

## Donahoe, J. W. (2003) Selectionism<sup>1</sup>

I K. A. Lattal og P. N. Chase (red.) *Behavior theory and philosophy*. New York: Kluwer Academic / Plenum Publishers s. 103 – 128

Målet med dette kapitlet er tredelt: a) å beskrive seleksjon som en generell tilnærming til å forstå komplekse fenomener som produkter av relativt enkle prosesser som pågår over tid, b) å peke på konseptuelle hindringer for aksept av at kompleks adferd fremkommer gjennom seleksjon ved forsterkning, og c) å skissere et program for en ny moderne syntese – seleksjon av adferd gjennom forsterkning – som tilsvarende den tidlige historien til evolusjon gjennom naturlig seleksjon.

### Seleksjon: Komplexitetens kilde

En seleksjonsprosess består av tre trinn som henger sammen: variasjon, seleksjon og retensjon. Variasjon gir råmaterialet som seleksjon opererer på. Variasjon er kilden til alt nytt som oppstår gjennom gjentatte sykluser av tretrinnsprosessen, fordi seleksjon bare virker på allerede eksisterende enheter. Variasjon i seg selv er uten retning: faktorene som påvirker variasjon er ikke korrelert med de som selekterer (Campbell, 1974; men se Neuringer, denne boken)<sup>2, 3</sup>. Seleksjon ved omgivelsene er til fordel (eller ulempe) for visse varianter fremfor andre, og gir prosessen den retning den tilsynelatende har. Seleksjonsprosesser er imidlertid ikke styrt i betydningen teleologiske. Fremtiden trekker ikke nutiden mot seg; det er heller slik

<sup>1</sup>Oversatt av Gunnar Ree, Program for Læring i komplekse systemer, Institutt for atferdsvitenskap, Høgskolen i Oslo og Akershus

<sup>2</sup>Takk til Pedram Sadeghi for hjelp med figur 1.

<sup>3</sup>Publisert som Neuringer, A. (2003). Creativity and reinforced variability. I K. A. Lattal og P. N. Chase (red.), *Behavior theory and philosophy* (s. 323 - 338). New York: Kluwer Academic / Plenum Publishers.

at fortiden skyver nutiden inn i fremtiden. Seleksjonens retning avhenger helt av omgivelsene. Hvis de omgivende betingelsene er konstante eller endrer seg gradvis, kan adferd se ut som den er tilpasset omgivelsene: den viser fremsyn og målrettethet. Denne illusjonen knuses når omgivende betingelser endres brått. Seleksjonsprosesser forbereder oss på å oppføre oss i samsvar med tidligere betingelser, ikke fremtidige betingelser, med mindre de spiller fortiden. Retensjon, det tredje trinnet, lar de variantene som er begunstiget vare lenge nok til å legges til den variasjonen som fremtidig seleksjon virker på. Uten retensjon kan ikke seleksjon akkumuleres, og muligheten for kompleksitet utelukkes. Legg merke til at kompleksitet er et mulig, men ikke nødvendig utfall av den tre trinns seleksjonsprosessen. (For drøftinger av seleksjonismens implikasjoner for adferd, se Catania, 1995; Donahoe & Palmer, 1994; Donahoe & Wessells, 1980; D. C. Palmer & Donahoe, 1992; Skinner, 1966; Staddon & Ettinger, 1989). For mer generelle filosofiske betraktninger, se (Dennett, 1995; Hull, 1973; Mayr, 1988; og Sober, 1984)

To aspekter ved seleksjonsprosessen vektlegges her. For det første at de selekterende faktorene er utenfor objektene for seleksjon. Miljøet selekterer altså, ikke organismen. Hva angår seleksjon av adferd, er omgivelsene og organismen partnere omslynget i en evig dans, men det er alltid omgivelsene som fører. Organismen er ikke autonom. Selvsagt kan organismen indirekte påvirke seleksjonens retning gjennom virkningene av egen adferd på forsterkningsbetingelsene som påtreffes i omgivelsene i fremtiden. Selvkontroll krever imidlertid – med enhver videnskapelig meningsfylt betydning av begrepet – at man anerkjenner forrang omgivelsenes kontroll har. Paradoksalt nok får man mer virkelig selvkontroll jo mer man forsoner seg med at omgivelsene er viktigst.

Det andre aspektet ved seleksjonsprosessen er den gjensidige avhengigheten mellom de tre trinnene. Som en illustrasjon, kan man se på relasjonen mellom variasjon

og retensjon i seleksjonen av adferd. Ved fødselen består den tilgjengelige adferdsvariasjonen av de bevarte effektene ved seleksjon fra forfedrenes omgivelser (altså reflekssive relasjoner mellom omgivelsene og adferd) slik de påvirkes av midlertidige variasjoner i det nuværende miljøet. Etter fødselen blir den tilgjengelige adferdsvariasjonen raskt beriket med de bevarte effektene av tidligere seleksjoner fra individets omgivelser, det vil si seleksjon ved forsterkning. Om forsterkningsbetingelsene i noen grad er variable (altså at litt forskjellige operanter selekteres i like omgivelser) vokser den tilgjengelige adferdsvariasjonen (se Neuringer, denne boken). Hvis omgivelsene derimot selekterer bare et lite antall miljø – adferdrelasjoner reduseres variasjonen, og dermed muligheten for kompleksitet (se f. eks. Schwartz 1980).

Seleksjonisme har seiret i biologien. Darwins prinsipp om naturlig seleksjon er kjernen i hvordan vi forklarer fremveksten av kompleksitet fra molekyler til mennesker. Imidlertid er situasjonen anderledes innenfor psykologi. Blandt disiplinene som påstår å ha adferd som tema er det bare adferdsanalyse som betrakter ett enkeltprinsipp – forsterkningsprinsippet – som den sentrale innsikt i fenomener fra betinging til kognisjon (f. eks. Donahoe & Palmer, 1994/2004). For adferdsanalyse avgjør konsekvensene av adferd denne adferdens skjebne, uansett om den er enkel eller kompleks. Noen konsekvenser øker sannsynligheten for en gitt adferd i et gitt miljø, og kalles forsterkere. Andre konsekvenser reduserer sannsynligheten, og kalles straffere. Det er gjort store skritt i retning av å formulere et forsterkningsprinsipp som kan omfatte et bredt utvalg av observasjoner på mange målenivåer (f. eks. Baum, 1973; Donahoe, Burgos, & Palmer, 1993; Herrnstein, 1970; Premack, 1959; R. A. Rescorla & A. R. Wagner, 1972; Staddon, 1983; Timberlake & Wozny, 1979). Likevel er det få psykologer som deler det adferdsanalytiske synet på forsterkning som grunnleggende i tilblivelsen av komplekse menneskelige adferd.

Hvorfor har ett enkelt seleksjonsprinsipp seiret i biologien, men blitt oversett i psykologi? Når vi leter etter svar kan det være lærerikt å se på de hendelsene som førte til at biologien aksepterte seleksjonisme. Hvis seleksjon ved forsterkning skal dominere i psykologien, kan det være at det kreves tilsvarende omstendigheter.

### Paralleller til evolusjonsbiologi

Naturlig seleksjon er nu akseptert som det samlende prinsippet i biologien, men det tok tid før denne enigheten ble oppnådd, og i samfunnet utenfor videnskapen er prinsippet fortsatt kontroversielt. De fleste av Darwins samtidige aksepterte den generelle forståelsen av evolusjon også før «Om artenes opprinnelse» ble utgitt i 1859. Det vil si at de godtok den generelle påstanden at komplekse arter på en eller annen måte var relatert til sine forfedre. Imidlertid avviste mange av disse biologene naturlig seleksjon som det overordnede forklaringsprinsippet. Det fleste trodde at naturlig seleksjon spilte en rolle i frembringelsen av små forandringer – varianter innenfor arter – men ikke i det som ble betraktet som kvalitative forandringer arter imellom. Forskjeller i fjærdrakten hos duer kunne nok skyldes naturlig seleksjon, men ikke de større forskjellene som f. eks. mellom reptiler og fugler. At naturlig seleksjon kunne bygge broer over skillene mellom forskjellige arter – typer, slag eller essenser – var utenkelig (Carpenter, 1860).

For den som studerer adferd, er individuell utvikling det konseptuelle motstykket til naturlig seleksjon. Tanken om utviklingen – at barnet er den voksnes opphav – er ugiendrivelig. Vi forstår uten videre at individet utvikler seg, fordi vi kan oppfatte det i løpet av levetiden til en enkeltobservatør, i motsetning til tidsskalaen for evolusjon. Imidlertid står psykologi overfor vanskeligheter som biologer ikke møter i analysen av evolusjon: tidligere seleksjoner etterlater ingen fysiske spor som lett kan observeres innenfor adferdens måleskala – det finnes

altså ingen adferdsfossiler. Det som varer er slike subtile adferdsrelikvier som de adferdsendringene som fremkommer under ekstinksjon (se Epstein, 1983) eller endringer i synaptisk effektivitet mellom neuroner. Det sistnevnte er for øvrig etterlatenskaper som har få, om noen, identifiserbare motstykker på adferdsnivå. Å observere synaptiske endringer krever sofistikert teknologi som bare nylig har blitt tilgjengelig. Denne tilstanden – sammen med at vi bare kan observere deler av forsterkningshistorien til all kompleks adferd – fremmer henvisninger til utviklingsmessige brudd; til utviklingsstadier. Stadier er de konseptuelle motstykkene til spesielle skapelseshandlinger, og er kjennemerke for mange utviklingsteorier (se for eksempel Piaget, 1953). Vil mer fullstendige observasjoner på adferdsnivå og neuralnivå avdekke at omgivelsenes selekterende effekt har like lite behov for postulater om ulike utviklingsstadier som naturlig seleksjon har for separate skapelseshandlinger? Jeg har en mistanke om det. Darwins kommentar om ufullstendigheten i fossile funn kan anvendes med samme kraft om utviklingshistorier, ”de viktigste innvendingene angår spørsmål der vi bekjenner vår uvitenhet, og vi vet ikke en gang hvor uvitende vi er” (Darwin, 1859/1964, s. 466).

