

Notasjonssystem for robotbevegelse

*Perspektiver på bevegelse som
designmateriale i menneske-robot
interaksjon*

Niels Gabriel Theissen



Oppgave for graden
Master i Design, Bruk og Interaksjon
60 studiepoeng

Institutt for Informatikk
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

UNIVERSITETET I OSLO

Våren 2022

Notasjonssystem for robotbevegelse

*Perspektiver på bevegelse som
designmateriale i menneske-robot
interaksjon*

Niels Gabriel Theissen

© 2022 Niels Gabriel Theissen

Notasjonssystem for robotbevegelse

<http://www.duo.uio.no/>

Trykk: Reprosentralen, Universitetet i Oslo

Sammendrag

Når roboter nå operer rundt, foran og med mennesker blir det stadig viktigere å vurdere hvordan robotens fysiske fremferd tolkes av mennesker rundt dem. Oppmerksomhet rundt design av robotens bevegelser er derfor et tilbakevendende tema og område det stadig fokuseres mer på i fagfeltet HRI. Til tross for dette mangler designere stadig tilgang til måter å utnytte bevegelse som designmateriale. En måte å gjøre bevegelse tilgjengelig for designere er å representere det i et notasjonsystem. I denne masteroppgaven utforsker jeg hvilke muligheter som ligger i en foreslått modell for implementasjon av atferd i robotartefakter som inkluderer utviklingen av et notasjonsystem for robotbevegelse. Tolkning av robotens bevegelse er knyttet konteksten og tolkningen av den. Som et organiserende prinsipp for et konsept bygget på modellen for implementasjon av atferd i robotartefakter, foreslår jeg derfor å anvende teorier fra semiotikk, som er en gren i filosofien som undersøker hvordan mening oppstår og kommuniseres. Ved å observere tilstedeværelsen av en robot i en teateroppsetning, viser jeg hvordan mening i robotens bevegelser oppstår som en relasjon til omgivelsene. Menneske-robot interaksjon foregår innenfor en sfære av mening, og for å understreke assymetrien i interaksjon mellom mennesker og roboter, argumenterer jeg for å beskrive dette som å utgjøre en «robo-semiosfære».

Forord

Først og fremst vil jeg takke min veileder Rebekka Soma som har sørget for å kultivere nysgjerrigheten min og bygge selvtilliten man trenger for å arbeide teoretisk i et ellers praksisorientert fagfelt.

Takk til:

Ansatte og medstudenter i 7. etasje på Institutt for Informatikk

Robot-gruppa: Sandra, Claudia, Tora og Runa

Lesesalen ved Johanne, Maria, Silje, Silje og Silje, Andrea, Håkon, Mattias, Henriette, Julie, Linnea og Janni

Kunstnerisk- og tekniske ansvarlige for oppsetningen av Brannen på Nationaltheatret

Sist men ikke minst: Mari, Bo, øvrig og utvidet familie.

Innhold

I	Introduksjon	1
1	Mennesket og roboten	2
1.1	Innledning	2
1.2	Forskingsspørsmål	3
II	Bakgrunn	5
2	Roboter	6
2.1	Roboter	6
2.2	Interaksjon med roboter	9
2.3	Utfordringer knyttet til design av robotbevegelser	11
3	Bevegelse	13
3.1	Animasjon	13
3.2	Kommunikasjon og atferd	14
3.3	Bevegelseskvaliteter	20
3.4	Robot-bevegelse	24
3.5	Bevegelse som designmateriale	25
4	Tegn å tenke med	27
4.1	Notasjonssystemer	27
4.2	Notasjonssystemer for dans	30
4.2.1	Labanotasjon	31
4.2.2	Laban bevegelseanalyse (LMA)	35
4.3	Laban notasjon- og bevegelseanalyse i HCI og HRI	36
III	Teori	39
5	Konteksten som definerer bevegelsen	40
5.1	Gestosfæren	40
5.2	Kontekst i menneske-robot interaksjon	44
6	Semiotikk	46
6.1	Læren om tegn	46

7	En sfære av tegn	53
7.1	Den relasjonelle sfæren	53
7.1.1	Elementer i semiosfæren	54
7.2	Robo-semiosfæren	58
IV	Empiri	60
8	Brannen	61
8.1	Et laboratorie for studier av tegn	62
8.2	Brannen	63
8.3	Scener fra Brannen	70
8.3.1	Scene 1 - Sauekvinna	70
8.3.2	Scene 2 - Et kvinnehjem	71
8.3.3	Scene 3 - Søk	73
8.3.4	Scene 4 - Død	75
8.4	Analyse av to scener fra Brannen	76
8.5	Tegn i Brannen	81
8.6	Teaterindeksen	83
V	Diskusjon	85
9	Robo-semiosfæren i design av menneske-robot interaksjon	86
9.1	Et landskap av krefter og begrensninger	88
9.1.1	Designforslag	91
9.2	Labanotasjon for HRI	96
9.3	Oppsummering og konklusjon	103
A	Labanotasjon Glossary of Symbols	117

Figurer

2.1	Klasser av roboter	7
2.2	Ikke-antropomorf sosial robot	8
3.1	Behavioural complexity	18
3.2	Attribusjon og affekt	19
4.1	Notasjonssystemer for dans	31
4.2	Kinesfæren	32
4.3	Laban standard staff	33
4.4	Bildesekvens av å plukke opp en ball	34
4.5	Labanotasjon av å plukke opp en ball	35
4.6	LMA i mange studier	37
4.7	Laban Effort graph	38
6.1	Zola	48
7.1	Semisofære	55
8.1	Brannen	64
8.2	Spot	66
8.3	Scener fra Brannen med Spot	70
8.4	Robotens tilstander i første scene	72
8.5	Robotens tilstander i andre scene	73
8.6	Robotens tilstander i tredjedje scene	75
8.7	Robotens tilstander i siste scene	76
8.8	Tadeusz Kowzan 13 tegnsystemer i teater	82
9.1	Nivåer av begrensninger	88
9.2	Robo-semiosfæren	91
9.3	Fysisk og virtuell form	92
9.4	Krefter og bevegelse	92
9.5	Krefter	93
9.6	Begrensninger	93
9.7	Landskap av krefter og begrensninger	94
9.8	Labanotasjon partitur	97
9.9	Symboler for kroppsdeler	98

Forkortelser

CSCW Computer Supported Collaborative Work.

DoF Degrees of Freedom.

HCI Human-Computer Interaction.

HRI Human-Robot Interaction.

KI Kunstig Intelligens.

LMA Laban Movement Analysis.

SA Situation Awareness.

UiO Universitetet i Oslo.

Del I

Introduksjon

Kapittel 1

Mennesket og roboten

1.1 Innledning

Du kan se dem i naboens hage, i parker og hjemmene våre. Robotstøvsugere og robotgressklippere har blitt en enkel handelsvare og for lengst nådd kritisk masse. Det er også den vanligste kontakten almenheten, inkludert meg selv, har med roboter. De finnes også enkle varianter av mobile roboter på norske sykehus og de automatiserte vareplukkerne på fjernlageret til nettbutikken omtales jo også som roboter. Robotenes evner og «intelligens» er langt fra hva fiksjonen har lovet oss, og de er knapt spektakulære der de i et langsomt tempo rykker frem i vilkårlige retninger på den allerede snauklipte plenen. For de aller fleste av oss er det denne erfaringen med roboter vi deler. Roboter er generelt sett ikke synlige i bybildet, på jobben eller hjemme, så hvorfor er robotbevegelse et tema?

Design av robotbevegelse

Uavhengig av hvor vi ser dem og hvilke oppgaver de utfører, må robotdesignere å ta hensyn til hvordan robotens fysiske fremferd tolkes av mennesker rundt dem. I tilfellene hvor robotens evne til bevegelse ikke er all verden legges innsatsen kanskje i å designe et estetisk tiltalende utseende.

En robot kan være iøynefallende der den opptrer foran oss og vi kan se, kjenne og vurdere en robots utseende som et estetisk objekt. Den fysiske formen har så klart noe å si for og påvirker for eksempel om vi velger å kjøpe den ene eller den andre robotstøvsugeren. Industrielle designere og markedsførere har kompromisset for å finne den perfekte formen som appellerer til *den unge urbane kjøperen, familien på fire, bedriftseieren* og så videre. Dette må ikke forveksles med betydningen av bevegelse.

Menneskers forståelse av non-verbale faktorer er ofte underforstått og intuitiv. Robotens bevegelser kan vi *oppfatte* visuelt, på lang avstand og nesten helt ubevisst basert på dette gjøre oss opp en mening om den, helt uavhengig av form. I miljøer med mennesker vil rollen bevegelse spiller derfor komme i forkant av all annen kommunikasjon med roboten.[1]

Menneske-Robot Interaksjon

Slik det er definert av den tyske informatikeren Kerstin Dautenhahn er Menneske-Robot Interaksjon (HRI) et forskningsfelt som ligger i spenningsfeltet mellom kognitive psykologi, samfunnsvitenskap, kunstig intelligens, informatikk, robotikk, engineering og menneske-datamaskin interaksjon HCI. Slik hun beskriver det er et hovedmål for forskning i dette området å undersøke hvordan mennesker kan interagere og kommunisere med roboter på en «naturlig» måte.[2, s. 103]

Bevegelse er et svært fremtredende, men likevel underkjent aspekt ved menneske-robot-interaksjon. Mesteparten av forskningen innen HRI handler derfor fortsatt om utvikling av teknikker som tillater roboten å bevege seg på en rask og presis måte. Disse tilnærmingene er målrettet mot en industriell setting med fastmonterte eller *mobile-base* manipulatorer, hvor roboten operer i isolasjon fra mennesker og bevegelsesuttrykket kan komme i andre rekke [3, s. 1]

Når roboter nå flytter ut blant menneskene vil det være et behov for å designe bevegelser basert på andre kriterier utover effektivitet og presisjon. Bevegelsene må designes med tanke på hvor og i hvilken sammenheng de utføres, hvilket etterlatt inntrykk man ønsker at de som ser bevegelsen sitter igjen med og flere andre aspekter. Kvaliteten på robotens bevegelser blir derfor enda viktigere men designere må også vurdere oppfatningen av robotens bevegelser innenfor den sosiale konteksten av hjem, skoler, kontoret og så videre. [1]

1.2 Forskingsspørsmål

Som jeg såvidt berører her er spørsmål knyttet til hvordan en bevegelse tolkes noe som må vurderes i sammenheng med konteksten den utføres i. Dette gjelder også for robotene. En utfordring for en kommersiell robotprodusent er kanskje å lage uttrykksfulle bevegelser som er generelle nok i en oppskalert produksjon. For en mer spesialisert robot er utfordringen kanskje snarere å lage uttrykksfulle bevegelser som er spesifikke nok. Men hvordan kan man i det hele tatt designe bevegelse for en bestemt kontekst? Hvordan kan bevegelse representeres for en designer på en forståelig og anvendelig måte?

Man kan ikke vite hva man finner når man starter å lete. Jeg starter derfor ut med en vid problemstilling som har blitt snevret inn og mer spesifisert etterhvert som mine undersøkelser har utfoldet seg:

Hvordan kan bevegelsens mening representeres i et system for design av robot-bevegelse? Det endelige spørsmålet som jeg besvarer i oppgaven er :

Hva er (u)definert i et notasjonssystem for bevegelse, når bevegelse regnes som designmateriale, og kontekst og tolkning av den er essensielle egenskaper i dette materialet?

Struktur og prosess

Min tilnærming til oppgaven er informert av en artikkel innenfor HRI-fagfeltet av forfatterne Bianchini mfl. [4]

Jeg har tatt utgangspunkt i deres forslag til en modell for implementasjon av atferd i robotartefakter og sett nærmere på to aspekter ved dette: Bevegelse som designmateriale og meningen i bevegelse. For å forstå hva som ligger bak disse aspektene presenterer jeg teorier fra semiotikken, dans og filosofi. Mitt bidrag til Bianchini mfl. modell er en romlig modell inspirert av den post-moderne semiotikken for å beskrive konteksten mennesket og roboten interagerer i.

Videre har jeg et empirisk case som lar meg forklare det jeg har lært. I caset observerer jeg en robots bevegelser i en oppsetning på teater som suppleres med intervjuer av kunstneriske og tekniske ansvarlige for forestillingen.

Designforslaget er et bidrag for lesere av Bianchinis artikkel *Towards Behavioral Objects: A Twofold Approach for a System of Notation to Design and Implement Behaviors in Non-anthropomorphic Robotic Artifacts*

Oppmerksomme lesere vil oppdage at det ikke er et eget metodekapittel. Årsaken til det ligger i oppgavens teoretiske natur. Der jeg ikke følger en formalisert design metode eller rammeverk kan min prosess likevel minne om det som omtales av Stolerman og Wiberg som *Concept-Driven Interaction Design Research*[5]. Jeg følger ikke deres rammeverk, men hvordan de beskriver formålet med det resonnerer med min arbeidsmetode i denne oppgaven, med et unntak av tilstedeværelsen av en design artefakt:

«Instead of being intimidated by the expectations of building theory, interaction researchers can, through the concept-driven approach, focus on combining individual theoretical concepts into constructs that bring together earlier findings in new concepts and artifacts»[5, s. 112]

Jeg håper likevel leseren kan finne en rød tråd gjennom hele og se hvordan det forrige steget har informert det neste og så videre.

Del II

Bakgrunn

Kapittel 2

Roboter

Tittelen på denne masteroppgaven er Notasjonsystem for robotbevegelse. Bakgrunnskapittelet er følgelig også inndelt i tre kapitler etter komponentene i denne setningen, om enn med en annen rekkefølge. 1) Roboter, 2) bevegelse og 3) notasjonsystemer.

Første kapittel oppsummerer kort hva roboter er, hvor de finnes og hvordan de klassifiseres.

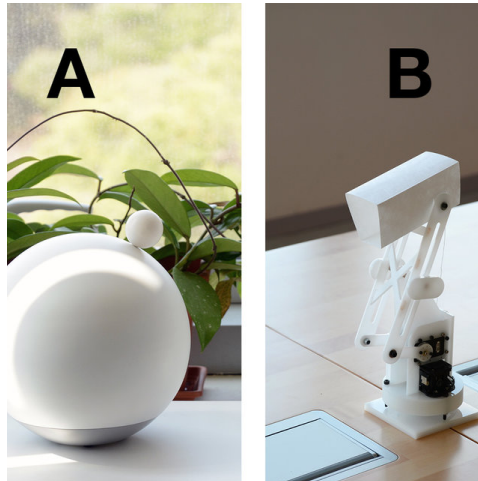
2.1 Roboter

En forutsetning for at roboter kan kalles roboter er at de på en eller annen måte kan oppdage og prosessere, vurdere og handle basert signaler fra omverden. De fleste roboter er utstyrt med flere sensorer og prosessorkraft for å høre, se, orientere seg og tolke omgivelsene. Robotens sanser er derimot ikke begrenset til disse menneskelignende perseptuelle modalitetene. De kan også være utstyrt med sensorer for å kunne oppdage lys utenfor vårt register om ultrafiolett eller infrarødt lys. I tillegg kan de oppfatte og sende ut signaler som ikke er direkte merkbare for mennesket som wifi og radar. Mobile roboter er også utstyrt med en rekke sensorer for stabilisering og orientering som gyro-sensor for å opprettholde en balanse og så videre.

For å kalle noe en robot må det kunne tre ting. En robot må kunne lese data fra sensorer og på den måten oppfatte omgivelsen. Den må kunne prosessere dataene fra sensorene og beregne hvordan noe skal utføres basert på dataene og kunne handle deretter. Kort sagt er roboter et fysisk objekt som interagerer med det fysiske miljøet, enten på egenhånd eller via en person, oftest for å utføre en oppgave. [6]

Roboter skjelnes fra hverandre på nye måter etterhvert som teknologiene utvikler seg bruken av dem blir mer varier. Utseende og kompleksitet varierer og roboter brukes i redningsaksjoner, i undervisning, som assistenter, som underholdning, til militære formål og romfart med varierende grad av autonomi.[7]

Vanlige kategorier er derfor utseende, sosiale egenskaper, formål- og bruksområde, relasjonell rolle, autonomi og intelligens, proksimale og temporale profiler. [8] Et inntrykk av mangfoldet av roboter og bruksområder som finnes finner man i oversikten Baraka m.fl [9] presenterer og på figur



Figur 2.2: Ikke-antropomorf sosial robot
(a)The Greeting Machine (b) Kip [12]

2.1.

Roboter klassifiseres også i forhold til hvor tett på mennesker de opererer. Roboter kan fjernstyres over lange distanser eller opererer autonomt i dagligdagse situasjoner som på jobb eller hjemme. I tillegg til kategoriene som er presentert over kan robotene i mange tilfeller også omtales basert på hva den tilsvarende rollen heter dersom et menneske ville utført det. Roboter kan derfor også være sykepleiere, barnevakter, samarbeidspartnere, lekekamerater, ledere og til og med intime partnere. [10, s. 2]

Blant de ikke-antropomorfe og ikke-zoomorfe robotene er det etablert en mer nøktern beskrivelse av roboter som virksomme objekter (*behavioural objects*) [11]

Robotstøvsugere og gressklippere kan omtales innenfor denne kategorien, men også mer abstrakte former som for eksempel Erel mfl. [12] «The Greeting Machine» (Se figur 2.2)

Denne spesielle kategorien roboter som hverken minner om mennesker eller dyr er fokuset i denne oppgaven.

Robotens evne til bevegelse

Robotene opererer i alle elementene, i luft, vann og på land. Uansett om man snakker om flyvende, rullende, klatrende, svømmende, gående eller fastmonterte roboter kan man snakke om at roboter beveger seg. Ulike roboter har ulik mulighet til bevegelse, ettersom evnen til bevegelsene oftest er tilpasset oppgaven den skal løse. Krav til mobilitet og bevegelse løses ved å utstyre roboten med hjul, belter, bein, skovler, vinger, rotor, armer, *grippere* og så videre.

I robotikk har bevegelse tradisjonelt først og fremst vært en utfordring knyttet til matematiske beregninger innenfor kinematiske modeller hvor bevegelse er en vektor med hastighet og retning.[6] og evnen til å

bevegelse er oftest informert av bruksområdet de er designet for. Ta for eksempel forskningsroboter, serviceroboter eller en konsumerroboter som er beregnet til å utføre oppgaver på gulvet i et laboratorie, i en sykehuskorridor eller hjemme. Enkelte av disse robotene er da kun utstyrt med et fåtall hjul, kun fordi de ikke trenger annet. Robotere som brukes til militære formål eller i redningsaksjoner ved for eksempel jordskjelv eller må derimot designes for å håndtere det å beveges seg i ulendt terreng. Som i mange andre fagområder ser både ingeniører og teoretikere til naturen for å se hvordan fenomener løses der. Mange roboter er designet med inspirasjon fra naturen. og spesialiserte bevegelsemønstre fra dyr kan i mange tilfeller overføres direkte til roboter (*biomimicry*). Det viser seg at det mest varierte terrenget overkommes derfor best av roboter med fire eller fler bein, og er opphavet til mange zoomorfiske robotplattformer som finnes på markedet i dag. Sånn sett kan er bevegelse derfor være et viktigere eller mindre viktig aspekt av robotens funksjon.

Robotplattformene stikker seg fra enkle systemer med et lavt antall frihetsgrad (DoF) til komplekse roboter med høyt antall frihetsgrader. I de enkle plattformene kan styremekanismene være forenklet, men tilbyr liten variasjon i bevegelsene. En konsekvens av dette er at kompleksiteten i bevegelsesuttrykkene er begrenset. Komplekse full-kroppsb roboter med et høyt antall frihetsgrader hvor har et motsatt problem hvor bevegelsegenerering kan være en utfordring. [3, s. 8]

I tradisjonell robotikk forskes det derfor på robotbevegelse på to ulike nivåer: effektivitet i oppgaveløsning og effektivitet i forflytning.

Rent fysisk og helt generelt kan man si at design av en robots bevegelser handler om effektivitet i oppgavefullføring i forhold til antall frihetsgrader. Dette er formalisert gjennom kinetikk (dynamikk) og kinematikk. Like generelt beskrevet har robotens forflytning i rommet tilsvarende formål og handler om, sagt på en forenklet måte, på kalkulere beste vei for å komme seg trygt og effektivt fra A til B (*motion planning*). Robotens bevegelser er da et resultat av hvilke regler som inngangsverdier fra omgivelsene filtreres gjennom på et prosesseringsnivå og et biprodukt av dette. Disse bevegelsene er ikke nødvendigvis tillagt en bestemt betydning fra ingeniørene.

2.2 Interaksjon med roboter

For en vanlig borger er antall interaksjoner de har med en robot i beste fall minimal, og utforskningen av interaksjon med roboter foregår i all hovedsak i lukkede laboratorier. Forskere på menneske-robot interaksjon mener interaksjonen grovt sett kan deles i to. Skillet går der interaksjonen foregår i mellom mennesker og roboter som er i samme rom, og de hvor de ikke det. Å vurdere robotens bevegelser visuelt krever en umiddelbar nærhet mellom mennesket og roboten. Cha m.fl [13] har gjort en grundig litteraturanalyse av hva som er nødvendig å vite om menneske-robot interaksjon, deriblant å definere varierende grader av menneske-robot interaksjon slik de vanligvis foregår i situasjoner der roboten og mennesket

er i samme rom. Grader av nær (*proximate*) interaksjon, som er der mennesker og roboter er plassert i samme miljø og kan interagere fysisk slik Goodrich og Schultz [7] også definerer det, er her adskilt med begreper lånt fra Bauer mfl., 2008: *sameksistens, koordinering og samarbeid*. [13]

Det laveste nivået for interaksjon som kan foregå mellom roboter og mennesker som er i samme rom oversettes til sameksistens (*coexistence*) - å være sammen i samme tid og rom. Sameksistens krever ikke direkte kommunikasjon, men informasjon utveksles naturlig gjennom ubevisste, ikke-verbale signaler. På dette laveste nivået av interaksjon tar mennesker rollen som tilskuere eller observatører og samhandler ikke direkte med roboten.

Et nivå over dette er interaksjon hvor roboten og mennesket koordinerer handlinger i tid og rom for å løse oppgaver mer effektivt. I robotikk brukes begrepet først og fremst om fysiske oppgaver, for eksempel to agenter som navigerer i samme område eller flytter et objekt sammen. For å skape flytende, sømløs koordinering, må hver agent kommunisere nok informasjon til å skape en grad av delt oppmerksomhet for å støtte handlingsprediksjon og planlegging. Det høyeste nivået er samarbeid som krever høye grader av koordinering ettersom hver part jobber aktivt mot et avtalt, felles mål. For å oppnå et vellykket samarbeid, må mennesket og roboten kommunisere slik at deres handlinger er komplementære og koordinering mellom dem er flytende (Bauer mfl., 2008 sitert i [13])

Utgangspunktet for denne oppgaven er interaksjon med livlige objekter på det laveste nivået av interaksjon.

2.3 utfordringer knyttet til design av robotbevegelser

Som man kan ane fra denne korte introduksjonen om roboter, er det flere potensielle kilder til problemer om man kun tar hensyn til design av bevegelser i roboter. Venture og Kulić [3], har oppsummert seks hovedområder som representerer de viktigste utfordringene med design av robotens bevegelser og atferd. Under er punktene presentert i sin helhet slik de er beskrevet av artikkelforfatterne selv:

1) *Varierende morfologi.* Man ser typisk at det utvikles egne metoder for implementasjon av bevegelser for hver robot-plattform som produseres. Uttrykksfulle bevegelser designes derfor manuelt for hver type robot. Tilnærminger som tillater endring i robotmorfologien eller kan overføres mellom morfologier gjenstår som en åpen utfordring.

2) *Grad av automasjon.* Mange ønsker å automatisere produksjonen av uttrykksfulle bevegelser eller å finne frem til en god måte så roboten selv kan skape uttrykksfulle og funksjonelle bevegelser. Tatt i betraktning av at det i mange tilfeller ikke er ønskelig med full autonomi, men heller menneskelig veiledning. Muligheten til å instruere roboten til å uttrykke seg med bevegelser kan være ønskelig og foreløpig kan dette bare gjøres med fjernstyrte roboter pr nå .

3) *Egenskaper og notasjonsystemer.* Forsking har fokusert på å identifisere aspekter eller egenskaper ved bevegelse som er relevante for å uttrykke «expressive content» De skiller mellom tre tilnærminger. I) Egenskaper som kan designes manuelt, II) egenskaper som baseres på eksisterende notasjonsystemer og III) egenskaper som kan læres av data.

De to første tilnærmingerne har fordelen av at de er lettere å tolke fordi de er tilpasset og i tilfellet med notasjonsystemer kan de fasilitere interdisiplinær delt forståelse. Men designede eller skreddersydde egenskaper trenger ikke nødvendigvis å resultere i systemene som presterer best, spesielt når morfologien skiller seg markant fra den menneskelige formen, som gjør det vanskelig for menneskelige designere å predikere de hvordan bevegelsen tolkes.

4) *Manglende kontekst.* Selv om eksisterende systemer gjør det mulig for roboter å fremvise uttrykksfulle bevegelser, mangler de fortsatt de kognitive ferdighetene eller tilstandene som akkompagnerer disse uttrykkene i mennesker.

Til forskjell fra mennesker, evner ikke roboten å inkorporere konteksten inn i produksjon av bevegelser, som kan føre til stereotypiske og potensielt sett upassende bevegelser i visse kulturer og sosiale kontekter (arbeid vs hjem)

5) *Effektivitet.* Gitt mangelen på kognitive ferdigheter som ligger

til grunn for utførelen av bevegelse, er det lite trolig at ekspres- sive bevegelser er effektive i menneske-robot interaksjon, over tid og hvorvidt forventningene som knyttes til roboten med slike uttrykksfulle bevegelser kan lede til skuffelse. Langtids studier i felten kreves.

6) *Multi-modale uttrykk*. Det kan være oppgaver og uttrykk som ikke kan uttrykkes på en vellykket måte i kun en modalitet (bevegelse). Uttrykksfullhet kan være rikere og mer fleksibel hvis fler modaliteter (eksempelvis ansiktsuttrykk, tale, affektive gestikulasjoner) tas i bruk i kombinasjon med uttrykksfulle funksjonelle bevegelser. Til dags dato,, bare et fåtall artikler tar hensyn til multi-modale uttrykk. (Det er en viktig retning for fremtidig forskning sier de.) [3, s. 11]

Listen er omfattende og forklaringene velbegrunnede. I denne oppgaven er først og fremst på tema knyttet til punkt 1) Varierende morfologi, 3) Egenskaper og notasjonsystemer og ikke minst 4) Manglende kontekst.

Kapittel 3

Bevegelse

I dette kapittelet vil jeg se på litt ulike måter for hvordan bevegelse påvirker oss og har betydning for oss mennesker. Vi opplever verden gjennom bevegelse og vi beskriver opplevelser og verden rundt oss med konsepter som stammer fra bevegelse. Vår følsomhet for å oppdage og bevegelse er instrumentell for vår overlevelse og vi kommuniserer med og leser av affektive tilstander av bevegelse. Vi tilegner fantasifult ting egenskaper basert på dens bevegelser. Bevegelser får ny betydning basert på omgivelsene de observeres i, eller hvor i verden man befinner seg. I dette kapittelet presenterer jeg en oversikt over dette mangefasetterte men flyktige konseptet bevegelse, med eksempler fra dyrenes verden dans og filosofi.

3.1 Animasjon

På et anatomisk grunnleggende nivå er bevegelse et resultatet av frigitt energi gjennom en muskelrespons til indre eller ytre stimuli. Denne responsen produserer et visuelt resultat i tid og rom som andre også kan oppfatte. Men hva betyr bevegelse for mennesket? Hva betyr det å være animert? For danser og filosof Maxine Sheets-Johnstone kan man ikke snakke om betydningen av bevegelse uten å først erkjennelse at bevegelse er helt fundamentalt, for alt liv og for det *å leve*:

«Ved å være i live og opptre som levende i verden gjør vi verden forståelig for oss selv, og vi gjør den forståelig, mest fundamentalt, med bevegelse. Vi forstår og oppdager oss selv gjennom bevegelse fra det øyeblikket vi fødes og vår evne til å tenke er forankret i vår opplevelse av verden gjennom bevegelse.» [14, s. 453]

Med dette i minnet ser man at implikasjonene bevegelse har for vår utvikling ikke kan være større: Slik Sheets-Johnstone presenterer det underbygger animasjon helt grunnleggende tid-, rom- og energibegreper som fjern, nær, svak, sterk, åpen, lukket, stor, liten og så videre [15] Disse begrepene, forklarer Sheets-Johnstone, er nemlig i utgangspunktet

kroppslige, ikke-språklige begreper. Som man kan lese ut fra listen av ord over, informerer disse begrepene konsepter som utvikler seg tidlig og fortsetter å informere mennesket livet ut .[16, s. 224]. Slik vi erfarer verden på gjennom bevegelse er på den måten er dermed også uløselig knyttet til våre kognitive utvikling.

Bevegelse er ikke bare fundamentalt for menneskets evne til å oppleve og beskrive verden, men også for alle levende organismers overlevelse og spesifisitet. Dette gjelder ikke bare pattedyr men også krypdyr og insektene som pleier og lever av naturen. Biologer som har studert insekter har for eksempel funnet at honning-biers «dans» rundt en kilde til mat er meningsfull. Spektakulært nok kan nemlig denne bien kommunisere avstand, retning og mengde ved å modulere distinkte kvaliteter i bevegelsen. Distansen med spatio-kinetiske konturer og retning med spatial orientering i forhold til sola og gravitasjonskreftene og mengde mat med bevegelsens intensitet. [14]

De spesifikke bevegelsene til bien er et tegn som er felles for arten og er kinetiske måter så og si alle innenfor samme art er kapable til å forstå og selv produsere. Denne formen for kommunikasjon skaper dermed artspesifikke synergier med utgangspunkt i meningsfulle bevegelser. Som Sheets-Johnstone selv påpeker, vil det uten dette ikke være en grunnleggende sammenheng eller orden blant dyr av samme art. Disse bevegelsene som er felles for arten utgjør dermed et stabilt fundament for å sikre føde og forplantning. [14]

3.2 Kommunikasjon og atferd

Alle organiske allianser avhenger av kommunikasjon. Et minimum av kommunikasjon må nemlig til for å gjøre det mulig for arten å fortsette. Dyr utveksler signaler og samles i ulike allianser. I alle slike foreninger, enten forbigående eller vedvarende, lukkede eller åpne, divergerende eller konvergerende, enkle eller komplekse, må skapninger av samme art lokalisere og identifisere hverandre. For å lykkes må de også gi informasjon om hvilken nisje de okkuperer i et territorium, indikere status i det sosiale hierarkiet så vel som humør.[17] Menneskedyret er ikke et unntak.

Vi mennesker kommuniserer på en rik og sofistikert måte som skiller oss fra alle andre arter på denne planeten. Ingen andre dyr kan kommunisere slik vi kan. Vi kan kommunisere på et utrolig detaljnivå med språk, men vi er sannsynligvis også mer detaljerte visuelle formidlere enn andre dyr. [18]

Som en evolusjonær spesialisering er tale utvilsomt det viktigste middelet for biologisk tilpasning for mennesket. Tale er sånn sett viktig, men på ingen måte den eneste mekanismen som gjør at vi mennesker er knyttet sammen til sosiale organisasjoner. Vi bruker lyder og språket vårt, berøring, ansiktsuttrykk, øyekontakt, måten man fysisk orienterer seg til hverandre, hele kroppen gester og positurer, tilstedeværelse og avstand i kommunikasjon for å skape og opprettholde slike felleskap. Andre sensormodaliteter som lukt, smak og temperatur kan også delta i kommunikasjonen. Mel-

lommenneskelig meldingsutveksling skjer samtidig over disse auditive og visuelle kanalene og forsterker eller supplerer vanligvis hverandre, både bevisst og ubevisst. [17]

Alt dette bruker vi for å for å formidle informasjon eller mentale tilstander, støtte talen og indikere ekte eller imaginære objekter i verden, uttrykke følelser og holdninger, presentere seg selv, utføre ritualer og mer til (Argyle, 1988; Ekman og Friesen, 1969 sitert i [18])

Informasjonen i bevegelsen

Våre behov for å kommunisere er ikke avhengig av bestemte medier, men hvordan vi kommuniserer og mekanismene vi bruker er uløselig knyttet til bestemte medier. (Hollan og Stornetta (1992) sitert i [19, s. 29])

Å kommunisere på andre måter enn med tale og språk har flere benevelser, som for eksempel nonverbal kommunikasjon (som supplement til tale), nonverbal oppførsel, kroppsspråk, uttrykksfulle bevegelser (*expressive movement*) eller bevegelsesatferd (Davis, 1972 sitert i [20]).

Nonverbal kommunikasjon er ofte brukt om faktorer som mimikk eller blikkontakt (og justering av blikkontakt) i for eksempel en dialog. Kroppsspråk fokuserer på de interaktive og kommunikative funksjonene til kroppsbevegelse, som å regulere interaksjon eller fremføre gester. Dette står i kontrast til *uttrykksfulle bevegelser* som skaper en sammenheng mellom bevegelse og mentale prosesser. [20]

Bevegelser kan inneholde informasjon om affekt, utmattelse, intensjon, stil og personlighet til den som beveger seg og informasjonen i bevegelsen kan overføres bevisst eller ubevisst. Uttrykket bevegelsesatferd ble introdusert av Martha Davis i 1972 som beskriver det som «*the anthropology and psychology of physical body movement*» Hun inkluderer i uttrykket at:

«atferd er et utvalg handlinger og manerer laget av organismer, systemer, kunstige enheter i sammenheng med dets miljø som blant annet andre systemer eller organismene rundt, så vel som det fysiske miljøet. Det er responsen i systemet eller organismen til ulike stimuli eller «input», som både kan være intern eller ekstern, bevisste eller underbevisste, synlige eller usynlige, frivillige eller ufrivillige» (Davis (1972) sitert i [20, s. 2])

Uttrykket kan brukes til å referere til individuelle, kulturelle og universelle mønstre av uttrykksfulle, kommunikative og praktiske kroppsbevegelser. [20] I denne oppgaven er det denne måten å omtale atferd jeg forholder meg til: som et komplekst og situert fenomen.

Slik det beskrives i sitatet fra Davis (1972) over, er bevegelseatferd noe som kommer til uttrykk gjennom en som utviser denne atferden. Samtidig er måten ordet atferd brukes ofte knyttet til en andre eller tredjeparts beskrivelser basert på en tolkning av en rekke signaler. At vi kaller det for en bestemt type atferd er også basert på helt spesifikke biologiske og kulturelt betingende mekanismer i mennesket. Ingen attribusjon - ingen atferd.

Attribusjon

Bevegelser i kroppen som spontant vises i interaksjon, alene eller i stille tankearbeid er assosiert med kognitive prosesser som språk eller romlig kognisjon. Bevegelsesatferd er på den en måten koblet med kognitive, emosjonelle og interaktive prosesser. [20] Mennesker «lekker» sånn sett informasjon om sin indre tilstand gjennom kroppsspråk, positur og gester. Vi lar disse inntrykkene telle som meninger, intensjon og sinnsstemninger.

I psykologi refererer begrepet attribusjon både til prosessen med å forklare atferd og å utlede trekk fra atferd. De to betydningene henger sammen i den forstand at det å tilskrive en psykologisk egenskap til et menneskes atferd ofte er en måte å forklare årsakene til at en person gjør noe, uavhengig om de faktisk stemmer eller ikke. (for eksempel: han går til døren fordi han vil ut og han vil ut fordi han kjeder seg).[21] Attribusjon sees på av mange som et forsøk fra det kognitive systemet på å gjenopprette en kausal og sosial struktur i verden, eller å identifisere mønster fra en handlingsbærers (*agent*) atferd (Heider, 1958 sitert i [4]). Attribusjon kan sånn sett betraktes som resultatet av en prosess som søker å oppdage stabile egenskaper i den sosiale verden.[21] Intensjoner, motiver, egenskaper og følelser deltar i forklaringen av en handling, mens de også danner et grunnlag for å forutsi fremtidig atferd. Dette ensemblet av psykologiske mekanismer som samarbeider for å produsere et rikt og sammenhengende bilde av den sosiale verden rundt oss gir oss helt spesielle evner til å oppfatte et stort spekter av holdninger hos mennesker og andre skapninger. [4]

Antropomorfisme

Det å se og oppdage bevegelse er også helt essensiell navigasjon og retningsbestemmelse, så vel som å detektere make, bytte eller rovdyr. [22] Bevegelse brukes for å oppdage og klassifisere noe som levende og ikke-levende blant både mennesker og dyr.[23] Men menneskets sensitivitet i forhold til bevegelse er ikke begrenset til å bare gjelde andre mennesker og dyr, men også bevegelsen fra abstrakte former. [18, s. 93]

I litteraturen fra HRI-fagfeltet refereres det ofte til de klassiske demonstrasjonene i Heider og Simmels *An experimental study of apparent behavior* (1944) og Michottes *The perception of causality* (1963) for å vise at vi noen ganger tilegner rike beskrivelser om motivasjon, intensjoner og mål til rigide objekter, *kun* basert på bevegelsene deres. [23] Denne tendensen til beskrive intensjon og følelser i gjenstander har fått navnet *antropomorfisme*.

Duffy (2003) som forsker spesielt på sosiale roboter definerer antropomorfisme som

«tendensen til å tillegge menneskelige egenskaper til livløse gjenstander, dyr og andre med sikte på å hjelpe oss å rasjonalisere handlingene deres. Det er å tilskrive kognitive eller emosjonelle tilstander til noe basert på observasjon for å rasjonalisere en enhets atferd i et gitt sosialt miljø.» [24]

Mennesker antropomorfiserer ikke bare naturen, men hovedsaklig alt rundt oss.[2] Vi snakker kanskje med den «aldrende» mikrobølgeovnen, berømmer de automatiske persienne når de slipper inn akkurat nok lys eller later som en kosebamse er et ekte dyr når vi leker med barna våre. Det ligger i menneskets natur å være sosial. Det kan man for eksempel se på konsekvensene det får for mennesker som mangler genuin sosial forståelse. Menneskelig intelligens har dype røtter i menneskelig sosial intelligens. Etologer og andre argumenterer til og med for at menneskehjernen har utviklet seg først og fremst seg som en respons på utfordringer som er assosiert med kompleksiteten forbundet med det å være sosial.[25]

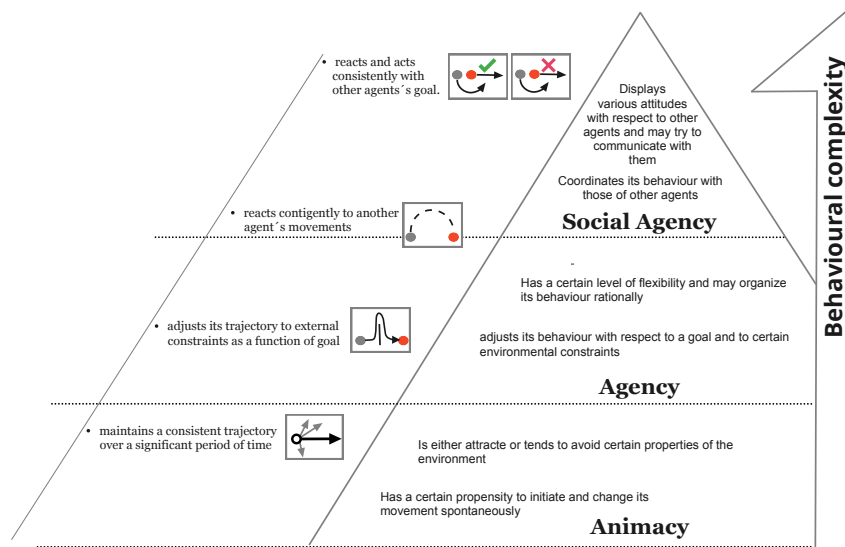
Uavhengig av akademiske diskusjoner om hvilken eksakte faktor som har resultert i menneskelig intelligens, er det alment akseptert at menneskelig kognitiv utvikling er sosialt situert. En konsekvens av dette er den sterke forbindelsen alle aspekter ved vår livsførsel har med «sosialitet», dypt i våre sinn og i kommunikasjon med verden rundt oss. [2] Reeves og Nass [26] og andre viser at mennesker oppfører seg mot og rundt teknologi på en sosial måte. Det vil si å gi de en personlighet, gjengjelde tjenester og så videre. Det samme gjelder, og i kanskje enda større grad for ting som beveger seg [11] og naturligvis dermed også roboter.[2] Antropomorfisering beskrives av Seibt mfl. [27] som en mental operasjon der fiktive menneskelige kapasiteter projiseres fantasifullt på roboten og gir dem menneskelige egenskaper, mål og motivasjoner. I forhold til bevegelse i roboter har denne effekten blitt studert nøye, også helt i yttergrensene, hvor det viser seg at bevegelse også kan brukes for å skjule robotens egentlige mål. [28]

Basert på vår tendens til å antropomorfisere, har bevegelse blitt brukt som et kommunikasjonsmedium, ikke bare av organismer i naturen, men også i design av artefakter, animerte karakterer og roboter. Å formidle karakterer gjennom bevegelse følger lange tradisjoner i fortellerkunst. I teater kan en sjanglende gange brukes for å formidle drukkenskap eller utmattelse, eller en lett hoppende gange kan uttrykke bekymringsløshet eller glede. I animasjonfilmer og videospill brukes bevegelsemønstre fra mennesker, dyr, objekter og former i karakteranimasjon for å formidle karakter, narrativ og emosjonelle uttrykk. [18, s. 94]

Atferdssignaler fra roboter

Tendensen til å tildele menneskelige egenskaper til roboter varierer basert på robotens utseende og rolle, sosiale kontekstuelle signaler så vel som folks egen motivasjon. [29] Ikke alle årsaker til antropomorfisme er like flatterende når man tenker over det. Som Short mfl. [30] viser, kan man ved å programmere en robot til å *jukse* i stein saks papir, se at engasjementet øker og at faktisk fremmer antropomorfisme.

