

# C-UPPSATS

## Inlärningsförmåga hos en robothund

Likheter mellan människa och maskin

Jan Renberg, Magnus Lundbäck

### C-uppsats

Institutionen för Arbetsvetenskap  
Avdelningen för Teknisk Psykologi

PSYKOLOGI C

Vetenskaplig handledare: Tore Ärlemalm

## **Förord**

Ett varmt tack till våra handledare Peter Bengtsson och Tore Ärlemalm för deras engagemang, tillgänglighet, uppmuntran och kunnande. Vi vill även uttrycka vår tacksamhet till Therese Magnusson som med sitt benägna bistånd bidrog till att experimentet kunde utföras. Uppsatsarbetet har varit intensivt men samtidigt intressant och lärorikt och givit erfarenheter som vi förhoppningsvis tagit lärdom av och kan använda oss av i framtiden.

Luleå, Juni 2004

Magnus Lundbäck, Jan Renberg

## **Abstrakt**

Ett av målen inom forskningsområdet artificiell intelligens är att simulera mänskliga egenskaper och beteenden i en maskin. Syftet med uppsatsen var att undersöka om det fanns något som efterliknade den mänskliga inlärningsförmågan i roboten AIBO ERS-210.

Den teoretiska bakgrunden utgjordes av Skinners teori om operant betingning. Syftet besvarades genom ett experiment som gick ut på att undersöka hur AIBO's benägenhet att lyda tre olika kommandon påverkades av belöning och bestraffning. Experimentet delades upp i en manipulationsfas och en mätfas. I manipulationsfasen manipulerades den oberoende variabeln genom att AIBO antingen fick belöning eller bestraffning varje gång den korrekt utförde ett kommando. Under mätfasen mättes den tidigare, under manipulationsfasen, givna bestraffningen och belönings effekt på AIBO's benägenhet att lyda kommandona. Resultatet visade att AIBO's lydnad försämrades av tidigare bestraffning och när bestraffningen uteblev skedde en stegvis förbättring av lydnaden. Dessa resultat efterliknar bestraffningens effekt på människan enligt teorin om operant betingning.

### **Abstract**

One of the goals of artificial intelligence is to simulate human capabilities and behaviours in a machine. The purpose of this paper was to examine if there was something resembling the human learning ability in the robot AIBO ERS-210. The theoretical framework for this paper was provided by Skinner's theory of operant conditioning. In order to satisfy the purpose of this paper, an experiment was made which included an examination of how reward and punishment affected AIBO's willingness to obey three commands. The experiment was divided into a manipulation phase and a measuring phase. In the manipulation phase, the independent variable was manipulated by either rewarding or punishing AIBO every time it performed a command correctly. During the measuring phase, the effect of the independent variable on AIBO's willingness to obey was measured. The results indicated that AIBO's willingness to obey deteriorated as a result of earlier punishment, and when the punishment no longer was given, AIBO's obedience improved gradually. These results show a similarity to the effects of punishment on humans, according to the theory of operant conditioning.

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>Inledning</b> .....	<b>5</b>
<b>Maskininlärning</b> .....	<b>6</b>
<b>Teoretisk bakgrund</b> .....	<b>9</b>
<b>Inlärning</b> .....	9
<b>Operant betingning</b> .....	9
<b>Operationalisering</b> .....	12
<b>Syfte</b> .....	<b>12</b>
<b>Metod</b> .....	<b>12</b>
<b>Försöksobjekt</b> .....	12
<b>Procedur</b> .....	14
<b>Pilotstudie</b> .....	14
<b>Manipulationsfas</b> .....	14
<b>Mätfas</b> .....	17
<b>Databearbetning</b> .....	19
<b>Resultat</b> .....	<b>19</b>
<b>Diskussion</b> .....	<b>24</b>
<b>Reliabilitet</b> .....	27
<b>Validitet</b> .....	27
<b>Intern validitet</b> .....	28
<b>Begreppsvaliditet</b> .....	28
<b>Fortsatt forskning</b> .....	<b>29</b>
<b>Referenser</b> .....	<b>30</b>

## Inledning

Kommer det i framtiden att finnas robotar som kan lära sig av sina erfarenheter, lösa problem, visa känslor samt ha humor på ett människoliknande sätt?

Kort sagt, är det möjligt att skapa maskiner med en mänsklig form av intelligens?

Det är forskare inom området artificiell intelligens som sysselsätter sig med dessa och liknande frågor. Det övergripande målet för artificiell intelligens är att utrusta maskiner med mänskliga moduler, som exempelvis minne, uppmärksamhet, förmåga till inlärning etc., och på det sättet simulera mänskliga egenskaper och beteenden (Nordin & Wilde, 2003).

Exempel på vad som åstadkommit hittills inom detta område är bland annat motorcykeltillverkaren Honda som skapat en humanoid med en motorisk förmåga som bland annat gör det möjligt för den att gå i trappor, ta emot röstkommandon, vinka och skaka hand (Nordin & Wilde, 2003). Ytterligare ett exempel är universitetet MIT i Boston som utvecklat ett robothuvud som har utrustats med förmågan att i en social interaktion kunna uttrycka känslor genom olika "ansiktsuttryck" (Sobel, 2001). Vidare har det utvecklats system som har förmåga att lära sig känna igen handskrivna siffror (Thomas, 2003).

Forskare inom artificiell intelligens är uppdelade i två läger, dels de som anser att det är teoretiskt omöjligt att skapa system med en form av intelligens som tangerar det vi normalt brukar kalla mänsklig intelligens och dels de som anser att det i framtiden kommer att vara fullt möjligt (Nordin & Wilde, 2003).

Framtidsforskare inom artificiell intelligens på Stanford Research Institute hävdar denna sistnämnda uppfattning. För att detta ska bli möjligt anser de att det är speciellt viktigt att utveckla robotarnas kognitiva förmåga som bland annat skulle medföra att dessa skulle kunna lära sig saker genom interaktion med sin omgivning (Nordin & Wilde, 2003).

Denna kognitiva förmåga innefattar bland annat förmågan att kunna komma ihåg samt klassificera saker, lösa problem, planera och tänka logiskt. En grundförutsättning för dessa kognitiva förmågor är att det måste finnas en kapacitet för inlärning. Inlärning anses allmänt vara en av grundstenarna i den mänskliga intelligensen och en del forskare har till och med hävdats att utan en inlärningsförmåga kan inte intelligens i någon form existera. Följaktligen är en av

huvuduppgifterna inom artificiell intelligens att utrusta olika typer av konstgjorda intelligenser med en förmåga att lära sig och man försöker åstadkomma denna inlärningsförmåga genom att på olika sätt efterlikna den mänskliga hjärnans funktioner.

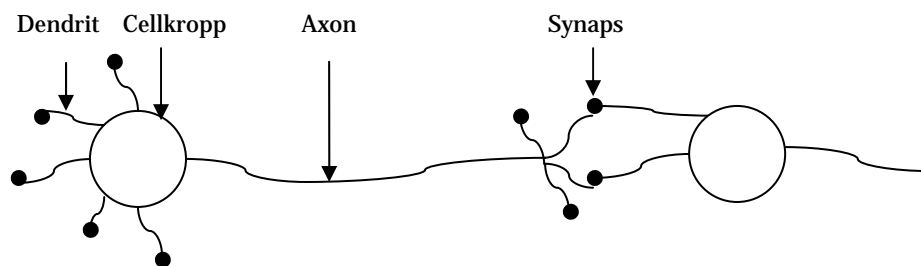
Det är mot bakgrund av detta vi finner det intressant att studera inlärningsförmågan hos en enklare form av konstgjord intelligens, i form av en robot, och se om denna förmåga på något sätt kan likställas med den mänskliga formen av inlärning.

