

Hoofdstuk 6.

Leren en Geheugen.

Deel 1: Leren.

Samenvatting.

Via een omschrijving van leren worden verschillende processen beschreven waarbij acties aan stimuli zijn verbonden. Instinct, klassiek conditioneren en operant conditioneren passeren de revue. Hun functies worden in verband gebracht met de functiesystemen, waarbij tevens de beperkingen worden besproken. Daarnaast blijkt nog een ander principe werkzaam te zijn nl. het structureren. Dit blijkt zowel onbewust als bewust te geschieden. Over de wijze van opslag in het geheugen worden een aantal mogelijkheden bekeken. Ten slotte worden verschillende aspecten van het bewuste leren onder de loep genomen.

Inhoudsopgave Hoofdstuk 6; Deel 1.

1. Inleiding.	2
2. Leren.	2
3. Instincten.	3
4. Qualia.	5
5. Klassiek conditioneren.	5
6. Operant conditionering.	7
7. Reinforcement en extinction.	8
8. Beperkingen bij het conditioneren.	10
9. Latent leren.	11
10. Lijnen in gedrag.	12
A. Instinct en schema.	13
B. Qualia en schema.	13
C. Conditioneren en schema.	14
11. Onbewust leren.	15
12. Opslag van indrukken.	16
13. Testuitvoering.	18
14. Methode impliciet leren.	19
15. Tussenstand.	20
16. Structureren van stimuli.	21
17. De “Basal Ganglia” en procedureel leren.	24
18. Bewust leren.	26
19. Overzicht.	28

Leren en Geheugen.

Deel 1: Leren.

1. Inleiding.

Geheugen en leren zijn twee kanten van dezelfde medaille. Een geleerde is iemand die veel weet, nog meer dan een gemiddeld mens. Maar een violist of een acrobaat heeft ook veel geleerd, al vinden we hen geen geleerden. Kennelijk vinden we verbale kennis belangrijker dan emotionele of lichamelijke. Dat is een van onze culturele vooroordelen. Houterigheid is voor ons minder erg dan achterlijkheid. Het heeft te maken met de werking van ons bewustzijn, dat per definitie bijna geen aandacht heeft voor automatische, onbewust verlopende, processen. Abstracte vaardigheden worden daardoor hoger genoteerd dan concrete en praktische. Het is een erfenis van de Grieken. Handwerkslieden stonden daar onderaan de sociale ladder. Eigenlijk was het werk voor slaven. De waardering ervoor had in ieder geval niets te maken met het maatschappelijk nut ervan. Door deze opvattingen hebben wij ook onze aandacht gericht op het onderzoeken van geheugen en leervermogen. Alles wat zich via het bewustzijn afspeelde kwam in het zoeklicht te staan. Dat er ook een onbewuste kant aan geheugen en leren zou zitten heeft pas de laatste tijd de aandacht gekregen die het verdient.

2. Leren.

Wat is leren? We zullen enige kenmerken opnoemen. Er zijn leerelementen zoals:

- ! 1: het onthouden van gebeurtenissen;
- ! 2: het toekennen van betekenis;
- ! 3: het onderkennen van regels.

Ad 1: Het leren kent eigenlijk twee verschillende verbindingen met het geheugen nl. het onthouden van feiten, betekenissen en gebeurtenissen enerzijds en het onthouden van procedures en regels anderzijds. Feiten, betekenissen en gebeurtenissen worden bij het leren voorzien van kenmerken waardoor ze teruggevonden kunnen worden. Bij procedures en regels is het niet alleen van belang om het begin terug te vinden maar ook de juiste volgorde en duur van de uit te voeren stappen. Het is de samenwerking tussen beide die het denken (bewust of onbewust) mogelijk maakt.

Ad 2: Het toekennen van betekenis is het leggen van een verbinding tussen verschillende voorvallen, bijv. een woord en een beeld, een geluid, of tussen een gevoel en een gedachte.

Ad 3: Wat we regels noemen is in feite een meer of minder sterke samenhang (“*co-occurrence*” en covariatie) tussen verschillende door ons waargenomen patronen. Deze patronen zijn door ons zelf ontworpen op basis van onze waarnemingen en voorkeuren. Individuen passen hun gedrag aan deze samenhang aan en veranderen dit gaandeweg door een toenemende mate van gevoeligheid ervoor. Het is een trek van onze hersenen om de (waargenomen) werkelijkheid tot een liefst zo klein mogelijke set regels en verbanden te verdichten. Regels moeten dan ook opgevat worden als hulpmiddelen om met die werkelijkheid om te gaan. In de werkelijke wereld zijn er echter helaas geen universele regels, alleen maar specifieke. Het is daarnaast ook de toekenning van voorrang aan de ene gebeurtenis, (Eng.: “*event*”) feit of regel boven de andere. Zo ontstaan nieuwe procedures.