Forholdet til en robotartefakt kan ta mange former. Fra likegyldighet til medfølelse eller frykt. Bianchini mfl. [4] har identifisert et systematisk forhold mellom de psykologiske egenskapene som tilskrives en robotartefakt og dens uttrykksfullhet. Bianchini mfl. [4] viser at robotens uttrykkssevne kan bestemmes av to sett med atferdssignaler: 1) Av ensemblet av

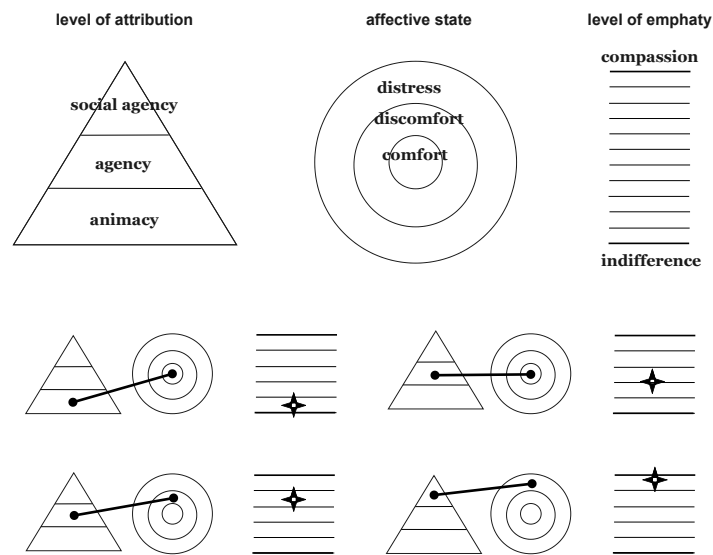


Figur 3.1: Behavioural complexity
 Reproduksjon av Lavillains [11] modell for attribusjon som Bianchini
 mfl.[4] benytter seg av.

signaler som gir informasjon om robotenes perseptive og kognitive ferdigheter og 2) av ensemblet av signaler som indikerer i hvilken tilstand (komfort/ubehag) roboten befinner seg i. Manipulering av disse signalene kan gjøre det mulig å variere forholdet mellom en menneskelig observatør og roboten, og å skape ulike typer interaksjoner, fra enkel sameksistens til aktiv kommunikativ interaksjon. [4, s. 9]

I modellen [4] foreslår, øker antall psykologiske egenskaper og holdninger vi spontant tilskriver et objekt i bevegelse i takt med kompleksiteten i robotens atferd (se figur 3.1. Disse er organisert i tre nivåer og i hovedsak tilsvarer de tre nivåene de tre følgende spørsmålene: Ser objektet levende ut? Ser objektet ut til å handle med vilje? Ser objektet ut til å samhandle sosialt med andre? Etterhvert som mulighetene for bevegelse og fleksibel atferd øker, øker antall slutninger vi trekker om roboten og egenskaper vi til slutt tilskriver den. [4, s. 5]

Bianchini et al. [4] definerer *uttrykksfullhet* som evnen til å formidle affekter og skape et forhold av sympati eller empati. Empati mener de kan forstås som en respons på signalene en organisme viser når den havner utenfor en komforttilstand og søker å vende tilbake til en mer stabil tilstand. Denne naturlige forbindelsen kan dermed utnyttes når man prøver å modulere uttrykksevnen til en robotartefakt. Dersom en robot tilsynelatende bare er selvdreven uten bevegelser som indikerer en form for mål eller intensjon, kan føre til en likegyldighet i iakttageren. Men



Figur 3.2: Attribusjon og affekt
Reproduksjon av Bianchinis mfl. modell for forholdet mellom attribusjon og affektive tilstander, hentet fra [4]

ved å legge til signaler om at den er i en form for smerte kan kanskje fremprovosere en grad av empati. Dette kan forsterkes ytterligere ved å indikere at roboten har en evne til å forfølge intensjonelle handlinger og fremkalle sympati for handlingen roboten utfører. [4]

Avhengig av objektets oppførsel kan visse personlighetstrekk spontant tilskrives objektet. En robotartefakt kan derfor se nysgjerrig, rampete eller likegyldig ut, basert på måten den organiserer bevegelsene på, reagerer på eksterne hendelser eller samhandler med andre.[4, s. 6–7]

En konsekvens av dette er at vi oppfører oss rundt roboter, til en viss grad, som vi oppfører oss rundt og med hverandre som ved foreksempel å omgås roboter innenfor etablere sosiale avstander [31]

Filosofen Johanna Seibt går i bresjen i sine studier og argumenterer for at menneskelige sosiale interaksjoner med roboter er ikke alltid, eller kanskje til og med ofte ikke er et resultat av antropomorfisering. Seibt m.fl [27] introduserte nylig (2020) begrepet *sosiomorfisme* som formidler en idè om at menneskelig sosial atferd mot roboter kan bli styrt av direkte (og muligens implisitte) oppfatninger av faktiske ikke-menneskelige evner for sosial interaksjon. [27, s. 63] Basert på beskrivelsene av bevegelse som fenomen er det ikke vanskelig å forestille seg at også bevegelse kan ha en sentral rolle i dette.

3.3 Bevegelseskvaliteter

Som honningbiens dans er et godt eksempel på, er det umulig å overvurdere betydningen av fremførelsen og dynamikken i visse bevegelser. Nyansene i både roboters og menneskelig bevegelse er synlige som visuelle opplevelser, men kan resonneres i oss og ta form som en følelsesmessig opplevelse.

Bianchini mfl. beskriver vår følsomhet for affektive tilstander når vi observerer et dyr eller et menneske nesten poetisk:

«Vi sympatiserer med handlingene det prøver å utføre, vi føler for dets frustrerte innsats, vi opplever et ekko av dets smerte eller glede.» [4, s. 7]

Danser og filosof Maxine Sheets-Johnstone har viet store deler av livet sitt til studiet av bevegelse og er spesielt opptatt av bevegelsens betydning for mennesket. Til tross for min kortevarige befatning med hennes omfattende studier, opplever jeg likevel at hennes betraktninger bidrar til både å belyse forskjeller og sammenhenger mellom menneskets og en robotens bevegelser. Bianchini mfl. viser i sin modell at vi er følsomme for andres emosjonelle tilstander. Under presenterer jeg hvordan Sheets-Johnstone forklarer hvordan bevegelse og følelser er to adskilte men relaterte fenomener. Dette gir for meg en forklaring på hvordan roboter faktisk kan oppleves av oss som å ha følelser, og at det kan formidles gjennom bevegelse.

Dynamikken i bevegelsen

Blant bidragene Sheets-Johnstone har gitt oss, er beskrivelser av hvordan både våre naturlige og kulturelt betingede bevegelser vitner om et grunnleggende forhold mellom følelser og bevegelse. Frykt er eksempelvis dynamisk forskjellig fra sorg, sinne fra skuffelse, glede fra fortvilelse, frekkhet fra nøling. Hver av disse følelsene har en affektiv dynamikk som ikke bare samsvarer med situasjonen man befinner seg i, temperament, alder, humør og så videre. Ens affektive dynamikk og bevegelse er sammenfallende også gjennom det skiftende forløpet av følelser. Følelsene tiltar og avtar, blir intensiverte eller svekkes, er plutselige der eller plutselig stopper og så videre. [15] Se for deg en forelder i et uoppmerksomt sekund i synsperiferien oppdager at spedbarnet er på vei utfor kanten på trappen. Frykten inntar kroppen, du mobiliserer alle krefter i et byks frem og griper tak i barnet i det det mister balansen, men akkurat i tide for å forhindre en ulykke. Vissheten om at barnet er i sikkerhet, og ønske om å betrygge barnet gjør kroppen medgjørlig og smidig igjen. Pusten går igjen langsomt og verden rundt kommer gradvis tilbake. Alt er over på sekunder. Om du har opplevd noe som dette kan det hende at du også kan gjenkalle følelsen kroppen samtidig som øynene følger teksten.

Sheets-Johnstone tar naturligvis utgangspunkt i danserens fremførelse av en koreografi i sin argumentasjon for hvordan følelser og bevegelser er

sammenfallende men separate fenomener. Dette gjelder ikke bare i dans, men også andre former for fremførelse og historiefortelling med bevegelse. At vi er i stand til å simulere følelser og kontrollere bevegelsene våre, vitner nettopp om at følelse i bevegelse ikke er identisk, men samsvarende med den faktiske følelsen. Vi kan mime en følelse, men samtidig ikke oppleve den, akkurat som vi kan oppleve følelsen fysisk, men med en viss innsats hindre å la den komme til uttrykk gjennom bevegelse. [15] Kvalitetene på bevegelsen har likevel, som Sheets-Johnstone kaller det, en egen affektiv «aura».[15] Den kan være dyster, spretten, eksplosiv, smidig og resonnerende affektivt i den som ser bevegelsen. En som beveger seg på en spretten måte, vil også oppfattes som «spretten» av en tilskuer. Selv om bevegelsen oppleves på to forskjellige måter (kinestetisk og visuell), er den kvalitative dynamikken i hovedsak den samme. De er forskjellige bare ved å enten ha eller ikke ha en affektiv resonans. Det som kinestetisk føles som skarpt, dempet, raskt, ekspansivt, klart, sterkt, taggete, uberegnelig, intenst og så videre, blir visuelt oppfattet som skarpt, dempet, raskt og så videre, og som affektivt ladet.[15] En skarp, sterk, rask kvalitativ dynamikk kan ha en aura av aggressivitet over seg, for eksempel; en ekspansiv, klar, dempet kvalitativ dynamikk kan ha en åpen, sjenerøs, til og med myk overflod; en taggete, uberegnelig, intens kvalitativ dynamikk kan ha en aura av angst, frykt eller til og med sorg. [15] Sheets-Johnstone [15] artikulere sann sett hvordan en bevegelse er noe som kan oppfattes som følelsesladet, uavhengig av om den bevegelsen har et emosjonelt utgangspunkt der og da. Signalene som kreves for å skape dette affektive forholdet er dermed også mulig å uttrykke gjennom en robotartefakt bevegelse [4]

Når du gjenkaller opplevelsen av å redde et melkeglass fra å skli ned fra bordet. Hvordan skal man beskrive dette og fremstille disse endringene skjematisk og nyansert? Hvordan kan man instruere et menneske, eller en robot i å være følelsesladet? Hvordan opplever vi bevegelse på en måte som vi kan gjenfortelle med ord? Hvordan kan man beskrive de kvalitative følte aspektene ved bevegelse, som også kommer til uttrykk som et visuelt resultat i tid rom?

Å beskrive bevegelse

I arbeidet med å oversette våre erfaringer med bevegelse til roboter trenger man et ordforråd for hvordan disse kvalitetene oppleves (og dermed kan oppfattes). Ved å navngi den opplevde dynamikken i bevegelse kan man kanskje også komme nærmere en oversettele til maskiners eget språk. Kan vi forklare bevegelse på samme måte som vi kan forklare det vi opplever som farger i det elektromagnetiske spekteret?

Vi mennesker er knyttet til verden rundt oss via sansene, og språket er som et vindu inn til sansene. [32] Med språket kan vi beskrive hvordan vi sanser verden og kommunisere det til andre. Vårt språk har et overflod av beskrivelser på bevegelse. Dette er kanskje ikke overraskende siden vår verden svermer av svømmende, krypende, flyvende vesener i en verden hvor elementene spinner, flyter, ruller, sklir og så videre. Vår erfaring med vår egen evne til bevegelse, vår egen kropps tilstedeværelse og vår

opplevelse av bevegelse i verden har sammen gitt mennesket betydelige ressurser til å beskrive mange forskjellige aspekter av bevegelse verbalt. I hvilken retning beveger noe seg, over hvor lang tid, hvordan og med hvilken virkning [33] I motsetning til en verden av smak, lukt og følelser, er den spatiale verden kanskje mer mottakelig for presise og såkalt objektive beskrivelser. [34]

Vår persepsjon er, nesten uten unntak multisensorisk. Vi oppfatter objekter, hendelser og mennesker rundt oss gjennom et vidt spekter av sanser som gir oss overlappende og komplementære strømmer av informasjon om omgivelsene vi er i og om oss selv. En persons ansikt, lyden av deres stemme, måten de berører oss, eller en distinkt lukt bidrar til å gjenkjenne vår oppfattelse, erkjennelse og forståelse av dem. [35] For å oppfatte bevegelse i omgivelsene er det typisk syn eller berørings-sansene som er bruk. Gjennom syninntrykk og berøring oppfatter hjernen objekter i bevegelse som om de forflytter seg over et ark med sensor-reseptorer. For berøring er dette et sett med reseptorer i et rutenett over huden, og for syn er disse reseptorene i retina. Dersom man stryker fingeren over en overflate, vil nærliggende reseptorer stimulerende sekvensielt. På samme måte, når du observerer et objekt som forflytter seg, nærliggende fotoreseptorer stimulerer sekvensielt. For å tolke retning og akselerasjon i et objekt i bevegelse, sendes denne informasjonen til områder i hjernen som er spesialisert mot bevegelsesprosessering for syn og berøring. [36]

For den som observerer bevegelse er det et visuelt fenomen, men for den som utfører den er det en sanselig opplevelse, gjennom bevegelsesanssen.

Sheets-Johnstone plasserer bevegelsesanssen i sentrum for livet som en begivenhet:

Vår evne til å tenke i bevegelse er forankret i grunnleggende menneskelige begreper om rom, tid og energi eller kraft, som alle er forankret i opplevelsen av bevegelse i seg selv: kinestesi. [16, s. 222]

Kinestesi

Kroppen lager en grense mellom oss og omverden og bevissthet rundt hvor hver kroppsdel er i denne verden kalles proprioepsjon. [15] Kinestetisk sans er derimot den bevisste oppfatningen av kroppsdelers stilling og bevegelser. Denne sansen styres fra reseptorer i muskler, sener og ledd. Sammen med likevektssansen utgjør den kinestetiske sansen en nødvendig forutsetning for balanse og koordinering av bevegelser. [37] Kinestesi er derfor en nevro-muskulær sensorisk modalitet som tillater en bevissthet om bevegelse, og dermed en bevissthet om en kvalitativt følt dynamikk i bevegelsen. [16, s. 218]

Ordet *qualia* brukes i filosofien for å beskrive følelser som oppstår i mennesket i det vi opplever verden. [38] For bevegelse er dette tett knyttet til opplevelsen av kinestesi. På grunn av denne egenartede sansen, kan hastighet, kraft, rekkevidde og bevegelsesretning beskrives detaljert

fenomenologisk og belyser kompleksiteten i bevegelse utover bevegelse som endring av posisjon. [15]

Dynamiske dimensjoner i bevegelse

Fenomener som attribusjon og antropomorfisme er en aktiv projisering av egenskaper og indre tilstander på gjenstander eller dyr som kan utløses av blant annet bevegelse. Bevegelser kan også resonnerer i oss og frembringe et kinestetisk minne om for eksempel utførelsen av en bevegelse, og som Sheets-Johnstone viser, til og med følelser. Vi lærer om og erfarer verden gjennom bevegelse. Vi utmerker oss i idrett og håndverk gjennom å bygge en kunnskap i kroppen gjennom bevegelse. Implikasjonene for hvordan bevegelsesansens hjelper og påvirker oss er mange og Sheets-Johnstone tilbyr en måte å snakke om disse opplevelsene med utgangspunkt i våre egne erfaringer, muliggjort av kinestesi.

Sheets-Johnstone [16] fenomenologiske undersøkelser av bevegelse avslører kvalitative dimensjoner av bevegelse og belyser kompleksiteten i bevegelse utover forståelsen av bevegelse som endring av posisjon.[15] De fire dynamiske dimensjonene hun beskriver opplevd bevegelse med (*tensional*-, *linear*-, *areal*-, og *projectional qualities*) er egenskaper som er tydelige i enhver bevegelse. Før jeg forlater bevegelse som tema, og går over til det neste er det nødvendig å oppsummere hovedtrekkene i hver av disse dimensjonene.

Spenningskvaliteten (*tensional quality*) spesifiserer den føyte intensiteten til en bevegelse og den lineære kvaliteten (*linear quality*) beskriver de usynlige vekslende diagonalene i en bevegelig kropp og det lineære mønsteret som tegnes i luften av selve bevegelsen. Areal kvalitet (*areal quality*) beskriver kroppens og bevegelsens utstrekning i rommet og *projectional qualities* kan en tenkes på det som kvalitetene som beskriver hvordan bevegelsens «bane» endrer seg brått, vedvarende eller ballistisk i tid og rom.

Når du tar sats og hopper eller svinger foten og puster inn før den treffer ballen med full kraft kjenner du endringene i intensiteten, kraften eller *spenningskvalitetene* i bevegelsene. *De lineære kvalitetene* skifter hele tiden i når du går. Når bena bøyer seg og armene pendler endrer balansepunktet seg og den vertikale linjen oppfattes og tar form som diagonaler. Når vi svinger armene frem og tilbake, sporer bevegelsens bane en lett buet linje ved fingertuppene og det lineære mønsteret som spores av hver av føttene våre når vi går gir en kompleks linje som minner om en ellipse. *De areale kvalitetene* endrer seg når du skifter fra å stå oppreist til å sette deg på huk. Når vi er angrende, har vi en tendens til å krympe i størrelse og holde oss på plass. Når vi gjør det er den arealmessige utformingen av kroppen vår liten og arealmønsteret til enhver bevegelse vi kan gjøre er like liten. Når man brått fanger et glass før det faller og deretter setter det forsiktig på bordet endres bevegelsenes *projectional qualities*. En brå bevegelse kan være svak, som når øyenbrynene plutselig går oppover samtidig som man trekker pusten i overraskelse og en vedvarende bevegelse kan også være sterk, som når man skyver en tung

boks over gulvet. [16, s. 224]

Som Sheets-Johnstone selv oppsummerer det:

Det å strekke seg etter et glass, plukke opp nøkler på vei ut døren, pusse tennene, reise seg, sette seg ned igjen, gestikulere i samspill med å snakke og så videre er gjenkjennbare som en kvalitativt følt dynamikk. [16, s. 223]

Det er disse kvalitetene ved menneskelig bevegelse som er nødvendig å inkludere og uttrykke i et notasjonssystem for bevegelse. Som Sheets-Johnstone poengterer kan bevegelsenes dynamiske følelse også komme til uttrykk visuelt. Det endelige bevegelsesuttrykket er et resultat av interaksjon mellom de fire kinetisk følte dimensjonene, spenning, areal, lineær og bevegelsens bane. For å manipulere alle observerbare nyanser i bevegelse må disse kvalitetene «temmes», kvantifisere og representeres på en eller annen måte.

3.4 Robot-bevegelse

I beskrivelsene jeg har gitt om bevegelser er det nødvendig å gjøre det klart at det er et skille mellom hva bevegelse er for mennesker og hva bevegelse for roboter er.

Bevegelse *er* først og fremst ingenting for roboter.

De har ikke en opplevelse av kinestesi, krefter, tyngdekraft, spenninger eller usynlige linjer og kontorer som oppstår i bevegelse. Den har ingen bevissthet om verden og verden kan hverken erfares eller vurderes. En robot beveger seg ikke for bevegelses skyld.

En robot kan analyseres på forskjellige måter og i henhold til forskjellige prinsipper. Slik vi lærer som barn i lek med Lego består disse maskinene av et antall, i seg selv meningsløse enheter («atomer» eller «molekyler» kan man si) som til sammen utgjør større, meningsfulle enheter. I motsetning til hvordan jeg har omtalt animasjon [39] kan man si Roboters bevegelse *er* objekters bane i det de skifter posisjon. Poetiske beskrivelser av hvordan en robot beveger seg som atferd er et resultat av et forklaringsbehov vi mennesker som sosiale vesener har i møte med verden. Antropomorvisering er derfor et ord for resultatet av vår overtolkning av omgivelsene. [27] Selv om disse tendensene helt åpentbar har en effekt på oss, så er det fortsatt egentlig bare i våre sinn den faktiske meningsutvekslingen foregår. En robot har ikke en intensjon om å gå deg i møte for å hilse deg velkommen, det er vi som tolker bevegelsene dit hen. Vår respons på en robots bevegelser er derfor vår respons på vår egen forestillingsevne og tilbøyelighet til å tolke bevegelse som et tegn på vesener med agens. Roboten kan nærest sees på som et medium for våre egne ideer og instinktive sosiale tilbøyeligheter. Siden roboten ikke trenger å ha de psykologiske egenskapene vi vil at den skal uttrykke, er alt som trengs visse overbevisende signaler i måten objektet beveger seg på og samhandler med omgivelsene for å utløse spesifikke psykologiske attribusjoner. [4, s. 4] Fra menneskets side er ikke robotens, eller robotens datamaskins interne tilstand egentlig lesbare og tilgjengelig

for mennesket. Sånn sett er det Lucy Suchmans klassiske studier [40] også anvendbare på roboter. I stedet for må mennesket ta i bruk hint som utsonderes av roboten for å gjøre seg opp en mening om robotens interne tilstander, liknende de kongnitive prosessene som oppstår når de interagerer med andre mennesker. (Klein et al., 2005 sitert i [13]) Når et menneske gjør en bevegelse er dette noe som kommer til uttrykk som en del av større sett delprosesser. Roboten, med dagens teknologi, har ikke mulighet til å replisere dette. Når det kommer til robot-bevegelse snakker vi derfor om en simulering av handlinger. Disse foregår på forskjellige nivåer, basert på nivåene roboten er evne til å simulere delprosesser av en gitt handling. Filosofen Johanna Seibt presenterer fem nivåer av simulering av atferd, som er definert ut i fra en sammenligning av prosessene som er tilstede i en handling i henholdsvis mennesket og roboten. Det er viktig å merke seg at dette ikke utelukkende gjelder for bevegelser, men bevegelse er en av flere delprosesser i disse simuleringene. Slik Seibt ser roboten, kan den under visse forutsetninger kun tilnærme seg, vise, mime, imitere eller replisere (sosial) atferd. (*approximating, displaying, mimicking, imitating, og replicating*) [41]

3.5 Bevegelse som designmateriale

Designere jobber informert av materialene deres. Schön [42] beskrev slike prosesser som at designeren har en samtale med materialet og ethvert materiale vil ha egenskaper som gir spesielle muligheter for uttrykk og kommunikasjon. For å informere *design* av bevegelse i menneske-robot interaksjon, er det derfor nødvendig å se på bevegelse også som et designmateriale. Det finnes riktig nok få ressurser som tillater designere å kreativt utforske potensiale i bevegelser, konseptualisere og anvende bevegelsekvaliteter i en designprosess. Bevegelse, forblir stort sett utilgjengelige for designere.[19]

Som man ser hos plattformer som AIBO, NAO og som jeg vil forklare senere med roboten Spot, er de medfølgende visuelle programmeringsmiljøene for bevegelse knyttet til robotens form. Selv om du kan lage sekvenser av bevegelser manipulerer du først og fremst bevegelse som en nødvendighet for å endre robotens uttrykk fra konfigurasjon til konfigurasjon. Men som jeg har beskrevet tidligere er bevegelse i seg selv et dynamisk fenomen som ikke er gjenkjennelige i ut i fra sin form men dets kvaliteter. For at bevegelse alene skal representeres som et materiale som kan formes kan det ikke være knyttet til en spesifikk form, slik som for eksempel NAO. Det som trengs er et materiale som gjør det mulig å trekke arbeide med bevegelse på ulike abstraksjonsniver og deretter overføre det *til*, og la det komme til uttrykk gjennom en form.

For å forstå bevegelsens natur, egenskapene og potensialene for design er det et behov for en representasjon av bevegelse som muliggjør en slags strekking, støping, forskyvning og forming av kvalitetene, lik det vi kan gjøre med leire. Et notasjonssystem åpner opp for muligheten til å behandle bevegelse, nettopp som et slikt designmateriale.

Water og Gibbons [43] beskriver notasjonssystemer som symbolske

systemer for å representere design som er unnfanget i et designspråk. (*design language*) [43, s. 59]

Med dette mener de et uformelt privat språk brukt av designere, til forskjell fra et mer åpent offentlig formelt design språk. Ved å tilby et notasjonsystem for design av bevegelse fasiliterer dette for et gjensidig støttende forhold mellom det abstrakte designspråket slik det eksisterer i designerens sinn og det offentlige notasjonsystemet som er ment å uttrykke et design.[44]

Kapittel 4

Tegn å tenke med

I de foregående kapitlene har det blitt klart at det å arbeide systematisk med bevegelse som et flyktig og dynamisk designmateriale krever at det representeres i en form for notasjonsystem.

Det er overraskende hva et notasjonsystem kan være, hvordan det brukes og mangfoldet av dem. I løpet av dette kapitlet håper jeg at leseren vil få et inntrykk av hvilke kvaliteter dette *materialet* kan ha og ved å sammelingne det med eksemplene jeg presenterer, hvilken rolle det kan spille for videre forskning på bevegelse i menneske-robot interaksjon.

I dette kapitlet forklares det kort hva notasjonsystemer er og hva nytten av dem kan være, før det fokuseres inn på notasjonsystem for bevegelse. Kapitlet avsluttes med å se på tidligere forskning på bevegelse i fagfeltene HCI og HRI.

4.1 Notasjonsystemer

Alle tar notater for å bevare og videreformidle ideer. De fleste praksiser er mer eller mindre avhengig av en form for skrift som tjener som støtte for hukommelsen og formidling. Det gjelder både matematikeren, snekkeren, fotballstreneren og designeren. Formålene avhenger av praksis og kan være å instruere aktiviteter eller for å lette kommunikasjon mellom mennesker.

Det vi tenker på som notasjonssystemer er oftest et standardisert system av symboler, tegn og forkortede uttrykk som brukes for å representere fakta i både kunstneriske og vitenskapelige disipliner. Blant styrkene til gode notasjonssystemer er at de er løsrevet fra hverdagspråket og er assosiert med presisjon og entydighet.[45] Notasjonsystemer og godt utviklede definisjoner kan sann sett tenkes på som et et virkemiddel for å unngå misforståelser. Notasjon er en form for skrift og denne muligheten til å bruke et grafisk tegn som hjelpemiddel er en vesentlig forutsetning ved kunnskapsutveksling. Det bemerkelsesverdige med skrift er at den, til forskjell fra våre tanker og ideer er et ytre fenomen. Det er en fremstilling og aktualisering av tanker som vi kan forholde oss til, ta i betraktning og erfare samtidig med andre.

Til forskjell fra det talte ordet, eller bevegelse for den saks skyld, er

grafisk notasjon varig, i det minste i en periode, og man har mulighet til å komme tilbake til den, undersøke, bearbeide og kopiere den. Sånn sett lever notasjon sitt eget liv og låner seg til nye muligheter. [46] Hovedformålet med notasjon er å kunne kommunisere effektivt om viktige sammenhenger i den naturlige verden vi studerer og påvirker. Presis og entydig notasjon kan være utgangspunkt for begrepsmessige avklaringer og gjøre visse analyser lettere tilgjengelig for andre fagfelter. [45]. Paradoksalt besitter ikke notasjonen innholdet, det må rekonstrueres. Notasjonssystemer fylles med innhold etterhvert som man får erfaring med dem. En nybegynner anser de kanskje først og fremst som en instruksjon, hvor mer erfarne brukere får kanskje nye assosiasjoner og kan ta stilling til og vurdere dem på andre måter.

Et av de første notasjonssystemene vi blir kjent med er alfabetet. Dette notasjonssystemet for språk er laget for å gi menneskene mulighet til uttrykke, men først og fremst dokumentere tanker. Innenfor informatikk er et av de første visuelle notasjonssystemene informatikkstudenter blir kjent med samlet under betegnelsen Universal Modelling Language (UML). UML lar deg designe eller undersøke flere ulike aspekter av programmer før implementasjon. Klasse diagrammer, databaser, en brukers interaksjon med et grensesnitt, hvilke beslutninger som er mulige å ta i et program, hvordan de er strukturert eller hvordan de oppfører seg. UML diagrammer kan brukes til å visualisere programflyt eller et prosjekt som dokumentasjon eller før det realiseres. Det overordnede målet med UML diagrammer er å visualisere hvordan et prosjekt enten virker eller kommer til å virke.

Notasjoner utvikles over tid. Forfatterne Green og Fetais [44] foreslår at de karakteristisk går gjennom en rekke utviklingsstadier, starter veldig enkle og blir mer komplekse, og når et kompleksitetsstadium som hindrer deres brukervennlighet: så utvikles ofte en ny notasjon på høyere nivå som igjen er enkel, og vil kanskje gå gjennom samme utvikling. Notasjoner utvikler seg på denne måten fordi måten de brukes på utvikler seg. Green og Fetais [44] foreslår at de utvikles i 5 stadier: Ikonisk, blomstrende, formalisering, støtte patchwork og gjennfødsel. [44]

Notasjonssystemer utvikles ettersom behovet melder seg. Skiftet til vår moderne «symbolske» algebra kom gradvis. Sånn vi formidler og arbeider med matematikk i dag er et godt eksempel på hvilken verdi notasjonssystemer har når man tenker på at utviklingen av algebraisk notasjon startet med «retorisk algebra» hvor matematiske operasjoner ble beskrevet med ord. [44, s. 2]

Mange av notasjonssystemene vi kjenner til og bruker i dag har blitt til over lang tid. Notasjonssystemer utvikles gradvis og gjennomgår mange evolusjoner før standarder blir etablert. Et godt eksempel på dette er vestlig musikknotasjon, der de tidligste sporene er funnet i manuskripter fra det niende århundre i form av «neumer»; musikalske tegn. Disse indikerte en generell form og spesifiserte ikke den eksakte utførelsen og fungerte som en påminnelse om de essensielle delene i ved en melodi sangerne allerede kan. [44] Utviklingen av neumer har gått fra ganske enkle linjer og punkter til sirlig utarbeidede partiturer, slik vi kjenner det i dag. Musikknotasjon finnes for ulike formal. I musikk finner man notasjon som fungerer som

et rent *aide-memoire* eller jukseark til detaljerte instruksjon og videre til inspirerende notasjon hvor visuelle symboler og ideer er uttrykt grafisk eller i ord for å inspirerer utøveren til visse handlinger.[44]. Den fransk-amerikanske eksperimentelle komponisten Christian Wolff utviklet for eksempel et notasjonsystem der symbolene er underspesifiserte å kunne bety ting som «lag en lyd i midten, på en eller annen måte, i forhold til lydene rundt den» eller , «lag en lyd som involverer å strekke et materiale» , eller «spill etter en annen lyd har startet, og hold den til den stopper».[44].

I kunstneriske uttrykk som musikk er det naturlig å tenke at det er større toleranse for å vike fra det formelle, i motsetning til for eksempel notasjonsystemer som plantegninger og skisser av arkitekter og ingeniører. Noen ganger er også forskjellige notasjonsystemer brukt for å representere forskjellige deler (av noe) for spesifikk bruk. Et beskrivende eksempel er notasjonsystemer i organisk kjemi hvor (minst) fem ulike varianter brukes for å fange opp og representere kjemisk sammensetning og struktur, avhengig av formålet. Hver av dem tjener sitt sett med behov.

For det første er det det enkle verbale uttrykket for det kjemiske navnet, for eksempel sukrose. Denne notasjonen gir ingen ledetråder om sammensetningen og strukturen til kjemikaliet. Et annet kjemisk notasjonsystem rapporterer antallet av hvert av molekylets atomer, for eksempel $C_{12}H_{22}O_{11}$, uten å vise det strukturelle arrangementet til atomene. Dette krever mindre oversettelse enn det første eksemplet. Et tredje kjemisk notasjonssystem uttrykker den verbale formen til det kjemiske navnet på en måte som også beskriver viktige strukturelle trekk. Notasjonen 2-hydroksylpentan beskriver en kjede av fem karboner med en hydroksylgruppe festet til karbonet i posisjon 2. Et fjerde kjemisk notasjonssystem er grafisk og bruker geometriske tegninger blandet med tekst. I dette formelle systemet er det regler for å tegne spesifikke typer strukturer, og mens visse mengder informasjon om den geometriske strukturen vises, går en annen mengde informasjon tapt, for eksempel det spesifikke navnet på kjemikaliet. Til slutt er det et notasjonssystem som bruker atomkuler festet sammen i en tredimensjonal konfigurasjon. Den typen informasjon som er tilgjengelig i disse modellene er realistiske i forhold til de fysiske proporsjonene til atomene og mulige kjemiske reaksjonspunkter. Datamaskiner kan modellere kjemikalier og deler av deres oppførsel ved å bruke denne typen notasjon. Arbeid med slike synlige modeller støttet opp av en datamodell gir kjemikeren en fungerende form av atomene samt informasjon knyttet til spesifikke ladninger, og hvordan det reagerer på andre kjemikalier. Atommodellrepresentasjonen inviterer kjemikere til å bruke dette i design, og til å tenke på hva som kan skje hvis en reaksjon skulle skje på et bestemt tidspunkt. [43, s. 64]

4.2 Notasjonssystemer for dans

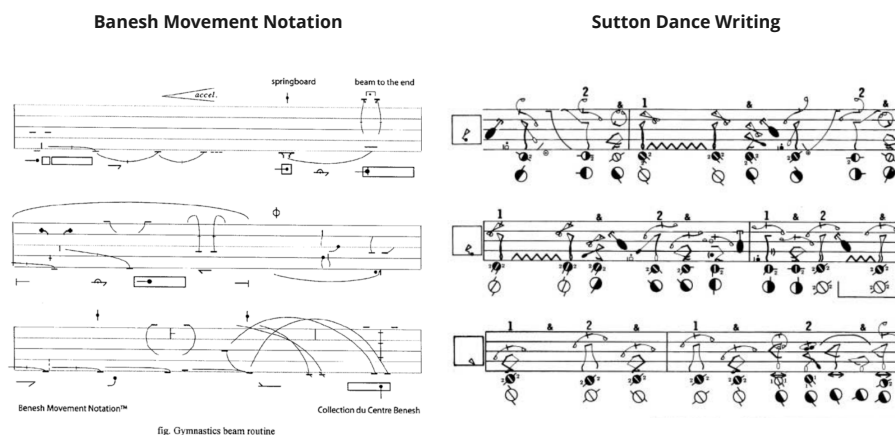
Notasjonssystemer for bevegelse kommer i hovedsak fra dans, og kan spores tilbake til det 15. århundre [47] Bare i vestlig kultur er det omtrent 90 danse-notasjonssystemer, fra de første på 1500-tallet til nåtiden.[48, s. 30]

Notasjonssystemer for dans er hva noter er for musikk og hva skriftspråket er for teater. På sitt mest grunnleggende er det symbolske beskrivelser av menneskelige bevegelser og form ved bruk av grafiske symboler og figurer, numeriske systemer, så vel som bokstaver og ord. [48]

De grunnleggende elementene i et godt notasjonssystem for dans inkluderer symboler som gir informasjon om dansernes posisjoner på gulvet, armer, ben og hodets retning og bevegelser, interaksjon med andre dansere, bevegelsenes kvaliteter, takt, hastighet og andre mulige musikalske notasjoner inkludert pauser og repetisjon, interaksjon mellom flere dansere, lyssetting, scenografi, rekvisitter og andre aspekter av en produksjon.[43]

Notasjonssystemer har spilt en nøkkelrolle i evolusjonen av mer sofistikerte og nyanserte koreografier. Derfor har de også spilt en nøkkelrolle i utvikling av dansefeltet som en helhet. På samme måte som med musikknotasjon har også vestlige notasjonssystemer for dans ulike evolusjoner og starter med notasjonssystemer for de mest fremtredende bevegelsene. De tidligste eksemplene er enkle og antall symboler gjenspeiler det nokså begrensede kompleksiteten i dans på den tiden. Videreutviklingen av disse notasjonssystemene starter først i forbindelse med grunnleggingen av det første danseakademiet i Frankrike 200 år etter. I takt med artistiske utviklingen ble behovet for en mer sofistikert variasjon notasjon for dans tydeligere. Disse systemene er forgjengerne til de moderne notasjonssystemene. [43]

Blant de mest populære finner vi Kinetography Laban, Benesh Movement Notation system (se figur 4.1 og Eshkol-Wachman Movement Notation system [48] Alle disse tillater notasjon av alle mulige menneskelige bevegelser, men de skiller seg fra hverandre på måten de representerer den menneskelige kroppen dens bevegelser.



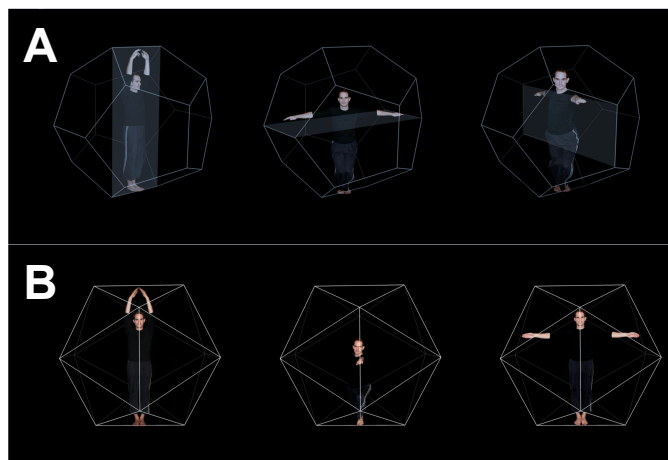
Figur 4.1: Notasjonssystemer for dans
Banesh Movement Notation [49] og Sutton Dance Writing[50]

4.2.1 Labanotasjon

Notasjonssystemer for dans tillater komposisjon og deling av nye koreografier, å beskrive eksisterende og å fange opp nye design-ideer, som gjør de til uvurderlige designverktøy for koreografer. [43]

Labanotasjon er et geometrisk dansenotasjonssystem som har vært i bruk i et århundre. Det er det mest omfattende systemet for å dokumentere kontemporære koreografier uavhengig av stilretninger. Notasjonssystemet for dokumentasjon av menneskelig bevegelse, *Kinetographie* ble opprinnelig utviklet av Rudolf von Laban men har siden blitt modifisert av blant andre Ann Hutchinson Guest, til det som nå refereres til som Labanotasjon. Dette notasjonssystemets søker å notere all antropomorfisk bevegelse, uavhengig av adferd og handlinger. Labanotasjon danner et veldig komplett bilde av bevegelse ved å kombinere notasjon av: hvilke spesifikke deler som beveger seg (*body*), retning, høyde, distanse og grad av bevegelse. (*space*), varighet(*time*) og «teksturen» av bevegelsen, om den er kraftig, tung, elastisk aksentuert og så videre (*dynamics*).

Et grunnleggende prinsipp for Labanotasjon er likevel at et enkle, naturlige bevegelser skal bli skrevet på den enkleste og den mest direkte måten [47, s. 11] Et eksempel er vår naturlige gange. I Labanotasjon noteres gange oftest bare med retningsymbol og en detaljert beskrivelse er kun nødvendig om det er en tydelig stilistisk endring i gangen. I Labanotasjon er dette forstått og trenger ikke forklares. På samme måte er andre grunntilstander heller ikke nødvendig å notere. Alle utførelse av bevegelse



Figur 4.2: Kinesfæren
 (a) Dodecahedron med de vertikale horisontale og saggitale planene og (b) Icosahedron, hentet fra [52]

krever en viss mengde energi, men det er kun avvik fra normalen som noteres.