## **Maskininlärning**

Maskininlärning är ett delområde inom artificiell intelligens. Ett av målen med maskininlärning är att en maskin ska kunna anpassa sitt beteende till en föränderlig omgivning genom att på olika sätt lära sig av sina erfarenheter och på så sätt utvecklas över tid (Negnevitsky, 2001).

Ett sätt att få en maskin att göra detta är att utrusta den med ett neuralt nätverk. Tanken med ett neuralt nätverk är att efterlikna den mänskliga hjärnans struktur och funktion med hjälp av elektroniska komponenter (Thomas, 2003).

Människans hjärna innehåller ett tätt sammankopplat nätverk av nervceller. Som figur 1 visar består varje nervcell av en cellkropp, dendriter och axon. Dendriterna fungerar som mottagare av elektriska signaler från andra nervceller och om styrkan på dessa inkommande elektriska signaler överskrider ett tröskelvärde hos nervcellen, utlöses en signal (aktionspotential) som vandrar längs efter axonet och leds ut i en synaps där en koppling till andra nervcellers dendriter eller cellkropp sker. På detta sätt kommunicerar nervcellerna med varandra i det biologiska nervnätet. En central egenskap hos detta biologiska nervnät är dess plasticitet, dvs. det faktum att styrkan på kopplingarna mellan nervcellerna förändras beroende på vilka signaler den tar emot. Denna egenskap gör att människan kan anpassa sig till en föränderlig omgivning och lära sig av sina erfarenheter (Kolb & Wishaw, 2003).



Figur1. Biologiskt neuralt nätverk. (Negnevitsky, 2001, p. 164)

Syftet med att bygga ett artificiellt neuralt nätverk är som sagt att efterlikna den mänskliga hjärnans funktion och egenskaper. I likhet med hjärnan består ett konstgjort neuralt nätverk av ett antal tätt sammankopplade konstgjorda neuroner. Dessa har förmågan att ta emot signaler från övriga neuroner samt skicka iväg en signal som sprider sig till andra mottagande neuroner i nätverket (Negnevitsky, 2001).

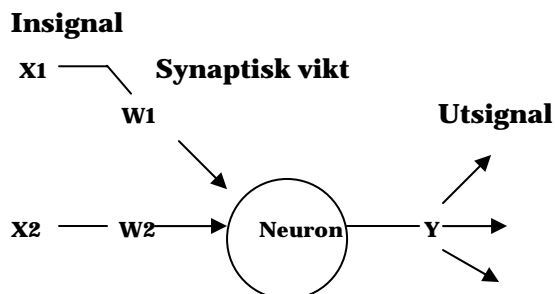
De slutliga utsignalerna från nätverket beror dels på vilka insignaler som presenterats, dels hur nätverket är konstruerat samt vilka värden de synaptiska vikterna har. De inkommande signalerna är utrustade med s.k. synaptiska vikter som motsvarar styrkan på kopplingarna i det biologiska neurala nätverket. En insignal kan exempelvis komma från en digital kamera. Kameran tar en bild på en siffra och denna bild delas in i ett rutmönster. Varje ruta betecknas med antingen en etta eller en nolla, ett s.k. binärt mönster. Dessa ettor och nollor representerar den siffra som ska identifieras och utgör sålunda nätverkets insignalmönster. På samma sätt som hos den biologiska neuronerna måste styrkan i de inkommande signalerna överskrida ett tröskelvärde för att neuronerna ska aktiveras och skicka en utsignal till andra neuroners kontaktställen. På detta sätt sker kommunikationen i ett konstgjort neuralt nätverk (Negnevitsky, 2001).

Som tidigare nämnts är en av de mest karaktäristiska egenskaperna hos den mänskliga hjärnan dess plasticitet vilket ger människan förmågan att lära sig av sina erfarenheter. Plasticiteten simuleras i ett konstgjort neuralt nätverk genom att insignalernas synaptiska vikter automatiskt justeras med hjälp av en inbyggd inlärningsmekanism.



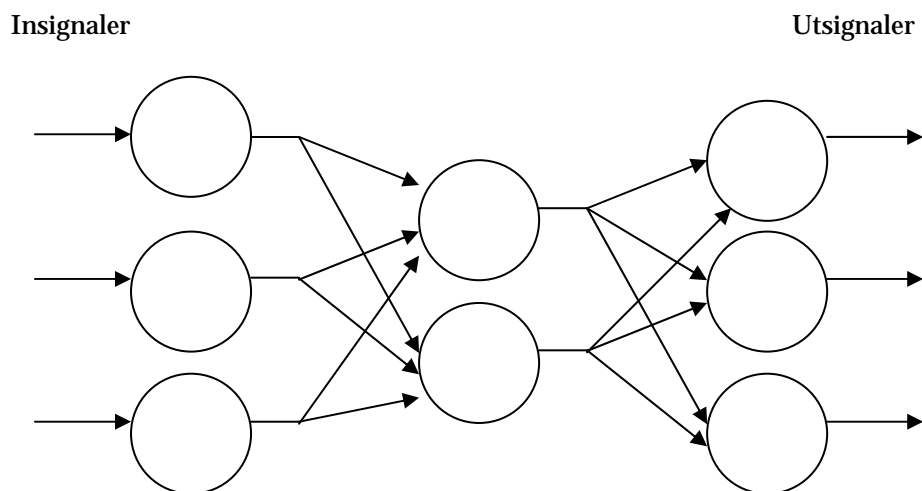
Denna inlärningsmekanism fungerar på så sätt att om utsignalen inte ger ett korrekt värde justeras vikterna i proportion till felets storlek. Ett stort fel ger sålunda en stor justering av de synaptiska vikterna medan ett mindre fel resulterar i en mindre korrigerings. Denna återkopplade korrigerings av de synaptiska vikterna gör att nätverket har en förmåga att stegvis lära sig ett önskat beteende (Thomas, 2003).

Figur 2 visar en konstgjord neuron. Varje insignal är utrustad med en synaptisk vikt som är motsvarigheten till styrkan på de synaptiska kopplingarna i det biologiska nätverket. Alla inkommande signaler multipliceras med sina respektive synaptiska vikter och överskrider denna summa ett tröskelvärde, aktiveras neuronerna och en utsignal skickas iväg (Thomas, 2003).



Figur 2. Konstgjord neuron. (Negnevitsky, 2001, p. 166)

Figur 3 visar ett konstgjort neuralt nätverk med tre konstgjorda neuronerna i det första lagret, två i det mellanliggande lagret och tre i utsignallagret. Insignalerna anländer till neuronerna i det första lagret som behandlar dessa och sedan skickar en utsignal vidare till neuronerna i nästa lager där en ny bearbetning sker osv.



Figur 3. Konstgjort neuralt nätverk. (Negnevitsky, 2001, p. 165).

Neurala nätverk används i dag på en rad områden. Exempelvis används neurala nätverk för att känna igen olika mönster såsom handskrift och fingeravtryck. En annan tillämpning kan vara att använda dessa nätverk för att förutspå exempelvis väder och aktiekurser (Thomas, 2003).

## **Teoretisk bakgrund**

### **Inläring**

Inläring är ett centralt begrepp i denna uppsats.