Leren vergt bewuste inspanning en aandacht. Dat is in ieder geval het idee van velen, die zich door een school heen worstelen. Maar minder bekend is het verschijnsel onbewust leren, dat (Reber 1993) o.a. heeft onderzocht, waarbij onbewust structuur wordt aangebracht in schijnbaar ongestructureerde voorbeelden. Jonge kinderen “leren” zo grammatica op basis van losse zinnen van ouderen. Het is een onbewust verlopend proces want ze kunnen geen regel expliciet maken. Toch zondigen ze er weinig tegen, het is net alsof ze het weten. Dat leren is eigenlijk niet veel anders dan, bewust of onbewust, structureren van feiten en gebeurtenissen waardoor ze op basis van dito procedures teruggeroepen, gebruikt en ingepast kunnen worden.

3. *Instincten.*

Soms zijn procedures als instincten aanwezig. Instinct is een term die uit het Latijn komt. *Instinctus* is een stam die aanzetten of aansporen betekent. Een definitie van instinct is: aangeboren gedragsdispositie. Hiermee wordt een via het erfelijk materiaal (de genen) vastgelegde handelwijze bedoeld om specifieke oplossingen te bieden voor het goed functioneren van het organisme. Deze handelwijzen zijn gevormd in het lange proces van natuurlijke evolutie. De meest effectieve handelwijze van het scala aan mogelijkheden die de natuur te bieden had, is daarvan overgebleven. Instincten kennen een vast begin (een “trigger”), een vaste handeling en een vast einde. Er is geen variatie in de aanpassing aan de situatie. De evolutie heeft de meest optimale aanpassing aan de situatie uitgeselecteerd en vastgelegd. De eenvoudigste vorm van gedragsdisposities vinden we terug in de reflexen. Hier is echter eerder sprake van een onwillekeurige reactie dan van een patroon. Toch is de grens en dus de overgang naar een instinct moeilijk te geven. Dit komt doordat reflexen vanuit een fysiologische benadering gedefinieerd werden en instincten vanuit een gedragsbenadering. Instinct wordt dan ook meer gebruikt voor complexere gedragspatronen in de leefomgeving. Voor instincten is geen bewustzijn nodig omdat er geen aanpassing is voorzien. De omstandigheden worden als een constante gezien.

Is de stimulans voor een instinctieve reactie (de “*releaser*”) eenmaal gegeven, dan voltrekt de actie zich automatisch, zelfs als die in bepaalde omstandigheden zinloos is. (Zie 1: In-

stinct) Daar de gevoeligheid voor de "releaser" op korte of langere termijn kan variëren kan de illusie ontstaan dat er een leerproces is opgetreden wanneer pas later in het leven opeens een nieuw gedrag optreedt dat nog niet eerder vertoond was. Het hele proces was echter door de genen in het zenuwstelsel vastgelegd. Bij instinct is er dus een duidelijk startsignaal aanwezig waarna een meer of minder complex patroon van acties volgt dat ophoudt wanneer de laatste actie van het patroon is uitgevoerd. Er is dus sprake van een soort geheugen waarin dat patroon is vastgelegd. Dat patroon is aangeboren en niet aangeleerd.

Gansen en Tinbergen.

Uit onderzoek van Tinbergen naar instinctief gedrag bij gansen blijkt dat een gans een ei terugrolt in het nest, als ze er een naast ziet liggen. (Ze doet dat ook wanneer het een golfbal is.) Zodra ze haar nek uitgestoken heeft kan het ei of de bal (de "releaser") weggenomen worden terwijl de rest van de terugrol beweging toch uitgevoerd wordt. Deze terugrol reflex is alleen aanwezig vanaf een week voor het eieren leggen tot ongeveer een week na het uitkomen van de eieren.

1: Instinct.