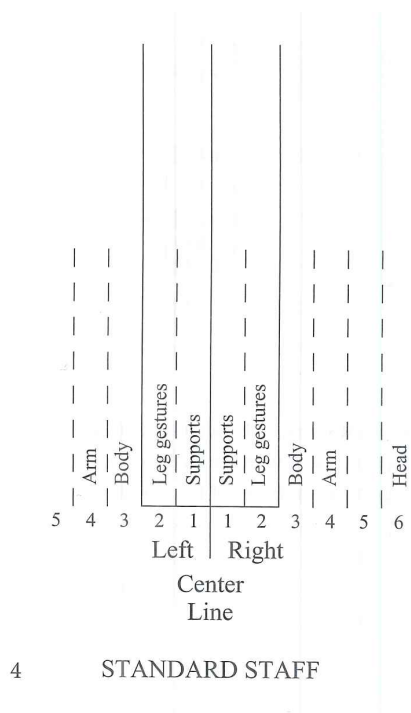
Kinesfæren

For Rudolf Laban kan all menneskelig bevegelse organiseres innenfor et mentalt bilde av en «kinesfære», en hypotetisk mangesidet ball som omslutter menneskekroppen. [106][51]

Kinesfæren representerer det totale arealet mennesker er i stand til å dekke i bevegelse og ulike bevegelsesformer kan organiseres innenfor hver av de fem Platoniske legemene, hvis overflater er identiske, regulære polygoner som møtes i samme tredimensjonale vinkler (tetrahedron (4), kube (6), oktaedron (8), dodecahedron (12) eller icosahedron (20).

De seks hjørnene av oktaederet, de åtte av kuben og de tolv av de tre diametralplanene gir tjueseks «orienteringspunkter» fra et sentrum. Disse er omfattet av to sammensatte geometriske former, icosahedron og dodekaeder, et tredimensjonalt stillas, som representerer helheten av retningsmuligheter som er mulige for en dansende kropp.[51, s. 108]

Mennesket kroppen har, hevder han, tre akser som den kan bevege seg langs på en stabil og bærekraftig måte: forover-bakover, høy-dyp og side-til-side. Disse gir seks mulige retninger, som hver tilsvarer det han anser som en arketypisk modus av menneskelig aktivitet: «fremover» (fremover) og «trekke seg tilbake» (bakover), «stige» (høy) og «fallende» (dyp), «krysse» (å krysser mot venstre eller høyre over overkroppen) og «åpning» (strekker seg bort fra overkroppen). Laban ser for seg disse samlet i omrisset av et oktaeder, den geometriske figuren som dannes når enden peker av disse seks koordinatene er slått sammen. [51, s. 106] (se figur 4.2)



Figur 4.3: Laban standard staff
Laban partitur Fra Guest (2005) [47]

Partituret

Labanotasjon kan brukes for å beskrive bevegelse på ulike detaljnivåer, basert på hva formålet med notasjonen er. Det strekker seg fra enkel notasjon av komplekse handlinger til detaljerte beskrivelser av enkle handlinger. Partituret er organisert slik at hovedtrekkene ved bevegelsen er notert med blokk-diagrammer og retningsymboler, og detaljene føres i kolonner lenger fra midtlinjen. Slik kan du raskt få et overblikk over relativt komplekse partiturer. Labanotasjon består av et stort antall symboler og retningslinjer (se vedlegg A), og selv om direkte visualisering av dans som strek-figurer kan virke forlokkende for mange, er dette likevel en mer upraktisk måte å notere bevegelse. De viktigste komponentene er vertikale kolonner som indikerer hvilke kroppdeler som bærer vekten og hvilke kroppsdeler som er i bevegelse, relasjoner til andre dansere og retningsymboler for bevegelser. Utstrekning og posisjon til kroppsdeler angis med kursivering og punkter i symbolene.[53]

Partituret leses nedenfra og opp, og hvor hver bevegelse starter er relativt til der den forrige sluttet. Tiden en action stroke tar er angitt av lengden på symbolent i forhold til en musikalsk taktart. I motsetning til for eksempel Sutton Dance Method (se figur 4.1) som noteres fra et tredjepersonsperspektiv, er Labanotasjon beskrevet fra et førstepersonsperspektiv.

Alexander Jensenius ved Universitetet i Oslo (UiO) [53] har erfaring

med bruk av Labanotasjon og anbefaler som fremgangsmåte å starte med de enkle komponentene først:

«Når man skal nedtegne bevegelser ved hjelp av Labanotasjon er det ofte vanlig å begynne med en motivbevegelse. Dette er en redusert versjon av det fulle notasjonssystemet og muliggjør rask nedtegnelse av de viktigste elementene i en bevegelsessekvens. Starte med de mest sentrale handlingene for deretter å gå videre til en mer detaljert beskrivelse av bevegelsene.» [53]

Se vedlegg A for en oversikt over symboler i Labanotasjon og Guest (2005) [47] for en innføring i bruken av Labanotasjon.



(a) Paolo picks up the ball between his feet. He can do it without changing his feet positions.

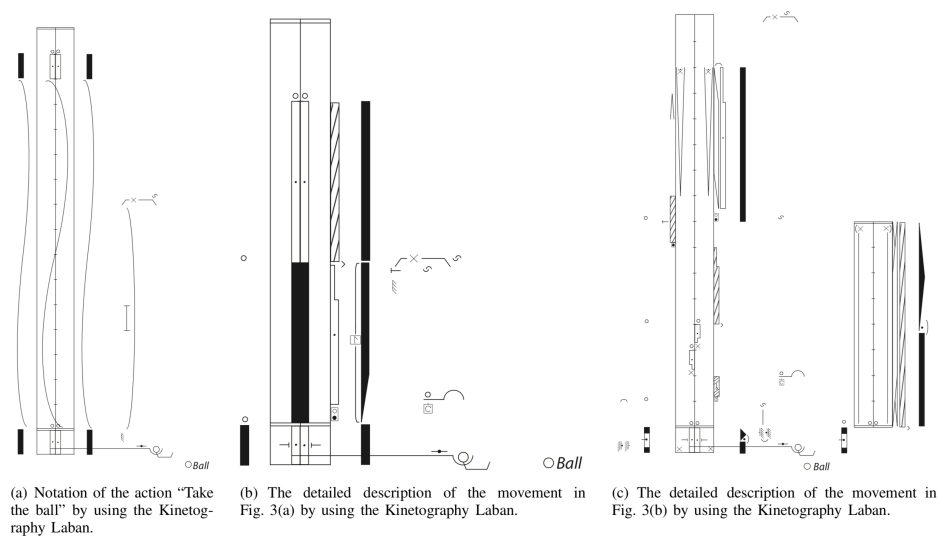


(b) HRP-2 picks up the ball between its feet. "stepping away" is a direct consequence of the action "pick up the ball". Indeed, there is no dedicated module in charge of stepping away but it is part of the module "pick up the ball".



(c) Tiphaine is executing a motion by reading the notation in Fig. 4(c) which describes the movements of HRP-2 in Fig. 3(b). For Tiphaine, "picking up a ball" is not an objective: "picking up the ball" is just part of a complex motion she has to perform.

Figur 4.4: Bildesekvens av å plukke opp en ball
Salaris mfl. (2017) [48]



Figur 4.5: Labanotasjon av å plukke opp en ball
Salaris mfl. (2017) [48]

4.2.2 Laban bevegelseanalyse (LMA)

Laban gjenkjente også at bevegelsenes særegne romlige, tidsmessige og energiske kvaliteter [16] kommer til syne som et visuelt fenomen og tok utgangspunkt i observasjoner av dette for å skape sitt system og kvalitativ observasjonsteknikk: Laban bevegelseanalyse (LMA).

I likhet med Sheets-Johnstone mener Laban at bevegelse og sinn ikke kan skilles fra hverandre. Sheet-Johnstone og Labans metoder er ulike men konklusjonen er den samme: «Det er ingen tanke uten bevegelse, og det er i dag mer enn sannsynlig at tanken er i seg selv en spesiell form for bevegelse» (Laban u.d, sitert i [54, s. 352])

Men Laban poengterte også at hver bevegelse ikke har mening, men hver bevegelse har mening for den som utfører den [finn sitatet igjen og utdyp dette mer - noe med sheets johnstone som rebekka nevnte]

Han evaluerte bevegelsen i seg selv, som «en manifestasjon av menneskelig ånd og sjel. (...)» det som drev hver enkelt til rollen (i dans) de spiller er noe dypt følt: en identifikasjon med en spesiell måte å være i verden på som går dypere enn å utføre en oppgave eller kommunisere et budskap. Gester kan derfor være både universelle kommunikasjoner av budskap, så vel som spesifikke for identitet, rolle og kultur. [55, s. 70] Sånn sett beskriver Laban bevegelser som meningsbærere men spesifiserer ikke hvordan bevegelsene formes og blir til.

For å komplimentere Labanotasjon utviklet derfor Laban et system og ordforråd for å beskrive kvaliteter ved bevegelse: Laban Movement Analysis (LMA), eller *Laban bevegelseanalyse*. Denne taksonomien er et sett med konsepter for detaljert analyse av bevegelse som er delt inn i fire hovedkategorier: *Body*, *Effort*, *Shape* og *Space*. Oversatt til Kropp, Kraft, Form og Rom av [53].

Laban bevegelseanalyse er delt inn i fire overordnede temaer eller

tilbøyeligheter (*affinities*), både kvantitative og kvalitative. De består av en blanding av vitenskap og kunstnerskap.[56] og presenteres som språklige dikotomier.Hver polar av continua definerer og informerer den motsatte enden og gir en full opplevelse av våre kroppar i bevegelse og i interaksjon med verden [55, s. 90]

Stabilitet-mobilitet beskriver det naturlige samspillet mellom kropps-komponenter som fungerer sammen og tillater hele omfanget av menneskelig bevegelse og balanse. *Anstrengelse-restitusjon* henviser til rytmene og fraseringen av pustens rytmer og bevegelse mellom muskelspenning- og avslapning. *Indre-ytre* belyser vår forbindelse med omverden gjennom bevegelse. Fra vårt indre, med våre behov og følelser i oss selv, til et ytre i vår bevegelse ut i verden. *Funksjon-uttrykk* skiller mellom aspektene ved bevegelse som tjener et behov og bevegelseskvalitetene som er uttrykk for affekt. [55]

4.3 Laban notasjon- og bevegelseanalyse i HCI og HRI

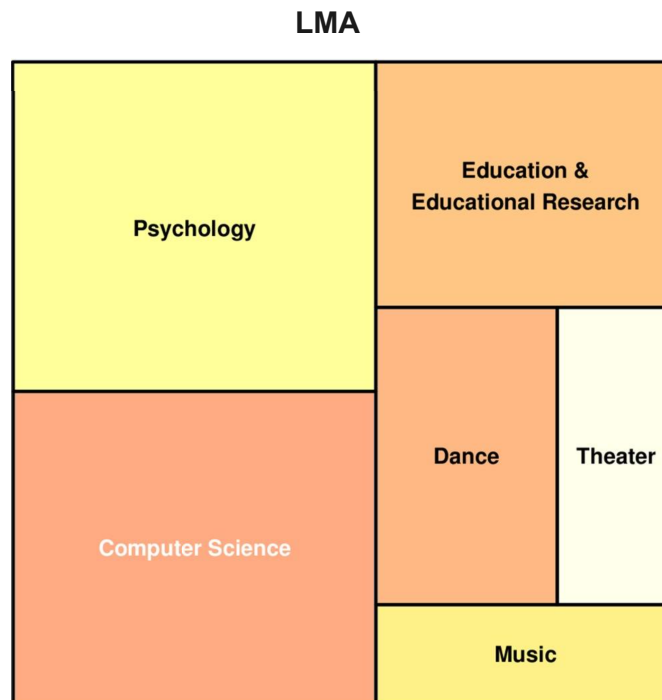
Selv om mange ser notasjonen og bevegelsesanalysen som to sider av samme sak, har det teoretiske rammeverket fått en større generell betydning en selve notasjonsapparatet. Man ser også at bevegelsesanalysen oftere brukes som en selvstendig metode for å beskrive og forstå forskjellige bevegelses-kvaliteter. [53]

Laban bevegelseanalyse brukes for å beskrive bevegelse som er assosiert med forskjellige emner. Fra personlighet og emosjonelle tilstander til kommunikative gester eller til og med atferd i rotter. Enkelte av LMA komponentene har vist seg å være mulig å oppfatte med en enkelt akselerometer og er også mulig å identifisere basert på visuelle data fra Kinect kamera. [57]

I HCI brukes Labans ideer i hovedsak for å beskrive menneskers bevegelse i interaksjon med ulike teknologier [58], eller som et bindeledd som oversetter menneskelig bevegelse til lesbare data for ulike teknologier eller formål som [19] eller [59]. Se [60] for en oversikt over Laban i HCI.

LMA gjør det mulig å identifisere ulike kvaliteter forbundet med ulike følelser, for eksempel er ulike gangarter forbundet med å være glad, sint, lei seg og så videre. I robotikk kan LMA derfor være brukbart til å oversette følelser til algoritmer, og bidra til modellere affektive bevegelser i en robot.[56] Som beskrevet tidligere passer LMA derfor godt med hvordan roboter kan tolkes som å utsondere følelser og holdninger gjennom ikke-verbal kommunikasjon. LMA gjør det mulig å klassifisere, evaluere og navngi bevegelser i henhold til kvalitetene, som igjen på sin side kan være assosiert med følelser eller personlighetstrekk.[61]

Elementer fra LMA blir derfor brukt for å generere bevegelse med et emosjonelt innhold. [62], eller å identifisere arketypiske karakterer og implementere dem i en robot. [63] For å lage livaktige roboter brukes også LMA for å variere enkelte bevegelser. [64] bruker Effort-komponenter fra LMA som en parameter for å variere og endre stilen på robotens gester. [65]



Figur 4.6: LMA i mange studier
I forbindelse med forsøk på å måle reliabilitet i LMA så Bernerdet mfl. (2019) at LMA brukes i forskjellige fagfelt. [68]

tar i bruk LMA i sin modell for adaptiv robot-atferd for å generere et utvalg subtilt forskjellige alternative bevegelser basert på en enkelt demonstrasjon av et menneske. [65]

[1] utforsker hvordan LMA kan bidra til å fasilitere for et kunstnerisk samarbeid mellom dansere og roboter. Det er i stor grad menneskelignende roboter denne type forskning LMA ofte brukes til, men det finnes også eksempler på bruk av ikke-biologisk inspirerte roboter hvor LMA er i bruk implementere ulike bevegelseuttrykk, som for eksempel i flyvendene roboter. [66]

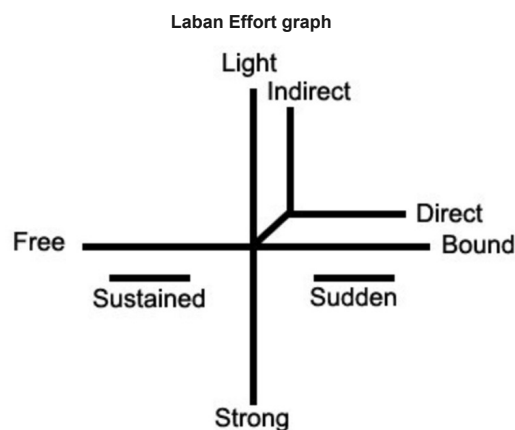
Det finnes også eksempler på ikke fullt så åpenbar bruk, som for eks [67] som bruker Labans teorier for å kalkulere robotens egen-støy fra bevegelige deler. Dette brukes deretter inn i regnestykket for å skille bakgrunnstøy fra tale i en robots talegjenkjenningssystem.

Se [61] for å få ett inntrykk av bredden i bruken av Rudolf Labans systemer.

Effort

I forskningsfeltet HCI og HRI ser man at av de fire kvalitetene er det kvaliteten *Effort* som oftest tas i bruk i forskning på bevegelse. Effort-nivået deles inn i fire underkategorier, Effort, Weight, Flow, Space:

Effort-nivået har fire separate bevegelseskvaliteter: *Flow*, *Weight*, *Space* og *Time* som alle ligger langs et kontinuum, og hver reflekterer en endring



Figur 4.7: Laban Effort graph
Dikotomiene som utgjør Laban bevegelseanalyse [68]

i holdning i forhold til en bestemt faktor.

Weight er knyttet til tyngdekraften som påvirker oss. Vi må bruke muskelkraft for å motvirke tyngdekraften og dette samspillet mellom kropp og tyngdekraft er med på å skape bevegelsene våre. [53] *Weight* er definert av ekstremene av *Strong Weight effort* (dytte noe tungt eller klatre over noe feks) og *Light Weight effort* (fortjent, flytende overvinnelse av tyngdekraften). *Weight* er knyttet til et vertikale planet.

Flow beskriver hvordan en bevegelse utfolder seg i tid og rom. Aksen deles her opp i ytterpunktene fri og bundet flyt. Fri flyt eksempel male penselstrøk. Bundet flyt er opplevs når bevegelsene er bundet. [53] *Flow* (*effort*) beskriver pågående bevegelser og kan defineres av ytre ytre av bundet flyt (i stand til å stoppe ved enhver bevegelse)

Space hvordan man beveger seg gjennom det fysiske rommet man befinner seg i og hvordan man forholder seg til kinesfæren. Kinesfæren er det maksimale området vi kan strekke oss hvis vi strekkes oss i alle retninger fra en bestemt posisjon. [53] *Space* er knyttet til et horisontale planet.

Time brukes for å beskrive bevegelsens rytmikk. Laban var opptatt av at tid og rytme ikke kan skilles fra hverandre. Vi opplever rytmiske mønstre rundt oss hele tiden og vi har vår egen grunnleggende rytme definert i pust og puls. [53] *Time* er knyttet til et saggitale planet.

For å bruke Labans metoder i bevegelsesanalyser kan man starte med å stille forskjellige spørsmål om bevegelsene: Hvordan er bevegelsesmønstret strukturert i tid? Er det raskt eller langsomt? Finnes det en rytmisk struktur, og er den jevn eller ujevn? Hvordan er bevegelsesmønstret strukturert i rom(met)? Hvilken retning går bevegelsen i? Er bevegelsen horisontal eller vertikal? Er den rett eller buet? Hvordan er bevegelsesmønstret strukturert i kraft? Er det bundet eller fritt? Er det noen bestemte fraseringer? Hvordan skiller mønstret seg fra andre mønstre? (se figur 4.7) Schradder (2004) sitert i [53]

Del III

Teori

Kapittel 5

Konteksten som definerer bevegelsen

Tidligere forskning viser et potensiale i bruk av Labanotasjon og Laban bevegelseanalyse (LMA), også for robot-bevegelse. Det gir derfor mening å starte med et utgangspunkt i disse om man ønsker å lage et notasjonssystem for robotbevegelse.

I litteraturen er det spesielt Bianchini mfl. [4] som later til å gjøre alvor av ønsket om et eget notasjonssystem for robotbevegelse. Bianchini m.fl (2016) [4] ser også til Labanotasjon og Laban bevegelseanalyse når de skal argumentere for hva som utgjør nødvendige komponenter for å beskrive hvordan roboters bevegelse kan oppfattes og utføres: Labanotasjon tillater å beskrive bevegelsens geometri i tid og rom relativt til et referansesystem, og Laban bevegelseanalyse beskriver de dynamiske forholdene i utførelsen av bevegelsen. Artikkelforfatterne er også spesielt opptatt av å kunne finne et system for implementering av atferd i livlige gjenstander *behavioural objects* [11], roboter som ikke likner hverken mennesker eller dyr. Blant robotene som allerede er nevnt kan en service robot eller for eksempel en robotstøvsuger tenkes på som slike livlige gjenstander. Interaksjon med slike gjenstander vil trolig foregå på et *sameksistens-nivå* [13] Bruken av begge Rudolf Labans systemer er til en viss grad overførbare til robotartifakter og er derfor nyttige som et utgangspunkt for et fremtidig system. For å lage et atferdsnotasjon eller transkripsjonssystem er det viktig å starte med geometri, men for å lese mening inn i bevegelse, minner Bianchini mfl. [4] om at én parameter gjenstår: forholdet til konteksten.

I dette kapitlet diskuterer jeg og bygger videre på Bianchini mfl. forslag og presenterer en romlig modell for å organisere konteksten menneske-robot interaksjon foregår i.

5.1 Gestosfæren

Mye av kunnskapen om kvalitative sider ved bevegelse og bevegelsens uttrykk er dokumentert av dansere eller andre som tilhører fagfelt som grenser til dans. For å beskrive hvordan konteksten kan ha innvirkning

på et bevegelsesuttrykket komplimenterer Bianchin mfl. (2016) [4] Rudolf Labans teorier med teorier fra danser og «Rølfer» [69], Hubert Godard.

For Hubert Godard, sier de, er det å kunne lese mening i bevegelse uløselig knyttet til hvordan kroppen organiserer seg i forhold til gravitasjonskreftene. Godard argumenterer hvordan kroppens posturale spenninger (*Anticipatory Postural Adjustments - APA*) på laveste nivå arrangerer uttrykket til kroppen. Dette er et helt system av anti-tyngdekraftmuskler, som er ansvarlig for vår holdning som lar oss opprettholde balansen og forbli stående uten å måtte tenke på det. [4] Dette er de samme musklene som også er de som registrerer endringer i våre affektive og emosjonelle tilstander. Godard hevder derfor at enhver endring i holdningen vår har en effekt på vår emosjonelle tilstand. Omvendt vil enhver affektiv endring føre til en modifikasjon av holdningen vår. [4]

Godard mener kroppen vår allerede inneholder psykologiske og ekspressive elementer, selv før en intensjon om bevegelse eller uttrykk er formet. Skal du åpne døren, avhengig av humøret vårt og øyeblikket, vil spenningen av leggen, som forbereder armens bevegelse, uten at vi vet det, være sterkere eller svakere, og vil derfor endre den oppfattede betydningen av bevegelsen. Kulturen og historien til en person, og deres måte å oppleve og tolke en situasjon på, vil indusere en «postural musikalitet» som vil akkompagnere eller fanges opp de tilsiktede gestene som utføres (Godard, 2008 sitert i [4]). Bianchini mfl. beskriver det som at:

«Følelser siver gjennom kroppen. Dynamikken farger og gir bevegelsen en «klang» og former lag og harmonier, transformerer den til en gest som til slutt gir den dens betydning. Betydningen gitt til miljøet former også sansene våre, som igjen gir mening til bevegelsen vår ved å transformere den til atferd» [4, s. 15]

Det er altså analysen av hva som skjer i kinesfæren, pluss hva som skjer i dynamosfæren, pluss elementer som kontekstualiserer gesten, det Hubert Godard kaller «Gestosfæren», som muliggjør den generelle lesningen av betydningen av den. [4, s. 14]

Gestosfæren eller «gestens sfære» er foreslått av Hubert Godard som ensemblet av forbindelser (fysiske, perseptuelle, affektive og symbolske) som forbinder mennesker til deres miljø.

I motsetning til Laban, sier Godard på den måten at «dynamosfæren» oppleves psykologisk og symbolsk av en person. Bianchini mfl. [4] konkluderer av dette at den Godardiske gestosfæren er basert på dynamosfæren, men at den også tar hensyn til personens erfaringer. Det er få kilder som utdyper dette temaet ytterligere som også er oversatt fra fransk. Godard selv har, så vidt meg bekjent, bare nevnt begrepet en gang, i et intervju fra 1994. I intervjuet av Hubert Godard, «*Le geste manquant*» som siden har blitt oversatt til engelsk sier han:

«I talk about gestosphere to designate this idea that we are constituted by what we could call core gestures. At a certain time, those gestures are bestowed upon us, and they develop more or less for certain people, so much so that each and every one of us develops a way of being in

the world, with a sphere of potentials regarding the gestures that are available in front of a situation.» [70, s. 40]

Slik jeg forstår dette utsagnet til Godard er at Gestosfærer er resultatet av hvordan enkeltmennesket utvikler og akkumulerer et repertoar av bevegelsesmønstre spesifikt til ens egne erfaringer, gjennom et helt liv. Repertoaret som er tilgjengelig for oss kan man si befinner seg innenfor (Gesto)sfærens grense.

Forståelsen min av Gestosfærens tilknytning til enkeltindividet forsterkes ytterligere med denne beskrivelsen fra danser og koreograf Mariella Greil som åpner med et sitat fra Hubert Dreyfus og Sean Dorrance Kellys *All Things Shining* (2011): «Håndverkerens oppgave er ikke å generere meningen, men heller å kultivere i seg selv, ferdigheten til å oppdage en mening som allerede er der». Greil [71] forklarer sin tilnærming til kroppen, bevegelsen og det koreografiske materialet gir gjenklang med bildet av å dyrke og avsløre det som allerede er der. Dette, sier hun, hviler på:

«den radikale tilliten jeg har til det kroppslige omfanget av muligheter og praksis, det Hubert Godard kalte <gestosfæren>, - en sfære etablert av gitte gester. Disse grunnleggende gestene, som resulterer i våre individuelle måter å være i forhold til verden på, som er akkumulert gjennom våre meningsfulle møter (*meaningful encounters.*)» [71, s. 318]

Hubert Godards bidrag må også sees i sammenheng med hans bakgrunn som terapeut, som en «Rolf»-terapeut, og konseptet er kanskje ment å være nyttig først og fremst i sammenheng med (bevegelse)terapi. Raphael Bigè [72] beskriver Gestosfæren slik: «Gestosfæren, det vil si den emosjonelle og symbolske betydningen av våre gester, definert av våre individuelle historier.» Sett i lys av bevegelsesterapeuten Godard, kan man litt forenklet kan man si at formålet med å definere en Gestosfære er definere ens personlige historikk eller plager ut i fra bevegelser, stille en slags diagnose og dermed kunne bearbeide dette gjennom bevegelse.

Både Kinesfæren, Dynamofæren og Gestosfæren er teoretiske konsepter basert på menneskets væren i verden. Der kinesfæren og dynamofæren lettere lar seg overføre til roboter med konsepter fra kinematikk, finnes det derimot ikke gode eksempler på bruk av Gestosfæren til dette formålet.

I utledningen av sine ideer forsøker Bianchini m.fl (2016) [4] å gjøre deres forslag for implementering av atferd gjennom bevegelse mer håndgripelig ved å lage et skille mellom bevegelse, gester og atferd. Noen vil si dette er et kunstig skille, og dette definerte skillet er heller ikke en del av Bianchini m.fl endelige forslag men får frem et viktig poeng. I argumentasjonen for å skille de fra hverandre formulerer artikkelforfatterne bevegelsesens forhold til omgivelsene på en god måte.

Der Bianchin mfl. reduseres bevegelse til forflytning innenfor en kinematisk modell, må definisjonen av en gest, sier de, sees i sammenheng med definisjoner av mening og hvilken betydning bevegelsen tilskrives av bevegelsen og eller observatøren. Derfor definerer de en gest som en bevegelse

som har en spesifikk mening innen en spesifikk kultur, hvor meningen er ikke nødvendigvis et resultat av kodet betydning *coded semantics* ([4, s. 11]

Bianchini mfl. [4] utdyper og beskriver forskjellen mellom bevegelse og gest slik: «Hvis en bevegelse er angitt av sin form, oppstår gester som et element av diskurs» [4, s. 11]

Den atferdsmessige dimensjonen i notasjon må integrere et flettverk av ulike mulige former en bevegelsesekvens kan ta, avhengig av kontekstuelle variasjoner. Denne dimensjonen tilsvarer Gestosfæren, summen av prosjektive og symbolske relasjoner til omgivelsene, før og under bevegelsen. Atferd er altså det vi til slutt tilskriver roboten, gjennom attribusjon

Oppsummering

Som jeg har poengtert tidligere har ikke roboten evner til å dynamisk ta inn over seg situasjoner og ha en følt emosjonell respons. Roboten er heller ikke født, og kan ikke filtrere og kryssreferer nye erfaringer med gamle på samme måte som mennesker. Det faller på sin egen urimelighet å beskrive roboter som å ha en Gestosfære. Bianchini mfl. mener heller ikke dette

Bianchini bruker kine-, dynamo-, og gestosfæren som konsepter de mener har overføringsverdi til et notasjonsystem for implementering av adferd i roboter. De sier altså ikke at en robot *har* en Gestosfære, men at adferden som kan tilegges en robot kan tenkes på som å beskrive robotens (individuelle) karaktertrekk, lignende det en Gestosfære menes å være et uttrykk for hos mennesker.

Gestosfæren er sånn sett tenkt som et uttrykk for å beskrive at robotens «personlighet» eller personlige erfaringer kan komme til uttrykk gjennom bevegelse. De faktiske bevegelsesekvensene den velger å utføre i møte med både nye og kjente situasjoner eller gjenstander vil dermed utgjøre denne Gestosfæren.

Kort fortalt må derfor robotens personlige uttrykk etableres basert på attribusjon som et resultat av responser på hva som skjer i omgivelsene.

Spørsmålet jeg stiller meg da er: Dersom roboten ikke kan referere til egne erfaringer, men gi et inntrykk av erfaringer gjennom responser til miljømessige faktorer, hvordan skal disse forbindelsene etableres, og hvordan skal de organiseres? Hvilke signaler skal responsen utløses av?

Før jeg kan begynne på det vil jeg kort beskrive noen sider ved hva som ofte menes med kontekst, slike det forklares av informatikere.

5.2 Kontekst i menneske-robot interaksjon

Kontekst er en viktig del av menneske-menneske interaksjon, menneske-maskin interaksjon og det samme gjelder så klart for interaksjon mellom menneske og robot. I HCI referer kontekst ofte til omgivelsene til en artefakt, som er relevante for å kjøre programmer og adaptere funksjonalitet til omgivelser i endring. Kontekst-basert interaksjon er vi alle kjent med gjennom kontekstuelle menyer i programmer på en datamaskin, og ikke minst fra smart-telefoner som gjør beslutninger om hvilke funksjonalitet som skal tilbys brukeren basert på analyser av omgivelsene. Du får påminnelser om å dra hjemmefra for å rekke møter, grensesnittet endrer seg på musikkavspilleren når du beveger deg i høy hastighet eller den kommer med noen oppmuntrende beskjeder rundt middagstider om du forsøker å slutte å snuse.

Å oppfatte og gi mening til en kontekst er et tema det utrettelig forskes på og i HRI er dette uløselig knyttet til forskning på kunstig intelligens (KI). Det skjer stadig fremskritt, spesielt med tanke på klassifisering av objekter i den fysiske verden i forbindelse med utviklingen av autonome kjøretøy og veifinning for robotsystemer. Etterhvert som robotikk-fagfeltet har modnet gjort det mulig for etter hvert å se på dem som mulige lagkamerater, og dermed også rettet fokuset på kontekst i menneske-robot interaksjon i forskning. ([73] I HRI forskes det for eksempel på hvor mye vi kan få med oss av robotens tilstander uten at det hindrer at oppgaver utføres effektivt, eller hvordan roboter forstår og kan forutsi miljøet og hendelser. Situasjonsbevissthet (*situation awareness*) og kan sees på en egen disiplin. Innen robotikk utforskes (SA) ofte i sammenheng med hvordan mennesker og roboter kan løse oppgaver sammen ettersom det krever høye nivåer av koordinering. [13]

Før teorien presenteres i neste del av oppgaven, ønsker jeg å rette oppmerksomheten mot bruken av ordet «kontekst» i HCI slik det presenteres av samfunnsviter og informatiker Paul Dourish [74]. I HCI og avarter av dette feltet, som for eksempel Computer Supported Collaborative Work (CSCW) er kontekst mye diskutert. For Dourish [74] er det spesielt måten ordet kontekst brukes innenfor HCI og for eksempel CSCW som har fanget hans oppmerksomhet. Artikkelen jeg referer til er snart 10 år gammel, men den er et godt utgangspunkt for å posisjonere denne oppgaven og gir perspektiv til teorien jeg skal presentere i neste del:

Kontekst - et spørsmål om representasjon eller relasjon?

Felles for mange av studiene av kontekst innen både HCI, og HRI er hvordan konteksten representeres i systemene. Paul Dourish fremhever fire aspekter som later til å være underforstått i bruken av ordet kontekst i bredden av studiene i HCI [74] :

- 1) Kontekst er en type informasjon som kan være kjent, kodet og representert,

- 2) at kontekst er oppdelt på en måte som gjør at man på forhånd kan bestemme hva som skal være en del av konteksten og ikke,
- 3) at kontekst er noe stabilt og kan defineres en gang, og
- 4) at kontekst og aktivitet er adskilt og at aktiviteten skjer innenfor en kontekst. [74, s. 21]

Slik det fremstår for Dorish er kontekst på den ene siden en teknisk idé, en som tilbyr systemutviklere nye måter å konseptualisere menneskelig handling og forholdet mellom den handlingen og beregningssystemer for å støtte den. Men på den andre siden, er det også en forestilling hentet fra samfunnsvitenskapen, som vektlegger visse aspekter ved sosiale settinger. Dourish presenterer derfor heller et alternativt syn på kontekst og konkluderer ved å svare på de fire antagelsene. Dourish argumenterer for at

- 1) kontekstualitet er en relasjonell egenskap som finnes mellom objekter eller aktiviteter, men at noe kan være kontekstuell relevant for en bestemt aktivitet eller ikke.
- 2) at kontekstuelle trekk er definert dynamisk.
- 3) at konteksten er spesifikk for hver aktivitet eller handling. Kontekst er en tid-og stedbundet (*occasioned*) egenskap, relevant for bestemte settinger, spesielle tilfeller av handlinger og bestemte parter i den handlingen.
- 4) kontekst oppstår fra aktiviteten. Kontekst er ikke bare «der», men produseres, vedlikeholdes og gjennomføres aktivt i løpet av den aktuelle aktiviteten.

Spesielt ideen om at kontekst består av et sett av funksjoner i miljøet rundt generiske aktiviteter, og at disse funksjonene kan kodes og gjøres tilgjengelige for et programvaresystem sammen med en koding av selve aktiviteten er spesielt problematisk for Dourish og han kritiserer derfor forestillingen om at våre systemer vil «fange», «representere» eller «modellere» kontekst. For å fremheve poenget sitt, tror jeg, tegner Dourish opp et skarpt skille mellom det jeg tolker som hans oppfatning av «riktig» og «gal» tolkning av bruken av kontekst og knytter det siste frimodig opp mot det han kaller positivist design. [74, s. 22] Som en motsats til dette henviser han til fenomenologi som avviser ideen om en stabil ytre verden som er uproblematisk anerkjent av alle, og omfavner heller ideen om at verden, slik vi oppfatter den, i hovedsak er en konsensus om tolkning. [74, s. 21]

Min fremstilling av Dourish argumenter er i beste fall forenklet, men denne todelingen mener. Etersom vår virkeligheten bare er forståelig og tilgjengelig for å oppleve for oss, må den *representeres* på ett eller annet vis i maskinen. Er det mulig å møtes på midten? Spørsmålet jeg stiller meg er derfor: Er det mulig å representere en relasjonelle egenskaper ved konteksten? Med dette spørsmålet i minnet ønsker jeg å vende oppmerksomheten tilbake til *konteksten som beskriver bevegelsen*.

Kapittel 6

Semiotikk

Til nå har jeg omtalt robotens bevegelser som hint eller signaler mennesket må tolke etter beste evne. En måte å beskrive en atferd som kommer til uttrykk gjennom bevegelse er å si at det symboliserer noe, eller at det er et tegn. Hubert Godard vil si det er tegn knyttet til din psyke og Maxine Sheets-Johnstone vil si det er et tegn på liv. At bevegelse ofte tenkes på som et tegn på noe kommer tydelig frem i måten vi beskrive bevegelse på med språket vårt. En kan for eksempel beskrives som å gå nølende frem mot noe, som et tegn på sjenanse. Her er summen av hastigheten på gangen og kroppspråket ellers som åpner opp for å tolke den nølende gangen som et tegn på for eksempel sjenanse. De samme karakteristikkene kan vi, som vi allerede har sett, tilskrive roboter. En robot som hurtig endrer retning kan utgjøre et tegn på noe i omgivelsene som nettopp får den til å endre retning, raskt.

For å undersøke fenomener som hvorfor mennesket oppfatter robotbevegelse slik de gjør, foreslår Schulz mfl. [75] å bruke semiotikk, studiet av sosialt betingede tegnsystemer. I robotikk brukes også semiotiske modeller som grunnlag for å utstyre roboten med en kunstig intelligens (KI) og talegjenkjennings-egenskaper. Det er nærliggende å tenke at det derfor kan være nyttig å se på konteksten fra et semiotisk perspektiv, men fra en designers ståsted, «utenfor» roboten.

I dette teorkapitlet presenterer jeg først Charles Sanders Peirce *Theory of Signs* og viser med det hvordan semiotikken kan være en måte å forstå hva Dourish [74] mener med at kontekstualitet er en relasjonell egenskap.

6.1 Læren om tegn

Begrepet «semiotisk» var i sin tidligste betydning tilsvarende symptomatologi, og ble introdusert i den filosofiske diskursen på slutten av 1600-tallet av John Locke for å betegne en av de tre grenene av moderne vitenskap, læren om tegn. Det som likevel regnes som grunnleggeren og som undersøkte feltet på en systematisk måte, var imidlertid den amerikanske filosofen Charles Sanders Peirce (1839-1914) [17, s. 63]

Semiotikk er en metodikk for å studere produksjon av mening gjennom analyse av tegnene som kumulativt danner meldinger og tekster som vi

forstår som har mening. Her er det verdt å nevne at i semiotikken brukes ordet *tekst* både om tekst, slik som den du leser nå og om alt ellers om kan formidle mening, altså være et tegn. Innenfor semiotikk dekker altså dette begrepet alle former for sosial betydning og representasjon, inkludert skrift, tale, teknologi, visuell kunst, reklame, påkledning og ikke minst atferd. [76]

Den vanligste forståelsen av tegn er et dyadisk forhold mellom signifikat (*signifier*) og signifikant (*signified*) eller betegener og betegnet hvor et tegn representerer objektet sitt på en eller annen måte. Til forskjell fra Saussure, ser ikke Peirce på mening på noe som passivt kan overføres i ulike former for kommunikasjon, men en aktiv prosess han kaller semiose (*the action of signs*). [77] Semiose er en type aktivitet som er særegen ved at den alltid involverer tre elementer, men den er enda mer særegen ved at ett av disse tre elementene ikke trenger å være en faktisk ting. Semiotikeren John Deely beskriver det treffende nok som «en obskur type kausalitet» [78, s. 22]

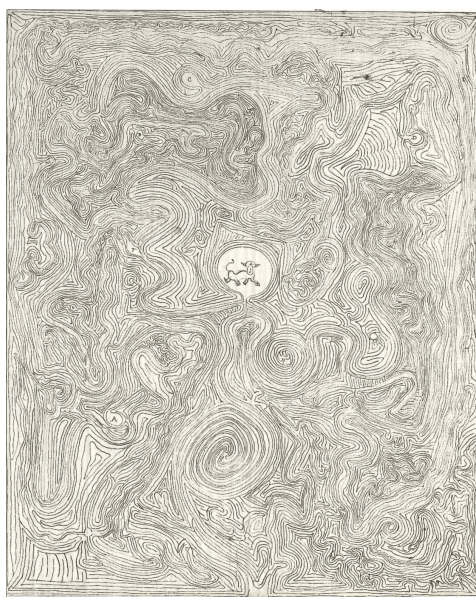
I Peirces klassiske semiotikk [77] er et tegn ikke et dyadisk forhold men i stedet er et tegn et triadisk forhold. Peirce grunnleggende påstand er altså at tegn (Signs) består av tre interrelaterede deler: en tegn-bærer (*representamen*), et objekt (*object*), og en oversettelse (*interpretant*) som tilsammen utgjør en triadisk struktur. *Representamen* er det vi sanser, *objektet* er det det refereres til og *interpretant* er tolkningen eller oversettelsen av sammenhengen mellom tegn og objekt.

Studiet av tegn i semiotikkens pragmatiske tradisjon er altså opptatt av studiet av hvordan mening genereres i denne triadiske relasjonen. Dersom det brenner et sted langt vekk og du ser røyken stige opp i atmosfæren, vil røyken være representamen, brannen være objektet, og slutningen du trekker om at det brenner er interpretant.

I følge Peirce kan et tegn kategoriseres som *ikoner, indekser og symboler*. Hver av disse tegntypene involverer et eller annet forhold mellom signalet du oppfatter og det det peker på (en tiltenkt referanse eller mening.) Disse relasjonene kan skilles fra hverandre ved å se på om relasjonen er basert på en perseptuell likhet (ikoner), direkte eller kausal forbindelse (indekser) eller konvensjoner (symboler). [77] Pierce Tegn-teori (*Theory of Signs*), eller semiotikk, er sånn sett en redegjørelse for betydning, representasjon, referanse og mening.

Naturlige og kunstige tegn

I semiotikken skilles mellom naturlige og kunstige tegn. Naturlige tegn, kan tenkes på de hvor forholdet mellom representamen og objekt er et resultat av naturlovene alene. Et typisk eksempel på dette er røyk som et tegn på brann. Kunstige tegn tenkes snarere på som de hvor forholdet til det betegnede objektet er avhengig av en frivillig og ofte kollektiv beslutning. Naturlige tegn er altså de som springer frem og eksisterer uten viljens deltagelse. De har sees på som tegn for den som oppfatter og tolker dem, men de slippes ut ufrivillig. Denne kategorien inkluderer hovedsakelig fenomenener fra natur som et lynglimt som tegn på storm,



Figur 6.1: Zola

Peirce egen representasjon av labyrinten av Tegn (ca 1909) som omgir det som trolig forestiller hans egen hund Zola. Avbildet i John Deely - Human Use of Signs (1993)

feber som tegn på sykdom og så videre og reflekser. Kunstige tegn skapes dermed frivillig av mennesker eller dyr for å signalisere noe, til å kommunisere med noen. Den vesentlige forskjellen mellom naturlige og kunstige tegn ligger da i «utslippet» av dem og ikke i av oppfatning av dem.