Rent generellt kan man säga att inläring kan definieras som en process genom vilken olika erfarenheter modifierar en tidigare existerande förståelse eller beteende. Inläring är en central förmåga hos människan då den är en förutsättning för och involverad i de flesta mänskliga beteenden. Utan en förmåga till inläring skulle människan exempelvis inte kunna kommunicera genom språk eller utföra de rörelser som krävs för att knyta skorna, klä på sig osv. (Bernstein, Clarke-Stewart, Penner, Roy, Wickens, 2000).

Det finns olika typer av inläring. Det finns dels en enkel form av inläring som rör individuella stimuli, dels en form av inläring som rör associationer mellan olika stimuli samt även en typ av inläring som involverar högre, kognitiva processer. Den typ av inläring som fokuseras på i denna uppsats är operant betingning vilket är en form av inläring som rör associationer mellan olika stimuli (Bernstein et al., 2000).

Undersökningen kommer att genomföras i enlighet med det behavioristiska synsättet på inläring vilket innebär att det som är intressant för forskaren är endast det yttre, observerbara beteendet, inte några inre, kognitiva processer (Eysenck, 2000).

### **Operant betingning**

Grunden till denna klassiska inläringsteori lades av Edward Thorndike. Enligt Thorndike styrdes inläringen av en generell lag som han kallade "law of effect". Denna lag förutsäger att om ett beteende utfört i närvaron av ett visst stimuli

följs av ett tillfredställande resultat, såsom en belöning, kommer detta beteende med allt större sannolikhet att upprepas nästa gång samma stimuli presenteras.

Det motsatta resultatet uppkommer när en viss respons får obehagliga konsekvenser. I det fallet kommer sannolikheten för att beteendet upprepas att minska.

Thorndike kallade denna typ av inläring för instrumentell betingning (Thorndike, 1932).

Genom teorin om operant betingning vidareutvecklade B. F Skinner Thorndikes idéer med det övergripande syftet att studera hur beteende påverkas av sina konsekvenser.

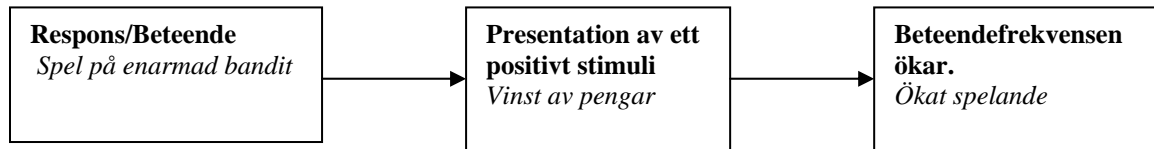
Operant betingning är en form av inläring som innefattar associationer mellan olika beteenden och konsekvenserna av dessa beteenden. Effekterna på ett visst beteende skiljer sig åt, beroende på vilken typ av konsekvens som åtföljer beteendet (Eysenck, 2000).

Centrala begrepp förknippade med operant betingning inkluderar operant, positiv förstärkning, bestraffning samt utsläckning.

En operant definieras som en viss respons eller beteende som "opererar" på omgivningen och har en effekt på denna. Responsen eller beteendets effekt på omgivningen består i att denna producerar en viss konsekvens. Ett exempel är en person som spelar på en enarmad bandit. Den operanta responsen utgörs då av att personen sätter ett mynt i maskinen och drar i spaken (Skinner, 1953).

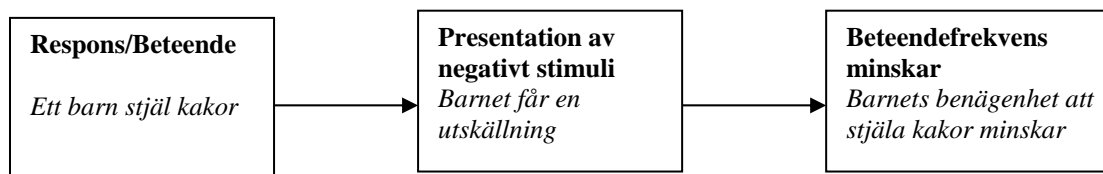
En förstärkning ökar sannolikheten för att en operant respons upprepas.

En positiv förstärkning är konsekvensen som följer på en operant respons och ökar sannolikheten för att denna upprepas. Om man använder exemplet med den enarmade banditen så utgör belöningen, i form av den vinst som erhålls efter man dragit i spaken, en positiv förstärkning. Teorin förutsäger då att vinsten, i sin egenskap av förstärkare, leder till ett förändrat beteende i form av ett ökat spelande. Det är naturligtvis inte enbart pengar som kan verka positivt förstärkande på ett beteende utan den rollen kan antas av praktiskt taget allting som organismen värderar positivt. Mat, vatten, beröm, uppmärksamhet samt sexuell kontakt är ytterligare exempel (Skinner, 1953).



Figur 3. Exempel på positiv förstärkning.

Bestraffning är, genom den påverkan den har på individens beteende, raka motsatsen till förstärkning, vilket innebär att bestraffningen minskar sannolikheten för att en respons ska utföras. Bestraffningen kan antingen vara i form av att individen tillförs någonting obehagligt/icke-önskvärt, eller att man avlägsnar någonting som individen verkligen uppskattar. En bestraffning av den förstnämnda typen kan bestå av tillsägelser, fysiskt våld, hot om våld eller andra saker som upplevs negativt av individen (Skinner, 1953).



Figur 4. Exempel på bestraffning.

En av de karaktäristiska effekterna av bestraffning på en individs beteende, och någonting som Skinner betonade, är dess ineffektivitet när det gäller att totalt utradera ett beteende. Bestraffningens effekt består vanligtvis i att ett beteende endast undertrycks så länge beteendet bestraffas. Upphör bestraffningen kommer det tidigare undertryckta beteendet att successivt återvända till den nivå som förelåg innan bestraffningen inleddes. Bestraffningens effekt när det gäller att kontrollera ett visst beteende är följaktligen beroende av att bestraffning utdelas vid varje tillfälle som det oönskade beteendet visar sig (Skinner, 1953).

Denna effekt påminner till vissa delar om den utsläckning som sker i samband med att man upphör att positivt förstärka ett visst beteende. Avsaknaden av den positiva förstärkningen resulterar då i en successivt minskad benägenhet att visa upp detta beteende.

I båda fallen handlar det om att kopplingen mellan beteendet och dess konsekvenser bryts (Skinner, 1953).

## **Operationalisering**

Lydnad är ett centralt begrepp i denna uppsats i och med att det är den egenskap som mäts under experimentet och avser det antal uppmaningar AIBO behöver för att utföra ett kommando.

## **Syfte**

Syftet är att se om det är möjligt att hitta något som efterliknar den mänskliga inlärningsförmågan i en robot. För att besvara syftet har vi ställt upp följande frågeställningar.

Hur påverkas robotens lydnad av bestraffning och belöning och kan man se likheter mellan hur roboten och människan påverkas av denna betingning? Hur påverkas robotens lydnad när bestraffning och belöning inte längre ges och har denna eventuella påverkan några likheter med hur människans beteende påverkas under liknande omständigheter?

## **Metod**

För att besvara vårt syfte och frågeställningar utfördes ett experiment. Avsikten med experimentet var att i en inledande manipulationsfas manipulera den oberoende variabeln genom att antingen belöna eller bestraffa AIBO efter den utfört tre kommandon. I en avslutande mätfas mättes sedan effekten på den beroende variabeln; AIBO's benägenhet att lyda dessa tre kommandon.