Verder wordt er onderscheid gemaakt tussen gesloten instinct en open instinct. Gesloten instinct wordt gevormd door aangeboren soortspecifieke gedragspatronen die rigide of niet flexibel zijn. Zij verschijnen uitsluitend wanneer de bijbehorende prikkel wordt gepresenteerd en zijn gesloten voor omgeving-gestuurde modificaties. Open instinct wordt gevormd door gedragspatronen die enige mate van flexibiliteit ten toon spreiden waardoor de gedragingen over de tijd en op grond van ervaring aangepast kunnen worden. Teruggekoppelde informatie over de bruikbaarheid van bepaalde nestmaterialen voor de nestbouw kan bij sommige soorten vogels leiden tot wijzigingen in het nestbouw gedrag. Het vliegen van vogels is ook instinctief gedrag. Wel moeten eerst de noodzakelijke spierbewegingen geoefend en ontwikkeld worden voordat vliegen plaats kan vinden maar de patronen daarvoor zijn aangeboren, evenals de neiging om te oefenen. Hoewel de details voor een soepele landing op wisselend terrein door ervaring moeten worden geleerd zijn ook hier de vereiste spierprogramma's aangeboren. Dat is trouwens ook het geval bij lopen. Eendenkuikens maar ook pas geboren antilopen waarvoor het noodzakelijk is om de ouders te kennen en te volgen, weten hen in de kortst mogelijke tijd te herkennen. Hetzij de vorm, de geur of de roep vormen de instinctieve signalen die kort na de geboorte opgepikt worden en verder als herkenning dienen, maar eenmaal vastgelegd is er geen mogelijkheid meer om het te veranderen. Lorenz demonstreerde dit verschijnsel aan de hand van eendenkuikens. Deze verlaten het nest met de moedereend 10 tot 18 uur na de geboorte waarbij ze de moeder herkennen en bij haar blijven ook in aanwezigheid van andere eenden. Door de eendjes zijn voeten in plaats van de moedereend te laten herkennen wist Lorenz ze aan zich te binden en hem te laten volgen. De onmacht van de eendjes om hun voorkeur te veranderen, zelfs na meer ervaring, heeft ertoe geleid om dit niet als echt leren te beschouwen. Dit verschijnsel wordt "imprinting" genoemd. Het is in feite instinctief gedrag met de mogelijkheid van een (noodzakelijke) eenmalige externe aanvulling en aanpassing.

4. *Qualia.*

Qualia zijn als het ware instincten met een open einde. Het uitvoeringsprogramma, dat bij instincten vastligt, is vervangen door een korter voorbereidingsprogramma dat eindigt met een (non-verbaal) signaal dat aangeeft wat de behoefte is zonder nader op de vervulling daarvan in te gaan. Omdat er geen vast uitvoeringspatroon is moet het signaal wel tot het bewustzijn doordringen waardoor het organisme in staat is om, afhankelijk van de omstandigheden, een eigen aangepaste opzet te kiezen. Alle acties voorafgaand aan het non-verbale signaal geschieden onbewust. De start van qualia wordt net als bij instincten door een “*releaser*” veroorzaakt, zij het dat er meer mogelijkheden zijn voor klassiek conditioneren. (zie verder op). Ook een vorm van “*imprinting*” is mogelijk. Qualia-processen zijn evolutionair gevormd. Ze hebben dezelfde functie voor de hele soort. Ze kunnen echter individueel anders uitwerken daar de triggers individueel verschillend geleerd kunnen zijn. Het non-verbale signaal kan een pijn signaal zijn, honger maar ook treurigheid, kwaadheid etc. Deze signalen betreffen dus zowel functioneringssignalen van het organisme als sociale interactiesignalen die relevant zijn voor het individu.