I henhold til semiotikkens pragmatiske tradisjon, kan kommunikasjon være ubevisst og pre-refleksiv, og former for ubevisst kommunikasjon og tegnbehandling eksisterer også utenfor språk. Semiotikk forbindes ofte med tekst- og medieanalyse, men tegn trenger ikke nødvendigvis å være språklige symboler. Studiet av tegn er dessuten ikke utelukkende ute etter symbolikk og skjult mening i de ulike fortellingsformene i tekst og media. [75, s. 338]

I 1962 foreslo antropologen Margaret Mead at «semiotikk» som et begrep kan dekke (all) «mønstret (*patterned*) kommunikasjon i alle modaliteter, det vil si for den globale studien av interaksjons- og kommunikasjonskonteksten for menneskelig bruk av tegn og måten som disse er organisert i transaksjonelle systemer som involverer alle sansene» [17, s. 64]

På denne måten kan utførelse av og attribusjon til bevegelse også sees på som bruk, produksjon og tolkning tegn.

Antroposemiose

Thomas Albert Sebeok utviklet ideen om at menneskets totale kommunikative repertoar består av to slags tegnsystemer: det antroposemiotiske, det vil si de som utelukkende er menneskelige, og det zoosemiotiske, som vil

si de delsystemene i menneskelig kommunikasjon som også finnes andre steder i dyreriket.[17, s. 112] Sett på en måte, inkluderer antroposemiose alle tegnprosessene som mennesker er direkte involvert i, og sett på en annen måte, er det en beskrivelse på de tegnprosessene som er artsspesifikke mennesker. [78, s. 28] Zoosemiotiske systemer hos mennesker inkluderer paralingvistiske, kinetiske, proksemiske og mange andre enheter, som kan klassifiseres i forhold til (kommunikasjons)kanalen som brukes [17, s. 133] Der zoosemiose overlapper med antroposemiose markerer også begynnelsen på språket som et særegent modelleringssystem og språklig semiose markerer derfor skillet mellom menneskelige livsformer og andre dyr. [78, s. 56]

Antroposemiose består, som nevnt over, av alle tegnprosessene som mennesker er direkte involvert i.

Deely argumenterer for at fra dette synspunktet er språket i seg selv allerede et sekundært modelleringssystem selv om språket utvilsomt er forutsetningen for utviklingen av sivilisasjoner og de særegne menneskelige kulturelle tradisjonene. Nær språket er imidlertid det større semiotiske nettet av menneskelig erfaring som på intrikat vis fletter språklig semiose med perseptuelle semioser som er felles med andre arter. [78, s. 28] Dette igjen avhenger delikat av endosemiotiske nettverk der den menneskelige organismen opprettholdes av et komplekst nettverk av symbioser som hindrer det menneskelige individet fra å gå til grunne.[78, s. 28]

Naturlige tegn er avgjørende for overlevelsen til de fleste, om ikke alle, dyrearter.[78, s. 47] De må tas for det de er, eller i motsatt tilfelle, forveksles med det de er ment å forveksles med, hvis det aktuelle dyret skal finne næring. Hva skjer i et slikt tilfelle? Nettopp at grunnlaget for en fysisk relasjon tas, eller forveksles med, en tilsvarende objektiv relasjon, som et resultat av at mat blir gitt eller trygghet sikret. [78, s. 47]

I tillegg gir samspillet mellom mennesket og det fysiske miljøet - hvor for eksempel en person som legger merke til himmelen forutser stormvær og forbereder seg deretter - er opphav til ytterligere sammenhenger i det semiotiske nettet som forbinder mennesket, ikke bare med andre mennesker og ikke bare med andre dyr, men også med *det virkelige, eller den generelle virkeligheten av fysiske omgivelser, i største forstand*. [78, s. 28] Fra dette synspunktet danner antroposemiose derfor en sømløs helhet med hele naturen, og den passende metaforen er dermed ikke språket som et primært modelleringssystem, men den eldgamle - anthropos som mikrokosmos. (Anthrōpos mikros kosmos eller på «Der Mensch ist eine kleine Welt.») Mennesket *er* en liten verden. [78, s. 28])

Antroposemiose omfatter en serie artsspesifikke objektive verdener, hvor hver og en er viklet inn i naturlige prosesser av fysisk interaksjon så vel som semiosisprosesser av objektiv interaksjon [objective må evt forklares] innenfor og på tvers av arter. Den kollektive helheten danner et sammenkoblede nettverk av semiotiske relasjoner, hvorav mange er fysiske så vel som objektive, hvorav mange er utelukkende objektive spesielt diverse mønstre. [78, s. 29]

Oppsummering

Som Sebeok og Deely presenterer over er du knyttet sammen med omgivelsene dine gjennom semiose. Slik kan en kontekst beskrives som et nettverk av forbindelser, og minner sånn sett også om Hubert Godards Gestosfære, slik den er beskrevet som som ensemblet av forbindelser (fysiske, perseptuelle, affektive og symbolske) som forbinder mennesker til deres miljø. Det kunne være at dette derfor kunne brukes som en modell for robotens kontekst men som Winfried Nöth [79] poengterer, kan ikke roboter selv delta i semiose, og antroposemiosfæren er, som prefikset minner om forbeholdt mennesker.

Sett fra en praktikers ståsted er det heller ikke særlig hjelpsomt konsept ettersom det semiotiske nettverket er grenseløst og omfatter alle relasjoner i verden. Det sier seg selv at man på ett eller annet tidspunkt må sette en grense for hva som bør regnes med, i kontekste basert på relasjonelle egenskaper.

Universelle kategori-er for oppfatning og opplevelse

Forutfor *Theory of Signs* etablerte Peirce det han kaller universelle kategori-er for oppfatning og opplevelse (*Universal Categories*).

Peirces *Universal Categories* – Firstness (mulighet), Secondness (aktualitet) og Thirdness (lov, vane) – utgjør kjernen i hans fenomenologi og dermed også grunnlaget for hans triadiske semiotikk som er gjennomgått tidligere. Beskrivelsene av disse kategoriene varierer fra konkrete som kvaliteter, reaksjon og representasjon til maksimalt abstrakte begreper som nettopp første-het, andre-het og tredje-het. Dissen ente-hetene kan forstås som å referere til de egenskapene som alle n-adiske relasjoner har til felles og har status som heuristiske prinsipper. [80]

Peirce mener alle oppfattelige og tenkelige fenomener kan beskrives og skjelnes i forskjellige typer ved hjelp av ente-hetene. Kategoriene, i følge Peirce tilsvarer omtrent tre væremåter: mulighet, aktualitet og lov, eller «tre sinnstilstander», nemlig følelse, handling og tenkning. ([80, s. 199])

Med hensyn til representasjon, overføring og tolkning av tegn, skiller Peirces universelle kategorier mellom tre nivåer: «Firstness» gjelder potensiell, ennå ikke løst mening, «Secondness» innebærer den spesifikke, kontekstualiserte betydningen av et tegn, spesielt av ikke-vanemessige og ikke-konvensjonelle tegn og «Thirdness» involverer forankrede vaner, mønstre og regler (Peirce, 1960 sitert i [81]). Wolf mfl. [81] viser sammenhengen mellom disse, gester og kroppsbevegelse og kategoriserte ikke-verbale sosiale interaksjoner i tre typer:

- (1) «uløste» interaksjoner er tvetydige i den respektive situasjonen og deres utfall er ennå ikke bestemt (som understreker Firstness)
- (2) «ikke-vanemessige» interaksjoner motvirker lærte atferdsmønstre og fjerner usikkerhet om mening på grunn av den lokale konteksten (understreker Secondness) og
- (3) «vanemessige interaksjoner» inkluderer implisitt eller eksplisitt lærte atferdsmønstre, som samsvarer med sosiale konvensjoner (som vektlegger

Thirdness). [81, s. 2]

Firstness er opphav til muligheten for forskjellige betydninger av en gitt form eller atferd, noe som får observatøren til å sjekke om den fremkaller eller gjenkjenner elementer i handlingsmønstre (Thirdness), som for eksempel kulturelle praksiser, som kan gi et nødvendig grunnlag for å etablere sammenhenger i et gitt øyeblikk (Secondness) [80, s. 202]

Fra Peirce trikotomier viser dette hvordan den første typen interpretant, *the immediate interpretant*, fanger det første, ureflekterte og uanalyserte inntrykket vi kan få av en person, en danseforestilling, et maleri, et rom eller en symfoni. [80, s. 205]

Den klassiske semiotikken oppsummert

Deely og Sebeok viser over at vi er forbundet til omgivelsene våre gjennom at vi kan tolke den som tegn. Ved å tillegge omgivelsene våre mening, altså anse de som tegn, skaper vi en direkte relasjon med omgivelsene våre. Denne trenger å være av fysisk karakter. Basert på denne erfaringen kan vi sortere og prioritere tegn og ha meningsfulle interaksjoner med omverden.

Hvordan disse tegnene får sin status som tegn innenfor gitte kategorier kan forklares gjennom hvordan inntrykkene vi har etableres på ulike nivåer.

Det Mittelberg [80] beskriver over er at mening vi tillegger for eksempel roboters bevegelsesmønstre og kaller for atferd ikke oppstår umiddelbart men farer gjennom de ulike nivåene av opplevelse før vi trekker en slutning. Peirce ente-heter tilbyr også en viss orden, hvis man også tenker på mening i bevegelse ut i fra Wolf mfl. [81] tolkning av Peirce universelle kategorier. Tegn (bevegelser) forstås, eller er enda ikke forstått. De tegnene som er forstått, blir det ved hjelp av å referere til omgivelsene eller være en referanse i seg selv, til en konvensjon eller vane.

Det viser at det vi gjenkjenner som atferd tilhører andre og tredje-het. Det ser da for meg ut som dersom et inntrykk av en atferd forblir i Firstness kan det på en måte sees på som noe ukjent eller uforløst.

For en menneskeligjøring av atferd i roboter, må den være utstyrt med to ting i tillegg til evnen til å bevege seg: «sanseorganer» og et system med perseptuell kategorisering som gjør det mulig å tildele mening, å sette prioriteringer, å vite hvordan man fokuserer på visse viktige aspekter av miljøet og å vite hvordan man kan ignorere andre, i henhold til omstendigheter og omgivelser (aksiologi). [4]

Uten en tilskrivningen av mening til sensordataene vil det være vanskelig å definere grenseverdiene for å utløse og gjennomføre bevegelser i roboten som skal oppfattes som atferd.

Som Sebeok og Deely beskriver er alt et tegn på noe. Dersom man inntar dette perspektivet blir kompleksiteten raskt uhandterbar eller til og med uutholdelig for mennesket. Peirce har beskrevet fenomenet som *Infinite Semiosis*, altså en uendelig semiose. Det å være menneske i en verden av tegn betyr ikke at vi har et bevisst forhold til hvert enkelt av dem til en hver tid. Det vil kanskje heller ikke være hensiktsmessig for en robot. Men hvor

skal man sette grensen for hva man bør forvente at en robot skal kunne ha prosedyrer for å respondere på?

Det jeg har satt meg fore er å vurdere hvordan man kan skape inntrykk av at roboten har en Gestosfære, ved hjelp av ulike responser på sensordata som kommer til uttrykk gjennom bevegelse. Altså at vi skal kunne vurdere bevegelsene til roboten som å gjelde som et tegn på en form for erfaring eller kunnskap. Som vil si at man skal kunne vurdere en atferd roboten innehar og forstå den som meningsfull og samtidig la den spille inn på hvordan vi kan beskrive roboten med visse karaktertrekk. Dette må nødvendigvis være basert på et sett med regler eller en form for kategorisering av omgivelsene.

Bianchini mfl. [4] foreslår at kvantifiserbare egenskaper som retning, hastighet og endring i størrelse av et objekt må være knyttet til «elementer i scenen som utfolder seg, som observatøren mentalt representerer og som påvirker tolkningen av bevegelsene.» [4]

Hvordan kan man, med begreper fra semiotikken, beskrive elementer i konteksten som roboten kan oppfatte og respondere på for å utløse en ønsket tilskrivning av egenskaper i roboten?

Kapittel 7

En sfære av tegn

Begrepet antroposemiotose viser at vi er forbundet til omgivelsene våre gjennom at vi kan tolke den som tegn og Peirce universelle kategorier forklarer prosesser for hvordan vi gjenkjenner tegn og hvordan vi kan kategorisere dem. Oppdelingen i og oversettelsen av kategoriene til atferd som *uløste, ikke-vanemessige* og *vanemessige interaksjoner* [81] er for meg også måter å beskrive hvordan ulik atferd etablert basert på kulturelle og kontekstuelle faktorer. En vanemessig interaksjon skapes av at man gjenkjenner mønstre som uttrykk for en norm. Atferden er dermed en referanse til et allerede sett med tegn. For eksempel en hilsen. Ikke-vanemessig atferd oppstår derimot som en respons til den umiddelbare konteksten og med referanser til miljøet fremfor etablerte normer. De uløste interaksjonene tenker jeg da på atferd som hverken kan forklares kulturelt eller som en respons på omgivelsene.

For vellykket menneske-robot interaksjon vil det da være naturlig å tenke at slike uløste interaksjoner er ønskelig å unngå. Dersom dette skal unngås tenker jeg det må defineres en form for grunnlag for en «felles» forståelse mellom menneskene og roboten om hva om foregår i omgivelsene. Etter hvordan attribusjon av atferd er beskrevet tidligere, kan det tenkes at dette grunnlaget må baseres på *menneskenes* forståelse av den spesifikke konteksten.

I dette kapitlet viser jeg, via Jurij Lotmans teorier om Semiosfæren, hvordan konteksten en menneske-robot interaksjon foregår kan representeres som en robo-semiosfære.

7.1 Den relasjonelle sfæren

Lotmans anså ikke et system som består av avsender, mottager og kanalen som kobler dem sammen som et fungerende system. Lotman mente at dersom dette systemet skal fungere må det være «nedsenket» i et semiotisk rom. [82, s. 123] Dette semiotiske rommet kaller han for semiosfæren.

Begrepet semiosfære ble først formulert av Jurij Lotman i 1982, inspirert av beskrivelser av en biosfære. Biosfæren beskrives som et et globalt nettverk av liv og et selvregulerende system som omfatter både levende organismer (biota) og deres abiotiske miljø som er involvert i livsprosessene,

inkludert troposfæren, havet og det øvre området av jordskorpen. Den viktigste kilden for selvregulering og stabilitet i biosfæren er levende stoffer, spredt i form av levende organismer, separert fra dets ikke-levende miljø. [83, s. 184]

Lotman adapterte konseptet biosfære slik konseptet er beskrevet av Vladimir Vernadsky. I følge Vernadsky er biosfæren materien som endres kjemisk som følge av livsprosesser. Lotmans semiosfære består derimot ikke av materien, men av hele settet av semiosis-relasjoner. [83, s. 179] Følgelig foreslår han at semiosfære må forstås som helheten av tegn, tegnsystemer- og prosesser som er sammenkoblet og knyttet til hverandre. Kotov og Kull [83] kaller den for den relasjonelle biosfæren.

I analogi med biosfæren definerer sånn sett Lotman en semiosfære som det semiotiske rommet som er nødvendig for eksistensen og funksjonen til tegnsystemer som språk. [82, s. 123] Teorien om semiosfæren kan derfor sees på som et grunnlag for generell semiotikk. [83, s. 179]

Begrepet semiosfære, slik det ble fremsatt av Lotman danner kjernen i den holistiske kulturteorien som tar utgangspunkt i antakelsen om at «enheten for semiose, den minste fungerende mekanismen, ikke er et separat språk, men hele det semiotiske rommet for den aktuelle kulturen» [82, s. 125]

Utrolig nok, parallelt med, men uavhengig av Lotman, introduserte den danske biologen Jesper Hoffmeyer (i samsvar med Sebeok) det samme begrepet for å beskrive semiose av alle livsprosesser, eller helheten av semiotiske prosesser som foregår på planeten Jorden. [83, s. 189]

Semiosfæren beskrives av Jesper Hoffmeyer som «en sfære akkurat som atmosfæren, hydrosfæren og biosfæren. Den trenger inn til hvert hjørne av disse andre sfærene, og inkluderer alle former for kommunikasjon: lyder, lukter, bevegelser, farger, former, elektriske felt, termisk stråling, bølger av alle slag, kjemiske signaler, berøring og så videre. Kort sagt, livstegn» (Hoffmeyer, 1996, sitert i [83, s190]).

7.1.1 Elementer i semiosfæren

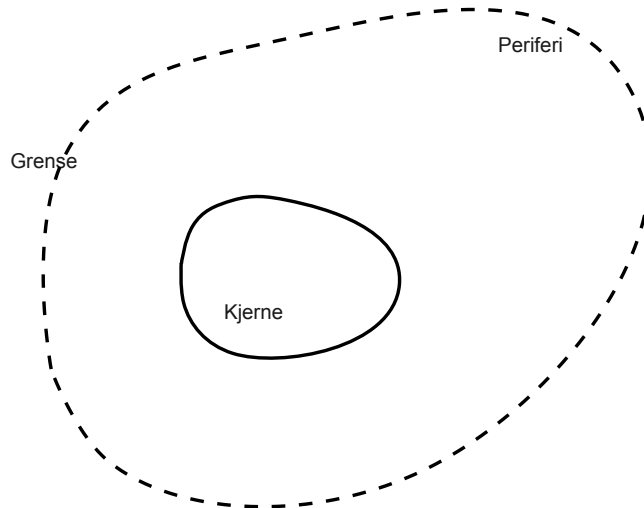
Lotmans semiosfære er en metafor som tilbyr en romlig modell for tolkning av kultur. [84] Ved å definere et semiotiske rom, eller sfære, definerer Lotman samtidig en kjerne, en periferi og en grense mellom et indre og et ytre.

Den semiotiske membranen

Grensen som skiller det ytre fra det indre i en semiosfære, det som er kjent og det som er ukjent kan tenkes på som en oversettelsesmekanisme.

Funksjonen til enhver grense eller filter (fra membranen til den levende cellen, til biosfæren som ifølge Vernadsky er som en membran som dekker planeten vår, og til grensen til semiosfæren) er å kontrollere, filtrere og tilpasse det ytre inn til innsiden. [82, s. 140] En grense er også en måte å definere en struktur og skille en struktur fra en annen, som at huden skiller menneskekroppen, eller til og med bevissthet, fra dens miljø. Grensen er

Lotmans Semiosfære



Figur 7.1: Semiosfære
En visualisering av Lotmans semiosfære

også den viktigste funksjonelle og strukturelle egenskapen til et semiotisk rom. I motsetning til huden hos mennesker, er den semiotiske grensen er en abstraksjon. Den semiotiske grensen kan tenkes på som en tospråklig mekanisme, som oversetter ekstern (ikke-)kommunikasjon til det interne språket i det semiotiske rommet og omvendt [85, s. 210] Det som et foregår i denne membranen er en semiotisering av innkommende materialier og følgelig har alt som er en del av en semiosfære dermed blitt semiofisert (*semiotized*).

En forutsetning for at systemet kan å delta i dialogiske prosesser er altså at dets strukturelle identitet er etablert. Utgangspunktet for semiotisk individuasjon er nettopp den binære distinksjonen mellom innenfor og utenfor. Derfor er semiosfæren et «avgrenset» system i en forstand at det skilles fra og ikke kan ha (en ikke-translasjonsmessig) kontakt med ikke-semiotiske eller fremmede semiotiske systemer. [83, s. 182]

Dette systemet av oversettelsesfiltre både avgjør systemets identitet, tillater oversettelse av meldinger mellom de forskjellige semiotiske systemene og å etablere kontakt med ikke-semiotiske og ekstrasemiotiske rom. [85, s. 210]

Kjerne og periferi

Semiosfæren er et avgrenset system. Med denne grensen tegner det seg også et bilde av en sentrum, eller en kjerne og en kjerne og en periferi. Kjernen i en semiosfære er mer stabil og homogen enn semiosfærens

periferi og Lotman beskriver at de gjeldene normene og det naturlige språket for en kultur dannes i sentrum av semiosfæren. Adferden til en person i en kultur, kan sees på som en legemliggjøring av disse normene. [82, s. 127]

I en semiosfære kan man si kjernen er det som er 'toneangivende', men i periferien av semiosfæren vil denne ideelle normen være en motsigelse av den semiotiske virkeligheten og ikke en avledning fra den. [82, s. 129] I sentrum er metastrukturen «vårt» språk, men i periferien blir det behandlet som «en annens» språk som ikke er i stand til å reflektere den semiotiske virkeligheten i tilstrekkelig grad.

Det som er i kjernen kan forstås på som et resultat av en forhandling om koding og forstyrrelser og opprør oppstår når to metoder for koding er i konflikt. [82, s. 138] I sentrum av det kulturelle rommet, blir derfor deler av semiosfæren som streber etter nivået av selvbeskrivelse stivt organisert og selvregulerende. [82, s. 134],

Et skifte i kjernen kan observeres i normene for atferd, språk, stil i klesstil og så videre, fra grenseområdet til sentrum. Det kan virke som om semiosfæren inneholder ett språk, men dette inneholder altså alt annet som har blitt semiofisert. Faktum er at semiosfæren, foruten det strukturelt organiserte språket, er overfylt med delspråk, språk som kun kan tjene visse kulturelle funksjoner, samt språklignende, halvformede systemer som kan være bærere av semiose hvis de inngår i den semiotiske konteksten. Sammenlign sistnevnte med en stein eller en merkelig vridd trestubbe som kan fungere som et kunstverk hvis den behandles som en, eller en robot. Et objekt vil ta på seg funksjonen som er tilskrevet det. [82, s. 128]

Semiosfære eller kultur

Basert på eksemplene fra kultur er et det naturlig å tenke at semiosfæren er synonymt med det vi kaller kultur. Men er semiosfære identisk med kultur? Kan semiosfære erstatte kulturbegrepet helt?

Semenenko [86] beskriver semiosfæren som konsept som er mye mer fleksibelt og samtidig bredere enn kultur. Han understreker at i mange aspekter er semiosfæren og kulturen utvilsomt isofunksjonelle, men Lotman uttaler utvetydig at semiosfæren er en primær betingelse for at enhver kultur skal kunne eksistere. I den forstand er en kultur en konkret manifestasjon av semiosfæren, og det er derfor den tradisjonelt forstås som avgrenset av noen grenser, historiske, politiske, geografiske eller sosiale. Hvis kultur er et produkt av menneskelig semiotisk aktivitet, er semiosfæren en modell av den unike semiotiske kapasiteten til mennesker. [86, s. 124]

Semenenko [86] forklarer smiosfæren som et metakonsept som tillater å beskrive større enheter av semiose som overskrider nasjonale grenser (f.eks. film noir, musikk eller art nouveau-arkitektur) så vel som «mikro-kulturer» av forskjellige grupper eller til og med «individuelle kulturer». Som Semenenko poengterer, viser et slikt fleksibelt konsept, fra et metodisk synspunkt, seg å være mer nøyaktig enn de historisk og politisk la-

dede konseptene «nasjonal kultur», «subkultur» eller «massekultur». [86, s. 124]

Nivåer i semiosfæren

Forestillingen om grensen som skiller det indre rommet til semiosfæren fra det ytre er bare et grovt primært skille. Faktisk er hele rommet til semiosfæren overskredet av grenser for forskjellige nivåer, grenser for forskjellige språk og til og med tekster, og det indre rommet til hver av disse sub-semiosfærene har sitt eget semiotiske «jeg» som er realisert som forholdet av et hvilket som helst språk, gruppe av tekster, skille tekst til et metastrukturelt rom som beskriver dem, alltid med tanke på at språk og tekster er hierarkisk plassert på forskjellige nivåer. Disse seksjonsgrensene som går gjennom semiosfæren skaper et flernivåsystem. [82, s. 138]

Alle nivåer i semiosfæren – fra en individuell person til ulike kulturnivåer og til slutt til hele semiosfæren – er «semiosfærer satt inn i hverandre» som matryoshka-dukke. Hver av dem er samtidig «både deltaker i dialogen (som en del av semiosfæren) og dialogens rom (semiosfæren som helhet)» Lotman (1995 sitert i [86, s. 115])

Umwelt, den individuelle semiosfæren

Konseptet om individuell semiosfære – en kompleks kombinasjon av eksplisitt og implisitt kunnskap om et menneskes verden – stemmer overens med konseptet Umwelt, frembrakt av biosemiotikeren Jakob von Uexküll (1864–1944). I følge Uexküll er Umwelt virkeligheten som omgir en organisme slik organismen oppfatter den, hvor «hver art lever i sin egen sanseverden, som andre arter kan være delvis eller helt blinde for» (Francois Jacob, sitert i Sebeok 1988, 73 sitert i [86]). Umwelt er sånn sett organismens lukkede semiotiske verden og inkluderer alle de meningsfulle aspektene av verden for en bestemt organisme. Samtidig er Umwelts av forskjellige organismer forskjellige, noe som følger av individualiteten og unikheten til historien til hver enkelt organisme.[87]

Det betyr at alle ytre stimuli oppfattes gjennom et slags filter av organismens Umwelt. Følgelig vil en organisme ikke være i stand til å oppfatte noen tegn eller *tekster* som ikke er en del av dens Umwelt (Andrews 2003, 64 sitert i [86]). En robot som er utstyrt med sensorer som kan oppfatte infrarødt lys kan dermed tenkes på som å ikke ha den samme Umwelt som en robot som ikke er utstyrt med denne sensoren.

Dette teoretiske konseptet fra semiotikken er noen ganger brukt i HRI for å demonstrere hvordan eller om roboter kan tenkes å oppfatte verden.[88][89][79] Hvis det for lavere organismer er en biologisk begrensning, eller en beregningsmessig en for roboter, er denne «blindheten» for mennesker av kulturell eller psykologisk karakter.

Det er derfor det noen ganger sies at det ukjente kan bli kjent bare hvis det er delvis kjent. Med andre ord, nye meldinger tolkes alltid på bakgrunn av tolkens kulturelle minne. Og enda viktigere, for å oppfatte noe nytt, må en (og det angår enkeltpersoner så vel som kulturer) være

disponert for en dialogisk situasjon, være klar til å oppleve den andre. I likhet med mennesker, kulturer har en tendens til å oppfatte alt som er eksternt for dem som et domene av ikke-kultur, prøver å assimilere den på deres premisser. [86]

(I denne forbindelse er det nødvendig å nevne at i semiotiske termer kan det totalt ukjente ganske enkelt ignoreres fordi det vil bli oppfattet som en meningsløs «støy».)

7.2 Robo-semiosfæren

Mange moderne, mobile roboter er designet for å fungere eller løse spesifikke oppgaver og er plassert i spesifikke omgivelser. Roboten er i de fleste tilfeller eid av, og plassert i en organisasjon med en medfølgende kultur.

Ordet kultur brukes til å beskrive aktiviteter og holdninger, peke på arv eller skikker til en gruppe, eller uttrykk for lignende regler og standarder, eller kan brukes til å beskrive lignende interesser, kulturelle antrekk og mat, bolig og teknologi, og mange andre omfattende sosiale praksiser. Kultur er en flerlags, flerdimensjonal konstruksjon og et sosialt konsept. Det er en gruppes delte sett med spesifikke grunnleggende oppfatninger, verdier, praksiser og gjenstander som dannes og beholdes over lang tid. Innen HCI handler kultur om å støtte brukeren med evnen til å oppleve en interaksjon som er nært knyttet til de grunnleggende aspektene ved hans eller hennes kultur. På en måte som lar ham eller henne engasjere seg i en utvidet virkelighet ved å bruke verdiene og aspektene ved hans eller hennes personlige kultur. [10, s. 2]

Roboter i en fysisk og semiotisk verden

Omgivelsen roboter er plassert i er en del av en fysisk verden, men også en symbolsk, eller semiotisk verden. Lotman er tvetydig i sine beskrivelser av en semiosfæres grenser, om hvorvidt de er fysiske eller metaforiske. En semiosfære kan være et konkret rom med en reell geografisk topologi, for eksempel Oslo, men den kan også være et metaforisk rom, hvor topologien består av karakterene til et 'plott-rom', slik som hovedpersonene i en myte, helten, motstanderen, hjelperen, far, mor, sønn, datter og så videre. [84, s. 12] På den måten kan en semiosfære være et fantasirike, et eventyrkosmos, en nasjonal kultur, en bestemt epoke eller en trend i litteraturhistorien. [84, s. 13]

Begrepene «semiosfære», «semiotisk rom» og «kultur» er ikke skarpt avgrenset i forhold til hverandre. På den ene siden har kulturer, semiotiske rom og semiosfærer de samme topologiske egenskapene, som sentre, periferier, innside og utside, og grenser. På den annen side er «semiosfæren resultatet og betingelsen for utvikling av kultur» [82, s. 125]

Robo-semiosfæren

Semisofærens tvetydighet er fordelaktig om jeg ønsker å beskrive roboters kontekst som en semiosfære. Roboten vil ofte være virksom i et fysisk avgrenset og fysisk begrensende område, og samtidig vil tilskrivelsen av robotens atferd vil være knyttet til den lokale mikrokulturen den er virksom i, som for eksempel et sykehus.

Uavhengig av interaksjonsnivå er en forutsetning for vellykket sosial interaksjon mellom roboter og mennesker avhengig av at robotens atferd er forståelig for mennesket og at menneskets atferd er mulig å tolke for roboten. Helt generelt kan man si at: for å delta i kommunikasjon må det være «enighet» blant deltakere i slik kommunikasjon om følgende ting: De må ha et avtalt sett med symboler for dannelse av meldinger, være enige om måten disse symbolene kan brukes til å kode en gitt melding og å være enige om betydningen knyttet til kodingen av en melding og sammenhengen hvor nettopp disse meldingene er viktige.

Fra et avsender-mottaker perspektiv kan man si at en gruppe som deltar i kommunikasjon må dele en felles tegn-system og bruke dette tegn-systemet som en ressurs innenfor gjennomføringen av kommunikasjon. [90] I menneske-menneske interaksjon er det implisitte i kommunikasjon en del av en felles kultur du «bærer» med deg, og er i konstant endring. I menneske-robot interaksjon, må det implisitte gjøres eksplisitt i robotens design og mennesket må ofte tilpasse sin atferd, gjøre den eksplisitt rundt roboter. Denne asymmetrien i interaksjon mellom menneske og robot kan tas hensyn til og gjøres eksplisitt ved å beskrive robotens og menneskene rundt dens samlede «tegnsystemer» som en *robo-semiosfære*, som en delmengde av semiosfæren.

Del IV
Empiri

Kapittel 8

Brannen

Det finnes flere måter å studere robot-bevegelse på, som ikke foregår i et virtuelt miljø. Roboter er virksomme i helsesektoren, i tungindustri, logistikkbransjen og i hjemmet. Det finnes firma som leier ut roboter for ulike formål og det finnes et mangfold av robotplattformer tilgjengelig hos enkelte forskningsgrupper her i Norge. Hver av disse mulighetene byr på hvert sitt sett med utfordringer knyttet til det å studere roboter i forhold til konteksten, spesielt knyttet til tilgjengelighet. Etterhvert som oppgaven tok en mer teoretisk retning, var det derfor nødvendig å se på alternative måter å vurdere og diskutere robotens forhold til konteksten fra et semiotisk perspektiv.

Våren 2022 ble jeg oppmerksom på et teaterstykke hvor robotplattformen Spot fra Boston Dynamics deltok. Et offentlig tilgjengelig tilgjengelig teaterstykke er et godt case å studere. Rent praktisk er det fordelene å ha et offentlig tilgjengelig stykke å vurdere. Man slipper mye av det administrative merarbeidet og siden man kan observere samme situasjon gjentatte ganger kan man oppdage nyanser i utførelsen på en måte som ikke er mulig ved for eksempel et enkelt videopptak av en enkelt forestilling. Fra mitt ståsted representerer også et teater med en robot en unik mulighet til å få innsikt i flere aspekter ved robotbevegelse. Dette følger av at 1) alt som foregår på en scene er designet for å kommunisere noe og 2) robotens tilstedeværelse regisseres og dermed tillegges mening. Det faktum at en forestilling på et teater er nedskrevet, øvet, vurdert og utført og skal formidle noe betyr at roboten og dens bevegelser også, på ett eller annet nivå, må være designet og regissert for å fungere i en teatersetting.

I denne delen vil jeg forsøke å beskrive hvordan omgivelsene til en robot med et begrenset bevegelse-repertoar gir de samme bevegelsene ulik betydning basert på konteksten den opererer i. Dette gjør jeg ved å presentere scener fra et teaterstykke hvor en robot har en «kunstnerisk» rolle, som en parallell til kontekster roboter vanligvis opererer i. I hver scene den deltar er scenografien og handlingen som utspiller seg vidt forskjellige, mens roboten benytter seg av det samme settet bevegelsessekvenser. Ved å presentere scenene i stykket hvor roboten deltar, mener jeg det kommer tydelig frem hvordan endrede omgivelser og atmosfære påvirker tolkningen av selv et begrenset bevegelseuttrykk. Robo-semiosfæren består av spesi-

fikke identifikatorer som både mennesker og roboter forholder seg til, og kategorier fra teatersemiotikken kan bidra til å strukturere disse identifikatorene og dermed veilede design av atferd i robot-artefakter i for eksempel Bianchinis modell. Slik vil kontekstualitetens relasjonelle egenskaper kunne representeres og spesifiseres.

8.1 Et laboratorie for studier av tegn

Teater byr på en unik måte å studere mening siden alt blir sett eller oppfattet som et tegn av tilskueren.

Alt som er på scenen er et tegn [91] og Meerzon [92] beskriver også teater som et eksempel på Juri Lotmans konsept om semiosfære. Den pågående dialogen mellom scenen og publikum kan sees på som en uendelig prosess med koding og dekodning av informasjon. [82]. Hun mener derfor at Lotmans semiosfære kan brukes til å definere både en teaterforestilling og en teatralisk begivenhet, som den dialogiske prosessen med ulike tolkingspraksiser som foregår samtidig, i scenens rom, i publikums rom og i mellom de to.[92]

Den kjente semiotikeren Umberto Eco [93] mener også at de elementære mekanismene for menneskelig interaksjon og de elementære mekanismene til dramatisk fiksjon er de samme [93, s. 133] Jeg tenker litt fantasifullt på teater som en slags laboratorie-setting for semiotikk og mener det kan være verdifullt å tenke på teater som et utsnitt av en svært stilisert virkelighet. Der scenerommet i seg selv ikke er *lik* en organisasjon med en robot, har begge deler interne regler, normer og logikk for hvordan akkurat denne organisasjonen fungerer, som former betydningen av all kommunikasjon som foregår i denne spesifikke sfæren.

Danseren Karen Bradley [55] bemerker også at hver gang vi kommuniserer noe, opptrer vi på en måte foran et publikum og forsøker å være tydelige i hva vi mener.

Teatersemiotikk

Når vi går for å se en forestilling, hva er det vi ser? Det er en skrevet tekst som formidles fysisk, vokalt og følelsesmessig. Det er en scene (et set), et faktisk spillested, det er lys, rekvisitter og så videre. Det er også en tid og et sted i verden rundt oss som gir gjenklang med tid og sted for forestillingens verden. Innenfor alle disse elementene er det utallige separate tegn som kombineres i forhold til hverandre for å bidra til hvordan vi tolker og forstår betydningen av en bestemt forestilling.[94]

Mangfoldet av tegn og tegnssystemer i teater er enorm. Fra det øyeblikket sceneteppet går opp møter publikummet en polyfoni av tegn i rekvisitter, kostymer, ord, intonasjon, ansiktsmimikk, gester, kroppsbevegelser, sminke, hodeplagg, scenedesign, lys, musikk og støy.. De Toro [94] beskriver derfor teater som «et privilegium for tegnet, fordi i scenerommet er *alt* enten et kunstig eller et naturlig tegn.» [94, s. 69]

Knapp og Hall [95] viser hvordan lys, farger, lyder, struktur, flyttbare objekter, rom og avstander hjelper oss også å strukturere persepsjon av omgivelser, og at disse kan influere hva slags typer beskjeder vi sender [95]. Disse elementene kan hver for seg og sammen også være bærere av mening, et tegn, eller representamen, som Peirce beskriver det som. De Toro [94] beskriver hvordan semiose i teater nært knyttet til Peirces triadiske system. [94] og at mangfoldet av systemer (for eksempel kostymer, dekor osv.) har sin egen måte å betegne på.

Hvert element kan brytes ned i en rekke undersystemer basert på semiotiske fenomener. For eksempel er *proxemics* studiet av bruken av rom og avstand for å generere mening *kinesics* som er semiotikken av gester og kroppsbevegelser. [93, s. 117]

I teater deles det inn i tre undersystemer. 1) *Faste funksjoner*, som beskriver elementer som har en fiksert posisjon, som foreksempel prosceniumbuescene. Disse faste funksjonene definerer yttergrenene for miljøet for forestillingen, 2) *Semifaste funksjonene* som settet, rostra som skaper nivåforskjeller på scenen, lysene og så videre. 3) Så er det *de uformelle trekkene* - som skuespillerne, rekvisitter og ethvert aspekt som beveger seg eller endres i løpet av forestillingen. [94]

Betydningen av de uformelle trekkene endres avhengig av mellomrommet mellom objekter/mennesker. Disse blandes deretter med teatraliske og kulturelle koder for å tilføre og generere mening i forestillingen. Gjennom analyse av denne typen elementer er det mulig å undersøke hvordan en forestilling genererer mening og hvilke typer betydninger den genererer. [94]

8.2 Brannen

Teaterforestillingen *Brannen* av fri-teatergruppa De Utvalgte var oppført på Nationaltheatret i perioden februar - mars 2022. Stykket er basert på roman fra av forfatteren Tarjei Vesaas med samme navn, utgitt første gang i 1961. Romanen kom ut i en tid som ligner vår egen. På Tarjei Vesaas tid hadde den kalde krigen pågått flere år og historien forteller om atomfrykt og generell redsel for fremtiden. Mange av de samme konfliktene og bekymringene er sterkt tilstede i vår samtid. Russland truer Europa med atomkrig, vi ser klimaforandringene med egne øyne, og vi er først nå på vei ut av en global pandemi som har pågått i to år. Historien i *Brannen* dreier seg rundt karakteren Jons konflikter mellom indre og ytre faktorer som man blir kjent med gjennom både drømmeaktige og mer virkelighetsnære scener som utspiller seg med utgangspunkt i Jons lille hybel. Teatertruppen bruker moderne virkemidler for å presentere stykket i en moderne nåtid eller nær fremtid.

De Utvalgte

Teatergruppens arbeidsmetodikk går i hovedtrekk ut på å likestille elementene som er på scenen og dermed bli mindre mindre tekst-avhengig og med



Figur 8.1: Brannen
Scener fra Brannen [96]

et håp og et ønske at noe spesielt skal oppstå mellom bilde, tekst, mennesker, musikk. Friteatergruppen er kjent for å utforske yttergrensene i hva som er teknisk mulig i et scenerom og har tidligere erfaringer med å inkludere roboter i sine stykker. De arbeider med projeksjoner, roboter, automatikk, lyd og lys som likestilte elementer på scenen. Denne likestillingen av elementer gjøres bevisst «for å skape virkeligheter som kan åpne opp for noe man ikke visste om, nye assosiasjoner og sammensetninger.»

Scenografi

Scenografien i Brannen er basert på få, men store og fleksible elementer. De to viktigste elementene er en halvgjennomsiktig bakbelyst takhengtt lerret som kan heves og senkes på flere punkter, og en roterende scene (se figur 8.1)

Lerretet utgjør hele taket i forestillingen. Lerretet er konstruert slik at det kan senkes og heves ved å trekke og slakke tau som er festet til fire forsterkede runde utskjæringer som kan minne om maljer i lerretet. Forskjellen mellom disse og maljer i for eksempel et segl, er at disse har en diameter på en meter eller mer. Maljene har en viss vekt og når tauene slakkes strekkes lerretet mot bakken og skaper store buer i taket. Maljene kan senkes helt ned til gulvet og lerretet skaper en illusjon av kullisser som er fastmonterte i gulvet. Lerretet bakbelyses med prosjekteringer av animerte mønstre eller video som er tilpasset lerretets dybde og krumninger («3D-

mapping»). Projiseringen endrer mønster, farge og bevegelse gjennom forestillingen og hullene i lerretet brukes aktivt for å slippe gjennom punktllys.

Selve *scenegulvet* har nedsenket to roterende skiver, en innenfor den andre. Det innerste roterende elementet er plassert såvidt av senter, og gir dermed rotasjonen en egen dynamikk ved å skaper ulike avstander på den roterende skivene. De roterende skivene kan gå i samme eller ulik retning og i flere hastigheter.

