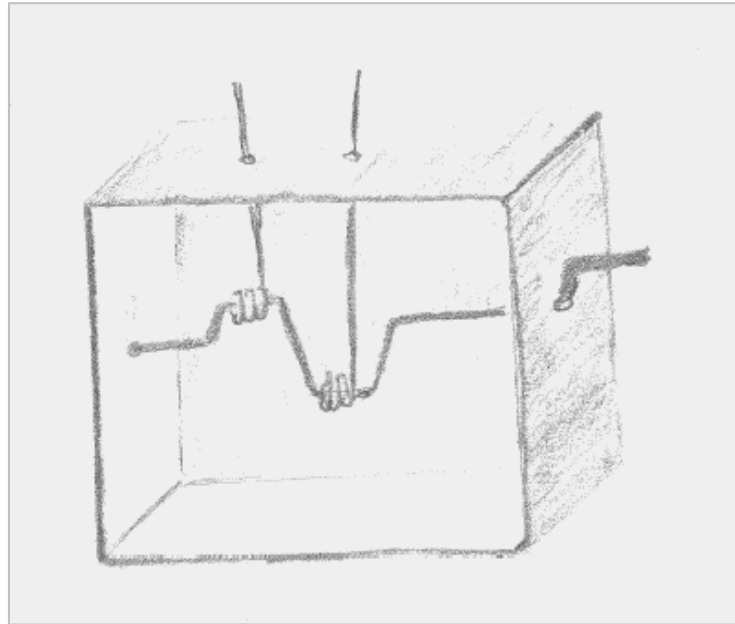
VEIVAKSEL MED STAG

Mekaniske leker med veivaksel kan lages med flere deler av ståltråd isteden for tråd. Disse delene utgjør stag som beveger figurer i leken, og gjør leken mer stabil. Det gir også mulighet for å ha figurer oppå esken, slik at mekanismene kan skjules inne i esken. Dette har vi gjort i leken *Padletur* vist i Figur 22. Mekanismen som skjuler seg i esken er vist i Figur 23.



Figur 22. Padletur, en leke med to stag av ståltråd.

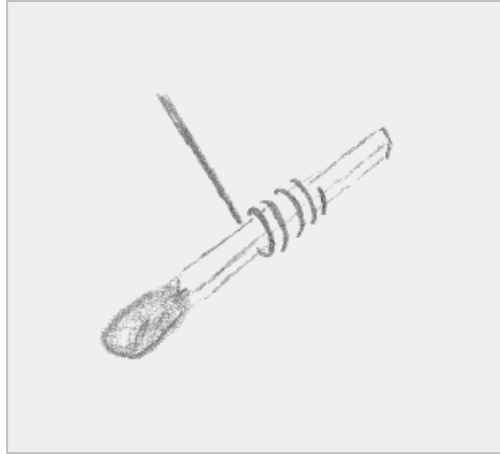
Her har vi brukt ståltråd med forskjellig dimensjon til de ulike delene av mekanismen. Akslingen er en tykk ståltråd med dimensjon 1.5 mm. De to ståltrådbitene som beveger årene i padleturen er 0.8 mm. Her bør ståltråden være såpass tynn for at den lett skal la seg bøye rundt akslingen.



Figur 23. Mekanismen i leken "Padletur"

Bruk tang til å bøye til akslingen i trinn. Store utslag på trinnene gir store bevegelser for figuren. For store utslag vil imidlertid gjøre at dreiningen i mekanismen blir for stor og leken vil da ikke virke skikkelig. Her må man prøve seg fram. Det er lurt å starte med små trinn for at leken skal virke. Det gir også ofte mer realistiske bevegelser for figuren. Husk at man også kan kombinere små og store utslag for å få til effekten man ønsker.

Ståltråden som beveger figuren kan festes til akslingen ved å først snurre den rundt en fyrstikk eller liknende til man får en liten spiral. Dette er vist i Figur 24. Spiralen tres deretter inn på veivakselen.



Figur 24. Spiralen kan lages ved hjelp av en fyrstikk

Pass på at spiralen ikke blir bredere enn trinnet den har til rådighet, og at den er romslig nok for akslingen så den kan rotere.