## **Försöksobjekt**

Experimentet utfördes med Sonys robot AIBO (Artificial Intelligence roBOT) modell ERS 210. AIBO består av ett huvud med ett synsystem i form av en kamera, fyra ben, inbyggd hörsel, inbyggd röst samt ett antal beröringskänsliga sensorer på kroppen. AIBO är även utrustad med ett memory stick som förutom att det inkluderar ett antal grundbeteenden även fungerar som AIBO's minne och är sålunda en förutsättning för att AIBO ska kunna utveckla en personlighet baserad på de erfarenheter den gör. AIBO "lägger saker på minnet" genom att de erfarenheter

den gjort medan den varit påslagen laddas ned till memory-sticket när AIBO slås av. ([http://www.aibo-europe.com/1\\_1\\_3\\_ers7\\_aa\\_start.asp?language=en](http://www.aibo-europe.com/1_1_3_ers7_aa_start.asp?language=en))

AIBO är i grunden en underhållningsrobot med förmågan att uppfatta och interagera med sin omgivning på olika sätt. Den kan bland annat "känna" när man klappar den, registrera olika rörelser i sin omgivning samt uppfatta en del ord. Vad som dock är viktigast, och anledningen till att vi valde att använda oss av just AIBO, är det faktum att den är utrustad med en viss inlärningsförmåga och påverkas av den miljö där den rör sig och den interaktion den har med sin omgivning (Nordin & Wilde, 2003). Denna interaktion sker antingen genom verbal kommunikation eller taktila stimuli som formar AIBO's personlighet och sinnestämning. Ger man AIBO beröm och uppmärksamhet uttrycker den sin glädje genom att vara mer aktiv och lyhörd på olika kommandon. Om han däremot ignoreras eller bestraffas hamnar den i ett mer nedstämt tillstånd som bland annat utmärks av ett minskat intresse för sin omgivning samt en försvagad vilja att lyda kommandon ([http://www.aibo-europe.com/1\\_1\\_3\\_ers7\\_aa\\_start.asp?language=en](http://www.aibo-europe.com/1_1_3_ers7_aa_start.asp?language=en)). Det faktum att AIBO har förmågan att i viss utsträckning lära sig och påverkas av sin omgivning beror på att den är programmerad enligt principerna för ett så kallat neuralt nätverk. Dessa principer redovisades i det tidigare avsnittet om maskininlärning. I AIBO's fall innebär det att information tas in och bearbetas för att sedan utmynna i en viss respons. Resultatet eller konsekvenserna av denna respons återkopplas och påverkar sedan det framtida beteendet.



*Figur 5. AIBO modell ERS 210.*

## **Procedur**

### **Pilotstudie**

Som ett led i utformningen av experimentet utfördes en pilotstudie för att kunna åtgärda eventuella fel och brister i experimentdesignen. Pilotstudien bestod av en manipulationsfas och en mätfas. I manipulationsfasen belönades respektive bestraffades AIBO när den utförde kommandona "turn right", "sing a song" och "come here". Varje kommando manipulerades 30 gånger vardera. I mätfasen mättes AIBO's benägenhet att lyda kommandona genom att AIBO uppmanades att utföra samma kommandon som i manipulationsfasen. Antalet uppmaningar som krävdes för att AIBO skulle utföra kommandot protokollfördes. Varje kommando mättes 30 gånger vardera i mätfasen.

### **Manipulationsfas**

I denna fas av experimentet utfördes manipulationen av den oberoende variabeln. Manipulationsfasen var uppdelad i en bestraffnings och en belöningsbetingelse och gick till på så sätt att AIBO gavs olika kommandon och beroende på den aktuella betingelsen blev AIBO antingen bestraffad eller belönad varje gång den korrekt utförde ett kommando.

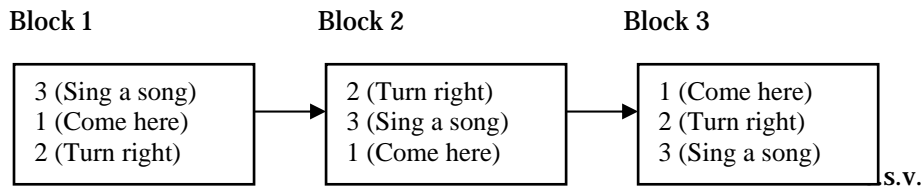
Efter att AIBO utfört ett kommando och fått belöning eller bestraffning fortsatte manipulationen med nästa kommando. Om AIBO inte utförde ett kommando efter tjugo uppmaningar lämnades detta och manipulationen gick vidare med ett nytt kommando. Detta gjordes för att hålla nere tidsåtgången, framförallt under bestraffningsbetingelsen där vi under pilotstudien fann att AIBO hade en tendens att behöva ett väldigt stort antal uppmaningar innan den utförde ett kommando.

AIBO tränades med kommandona "come here", "turn right" och "sing a song".

Att just dessa kommandon valdes berodde på att AIBO, i pilotstudien, visade sig ha förmågan att utföra alla tre kommandon oavsett utgångsläge, dvs. den hade kapacitet att utföra dessa tre uppgifter oberoende av om den satt, låg eller stod upp när den fick respektive kommando.

Innan manipulationen inleddes skapades sammanlagt 40 block, vart och ett bestående av de tre kommandona. De 40 blocken skapades genom att varje kommando gavs en sifferbeteckning; come here fick 1, turn right 2 och sing a song 3. En sifvertabell där ordningen på siffrorna kommer i en slumpmässig ordning

användes för att placera kommandona i de olika blocken på ett slumpmässigt sätt. Kommandona 3 1 2 bildade ett block på samma sätt som 2 3 1 bildade ett annat osv. Figur 6 visar några exempel på dessa block.



Figur 6. Exempel på hur de tre kommandona slumpmässigt bildar de olika blocken.

Under manipulationsfasen upprepades dessa block innehållandes de tre kommandona fyrtio gånger per betingelse. AIBO fick således utföra varje kommando sammanlagt fyrtio gånger per betingelse.

Eftersom syftet med experimentet var att mäta den effekt som belöning respektive bestraffning hade på AIBO's benägenhet att lyda de tre kommandona, var det viktigt att försäkra sig om att AIBO hade uppfattat det givna kommandot, men även att säkerställa att den hade registrerat belöningen eller bestraffningen. För att försäkra sig om detta ställdes det upp vissa krav som behövde uppfyllas för att AIBO skulle anses ha utfört det aktuella kommandot på ett korrekt sätt.

De krav som ställdes upp innebar att AIBO först skulle bekräfta att den uppfattat kommandot genom att avge en ton och klippa med öronen för att sedan utföra det aktuella kommandot. Efter att AIBO utfört det aktuella kommandot följde antingen belöning eller bestraffning beroende på vilken betingelse som manipulerades. För att försäkra sig om att AIBO uppfattat belöningen respektive bestraffningen fanns kravet att den skulle avge sitt karaktäristiska "belönings" respektive "bestraffningsljud". Vidare skulle AIBO, efter att ha blivit belönad respektive bestraffad, visa upp ett grönfärgat respektive rödfärgat mönster i sitt "ansikte".

Belöning gavs i form av två strykningar på huvudets sensor i bakåtgående riktning inom en sekund efter AIBO avslutat sina rörelser.

Bestraffning gavs genom två lätta knackningar med fingertoppen på huvudets sensor, även detta, inom en sekund efter att AIBO avslutat sina rörelser.

Beröm/bestraffning gavs taktilt eftersom det i pilotstudien visade sig att AIBO reagerade snabbare och tydligare efter en sådan påverkan.