### Naturlig seleksjon

Som nevnt omfavnet det biologiske fagfellesskapet raskt ideen om evolusjon, men avviste naturlig seleksjon som evolusjonens drivkraft. Til og med Wallace, som var sammen med Darwin om å formulere prinsippet om naturlig seleksjon, avviste at det kunne anvendes på mennesket, den mest komplekse skapningen: ”Hverken naturlig seleksjon eller den mer generelle teorien om evolusjon kan på noen måte forklare opprinnelsen til sansning eller bevisst liv . . .” (Wallace, 1869, s. 391). Darwin var selv nøye med å nedtone implikasjonene naturlig seleksjon hadde for menneskelig evolusjon. De fleste biologifilosofene og -historikere

er enige om at motviljen mot å anvende seleksjonisme på mennesker var ideologisk fundert, ikke videnskapelig.

Selv ikke gjenopptagelsen av Mendels eksperimentelle arbeid med arvelighet var tilstrekkelig for at naturlig seleksjon ble akseptert. Før Mendel hadde Darwin fremmet en såkalt blandingsteori, der kjennetegn ved avkommet var noe midt imellom kjennetegnene til foreldrene. Den skotske ingeniøren Fleeming Jenkin (1867) hevdet at Darwins egen teori ikke møtte kravene til naturlig seleksjon – sjeldne forandringer ville drukne i blandingsprosessen. Mendels funn var avgjørende, fordi de antydte en spesifikk teori om genetikk der sjeldne endringer ikke ble utradert. Imidlertid ble ikke Mendels arbeid uten videre fortolket som en støtte for naturlig seleksjon som hoveddrivkraften i kompleksitet. I stedet ble oppdagelsen av mutasjoner, som er avgjørende for å øke den variasjonen seleksjon opererer på, oppfattet som at evolusjon var resultatet av mange spesielle skapelsesakter (mutasjoner). Det trengtes likevel noe i tillegg til Mendels spesifikke teori om genetikk for at alle implikasjonene av naturlig seleksjon kunne aksepteres. Den siste biten i puslespillet ble levert av populasjonsgenetikken. Populasjonsgenetikk er et sett av kvantitative metoder for å spore genspredning over tid (Fisher, 1930; Haldane, 1931; Wright, 1939). Når disse metodene ble integrert med eksperimentelt arbeid innen genetikk (Dobzhansky, 1937; Mayr, 1942) viste dette hvordan naturlig seleksjon kunne foregå, og derigjennom også en måte for å forstå tilblivelsen av komplekse arter. Denne integreringen omtales som den *moderne syntesen* i evolusjonsbiologien.

### Hindringer for seleksjonisme

Hva var de ideologiske hindringene for aksept av seleksjonisme i biologien? Det er to filosofiske forutsetninger hos kreasjonistene som vanligvis nevnes: essensialisme og teleologi (Donahoe, 1983). Disse faktorene diskuteres hver for seg, fordi de nu forener

seg for å stå imot at seleksjon ved forsterkning blir den sentrale innsikten i tilblivelsen av kompleksitet i individuell adferd.

### Essensialisme

I en evolusjonær kontekst beskriver essensialisme det synet at individuell variabilitet innenfor en art dekket over en uforanderlig størrelse eller essens som var denne artens natur. Forskjellige duer kunne variere med hensyn til utseende, men alle duer ble ansett å være uttrykk for en felles og fastlagt "duehet". For essensialisten var det den uobserverbare størrelsen – artens prototype – som var virkelig. Individuelle forskjeller bare skygget for arten, som var det virkelige objekt for undersøkelsen. Mer overordnet er essensialisme det synet at den variabiliteten som ligger i observasjon er et ufullstendig speilbilde av en uforanderlig underliggende sann virkelighet. Essensialisme kan føres tilbake til Platons hulelignelse. Platon sammenlignet forsøk på tingenes sanne natur med den oppgaven en observatør har når han bare ut fra skyggene forsøker å slutte seg til kjennetegnene ved objekter som kaster skygge på en vegg. Observatøren ser bare skyggene, ikke gjenstandene som kaster skyggene. For en seleksjonist er hulelignelsen en komplett misforståelse. Det kan ikke finnes uforanderlige objekter – essenser – siden seleksjonsprosesser ikke frembringer statiske størrelser. Kontingensene for seleksjon som finnes i variable omgivelser er selv i noen grad variable, med den følge at produktene av seleksjonsprosesser helt uunngåelig er variable. Seleksjonsprosesser begrenser variasjonsbredden i en utstrekning som avhenger av variasjonen i kontingenser (D. C. Palmer & Donahoe, 1992; Skinner, 1935). Om vi vender tilbake til hulelignelsen finnes det ikke noen objekter, og ingen essenser.

Det følgende er essensialistiske utsagn fra Darwins samtidige. Om man byttet ut de rette ordene, f. eks. kompleks adferd for kompleks struktur, minner disse utsagnene sterkt om dagens debatt mellom adferdsanalyse og normativ psykologi vedrørende

hvilken rolle seleksjon ved forsterkning spiller. (I normativ psykologi betraktes adferd som et ufullstendig speilbilde av uobserverbare hendelser – assosiasjoner, holdninger, kognisjoner, og tilsvarende – som er de egentlige objektene for undersøkelse. Imidlertid er disse hendelsene slutninger ut fra adferd, og ingen av dem er mulig å underkaste eksperimentell analyse.) Naturalisten<sup>4</sup> Wollaston sa om de komplekse strukturene i levende organismer at "Slike tilfeller tyder på tanke, forestillingsevne, og dømmekraft, hver og en av beste merke, aldeles uforklarlige ved hjelp av noe . . . seleksjonsprinsipp" (Wollaston, 1860, s. 133). Sedgwick, en geolog, kommenterte: "Hva gjør oss is stand til å forutse fremtiden, til å handle klokt med hensyn til fremtidige goder? . . . Disse evnene, og mange andre av samme slag, er deler av oss selv like meget som våre sanseorganer" (Sedgwick, 1860, s. 164 – 165). Eller "Hvor uvidenskapelig er det å stole på en usikker chance for å eksistere (heller) enn . . . et prinsipp for adaptiv skapelse". (Anonym, 1860). Biologen Agassiz (1874) mente at "individuelle forskjeller er 'individuelle særheter', ikke forbundet med de essensielle egenskapene ved arten på noen måte" (s. 94). Agassiz tenkte å finne disse essensielle egenskapene gjennom det han kalte "intuisjon". (Denne henvisningen til intuisjon minner om oppfatningen til enkelte lingvister, om at innsikt i sprogets natur kan oppnås gjennom *lingvistisk intuisjon*. Som siste eksempel på essensialisme blandt Darwins samtidige: "Selvbevissthet [og] fornuft[ krever] en representativ evne . . . Dyrene har bare den presentative evnen. Evnene til mennesker er av en annen art enn evnene til andre dyr" (Mivart, 1871, s. 362 - 363).

Sammenlign disse essensialistenes utsagn med det den moderne biologen Mayr (1976) skriver: "Gjennomsnitt er bare statistiske abstraksjoner; det er bare individene populasjonen er sammensatt av som er virkelige"

<sup>4</sup>"Naturalist" var den britiske betegnelsen på en person som interesserte seg for naturvitenskap generelt, gjerne uten å være opptatt av tradisjonell inndeling i enkeltdisipliner. Dette var som oftest vel bemidlede menn med god tid.

(s. 28). Eller, med ordene til en av Darwins samtidige støttespillere: "Tingen *art* finnes ikke; ordet uttrykker en abstraksjon" (Lewes, 1860, s. 143)<sup>5</sup>. For seleksjonisten er uttrykk som *art* i evolusjonsbiologi og *assosiasjon* og *kognisjon* i normativ psykologi instrumentelle fiksjoner (som betyr at det er ment at de skal være til nytte, men de kan ikke sies å beskrive noe som eksisterer). (Kontrasten mellom nominalisme og realisme beskrives hos Palmer og Donahoe, 1992; se også Marr, dette bindet<sup>6</sup>). Riktignok kan uttrykket *art* beskrive kjennetegn ved en gruppe av individuelle organismer med felles opphav, og slik sett forenkle kommunikasjonen mellom evolusjonsteoretikere. Tenk også på uttrykket *assosiasjon*. Hvis en elev responderer pålitelig i nærvær av en bestemt stimulus ved flere anledninger, kan man regne ut gjennomsnittlig latenstid for responsen. For noen formål vil gjennomsnittlig latenstid være nyttig å kjenne til, for eksempel for å predikere hvorvidt en gitt elev generelt vil respondere raskere enn en annen. Hvis derimot gjennomsnittsverdien blir ansett som et mål på noe som finnes inni eleven – en *assosiasjon* – har teoretikeren tingliggjort den statistiske abstraksjonen. Det vil si at teoretikeren har tildelt en teoretisk abstraksjon eksistensiell status og omdannet den til en materiell eller konkret størrelse: en *essens*. Feiltagelsen ved tingliggjøring forsterkes ved at teoretikeren så snakker om *assosiasjonen* som årsak til den adferden som var grunnlag for slutningen om den antatte størrelsen: et sirkelresonnement.