Scenegulvet har også en rekke luker og lemmer som åpnes og lukkes underveis i forestillingen og jeg har notert meg to med vann og ett med gitter.

Hovedelementene brukes flittig til å skape et stadig skiftende uttrykk. De bevegende skivene i gulvet frakter mennesker og rekvisitter i en nøye koreografert «dans», og lerretet brukes til å både å skape trange og tyngende og rom, til åpne landskap.

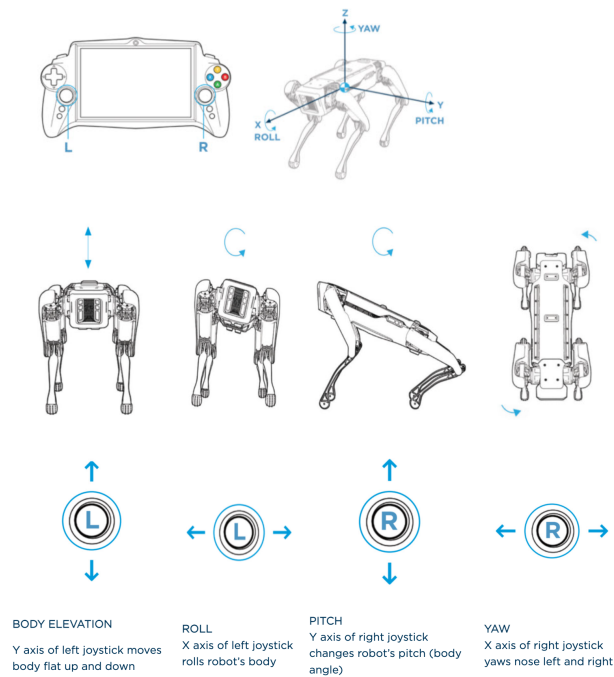
Innholdet i dialog og scener underbygges av musikk, opptak av monologer og lydeffekter. Noe av lydlandskapet produseres også i realtid i interaksjon med robot utstyrt med Kinect, en spesiell type bevegelsesensor.

Roboter i Brannen

Stykket inkluderer bruk av tre roboter, fra et selskap som spesialiserte seg på utleie av roboter. To av disse utfører teknisk fasilitering i form av å fange opp skuespilleres bevegelser og projisere fremførelsen av dem som en videostrøm eller rekonstruert eller duplisert via 3D-animerte avatarer. De tekniske robotene er svartmalte og minner om store industrielle støvsugere der de beveger seg i skyggene, i kulissene.

Den tredje roboten deltar som aktør i fire scener. Dette er en robotplattform fra Boston Dynamics, som har fått navnet Spot. Denne roboten var opprinnelig ikke skrevet inn i manuset, og dens rolle ble til etterhvert som de involverte i stykket ble kjent med mulighetene og utfordringene som ligger i å bruke en slik type robot i et teaterstykke.

De Utvalgte arbeidsmetodikk er preget av en eksperimentell tilnærming til teater i seg selv. De eksperimenterer med materialer og teknikker, og lar stykker komme til live gjennom eksperimentering og prøver underveis.



Figur 8.2: Spot

Spot

Spot er en firebent (*quadruped*) batteridrevet og autonom robotplattform fra selskapet Boston Dynamics. Robotens morfologi skaper assosiasjoner til en hund, men grunnen til at den har bein er at den skal kunne bevege seg stabilt i terrenget. Roboten er til salgs på det kommersielle markedet og har en karakteristisk gul kropp med svarte bein. Kroppen er avlang flat kropp, som en flatklemt liggende sylinder, og svakt vinklede bein. Den har tydelig fremside og bakside. Fremsiden har flere lys, og symmetrien i dem antyder et fjes, likt som på en bil.

Som plattform er den utstyrt med nødvendige sensorer for å traversere terrenget, og utstyr for overføring av bilder fra robotens omgivelser i sanntid. Armer, radarer og annet tilbys som ekstrautstyr. I Brannen møter vi Spot, slik den fremstår uten ekstrautstyr.

Spots evne til bevegelse

Kroppen er rigid og i en del. Spots evne til bevegelse er utelukkende knyttet til leddene beina og utgjør til sammen 12 frihetsgrader (DoF), 3 for hvert bein.

Spot er utstyrt med mange kontrollmekanismer og sensorer som gjør at den opprettholder balanse underveis, og kan unngå hindre terrenget uten eksplisitte instruksjoner. Roboten er bygget for å kunne bevege seg i uleent terreng og motstå plutselige ytre påkjenninger uten å miste balansen. Bevegelsene og reaksjonsevnen (*responsiveness*) dette krever gjør at roboten

har et potensiale til flerfoldige konfigurasjoner. Disse egenskapene har produsenten også gjort tilgjengelige for de som disponerer robotene, med ulike programvare og grensesnitt (API) avhengig av hvilke behov man måtte ha.

For å kontrollere Spots bevegelser tilbys kan man gjøre dette på ulike nivåer. Fra å angi start og målpunkter og la roboten beregne rute automatisk eller å fjernstyre den via en et nettbrett som viser videostrømmen fra Spot, til å kontrollere hvert eneste aspekt av bevegelsene, innenfor robotens toleranse til å beholde balansen. Programvarene navn gjenspeiler kompleksiteten i både kontroll og potensiale i bevegelsen: Det er i hovedsak to programmer man kan bruke for dette, «Autowalk» og «Choreography».

Autowalk tillater å forhåndsdefinere en sti og atferd som kan utløses underveis på denne stien. Spot vil typisk utføre slike sekvenser etter å ha lest av et QR-kode liknende bilde kalt *Fiducials*. Dette er spesifikt utformede bilder, som ligner som Spot bruker for å matche det interne kartet til verden rundt seg. Fiducials brukes til å identifisere dokkingstasjoner, og kreves i begynnelsen av ethvert Autowalk-oppdrag. *Spot Actions* er forhåndsdefinerte atferd som operatører kan velge og utføre mens de styrer roboten. Handlinger utføres av roboten ved å ved å trykke på en knapp på nettbrettkontrollerens skjerm.

For å kontrollere se hvor Spot går, viser nettbrettet som fungerer som en kontroller en viseostrøm av Spots frontkamera. Dette kamera er fastmontert og for å endre utsnittet på videostrømmen, endres ikke bare kamera men hele robotens konfigurasjon. Hvor Spot ser styre gjennom grensesnittet, som minner om konsollspill.[97]

Spot opererer i tre høyder (*Low*, *Mid* og *High*) og man kan styre *Pitch*, *Yaw*, *Tilt*, *Pan* og *Roll* manuelt via fjernkontrollen. Effekten av disse endringene kan utnyttes for å skape et inntrykk av en atferd. (Se figur 8.2)

Choreography er et verktøy for programmering og kontroll av bevegelse gjennom Spots API. Denne programvaren som tillater å kontrollere Spot til minste detalj, kan kjøpes som et tilleggsprodukt for ca 150 000 NOK pr år. Dette tilleggsproduktet gir deg muligheten til å komponere bevegelseskombinasjoner og sekvenser basert på preprogrammerte mønster via et programvare koblet mot Spots API. I tillegg dette finnes det APIer utviklet for et industri standard 3D-animasjonsprogramvare. Dette tillater å utvikle bevegelsemønstre i et virtuelt miljø.

Spots programvare tillater ikke kombinasjoner av bevegelse som vil resultere i at den faller over ende. Innkommende sekvenser vil bli behandlet som forslag, og Spot vil kalkulere det nærmeste den kommer. [98]

Tekniske begrensninger

Spot har enkelte begrensninger som for eksempel minimumsdybde på trappetrinn og hvor bratte vinkler den håndterer, hvor tett på objekter den kan navigere med mer. [97] Ettersom det fjernstyres via trådløst nett er den også avhengig av sterke og uforstyrrede signaler for å fungere. Dersom signalet forstyrres vil bevegelsesekvensene utføres i det tempoet

signalet kommer frem. Dersom Spot mister kontakten med en basestasjon (kommunikasjon) vil Spot gå inn i en trygg modus ved å synke ned på gulvet og blir liggende der inntil kontakten har blitt gjenopprettet.

Spots rolle i Brannen

Roboten Spot opptrer i fire scener i stykket og er på scenen og synlig for publikum i overkant av fem minutter.

Spots tilstedeværelse i stykket bidrar til å plassere handlingen i en nåtid-fremtid hvor roboter en integrert del av samfunnet og i Jons vandring som en ting han ikke kan relatere til eller som han ikke forstår.

Robotens rolle gjennom stykket er også å forsterke at noe galt har skjedd og skal gi et inntrykk av å kunne være ulykker.

Rollen er skap basert på et minne om omstreifende flokker med villhunder eller hyener som tilsynelatende bare dukker opp i forbindelse med ulykker; «er det noe blod?» og er ment å skulle oppleves som noe uberegnelig, utilgjengelig, ufølsomt, autonomt og skummelt.

I intervjuer med tekniske og kunstenrisk ansvarlige for produksjonen refereres den også til som «hunden».

Spots bevegelser i Brannen

Bevegelseuttrykket er knyttet til Spots zoomorfiske utseende og morfologi. Gjennom de fire opptredene til Spot utfører den aldri mer enn 7 handlinger:

- Q1** (Stå) Roboten står oppreist med alle bena i samme høyde.
- Q2** (Gå) - robotens normale gange i moderat tempo.
- Q3** (Svinge / Rotere) - Roboten endrer retning ved å endre skrittlengde som roterer den i ønsket retning.
- Q4** (Kikke opp) - Roboten senker bakbena og kroppen får en vinkel.
- Q5** (Kikke ned) - Roboten senker forbena og kroppen lager en vinkel (forkroppen).
- Q6** (Sideveis rotasjon) - Roboten senker bena kun på den ene siden og tilter kroppen, (a) mot høyre eller (b) mot venstre.
- Q7** (Ligge) Roboten folder bena og senker kroppen helt ned til den er støttet av gulvet.

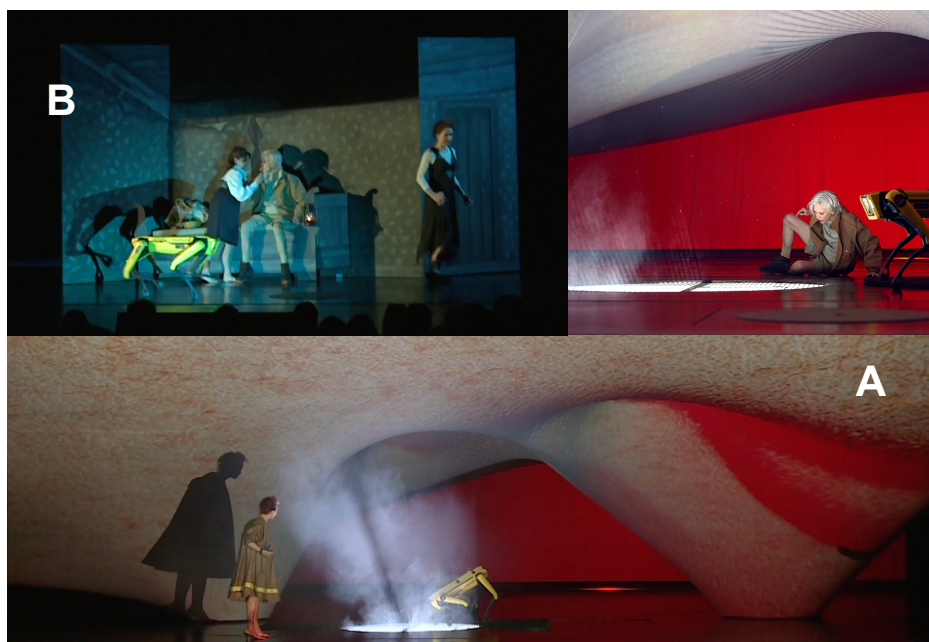
I beskrivelse av scenen fra Brannen vil disse være markert som robotens bevegelser uttrykt som tilstander (**Q1-Q7**)

Erfaringer og regi av Spot

Som et resultat av budsjettprioriteringer valgte teatergruppen å benytte seg av det medfølgende programvaren Autowalk. Dette ga begrensninger på hvor kompleks atferd Spot kunne programmeres med.

I intervjuer med tekniske og kunstneriske ansvarlige i produksjonen fremkommer det at regi inntok rollen som roboten og gikk opp stiene på scenegulvet, markerte muntlig hvor det skulle utføres noe, hvor lang en slik sekvens skulle være og lot de teknisk ansatte plassere dette som *Cues* i manuskriptet. De tekniske ansatte fikk så i oppgave å løse dette, uten videre instruksjoner.

Slik de tekniske og kunstneriske ansvarlige beskriver det, var den eneste muligheten til manipulerer uttrykket til Spot, utover de grunnleggende bevegelsene, var å eksperimentere med å holde posisjoner i kortere og lengre perioder. Bevegelser skulle mest av alt være ulike. Litt lenger, litt raskere. Litt kortere og så videre.



Figur 8.3: Scener fra Brannen med Spot
a) Sauekvinna b) Et kvinnehjem

8.3 Scener fra Brannen

Roboten er tilstede i fire scener, og tid på scenen er beregnet til omtrent fem minutter. Beskrivelsen av scenene er basert på videodokumentasjon av stykket, ettersom dette viser robotens deltakelse uten avvik som har skjedd basert på de teknisk utfordringene som allerede er nevnt. Der flerfoldige observasjoner gir meg et inntrykk av kontinuitet i regien av Spot gir videoopptaket meg mulighet til å studere hver enkelt scene i større detalj.

For å få et bedre inntrykk av de fire forskjellige «kontekstene» Spot deltar i beskriver jeg scenene på det detaljnivået jeg mener er nødvendig for å formidle sammenhengene som oppsummeres i analyse.

Det er kanskje selvsagt, men jeg vil presisere overfor leseren at hverken videoopptaket eller mine tekstlige beskrivelser yter stykket rettferdighet. Stykket er en avansert og finstemt abstrakt audio-visuell opplevelse hvor formidling skjer samtidig på svært mange nivåer og i alle modaliteter. I de påfølgende beskrivelsene og analysen av scenene skrapper jeg så vidt i overflaten.

8.3.1 Scene 1 - Sauekvinna

I denne scenen er hovedpersonen Jon møtt på Sauekvinna som ønsker å vise Jon «noe forferdelig». Taket er nedsunket på høyre og venstre side og skaper en høy buegang i midten og lave ut mot kantene. Bakteppet

er farget rødt og lerretet er bakprojisert med blålige toner med en såvidt synlig tekstur. Den roterende gulvet har stoppet og mellom skuespillerne og publikum tegner det seg konturer av noen ovale lemmer i gulvet. Det siver røyk ut av glippene i lukene og et svakt lys tegner omrisset av lukene.

«eg får ikkje fred før eg får vist det fram til nokon», sier Sauekvinna.

Sauekvinna river opp de store lukene og lyset fra hullet slår på i full styrke. Luken avslører et gitter og rutene i gitteret tegner seg i røyken over luken. Samtidig hører man og lyder av sauer og kje som breker blandet med et teppe av hørfrekvente gjennomtrengende lyder. Projiseringen på lerretet i taket har nå avtatt i styrke og det er lyset fra hullet, mot den knall røde bakteppet som er de eneste lyskildene nå.

«dei må opp» roper Jon

«de kan dei ikkje. Det er for seint det no.», svarer sauekvinna:

Jon bøyer seg ned i fortvilelse og blir liggende nede.

Spot ankommer (Q2) scenen bakfra (se figur 8.4), mellom de nedsenkede delene av lerretet, delvis skjult av røyken som velter opp fra hullet.

Sauekvinna slår igjen det åpne gitteret og står oppreist til venstre for hullet. Lydene av sauene byttes ut med noe som kan minne om lyden av fluer, under det støyende lydteppet. Dialogen fortsetter i mens Spot vender seg mot (Q3) og nærmer seg hullet og støyet avtar. Sauekvinna veksler mellom å være vendt mot Jon ved hullet og mot publikum.

«nå stiltes det av nedi der. Gudsjelov for det» sier Sauekvinna.

Spot har nå stoppet (Q1) ved kanten hullet. Sauekvinna og Jon utveksler noen fler ord i mens Spot senker forbeina og danner en vinkel med forkroppen og på ser på den måten ut til å «kikke» fra kanten og ned i hullet. (Q5)

Samtidig som den dramatiske dialogen fortsettes, gjør Spot sine siste manøvre:

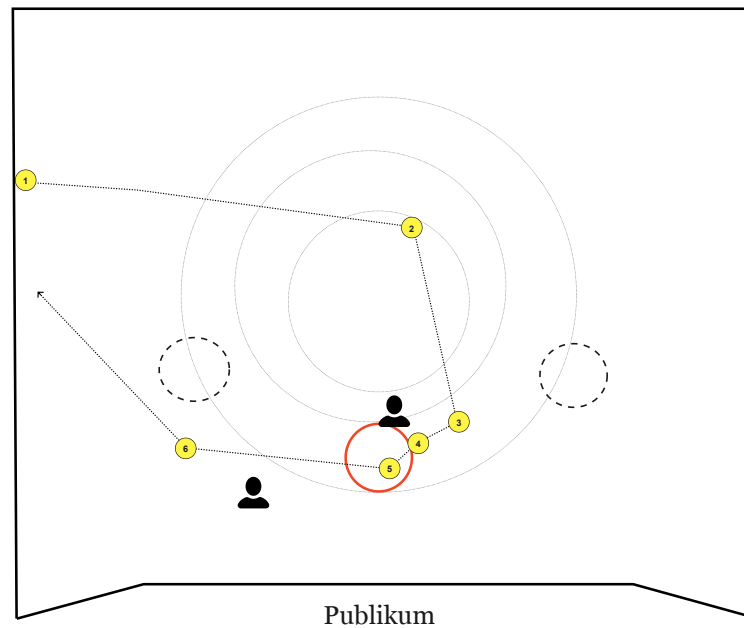
Spot retter seg opp (Q1) etter kort tid og tar et par skritt (Q2) inn på gitteret vender seg (Q3) halveis mot publikum før den igjen senker forkroppen raskt ned(Q5). Denne gangen senkes ikke føttene parallelt som gjør at kroppen får en vridning mot den ene side.(Q6a) Den blir i den posisjonen i et sekund før den raskt tilter over mot andre siden (Q6b)før den retter seg opp (Q1) og spaserer takfast (Q2) av gitteret og av scenen mellom skuespilleren som er plassert lengst frem og lerretet på venstre side.

8.3.2 Scene 2 - Et kvinnehjem

Scenen som vi velger å kalle et kvinnehjem, en *set* scene, altså en scene med tradisjonelle kulisser. Scenen er helt mørklagt.

Scenen åpner med et høyløst smell i mørket og lyden av Jon som roper. En enkelt lyskaster slås på og avslører innsiden av et hus og en enkelt seng. Det svakt dempede lyset danner en vignett rundt sengen og i sengen ligger to kvinner, en mor og en datter. Moren kjenner vi igjen som Sauekvinna fra tidligere. Begge har nå heist seg litt opp fra en liggende posisjon og hviler på albumen, som de har ligget og sovet men ble vekket av ropet. Moren henvender seg til den som er utenfor og svar fra Jon. Etter en kort

Scene: Sauekvinna



Figur 8.4: Robotens tilstander i første scene
(1) Q2 (2) Q3,Q2,(3) Q1-Q3-Q2 (4) Q1-Q5-Q2 (5) Q5-Q6ab-Q3-Q2 (6)
Q3-Q2

forhandling går moren til døren og åpner den. Bak døren står hovedperson Jon og svaier mens han holder seg til pannen.

I motsetning til scenografien i resten av stykket er dette hjemmet representert med en dekorert vegg. Motivet på veggen er en veggteppet, med mønster som minner om blader, et enkelt tak med synlige bjelkelag og en dør. Veggteppet ser ut til å ha løsnet flere steder så det gamle treverket kommer til syne. Det er tydelig at motivet er malt for hånd og at det er ikke tvil om at dette er en «teaterkulisse».

Jon forteller hva som har skjedd og moren i huset tilbyr Jon å la datteren stelle såret han har i pannen. I mens datteren går ut for å finne noe å rengjøre såret med fortsetter samtalen mellom Jon og Sauekvinna.

Med en gang datteren har forlatt rommet etablerer moren at de kjenner hverandre igjen

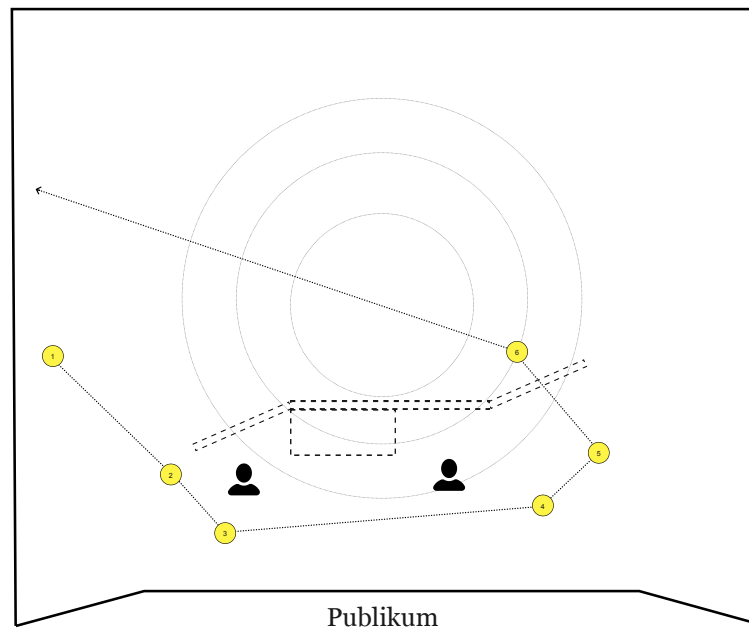
«Du skal få sleppe å fortelje om det, om kva som er det værste du har sett. Eg veit kva det værste du har sett. Det var for mi skuld du kom». Sier Sauekvinna

Sauekvinna er fortvilet over at ikke Jon kan hjelpe henne med det de begge har sett og Jon er fortvilet over alt han ikke forstår. Hun påstår han hadde et ærend ved å komme til dem, mens Jon benekter dette.

«eg treng sårt at du har noko å sei meg. Eg berg deg. Kva vil du seie meg?» sier Sauekvinna

«Eg kan ikje. Du må greie det sjøl». svarer Jon.

Scene: Et kvinnehjem



Figur 8.5: Robotens tilstander i andre scene

- (1) Q2-Q1 (2) (Q3-Q4-Q3-Q2) (3) Q1-Q7-Q1-Q2 (4) Q3-Q2 (5) Q3-Q2 (6) Q3-Q2

Saukvinnas vender seg vekk fra Jon og snakker nå ut mot publikum.

«er dette alt?» spør hun før hun fortsetter med jamrende stemme og hendende over hodet.

I det Saukvinna tar seg til hode og forteller om at vonde tanker igjen former seg ankommer Spot fra venstre (Q2), stopper parallelt med set-designet (Q1). Spot er vinklet på en måte som gjør at den tilsynelatende kikker på Saukvinna (Q4). Spot snur seg (Q3) igjen mot midten av scenen og legger seg ned(Q7). Spot blir så liggende inntil skuespilleren forlater rommet. Når sauekvinna starter på sin utgang, reiser seg (Q1) og følger etter henne ut døren (Q2).

8.3.3 Scene 3 - Søk

Spots tredje opptreden i stykket er i en scene med et komplekst arrangement av rekvisitter, mennesker, lyd, lys og andre effekter.

I denne scenen er det aktivitet i alle deler av scenen og røyken ligger tett, som tåke. Scene er opplyst av en enkelt lampe. Publikum ser mennesker i kjeledresser med en form for heldekkende hette eller hjelm som både minner om hodeplagg birøktene bruker og på samme tid som på vernedrakt. Hettene er høye, har en markert sylindriske form med en luke å se ut. Hettene er overdimensjonerte i forhold til menneskekroppen og kjeledressene har tydelige gule mønster, slik som man kan forvente å se på arbeidsklær.

En stor tømmerstokk vi har sett tidligere, trilles sakte inn på en jekketralle. Fire - fem mennesker i kjeledresser vandrer sakte rundt, men kun på små arealer av scenegulvet. En ligger halveis oppreist på en bære. Det er åpnet en stor luke i gulvet, som nå er plassert midtstilt bakerst på scenen og svakt lyssatt. Lerretet som utgjør taket er nå grønnblått.

En av menneskene i kjeledressene står stille. Den står med armene opp og hver hånd har et lys rettet på seg, og som følger håndens bevegelser. Musikken som avspilles er vedvarende og monoton, men med flere lag. Over dette lydsporet høres to helt ulike lyder som endrer seg sammen med at hendene beveger seg. Det virker som om det er to lydspor som kontrolleres av hver sin hånd. En «krystallisk», sammensatt, lys lyd og en mer dempet, lavfrekvent ensartet lyd.

Jon undersøker sakte hva hver og en av menneskene i kjeledresser gjør, men oppretter ingen kontakt med noen dem. To av «kjeledressene» har lange tynne stokker som de stikker ned i luken som er åpnet bak på scenen. Stokkene og måten de systematisk velger nye punkter å stikke, minner søk i skred.

Det er først når Jon bryter stillheten at scenen etablerer seg.

«Mangarden er ute?» spør han.

«Kven er det som er borte?» spør Jon.

«Ei jente» svarer en stemme.

Vi får vite at søket har pågått i tre dager og Jon avslår forespørselen om å bli med å lete etter jenta.

Lydbildet endrer seg noe og tømmerstokken, som i løpet av scenen har ankommet fremre høyre del av scenen får nå et svakt lys. Jon står stille midt på scenen vendt mot venstre. Vi skimter to gule lysende øyne komme mot oss (Q2), på skrått, bakfra, fra venstre. Den takfaste lyden av aktuatorer bekrefter at det er roboten som er på vei inn, nok en gang.

Spot beveger seg langs siden helt frem til sceneåpningen før den roterer (Q3) mot Jon. Jon står fortsatt helt stille, vendt mot venstre. Spot står (Q1) nå vendt med forkroppen direkte mot Jon og de ser ut til å se på hverandre. Roboten holder denne posisjonen i tre sekunder og begynner deretter på veien bakover på scenen (Q2) i det Jon vender seg mot en mann med en et visir og motorsag som står ved tømmerstokken. Mannen med visiret, sagen og stokken har blitt introdusert i en scene tidligere, hvor Jon møter en gutt ved et sagbruk.

I mens Jon henvender seg til mannen med motorsagen, fortsetter Spot ned langs venstre side av scenen og svinger (Q3) inn mot luken bak på scenen. Et fåtall av menneskene med kjeledresser er fortsatt i scenen.

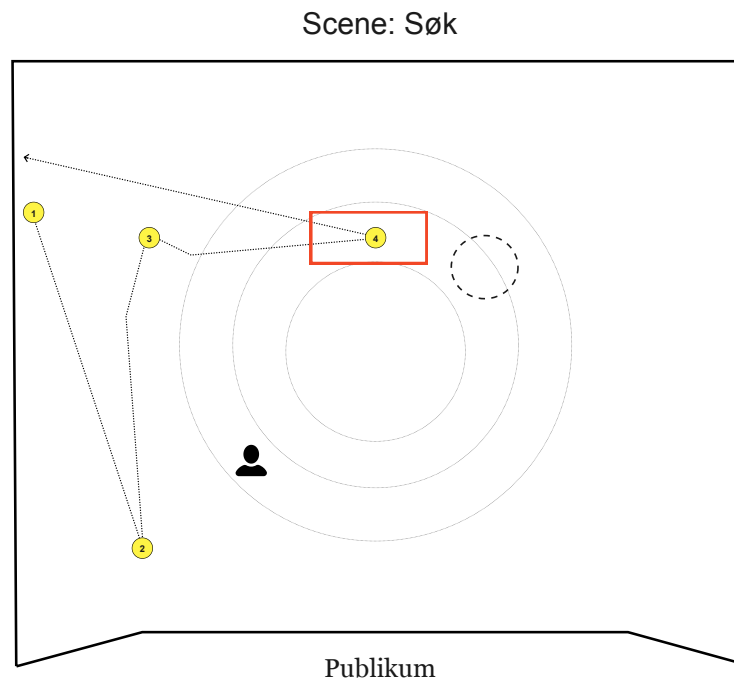
Jon spør mannen: «Kor e guten?»

Spot stanser (Q1) midt på luken og blir stående 4-5 sekunder før den roterer rundt (Q3) og forsvinner ut til venstre scenekant (Q2).

«Guten?» spør mannen

«Ja du veit kem eg meine. Eg vil høyre om guten. Ja, kor er han?» spør Jon.

«Han er borte. Og han kjem ikkje att heller.» svarer mannen.



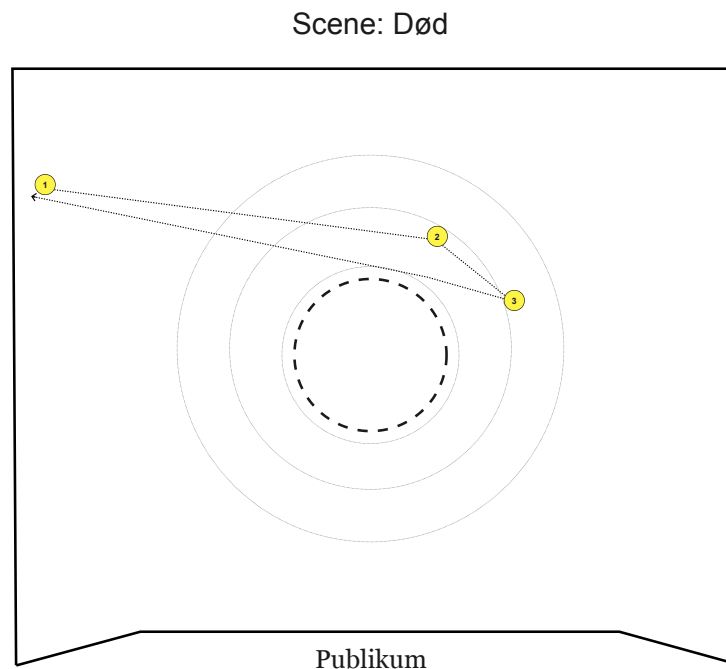
Figur 8.6: Robotens tilstander i tredjedje scene
 (1) Q2 (2) Q3-Q1-Q3-Q2 (3) Q3-Q2 (4) Q1-Q3-Q2

8.3.4 Scene 4 - Død

Siste scene med roboten er også stykkets siste scene.

Jon har funnet jenta som var borte, men jenta ønsker ikke bli reddet og ønsker ikke å leve. Jon og jentas dialog avsluttes av en skrik som må tolkes som at jenta tar selvmord.

Scenografien er minimalistisk. Det er kun ett rundt stort bord som står igjen, midt på scenen. Den døde jenta ligger igjen på bordet. Bordet og scenegulvet er opplyst av en enkelt lyskaster. Lyset dempes og sentreres sakte over bordet i det Jon forlater scenen med tunge skritt. Det skarp avgrensede lyset tegner sirkel på gulvet og utenfor sirkelen er det bekmørkt. En lydspor spiller av en opplesning av en passasje fra Tarjei Vesaas bok, i mens den døde jenta ligger urørlig på bordet. Når det er rundt ett minutt igjen av avspillingen av monologen, skimter vi igjen Spots «øyne». Spot kommer rett inn på scenegulvet fra venstre (Q2) og følger ytterkanten av området lyset dekker. Spot stopper (Q1) helt til høyre i det opplyste området. Slik Spot har stoppet gjør at den er vendt ut mot mørket på høyre side. Bakkroppen er opplyst av lyskasteren i mens forkroppen med øynene er halveis ute i mørket. Vi kan se øyne fordi Spot er såvidt vinklet mot publikum. Bevegelsesekvensene som følger ligner de som ble utført i første scene. Står oppreist (Q1), forbeina senkes - kikker ned (Q5), tilter mot høyre (Q6a), tilter brått mot høyre (Q6b), står oppreist (Q1), roterer rundt (Q3) og returnerer samme vei som den kom (Q2).



Figur 8.7: Robotens tilstander i siste scene
 (1) Q2 (2) Q3-Q2 (3) Q1-Q5-Q6-Q6ab-Q3-Q2

8.4 Analyse av to scener fra Brannen

Som det fremkommer av beskrivelsene av hver enkelt scene roboten Spot er delaktig i endres Spots rolle, karakter og meningsfulle bevegelser, sammen med hvordan scenografien endres.

Som et resultat av de tekniske begrensningene som finnes, benytter Spot seg av et fåtall bevegelser gjennom forestillingen.

Spots hunde-liknende utseende er langt på vei det viktigste komponentet for å formidle en karakter som skal minne om en streifhund. I det den kommer inn på scenen første gang, er det likevel ikke åpenbart for meg at Spot skal gestalte en hund. Gangen viser kun et minimum av dynamikk. Måten den går på avslører heller ikke om den kommer til å fortsette i samme hastighet eller stoppe. For å endre retning stopper nærmest Spot opp og dreier rundt før den fortsetter i den nye retningen. Ettersom kroppen også er utformet i *en* del, er den avhengig av å inkludere hele kroppen for å artikulere det å «se» i en bestemt retning. Til tross for dens zoomorfiske utseende har den altså flere likhetstrekk med en robotstøvsuger enn en hund. Hva er det i disse scenene som gjør at vi oppfatter den som vi gjør?

For å få frem hvordan det kan forklares med semiotiske begreper og hvordan bevegelse oppfattes forskjellig basert på kontekst presenterer jeg en analyse av to av de fire scenene i stykket.

I den først viser jeg hvordan man kan bruke semiotikk for å forklare attribusjon, og den andre først og fremst for å vise hvor rike men

forskjellige beskrivelser som kommer av å endre omgivelsene og innholdet i scenerommet.

Analyse av første scene - Sauekvinna

Himlingen minner om en buede søyleganger, men mangel på symmetri drar assosiasjonene i retning av dryppsteenhuler. Fargen minner om betong men det svake mønsteret i projiseringen minner mer om stein. Det er vanskelig å knytte den til noe konkret. (pun)

Den knallrøde ensfargede bakgrunnen assosieres ofte med en form for fare, mens de langevarige «drømmeaktige» akkordene som spilles av i bakgrunnen formidler en form for ro. Fra tid til annen spilles det også av en kort stakkato melodi som ikke bare markerer en rytme men også forventning.

Straks lukene åpnes endres lydbildet seg helt fundamentalt. De myke akkordene er byttet ut med lavere toner som såvidt endrer tonehøyde opp og ned utenfor den tradisjonelle 12-tone skalaen. Kanskje den er ment å formidle en form for svimmelhet. Lydene i seg selv er syntestiske men minner likevel om lyden fra et stillestående helikopter et sted i det fjerne. I tillegg høres høyfrekvente lyder, slike som typisk brukes i filmer for å formidle hvordan en forbigående tinnitus oppleves etter en eksplosjon. Skuespillerne må rope enda høyere for å trenge gjennom støyen samtidig som dialogen utarter. Sammen med lyden av brekende sauer og kje skapes et voldsomt og kaotisk lydbilde som jeg opplever at skjerper sansene.

Røyken som velter ut fra luken gir assosiasjoner til brann, men hindrer også sikten når den gradvis fyller scenerommet. Den ugjenomtregelige røyken visker ut konturer på scenen og bare fragmenter av skuespillerenes kroppar trenger gjennom.

Abstrakt scenografi gjør det vanskeligere å avgjøre hva rollen er umiddelbart. Det er først når roboten har nådd kanten på luken og kikker ned at den ligner noe levende. En hund. Den går fra være et objekt i forflytning til å ha en formål. Den går fra *animacy* til *agency* nivå [11] ved å ta i bruk flere frihetsgrader.

Størrelsesforholdet mellom lerretet som utgjør taket og elementer ellers i scenen er uproposjonal. Luken er likevel det dominerende elementet i scenen og at den er signifikant fortelles på flere måter. Luken er sentrert i rommet og skuespillerne er vendt mot den. Jon endrer etterhvert fra en stående posisjon til å nærmest ligge ved åpningen, med hodet vendt nedover inn i lyset og røyken. Lydene starter og stopper med åpning og lukking av luken. Lyset danner en søyle og forlenger lukens form opp i rommet. Dialogen omhandler også hva som skjer der «nede» i hullet og kroppspråk, intonasjon, tekst, lyd, lys og røyk utgjør tilsammen et bilde på noe grusomt. Skrekken og avskyen som formidles av menneskene og miljøet i stykket danner da en skarp kontrast med Spots bevegelser når den rolig og avmålt undersøker hullet.

Spots bevegelser bidrar også til fokuset på hullet og hullet gir samtidig mening til Spots bevegelser.

Dersom Spot ikke indikerte en interesse for dette hullet gjennom å

endre retning mot hullet, ville karakteren Spot gestalter kanskje ikke etableres. At Spot tiltrekkes noe menneskene avskyr formidler karakterens egenart, og gir nå også ny mening til de foregående bevegelsene. Det man tidlig ser så som en forflytning, er nå en hund som streifer og kontrollerer og ser etter et bytte.

Sett fra semiotikken ståsted ser vi at hunden skaper en forbindelse med luken i gulvet ved å indikere en retning (Secondness). Av vane (Thirdness) så vet vi at hunder instinktivt kan trekkes mot andre dyr eller mat. Den nærmest tvinges ned mot gitteret i luken av en indre lyst.

Det er verdt å gjenta hva som er hva i Peirce triadiske struktur med *objekt, representamen og interpretant*.

Interpretanten dannes i oss som tilskuere. Forbindelsen roboten skaper mellom det og seg gjennom bevegelse *mot* hullet utgjør *representamen* og *objektet* er 'bytte'.

Summen av denne triaden peker tilbake igjen på robot-hunden og dennes en nytt *objekt* for 'rovdyr'. *Interpretanten* dannes igjen hos publikum og *representamen* er tolkningen (*interpretant*) av fra den forrige triaden.

(At jeg presenterer dette i rekkefølge er først og fremst for å eksemplifisere hvordan mening dannes i Peirce triadiske struktur.)

Det som er spennende i dette eksempelet er at vi nå, gjennom bevegelse og tilstedeværelse av forskjellige faktorer i robotens kontekst har utledet at **roboten er et rovdyr og den har oppdaget et bytte**. På denne måten fungerer dette som et eksempel på hvordan det som er omtalt tidligere i oppgaven som attribusjon, kan analyseres og beskrives også med begreper fra semiotikken.

Analyse av andre scene - Et kvinnehjem

På samme måte som i scenen sauekvinnas bestemmes Spots rolle og intensjoner basert på dens bevegelser i forhold til omgivelsene og konteksten.

Denne scenen er som det beskrevet tidligere enkelt utstyrt med en malt bakvegg som ble plassert og foldet ut i le av mørket under sceneskiftet. Disse kulissene er helt motsatt av forrige scene. Disse er helt konkrete og utvedydige. De få kulissene og rekvisittene, både hver for seg og samlet er et ikon for et hjem. Kulissene er plassert midt på scenen men opptar bare en tredjedel av den totale bredden på scenen. Det malte interiøret plasserer oss innendørs, og de sovende kvinne viser at det er sent på natten. Kvinnenes bekledding og interiøret ellers plasser oss også i en fortid eller til og med i «gamledager». Det opprevne og slitte tapetet, en følelse av at dette er i en annen tid (temporal indeks) og uttalelsen om at det er «et rent kvinnehjem» indikerer i sum at det ikke er en mann i hus. Huset er forfallent fordi det ikke finnes en mann der som kan ta vare på huset, kvinnene sover anføttes i samme seng fordi det kvinne i huset ikke har en mann og dele sengen med og ikke minst det faktum at det ikke *er* en mann der er alle indikatorer på det samme. Dette er teatertegnets redundans. [94]

Den sparsommelige innredede, og åpenbart «gammeldagse» scenen kontrasteres i med ankomsten av den høyteknologiske robot-hunden. I

min første opplevelse av denne scenen vektlegges ikke denne kontrasten, men fokuset mitt trekkes mot Spots bevegelsesmønster og pauser. Når Spot kommer inn på scenen er det ikke åpenbart for meg hvilken rolle den spiller i denne scenen heller.

Fokuset på Spots deltakelse tar meg ut av dialogen og når Spot «kikker» på Sauekvinna ser jeg nå en hund som har blitt vekket av samtalene i rommet og er nysgjerrig på hva som foregår. Denne tolkningen etableres gradvis og jeg blir helt sikker når den etterhvert legger seg ned. Helt klart preget av at jeg den siste tiden har omgått hunder, konkluderer jeg med at den ser på og sjekker om alt er greit, og når Sauekvinna ikke gir signaler til hunden om noe annet, legger den seg ned. Som en stueren og husvarm hund legger seg ned fordi det er sosialt dyr. **Den vil være med eieren sin, i lyset og varmen.** At Spot deretter reiser seg når Sauekvinna melder sin utgang og «lunter» lojalt etter henne ut er helt naturlig hunde-atferd tenker jeg når jeg ser det. Kanskje den tror den skal få mat ute? Eller gå tur?