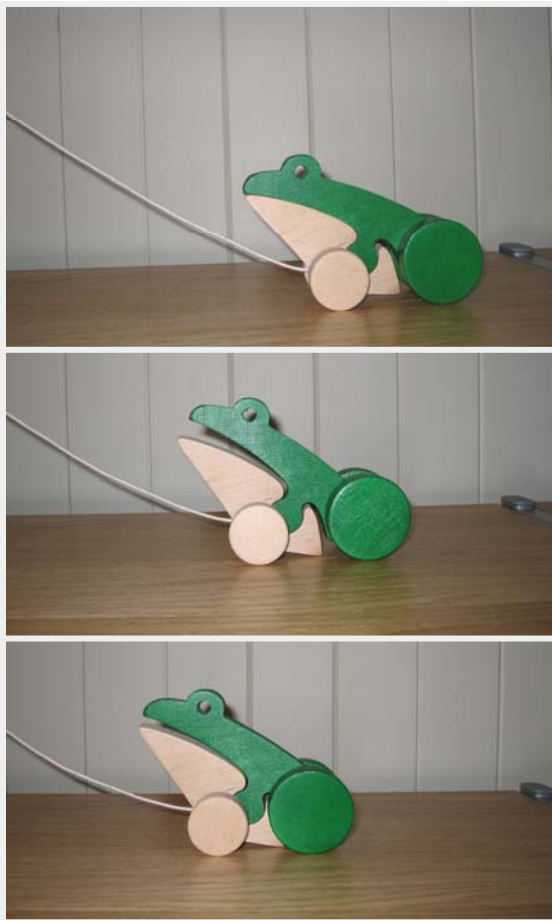
Stikk hull i esken; ett på hver side til akslingen og ett hull for hver ståltråd som skal stikke opp. Pass på at esken er stor nok til at akslingen kan rotere fritt!

Montér mekanismen i esken. Lag en bøy på den ene siden og et håndtak på den andre. Til slutt monteres figurer i de løse ståltrådene på oversiden av esken, og esken kan lukkes og dekoreres.

LEKER SOM TRILLER

Mekaniske leker på hjul kan gjøre fornøyelige bevegelser utfra enkle prinsipper. Figur 25 viser en frosk som beveger seg på en livaktig og "froskeaktig" måte, ved at den er satt sammen av to deler som kan bevege seg i forhold til hverandre. De to delene er festet til hvert sitt hjul, hvor det bakerste er eksentrisk.

I det følgende vises hvordan man kan bygge enklere varianter av mekaniske leker på hjul, med en vogn av papp som leken monteres på.



Figur 25. En frosk med eksentrisk bakhjul

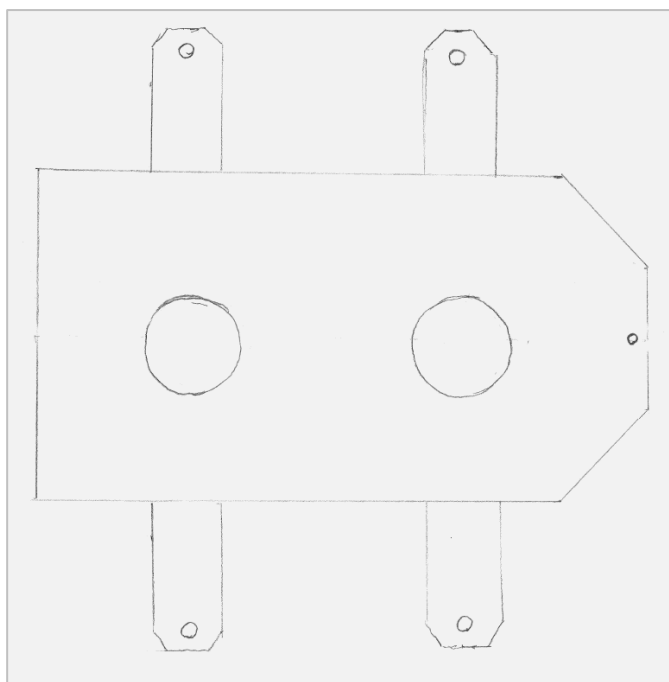
Vi trenger:

- 4 store hjul
- ett eller to mindre hjul eller pappskiver
- 2 trepinner til akslinger
- Solid papp
- lim
- Bor
- Vinkorker
- Materialer til å lage figurer av

Vi kan velge å ha et eksentrisk hjul enten på den ene eller begge akslingene.