När det gällde själva utförandet av kommandona fanns det även där vissa kriterier som behövde uppfyllas. För att AIBO skulle anses ha utfört kommandot "come here" på ett godkänt sätt skulle den sätta sig ned, böja huvudet bakåt, vrida det från sida till sida samtidigt som den gav ifrån sig ett ljud. Den skulle sedan ställa sig upp och röra sig framåt cirka två meter. Ytterligare en variant av utförandet av kommandot "come here" godkändes. Denna innebar att AIBO inte vred på huvudet efter att den hade satt sig utan från sittande ställning reste den sig och gick framåt cirka två meter.

För att AIBO skulle anses ha lyckats utföra kommandot "turn right" skulle den vända hela kroppen åt höger. Efter uppmaningen "sing a song" skulle AIBO avge ett melodiliknande ljud. AIBO's mun skulle vara öppen och röra sig i takt med melodin.

AIBO har ett något oförutsägbart rörelsemönster vilket gjorde det svårt att konstanthålla ett visst tidsintervall mellan kommandona. Istället för att hålla sig till ett bestämt tidsintervall gavs kommandona när AIBO ansågs vara redo att ta emot dessa. De kriterier som ställdes upp för att AIBO skulle anses vara "redo" att ta emot ett kommando inkluderade att den skulle vara tyst och kroppen (förutom huvudet) samt extremiteterna, inklusive svansen, skulle vara helt stilla. Under pilotstudien visade det sig att AIBO registrerade olika uppmaningar trots att dess huvud rörde sig vilket är anledningen till att det inte fanns något krav på att även denna "kroppsdelen" skulle vara helt stilla.

Kommandona gavs med en klar och tydlig röst på ett avstånd av cirka en och en halv meter så fort AIBO bedömdes vara redo att ta emot dem.

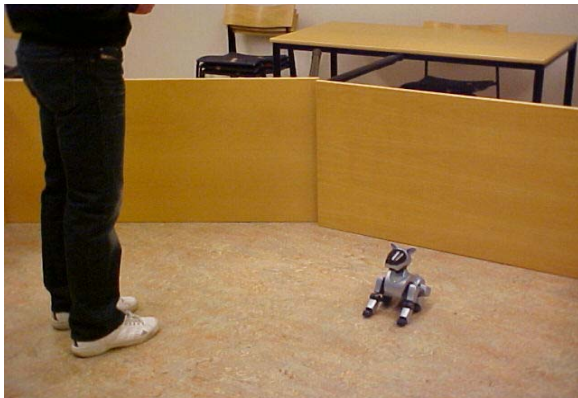
Från att AIBO startats upp sattes en tidsgräns på tre minuter innan det första kommandot gavs. Anledningen till detta var att under en inledningsfas på cirka två och en halv minut är AIBO inte mottaglig för några kommandon.

Två personer genomförde experimentet. En av dessa gav AIBO de olika kommandona samt utdelade belöning och bestraffning. Den andra personen protokollförde det antal uppmaningar AIBO behövde för att utföra kommandona samt såg till att kommandona gavs i rätt ordning och belönades och bestraffades på ett korrekt sätt.

Innan manipulationen inleddes laddades batterierna ur för att sedan laddas tills indikatorn på laddningsstationen visade att batteriet var fulladdat.

Efter 60 minuter ersattes det använda batteriet med ett nytt, fulladdat batteri. Tidtagningen gjordes med hjälp av tidtagarur.

Manipulationen utfördes på en yta av fjorton kvadratmeter. Som visas i figur 7 avgränsades denna yta av en sarg bestående av nedlagda bord. Samma lokal användes under hela manipulationsfasen. Under samtliga manipulationstillfällen bar experimentledarna mörka kläder och den enda interaktionen som förekom med AIBO skedde i form av de röstkommandon och den beröring som beskrivits ovan.



*Figur 7. Nedlagda bord som bildar den yta som AIBO kunde röra sig inom under experimentet.*

### **Mätfas**

Under mätfasen mättes effekten av variationen av den oberoende variabeln på den beroende variabeln dvs. belöningen och bestraffningens påverkan på AIBO's lydnad.

Syftet med mätningen var att se hur väl AIBO lydde vart och ett av de tre kommandona beroende på om den blivit bestraffad eller belönad när den utförde dessa under manipulationsfasen.

I mätningen användes tre memory-stick av vilka två tidigare manipulerats genom bestraffning och belöning medan den tredje förblev omanipulerad för att fungera som en kontroll/baseline. Memory- sticken lästes efter manipulationen vilket innebar att AIBO inte lagrade ner några nya erfarenheter under mätfasen.

För vart och ett av de tre memory-sticken/betingelserna testades varje kommando 20 gånger. AIBO erhöll samma kommandon som i manipulationsfasen. För att undvika en eventuell ordningseffekt fick de tre kommandona bilda olika block. Kommandonas ordningsföljd inom dessa block fördelades slumpmässigt. Varje enskilt block bestod, liksom i manipulationsfasen, av kommandona "come here", "turn right" samt "sing a song".

Fem mätomgångar genomfördes för varje betingelse. Varje mätomgång innehöll tjugo mätningar av vart och ett av de tre kommandona vilket sammanlagt för varje betingelse gav hundra mätningar per kommando.

Mätningen genomfördes genom att AIBO uppmanades att utföra de olika kommandona. Varje enskilt kommando upprepades tills AIBO utförde detta, vilket sedan följdes av nästa kommando i blocket osv. Antalet uppmaningar för varje kommando begränsades till tio. Om AIBO inte lydde inom dessa tio uppmaningar fortsatte mätningen med nästa kommando. Kriterierna för vad som skulle räknas som ett godkänt utförande av ett kommando var desamma som i manipulationsfasen med undantag för att det under mätningen inte gavs någon belöning eller bestraffning efter att AIBO utfört ett kommando. Det vill säga, AIBO skulle registrera uppmaningen genom att klippa med öronen samt avge sin karaktäristiska ton och sedan genomföra det aktuella kommandot.

Mätningen genomfördes av två personer, en av dessa vistades tillsammans med AIBO inom det inhägnade området och gav de olika kommandona. Den andre befann sig utanför inhägnaden och noterade hur många gånger ett kommando behövde upprepas innan AIBO utförde detta.

Ett batteri per mätomgång användes. Varje mätomgång fick som längst pågå i sjuttio minuter. Denna maxgräns sattes på grund av att AIBO, under pilotstudien, visade tendenser till försämrad uppmärksamhet efter att ha varit aktiverad under cirka nittio minuter.

För att vara säkra på att kunna utnyttja batteriernas fulla kapacitet laddades dessa ut för att sedan laddas tills indikatorn på AIBO's batteristation visade att de var fulladdade. Urladdningen av batterierna skedde genom att AIBO fick vara påslagen tills dessa var helt tömda.

För att förvissa sig om att experimentledarna förblev ovetande om vilken betingelse som mättes anlätades en utomstående person som fick förvara samtliga memory-stick samt ansvara för att dessa byttes. Denna person noterade även vilket av memory-sticken som användes under olika delar av mätfasen.

När AIBO startas inleder den ett ljud och rörelseprogram under vilken den inte är mottaglig för uppmaningar. Med anledning av detta gavs inga kommandon förrän efter tre minuter hade förflutit från det att AIBO startades upp.

Lokalen och den inhägnad som AIBO vistades i under mätfasen var identisk med den som användes i manipulationsfasen.

## **Databearbetning**

Resultatet från experimentet fördes in i och bearbetades av ett statistiskt program (SPSS).