Innen moderne psykologi finnes det mange tilfeller av *essensialisttenkning*. For Chomsky og hans tilhengere skygger variabilitet i verbal adferd for underliggende universelle, sprogspesifikke regler (Pinker, 1994). Ut fra dette synet kan ikke verbal adferd selekteres ved de fattige stimuli som frembringes av omgivelsene. I stedet betraktes verbal adferd som produkt av

en sprogervervelsesinnretning (Language-Acquisition Device) – et sinnets organ – som har kjennetegn utledet fra verbal adferd, og som har en uklar opprinnelse. Det er mange vanskeligheter med denne påstanden (se Catania<sup>7</sup>, dette bindet; Palmer, 1986; Palmer & Donahoe, 1992), men den *essensialistiske* kjerne i deres posisjon kan belyses ved å sammenligne Chomskys syn med oppfatningen til Max Müller, en lingvist som var Darwins samtidige.

Når evolusjonistene hevder at menneskesinnets utvikling fra sinnet til et dyr utelukkende er et spørsmål om tid, er jeg tilbøyelig til å behandle denne ideen uten tålmodighet. Dyr må være dyr så lenge de mangler evnen til å abstrahere generelle ideer. . . Hr. Darwins feiltagelse lurer nettopp i ordet 'utvikling', for om man innrømmet denne ufornuftige gradvisiteten ville det eliminere skillet mellom ape og menneske . . . Det ville faktisk gjøre slutt på muligheten for all sikker kunnskap . . . Dyr har ikke rasjonelt sprog *fordi de ikke er mennesker* [uthevet av artikkelforfatteren]. (Müller, 1872, s. 145)<sup>8</sup>.

Ut fra sin felles *essensialistiske* oppfatning av sprog vil noen av dagens lingvister fornekte seleksjon ved forsterkning og fremheve naturlig seleksjon, mens deres foregangsmenn fornektet naturlig seleksjon og fremhevet *kreasjonisme*. Det som forener disse lingvistene gjennom seklene er deres avvisning av *seleksjonisme* – naturlig seleksjon i Müllers tilfelle, og seleksjon ved forsterkning i Chomskys.

Fra starten av var adferdsanalysen tydelig om de variable produktene av seleksjon ved forsterkning slik de vises i det generiske innholdet i begrepene stimulus og respons (Skinner, 1935). Å respondere på et noe variabelt sett av stimuli med en noe variabel topografi vil vanligvis tilfredsstillende en gitt forsterkningskontingens. En due kunne

<sup>5</sup>I referanselisten oppgis denne kilden til s. 443, oversetterens anmerkning.

<sup>6</sup>Marr, M. J. (2003) *Empiricism*. I K. A. Lattal & P. N. Chase (Red.), *Behavior Theory and Philosophy*. New York: Kluwer Academic s. 63 - 82

<sup>7</sup>Catania, A. C. (2003). Verbal governance, verbal shaping and attention to verbal stimuli. I K. A. Lattal & P. N. Chase (Red.), *Behavior Theory and Philosophy*. New York: Kluwer Academic s. 301 - 322.

<sup>8</sup>I referanselisten oppgis denne kilden til s. 145, oversetterens anmerkning

for eksempel respondere på forskjellige aspekter av plassering, form eller farve på skiven, og treffe skiven med nebbet eller andre kroppsdeler, og alle disse variantene kunne følges av en forsterker. En gitt forsterkningskontingens selekterer som regel et utvalg miljø – adferdrelasjoner som er forskjellige fra ett øyeblikk til et annet, og fra en organisme til en annen (se f. eks. Catania, dette bindet; Reynolds, 1961). Størrelser uten variasjon – essenser – frembringes ikke gjennom seleksjonsprosesser, hverken ved naturlig seleksjon eller forsterkning. (Se Palmer & Donahoe, 1992, for en diskusjon om dette spørsmålet.)

### Teleologi

Teleologi utgjorde den andre ideologiske hindringen for seleksjonisme i biologien. Teleologiske forklaringer viser til hendelse som bare kunne forekomme etter den hendelsen de sies å forklare, hvis de forekommer i det hele tatt. Teleologiske forklaringer er grunnleggende essensialistiske, siden de postulerer eksistensen av årsaker som per definisjon ikke kan eksistere på det tidspunkt der de blir påkalt, altså før hendelsene de sies å forårsake. Teleologiske forklaringer er altså essensialistiske. En illustrasjon av teleologi i biologien ville være om man påkalte et fremtidig behov for å puste på land for å forklare evolusjonen av lunger hos fisk. En slik forklaring krever at fisken vet mens den er i sjøen noe som bare kan vites senere på land. Darwins kritikere underkjente hans forsøk på å forstå kompleksitet som det emergente produktet av hva de betraktet som den altfor enkle prosessen naturlig seleksjon. En kritiker sa: "Alt de driver med er å spore enhver kjensgjerning til en umiddelbart forutgående årsak, og de er så ivrige etter å etablere regularitet i sekvenser og enhetlige lovmessigheter at de ikke orker tanken på at Skaperen skal tre inn" (The Patriot, 1863, s. 594) . En annen: "krefter som ikke er styrt – såkalte blinde krefter – kan ikke, så vidt jeg kan se, frembringe orden" (von Baer, 1873, sitert hos Hull, 1973, s. 421) . Biologen Huxley,

Darwins ivrige støttespiller, svarte at å påkalle design "ikke bare gjorde negativ men positiv skade, ved å bremse videre undersøkelser . . ." (Huxley, 1908, s. 182) , et argument som klinger igjen i Skinners langt senere kritikk av normativ psykologi (Skinner, 1950). Biologen Weismann (1909) oppsummerte betydningen av Darwins seleksjonsprinsipp som følger: "Naturlig seleksjon løste gåten om hvordan det er mulig å frembringe adaptivitet uten intervensjon fra en målbestemmende kraft" (s. 4 – 5).

Moderne psykologi appellerer selvsagt ikke til guddommen som den målbestemmende kraften. I en seleksjonisttilnærming vil slike ytringer betraktes med mistanke, for de kan skjule en kjerne som ikke er mottagelig for omgivelsenes selekterende effekter. Naturlig seleksjon omformer fortidige kontingenser og får dem til å se ut som design; seleksjon ved forsterkning omformer individuelle kontingenser og får dem til å fremstå som intensjoner.

Riktignok er teleologiens sirenesang tydeligst i redegjørelser for kompleks adferd, men det finnes fortsatt spor av den i noen moderne beskrivelser av enkel adferd. En innflydelsesrik redegjørelse for pavloviansk betinging (R. A. Rescorla & A. R. Wagner, 1972) sier at adferdsendring (altså læring) krever en diskrepans mellom den asymptotiske assosiative styrken en gitt forsterker kan opprettholde og netto assosiativ styrke i alle samtidige stimuli som har blitt paret med denne forsterkeren. Slutningen baseres på at man har funnet at miljømessige og adferdsmessige hendelser som går forut for en antatt forsterkende stimulus er upåvirket hvis de følges av en annen stimulus som tidligere har blitt paret med den samme forsterkeren. La oss for eksempel si at et lys allerede var paret med mat, og at en tone senere fulgte lyset når begge stimuli ble paret med mat. Hvis tonen senere presenteres alene fremkaller den ikke salivering (se Kamin, 1968; Kamin, 1969). Forutgående paring mellom lys og mat sies å *blokkere* betinging til tonen. Fenomenet blokkering er blandt de mest betydningsfulle

i moderne eksperimentelt arbeid. Imidlertid er denne teoretiske beskrivelsen av blokkering problematisk. Selv om man ser bort fra at assosiasjonsbegrepet er essensialistisk, postulerer teorien allerede ved starten av betingingen eksistensen av en størrelse som bare kan eksistere (hvis den i det hele tatt kan eksistere) ved slutten av betingingen, nemlig den *asymptotiske* assosiative verdi. Til forskjell fra netto assosiativ styrke av alle nærværende stimuli, viser den asymptotiske assosiasjonsverdien til en hendelse som ligger i fremtiden. Hvis nutidig adferd skal være en funksjon av asymptotisk assosiasjonsstyrke, må organismen helt fra læringen starter hva den endelige assosiasjonsstyrken forsterkeren kan opprettholde. Denne formuleringen krever faktisk universell forhåndskunnskap om den asymptotiske assosiasjonsstyrken til alle forsterkere som noensinne vil påtreffes (Donahoe, 1984). Og hvor skulle denne forhåndskunnskapen komme fra – naturlig seleksjon? For hvis den gjør det, må slik forhåndskunnskap finnes for alle mulige betingede forsterkere også. Hvis en seleksjonistisk redegjørelse skal være holdbar, må hendelsene som fremmer betinging være fysiske hendelser som har forekommet i organismens historie eller forekommer i øyeblikket. I betinging er disse hendelsene begrenset til sensoriske og adferdsmessige konsekvenser av den forsterkende stimulus og de øvrige hendelsene som forekom samtidig med forsterkeren. For teoretikeren kan begrepet asymptotisk assosiasjonsverdi være en praktisk oppsummerende merkelapp i beskrivelse av læring, men det har intet fysisk motstykke tilgjengelig for den lærende ved starten av betingingsprosessen. Som det snart vil vise seg, kan man definere diskrepans uten å ty til slike teleologiske og essensialistiske begrep som asymptotisk assosiasjonsverdi (Donahoe et al., 1993; Donahoe, Crowley, Millard, & Stickney, 1982; Stickney & Donahoe, 1983).