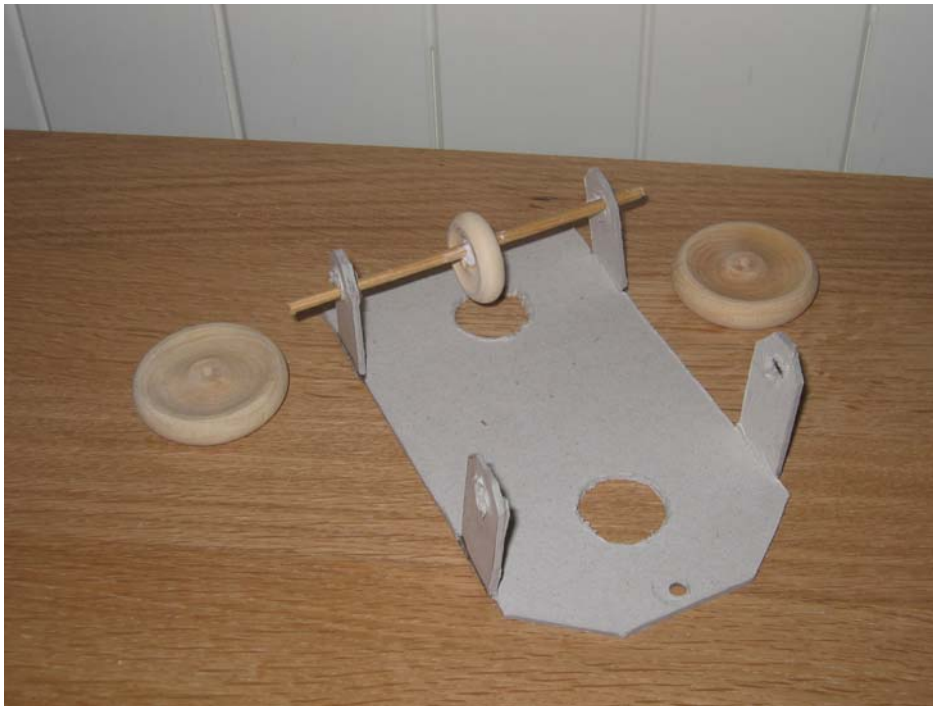
Slik gjør vi:

1. Forstørr malen til vogna i figur 26 og klipp den ut i solid papp. Skjær ut hullene. De store hullene på midten bør være litt større enn en tverrsnittet av en vinkork.



Figur 26. Mal til leke på vogn

2. Brett vognas "ben" opp, som vist i figur 27.
3. Kutt av to trepinner så de er litt lengre enn bredden av vogna
4. Bor et hull i et lite hjul, litt utenfor midten, slik at du får et eksentrisk hjul. I denne leken bør skjevheten være liten, det kan være tilstrekkelig å utvide det eksisterende hullet noe.
5. Sett det eksentriske hjulet nøyaktig midt på en av pinnene. Tre pinnen inn gjennom hullene i pappfiguren, slik at hjulet sitter midt under hullet på vogna. Dette er vist i figur 28.
6. Fest to store hjul til akslingen fra yttersiden av vogna. Pass på at disse kan trille uten at det skjeve hjulet subber nedi! Hvis det subber, må du lage et nytt hull nærmere midten av hjulet



Figur 27. Montering av vogn

7. Gjør det samme med den andre akslingen. Pass på at alle hjulene sitter fast til akslingen. Fest dem med lim hvis de er løse.
8. Fest en snor i det lille hullet så du kan trekke vogna langs gulvet
9. Vinkorkene brukes til å få noe til å bevege seg opp og ned når vogna triller framover. Lim et hjul eller en pappskive fast nederst på korken. Monter korken med hjulet som vist i figur 28, ved å tre den opp gjennom papplaten fra undersiden.
10. Til slutt lager vi figuren som skal bevege seg. Pass på at den ikke blir for tung! Da vil ikke vogna trille.



Figur 28. Montering av korken på det eksentriske hjulet

På neste side (Figur 29 og Figur 30) ser vi noen eksempler på hva leken kan bli.



Figur 29. Denne skrikerungen hopper opp og ned når den trilles i vogn!



Figur 30. Her har vi brukt eggekartong, garn og ståltråd til å lage et fantasidyr. Dyret vifter med halen og nikker med hodet når vi trekker vogna.

NOEN KLARER IKKE STOPPE; MEKANISKE LEKER SOM KUNSTFORM

Vi håper at du gjennom dette heftet har sett at mekaniske leker er fornøyelige i seg selv, og spesielt hvis man lager dem selv. Noen klarer ikke å la det bli med fornøyelige leketøy, og har utviklet mekaniske leker til en livsstil, kunstform og levevei. Hva slike kreative entusiaster har fått til kan du blant annet se mer om på hjemmesidene til engelske Cabaret Mechanical Theatre (se oversikt over adresser bakerst i heftet).