Deskriptiv statistik räknades ut för varje betingelse vilket sedan följdes av en signifikansprövning av skillnaderna i medelvärde mellan respektive betingelse. Signifikansprövningen genomfördes med ANOVA vilket sedan följdes av parvisa jämförelser av de olika medelvärdena för att se var de signifikanta skillnaderna var belägna. De parvisa jämförelserna utfördes med Tukey HSD testet.

Samma rutin som ovan följdes för att undersöka skillnaderna mellan de olika betingelserna för varje enskilt kommando.

Utvecklingen av AIBO's lydning under manipulations och mätfasen i de olika betingelserna analyserades med ANOVA och t-test. Vidare utfördes parvisa jämförelser av medelvärdena från olika faser under mätningen för att kunna lokalisera var signifikanta skillnader var belägna.

## **Resultat**

Syftet med experimentet var att undersöka om det var möjligt att hitta någonting som efterliknade den mänskliga inlärningsförmågan i en robot.

För att besvara syftet var följande frågeställningar intressanta: Vi ville se hur AIBO påverkades av belöning och bestraffning samt undersöka hur beteendet påverkades när belöning och bestraffning inte längre gavs.

Detta avsnitt inleds med en redovisning av de resultat som visar AIBO's benägenhet att lyda olika kommandon beroende på om den tidigare blivit bestraffad eller belönad. Efter det följer data som visar hur AIBO's benägenhet att lyda de olika kommandona påverkades när dessa inte längre bestraffades eller belönades under mätfasen.

För att analysera hur AIBO's beteende påverkades när det inte längre gavs någon belöning och bestraffning, gjordes en jämförelse mellan utvecklingen av AIBO's lydnad under de två manipulationsfaserna och de olika mätfaserna för varje betingelse.

För att se utvecklingen av lydnaden under mätfasen delades resultaten från varje mätomgång in i fyra grupper `a fem mätningar vardera. Mätning ett till fem i var och en av de fem mätomgångarna i varje betingelse bildade en grupp, mätning sex till tio en annan grupp osv. Ett medelvärde räknades sedan ut för varje grupp.

Manipulationsfasen för varje betingelse delades upp i fyra grupper av tio kommandon vardera. Kommando ett till tio bildade en grupp, kommando elva till tjugo en annan osv. Ett medelvärde räknades ut för varje grupp.

Resultatet från kommandot "sing a song" uteslöts då resultaten från bestraffnings, kontroll och belöningsbetingelsen visade sig vara i det närmaste identiska.

*Tabell 1. Genomsnittligt antal uppmaningar för kommandona "come here" och "turn right" i de tre betingelserna*

Betingelse	N	Medelvärde
Bestraffning	200	4,8
Belöning	200	1,45
Kontroll	200	1,32

Tabell 1 visar hur de olika betingelserna påverkade AIBO's benägenhet att lyda de olika kommandona. Bestraffningen hade en negativ påverkan på AIBO's lydnad. Den behövde i genomsnitt 4,8 uppmaningar för att utföra ett kommando efter att ha blivit bestraffad under manipulationsfasen medan det i princip inte fanns någon skillnad i det genomsnittliga antalet uppmaningar mellan kontroll och belöningsbetingelsen. Skillnaden i antalet uppmaningar mellan de olika betingelserna var signifikant,  $F(2, 597) = 161,72$ ,  $p < .001$ . En parvis jämförelse av de tre betingelserna visade att det var bestraffningen som hade den signifikanta effekten på AIBO's lydnad. ( $p < .05$ )

Tabell 2. Genomsnittligt antal uppmaningar för kommandot "come here" i de tre betingelserna

Betingelser	N	Medelvärde
Bestraffning	100	4,66
Belöning	100	1,16
Kontroll	100	1,06

Tabell 2 visar det genomsnittliga antalet uppmaningar för kommandot "come here" i de olika betingelserna. Efter att tidigare blivit bestraffad behövde AIBO i genomsnitt 4,66 uppmaningar för att utföra kommandot "come here". Det fanns i princip ingen skillnad mellan kontroll och belöningsbetingelsen.

Skillnaden i antalet uppmaningar mellan de olika betingelserna var signifikant  $F(2, 297) = 97.57, p < .01$ . En parvis jämförelse mellan de tre betingelserna visade att det var bestraffningen som hade den signifikanta effekten på AIBO's lydning. ( $p < .001$ )

Tabell 3. Genomsnittligt antal uppmaningar för kommandot "turn right" i de tre betingelserna

Betingelser	N	Medelvärde
Bestraffning	100	4,94
Belöning	100	1,74
Kontroll	100	1,58

Tabell 3 visar medelvärdena över antalet uppmaningar för kommandot "turn right" i de olika betingelserna. Det krävdes i genomsnitt 4,94 uppmaningar innan AIBO lydde kommandot under bestraffningsbetingelsen. Resultaten från kontroll samt belöningsbetingelsen uppvisade sinsemellan likartade resultat.

En signifikant skillnad i det genomsnittliga antalet uppmaningar mellan de olika betingelserna kunde konstateras  $F(2, 297) = 67.99, p < .01$ . Den parvisa jämförelsen visade att bestraffningen var den av betingelserna som hade en signifikant effekt på AIBO's lydning. ( $p < .05$ ).

Tabell 4. Förändring av antalet uppmaningar för kommandot "come here" under manipulationsfasen i bestraffningsbetingelsen (Medelvärdena kan variera mellan 1 och 20)

Kommando	N	Medelvärde
1-10	10	1,7
11-20	10	6,4
21-30	10	8,5
31-40	10	10

Tabell 4 visar hur AIBO's lydnad utvecklas när den får bestraffning under manipulationsfasen. Det skedde en försämring av AIBO's lydnad allteftersom antalet bestraffningar i manipulationsfasen ökade. Medelvärdena ökade från 1,7 för de första 10 kommandona till 10,0 för de sista 10 kommandona. Denna försämring var statistiskt signifikant  $F(3, 36) = 13.18, p < .001$ . Parvisa jämförelser av medelvärdena visade att de signifikanta skillnaderna fanns mellan de 10 kommandon som gavs först under manipulationsfasen och kommandona 11-20 ( $< .05$ ), 21-30 och 31-40 ( $< .001$ ).

Tabell 5. Förändring av det genomsnittliga antalet uppmaningar för kommandot "come here" under mätfasen i bestraffningsbetingelsen (Medelvärdena kan variera mellan 1 och 10)

Stadier av Mätning	N	Medelvärde
1-5	25	6,56
6-10	25	4,96
11-15	25	3,64
16-20	25	3,48

Tabell 5 visar utvecklingen av antalet uppmaningar under mätfasen efter att AIBO blivit bestraffad. Det skedde en stegvis förbättring av AIBO's benägenhet att lyda kommandot "come here". Under de första fem mätningarna krävdes det i medeltal 6,56 tillsägelser innan AIBO lydde. Under de fem sista lydde AIBO i genomsnitt efter 3,48 tillsägelser. Skillnaden mellan medelvärdena för de olika stadierna av mätningen var signifikant  $F(3, 96) = 4.48, p < .05$ . Parvisa jämförelser av medelvärdena visade att det fanns en signifikant skillnad i medelvärde mellan mätningarna 1-5 och 11-15 ( $< .05$ ) samt mellan 1-5 och 16-20 ( $< .01$ ).