### Et mulig motargument

La oss se på et mulig motargument

mot påstanden om at normativ psykologi og kreasjonisme har et dypt filosofisk slektskap. Motargumentet er som følger: Adferdsanalyse og normativ psykologi er grunnleggende forskjellige foretak. De er så ulike at det er uhensiktsmessig å evaluere dem ut fra felles epistemologiske kriterier (se Morris<sup>9</sup>, dette bindet, for videre diskusjon av forholdet mellom adferdsanalyse og normativ psykologi). I følge dette synet forsøker forsterkningsteori å identifisere funksjonelle relasjoner mellom observerte hendelser i miljøet og adferdshendelser, men psykologi søker å beskrive i abstrakt (altså rent logisk-matematisk) form de strukturene og prosessene som ligger under disse relasjonene. Dette påståtte motargumentet rekapitulerer *to sfærer*-posisjonen i 1800-hundretallets debatt mellom seleksjonisme og kreasjonisme om artenes opprinnelse (Ellegård, 1958). De to sfærene var videnskap og religion (jevnfør Galuska, dette bindet<sup>10</sup>). Hver av dem ble tildelt forrang innen sitt eget domene: i første tilfelle materien, og i det andre tilfellet ånden eller sinnet. Selv om den moderne versjonen av normativ psykologi er grunnleggende lik de to sfærenes forsøk på å få religion og videnskap til å komme overens, er det ikke mange psykologer som vil akseptere den eksplisitte dualismen i denne versjonen av motargumentet.

En mer subtil versjon av motargumentet med de to sfærene sier at adferdsanalyse og normativ psykologi er usammenlignbare fordi de søker svar på forskjellige slags spørsmål, forskjeller i biologi som er analoge med de *hvorfor*-spørsmålene som stilles om evolusjon og *hvordan*-spørsmålene som stilles i fysiologi. Dette skillet er slik at den som studerer evolusjon forsøker å identifisere *hvorfor* skjellene til en øgle ble til fjærene til en fugl (altså hvilket seleksjonspress som

<sup>9</sup>Morris, E. K. (2003). Behavior Analysis and a Modern Psychology: Programs of Direct Action. I K. A. Lattal & P. N. Chase (Red.), *Behavior Theory and Philosophy*. New York: Kluwer Academic s. 275 - 298

<sup>10</sup>Galuska (2003) Advancing Behaviorism in a Judeo-Christian Culture: Suggestion for Finding Common Ground. I K. A. Lattal & P. N. Chase (Red.), *Behavior Theory and Philosophy*. New York: Kluwer Academic s. 259 - 274

fantes), mens fysiologen forsøker å finne ut *hvordan* (hvilke fysiokjemiske prosesser) som gjorde at endringen kom. Denne mer sofistikerte versjonen av motargumentet lykkes heller ikke i å fange opp forskjellen mellom adferdsanalyse og normativ psykologi. Adferdsanalyse forsøker å svare på spørsmål både om *hvordan* og om *hva* gjennom eksperimentell analyse av hendelser i den fysiske verden; psykologi, på samme måte som religion, søker svar i de antatte prosessers rike. De underliggende størrelsene i normativ psykologi er formalismer som ikke er definert på en slik måte at vi kan kjenne dem i den fysiske verden (se MacCorquodale & Meehl, 1948). Noen psykologer anser faktisk de teoretiske konstruktene frigjøring fra fysiologien som et av de mest betydningsfulle fremskrittene innen feltet (Mandler, 1981). Legg ellers merke til at å fremme antagelser ikke som anses som tvilsomt – antagelser er starten på mye eksperimentell analyse – bare å fremme antagelser om enheter som ikke i prinsippet kan underkastes eksperimentell analyse.

Evolusjonsforskere og fysiologer betrakter svar på både *hvorfor*-spørsmål og *hvordan*-spørsmål som opplyst av seleksjonisttenkning. Tenk for eksempel på en neurokjemiker som undersøker den biosyntetiske banen til en neurotransmitter, et *hvordan*-spørsmål. Til og med på det molekylære analysenivået styrer seleksjonisme dette arbeidet. For neurokjemikeren tilsier naturlig seleksjon at biosyntesen vil opphøre på det første mulige trinn i reaksjonskjeden etter at målsubstansen er produsert. Terminering på et tidlig trinn hindrer syntesen av overflødige målsubstanser der den metabolske kostnaden vil redusere *fitness*<sup>11</sup>: svaret på et *hvorfor*-spørsmål. Hvis biosyntese viste seg å termineres på et senere trinn i reaksjonskjeden ville ikke neurokjemikerne forkaste naturlig

seleksjon. I stedet ville de få mistanke om at det fantes et hittil ukjent stoffsom delte en del av banen til den substansen de så langt hadde studert. Kort sagt er naturlig seleksjon et samlende tema i biologi som påvirker svar på både *hvorfor* og *hvordan*-spørsmål. *Hvorfor* og *hvordan*-spørsmål er rettet mot forskjellige deler av den samme fysiske verden som begge opplyses av seleksjonisttenkning, ikke mot to kvalitativt ulike sfærer.

Mayr oppsummerte sin analyse av konflikten mellom Darwins seleksjonisme og kreasjonisme slik: "Ingen typolog [altså essensialist] har noensinne forstått naturlig seleksjon, fordi det ikke er mulig for ham å forstå den." (Mayr, 1976, s. 173); «Det kan ikke finnes to måter å se på naturen på som er mer forskjellige» (Mayr, 1976, s. 28). Hvis Mayrs pessimistiske slutning kan anvendes på de nuværende forskjellene mellom adferdsanalyse og normativ psykologi, er det lite å hente på den utforskningen som nu foregår av likhetene mellom psykologi og kreasjonisme. Likevel kan man håpe at normativ psykologi kan reddes, fordi den kan lære av det darwinske eksemplet på seleksjonismens seier over essensialisme og teleologi.

Flere tegn tyder på at normativ psykologi evolverer i en retning som er forenlig med seleksjonisttenkning. For det første er intensive analyser av individer stadig vanligere i psykologi, hvilket representerer en tilbakevending til en tidligere psykofysisk tradisjon (se Uttal, 1999). Seleksjon ved forsterkning opererer på en populasjon av miljø-adferdsrelasjoner hos en *enkelt* organisme, ikke en populasjon av *forskjellige* organismer; det området er forbeholdt naturlig seleksjon. Normativ psykologi har gjerne brukt variasjon mellom individer som referansepopulasjonen, men det er uhensiktsmessig for en adferdsvidenskap (se Sidman, 1960). Advarslene fra den kognitive psykologen Hintzman (1980) om individuelle forskjeller i hukommelse illustrerer en av de tidligste oppmuntrende trendene i denne retningen innenfor normativ psykologi (se også Neisser, 1982). For det andre: de logiske

<sup>11</sup>Fra Wikipedia: "**Fitness** i biologien er målet på reprodutiv suksess, dvs. hvor stort bidrag et individ med en gitt genotype eller fenotype i gjennomsnitt gjør til neste generasjon sett i forhold til de andre individene i populasjonen. Dette sentrale begrepet innen moderne evolusjonsbiologi har ingen god norsk oversettelse." o. a.

og eksperimentelle fallgrubene som påtreffes når det trekkes slutninger om strukturer og prosesser utelukkende på grunnlag av adferdsobservasjoner blir åpenbare innenfor normativ psykologi. Bare som eksempel har adferdsfunn fra hukommelseseksperimenter blitt antatt å tyde på at erfaringer lagres som påstander (verbale utsagn) eller bilder (persepsjoner). Mange forsøk skulle identifisere hva det var som ble lagret, men med lite suksess. Både Anderson (1978) og Townsend (1972) understreker dette poenget i sine betraktninger om Skinners (1950) reservasjoner mot å identifisere underliggende prosesser ut fra adferdsobservasjoner; det samme gjør Hintzman i sin mer generelle kritikk av kognitivismen. Problemene ved å identifisere prosesser er spesielt bekymringsfulle fordi de undergraver falsifiseringskriteriet; altså at vitenskapelige utsagn skal være potensielt gjendrivelige gjennom evidens. For det tredje henviser normativ psykologi i stadig større utstrekning til strukturer i det virkelige nervesystemet, ikke bare til instrumentelle fiksjoner. At det vises til neurovidenskap i analysen av kompleks adferd, som i en del tilfeller i kognitiv neurovidenskap (f. eks. Gazzaniga, 2000) er tegn på denne tendensen. Henvisninger til det virkelige nervesystemet garanterer selvfølgelig ikke for en seleksjonistisk tilnærming. Neurovidenskapmenn er medlemmer av en mentalistisk kultur, dermed vil noen av dem gjenta de feilene som kritikere av Darwin i hans samtid gjorde (se Ellegård, 1958, s. 8). En siste grunn til behersket optimisme er at statiske oppfatninger om adferdsprosesser erstattes av dynamiske forståelser (Galbicka, 1992; Rumelhart & McClelland, 1986) Dynamiske forståelser er mindre tilbøyelig til å fremme essensialistiske forklaringer siden det ikke finnes statiske størrelser som kan tjene som surrogater for essenser.

Fremtiden til den normative psykologien er langt mindre lovende dersom den fortsetter å søke forklaringer som er avhengige av essensialistiske antatte prosesser. Selv om man i ettertid vil applaudere dagens psykologi

for å rette eksperimentell oppmerksomhet mot kompleks adferd, vil svært lite av dens teoretiske innhold overleve. I dette scenariet gir normativ psykologi samme type bidrag som Gestaltpsykologien: Gestaltpsykologien styrte hovedstrømmen i forskningen mot viktige og oversette fenomener, men de spesifikke teoretiske ideene er nu kun av historisk interesse. Å oppmuntre psykologien til å gå løs på kompleksiteten i menneskelig adferd er et vesentlig bidrag, men langt mer kan oppnås hvis analyse og fortolkning av kompleks menneskelig adferd følger det darwinske eksempel. Den moderne syntesen i evolusjonsbiologien tok over 70 år, fra utgivelsen av Darwins *On the Origin of Species* i 1859 til Dobzhanskys *Genetics and the Origin of Species* i 1937. Vil aksept av forsterkning som den grunnleggende innsikt i kompleks adferd bli like forsinket, og hva må skje for at seleksjonisme skal seire i psykologien? Den siste delen av kapitlet behandler disse spørsmålene.