En av kunstnerne som har fascinert mange med sine mekaniske kunstverk er Paul Spooner. Han har laget installasjonene avbildet på neste side. Figur 31 viser "The Council Counsellor", hvor klienten snakker ut om sine problemer. Terapauten nikker forståelsesfullt, blir mer og mer lut i ryggen, inntil hodet faller ned på bordet og han sovner! I Figur 32, "How to swim" viser Paul Spooner oss mekanikken vi må ta i bruk for å kunne svømme.

Med dette som inspirasjon ønsker vi god fornøyelse videre i en lekende verden av mekanikk!



Figur 31. The Council Counsellor (fra Cabaret Mechanical Theatre)



Figur 32. How to swim (fra Cabaret Mechanical Theatre)

KILDER OG RESSURSER

Nettsøk på "automata" eller "mechanical toys" gir mange andre spennende ressurser!

"Automata":

<http://automata.co.uk/>

Engelsk ressurside om mekaniske prinsipper og leker ment for undervisning.

Automatashop:

<http://www.automatashop.co.uk/>

Her kan man kjøpe bøker og byggesett og på egenhånd eksperimentere videre med mekaniske leker.

Cabaret Mechanical Theatre:

<http://www.cabaret.co.uk/>

Fascinerende mekaniske leker av blant andre Paul Spooner.

Tarquin Books:

<http://www.tarquinbooks.com/>

Her kan man kjøpe ferdige byggesett for mekaniske leker i papir etter klipp-brett-lim prinsipp. Se etter "paper automata". Hefter fra Tarquin er også tilgjengelige fra norske forhandlere, for eksempel Vitensenteret i Trondheim.

Tekniska Museet, Stockholm:

<http://www.tekniskamuseet.se>

Her fins blant annet modeller av Christopher Polhems mekaniske alfabet.

Teknologi- & Designboka:

En praktisk prosjektbok for lærere i grunnskolen.

Svein Briså, Rolf Ingebrigtsen og Eva Celine Jørgensen, Damm 2006.

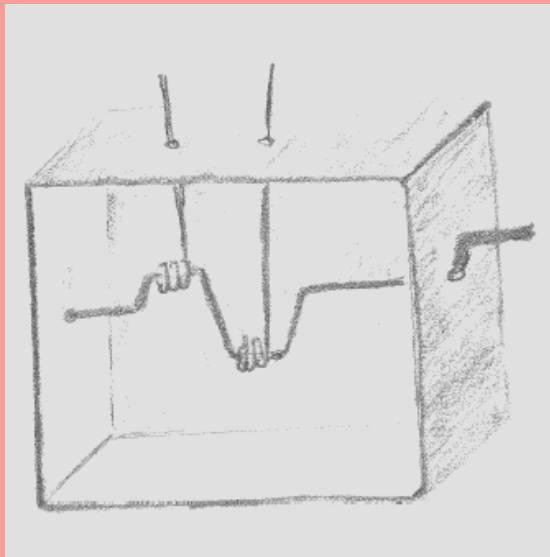
Boka har en mengde prosjekter innen teknologi og design, blant annet mekaniske leketøy på hjul.

My work as an artist / mechanic amounts to a constant pursuit of elegance and simplicity.

I haven't caught up with either yet because I don't know how to finish things.

Except sometimes. And even then I'm not sure.

Paul Spooner



Hftet beskriver noen grunnprinsipper for mekaniske overføringer av bevegelse og gir ideer til hvordan disse kan brukes for å lage mekaniske leker. Blant aktivitetene som beskrives er "mekanisk teater" i en skoese, sprellemann med veivaksel og leker på vogn som gjør bevegeiser når vogna triller.

Det har i aktivitetene vært viktig å finne en balanse mellom det å bruke enkelt utstyr og materiell som er billig og lett tilgjengelig, og det å kunne utforme leker som likevel virker godt og kan gis en estetisk verdi og særpreg.

Hftet henvender seg til alle som liker å eksperimentere med mekanikk og egen kreativitet. I undervisningssammenheng er det spesielt rettet mot hovedområdet Teknologi og design i læreplanen for naturfag på årstrinn 4-7.

Førsteamanuensis Berit Bungum
Institutt for Fysikk, NTNU.

Skolelaboratoriet har som oppgave å drive forsknings- og utviklingsarbeid rettet mot undervisning i realfag og teknologi i skolen. Gjennom SLserien vil PLU og Skolelaboratoriet publisere resultatene av dette arbeidet.

ISBN-13 978-82-7923-048-9
ISSN 1503-9242

NTNU



Trondheim

Program for
lærerutdanning

Skolelaboratoriet
for matematikk, naturfag og
teknologi

Tlf: 73 55 11 43
Fax: 73 55 11 40
<http://www.skolelab.ntnu.no>