I samtaler med kunstneriske og tekniske ansvarlige for stykket oppdager jeg at min tolkning er et godt stykke unna deres intensjon. Ved nøyere gjennomgang av videoopptaket, legger jeg merke til at Spot ankommer scenen akkurat i det Sauekvinna forteller om at hun «bryggere på ei ny», og referer til det forferdelige hullet fra første scene. De kunstnerisk- og teknisk ansvarlige for forestillingen forteller at Spot, som det fremmede og ukjente elementet i denne scenen, dukker opp igjen fordi **den værer en ulykke.** Den er nysgjerrig på Sauekvinna, fordi den værer at med henne følger det ulykke og død.

Oppsummering

Selv med disse enkle beskrivelsen og forenklete analysen blir tydelig hvor forskjellig bevegelse kan tolkes, kun ved å endre omgivelsen bevegelsene skjer i og ikke bevegelsene i seg selv.

I intervjuer med kunstneriske og tekniske ansvarlige for forestillingen fremkommer det at regi ønsket å skape et inntrykk av at Spot er en naturlig del av omgivelsene. Dette formidles gjennom at roboten tilsynelatende kan vandre fritt og tett på skuespillere uten at de lar seg affektere av dens tilstedeværelse. I scenen med hullet viser kroppspråket til de andre aktørene at de kun henvender seg til hverandre og fortsetter dialogen uten avbrudd. Roboten passerer og krysser skuespillernes synsfelt ubemerket og refereres ikke til i dialogen. Utover forflytingen som skje og plassering på scenegulvet benytter regi seg av fåtall bevegelser som Spot utfører selv. Det er mange av de samme sekvensene som går igjen i alle scenene, og bevegelsenes betydning må leses ut i fra omgivelsene de utføres

Som man kan lese ut i fra markeringene i teksten (Q1-Q7) er ikke bevegelsesreportoaret til Spot i dette stykket stort. Som de kunstnerisk og tekniske ansvarlige, la de tekniske utfordringene føringer for hvor komplekse mønstre de kunne arbeide med. Som nevnt innledningsvis, omgår de kunstneriske og tekniske ansvarlige i stykket dette ved å fokusere på hvor lange eller korte pausene mellom hver tilstandendring foregår.

Bevegelseatferden til Spot i dette stykket er derfor i like stor grad et resultat av nøye oppmerksomhet rundt regien av *fraværet av bevegelse*.

8.5 Tegn i Brannen

Innen teatersemiotikk er det flere retninger. Der den materialistiske teatersemiotikken er opptatt av å beskrive teaterets rolle i samfunnet, er den klassiske teatersemiotikken mer opptatt av å klassifisere og kategorisere tegnproduksjon i en scenerommet og i en oppsetning.

Som eksempelet over viser, er det flere kvantifiserbare faktorer som spiller inn på hvordan vi oppfatter scenen som utfolder seg som meningsfull. Lys, retning, fysiske hindre og så videre. Dette er faktorer som kan reageres på eller ignoreres. I en robosemisofære, vil det kanskje være nyttig å benytte seg av kategorier fra teatersemiotikken for å «befolke» landskapet av krefter og begrensninger.

Teatersemiotikeren Tadeusz Kowzan [99], har isolert tretten tegnsystemer som er i arbeid i en teaterforestilling: ord, stemmebøyning, ansiktsmimikk, gester, kroppsbevegelser, sminke, hodeplagg, kostyme, tilbehør, scenedesign, lys, musikk og støy. Hvert av disse systemene har en logikk i seg selv, og jeg, som Umberto Eco er ikke sikker på at listen er fullstendig. [93, s. 180] Tegnene som brukes av teaterkunsten er fremfor alt kunstige tegn. De er et resultat av en frivillig prosess og oftest skapt med overlegg; de har en tendens til å være stedbundet. Frivillig produsert med full bevissthet om å kommunisere, er teatraliske tegn funksjonelle til perfektjon. [99, s. 60]

Alle Kowsans tegnsystemer er virksomme i Brannen men noen er mer fremtredende enn andre. Teatergruppen evne til å utnytte samspillet mellom lyd, lys og multimedia for å formidle karakter eller narrativ gjør en fullstendig semiotisk analyse av forestillingen til en omfattende oppgave. Som vist i eksempelet fra første scene, kan det være nyttig å se til teatersemiotikken for å finne tilgjengelige konsepter og kategoriseringer som også tolkes via en robots sensorer.

Teatersemiotikken klassifiserer tegn i henhold til Peirce som ikoner, indekser og symboler. Alle disse kan bidra til å strukturere beskrivelsene av egenskapene som ligger i omgivelsene roboten og menneskene deler.

Som med antall tegnsystemer og ikke minst Peirce omfattende trikotomier, har også teatersemiotikken et en dyp taksonomi. I teatersemiotikk skiller det mellom visuelle og auditive tegn, hvorav de aller fleste er kunstige tegn. For eksempel er ikke røyken som siver opp av hullet et naturlig tegn på ild. Det er et kunstig tegn som kun refererer til det naturlige tegnet røyk som tegn på ild.

De Toro [94] beskriver visuelle og auditive ikoner, indekser og symboler og dets hovedfunksjoner.

Ikonets hovedfunksjon i teater er å representere eller materialisere referenter på scenen, og denne materialiseringen kan være visuell, språklig eller verbal (Som foreksempel ved intonasjon for vise størrelse - «stoouoor» [32]).

Teaterindeksen har en svært viktig funksjon i sceneproduksjonen fordi den kontekstualiserer det som uttrykkes verbalt på en rekke måter.

Symbolers funksjon i teater er hovedsakelig pragmatisk fordi symbolet etablerer direkte kontakt med tilskueren. [94, s. 84]

1 2	word tone	pronounced text	actor	auditive signs	time	auditive signs (actor)
3 4 5	mime geste movement	corporal expression		visual signs	space and time	visual signs (actor)
6 7 8	make-up hairdo costumes	actor's corporal appearance			space	
9 10 11	props set lighting	aspect of the stage	outside the actor	auditive signs	space and time	visual signs (outside the actor)
12 13	music noise	non- articulated sound effects			time	auditive signs (outside the actor)

Figur 8.8: Tadeusz Kowzan 13 tegnsystemer i teater
[99]

Forholdet mellom symbolet og det symboliserte objektet er arbitrært, og derfor må tilskueren skape et forhold som ikke allerede er tilstede, slik tilfellet er for ikonet eller indeksen. Symbolet fungerer dermed utelukkende ved hjelp av konnotasjon, i motsetning til ikonet og indeksen som fungerer gjennom denotasjon. [94, s. 84]

Den symbolske lesningen utført av tilskueren er alltid *in situ*, og fungerer ved akkumulering, utvikling og gjentakelse av den samme betegneren (visuell eller verbal) eller av en rekke betegnelser som gir en felles betydning for produksjonen.

I Brannen er foreksempel selve tilstedeværelsen av roboten Spot et symbol på en (høyt teknologisk) fremtid, samtidig som den også er et ikon for en hund.

Lyd bidrar til hvordan bevegelse oppfattes (*acousmatics*) og de auditive tegnene er elementære i en forestilling ettersom en teaterforestilling er formet rundt det talte ord. De Toro [94] har også abstrahert vekk andre modaliteter som for eksempel temperatur, lukt og så videre. En videre begrensning er også nyttig her og jeg har valgt ut noen fasetter av de visuelle tegnene for eksempelets skyld. Som vist tidligere er Secondness forbundet med kontekstuelle tegn og jeg fokuserer dermed først og fremst på et par av disse.

8.6 Teaterindeksen

Blant de grunnleggende tegnene, slik de er beskrevet av De Toro [94] vil jeg trekke frem et par som eksempler på kategorier man finner inn under Visuelle indekser. Disse kan kanskje brukes i sammenheng med design av atferd i robot-artifakter (med bildeprosesseringsmuligheter). Som Mittelberg [80] forklarer er Secondness i Peirce Universal Categories knyttet til kontekst. Blant De Toros inndelinger finner jeg noen eksempler som jeg mener kan forventes å kunne registreres av en robots sensorer og bildegjenkjenningssalgoritmer

Indekser med opprinnelse utenfor kroppen

Teaterindeksen har en svært viktig funksjon i sceneproduksjonen først og fremst fordi den kontekstualiserer ord på en rekke måter. Indeksen har derfor en syntaktisk funksjon.

Kowsan deler de inn i gesturale, romlige, tidsmessige, sosiale og miljømessige indekser. [94]

Blant indeksene som utelukkende har opprinnelse i kroppen er *gest-indeksen*. Denne beskrives som det gestosfæren gir uttrykk for, oppførsel, følelse og et forhold til andre eller som De Toro beskriver det - for en «usynlig virkelighet». Dette er det samme som resultatet vi ønsker å oppnå i design av atferden hos roboten. I Brannen er dette i hyppig bruk i regien av Spot.

Indeksene som også kan ha sin opprinnelse utenfor kropp er *spatiale og temporale indekser*. I teater hjelper de publikum å forklare hvilket historiske periode og rom scenen utfolder seg, men også om tiden går fort eller sakte. Utenfor teateret er ikke historisk tid relevant. En robot vil alltid operere i en nå-tid, selv om kan utforskes i tid rom metaforer som frem, tilbake, hurtig sakte og så videre.

Som parameter i design av robotatferd kan derimot rommet roboten opererer i eller passer ha innvirkning på hvordan vi ønsker at roboten skal opptre. Det kan tenkes at informasjon om hva tidspunktet er på døgnet kombinert med å bevege seg i en sykehuskorridor kan tenkes å kunne brukes som informasjon for å senke farten slik at motorene om å støyer mindre, endre til en gangart som demper steget, eller lignende for å minske det akustiske avtrykket.

I teater henspeiler den *sosiale indeksen* til betegning av klasse som virkemiddel i historiefortellingen. I organisasjoner hvor roboter er utplassert som også har et tydelig organisatorisk hierarki kan denne indeksen utnyttes. Dette kan overføres til design av atferd i roboter i situasjoner hvor uniformer er i bruk. På en fabrikk kan en uniform kanskje avsløre hvem som skal regnes som robotens samarbeidspartner, og dermed kunne tilnærmes. På sykehus vil en robot kunne basere sin oppførsel basert på frakker eller ikke frakker. Den sosiale indeksen opptrer ofte som et sammensatt tegn, hjulpet av andre elementer i omgivelsene. [94]

Til slutt er miljøindeksen (*environmental index*) indeksen som har å gjøre med den affektive og emosjonelle delen av teater. For eksempel kan både

musikk og belysning indikere triste eller lykkelige tilstander, eller indikere overgangen fra virkeligheten til en drømmeverden, uten noen språklig formidling.[94]

Å organisere indekser og kategorier

Som de enkle eksemplene over med indekser viser, kan disse variere basert på hvilken organisasjon roboten er en del. En viktig del av et arbeid forut for implementasjonen vil da være å kartlegge og begrense hvilke tegnsystemer og tegn som skal ha hvilken en effekt på robotens bevegelser.

Alle disse reglene organiseres etter et større sett - innenfor semiosfæren til regler og retningslinjer som vil utgjøre en kjerne i det jeg kaller en robo-semiosfære. Slik øver semiosfæren nødvendige begrensninger på tolkningen av tegn.

Del V

Diskusjon

Kapittel 9

Robo-semiosfæren i design av menneske-robot interaksjon

I motsetning til menneskene, hvis spesialisering er nettopp å være generalister, er robotene designet for å utføre enn viss oppgave eller inneha en bestemt rolle. Der en robot kan tenkes på som å kun tilhøre en nisje, kan vi mennesker forflytte oss fra kontekst til kontekst og tilpasse atferden vår underveis. En robot kan heller ikke forstå eller ta inn over seg omgivelsene, sortere og prioritere inntrykk og tilegne de mening på samme måte som mennesker. En robot gjør det den er programmert til å gjøre, og alle valg er på ett eller annet nivå designet av mennesket. Selv om moderne roboter er utstyrt med en viss grad av autonomi gjennom ulike former for kunstig intelligens er selv det å gi roboten denne muligheten til å velge eller prioritere også et valg vi har tatt.

Roboter kan ikke tenke, være eller erfare men likevel er det ønskelig, eller kanskje til og med forventet at roboter har en viss personlighet. For roboter uten mulighet til å formidle en slik «personlighet» i andre flere modaliteter, er dette en utfordring som kanskje kan løses med design av robotens bevegelser. Basert på prinsipper om attribusjon må bevegelsene nødvendigvis designes på en måte som vi kan tolke som atferd når konsistent atferd over tid kan tenkes å bidra til etablere en personlighet. Forfatterne Bianchini mfl. [4] ser for seg et eksperimentelt grensesnitt for implementering av denne type atferd i roboter.

Bianchin mfl. [4] argumenterer for at atferd, slik det kommer til uttrykk gjennom bevegelse, i stedet for å spesifiseres direkte, heller kan tenkes på som et resultat av forskjellige krefter (*forces*) og begrensninger (*constraints*) som påvirker bevegelsen. Disse mener de kan formaliseres som et slags landskap som uttrykker arrangementet av disse parameterne. Deres ide er derfor å lage en form for «kontekstuell kartografi» som både fanger opp i seg de interne tilstandene i roboten og konteksten tilstanden til roboten utfolder seg i.

Nivåer av begrensninger på bevegelse

For å veilede hvordan begrensningene på robotens bevegelser skal designes ser Bianchini m.fl selv for seg et hierarki med begrensninger på tre nivåer. Begrensninger på et øvre nivå vil da ha innflytelse på hvordan begrensningene på de lavere nivåene påvirker bevegelsesparameterne. Bianchini m.fl viser for eksempel at intensjonen til å gå i en bestemt retning vil avgjøre justeringen av kroppsholdning og dynamikk som kreves i bevegelsen, som en funksjon av underlaget du går på.

Det å utforme og implementere bevegelse i en roboteartifakt, foreslår de derfor å representere som utfallet av endringer av variabler på tre begrensningsnivåer, oppstrøms:

Først-ordens begrensninger beskriver hvilke bevegelser som er mulige basert på robotens fysiske struktur, deler den består av og antall frihetsgrader (DoF).

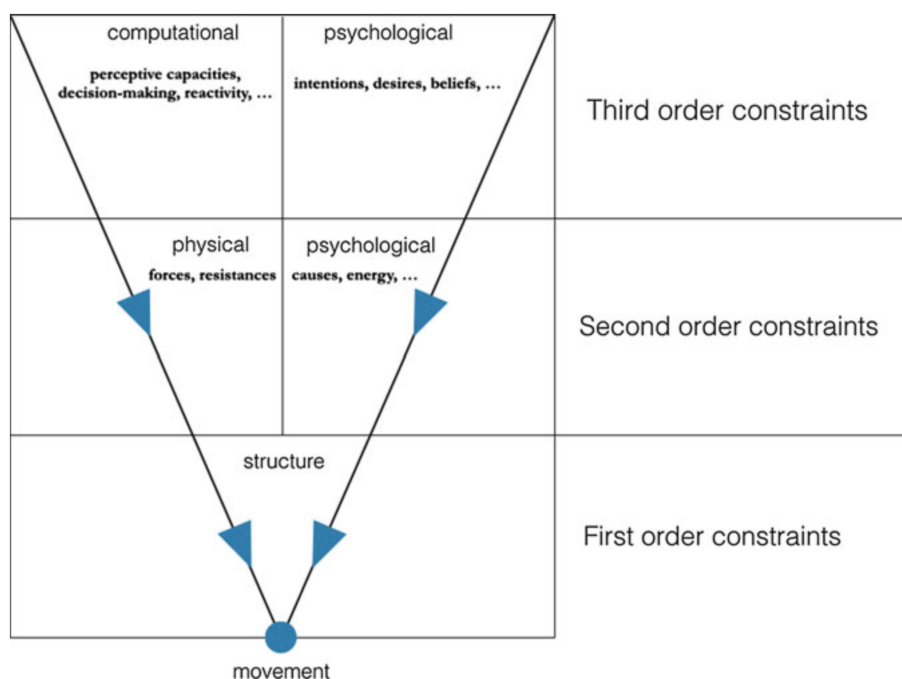
Andre-orden begrensninger har sammenheng med fysiske grenser og motstand som kan påvirke hvordan roboter utfører en bevegelse. Denne typen skal gjøre det mulig å beskrive bevegelsene som midlertidige energimessige asymmetrier i bevegelsen som løses underveis i utførelsen av den. Disse begrensningene designer som virtuelle krefter og motstandere i et internalisert landskap. Det trenger altså ikke være en del av robotens faktiske eksterne miljø, og skal bare foreslå en dynamisk organisasjon og appellerer til menneskets intuitive kjennskap til fysikk og mulighet til å tolke bevegelse. For eksempel vil en følt motstand på robotens bevegelser gi et inntrykk av treghet og i det hele tatt vanskeligheter med å bevege seg smidig. En plutselig akselerasjon og tilhørende avvik fra den opprinnelige banen med en konstant retning, vil kanskje foreslå, avhengig av muligheten til å relatere bevegelsen til et ekstremt landemerke, at roboten flykter vekk fra det, eller at en *ivrig* forsøker å nå noe.

Tredje-orden begrensninger tilsvarer de atferdsmessige kapasitetene som man ønsker at roboten skal oppfattes som å ha. Disse trenger da ikke være en del av robotens faktiske (beregningmessige) egenskaper, men hintes til gjennom gjentakende bevegelsesmønstre og måten roboter interagerer med omgivelsene på. Begrensninger knyttet til konsistente mønstre over tid vil påvirke muligheten en som ser roboten har til å identifisere mål og avgjøre hvor iherdig roboten er.

Slik jeg forstår deres forslag er at du først skal forestille deg en atferd som samsvarer med karakteristikkene du ønsker at roboten skal ha (3. orden), vurdere hvorvidt disse er mulig å oppnå disse som ulike effekter av bevegelse (2. orden), og så vurdere hvilke av disse som er mulig basert på på robotens morfologi (1. orden)

For eksempel kan du ønske deg at en robot skal oppfattes som ivrig og nysgjerrig. Dette kan oppnås ved å legge færre begrensninger på robotens bevegelser i nærheten av visse ting i miljøet og i forhold til det som ellers oppfattes av sensorene. Til slutt vil man vurdere hva som er mulig og som tillater at disse begrensningene kommer til uttrykk basert på robotens fysiske egenskaper.

Artikkelforfatterne har ikke konkretisert hvordan deres modell skal



Figur 9.1: Nivåer av begrensninger
 Bianchin mfl.[4] tre nivåer av begrensninger på en robotartefakts
 bevegelse (Figur 5 i [4])

presenteres eller hva som skal avgjøre hvilke inngangsverdier dette landskapet skal baseres på. Dette åpner opp for et overflod av mulige tolkninger.

9.1 Et landskap av krefter og begrensninger

Som jeg har vist gjennom å trekke en parallel mellom konteksten for HRI med Lotmans semiosfære, er roboter tilstedeværende i både et fysisk og et symbolsk miljø. Bianchini m.fl underspesifiserte landskap av krefter og begrensninger tenker jeg derfor på som et uttrykk for en robo-semiosfære og parametere i dette landskapet som uttrykk for tegn og tegnsystemer i denne sfæren. Det som finnes i sfæren er dermed noe den *kan* oppfatte gjennom et aggregat av sensordata og regler, og utgjør samtidig en definert mengde som skal utløse en variasjon av responser.

Et eksempel på en slik indikator, tegn eller terskelverdi kan være et naturlig tegn som røyk som tegn på ild. I en robo-semiosfære hvor dette må forstås på som enn irregulær hendelse, som for eksempel ved et sykehus, vil robotens personlighet komme til uttrykk basert på dens respons på et slikt tegn. Skal det undersøke kilden til røyken nærmere, eller trekke seg unna og varsle? Vil den virke fattet eller nølende? Dumdristig eller «heroisk»?

Et eksempel på dette fra Brannen er når Spot tiltrekkes av luken, mens

menneskene viser avsky. Her antydes Spots «personlighet» gjennom å kontrastere menneskenes respons.

Notasjonsystem for et landskap av krefter og begrensninger

Slik jeg ser for meg grensesnittet vil notasjonsystemet handle om å plassere identifikatorer i landskapet, og definere i hvilken grad roboten skal bli påvirket av disse, la oss kalle de punktene.

Dette krever at roboten har tilgang på en representasjon av organiseringen av det fysiske rommet og det semiotiske rommet.

Den romlige avgrensningen av landskapet kan tenkes på som de fysiske grensene i robotens omgivelser. Det vil si alle områder innenfor en gitt perimeter den har tillatelse (og mulighet) til å bevege seg.

De semiotiske yttergrensene i landskapet er definert av hvilke tegn og tegnsystemer roboten er programmert til å identifisere.

For Spot vil blant annet de QR-kode-liknende bildene, *egennavn* og fysiske hindringer i rommet være en del av det meningsbærende landskapet. [mjeh]

Landskapet av krefter og begrensninger kan tenkes på som et nettverk av noder med egenskaper som kan påvirke robotens akselerasjon, fart, retning og konfigurasjon. Basert på Bianchini mfl ser jeg dette for meg konseptualisert som egenskaper i underlaget, atmosfæren og krefter som kan påføres roboten fra alle retninger.

Se for deg et scenario hvor for eksempel Spot er virksom på et sykehjem. Hvis et mål er å produsere mindre støy i områder med mennesker som er ømfintlig for støy, kan dette uttrykkes med å påføre roboten en vedvarende begrensning på motorressurser, eller definere underlaget i det samme området som glatt. Motstanden vil senke farten som en konsekvens av mindre motorkraft, mens å definere underlaget som glatt vil kreve at Spot endrer til en gangart som har kortere steg som utføres sakte, og dermed sakter farten. Resultatet er det samme.

Notasjonen vil dermed bestå av symboler og funksjoner som er indirekte knyttet til bevegelse og ikke abstrakte tegn for spesifisering av kvaliteter. (Se Figur 9.5)

The missing Peirce of the puzzle - Kategorisering av nodene med semiotiske begreper

Uavhengig av hvordan dette grensesnittet kan se ut, er det helt nødvendig å designe bevegelse med to ting i minnet: 1) en bevegelse er aldri kjemisk renset for mening og 2) meningen til bevegelsen ligger i konteksten og i situasjonen.

Bianchini mfl. nivåer med begrensninger forutsetter en kjennskap til hvordan menneskene som roboten deler miljø med forholder seg til den samme konteksten. Den skal altså ikke bare oppfatte endringer i omgivelsene, men den må gjenkjenne hva endringer er og hva endringen innebærer i den lokale konteksten.

For eksempel en plutselig endring i lydbilde, som en dør som smeller igjen som omgir roboten må raskt identifiseres sjekkes opp mot de interne reglene for respons på denne endringen. Skal den «skvette» unna, eller fortsette i samme bane uten en synlig respons? Alle disse delene av en robots miljø er potensielle kilder for å kommunisere en personlighet eller justere robotens atferd gjennom bevegelse.

Ved å legge til ideen om en robo-semiosfære som et tillegg til Bianchini mfl modell, mener jeg å gjøre det tydeligere at bevegelsen ikke bare må ses i sammenheng med de umiddelbare omgivelsene, men også hvordan de formelle og uformelle reglene er synlige i konteksten den beveger seg i.

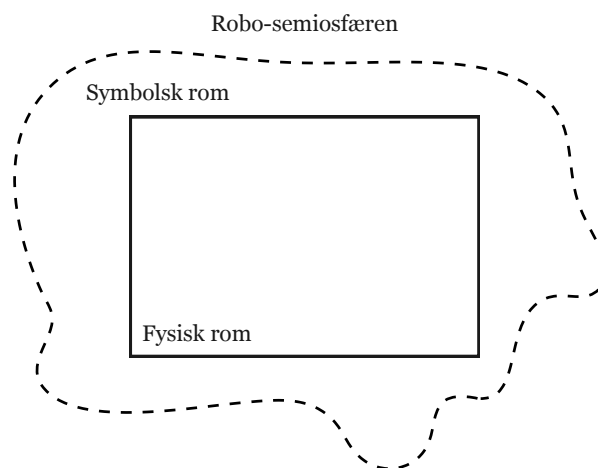
For å designe atferd for en robo-semiosfære er atferden i alle tilfeller designet for en gitt kontekst og konteksten må ordnes etter noen prinsipper som gir mening i den organisasjonen den er *embedded* i. Hvordan man innhenter disse er ikke innenfor rammene av denne oppgaven, men jeg ser for meg at det er mulig innenfor bredden av kvalitative metoder som er tilgjengelig for designere og andre.

Som jeg har vist gjennom beskrivelser av symboler, ikoner og indekser i teater kan det være nyttig som utgangspunkt å sortere dette greit ved å starte med begreper fra teatersemiotikken.

Robo-semiosfæren er summen av tegn og tegnsystemer, og teatersemiotikken kan bidra med et utgangspunkt for hvilke systemer skal man fokusere på i omgivelsene.

Blandt de 13 tegnsystemene mener jeg visuelle indekser (sosiale-, miljømessige-, spatiale- og temporale) eksemplifiserer godt hvordan man kan bruke semiotiske konsepter som veiledene for utløsermekanismer for bevegelse-responser i Biachinis landskap av krefter og begrensninger.

9.1.1 Designforslag



Figur 9.2: Robo-semiosfæren

Scenen hvor en robots bevegelser og atferd utfolder seg på er innenfor både et fysisk og symbolsk rom. Det fysiske rommet består av den håndgripelige og sanselige verden. Vegger, gulv, tak, korridorer, parkeringsplassen, andre mennesker og maskiner og så videre.

Det symbolske rommet består av organisasjonens eller kulturens regler, symboler, rutiner og hierarkier. Det kan være konkrete som skilt, vaktlister, hva rom brukes til og mer abstrakte som forskjellen mellom en avdelingsleder og leder, organisasjonens forhold til tid, energiforbruk, arbeidsmiljø, menneskers bevegelsemønstre og så videre.

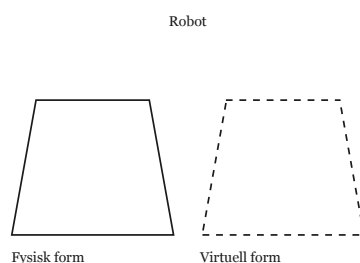
Den fysiske og metaforiske grensen utgjør hver sin type grense i robo-semiosfæren. Den fysiske grensen antas å være robotens virksomhetsområde. På et sykehus hvor roboter ikke opererer fritt, er den fysiske grensen innenfor et bestemt nettverk av korridorer eller lignende. Den metaforiske grensen til det symbolske rommet er definert av hva både roboten og mennesket kan utlede den samme meningen fra. For å gjøre det mindre abstrakt vil jeg sammenligne to ulike semiosfæren - jobb-semiosfæren og hjem-semiosfæren. I din hjem-semiosfære vil lyden av nøkler i døren kanskje bety at noen kommer hjem. Den samme lyden i jobb-semiosfæren vil bety at noen kommer på jobb.

Den metaforiske grensen i en robo-semiosfæren er summen av tegn, tegnsystemer, normer og regler som både roboten og du kan utlede, fortrinnsvis den samme, meningen fra. Det vil si at det som forstått er innenfor sfærens grense og det som ikke er mulig å oppfatte er utenfor sfærens grense. På jobben, vil tegnet «nøkkel-i-lås» aldri bety at noen kommer hjem, på andre nivåer enn metaforisk.

I Lotmans Semiosfære er gjenkjennelig atferd et uttrykk for semiosfærens kjerne. I analogi med Lotmans vil robotens atferd dermed være en del

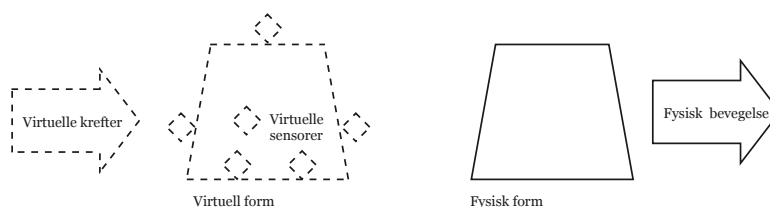
av kjernen i robo-semiosfæren.

Sammensetningen av responser på tegn innenfor denne grensen vil utgjøre personligheten.



Figur 9.3: Fysisk og virtuell form

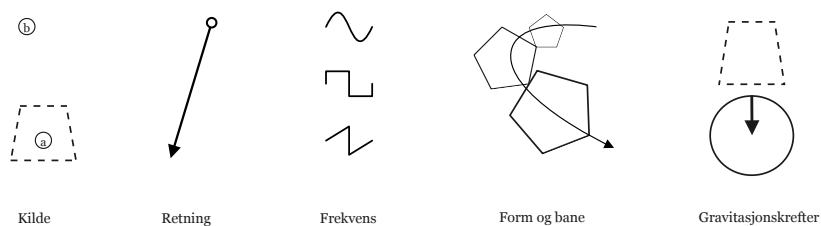
En forutsetning for at en robot skal kunne fungere i et landskap av krefter og begrensninger som går utover de fysiske begrensningene i det umiddelbare miljøet, er at den har tilgang på en virtuell representasjon av landskapet. En robot er også bundet til en fysisk form med et begrenset antall sensorer eller følsomhet for endringer i omgivelsene. En forutsetning for dette systemet vil være at roboten også har tilgang på en virtuell representasjon av sin kroppslighet med ubegrenset antall virtuelle sensorer. I dette systemet vil det være disse virtuelle sensorene som mottar signaler, men det er den fysiske kroppen til roboten som viser frem responsene



Figur 9.4: Krefter og bevegelse

Som Bianchin mfl. har tenkt seg det, skal robotens atferd være informert av krefter som virker i eller rundt roboten. I et tenkt fremtidig system vil da robotens atferd designes ved å utsette den for krefter som resulterer i bevegelser «som om» den mister balansen fordi det er glatt, eller at den setter seg ned på gulvet «som om» den gravitasjonskreftene plutselig mangedoblet seg, eller at den svært raskt beveger seg i retning av en gjenstand «som om» gjenstanden var magnetisk, eller at roboten ser ut «som om» den beveger seg under vann, eller at roboten ser ut til vokse «som om» en form ekspanderer fra innsiden av roboten og så videre.

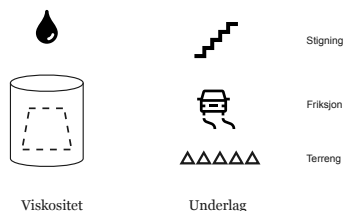
Virtuelle krefter



Figur 9.5: Krefter

I et landskap av krefter og begrensninger, må klasser av kreftene defineres, sammen med parametere for å justere dem. I figur 9.5 er eksempler på flere mulige krefter og parametere. Blant parametere man kan bør kunne stille på er hvor kilden til kraften er, hvilken retning og varighet den har, om den pulserer eller vedvarer, eller til og med «former går gjennom kroppen»[14] Kraftene vil resultere i bevegelser med gjenkjennbare *tensional*-, *areal*-, *linear*- og *projectional qualities*.

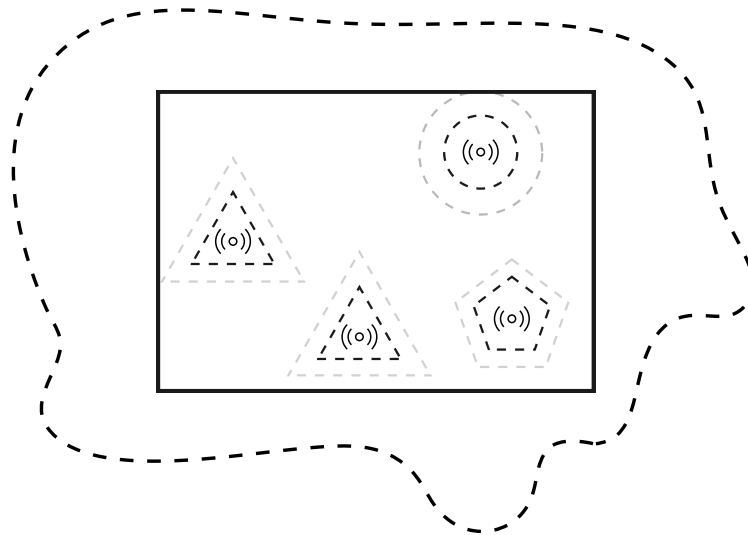
Virtuelle begrensninger



Figur 9.6: Begrensninger

Utover formelle begrensninger som antall frihetsgrader må begrensningene i landskapet også defineres med justerbare parametere. Ettersom Bianchini mfl. argumenterer for at dette systemet vil appellere til vår egen erfaring med og kunnskap om fysiske fenomener er begrensningene også foreslått som metaforer. (se figur 9.6)

Et landskap av krefter og begrensninger



Figur 9.7: Landskap av krefter og begrensninger

Hver fysiske respons i roboten som er definert av parameterne som er vist over, må knyttes til et større sett med responser som tilsammen utgjør en konsistent atferd. Disse organiseres som nevnt innenfor et fysisk og symbolsk rom og som et virtuelt landskap av krefter og bevegelser.

Inspirert av teatersemiotikken kan man i det fysiske rommet skille mellom statiske tegnbærere (representamen) som er knyttet til de fysiske omgivelsene (faste funksjoner) og dynamiske eller mobile tegnbærere (frie funksjoner). I det semiotiske rommet foreslår jeg at kategorisering av reponsene sorteres med begreper fra teatersemiotikken som auditive og visuelle ikoner, indekser og symboler.

Landskapet av krefter og begrensninger

Slik jeg har tolket Bianchini mfl. forslag er dette et grafisk grensensitt med et notasjonssystem på et høyere abstraksjonsnivå enn for eksempel Labanotasjon og Laban bevegelseanalyse. Der å la bevegelse utfolde seg som en respons på eksterne faktorer er et valgbart alternativ i Labanotasjon, er dette forutsetningen i forslaget fra Bianchini mfl. som jeg har bygget videre på.

En fordel med Bianchinis forslag er at en slipper å spesifisere hver enkelt del av roboten. I dette notasjonssystemet utsettes roboten for krefter som den ved hjelp av modellspeifikke algoritmer må løses av den roboten det gjelder. Siden en robot ikke har en faktisk forbindelse med miljøet rundt seg, kan roboten bli eksponert for disse i sitt eget «indre» landskap ved å simulere innkommende sensordata [se figur]. En robot kan da altså stå

helt stille og veltes over ende ved å la den «tro» at den må kompensere for en bratt stigning eller et plutselig trykk. Bianchini mfl. skisserer sånn sett opp en spennende retning for implementasjon av atferd i roboter, men som min korte analyse viser er dette et system på et høyere nivå av notasjon for roboter, enn Labanotasjon er for mennesker. I Labanotasjon kan et tilsvarende konsept bli representert i en kombinasjon av det som kalles vektorer [100], som er en konseptuell metode for å notere vanlige bevegelsesekvenser i ballet med enkeltsymboler, i tillegg til merker i partituret som peker på kontakt med objekter og annet utenfor kroppen (*Shape*-kategorien i LMA).

I systemet oppstår bevegelse som en konsekvens av noe annet men bevegelsene i seg selv må likevel stamme fra helt spesifikke instruksjoner for at effekten av kreftene skal kunne komme til uttrykk. Systemet skal heller ikke direkte spesifisere bevegelse, så bruken av det skiller seg også på denne måten fra Labanotasjon. Dette er ikke nødvendigvis en svakhet, det er bare litt annerledes. Som vist tidligere gjennom eksempelet fra kjemi finnes det eksempler på fenomener som noteres av, ikke ett, men mange delsystemer. Systemene fokuserer i bunn og grunn på det samme fenomenet, men noterer forskjellige sider ved det, med ulike utforming og detaljnivå. I eksempelet fra kjemi ser man at å notere molekylsammensetninger gjøres mer tilgjengelig ved å tilby forskjellige abstraksjonsnivåer for forskjellige aspekter ved fenomenet. Det samme argumentet vil jeg si gjelder for implementering av atferd i robotartefakter.

I motsetning til Labanotasjon, slik jeg har tolket forslaget fra Bianchini mfl., egner heller ikke dette systemet seg til detaljert analyse og beskrivelse av observert bevegelse på samme måte som Labanotasjon eller Laban bevegelseanalyse. Dette systemet er basert på vår intuitive forståelse av fysikk, men selv om det ikke umiddelbart kan brukes til å notere og analysere bevegelse steg-for-steg, kan det åpne opp for helt andre måter å studere vårt forhold til bevegelse.

Sånn sett er derfor modellen Bianchini mfl. foreslår, og som jeg har bygget videre på, et gyldig og nyttig bidrag, men som ikke søker å, eller påstår å kunne notere bevegelse på samme detaljnivå som Labanotasjon. Slik ideen fortøner seg for meg vil dette systemet henvende seg til design av atferd av roboter med et allerede etablert utvalg bevegelser og responser på sensordata. Dette systemet tilbyr ikke en måte å spesifisere disse bevegelse-responsene på. Som jeg introduserer over og som Bianchini m.fl også selv poengterer etter at de har presentert sitt forslag, vil man på et eller annet tidspunkt spesifisere og detaljere bevegelser. Bianchini mfl. omfattende modell underbygger derfor, kanskje ikke med viten og vilje, behovet for et lav-nivå notasjonssystem for spesifisering av robot-bevegelse.

Bianchini mfl. er ikke alene. I litteraturen er tendensen den samme. De som tar i bruk Labanotasjon eller LMA mener det er nødvendig med et eget system for roboter, tilsvarende Labanotasjon, men det er ikke gjort synlige fremskritt i den retningen. Hvorfor vil ingen gjøre det? Hva er egentlig utfordringen med det? Er det nødvendig å bygge et eget system fra grunnen og opp eller vil det være mulig å bruke Labanotasjon og LMA i en modifisert form?

Under diskuterer jeg kort Labanotasjon og LMAs egnethet til bruk for robotbevegelse.

9.2 Labanotasjon for HRI

I HCI og HRI-studier hvor forskere har fått erfaring med Labanotasjon eller Effort-Shape (LMA) er konklusjonen oftest at det a) er for komplekst til å lære seg eller b) det er *for* tett knyttet til menneskekroppen som referansesystem. Under diskuterer jeg ulike egenskaper ved Labanotasjon og LMA i forhold til egnethet som et alment system for *all* robotbevegelse.

Det er ikke gjort en grundig komparativ analyse av Labanotasjon eller LMA så dette er basert på mine erfaringer og overblikket jeg har skaffet meg gjennom arbeidet med dette prosjektet. Min erfaring tilsier at det er mer fleksibelt enn man tror. At et system basert på Labanotasjon vil være for komplekst til å lære seg, er det vanskelig å vurdere, men kanskje, slik jeg har beskriver under, kan man med enkle modifikasjoner begrense den kognitive belastningen ved å fjerne ikke relevant info fra start. Jeg vil derfor bare gå gjennom punkt b, omformulert som en påstand og svare på den.

Påstand: *Labanotasjon er reservert for roboter er med menneskeliknende morfologi.*

Ja, Labanotasjon er enklest å komme i gang med for å notere menneskelig bevegelse, og dermed også bevegelse for humanoide roboter, men ved nærmere øyesyn kan det adapteres med noen enkle grep. Labanotasjon er orientert rundt en midtlinje som deler menneskekroppen i en høyre og venstre side. For det første vil en mobil robot oftest ha en form form symmetri, fordi det er et organiserende prinsipp diktert av tyngdekraften og effektivt i forhold til evne til forflyting. I tillegg til senterlinjen består partituret av kollonner navngitt etter menneskelige kroppsdeler, men det er også en egen kolonne som kun beskriver hvilken del av kroppen som til en hver tid holder kroppen i balanse og støtter andre bevegelser. Om kroppen holdes stabil og oppreist av et bein eller en hånd spesifiseres der. Slik jeg ser det er det derfor mulig å notere roboters base i denne støttekolonnen. Slik partituret er navngitt kan det virke som om objektet man noterer *må* ha bein og armer som et menneske. For å spesifisere bevegelse på et høyere detaljnivå, for eksempel bevegelse i fingrene, legger man bare til et kolonne etter behov. Slik jeg ser det kan dermed også de *default* kolonnene for bein og armer også *fjernes* ved behov. Et grunnoppsett for et partitur i et notasjonssystem for robotbevegelse vil da bestå av en senterlinje og en støttekolonne. Hvor omfattende partituret er tilpasses robotens spesifikke morfologi.

Ortografi

Dette tar meg videre til bruk av symboler. Den største delen av Labanotasjon sin ortografi består av symboler for bevegelse. Rotasjon, retning, fokus, høyde og mange fler.

Repeat Sign	Measure Numbers	etc.
	Count Numbers	etc.
	Keys	etc.
	Front Signs	etc.
	Palm, Fingers	etc.
	Hand	etc.
	Arm	etc.
	"b" subsidiary column	etc.
	Body	etc.
	Leg Gesture	etc.
	"a" subsidiary column	etc.
	Support	etc.
	Support	etc.
	"a" subsidiary column	etc.
	Leg Gesture	etc.
	Body	etc.
	"b" subsidiary column	etc.
	Arm	etc.
	Hand	etc.
	Palm, Fingers	etc.
	Head	etc.
	Paths	etc.
	Properties	etc.
		Repeat Sign

Figur 9.8: Labanotasjon partitur

Alle disse symbolene er ikke knyttet til en antropomorfe form, men leses likevel av med på en måte hvor begrensninger i menneskets anatomi er forstått. Leddene kan ikke bøyes mer en til et visst punkt, om hodet skal ende i en gitt posisjon så *må* forflytningen være relativ til overkroppen og så videre.