### **Mot en ny moderne syntese?**

For å oppsummere så langt: tre faktorer gjorde at seleksjonismen seiret i biologien: (a) formuleringen av et funksjonelt seleksjonsprinsipp (naturlig seleksjon), (b) påvisningen av de biologiske mekanismene som implementerte det funksjonelle prinsippet (genetikk), og (c) utviklingen av kvantitative metoder for å spore seleksjon over tid (populasjonsgenetikk). (Se tabell 1). Hvilke betingelser råder i dagens psykologi?

### **Prinsipp for adferdsseleksjon**

Det finnes et funksjonelt prinsipp for seleksjon ved forsterkning. I den første halvdel av det tyvende århundre ble en av de to kritiske betingelsene identifisert: *kontiguitet* i tid og rom med forsterkeren. Enten man studerer stimulus – forsterker-relasjoner med den Pavlovianske prosedyren eller respons – forsterker-relasjoner med den operante prosedyren, må de selekterte hendelsene forekomme nær hinannen i tid og rom (Catania,

Tabell 1 Historiske paralleller mellom betingelsene som var nødvendige for at seleksjonisme aksepteres i evolusjonsbiologi og psykologi

Forutsetninger for at seleksjon aksepteres	I evolusjonsbiologi	I psykologi
Funksjonell beskrivelse av et prinsipp for seleksjon	Naturlig seleksjon	Seleksjon ved forsterkning
Biologisk seleksjonsmekanisme	Mendelsk genetik	Neurovidenskap (synaptisk plastisitet)
Kvantitative prosedyrer for å spore seleksjon	Populasjonsgenetikk	Computersimulering (neurale nettverk)

1971; Grice, 1948). (Det finnes fortsatt en rekke utfordringer hva angår kontiguitet. Det gjelder særlig smaksaversjon ved den respondente prosedyren, se f. eks. Domjan, 1980 ; og betingning med lange utsettelse i den operante, se f. eks. Lattal & Gleeson, 1990). I siste halvdel av det århundret ble den andre betingelsen påvist: diskrepans. Slik det defineres på adferdsnivå, forekommer en diskrepans når den antatt forsterkende stimulus fremkaller en *endring* i adferd. De to faktorene kontiguitet og diskrepans har blitt integrert i et funksjonelt forsterkningsprinsipp som kan formuleres slik: hvis en stimulus produserer en endring i adferd, fungerer den stimulusen som en forsterker, og de stimuli som forekommer rett før eller følger med endringen får kontroll over de responsene som går rett forut for eller følger med endringen (Donahoe et al., 1993; Donahoe et al., 1982; R. A. Rescorla & A. R. Wagner, 1972). Prinsippet er like gyldig for pavloviansk eller klassisk prosedyre som ved operant eller instrumentell prosedyre. I den klassiske prosedyren er det den betingede stimulusen som selekteres (i kontekst) og den selekterte responsen er responsen som fremkalles av den forsterkende stimulusen. Slik vil en tone som følges av mat komme til å kontrollere sikling. I den operante prosedyre kommer en annen respons – operanten sammen med stimulusen og responsen som selekteres i den klassiske prosedyren. Slik kommer synet av spaken til å kontrollere spaktrykking i tillegg til sikling når trykking følges av mat. På grunn av respons-forsterker-kontingensen som definerer den

operante prosedyren, forekommer operanten i tidsmessig nærhet til den forsterkende stimulusen og dens fremkalte respons; altså nær den adferdsmessige diskrepansen. Ved begge prosedyrene fungerer mat som en forsterker som selekterer miljø – adferdrelasjoner, siden mat frembringer endring i sikling, en adferdsmessig diskrepans. Dermed omfattes både operanten og den forsterkerfremkalte responsen av betingingsprosessen. Denne beskrivelsen stemmer overens med Skinners syn; at den operante kontingensen er grunnleggende overtroisk: Operanter trenger ikke å forårsake at forsterkere blir selektert, så lenge de forekommer sammen med dem (Skinner, 1948).

Denne formuleringen av forsterkningsprinsippet gir en basis for en enhetlig teori om forsterkning (Unified Reinforcement Theory eller URT, som vil bli brukt i det følgende; o. a.). Teorien er enhetlig i den forstand at den gjelder på samme måte for betingning ved pavlovianske og operante prosedyrer. URT er også i samsvar med Skinners analyse av straff (Estes & Skinner, 1941). Den beskrivelsen av straff fanger opp at URT innebærer at betingning vanligvis går raskere for pavloviansk fremkalte responser enn for operanter: den fremkalte responsen som foranlediger diskrepansen skjer nærmere i tid til diskrepansen enn til operanten. Det vil si at fordi operanten nødvendigvis kommer ett eller annet tidsintervall i forkant av den forsterkende stimulusen, er operanten tidsmessig lenger unna diskrepansen enn den fremkalte responsen (se Donahoe & Palmer, 1994 s. 60 og Donahoe et al., 1993, for

detaljer). Den raskere betingingen av den fremkalte responsen leder til prediksjonen at en stimulus som fremkaller adferdsendring fungerer som en straffer dersom den fremkalte responsen er uforenlig med operanten. I følge denne redegjørelsen vil spaktrykking som har vært forsterket med mat svekkes når den følges av støt, fordi støt fremkaller fluktresponser som betinges til synet av spaken og konkurrerer med spaktrykking (Bersh, Whitehouse, & Mauro, 1982; Schoenfeld, 1969). Operanten svekkes imidlertid ikke i styrke, slik den ville med en ekstinksjonskontingens, der operanten forekommer men ikke lenger forsterkes. Den straffende stimulusen svekker ikke operanten direkte, men betinger i stedet fluktresponser som forstyrrer operanten og derved hindrer dens videre forekomst. Undertrykkingen av spaktrykking eliminerer flere paringer mellom spaktrykking og mat, og utelukker dermed muligheten for ekstinksjon. Når straffekontingensen oppheves, kan operanten gjenvinne mye av styrken sin etter at fluktresponsene er ekstingvert.

En annen implikasjon av URT er at når forsterkerfremkalte responser er forenlige med operanten, styrkes operanten ekstra hurtig. Så matforsterket hakking hos duer læres lett, fordi hakking både går forut for forsterkeren og fremkalles av den. Observasjonen at hakking gjenspeiler både den operante kontingensen ved stedet hakkingen rettes mot, og den forsterkereliciterede responsen i hakkingens topografi stemmer med denne redegjørelsen (Jenkins & Moore, 1973).

Endelig innebærer URT at aversive stimuli som normalt ville fungere som straffere kan fungere som forsterkere under visse forhold. Hvis for eksempel operanten er forenlig med responsene som fremkalles av den aversive stimulusen, kan operanten styrkes av den aversive stimulusen. Det bekrefter denne prediksjonen at når støt gjøres periodisk kontingent på flukthandlinger, fortsetter flukthandlingene i det uendelige – og det gjør følgelig også presentasjoner av den

aversive stimulusen (Burns & Donahoe, 1984). Den aversive stimulusen støt fremkaller fluktresponser, og derfor fungerer støt som en forsterker for responser med samme topografi når støt kommer kontingent på deres forekomst. (se Morse & Kelleher, 1977, for en oppsummering av de første arbeidene på dette feltet.)

Enhetlig forsterkningsteori og andre øyeblikk – til – øyeblikksbeskrivelser av forsterkning kan gjøres forenlige med forsterkningsprinsipper som beskriver molare relasjoner mellom variabler, som mellom responser og forsterkere i matchingrelasjonen (Baum, 1973, 1974; Herrnstein, 1970, men se Davison og Baum, 2000). I matchingrelasjonen nærmer den relative frekvensen av en operant seg den relative frekvensen av forsterkning for denne operanten. Det er vist at dynamiske redegjørelser (øyeblikk – til – øyeblikk) kan gi denne molare relasjonen som et kumulativt produkt under noen betingelser (f. eks. Shimp, 1969; Staddon, Hinson, & Kram, 1981; se også Donahoe, 1977). Øyeblikk - til – øyeblikksbeskrivelser behøver altså ikke være uforenlige med de molare relasjonene mellom variabler som kan finnes etter langvarig eksponering av forsterkningsbetingelsene.

### **Biologiske mekanismer i seleksjon ved forsterkning**

Et funksjonelt prinsipp for naturlig seleksjon er viktig for å forstå evolusjon utover de genetiske mekanismene som implementerer prinsippet. Tilsvarende er et prinsipp for forsterkning basert på adferdsobservasjoner avgjørende for å forstå forsterkningsprinsippet utover dets biologiske mekanismer. Hvis parallellen med Darwin er riktig, kan likevel generell aksept av forsterkning som den vesentlige innsikten i kompleks adferd være avhengig av at man identifiserer de mekanismene som implementerer prinsippet. Bemerkt at å lete etter de biologiske mekanismene for forsterkning er pragmatisk motivert, ikke

epistemologisk. En forståelse av forsterkning basert utelukkende på adferdsobservasjoner kan nemlig være logisk tilstrekkelig, men lite overbevisende politisk sett (se Schaal<sup>12</sup>, dette bindet, om reduksjonisme).