Tabell 6. Förändring av antalet uppmaningar för kommandot "turn right" under manipulationsfasen i bestraffningsbetingelsen (Medelvärdena kan variera mellan 1 och 20)

Kommando	N	Medelvärde
1-10	10	1,6
11-20	10	3,2
21-30	10	4,1
31-40	10	8,5

Tabell 6 visar en successiv försämring av AIBO's lydning av kommandot "turn right" i manipulationsfasen allteftersom antalet bestraffningar ökar. Under de första 10 kommandona lyder AIBO i genomsnitt efter 1.6 tillsägelser för att sedan successivt försämrans i sin lydning och till slut, under de sista 10 kommandona, i genomsnitt behöva 8.5 tillsägelser för att utföra ett kommando. Ökningen av antalet tillsägelser mellan de olika tidpunkterna under manipulationsfasen var statistiskt signifikant  $F(3, 36) = 12.59, (p < .001)$ .

De signifikanta skillnaderna fanns mellan resultaten för kommandona 31-40 och kommandona 21-30 ( $< .01$ ), 11- 20 och 1- 10 ( $< .001$ ).

Tabell 7. Förändring av det genomsnittliga antalet uppmaningar för kommandot "turn right" under mätfasen i bestraffningsbetingelsen (Medelvärdena kan variera mellan 1 och 10)

Stadier av Mätning	N	Medelvärde
1-5	25	6,28
6-10	25	5,36
11-15	25	4,44
16-20	25	3,68

Tabell 7 visar utvecklingen av antalet uppmaningar för kommandot "turn right" under mätfasen efter att AIBO blivit bestraffad. Det sker en successiv ökning av AIBO's benägenhet att lyda kommandot "turn right" under bestraffningsbetingelsens mätfas. Under första omgången krävdes det 6,28 uppmaningar innan AIBO lydde och under sista omgången lydde AIBO i genomsnitt efter 3,68 uppmaningar.

Skillnaden mellan medelvärdena för antalet uppmaningar var inte signifikant  $F(3, 96) = 2.69, p > .10$ . Trots detta var det intressant att analysera differensen mellan medelvärdena för första och sista stadiet av mätningen. För att göra detta utfördes ett



t-test (paired samples). Skillnaden mellan medelvärdet 6.28 för de första fem mätningarna och medelvärdet 3.68 för de sista fem mätningarna var signifikant  $t(24) = 2.98, p < .01$ .

*Tabell 8. Genomsnittligt antal uppmaningar för kommandot "come here" under mätfasen i belöningsbetingelsen (Medelvärdet kan variera mellan 1 och 10)*

Mätning	N	Medelvärde
Omgång 1-5	25	1,48
Omgång 6-10	25	1
Omgång 11-15	25	1,04
Omgång 16-20	25	1,12

*Tabell 9. Genomsnittligt antal uppmaningar för kommandot "turn right" under mätfasen i belöningsbetingelsen (Medelvärdet kan variera mellan 1 och 10)*

Mätning	N	Medelvärde
Omgång 1-5	25	1,48
Omgång 6-10	25	1,68
Omgång 11-15	25	2,12
Omgång 16-20	25	1,68

Tabell 8 och 9 visar det genomsnittliga antalet tillsägelser för kommandona "come here" och "turn right" under olika stadier i mätfasen efter att AIBO blivit belönad under manipulationsfasen. Som framgår av medelvärdena skedde ingen försämring av AIBO's lydriad när den inte längre fick någon belöning under mätfasen.

## Diskussion

Syftet med uppsatsen var att undersöka om det var möjligt att hitta någonting som efterliknade den mänskliga inlärningsförmågan i en robot.

För att besvara syftet undersöktes vilka effekter belöning och bestraffning hade på AIBO's benägenhet att lyda olika kommandon och om denna benägenhet ökade eller minskade som ett resultat av att belöningen respektive bestraffningen upphörde.

Resultatet visade på en statistiskt signifikant försämring av AIBO's lydriad som en konsekvens av tidigare bestraffning för både kommandot "come here" och "turn right".

Att AIBO's lydning stadigt försämrades som en följd av den bestraffning den utsattes för stämmer väl överens med hur en människa påverkas av bestraffning enligt teorin om operant betingning, vilket innebär att bestraffningen leder till att sannolikheten för att en respons ska utföras minskar (Skinner, 1953).

Utifrån det beteende som AIBO i det här fallet uppvisar skulle man kunna göra den tolkningen att AIBO lärt in en association mellan en respons, i form av utförandet av ett kommando, och konsekvensen av denna, i form av bestraffning. Detta efterliknar sålunda den associativa förmåga, som hos människan (och djuret) är en grundläggande inlärningsmekanism, inte bara för inläring genom operant betingning, utan för de flesta typer av inläring (Eysenck, 2000).

AIBO's lydning förbättrades inte som en följd av tidigare belöningar då antalet tillsägelser i belönings och kontrollbetingelsen var i stort sett identiska och detta kan möjligtvis bero på att den redan är förprogrammerad till en väldigt hög "lydnadsnivå". Om detta är fallet skulle det faktum att AIBO's lydning inte påverkades av belöning vara resultatet av en så kallad "takeffekt", då det inte finns något utrymme att ytterligare förbättra en redan mycket bra lydning.

Resultaten visade att AIBO's benägenhet att lyda förbättrades successivt när bestraffning uteblev under experimentets mätfas för både kommandot "come here" och "turn right".

Det fanns en signifikant skillnad mellan antalet tillsägelser som gavs tidigt respektive sent under mätfasen. Antalet tillsägelser praktiskt taget halverades från de fem första till de fem sista tillsägelseerna för båda kommandona.

Enligt Skinner (1953) består bestraffningens effekt på människan i undertryckandet av ett beteende. Detta gäller dock bara så länge bestraffningen upprätthålls. Om bestraffningen upphör kommer, normalt sett, det tidigare undertryckta beteendet att successivt återvända till den nivå som fanns innan bestraffningen inleddes.

Även i detta fall kan man konstatera att bestraffningens effekter på AIBO till stora delar överensstämmer med Skinners beskrivning av bestraffningens effekter på människan.

AIBO's benägenhet att lyda i manipulationsfasen försämrades i takt med antalet bestraffningar som utdelades och när bestraffningen sedan uteblev i mätfasen skedde en successiv förbättring av lydnaden.

Även om AIBO inte nådde den "lydnadsnivå" som den hade under inledningen av manipulationen bör man ha i åtanke att manipulationen genomfördes över fyrtio omgångar och om mätningarna hade fortsatt utöver de tjugo omgångarna som genomfördes, är det möjligt att "förbättringen" av lydnaden skulle ha fortsatt, för att till slut befinna sig på den nivå som fanns innan bestraffningen inleddes.

En motsvarande utsläckning av AIBO's lydnad i belöningsbetingelsen kunde inte urskiljas. Detta beror förmodligen på att AIBO redan är förprogrammerad till en hög lydnadsnivå vilket leder till att belöningen inte får någon positiv effekt på dennes lydnad och följaktligen finns det då inget betingat beteende som kan utsläckas när belöningen uteblir.

Sammanfattningsvis vill vi påstå att vi har kunnat besvara våra frågeställningar på ett sådant sätt att vi därigenom uppnått vårt syfte. AIBO har, vid bestraffning, visat upp ett beteende som liknar människans förmåga att låta konsekvenserna av sina handlingar påverka sitt framtida beteende. Vidare har vi hos AIBO sett att frekvensen av ett tidigare, av bestraffning, undertryckt beteende, ökar när bestraffningen uteblir vilket överensstämmer med människans beteende i liknande situationer.