Kroppsdelene som er spesifikke menneskekroppen har også egne symboler, slik det er vist i 9.9. Hofter, øvre og nedre torso, knær, skuldre og så videre. Disse symbolene kan enkelt brukes videre i antro- og zoomorfe robot-former og nye symboler må lages for deler som typisk beltedrevne, rullende flyvende,. I tillegg til knær må alle de vanligste leddene inkludert maskin-spesifikke evner som hydralisk forlengelse og liknende representeres med et symbol. Det viktigste er at symbolene pares opp med et referansesystem slik som i figur 9.9.

Symboler og deler må også navngis på en måte som skiller det fra et menneske. Et tyngdepunkt kan heller beskrives som *Center of mass*, i stede for hender er det naturlig å kalle det for *gripper* og så videre.

For å designe med en robot etter eget ønske, må dermed også dens evne til bevegelse og frihetsgrader være kjent på et tidspunkt. Siden posisjoner, hastighet og lignende er definert ut ifra hva som er raskere eller tregere enn det som er normal, vil man være kjent med dette. Sakte for en robot som opererer sakte vil dermed enda saktere en det du kanskje selv ville referert til som sakte basert på din egen kropp.

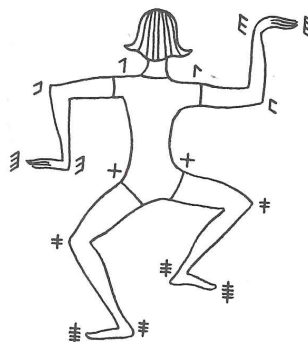
Men prinsippet er at enkle bevegelser skal kunne beskrives enkelt. Det er mulig fordi, som mennesker er mange av våre grunnleggende bevegelser forstått, og trenger ikke forklaring. Det fordrer derfor at en del av man må bli kjent med robotens evne til bevegelse for å mentalt fylle ut den informasjonen som ellers går tapt på et høyere abstraksjonsnivå.

Førstepersonperspektivet i Labanotasjon

Labanotasjon er derimot knyttet til vår opplevelse av verden gjennom bevegelse og hvordan vi kjenner vårt egen kropp. Når man leser av et

+	Single hip
⋈	Knee (thigh)
⋈	Ankle (lower leg)
⋈	Foot
↑↑	Shoulder
↵↵	Elbow (upper arm)*
↵↵	Wrist (lower arm)*
↵↵	Hand*

317



Figur 9.9: Symboler for kroppsdelar
[47, s. 317]

partitur og utfører instruksjonene for hver bevegelse-handling, innser man at hvert segment starter der den forrige sluttet. At notasjonsystemet er basert på relative posisjoner fra et førstepersonperspektiv er praktisk med tanke på at det er mennesker som skal utføre bevegelsen. Labanotasjon kan så klart også leses uten å utføre koreografien. Vi gjenkjenner bevegelsene i partituret basert på vår egen erfaringer med bevegelse, så vi kan, basert på vårt kinetiske minne også fremkalle en følelse av hvordan bevegelsen er ved å lese det.

Det er viktig å merke seg at elementer i partituret viser hvor hver kroppsdel skal «lande». Kjennskap til vår egen kropps begrensninger tillater som nevnt nettopp denne underspesifiseringen av baner mellom stoppe-punktene. For å vite hvor i rommet, og hvordan en bevegelse arter seg, er man egentlig nødt til å huske de foregående stegene i partituret. Dette er også et av ankepunktene i et abstrakt notasjonsystem som Labanotasjon, spesielt i formidling av bevegelse «på papir» og i to dimensjoner.

I et fremtidig notasjonsystem kan det tenkes at å inkludere et nivå hvor robotens tilstander vises frem i 3D, som stillbiler i en sekvens, lignende Sutton systemet (se figur [4.1] og at overgangene mellom dem noteres i større detalj. Ettersom menneskets evne til å forestille seg og «fylle ut» detaljene som mangler [33] kan dette også være en retning å se næyere på for hurtig notasjon.

Å beregne en bane basert på et bestemt sluttresultat er også etablert i robotikken med teknikker som *inverse-kinematics*. Dette er en velbrukt teknikk hvor roboten beregner bevegelse «bakover» fra en ønsket posisjon. Roboten har derimot ikke et førstepersonperspektiv og det vil derfor være mulig å argumentere for å forkaste Labanotasjon, kun basert på dette punktet.

Laban bevegelseanalyse

Laban bevegelseanalyse er som vist tidligere allerede anvendelig og anvendt i HCI og HRI. I Laban bevegelseanalyse er kroppen abstrahert vekk og notasjonen beskriver kun kvalitetene i bevegelse. Om man ser på dette systemet isolert sett tilbyr dette en systematisk tilnærming til det å designe med bevegelse og krever minimalt med bearbeidelse for å tilpasses roboter. Som mange har formulert før meg, virker Rudolf Labans *Effort-Shape*, eller Laban bevegelseanalyse lovende for videre utvikling innen HRI.

Robo-semiosfæren som beskrivelse av kontekst

I denne oppgaven bruker jeg et avgrenset område i filosofien for å hjelpe min forståelse av et avgrenset område i interaksjonsdesign: menneske-robot interaksjon.

Dersom man forstår interaksjon mellom mennesker som lesing av og produksjon av tegn innenfor en delt semiosfære bidrar dette først og fremst til en bevisstgjøring av hvilke forutsetninger som er tilstede for velykket interaksjonsdesign, i henhold til semiotikken. Det bidrar til en bevisstgjøring av hva vi omgir oss med av tegn og tegnsystemer og assymetrien som finnes mellom roboten og mennesket.

Det er også viktig å poengtere at dette er en modell, og ikke et foreslått rammeverk *per se*. Ideen om en semiosfære som en romlig model for hvordan mening etablerer seg mener jeg kan hjelpe designere med å vurdere nye kontekster hvor roboter vil ha en naturlig rolle som interaksjonspartner på ulike nivåer. Ved å behandle robotens kontekst som en sfære av tegn skaper det en bevissthet rundt hva som utgjør kjernen av denne spesifikke sfæren, hva som er gjeldene for konteksten den skal operere i. Som forklart tidligere er for eksempel normer i sentrum av en stabil kjerne, og atferd et uttrykk for denne.

Det finnes mange metoder for å studere kontekst og kartlegge verdier knyttet til informasjonssystemer. Å beskrive kontekst som en semiosfære er heller ikke den eneste måten å gjøre det innenfor semiotikken. Man kan også bruke klassisk semiotikk for å studere normer empirisk. Stamper mfl. [101] viser dette ved å forene tegn og normer i organisasjonsanalyse og informasjonssystemdesign. Stamper mfl. [101] beskriver sammenhengen ved å forklare at

et tegn er alt som står for noe annet for et eller annet fellesskap. En norm er da en generalisert disposisjon til verden som deles av medlemmer av et fellesskap. Når dens betingelse er oppfylt, genererer en norm en proposisjonell holdning som kan, men ikke nødvendigvis vil, påvirke subjektets atferd. Normer gjenspeiler regelmessigheter (Thirdness) i oppførselen til medlemmer i en organisasjon, slik at de kan koordinere sine handlinger. Organisert atferd er normstyrt atferd. Normer etableres gjennom tegn og tegn utløser normene som fører til at flere tegn produseres. [101, s. 15]

Som jeg har vist i eksemplene fra teaterstykket *Brannen*, aktiveres og realiseres meningen til en spesifikk atferd i en gitt situasjon av egenskaper i robotens kontekst. Innenfor en robo-semiosfære foreslår jeg også å vurdere nytten av å beskrive kontekstuelle egenskaper som bærer en form for mening som er relevant for tolkningen av bevegelsen som finner sted med begreper fra teatersemiotikken.

Hornbaek [102] beskriver interaksjon som å omhandle to entiteter som sammen avgjør hverandres atferd over tid. [102, s. 11] Basert på min forståelse av Dourish [74] minner dette også vagt om måten han argumenterer for at en kontekst må sees i sammenheng med handlingene som utføres i den og at konteksten *skapes* gjennom handling. I Lotmans semiosfære er det «effektene» av dette han forsøker å beskrive. En kontekst, eller semiosfære er alltid i bevegelse og hva som til en hver tid utgjør de stabile egenskapene er i konstant forhandling med nye ideer i periferien. Dette utgjør til en viss grad det som er udefinerbart i et notasjonssystem for robotbevegelse.

Semiotikk-perspektivet i HRI

I HCI er det en naturlig kobling mellom visuelle komponenter på en skjerm og Peirce tegn-teori. Peirce tegn-tride gir en visuell designer et ordforråd for å snakke om visuelle elementer, spesielt om de elementene som også i dagligtalen kalles ikoner og symboler. Fra en visuell designers ståsted er det så klart nyttig å kunne vurdere og sortere grafiske ikoner og symboler basert på Peirce ikoner, indekser og symboler. Ser man forbi det grafiske, og på de relasjonelle forholdene som avgjør hvilken kategori hvert element tilhører, ser man, som jeg har vist at de ikke bare er nyttige for å designe eller analysere brukervennlige grensesnitt.

Peirce sine teorier viser seg å være spesielt nyttig og gjenoppdages og tas i bruk i stadig nye studier. I skrivende stund er det Camargo og Gudwin [103] som har det seneste bidraget. I sitt innlegg [103] argumenterer de for at Peirce tegn-teori vil være til støtte for å konstruere programvare utstyrt med kunstig intelligens som kan håndtere oppgaver i den virkelige verden. Semiotikk opptar en naturlig plass innenfor det symbolbasert kunstig intelligens fordi semiotikk omfatter hovedfunksjonene knyttet til kunnskap, nemlig tilegnelse, representasjon, tolkning, transformasjon og manipulasjon.[101] Semiotikk er derfor et et naturlig rammeverk for å søke etter nye metoder for å modellere menneske-robot interaksjon. I litteratursøk innen HRI nevnes semiotikk oftere i sammenheng med utvikling for å støtte modeller for kognisjon i kunstig intelligens enn i sammenheng med designrelaterte problemstillinger. I HRI er Peirce perspektiver og tegn-teori referert til i utallige studier innen kunstig intelligens, men svært få tar det i bruk som et verktøy for å fasilitere en designprosess fra en designers perspektiv (som designer for KI). Uexkülls biosemiotikk har også blitt brukt i utstrakt grad for å beskrive hvordan man kan tenke seg at robotens verden ser ut. Gjennom Uexküll konseptualiseres roboteens kunnskap om verden som en parallell til Umwelt-teorien. Av teorier fra semiotikken er det vel denne som har tilført mest til området

utover den symbolbasert kunstig intelligens.

Som jeg har vist ligger det også et potensiale i Lotmans postmoderne semiotikk som en modell for å avgrense en kontekst i menneske-robot interaksjon. Hvis kunstig intelligens tenkes på som anvendt semiotikk [104], vil verktøy som robo-semiosfæren eller designorienterte konsepter være gunstige for å fasilitere designprosessen når man, i HRI i bunn og grunn designer for kunstig intelligens.

I denne oppgaven har jeg berørt konsepter tilhørende flere epoker i semiotikken. Peirce tilhører den klassiske semiotikken, Uexküll den moderne og Lotman den postmoderne semiotikken. Helt generelt skal man innen forskning være forsiktig med å blande klassiske og postmoderne vitenskapsteorier, men i dette tilfellet anser jeg det som både hensiktsmessig og ufarlig å la seg inspirere også av denne teorien. Peirce tilbyr å kategorisere opplevelser som ulike uttrykk for de abstrakte kategoriene Firstness, Secondness og Thirdness, mens Jurij Lotman tilbyr en romlig, og for meg mer forståelig metafor for hvordan tegnsystemene rundt oss er organisert. Der Peirce kan bidra til klassifisere forskjellige type tegn, tilbyr han ikke en romlig forklaringsmodell på hvordan vi mennesker blir enige om meningen bak tegn.

Robot-bevegelse

I denne oppgaven har jeg jobbet mot å et bidrag til et omfattende arbeid med å lage et notasjonsystem for bevegelse. Rasjonale for dette systemet, i tråd med annen forskning innen HRI, er i hovedsak å spesifisere hvilke type bevegelser vi mennesker oppfatter som å formidle større eller mindre grad av tillit, personlighet, stil, intensjoner og så videre. Robotikk har ikke en naturlig plass i denne oppgaven, men i samtaler med kunstneriske- og teknisk ansvarlige for teaterstykket Brannen, ble det stilt spørsmål tegn rundt hvorvidt dette bidraget for eksempel ville bidra til en *umenneskeligjoring* av pasienter på sykehus utstyrt med roboter. Jeg kan umulig svare på dette, men ettersom dette var et tema for mine informanter ser jeg det som naturlig å berøre dette temaet kort.

Er det riktig å la robotene få menneskeliknende atferd? Hvorfor kan ikke robotene bare være mekaniske og «robot-aktige»? Og bør ikke mellommenneskelige kvaliteter opprettholdes av mennesker?

Spørsmålene fremhever en to-sidighet i studier på menneske-robot interaksjon. På den ene siden ønsker vi at interaksjonen skal foregå på en så «naturlig» måte som mulig, men på den andre siden ønsker man heller ikke å bedra noen.

Jim Tørresen her ved UiO refererer i sin omtale av etikk i robotikk og kunstig intelligens til prinsipper som er fremmet av *Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC)* i England. [105] som jeg mener belyser dilemmaet i HRI.

Forslaget han referer til er å regulere roboter med et sett prinsipper, som går utover forfatteren Isaac Asimovs tre prinsipper og jeg legger spesielt merke til forslag til prinsipp nummer fire:

«4.) Robots are manufactured artifacts. They should not be designed in a deceptive way to exploit vulnerable users; instead their machine nature should be transparent.» Principles of robots (EPSRC) sitert i [105, s. 7]

Dette prinsippet virker tilsynelatende til formulere det motsatte av hva mange mener et mål for HRI er. En generell innstilling jeg mener kan utledes av flere studier innen dette fagfeltet er nettopp ønsket om å bygge bro over *the uncanny valley*.

Et ønske kan for eksempel være å gi et inntrykk av at roboten har en form for emosjonell intelligens. Brukt på en tilfredstillende måte kan dette lede til forbedret kommunikasjon og bedre menneske-robot interaksjon. Men, dersom uttrykkene ikke dynamisk endres og kun opererer med stereotypiske mønster, rapporterer brukerne skuffelse og føler seg bedratt når de gjenkjenner mønstre. Venture og Kulić [3] antar derfor at atferd som ikke passer konteksten fører til tap av tillit og engasjement i interaksjonen.[3, s. 12]

Dette dilemma og andre som kan minne om det kan man forestille seg ble heftig debattert i utformingen av prinsippene.

For de som utformet prinsippene rapporterer at det var det vanskelig å bli enig om en formulering. Robot-etikeren Johanna Bryson var tilstede og forteller om prosessen at:

Dette var den vanskeligste regelen å bli enige om en formulering for. Tanken er at alle som eier en robot skal vite at den ikke er «levende» eller «liver», men å gi et (feilaktig) inntrykk av liv og følelsesmessig engasjement er nettopp målet for mange terapi eller leketøysroboter. Vi bestemte at så lenge den ansvarlige personen som kjøper en robot har, til og med indirekte (f.eks. Internett-dokumentasjon), tilgang til informasjon om hvordan «sinnet» fungerer, som ville gi en informert nok befolkning til å forhindre at folk blir utnyttet.[106, s. 3]

Det Bryson fremhever i sin argumentasjon er knyttet til informasjon om hvordan roboten *virker*.

En måte å se dette på er at et en systematisk tilnærming til bevegelse i roboter gir et bedre grunnlag for å designe bevegelse som kan tydeliggjøre hva roboten foretar seg. Godt designede bevegelser kan dermed gi en klarhet i interaksjonen og bevegelser som viser hva roboten oppfatter eller gjør gir mindre tvetydighet i bruk.

Vi tolker bevegelse basert på våre erfaringer i en verden av bevegelse, og våre referanser til mening i bevegelse kommer fra vår egen erfaring med nettopp bevegelse. Å gjøre bevegelser smidigere eller til og med kontekst-avhengige vil gjøre robotens intensjoner eller planer tydeligere for mennesker i omgivelsene den opererer i.

Dette svarer ikke på spørsmålet jeg fikk, men er beskrivende for komplekse svar fort kan bli om alle perspektiver skal få plass i beregningen.

9.3 Oppsummering og konklusjon

I denne oppgaven har jeg tatt vist at bevegelse er et fenomen som kan formidle mening og kontekstuell informasjon. At bevegelse i roboter også kan være meningsbærere og kommunikative grunnfestes med begreper fra semiotikk. At roboters bevegelse kan være uttrykksfulle, er alene et godt nok argument for at bevegelse bør tilgjengeliggjøres for designere av menneske-robot interaksjon som et designmateriale. En av flere måter å gjøre bevegelse tilgjengelig for å designere er å representere det i et notasjonsystem. I denne oppgaven har jeg tatt utgangspunkt og bygget på den mest utviklede modellen for et slikt notasjonsystem for implementasjon av atferd gjennom bevegelse i robotartefakter. Denne modellen er basert på å manipulere bevegelse indirekte basert på vår egen forståelse av fysikk, fremfor spesifisering av bevegelse. For å organisere atferden har jeg foreslått å se på robo-semiosfæren si et organiserende prinsipp og at robotens omgivelser kan klassifiseres etter kategorier fra teatersemiotikken. På denne måten avgrensner og definerer robo-semiosfæren robotens og menneskets relasjonelle kontekst.

For å vise hvordan tolkning av robotbevegelse er knyttet til kontekst og omgivelser viste jeg hvordan de samme bevegelsene kan ha ulike mening etterhvert som omgivelsene endrer seg med et eksempel av en robot med et begrenset bevegelsesuttrykk i et teaterstykke.

For å veilede fremdriften i begynnelsen av dette prosjektet stilte jeg spørsmålet: *Hvordan kan bevegelsens mening representeres i et system for design av robot-bevegelse?*

Underveis i oppgaven har stadig nye komplekse problemstillinger dukket opp og forskningsspørsmålet har utviklet seg med oppgaven. Spørsmålet jeg har forsøkt å besvare er:

Hva er (u)definerbart i et notasjonsystem for bevegelse, når bevegelse regnes som designmateriale, og kontekst og tolkning av den er essensielle egenskaper i dette materialet?

Objekters forflytning i forhold til et referansesystem er kvantifiserbart mulig å representere og det finnes også et ordforråd for og systematiske beskrivelser av bevegelsenes kvalitative aspekter. På det laveste nivået, som ikke er bundet av tid eller sted, er dette de egenskapene som er mulig å bruke til spesifisering og analyse av bevegelse i seg selv. Dette er de definerbare egenskapene. For å spesifisere egenskaper utover dette, som en bevegelses mening, må konteksten tas i betraktning. Siden mening er flyktig, danner det seg naturlig skille her for hva som kan inkluderes i ett og samme system. Dette skillet informerte også Bianchini mfl. modell og taler også for å vurdere notasjonssystemer for robotbevegelse på flere abstraksjonsnivåer. Som jeg har vist, finnes det et potensiale i å inkludere prinsipper fra semiotikken i beskrivelsen av en slik abstraksjon og med det peke på det som til en viss grad utgjør det udefinerbare i et notasjonssystem for robotbevegelse.

Avsluttende refleksjoner

Modellen som presenteres i denne masteroppgaven har ikke blitt til som et resultat av en prosess hvor det å kartlegge behov hos eller med brukere av teknologi har blitt prioritert. Det er først og fremst et resultat en kontinuerlig utforskende prosess hvor kunnskapen kommer til syne som et puslespill fra teoretiske bidrag i litteraturen. Resultatet er ikke en selvstendig teori og designforslaget teller heller ikke som en løsning for et spesifikt problem, men befinner seg på et mellomnivå mellom et implementerbart system og en teoretisk modell.

Jeg bruker 1800-talls filosofi til å forankre en konseptuell modell som kan brukes i HRI-fagfeltet og som Dourish [74] ville sagt det om det var hans kreasjon: «*Robo-semiosfæren* er ikke en teknologi eller et sett med regler. Det er et perspektiv på forholdet mellom mennesker og systemer. Spørsmålene om hvordan det bør utvikles, utforskes og instansieres forblir åpne forskningsproblemer.» Omskrevet fra [74, s. 192]

Jeg har fått ny erfaring med å arbeide konseptuelt og teoretisk med et tema så langt jeg har maktet. Gjennom det å engasjere seg i teoretisk abstraksjon har jeg fått erfare «teori som noe man gjør». [107]

Bibliografi

- [1] A. LaViers, C. Cuan, M. Heimerdinger mfl., «Choreographic and Somatic Approaches for the Development of Expressive Robotic Systems,» *Arts*, årg. 7, nr. 2, s. 11, 23. mar. 2018, ISSN: 2076-0752. DOI: 10.3390/arts7020011. arXiv: 1712.08195. adresse: <http://arxiv.org/abs/1712.08195> (sjekket 08.05.2022).
- [2] K. Dautenhahn, «Methodology & themes of human-robot interaction: A growing research field,» *International Journal of Advanced Robotic Systems*, årg. 4, nr. 1, s. 15, 1. mar. 2007, ISSN: 1729-8814, 1729-8814. DOI: 10.5772/5702. adresse: <http://journals.sagepub.com/doi/10.5772/5702> (sjekket 21.12.2021).
- [3] G. Venture og D. Kulić, «Robot expressive motions: A survey of generation and evaluation methods,» *ACM Transactions on Human-Robot Interaction*, årg. 8, nr. 4, s. 1–17, 17. des. 2019, ISSN: 2573-9522. DOI: 10.1145/3344286. adresse: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3344286> (sjekket 04.01.2022).
- [4] S. Bianchini, F. Levillain, A. Menicacci, E. Quinz og E. Zibetti, «Towards Behavioral Objects: A Twofold Approach for a System of Notation to Design and Implement Behaviors in Non-anthropomorphic Robotic Artifacts,» i *Dance Notations and Robot Motion*, J.-P. Laumond og N. Abe, red., bd. 111, Series Title: Springer Tracts in Advanced Robotics, Cham: Springer International Publishing, 2016, s. 1–24, ISBN: 978-3-319-25737-2 978-3-319-25739-6. DOI: 10.1007/978-3-319-25739-6_1. adresse: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-25739-6_1 (sjekket 10.02.2022).
- [5] E. Stolterman og M. Wiberg, «Concept-driven interaction design research,» *Human-Computer Interaction*, årg. 25, nr. 2, s. 95–118, 28. mai 2010, ISSN: 0737-0024, 1532-7051. DOI: 10.1080/07370020903586696. adresse: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07370020903586696> (sjekket 24.05.2022).
- [6] T. Schulz, J. Torresen og J. Herstad, «Animation techniques in human-robot interaction user studies: A systematic literature review,» *ACM Transactions on Human-Robot Interaction*, årg. 8, nr. 2, s. 1–22, 30. jun. 2019, ISSN: 2573-9522. DOI: 10.1145/3317325. adresse: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3317325> (sjekket 07.05.2022).

- [7] M. A. Goodrich og A. C. Schultz, «Human-robot interaction: A survey,» *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, årg. 1, nr. 3, s. 203–275, 2007, ISSN: 1551-3955, 1551-3963. DOI: 10.1561/1100000005. adresse: <http://www.nowpublishers.com/article/Details/HCI-005> (sjekket 04.05.2022).
- [8] H. Yanco og J. Drury, «Classifying human-robot interaction: an updated taxonomy,» i *2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (IEEE Cat. No.04CH37583)*, bd. 3, The Hague, Netherlands: IEEE, 2004, s. 2841–2846, ISBN: 978-0-7803-8567-2. DOI: 10.1109/ICSMC.2004.1400763. adresse: <http://ieeexplore.ieee.org/document/1400763/> (sjekket 04.05.2022).
- [9] K. Baraka, P. Alves-Oliveira og T. Ribeiro, «An extended framework for characterizing social robots,» 2019, Publisher: arXiv Version Number: 1. DOI: 10.48550/ARXIV.1907.09873. adresse: <https://arxiv.org/abs/1907.09873> (sjekket 04.05.2022).
- [10] H. Samani, E. Saadatian, N. Pang mfl., «Cultural robotics: The culture of robotics and robotics in culture,» *International Journal of Advanced Robotic Systems*, årg. 10, nr. 12, s. 400, 1. des. 2013, ISSN: 1729-8814, 1729-8814. DOI: 10.5772/57260. adresse: <http://journals.sagepub.com/doi/10.5772/57260> (sjekket 09.03.2022).
- [11] F. Levillain og E. Zibetti, «Behavioral Objects: The Rise of the Evocative Machines,» *Journal of Human-Robot Interaction*, årg. 6, nr. 1, s. 4, 20. jan. 2017, ISSN: 2163-0364. DOI: 10.5898/JHRI.6.1.Levillain. adresse: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=3109974> (sjekket 29.03.2022).
- [12] H. Erel, G. Hoffman og O. Zuckerman, *Interpreting non anthropomorphic robots social gestures*. 2. mar. 2018.
- [13] Elizabeth Cha, Yunkyung Kim, Terrence Fong og Maja J. Mataric, *A Survey of Nonverbal Signaling Methods for Non-Humanoid Robots*. now, 2018, 1 s. adresse: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8311407>.
- [14] M. Sheets-Johnstone, «Embodied minds or mindful bodies? a question of fundamental, inherently inter-related aspects of animation,» *Subjectivity*, årg. 4, nr. 4, s. 451–466, des. 2011, ISSN: 1755-6341, 1755-635X. DOI: 10.1057/sub.2011.21. adresse: <http://link.springer.com/10.1057/sub.2011.21> (sjekket 29.03.2022).
- [15] —, «From movement to dance,» *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, årg. 11, nr. 1, s. 39–57, mar. 2012, ISSN: 1568-7759, 1572-8676. DOI: 10.1007/s11097-011-9200-8. adresse: <http://link.springer.com/10.1007/s11097-011-9200-8> (sjekket 28.01.2022).
- [16] —, «Body and movement: Basic dynamic principles,» i *Handbook of Phenomenology and Cognitive Science*, D. Schmicking og S. Gallagher, red., Dordrecht: Springer Netherlands, 2010, s. 217–234, ISBN: 978-90-481-2645-3 978-90-481-2646-0. DOI: 10.1007/978-90-481-2646-0_12. adresse: http://link.springer.com/10.1007/978-90-481-2646-0_12 (sjekket 27.01.2022).

- [17] T. Sebeok, *Perspectives in Zoosemiotics*, ser. Janua linguarum : studia memoriae Nicolai van Wijk dedicata. Series Minor. Mouton, 1972, bd. 122.
- [18] G. Hoffman og W. Ju, «Designing Robots With Movement in Mind,» *Journal of Human-Robot Interaction*, årg. 3, nr. 1, s. 89, 1. mar. 2014, ISSN: 2163-0364. DOI: 10.5898/JHRI.3.1.Hoffman. adresse: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=3109827> (sjekket 03.01.2022).
- [19] L. A. Hansen og A. Morrison, «Materializing Movement—Designing for Movement-based Digital Interaction,» *International Journal of Design*, årg. 8, nr. 1, s. 29–42, 30. apr. 2014. adresse: <http://www.ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/viewFile/1245/599>.
- [20] H. Lausberg, red., *Understanding body movement: a guide to empirical research on nonverbal behaviour: with an introduction to the NEUROGES coding system*, Frankfurt am Main ; New York: PL Academic Research, 2013, 343 s., ISBN: 978-3-631-58249-7.
- [21] B. F. Malle, *How the mind explains behavior: folk explanations, meaning, and social interaction*. Place of publication not identified: publisher not identified, 2004, OCLC: 956664462, ISBN: 978-0-262-27893-5. adresse: <http://cognet.mit.edu/book/how-mind-explains-behavior> (sjekket 05.05.2022).
- [22] A. Borst og T. Euler, «Seeing things in motion: Models, circuits, and mechanisms,» *Neuron*, årg. 71, nr. 6, s. 974–994, sep. 2011, ISSN: 08966273. DOI: 10.1016/j.neuron.2011.08.031. adresse: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0896627311007860> (sjekket 15.05.2021).
- [23] P. D. Tremoulet og J. Feldman, «Perception of animacy from the motion of a single object,» *Perception*, årg. 29, nr. 8, s. 943–951, aug. 2000, ISSN: 0301-0066, 1468-4233. DOI: 10.1068/p3101. adresse: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1068/p3101> (sjekket 29.03.2022).
- [24] B. R. Duffy, «Anthropomorphism and the social robot,» *Robotics and Autonomous Systems*, årg. 42, nr. 3, s. 177–190, mar. 2003, ISSN: 09218890. DOI: 10.1016/S0921-8890(02)00374-3. adresse: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921889002003743> (sjekket 05.05.2022).
- [25] K. E. Holekamp, «Questioning the social intelligence hypothesis,» *Trends in Cognitive Sciences*, årg. 11, nr. 2, s. 65–69, feb. 2007, ISSN: 13646613. DOI: 10.1016/j.tics.2006.11.003. adresse: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364661306003263> (sjekket 22.12.2021).
- [26] B. Reeves og C. I. Nass, *The media equation: how people treat computers, television, and new media like real people and places*, 1. paperback ed., [reprint.] Stanford, Calif: CSLI Publ, 1996, 305 s., ISBN: 978-1-57586-053-4.

- [27] J. Seibt, C. Vestergaard og M. F. Damholdt, «Sociomorphing, Not Anthropomorphizing: Towards a Typology of Experienced Sociality,» i *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, M. Nørskov, J. Seibt og O. S. Quick, red., IOS Press, 15. des. 2020, ISBN: 978-1-64368-154-2 978-1-64368-155-9. DOI: 10.3233/FAIA200900. adresse: <http://ebooks.iospress.nl/doi/10.3233/FAIA200900> (sjekket 04.02.2022).
- [28] A. Dragan, R. Holladay og S. Srinivasa, «Deceptive robot motion: Synthesis, analysis and experiments,» *Autonomous Robots*, årg. 39, nr. 3, s. 331–345, okt. 2015, ISSN: 0929-5593, 1573-7527. DOI: 10.1007/s10514-015-9458-8. adresse: <http://link.springer.com/10.1007/s10514-015-9458-8> (sjekket 19.05.2022).
- [29] C. M. Carpinella, A. B. Wyman, M. A. Perez og S. J. Stroessner, «The robotic social attributes scale (RoSAS): Development and validation,» i *Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, Vienna Austria: ACM, 6. mar. 2017, s. 254–262, ISBN: 978-1-4503-4336-7. DOI: 10.1145/2909824.3020208. adresse: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2909824.3020208> (sjekket 05.01.2022).
- [30] E. Short, J. Hart, M. Vu og B. Scassellati, «No fair!! An interaction with a cheating robot,» i *2010 5th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, Osaka, Japan: IEEE, mar. 2010, s. 219–226, ISBN: 978-1-4244-4892-0 978-1-4244-4893-7. DOI: 10.1109/HRI.2010.5453193. adresse: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5453193/> (sjekket 19.05.2022).
- [31] S. Saunderson og G. Nejat, «How robots influence humans: A survey of nonverbal communication in social human–robot interaction,» *International Journal of Social Robotics*, årg. 11, nr. 4, s. 575–608, aug. 2019, ISSN: 1875-4791, 1875-4805. DOI: 10.1007/s12369-019-00523-0. adresse: <http://link.springer.com/10.1007/s12369-019-00523-0> (sjekket 29.03.2022).
- [32] B. Winter, *Sensory linguistics: language, perception and metaphor*, ser. Converging evidence in language and communication research (CELCR) volume 20. Amsterdam ; Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 2019, 289 s., ISBN: 978-90-272-0310-6.
- [33] I. Mani og J. Pustejovsky, *Interpreting MotionGrounded Representations for Spatial Language*. Oxford University Press, 9. feb. 2012, ISBN: 978-0-19-960124-0. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780199601240.001.0001. adresse: <https://oxford.universitypressscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780199601240.001.0001/acprof-9780199601240> (sjekket 09.05.2022).
- [34] A. Herskovits, «Language, spatial cognition, and vision,» i *Spatial and Temporal Reasoning*, O. Stock, red., Dordrecht: Springer Netherlands, 1997, s. 155–202, ISBN: 978-0-7923-4716-3 978-0-585-28322-7. DOI: 10.1007/978-0-585-28322-7_6. adresse: http://link.springer.com/10.1007/978-0-585-28322-7_6 (sjekket 09.05.2022).

- [35] A. J. Bremner, D. J. Lewkowicz og C. Spence, «The multisensory approach to development,» i *Multisensory Development*, A. J. Bremner, D. J. Lewkowicz og C. Spence, red., Oxford University Press, 21. jun. 2012, s. 1–26, ISBN: 978-0-19-958605-9. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780199586059.003.0001. adresse: <https://oxford.universitypressscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780199586059.001.0001/acprof-9780199586059-chapter-001> (sjekket 24.04.2021).
- [36] C. C. Pack og S. J. Bensmaia, «Seeing and feeling motion: Canonical computations in vision and touch,» *PLOS Biology*, årg. 13, nr. 9, e1002271, 29. sep. 2015, ISSN: 1545-7885. DOI: 10.1371/journal.pbio.1002271. adresse: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pbio.1002271> (sjekket 09.05.2022).
- [37] A. Hauge, *kinestetisk sans*, i *Store medisinske leksikon*, 29. apr. 2020. adresse: http://sml.snl.no/kinestetisk_sans (sjekket 18.04.2022).
- [38] M. Tye, «Qualia,» i *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, E. N. Zalta, red., Winter 2021 Edition, 2021. adresse: <https://plato.stanford.edu/archives/fall2021/entries/qualia/>.
- [39] M. Sheets-Johnstone, «On Movement and Objects in Motion: The Phenomenology of the Visible in Dance,» *Journal of Aesthetic Education*, årg. 13, nr. 2, s. 33, apr. 1979, ISSN: 00218510. DOI: 10.2307/3331927. adresse: <https://www.jstor.org/stable/3331927?origin=crossref> (sjekket 27.01.2022).
- [40] L. Suchman, *Human–Machine Reconfigurations: Plans and Situated Actions*, 2. utg. Cambridge: Cambridge University Press, 2006, ISBN: 978-0-511-80841-8. DOI: 10.1017/CBO9780511808418. adresse: <http://ebooks.cambridge.org/ref/id/CBO9780511808418> (sjekket 02.05.2022).
- [41] J. Seibt, «Towards an ontology of simulated social interaction: Varieties of the “as if” for robots and humans,» i *Sociality and Normativity for Robots*, R. Hakli og J. Seibt, red., Cham: Springer International Publishing, 2017, s. 11–39, ISBN: 978-3-319-53131-1 978-3-319-53133-5. DOI: 10.1007/978-3-319-53133-5_2. adresse: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-53133-5_2 (sjekket 08.02.2022).
- [42] D. A. Schon, «Designing as reflective conversation with the materials of a design situation,» *Research in Engineering Design*, årg. 3, nr. 3, s. 131–147, sep. 1992, ISSN: 0934-9839, 1435-6066. DOI: 10.1007/BF01580516. adresse: <http://link.springer.com/10.1007/BF01580516> (sjekket 28.05.2022).
- [43] S. H. Waters og A. S. Gibbons, «Design Languages, Notation Systems, and Instructional Technology: A Case Study,» *Educational Technology Research and Development*, årg. 52, nr. 2, s. 57–68, 2004, Publisher: Springer, ISSN: 10421629, 15566501. adresse: <http://www.jstor.org.ezproxy.uio.no/stable/30221196> (sjekket 22.12.2021).

- [44] T. R. G. Green og N. Fetais, «How notations are developed: A proposed notational lifecycle,» i *Product Lifecycle Management in the Era of Internet of Things*, A. Bouras, B. Eynard, S. Foufou og K.-D. Thoben, red., bd. 467, Series Title: IFIP Advances in Information and Communication Technology, Cham: Springer International Publishing, 2016, s. 659–671, ISBN: 978-3-319-33110-2 978-3-319-33111-9. DOI: 10.1007/978-3-319-33111-9_60. adresse: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-33111-9_60 (sjekket 22.12.2021).
- [45] J. A. Løkke, E. Arntzen og G. Løkke, «Notasjon av de grunnleggende termene og operasjonene i atferdsanalyse: et pedagogisk virkemiddel,» *Norsk tidsskrift for atferdsanalyse*, årg. 37, nr. 4, s. 163–170, 2010, Norsk atferdsanalytisk forening, ISSN: 0809-781x. adresse: <https://hdl.handle.net/10642/933>.
- [46] P. Sällström, *Tecken att tänka med : om symbolisk notation inom musik, dans, kartografi, matematik, fysik, kemi, teknologi, arkitektur, färglära och bildkonst*. Stockholm: Carlssons, 1991, ISBN: 91-7798-412-9.
- [47] A. H. Guest, *Labanotation : the system of analyzing and recording movement*, 4th ed. New York: Routledge, 2005, ISBN: 0-415-96561-6.
- [48] P. Salaris, N. Abe og J.-P. Laumond, «Robot Choreography: The Use of the Kinetography Laban System to Notate Robot Action and Motion,» *IEEE Robotics & Automation Magazine*, årg. 24, nr. 3, s. 30–40, sep. 2017, ISSN: 1070-9932. DOI: 10.1109/MRA.2016.2636361. adresse: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7938699/> (sjekket 03.01.2022).
- [49] J. Challet-Haas, «The Problem of Recording Human Motion,» i *Dance Notations and Robot Motion*, J.-P. Laumond og N. Abe, red., bd. 111, Series Title: Springer Tracts in Advanced Robotics, Cham: Springer International Publishing, 2016, s. 69–89, ISBN: 978-3-319-25737-2 978-3-319-25739-6. DOI: 10.1007/978-3-319-25739-6_4. adresse: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-25739-6_4 (sjekket 27.05.2022).
- [50] V. Sutton, K. Kahn, M. C. Kaminski og Movement Shorthand Society, *A collection of classical ballet variations*. Boston, Mass.: Sutton Movement Writing Press, 1983, OCLC: 12532125, ISBN: 978-0-914336-19-8.
- [51] C. Counsell, «The kinesics of infinity: Laban, geometry and the metaphysics of dancing space,» *Dance Research*, årg. 24, nr. 2, s. 105–116, okt. 2006, ISSN: 0264-2875, 1750-0095. DOI: 10.3366/dar.2007.0001. adresse: <https://www.eupublishing.com/doi/10.3366/dar.2007.0001> (sjekket 25.01.2022).
- [52] N. S. Sutil, *Motion and representation: the language of human movement*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2015, 274 s., ISBN: 978-0-262-02888-2.
- [53] A. R. Jensenius, *Musikk og bevegelse*. Oslo: Unipub, 2009, ISBN: 978-82-7477-369-1.

- [54] L. C. Ó. Maoilearca og A. Lagaay, red., *The Routledge Companion to Performance Philosophy*, 1. utg., Abingdon, Oxon; New York, NY: Routledge, 2020. | Series: Routledge companions; 18: Routledge, 8. jul. 2020, ISBN: 978-1-00-303531-2. DOI: 10.4324/9781003035312. adresse: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781000056891> (sjekket 06.05.2022).
- [55] K. K. Bradley, *Rudolf Laban*, ser. Routledge performance practitioners. London ; New York: Routledge, 2009, 136 s., OCLC: ocn213480011, ISBN: 978-0-415-37524-5 978-0-415-37525-2 978-0-203-09896-7.
- [56] S. J. Burton, A.-A. Samadani, R. Gorbet og D. Kulić, «Laban Movement Analysis and Affective Movement Generation for Robots and Other Near-Living Creatures,» i *Dance Notations and Robot Motion*, J.-P. Laumond og N. Abe, red., bd. 111, Series Title: Springer Tracts in Advanced Robotics, Cham: Springer International Publishing, 2016, s. 25–48, ISBN: 978-3-319-25737-2 978-3-319-25739-6. DOI: 10.1007/978-3-319-25739-6_2. adresse: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-25739-6_2 (sjekket 06.05.2022).
- [57] R. P. Tsachor og T. Shafir, «A Somatic Movement Approach to Fostering Emotional Resiliency through Laban Movement Analysis,» *Frontiers in Human Neuroscience*, årg. 11, s. 410, 7. sep. 2017, ISSN: 1662-5161. DOI: 10.3389/fnhum.2017.00410. adresse: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2017.00410/full> (sjekket 09.04.2022).
- [58] L. Loke, A. T. Larssen og T. Robertson, «Labanotation for Design of Movement-Based Interaction,» i *Proceedings of the Second Australasian Conference on Interactive Entertainment, IE '05*, Sydney, Australia: Creativity & Cognition Studios Press, 2005, s. 113–120, ISBN: 0-9751533-2-3.
- [59] M. Bourahla, A. Telli, S. Benferhat og M. T. Chau, «Classifying non-elementary movements in vietnamese mĩ dances,» i *Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management. Human Body and Motion*, V. G. Duffy, red., bd. 11581, Series Title: Lecture Notes in Computer Science, Cham: Springer International Publishing, 2019, s. 128–139, ISBN: 978-3-030-22215-4 978-3-030-22216-1. DOI: 10.1007/978-3-030-22216-1_10. adresse: http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-22216-1_10 (sjekket 12.05.2022).
- [60] R. S. Ziegelmaier, W. Correia, J. M. Teixeira og F. P. M. Simoes, «Laban Movement Analysis applied to Human-Computer Interaction,» i *2020 22nd Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*, Porto de Galinhas, Brazil: IEEE, nov. 2020, s. 30–34, ISBN: 978-1-72819-231-4. DOI: 10.1109/SVR51698.2020.00020. adresse: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9262462/> (sjekket 28.05.2022).