Det finnes også adferdsbaserte begrunnelser for å søke kunnskap om de biologiske mekanismene for forsterkning. Noen stimuli fremkaller adferdsendringer (og tilfredsstillende kravet om en adferdsdiskrepans), men fungerer ikke som forsterkere. For eksempel vil en økning i det generelle lysstyrkenivået forårsake at pupillene utvider seg, men en tone som pares med lys vil ikke kontrollere pupilleutvidelse. Derimot fremkaller elektrisk støt papillær utvidelse, og fungerer som en forsterker under ellers sammenlignbare forhold (f. eks. Gerall & Obrist, 1962; se Donahoe & Wessells, 1980 s. 114 – 115 for andre eksempler). At det frembringes en adferdsdiskrepans er dermed ikke alltid en foranledning for forsterkning. Motsatt vil noen stimuli ikke frembringe noen synlig adferdsendring (og dermed ikke tilfredsstillende kravet om adferdsdiskrepans), men likevel fungerer som forsterkere. Mange betingede forsterkere fremkaller lite responser, men slike forsterkere spiller likevel en avgjørende rolle i erhvervelsen av kompleks adferd. Altså gir ikke forsterkerfremkalte responser alltid et pålitelig mål på hvor godt en stimulus fungerer som forsterker. Endelig vil en rent operasjonell definisjon av forsterkere som stimuli som øker sannsynligheten for adferd de er kontingent på, møte problemer fordi den er så generell. En stimulus som fungerer som forsterker for en respons gjør det kanskje ikke for en annen respons (Shettleworth, 1972); en stimulus som fungerer som forsterker for en organisme fungerer kanskje ikke slik for et annet medlem av samme art på grunn av forskjeller i erfaringene deres (som ved blokkering); og en stimulus som fungerer som forsterker på ett tidspunkt vil ikke gjøre det

på et annet tidspunkt for samme organisme (som ved variasjon i deprivasjonstilstand) (Meehl, 1950; Michael, 1993). En operasjonell tilnærming kan utvides til å omfatte forsterkningshistorie og tilstandsvariabler som nødvendige komponenter, men de tilfellene som er beskrevet her tyder på at en dekkende teoretisk redegjørelse for forsterkning må trekke vekslers på eksperimentell analyse i neurovidenskap i tillegg til adferd.

Ved adferdsanalysens begynnelse tidlig på 1900-tallet var neurovidenskap mer et løfte enn en realitet. Dermed kunne neurovidenskapen bidra lite til forståelsen av seleksjon ved forsterkning (Skinner, 1938; Thorndike, 1903; se også Donahoe, 1999). I dag er det imidlertid anderledes. Adferdsforskning har nå påvist de hendelsene som ser ut til å være kritiske for forsterkning, og ny teknologi innenfor neurovidenskapen lar oss gjøre eksperimentelle analyser av de neurale, cellulære og genetiske hendelsene som følger forsterkning (se Schaal, dette bindet, for noen eksempler). Selv om Skinner betraktet adferdsanalysen som en «rigorøs, omfattende og raskt fremadskridende gren av biologien» (Skinner, 1974, s. 255) var han like tydelig på at neurovidenskap var en annen gren av biologien. Selv om de to feltene er uavhengige prosjekter, er de også gjensidig avhengige av hverandre på samme måte som andre biologiske subdisipliner, som for eksempel neurovidenskap og biofysikk. Med utgangspunkt i en arbeidshypotese om at aksept av seleksjon ved forsterkning vil vise paralleller til aksept av naturlig seleksjon, følger her en kort oversikt over de biologiske mekanismene for forsterkning. Det legges spesiell vekt på relasjonen mellom disse mekanismene og funn fra adferdsanalyse av forsterkning.

Adferdsforskning har vist at miljøets styring av adferd er uhyre fleksibel; nesten en hvilken som helst hendelse kan kontrollere en hvilken som helst adferd. Hvordan passer denne kjensgjerningen med de biologiske mekanismene i forsterkning? Neurovidenskap tyder på at forsterkning på cellenivå

<sup>12</sup>Schaal, D. W. (2003) Explanatory reductionism in behavior analysis. I K. A. Lattal & P. N. Chase (Red.), *Behavior Theory and Philosophy*. New York: Kluwer Academic s. 103 – 102

avhenger av stoffer som kalles *neuromodulatorer*. Aksoner fra cellene som frigjør neuromodulatorer strekker seg gjennom hele hjernen, og slik kan neuromodulatorer endre mange synaptiske effekter samtidig og tillate nesten en hvilken som helst sensorisk påvirkning å styre nesten en hvilken som helst motorisk aktivitet.

Ubetingede forsterkere, som mat, stimulerer reseptorer som til sist forårsaker at celler i mellomhjernen frigjør en neuromodulator (dopamin). Adferdsforskning tyder på at forsterkere selekterer miljø – adferd-relasjoner bare når disse hendelsene forekommer nær hverandre i tid; kontiguitetskravet (Catania, 1971; Grice, 1948). Når et presynaptisk neuron fyrer – forårsaket av en stimulus i omgivelsene, til syvende og sist – frigjør det en transmitter (glutamat) som stimulerer to typer reseptorer på det postsynaptiske neuronet – raske reseptorer og trege reseptorer. Hvis raske reseptorer blir tilstrekkelig stimulert, fyrer det postsynaptiske neuronet. Dessuten produseres kortvarige strukturelle endringer («tags») i de stimulerte raske reseptorene. Hvis de raske reseptorene også stimuleres lenge nok, vil de trege reseptorene også bli engasjert. Og endelig, hvis den neuromodulatoren som forsterkeren satte i gang er til stede omtrent samtidig med at de trege reseptorene er i gang, vil det skje en serie med intracellulære endringer som frembringer langvarige forandringer i de raske reseptorene som har *tags*. Disse endringene gjør at raske reseptorer får langvarig økning i følsomhet for den neurotransmitteren som frigjøres av det presynaptiske neuronet. (For eksperimentell støtte for de foregående påstandene om de cellulære mekanismene for forsterkning, se Frey, 1997; Stein & Belluzzi, 1989; Stein, Xue, & Belluzzi, 1993). Denne økte følsomheten er kjent som *langtidspotensering*. Netto utfall av prosessen er at neuromodulatoren potensierer mange synapser langs de neurale banene som medierer forsterkede miljø – adferd-relasjoner. Slik vil stimuli som forekommer forut for den forsterkede responsen

kontrollere adferd.

I tillegg til kontiguitetskravet, har diskrepanskravet som er påvist gjennom adferdsforskning også et neuralt motstykke: forsterkende stimuli, inkludert betingede forsterkere, øker frigjøringen av neuromodulatoren fra celler i mellomhjernen bare hvis disse cellene ikke nylig har vært aktivert. Mat, for eksempel, vil normalt øke fyringen i disse cellene i mellomhjernen. Om det rett forutfor maten forekommer en stimulus som tidligere er parett med mat, som et lys, vil imidlertid ikke maten forårsake frigjøring av neuromodulatoren. Under disse betingelsene blir altså mat gjort ineffektiv som forsterker. I stedet frembringer nu lyset en økning i fyringen i neuromodulatorcellene, og fungerer dermed som en betinget forsterker (Schultz, 1997). Matens manglende evne til å øke fyringen av dopaminproduserende neuroner er årsak til adferdsfenomenet blokkering (se Donahoe, 1997). Det mangler meget på at de neurale mekanismene for forsterkning er fullt utforsket, men sammenfallet mellom kontiguitetskravet og diskrepanskravet som er påvist i adferdsforskning, og de cellulære kravene som er påvist gjennom neurovidenskapelig forskning tyder på at en fullstendig redegjørelse for forsterkning er underveis.

*Kvantitative metoder for sporing av adferdsseleksjon.* Så hva skjer av fremgang i retning av utvikling av kvantitative teknikker for å spre effektene av seleksjon ved forsterkning? Kommer det metoder som gjør for forsterkning hva populasjonsgenetikk gjorde for naturlig seleksjon? Det finnes andre metoder enn de kvantitative for å belyse hva naturlig seleksjon og forsterkning innebærer, men hvis parallellen til Darwin skal være holdbar, vil ikke rene verbale beskrivelser være overbevisende; ikke en gang innenfor det videnskapelige felleskapet. I tillegg kommer det at både innenfor adferdsanalyse og neurovidenskap vokser erkjennelsen av at utforskning av de kumulative effektene av grunnleggende prosesser kan være for komplekst for rene eksperimen-

telle analyser. Kompleks adferd er resultatet av en kompleks forsterkningshistorie som gjerne er umulig å gjenskape i laboratoriet. Vanskelighetene er spesielt formidable i nonlineære prosesser, som de som skjer i nervesystemet. Med nonlineære prosesser kan to systemer som oppfører seg likt under samme betingelser ikke nødvendigvis reagere likt når de eksponeres for de samme betingelser i fremtiden (se f. eks. Smolensky, 1986). En lovende måte for å modellere effektene av seleksjon ved forsterkning bruker computersimulering av nettverk av neuronlignende enheter. I simuleringene brukes læringsalgoritmer for å forandre styrken i forbindelser mellom enheter på en måte som samsvarer med adferdsanalyse og neurovidenskap (se Donahoe m. fl., 1993; Donahoe & Palmer, 1994; Donahoe, Palmer, & Burgos, 1997). For å modellere effekten av naturlig seleksjon på neurale nettverk bruker en beslektet type computersimulering genetiske algoritmer for å utvikle arkitekturer for neurale nettverk på en måte som er i overensstemmelse med genetikk og neurobiologisk utvikling.

Figuren gir en oversikt over en fullstendig seleksjonisttilnærming til fortolkning av kompleks adferd gjennom computersimulering. Prosessen begynner med stimulering fra simulerte *impulser fra omgivelsene* til en *nettverksarkitektur* (et kunstig neuralt nettverk). Nettverksarkitekturen er produktet av en simulert *genetisk algoritme*. Den genetiske algoritmen simulerer effekten av naturlig seleksjon og neurale utviklingsprosesser på den *differensielle reproduksjonen* av nettverksarkitektur. Impulsene fra omgivelsene til nettverksarkitekturen aktiverer en *læringsalgoritme*. Læringsalgoritmen påvirker så styrken i forbindelsene mellom enheter i det neurale nettverket, og simulerer dermed seleksjon ved forsterkning. En omgivel-sesalgoritme spesifiserer de stimuli som utgjør impulser til nettverksarkitekturen (*fading-funksjonen*), responstopografien som kreves for forsterkning (*shaping-funksjonen*) og de konsekvensene som forekommer for

forskjellige responstopografier (*forsterknings-funksjonen*).