Genom användandet av principerna för neurala nätverk, bestående av insignaler och utsignaler som resulterar i olika konsekvenser och som sedan återkopplas och påverkar framtida handlingar, har man hos Aibo, som i grunden endast är avsedd som en leksak, till viss del kunnat efterlikna en del av den mänskliga inlärningsförmågan.

Det beteende som AIBO efterliknat står trots allt endast för en väldigt liten del av människans totala beteenderepertoar, och från detta begränsade beteende är det väldigt långt till att skapa en robot med en intelligens, som på alla sätt är likvärdig med människans.

Men även om utvecklingen mot skapandet av en konstgjord intelligens som är jämbördig med människans intelligens är i sin linda, och det faktum att det människoliknande beteende AIBO visat upp i detta experiment endast kan ses som ett ytterst litet steg i denna riktning, kanske det inte är så

längsökt att tänka sig att det i framtiden kommer att finnas robotar, utrustade med en typ av intelligens, och med olika förmågor som ditintills varit förbehållna endast människan, såsom exempelvis förmågan att lära av erfarenheter, lösa problem samt tänka abstrakt.

### **Reliabilitet**

Ett reliabelt mätinstrument ska ge tillförlitliga, upprepbara resultat genom att man, så långt det är möjligt, eliminerar olika slumpfel. Ett tecken på att ett mätinstrument har tillfredsställande reliabilitet är om man vid upprepade mätningar får samma eller liknande resultat (Goodwin, 2002).

Även om det naturligtvis är omöjligt att fullständigt gardera sig mot olika slumpfel så planerades och genomfördes experimentet på ett sådant sätt att eventuella slumpinflytelsers inverkan på resultaten skulle minimeras. Det innebar att det utarbetades en noggrann procedur för hur experimentet skulle utföras med ambitionen att följa denna procedur till punkt och pricka. Men trots detta är det som sagt omöjligt att skydda sig mot att det uppstår slumpfel då dessa ofelbart finns med i alla typer av mätningar. Ett sådant slumpfel kan vara att olika ljud trängde in i lokalen och påverkade AIBO's uppmärksamhet. Ett annat kan vara att det sätt kommandona uttalades på varierade mätningarna emellan. Ett tredje möjligt slumpfel kan vara att protokollförarens uppmärksamhet varierar och på det sättet påverkar resultatet.

Upplägget vi använde under experimentet gjorde det dock möjligt att få en indikation på reliabiliteten hos vårt mätinstrument genom att varje betingelse mättes fem gånger. Det var endast en begränsad variation mellan dessa fem mätningar vilket tyder på att mätinstrumentet för detta experiment hade en godtagbar reliabilitet.

När det gäller reliabiliteten för experimentet som helhet, är det svårt att uttala sig innan experimentet har replikerats.

### **Validitet**

Med validitet avses mätinstrumentets giltighet i en viss situation dvs. hur väl man mäter det man avser att mäta (Goodwin, 2002).

### **Intern validitet**

Den interna validiteten handlar om i vilken utsträckning ett experiment är genomtänkt, välplanerat samt fritt från olika ovidkommande variabler. Med andra ord, hur säker man kan vara på att ens resultat på den beroende variabeln orsakats av variationen av den oberoende variabeln, och inte av någon annan, okontrollerad, ovidkommande variabel (Goodwin, 2002).

En av fördelarna med att utföra ett experiment är det faktum att experimentledarna, genom en noggrann planering av experimentdesignen, har möjlighet att utöva en sådan kontroll över situationen att olika potentiella ovidkommande variabler kan kontrolleras eller elimineras (Goodwin, 2002). Inför det aktuella experimentet har stor möda lagts vid att kontrollera ovidkommande variabler för att säkerställa att det enda som skiljer de olika betingelserna åt är variationen av den oberoende variabeln. Därmed inte sagt att man kan garantera att samtliga ovidkommande variabler har tagits hand om, det finns alltid en möjlighet att någon av dessa undgår ens uppmärksamhet. En möjlig ovidkommande variabel kan vara det faktum att den lokal som användes inte var helt ljudisolerad, vilket medförde att en del ljud temporärt trängde in i lokalen. Det observerades inga synliga tecken på att AIBO påverkades av dessa ljud men en sådan påverkan kan inte helt uteslutas. Ytterligare en möjlig ovidkommande variabel har att göra med att kommandona gavs muntligt. Även om det gjordes ansträngningar för att konstanthålla röstvolym, tonläge, uttal etc. genom hela experimentet, går det inte att garantera att det inte skedde vissa avvikelser mellan de olika kommandona, och att dessa inte påverkade AIBO's möjligheter att uppfatta vissa kommandon.

### **Begreppsvaliditet**

Begreppsvaliditet handlar om med vilken giltighet ett mätinstrument mäter en viss abstrakt företeelse eller begrepp. Hot mot begreppsvaliditeten kan inträffa när definitionerna eller operationaliseringarna av både den oberoende och den beroende variabeln i undersökningen inte är relevanta (Goodwin, 2002).

Experimentet gick ut på att se om det fanns något som efterliknade den mänskliga inlärningsförmågan i AIBO genom att mäta AIBO's lydnad i form av det antal tillsägelser denne behövde för att utföra ett visst kommando. Här kan man fråga sig om det går att mäta en abstrakt företeelse som inlärningsförmåga hos en robot och

om det sätt vi mätte den på var den mest lämpliga. Ett annat möjligt frågetecken när det gäller begreppsvaliditeten kan vara huruvida det är möjligt att använda en förändring av antalet uppmaningar som en indikation på att det skett en inläring.

### **Fortsatt forskning**

Efter att under en lång tid ha arbetat med AIBO har olika uppslag till vidare forskning dykt upp. Ett sådant är att undersöka hur människan påverkas och reagerar i en interaktion med AIBO. Kommer människan att behandla robohunden som om den vore en "riktig" hund och ger den upphov till olika känslor som till exempel en känsla av ansvar för den?

## Referenser

- Arkin, R.C. (1999) *Behavior based robotics*. Cambridge: MIT Press.
- Bernstein, D.A., Clarke- Stewart, A., Penner, L.A., Roy, E.J., & Wickens, C.D. (2000). *Psychology*. Boston: Houghton Mifflin Company
- Eysenck, M. (2000) *Psykologi/Ett integrerat perspektiv*. Lund: Studentlitteratur.
- Goodwin, C.J. (2002) *Research in psychology*. New York: John Wiley & Sons.
- Kolb, B., Wishaw, I.Q. (2003). *Fundamentals of human neuropsychology*. New York: Forth Worth Publishing.
- Negnevitsky, M. (2002) *Artificial intelligence: A guide to intelligent systems*. Harlow: Addison-Wesley.
- Nordin, P., Wilde, J. (2003) *Humanoider-Sjävlärande robotar och artificiell intelligens*. Stockholm: Liber AB.
- Skinner, B.F. (1938) *The behavior of organisms*. New York: Appleton- Century.
- Skinner, B.F. (1953) *Science and Human behavior*. Toronto: The macmillan company.
- Sobel, C.P. (2001) *The cognitive sciences*. Mountain View: Mayfield publishing company.
- Thomas, B. (2003) *Framtidens intelligens: en bok om AI, återkoppling och neurala nätverk*. Lund: Studentlitteratur.
- Thorndike, E.L. (1932) *The fundamentals of learning*. New York: Teachers college of Columbia University.
- [http://www.aibo-europe.com/1\\_1\\_3\\_ers7\\_aa\\_start.asp?language=en](http://www.aibo-europe.com/1_1_3_ers7_aa_start.asp?language=en), 2004-03-18