- [61] N. Abe, J.-P. Laumond, P. Salaris og F. Levillain, «On the use of dance notation systems to generate movements in humanoid robots: The utility of laban notation in robotics,» *Social Science Information*, årg. 56, nr. 2, s. 328–344, jun. 2017, ISSN: 0539-0184, 1461-7412. DOI: 10.1177/0539018417694773. adresse: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0539018417694773> (sjekket 25.04.2022).
- [62] J. Inthiam, E. Hayashi, W. Jitviriyaya og A. Mowshowitz, «Development of an emotional expression platform based on LMA-shape and interactive evolution computation,» i *2018 4th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR)*, Auckland: IEEE, apr. 2018, s. 11–16, ISBN: 978-1-5386-6338-7. DOI: 10.1109/ICCAR.2018.8384636. adresse: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8384636/> (sjekket 08.05.2022).
- [63] I. Pakrasi, N. Chakraborty og A. LaViers, «A design methodology for abstracting character archetypes onto robotic systems,» i *Proceedings of the 5th International Conference on Movement and Computing*, Genoa Italy: ACM, 28. jun. 2018, s. 1–8, ISBN: 978-1-4503-6504-8. DOI: 10.1145/3212721.3212809. adresse: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3212721.3212809> (sjekket 08.05.2022).
- [64] J. Kim, Ju-Hwan Seo og Dong-Soo Kwon, «Application of effort parameter to robot gesture motion,» i *2012 9th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI)*, Daejeon, Korea (South): IEEE, nov. 2012, s. 80–82, ISBN: 978-1-4673-3112-8 978-1-4673-3111-1 978-1-4673-3109-8 978-1-4673-3110-4. DOI: 10.1109/URAI.2012.6462937. adresse: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6462937/> (sjekket 25.04.2022).
- [65] R. Kaushik, A. K. Mishra og A. LaViers, «Feasible stylized motion: Robotic manipulator imitation of a human demonstration with collision avoidance and style parameters in increasingly cluttered environments,» i *Proceedings of the 7th International Conference on Movement and Computing*, Jersey City/Virtual NJ USA: ACM, 15. jul. 2020, s. 1–8, ISBN: 978-1-4503-7505-4. DOI: 10.1145/3401956.3404188. adresse: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3401956.3404188> (sjekket 08.05.2022).
- [66] H. Cui, C. Maguire og A. LaViers, «Laban-inspired task-constrained variable motion generation on expressive aerial robots,» *Robotics*, årg. 8, nr. 2, s. 24, 27. mar. 2019, ISSN: 2218-6581. DOI: 10.3390/robotics8020024. adresse: <https://www.mdpi.com/2218-6581/8/2/24> (sjekket 08.05.2022).
- [67] J. Jaroslavceva, N. Wake, K. Sasabuchi og K. Ikeuchi, «Robot ego-noise suppression with labanotation-template,» *IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, årg. 17, nr. 3, s. 407–415, mar. 2022, ISSN: 1931-4973, 1931-4981. DOI: 10.1002/tee.23523. adresse: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tee.23523> (sjekket 08.05.2022).

- [68] U. Bernardet, S. Fdili Alaoui, K. Studd, K. Bradley, P. Pasquier og T. Schiphorst, «Assessing the reliability of the laban movement analysis system,» *PLOS ONE*, årg. 14, nr. 6, E. S. Cross, red., e0218179, 13. jun. 2019, ISSN: 1932-6203. DOI: 10.1371/journal.pone.0218179. adresse: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0218179> (sjekket 28.05.2022).
- [69] A. C. Newton, «Basic concepts in the theory of Hubert Godard,» *Rolf Lines*, s. 33–43, March 1995.
- [70] H. Godard, D. Dobbels og C. R. Rabant, «The missing gesture,» *Writings on Dance*, årg. Winter, nr. 15, s. 38–47, 1996, Translated by David Williams from *Le geste manquant*, IO, Etats de corps, n° 5, Ramonville St. Agne, Eres, 1994. DOI: hal-02292248. adresse: <https://hal-univ-paris8.archives-ouvertes.fr/hal-02292248>.
- [71] M. Greil, *Being in Contact: Encountering a Bare Body*. De Gruyter, 22. mar. 2021, ISBN: 978-3-11-073598-7. DOI: 10.1515/9783110735987. adresse: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/9783110735987/html> (sjekket 15.03.2022).
- [72] R. Bigé. «Tonic space: Steps toward an aesthetics of weight in contact improvisation,» *Contact Quarterly*. (2017), adresse: <https://contactquarterly.com/cq/unbound/view/tonic-space> (sjekket 15.02.2022).
- [73] W. Zachary, M. Johnson, R. Hoffman, T. Thomas, A. Rosoff og T. Santarelli, «A context-based approach to robot-human interaction,» *Procedia Manufacturing*, årg. 3, s. 1052–1059, 2015, ISSN: 23519789. DOI: 10.1016/j.promfg.2015.07.171. adresse: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2351978915001729> (sjekket 01.04.2022).
- [74] P. Dourish, «What we talk about when we talk about context,» *Personal and Ubiquitous Computing*, årg. 8, nr. 1, s. 19–30, 1. feb. 2004, ISSN: 1617-4909, 1617-4917. DOI: 10.1007/s00779-003-0253-8. adresse: <http://link.springer.com/10.1007/s00779-003-0253-8> (sjekket 26.05.2022).
- [75] T. Schulz, R. Soma og P. Holthaus, «Movement acts in breakdown situations: How a robot's recovery procedure affects participants' opinions,» *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics*, årg. 12, nr. 1, s. 336–355, 18. aug. 2021, ISSN: 2081-4836. DOI: 10.1515/pjbr-2021-0027. adresse: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/pjbr-2021-0027/html> (sjekket 07.03.2022).
- [76] J. Mingers og L. Willcocks, «An integrative semiotic methodology for IS research,» *Information and Organization*, årg. 27, nr. 1, s. 17–36, mar. 2017, ISSN: 14717727. DOI: 10.1016/j.infoandorg.2016.12.001. adresse: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1471772716300306> (sjekket 15.05.2022).
- [77] A. Atkin, «Peirce's Theory of Signs,» i *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, E. N. Zalta, red., Summer 2013 Edition, 2013. adresse: <https://plato.stanford.edu/archives/sum2013/entries/peirce-semiotics>.

- [78] J. Deely, *Basics of semiotics*. 1990.
- [79] W. Nöth, «Sign machines in the framework of Semiotics Unbounded,» *Semiotica*, årg. 2008, nr. 169, jan. 2008, ISSN: 0037-1998, 1613-3692. DOI: 10.1515/SEM.2008.041. adresse: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/SEM.2008.041/html> (sjekket 24.02.2022).
- [80] I. Mittelberg, «Peirce's universal categories: On their potential for gesture theory and multimodal analysis,» *Semiotica*, årg. 2019, nr. 228, s. 193–222, 7. mai 2019, ISSN: 1613-3692. DOI: 10.1515/sem-2018-0090. adresse: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/sem-2018-0090/html> (sjekket 27.02.2022).
- [81] D. Wolf, I. Mittelberg, L.-M. Reikittke mfl., «Interpretation of Social Interactions: Functional Imaging of Cognitive-Semiotic Categories During Naturalistic Viewing,» *Frontiers in Human Neuroscience*, årg. 12, s. 296, 14. aug. 2018, ISSN: 1662-5161. DOI: 10.3389/fnhum.2018.00296. adresse: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2018.00296/full> (sjekket 20.03.2022).
- [82] J. M. Lotman, *Universe of the mind: a semiotic theory of culture*, 1. U.S. paperback print. Bloomington: Indiana Univ. Press, 1990, 288 s., ISBN: 978-0-253-21405-8 978-0-253-33608-8.
- [83] K. Kotov og K. Kull, «Semiosphere is the relational biosphere,» i *Towards a Semiotic Biology*. IMPERIAL COLLEGE PRESS, jun. 2011, s. 179–194, ISBN: 978-1-84816-687-5 978-1-84816-688-2. DOI: 10.1142/9781848166882_0010. adresse: http://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/9781848166882_0010 (sjekket 23.02.2022).
- [84] W. Nöth, «The topography of yuri lotman's semiosphere,» *International Journal of Cultural Studies*, årg. 18, nr. 1, s. 11–26, jan. 2015, ISSN: 1367-8779, 1460-356X. DOI: 10.1177/1367877914528114. adresse: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1367877914528114> (sjekket 05.04.2022).
- [85] J. Lotman og W. Clark, «On the semiosphere,» *Sign Systems Studies*, årg. 33, nr. 1, s. 205–229, 31. des. 2005, ISSN: 1736-7409, 1406-4243. DOI: 10.12697/SSS.2005.33.1.09. adresse: <https://ojs.utlib.ee/index.php/sss/article/view/SSS.2005.33.1.09> (sjekket 24.02.2022).
- [86] A. Semenenko, «Semiosphere,» i *The Texture of Culture*. New York: Palgrave Macmillan US, 2012, s. 111–124, ISBN: 978-1-349-43529-6 978-1-137-00854-1. DOI: 10.1057/9781137008541_5. adresse: http://link.springer.com/10.1057/9781137008541_5 (sjekket 03.04.2022).
- [87] K. Kull, «On semiosis, Umwelt, and semiosphere,» *Semiotica*, årg. 120, nr. 3, s. 299–310, 1998.
- [88] R. Soma og J. Herstad, «Turning Away from an Anthropocentric View on Robotics,» i *Envisioning Robots in Society – Power, Politics, and Public Space*, ser. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, M. Coeckelbergh, J. Loh, M. Funk, J. Seibt og M. Nørskov, red., bd. 311, 2018, s. 53–62, ISBN: 978-1-61499-930-0.

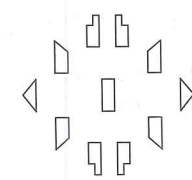
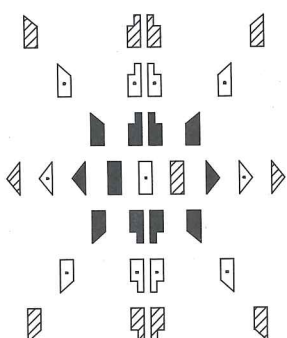
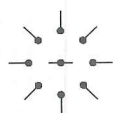
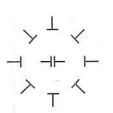
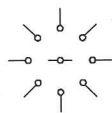
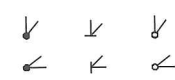
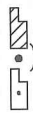



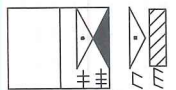
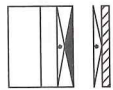
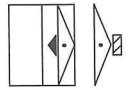
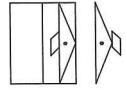
- [89] C. Emmeche, «Does a robot have an Umwelt? Reflections on the qualitative biosemiotics of Jakob von Uexküll,» *Semiotica*, årg. 2001, nr. 134, 16. jan. 2001, ISSN: 0037-1998, 1613-3692. DOI: 10.1515/semi.2001.048. adresse: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/semi.2001.048/html> (sjekket 20.03.2022).
- [90] P. Beynon-Davies, «Dances with bees: Exploring the relevance of the study of animal communication to informatics,» *International Journal of Information Management*, årg. 30, nr. 3, s. 185–198, jun. 2010, ISSN: 02684012. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2010.02.001. adresse: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268401210000265> (sjekket 07.04.2022).
- [91] R. Knowles, «Vital signs,» *Semiotica*, årg. 2008, nr. 168, 1. jan. 2008, ISSN: 0037-1998, 1613-3692. DOI: 10.1515/SEM.2008.012. adresse: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/SEM.2008.012/html> (sjekket 14.04.2022).
- [92] Y. Meerzon, «Introduction Theatrical semiosphere: Toward the semiotics of theatre today,» *Semiotica*, årg. 2008, nr. 168, s. 1–10, 1. jan. 2008, ISSN: 0037-1998, 1613-3692. DOI: 10.1515/SEM.2008.001. adresse: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/SEM.2008.001/html> (sjekket 12.04.2022).
- [93] U. Eco, «Semiotics of theatrical performance,» *The Drama Review*, årg. 21, nr. 1, s. 107–117, mar. 1977, ISSN: 0012-5962, 2326-2060. DOI: 10.2307/1145112. adresse: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0012596200532052/type/journal_article (sjekket 17.03.2022).
- [94] F. de Toro og J. Lewis, «THEATRE SEMIOTICS,» i *Theatre Semiotics*, ser. Text and Staging in Modern Theatre, C. Hubbard, red., University of Toronto Press, 1995, s. 63–96, ISBN: 978-0-8020-7589-5. adresse: <http://www.jstor.org/stable/10.3138/9781442682597.10> (sjekket 02.04.2022).
- [95] M. L. Knapp, *Nonverbal communication in human interaction*, 6th ed., bearb. av J. A. Hall. Belmont, Calif: Thomson/Wadsworth, 2006, ISBN: 0-534-62563-0.
- [96] «Brannen | Forestilling | Nationaltheatret,» Brannen. (), adresse: <https://www.nationaltheatret.no/forestillinger/arkiv/2022/brannen/> (sjekket 27.05.2022).
- [97] «Operating Spot.» (), adresse: <https://support.bostondynamics.com/s/article/Operating-Spot> (sjekket 12.04.2022).
- [98] «In step with spot.» (), adresse: <https://blog.bostondynamics.com/in-step-with-spot> (sjekket 12.04.2022).
- [99] T. Kowzan, «The sign in the theater: An introduction to the semiology of the art of the spectacle,» *Diogenes*, årg. 16, nr. 61, s. 52–80, mar. 1968, ISSN: 0392-1921, 1467-7695. DOI: 10.1177/039219216801606104. adresse: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/039219216801606104> (sjekket 14.04.2022).

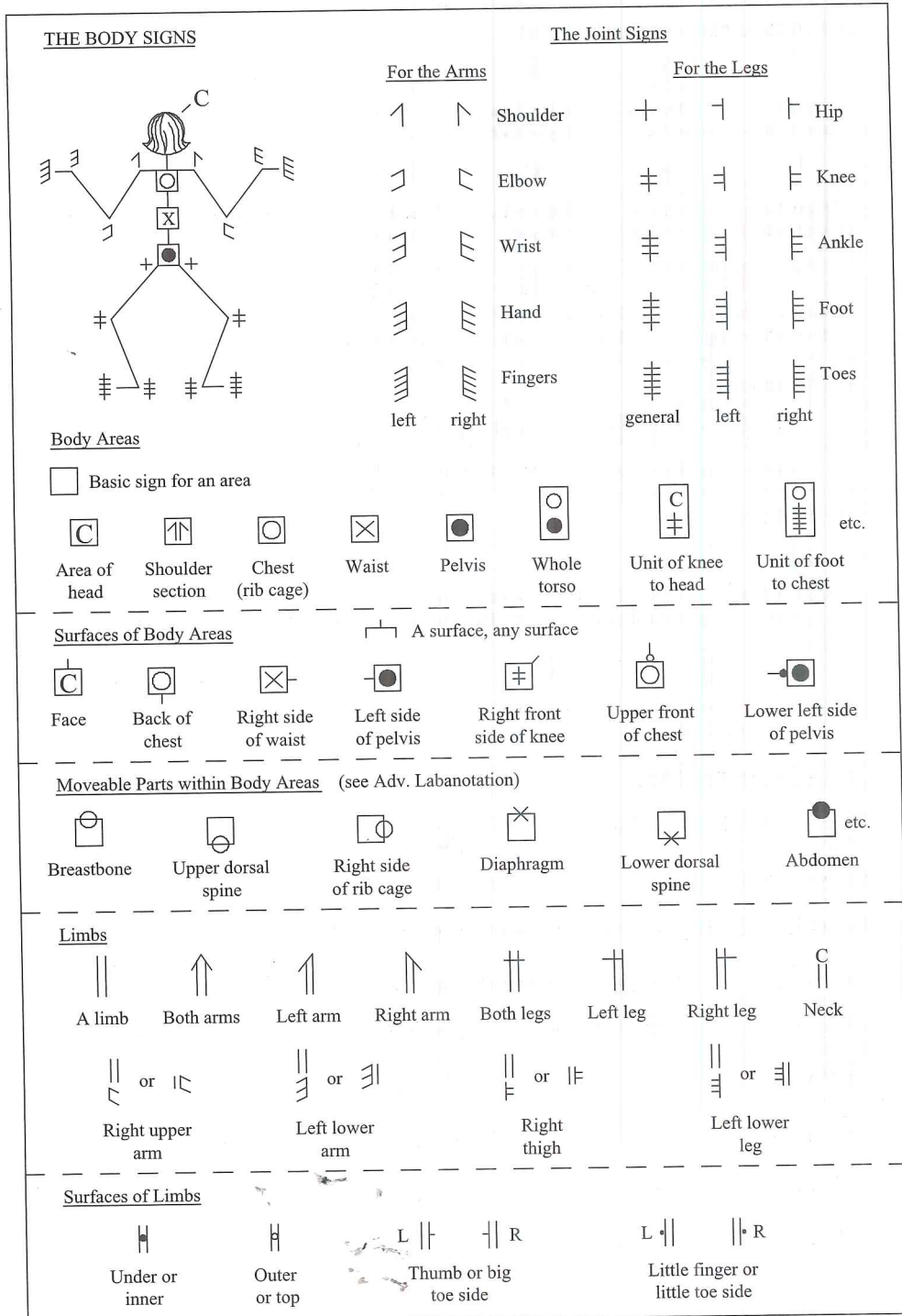
- [100] J. S. Longstaff, «TRANSLATING 'VECTOR SYMBOLS' FROM LABAN'S (1926) CHOREOGRAPHIE,» **presented at ICKL**, 2001. adresse: http://www.laban-analyses.org/jeffrey/2001-laban-choreographie-vector-symbols/labam_vector_symbols.pdf.
- [101] R. Stamper, K. Liu, M. Hafkamp og Y. Ades, «Understanding the roles of signs and norms in organizations - a semiotic approach to information systems design,» *Behaviour & Information Technology*, årg. 19, nr. 1, s. 15–27, jan. 2000, ISSN: 0144-929X, 1362-3001. DOI: 10.1080/014492900118768. adresse: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/014492900118768> (sjekket 23.05.2022).
- [102] K. Hornbæk og A. Oulasvirta, «What is interaction?» I *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Denver Colorado USA: ACM, 2. mai 2017, s. 5040–5052, ISBN: 978-1-4503-4655-9. DOI: 10.1145/3025453.3025765. adresse: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3025453.3025765> (sjekket 27.05.2022).
- [103] E. Camargo og R. Gudwin, «Using peircean semiotics as the grounding of cognition,» i *The 2021 Summit of the International Society for the Study of Information*, MDPI, 29. apr. 2022, s. 135. DOI: 10.3390/proceedings2022081135. adresse: <https://www.mdpi.com/2504-3900/81/1/135> (sjekket 23.05.2022).
- [104] J.-G. Meunier, «Artificial intelligence and sign theory,» *Semiotica*, årg. 77, nr. 1, 1989, ISSN: 0037-1998, 1613-3692. DOI: 10.1515/semi.1989.77.1-3.43. adresse: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/semi.1989.77.1-3.43/html> (sjekket 12.05.2022).
- [105] J. Torresen, «A Review of Future and Ethical Perspectives of Robotics and AI,» *Frontiers in Robotics and AI*, årg. 4, s. 75, 15. jan. 2018, ISSN: 2296-9144. DOI: 10.3389/frobt.2017.00075. adresse: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/frobt.2017.00075/full> (sjekket 13.05.2022).
- [106] J. J. Bryson, «The meaning of the EPSRC principles of robotics,» *Connection Science*, årg. 29, nr. 2, s. 130–136, 3. apr. 2017, ISSN: 0954-0091, 1360-0494. DOI: 10.1080/09540091.2017.1313817. adresse: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09540091.2017.1313817> (sjekket 25.05.2022).
- [107] P. Dourish, *Where the action is: the foundations of embodied interaction*. Cambridge, Mass: MIT Press, 2001, 233 s., ISBN: 978-0-262-04196-6.

Tillegg A

**Labanotasjon Glossary of
Symbols**




GLOSSARY OF SYMBOLS

<p><u>DIRECTION</u></p>  <p>Direction is indicated by the shape of the symbol.</p>	<p><u>LEVEL</u></p> <p>The three levels are distinguished by the different shading of the symbols.</p> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px; background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px);"></div> Up, high </div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px; background-color: white;"></div> Middle </div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="background-color: black; width: 15px; height: 15px;"></div> Down, low </div>																																													
<p><u>RELATIONSHIP PINS</u> (position signs; minor movements)</p>																																														
 <p>Low</p>	 <p>Middle</p>	 <p>High</p>	 <p>etc.</p> <p>Intermediate positions, directions; or minor movements</p>																																											
<p><u>Intermediate Directions</u></p>																																														
 <p>A point half-way between two stated directions</p>	 <p>Move half-way to this direction</p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 10px;"> <div style="display: flex; align-items: center;">  <p>A point 1/3 way from forward middle toward forward low</p> </div> <div style="display: flex; align-items: center;">  <p>A point 1/3 way from forward high to right forward high</p> </div> </div>																																												
<p><u>ABBREVIATIONS</u></p>  <p>Full version</p>	<p><u>Elimination of Limb Signs</u></p>  <p>Divided column</p>	<p>or</p>  <p>Attached symbols</p>	<p><u>Attached Additional Information</u></p>  <p>Attached rotation symbols</p>																																											
<p><u>THE BODY</u></p> <p>The staff represents the body. Placement of movement indications on the staff shows which part of the body executes the movement.</p>		<p><u>THE STAFF</u></p>																																												
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Hand</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Arm</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Body</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Leg gesture</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Support (step)</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Support (step)</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Leg gesture</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Body</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Arm</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Hand</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Head</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Left</td> <td style="text-align: center;">Right</td> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;">Left</td> <td style="text-align: center;">Right</td> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;">Left</td> <td style="text-align: center;">Right</td> <td style="text-align: center;">Head</td> </tr> </table> <p>Standard Staff</p>	Hand	Arm	Body	Leg gesture	Support (step)	Support (step)	Leg gesture	Body	Arm	Hand	Head	Left	Right			Left	Right			Left	Right	Head	<p>OR</p>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Hand</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Arm</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Body</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Leg gesture</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Support (step)</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Support (step)</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Leg gesture</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Body</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Arm</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Hand</td> <td style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; text-align: center;">Head</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Left</td> <td style="text-align: center;">Right</td> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;">Left</td> <td style="text-align: center;">Right</td> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;">Left</td> <td style="text-align: center;">Right</td> <td style="text-align: center;">Head</td> </tr> </table> <p>Expanded Staff</p>	Hand	Arm	Body	Leg gesture	Support (step)	Support (step)	Leg gesture	Body	Arm	Hand	Head	Left	Right			Left	Right			Left	Right	Head
Hand	Arm	Body	Leg gesture	Support (step)	Support (step)	Leg gesture	Body	Arm	Hand	Head																																				
Left	Right			Left	Right			Left	Right	Head																																				
Hand	Arm	Body	Leg gesture	Support (step)	Support (step)	Leg gesture	Body	Arm	Hand	Head																																				
Left	Right			Left	Right			Left	Right	Head																																				















<u>Area, Surfaces and Edges of Hands and Feet</u>					
			L R	L R	
Area of hand or foot	Palm, sole of foot	Back of hand, top of foot	Thumb or big toe edge	Little finger or little toe edge	Tip of fingers, tip of toes
			L R	L R	
Area of base of hand or foot	Under side, sole of heel	Upper side, instep	Thumb or big toe edge	Little finger or little toe edge	Tip of heel
Specifying area of foot, left or right	Specifying area of hand, left or right		Specifying area of base of foot, left or right		Specifying area of base of hand, left or right
<u>Specific Fingers</u>					
Thumbs	Index fingers	Middle fingers	Ring fingers	Little fingers	
<u>Parts of the Fingers</u>					
Right middle finger	Base knuckle of right middle finger	Middle knuckle of middle finger	Last knuckle of middle finger	Tip of right middle finger	
Limb of right middle finger	Base segment	Under side of middle segment	Top, nail side of last segment etc.		
<u>Specific Toes and Parts Thereof</u>				<u>Parts Above and Below Joints</u>	
Big toes	2nd toes	Pad of big toe	Nail of little toe	Above R elbow	Below L knee
Above R ankle	(cou de pied)				
<u>Parts of the Head</u> (Pictorial signs have been used in scores, also detailed signs when known.)					
<u>Simple Pictorial signs</u>		<u>Detailed Signs</u> (the whole range is given in Knust's Dictionary ex. 344 - 346)			
	Nose		Top of head		Right ear
	Mouth		Forehead		Left ear
	Tongue		Left cheek		Tongue
	Ears		Nose		Mouth
	Eyes		Teeth		Beard
			Chin		Eyes
			Throat		Right eyeball
					Right eyebrow etc.

SIGN FOR UPPER BODY MOVEMENT

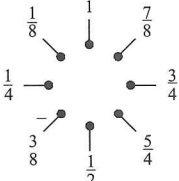
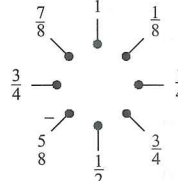
Both sides  Right side  Left side 

REVOLUTION, TURN, ROTATION SIGNS




Turn, rotate counterclockwise  Turn, rotate clockwise  Somersault forward  Somersault backward  Cartwheel to left  Cartwheel to right 







Any turn, revolution  Any rolling  Supports: Turn right or left; Gestures: Parallel, untwisted  More or less parallel  Twist within a part of the body  Rotate as a unit 

Degrees of Rotation (also used for circling)









Counter-clockwise  Clockwise 








Pins for amount of rotation are placed within the symbol

Full turn counter-clockwise  3/4 turn clockwise  2 turns clockwise 

Very little turn  A great deal of turn  Turn to face focal point  1/4 right from untwisted state  End facing audience  Turn as much as possible 

PATH SIGNS For Body as a Whole

Any path  Straight path  Straight path to left side  Straight path, short distance  Revolving on a straight path  Circular path left  Circular path right  Circular path left or right 

1/4 circle left  Travel forward while circling  A very small circle  A large circle  Circling, no change of front  Spiral path approaching center  Spiral path going away from center 

RELATIONSHIP SIGNS, HORIZONTAL BOWS

Duration	Address	Near	Near/Surrounding	Touch	Grasp	Support	Grasping support
Momentary							
Passing, brief duration, momentary sliding							
Retention of state							
Retention (continuation) of passing relationship, sliding							
Interlacing Penetrating					etc		

Each bow may be swung upward, if preferred

(also and)

Meeting Line

\overline{A} A is in front of reader

$A|$ A is on reader's left

$\overline{A} \rightarrow$ or $\overline{A} \leftarrow$ A is beneath reader

$|A$ A is to the right and above reader

$\overline{A} \downarrow$ A is in forward low of reader

CONTACT HOOKS Modification of the contact bow to indicate part of foot which touches the floor.

Unspecified touch: or

Nail of toe

Tip of toe

Pad of toe

Full ball (3/4 toe)

1/2 ball (1/2 toe)

1/4 ball

ball

Whole foot

1/2 heel

1/4 heel

Full heel

Abbreviations for Hooks

Heel drop or

Toe drop or

VERTICAL BOWS, BRACKETS

Simultaneous action bow

Caret: Continuation; same part of body or symbol, retain same place

(a) Phrasing bow

(b) Passing state: deviation

(c) Passing state: part leading

(d) Inclusion bow

(e) Hip included

(f) Shoulder area included

(g) Head not included

(h) Addition bracket

(i) All actions are accented

(j) All gestures are bent

FLEXION AND EXTENSION SIGNS (Contraction and Elongation)

Shortened, Contracted

- × - 1 degree, small (rounded)
- ⊗ - 2 degrees
- ⊗ - 3 degrees (right angle)
- ⊗ - 4 degrees, very small (bent)
- ⊗ - 5 degrees
- ⊗ - 6 degrees (totally flexed)

Stretched, Elongated

- ∨ - 1 degree, long (limb straight)
- ∨ - 2 degrees (limb extra stretched)
- ∨ - 3 degrees
- ∨ - 4 degrees, very long
- ∨ - 5 degrees
- ∨ - 6 degrees
- ∨ - 7 degrees

∨ limb neither stretched nor bent

Specific Contractions and Extensions

- ⊗ Contract over the front
- ⊗ Contract over the right front
- ∨ Extend over the back
- ∨ Extend over the left side
- etc.

Folding (Bending)

- ∨ 1.
 - ∨ 2.
 - ∨ 3.
 - ∨ 4.
 - ∨ 5.
 - ∨ 6.
- The 6 degrees of folding (bending)

Unfolding

- ∧
- Cancels any form of folding

- ∨
- Unspecified folding

- ∨ F.
 - ∨ RFD.
 - ∨ R.
 - ∨ RBD.
 - ∨ B.
 - etc.
- The different physical directions into which folding can occur.

Two - Dimensional Contraction and Extension

Along longitudinal axis: ⊗, ⊗ etc. ∨, ∨ etc. ∨, ∨ etc.

Along lateral axis: ∨, ∨, ∨, ∨, ∨, ∨ Joining, closing, adducting

∨, ∨, ∨, ∨, ∨, ∨ Spreading, separating, abducting

Three - Dimensional Contraction and Extension

⊗, ⊗, ∨, ∨ All degrees are possible: ⊗, ⊗ etc.

SPACE MEASUREMENT SIGNS

Reference to Space is shown by enclosing the signs ⊗, and ∨ in a diamond to specify the spatial aspect: ⊗, ∨ when the above signs are not applied to steps and traveling.

Space Measurement - Specific Distance

3 = 3 step lengths 6 = 6 step lengths

SUCCESSIONS, BODY WAVES

∨
An outward sequence, succession

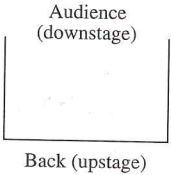
∧
An inward sequence, succession

∨
Outward body wave

∧
Inward body wave




FLOOR PLANS

Indication of floor plan of room or stage:

St. L.  St. R.

Audience (downstage)
Back (upstage)

Indication of Performers on Floor Plan

Girl  Boy  Person 

AREA SIGNS

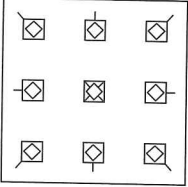
Basic sign for an area (also used for parts of the body)

An area, any area

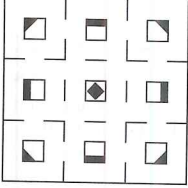
Front of an area

Center of an area

Specific parts of an area:



The Main Defined Areas (Stage Areas)



Periphery of the room

Center area of the room

Exact center of the room

Near the edges of the room

Beyond the edges of the stage




The Floor

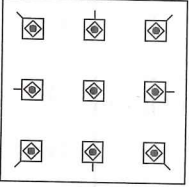
Sign for the floor, ground (terra)

FIXED POINTS IN A ROOM

Key for a Fixed Point in a room or on a stage

Level is shown by use of the pins

   Inbetween points are shown by using two pins



Lower left front corner

Upper left front corner

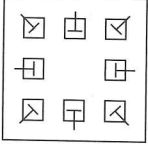
Center of ceiling



Between lower and middle left front corner

FRONT SIGNS, STAGE DIRECTION PINS

Key for System of Reference based on the Constant directions in the room




Audience/Front of Room



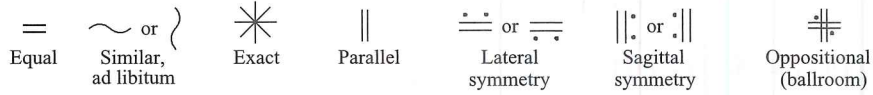
Intermediate directions   etc.

For Ballroom Dancing

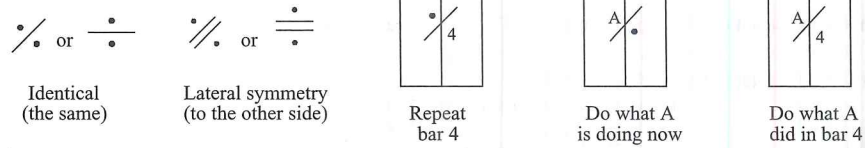
Key for Line of Dance:

 Facing L.O.D  Back to L.O.D 

ANALOGY SIGNS

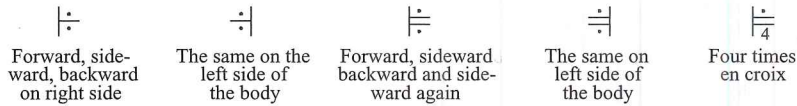


REPEAT SIGNS

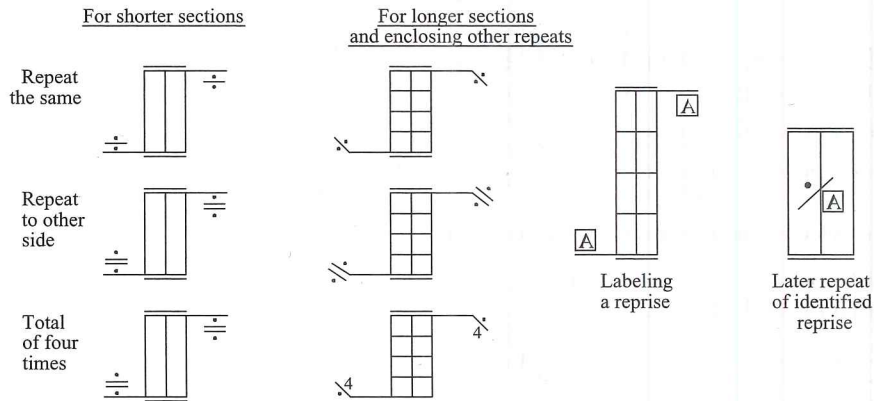


The analogy sign for lateral, sagittal and oppositional symmetry are also used for indications of repeats.

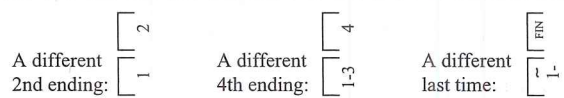
En Croix Repeats



Outside the Staff: Sectional Repeats

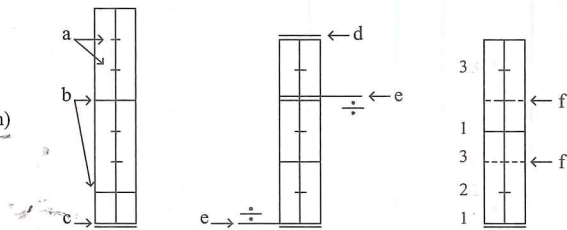


First and Second Endings
(as in music)



HORIZONTAL LINES

- (a) Count marks (ticks)
- (b) Bar lines
- (c) Double starting line (start of action)
- (d) Ending line
- (e) Lines enclosing repeats
- (f) Artificial bar lines



GROUP NOTATION (Note: some indications given here may be met in scores but are not explained in this book.)

Formations: General Group Shapes



Pictorial indication of solid group shapes



Linear formations

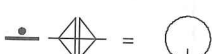
Formations, Arrangements



Side by side



One in front of the other



Circle facing in (pictorial indication)



Any number of people one behind the other, left side to the center, the front person facing the audience, the back person facing upstage, i.e. a semi circle.

Pre-Staff Signs



A female



A male



A couple



Each one



Each lady



Each couple

Use of Numbers



2nd lady



4 men



8 trios



Each 3 ladies



8 people side by side facing front, 4 step lengths from the front of the stage



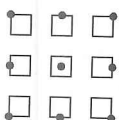
5 men in a file one behind the other, each 3 step lengths apart.

Plain number = person's number

Encircled number = number of people, couples, etc.

Double encircled number = each set of stated number of performers

Identification of Members of a Group



Person in front, front of group



Center person, center of group



Person on right

Indication of Person Leading

Path led by person in front



Path led by B



Types of Circling for a group

Individual circling (each on own path)



Wheeling



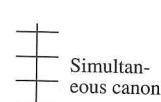
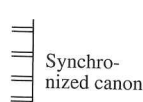
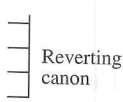
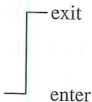
Shifting the group (circling as a unit around the center)



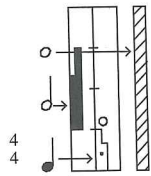
Whirling: wheeling in which each member covers the same distance on his own track



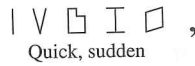
Canon Staff (placed to the right of the movement staff) - see Advanced Labanotation text book.



TIMING (vertical length of symbols)



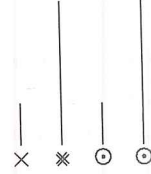
The relative length of the movement symbol determines its time value.



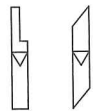
Quick, sudden
For symbols which show timing, length indicates the duration of the action.



Slow, sustained



For signs not elongated.



Accelerando
Increase speed



Ritardando
Decrease speed

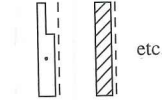
Vertical Lines - Active, Passive



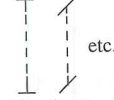
Action stroke, duration line



Resultant movement, passive reaction



Resultant directional movement.



Resultant path

HOLD SIGNS

(Retention Signs)

- Hold, retain (Body hold)
- ◇ Space hold
- ◊ Spot hold



Caret:
Retain the same place



Zed caret:
Land on same spot



Zed caret:
Step on same spot

CANCELLATION SIGNS

- ⊙ Back to normal
- ∧ Previous state disappears
- ⋈ or ⋉ Release (contact)
- ⋊ or ⋋ Release space or spot hold

KEYS FOR SYSTEMS OF REFERENCE (Crosses of axes)



Constant Cross of Axes



Standard Cross of Axes



Stance (Untwisted Part)



Base-of-Twisted-Part



Twisted-Part



Body Cross of Axes



Body-Stance

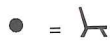


Body-Base-of-Twisted-Part



Body-Twisted-Part

FOCAL POINT, CENTER OF GRAVITY

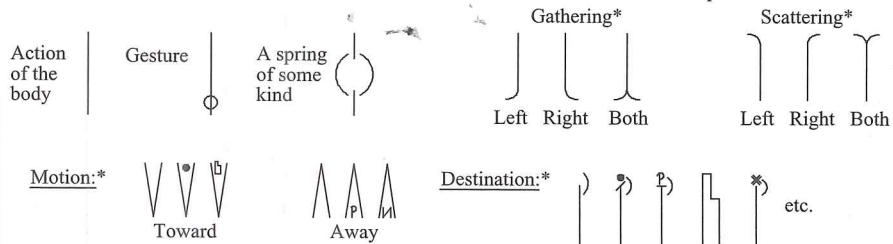


Focal point is the chair



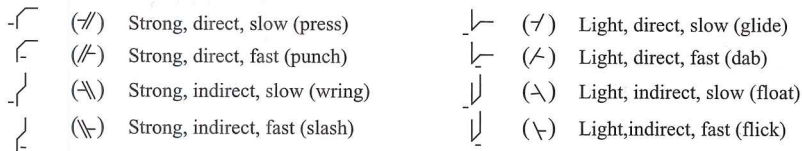
Center of gravity

MOTIF NOTATION INDICATIONS The following signs are used specifically in Motif Notation. Those marked * are also used in Structured Description.

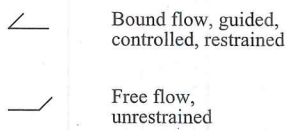


EFFORT SIGNS (those in parentheses are Laban's abbreviated version)

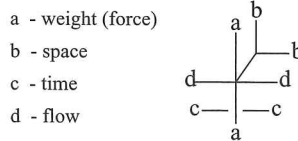
The Eight Basic Efforts



Element of Control



The Complete Effort Graph



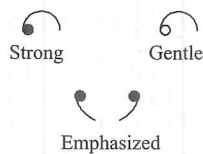
DYNAMIC SIGNS

The use of energy, or absence of energy in movement.

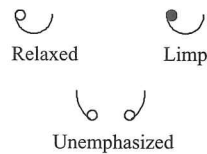
ACCENT SIGNS



Increased Degrees of Energy



Decrease in use of Energy



In Relation to Gravity