Efter at forbindelsene er *differensielt styrket* av læringsalgoritmen, dannes det en populasjon av *trenede nettverk*. Adferden til nettverkene er forskjellig etter de simulerte kontingensene for seleksjon. Forskjellene i adferd resulterer i forskjeller i nettverkens *fitness* i relasjon til kontingensene. Gjentatte sykli av seleksjonsprosessen simulerer suksessive generasjoner av naturlig seleksjon og seleksjon ved forsterkning (Donahoe, 1997).

På samme måte som i eksperimentell analyse kan fortolkning av seleksjonsprosesser gjøres langs ulike måleskalaer. Simuleringer kan modellere seleksjonen av omgivelse - adferd-relasjoner på adferdsnivå (Hutchison, 1997), og på bioadferdsnivå – seleksjonen av synaptiske virkninger som medierer operanter (f. eks. Donahoe m. fl., 1993). Tilsvarende kan simuleringer modellere synapsnivået (f. eks. Hasselmo & Wyble, 1997) eller det neurokjemiske nivået (f. eks. Smolen, Baxter, & Byrne, 2000). Uansett simuleringnivå må kvantitative analyser være bundet av funn fra uavhengige eksperimentelle analyser (se pilene i figuren som viser innflydelsen fra adferdsforskning, forskning på bioadferdsnivå og biologisk forskning). Innen ett neuralt nettverk kan for eksempel ikke en gitt enhet (analogt til et neuron) ha direkte eksitatorisk effekt på noen enheter og inhibitorisk på andre: ett enkeltneuron i nervesystemet frigjør ikke både eksitatoriske og inhibitoriske neurotransmittere. Nødvendigheten av å la seg begrense av funn fra eksperimentell analyse skiller bio-adferdsmessig akseptable kvantitative metoder fra tilsynelatende tilsvarende metoder som paralleldistribuert prosessering (Rumelhart & McClelland, 1986). De sistnevnte simuleringene begrenses hovedsakelig av logiske og matematiske betraktninger, ikke av eksperimentell forskning (se Donahoe & Dorsel, 1997).



I evolusjonsbiologien tok seleksjonismen seieren hjem etter en kamp over neste 100 år mot to filosofiske hindringer: essensialisme og teleologi. I normativ psykologi overlever kamuflerte former for essensialisme i slike størrelser som assosiasjoner, holdninger, kognisjoner, lingvistiske regler og tilsvarende. Eksperimentelle observasjoner betraktes som ufullstendige gjenspeilinger av underliggende, relativt fikserte strukturer og prosesser, som man kan gjøre antagelser om ut fra de variable observasjonene. I motsetning til dette, aksepterer adferdsanalysen variasjonen i observasjoner som ureduserbar – til og med under betingelser som innfrir de strenge kravene til eksperimentell analyse – og forsøker å utlede prinsipper som gir plass for variasjon. Det viktigste av disse prinsippene er forsterkning, som beskriver de prinsippene som selekterer adferd. I adferdsanalyse anses et godt forstått forsterkningsprinsipp å spille den samme rollen i forståelsen av kompleks adferd som naturlig seleksjon allerede spiller i forståelsen av komplekse organismers evolusjon.

Seleksjonismens seier i biologien skyldes først og fremst Darwins formulering av prinsippet om naturlig seleksjon. En funksjonell beskrivelse av prinsippet om naturlig seleksjon var imidlertid ikke tilstrekkelig for å sikre at det ble godtatt. Generell aksept måtte avvente oppdagelsen av de biologiske mekanismene som implementerte naturlig seleksjon og utviklingen av kvantitative metoder som kunne spore dens implikasjoner. Sammenføyningen av disse prosjektene er kjent som den moderne syntesen. Adferdsanalyse, med avgjørende bidrag fra eksperimentelle funn fra studier innenfor det begrepsmessige rammeverket til assosiasjonistisk psykologi, ser ut til å ha påvist et kraftig funksjonelt uttrykk for forsterkningsprinsippet. Selv om dette funksjonelle uttrykket kan være logisk tilstrekkelig til å gi en redegjørelse for emergensen av kompleks adferd, kan det likevel være utilstrekkelig for å få aksept for seleksjonisme i psykologien. Hvis seleksjonismen skjebne i psykologien

løper parallelt med den skjebne den hadde i evolusjonsbiologien, vil de biologiske mekanismene for forsterkning avdekkes og passende kvantitative teknikker må finnes opp før flertallet lar seg overbevise. Tempoet i fremdriften i begge disse prosjektene styrker troen på at en ny moderne syntese dukker frem over synsranden.

- Agassiz, L. (1874). Evolution and permanence of type. *Atlantic Monthly*, 33, 92 - 101.
- Anderson, J. R. (1978). Arguments concerning representations for mental imagery. *Psychological Review*, 85, 249 - 277.
- Anonym. (1860). Editorial. *Eclectic Review*, 3, 224 (som sitert hos Ellegård, 1958).
- Baum, W. M. (1973). The correlation-based law of effect. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 20, 137 - 153.
- Baum, W. M. (1974). On two types of deviations from the matching law. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 22, 231 - 242.
- Bersh, P. J., Whitehouse, W. G., & Mauro, B. C. (1982). Pavlovian processes and response competition as determinants of avoidance response-prevention effects. *Learning and Motivation*, 13, 113 - 134.
- Burns, R., & Donahoe, J. W. (1984). Unified reinforcer principle: Shock as reinforcer. Paper presented at the annual meeting of the Psychonomic Society, San Antonio, TX.
- Campbell, D. T. (1974). Evolutionary epistemology. In P. A. Schilpp (Ed.), *The Philosophy of Karl R. Popper* (pp. 412 - 463). LaSalle: Open Court.
- Carpenter, W. B. (1860). Review. *National Review*, (som sitert hos Hull, 1973).
- Catania, A. C. (1971). Reinforcement schedules: The role of responses preceding the one that produces the reinforcer. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 15(271 - 287).
- Catania, A. C. (1995). Selection in behavior and biology. In J. T. Todd & E. K. Morris (Eds.), *Modern perspectives on B.*

- F. Skinner and contemporary behaviorism* (pp. 185 - 194). Westport: Greenwood Press.
- Darwin, C. (1859/1964). *On the origin of species. A facsimile of the first edition*. Cambridge: Harvard University Press.
- Davison, M., & Baum, W. M. (2000). Choice in a variable environment. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 74, 1 - 24.
- Dennett, D. (1995). *Darwin's dangerous idea*. London: Allen Lane, The Penguin Press.
- Dobzhansky, T. (1937). *Genetics and the origin of species*. New York: Columbia University Press.
- Domjan, M. (1980). Ingestional aversion learning: Unique and general processes. In J. S. Rosenblatt & M. Busnel (Eds.), *Advances in the study of behavior* (Vol. 11). New York: Academic.
- Donahoe, J. W. (1977). Some implications of a relational principle of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 27, 341 - 350.
- Donahoe, J. W. (1983). A plausible analogy? Reinforcement theory: Cognitive Psychology:: Natural selection: Special creationism. Invitert taler. *Annual Meeting, American Psychological Association*, Anaheim, CA.
- Donahoe, J. W. (1984). Commentary: Skinner - the Darwin of ontogeny? *Behavioral and Brain Sciences*, 7, 287 - 288.
- Donahoe, J. W. (1997). Selection networks: Simulation of plasticity through reinforcement learning. In J. W. Donahoe & V. P. Dorsel (Eds.), *Neural-network models of cognition: Biobehavioral foundations*. Amsterdam: Elsevier Science Press.
- Donahoe, J. W. (1999). Edward L. Thorndike: The selectionist connectionist. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 72, 451 - 454.
- Donahoe, J. W., Burgos, J. E., & Palmer, D. (1993). Selectionist approach to reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 60, 17 - 40.
- Donahoe, J. W., Crowley, M. A., Millard, W. J., & Stickney, K. A. (1982). A unified principle of reinforcement. In M. L. Commons, R. J. Herrnstein & H. Rachlin (Eds.), *Quantitative analyses of behavior* (Vol. 2). Cambridge: Ballinger.
- Donahoe, J. W., & Dorsel, V. P. (Eds.). (1997). *Neural-network models of cognition: Biobehavioral foundations*. Amsterdam: Elsevier Science Press.
- Donahoe, J. W., & Palmer, D. C. (1994). *Learning and complex behavior*. Boston: Allyn & Bacon.
- Donahoe, J. W., & Palmer, D. C. (1994/2004). *Learning and complex behavior*. Boston / Richmond: Allyn & Bacon / Ledge-top Publishing.
- Donahoe, J. W., Palmer, D. C., & Burgos, J. E. (1997). The S-R issue in behavior analysis and in Donahoe and Palmer's *Learning and complex behavior*. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 67, 193 - 211.
- Donahoe, J. W., & Wessells, M. G. (1980). *Learning, Language and Memory*. New York: Harper & Row.
- Ellegård, A. (1958). *Darwin and the general reader: The reception of Darwin's theory of evolution in the British periodical press, 1859 - 1872*. Stockholm: Almqvist & Wiksell.
- Epstein, R. (1983). Resurgence of previously reinforced behavior during extinction. *Behavior Analysis Letters*, 3, 391 - 397.
- Estes, W. K., & Skinner, B. F. (1941). Some quantitative properties of anxiety. *Journal of Experimental Psychology*, 29, 390 - 400.
- Fisher, R. A. (1930). *The genetical theory of natural selection*. Oxford: Clarendon Press.
- Frey, U. (1997). Cellular mechanisms of long-term potentiation: Late maintenance. In T. Donaldson & V. P. Dorsel (Eds.), *Neural-network approaches to cognition: Biobehavioral foundations*. Amsterdam: Elsevier Science Press.
- Galbicka, G. (1992). The dynamics of behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 57, 243 - 248.

- Gazzaniga, M. S. (2000). *Cognitive neuroscience*. Malden: Blackwell Publishers.
- Gerall, A. A., & Obrist, G. A. (1962). Classical conditioning of the papillary dilation response of normal and curarized cats. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, *55*, 486 - 491.
- Grice, G. R. (1948). The relation of secondary reinforcement to delayed reward in visual discrimination learning. *Journal of Experimental Psychology*, *38*, 1 - 16.
- Haldane, J. B. S. (1931). A re-examination of Darwinism (som sitert i Haldane, 1966).
- Hasselmo, M. E., & Wyble, B. P. (1997). Free recall and recognition in a network model of the hippocampus: Simulating effects of scopolamine on human memory function. *Behavioral Brain Research*, *89*, 1 - 34.
- Herrnstein, R. J. (1970). On the law of effect. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *13*, 243 - 266. doi: 10.1901/jeab.1970.13-243
- Hintzman, D. L. (1980). Simpson's paradox and the analysis of memory retrieval. *Psychological Review*, *87*, 398 - 410.
- Hull, D. L. (1973). *Darwin and his Critics: The Reception of Darwin's Theory of Evolution by the Scientific Community*. Cambridge: Harvard University Press.
- Hutchison, W. R. (1997). We also need complete behavioral models. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *67*, 224 - 228.
- Huxley, T. H. (1908). *Lectures and essays*. London (som sitert hos Ellegård, 1958).
- Jenkin, F. (1867). Review. *The North British Review*, (som sitert hos Ellegård, 1958).
- Jenkins, H. M., & Moore, B. R. (1973). The form of the auto-shaped response with food or water reinforcers. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *20*, 163 - 181.
- Kamin, L. J. (1968). Attention-like processes in classical conditioning. In M. R. Jones (Ed.), *Miami Symposium on the Prediction of Behavior* (pp. 9 - 31). Miami: University of Florida Press.
- Kamin, L. J. (1969). Predictability, surprise, attention and conditioning. In R. Church & B. Campbell (Eds.), *Punishment and aversive behavior*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Lattal, K. A., & Gleeson, S. (1990). Response acquisition with delayed reinforcement. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, *16*, 27 - 39.
- Lewes, G. H. (1860). *Cornhill Magazine*, *1*, 443 (som sitert hos Hull, 1973).
- MacCorquodale, K., & Meehl, P. (1948). On a distinction between hypothetical constructs and intervening variables. *Psychological Review*, *55*, 95 - 107.
- Mandler, G. (1981). What is cognitive psychology? What isn't? Invitert taler. *Division of Philosophical Psychology, American Psychological Association*, Los Angeles, CA.
- Mayr, E. (1942). *Systematics and the origin of species*. New York: Columbia University Press.
- Mayr, E. (1976). Typological versus population thinking. In E. Mayr (Ed.), *Evolution and the diversity of life* (pp. 26 - 29). Cambridge: Cambridge Belknap Press.
- Mayr, E. (1988). *Toward a New Philosophy of Biology*. Cambridge: Harvard University Press.
- Meehl, P. E. (1950). On the circularity of the law of effect. *Psychological Bulletin*, *47*, 52 - 75.
- Michael, J. (1993). Establishing operations. *The Behavior Analyst*, *16*, 191 - 206.
- Mivart, S.-G. J. (1871). Darwin's descent of man. *Quarterly Review*, *131*, 47 - 90 (som sitert hos Hull, 1973).
- Morse, W. H., & Kelleher, R. T. (1977). Determinants of reinforcement and punishment. In W. K. Honig & J. E. R. Staddon (Eds.), *Handbook of operant behavior*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Müller, M. (1872). Report of lecture. *Nature*, *7*, 145.
- Neisser, U. (1982). *Memory observed*. New York: W. H. Freeman.

- Palmer, D. (1986). Chomsky's nativism: A critical review. In P. N. Chase & L. J. Parrott (Eds.), *Psychological aspects of language* (pp. 49 - 60). Springfield: Charles Thomas.
- Palmer, D. C., & Donahoe, J. W. (1992). Essentialism and selectionism in cognitive science and behavior analysis. *American Psychologist*, 47, 1344 - 1358.
- Patriot. (1863). Editorial, 10. september , s. 594 (som sitert hos Ellegård, 1958).
- Piaget, J. (1953). *The origins of intelligence in the child*. London: Routledge & Kegan.
- Pinker, S. (1994). *The language instinct*. New York: William Morrow.
- Premack, D. (1959). Toward empirical behavior laws: I. Positive reinforcement. *Psychological Review*, 66, 219-233.
- Rescorla, R. A., & Wagner, A. R. (1972). A theory of Pavlovian conditioning. In A. H. Black & W. F. Prokasy (Eds.), *Classical Conditioning II* (pp. 64 - 99). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Rescorla, R. A., & Wagner, A. R. (1972). A theory of Pavlovian conditioning: Variations in the effectiveness of reinforcement and nonreinforcement. In A. H. Black & W. F. Prokasy (Eds.), *Classical conditioning II* (pp. 64 - 99). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Reynolds, G. (1961). Attention in the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 4(203 - 208).
- Rumelhart, D. E., & McClelland, J. L. (1986). PDP models and general issues in cognitive science. In D. E. Rumelhart, J. L. McClelland & The\_PDP\_Research\_Group (Eds.), *Parallel distributed processing* (Vol. 1). Cambridge: MIT Press.
- Schoenfeld, W. N. (1969). "Avoidance" in behavior theory. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 12, 669 - 674.
- Schultz, W. (1997). Adaptive dopaminergic neurons report value of environmental stimuli. In J. W. Donahoe & V. P. Dorsel (Eds.), *Neural-network models of cognition: Biobehavioral foundations* (pp. 317 - 335). Amsterdam: Elsevier Science Press.
- Schwartz , B. (1980). Development of complex, stereotyped behavior in pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 33, 153 - 166.
- Sedgwick, A. (1860). Objections to Mr. Darwin's theory of the origin of species. *The Spectator*, 7. april(som sitert hos Hull, 1973).
- Shettleworth, S. J. (1972). Constraints on learning. In D. S. Lehrman, R. A. Hinde & E. Shaw (Eds.), *Advances in the study of behavior*. New York: Academic Press.
- Shimp, C. P. (1969). Optimal behavior in free-operant experiments. *Psychological Review*, 76, 97 - 112.
- Sidman, M. (1960). *Tactics of Scientific Research: Evaluating Experimental Data in Psychology*. New York: Basic Books.
- Skinner, B. F. (1935). The generic nature of the concepts of stimulus and response. *Journal of General Psychology*, 12, 40 - 65
- Skinner, B. F. (1938). *The behavior of organisms. An experimental analysis*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Skinner, B. F. (1948). Superstition in the pigeon. *Journal of Experimental Psychology*, 38, 168 - 172.
- Skinner, B. F. (1950). Are theories of learning necessary? . *Psychological Review*, 57, 193 - 216.
- Skinner, B. F. (1966). The phylogeny and ontogeny of behavior. *Science*, 153, 1204 - 1213.
- Skinner, B. F. (1974). *About behaviorism*. New York: Random House.
- Smolen, P., Baxter, D. A., & Byrne, H. (2000). Modeling transcriptional control of gene networks - methods, recent results, and future directions. *Bulletin of Mathematical Biology*, 62, 247 - 292.
- Smolensky, P. (1986). Neural and conceptual interpretation of PDP models. In S. McCurry, D. E. Rumelhart & The\_PDP\_Research\_Group (Eds.), *Parallel distributed processing* (Vol. 1). Cambridge: MIT Press.
- Sober, E. (1984). *The Nature of Selection:*

- Evolutionary Theory in Philosophical Focus*. Cambridge: MIT Press.
- Staddon, J. E. R. (1983). *Adaptive behavior and learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Staddon, J. E. R., & Ettinger, R. H. (1989). *Learning: Introduction to Principles of Adaptive Behavior*. New York: Harcourt, Brace.
- Staddon, J. E. R., Hinson, J. M., & Kram, R. (1981). Optimal choice. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 35, 397 - 412.
- Stein, L., & Belluzzi, J. D. (1989). Cellular investigations of behavioral reinforcement. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 13, 69 - 80.
- Stein, L., Xue, B. G., & Belluzzi, J. D. (1993). A cellular analogue of operant conditioning. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 60, 41 - 53.
- Stickney, K., & Donahoe, J. W. (1983). Attenuation of blocking by change in US locus. *Animal Learning and behavior*, 11, 60 - 66.
- Thorndike, E. L. (1903). *Elements of psychology*. New York: A. G. Seiler.
- Timberlake, W., & Wozny, M. (1979). Reversibility of reinforcement between eating and running by schedule changes – comparison of hypotheses and models. *Animal Learning & Behavior*, 7, 461 - 469.
- Townsend, J. T. (1972). Some results on the identifiability of serial and parallel processes. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 25, 168 - 199.
- Uttal, W. R. (1999). *The war between mentalism and behaviorism: On the accessibility of mental processes*. Boston: Houghton-Mifflin.
- von Baer, K. E. (1873). The controversy over Darwinism. *Augsburger Allgemeine Zeitung*, 130 (som sitert hos Hull, 1973).
- Wallace, A. R. (1869). Review. *Quarterly Review*, 126, 391 - 393. (Fra A. Ellegård, 1958).
- Weismann, A. (1909). The selection theory. In A. C. Seward (Ed.), *Darwin and modern science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wollaston, T. V. (1860). Review of the Origin of Species. *Annals and Magazine of Natural History*, 5, 132 - 143.
- Wright, S. (1939). *Statistical genetics in relation to evolution*. Paris: Hermann.