5. *Klassiek conditioneren.*

Wanneer de geheugeninhoud veranderd kan worden is er sprake van een leerproces. De meest eenvoudige wijze van leren is via de klassieke conditionering. Pavlov heeft het al in het begin van deze eeuw beschreven. Het is mogelijk om een bestaande, natuurlijke stimulus (de “*unconditioned stimulus*” of de US) voor een bepaalde actie (de “*unconditioned response*” of de UR) - zoals vlees (als de US) in het zicht van een hongerige hond en het afscheiden van speeksel (als de UR) - te vervangen door een andere, geleerde stimulus, zoals het geluid van een bel (de “*conditioned stimulus*” of de CS), wanneer deze enige keren (vlak voor en overlappend) met de US werd toegediend. Alleen al het geluid van de bel bleek daarna in staat te zijn om de speekseltoevoer op gang te brengen. De CS roept een “*unconditioned response*” of UR op. Zo kan een bijstelling op instinct en qualia tot stand worden gebracht. Deze klassieke conditionering houdt niet in dat het resultaat (de UR) geleerd wordt. Het speekseltoevoer mechanisme bestaat al en wordt niet door de bel veranderd. Alleen de CS wordt geleerd. Op deze wijze kan een wezen zich aanpassen aan zijn omgeving door nieuwe stimulansen aan te leren en daarop met bestaande en beproefde technieken te reageren. Een conditionering kan snel tot stand komen, soms al na één koppeling van CS en US. Dit heeft overlevingswaarde voor bijv. een konijn dat tijdens het drinken aangevallen wordt door een vos. Het drinken is nu met gevaar verbonden, evenals ook vaak de omgeving, de drinkplaats! Het zal daarna de drinkplaats omzichtig benaderen en goed uitkijken of er een vos in de buurt is. Gelukkig bestaat er ook een mechaniek om een conditionering te verzwakken, anders zou het leven op den duur te gecompliceerd worden. Door herhaaldelijk een CS aan te bieden zonder de bijpassende US en

zonder de UR neemt de koppeling langzaam af. Er ontstaat echter geen eliminatie van de relatie. Soms keert de koppeling spontaan terug. (Bouton 1994) Ook kan soms dezelfde omgeving de koppeling weer herstellen daar de omgeving vaak ook een (zij het meestal zwakkere) CS is geworden. Verder is het mogelijk dat de US (of zelfs een andere stressvolle US) de relatie weer restaureert. (Campbell and Jaynes 1966) Mensen met fobieën kunnen er van meepraten. (Jacobs and Nadel 1985)

Een minder bekende vorm van klassiek conditioneren is de geconditioneerde inhibitie. Hierbij leren proefdieren om spontane UR te onderdrukken na de presentatie van een CS die zonder een US wordt gegeven. Een lichtflits kan bijv. betekenen dat er geen voedsel wordt aangeboden. Als dit gebeurt omstreeks de normale voedertijd of op de plaats waar normaal het voeren plaatsvindt, leert het proefdier dat de CS (de lichtflits) verbonden kan worden met de afwezigheid van de US (voedselaanbod). Onderzoekers vonden dat proefdieren het beste een CS leren als ze getraind werden met twee alternatieve CS's, een (CS^+) verbonden met een US en een (CS^-) die er niet mee verbonden kan worden.

Indien een rat getraind werd om de aanwezigheid van een zwart vierkant met voedsel te verbinden, bleek hij ook vaak te reageren op een zwarte rechthoek, driehoek of veelhoek. Maar als het zwarte vierkant (de CS^+) afgewisseld werd met een ander zwart oppervlak (de CS^-) dat niet dezelfde afmetingen heeft als het zwarte vierkant, leerde hij de vorm van het zwarte vierkant zo goed te onderscheiden dat alle andere vormen genegeerd werden.

Hoe komt de US tot stand? Het moet wel een aangeboren eigenschap zijn, dus genetisch bepaald. Maar is het ook specifiek d.w.z. toegesneden op een enkel geval zoals kleine vogels wegduiken bij het zien van een torenvalk? Gebleken is dat kleine vogels, die pas uit het ei gekropen zijn voor alle overvliegende vogels verstijven en eventueel wegduiken. Dat is dus een algemene en niet een specifieke reactie. Wanneer echter hetzelfde type vogel vaker overvliegt zal de reactie afnemen, zeker wanneer ze merken dat hun nestgenoten er ook niet op reageren en de oudere vogels geen alarm slaan. Ook kleine kinderen letten bij nieuwe situaties op het gedrag van de moeder. Wanneer die angstig doet reageert het kind ook met angst en omgekeerd. Uit een algemener aangeboren reactiepatroon blijft dan een specifieke US over (geconditioneerde inhibitie).

Voor klassiek conditioneren gelden eenvoudige rekenregels. Wanneer een CS wordt gebruikt bestaande uit twee stimulansen, bijv. een bel en een lichtflits, dan worden beide geleerd. ($CS_1 + CS_2 + US \div UR$). Daarna produceert de eerste zowel als de tweede stimulus onafhankelijk van elkaar de UR. Als de sterkte van de UR gemeten kan worden, bijv. als druppels speeksel bij de hond van Pavlov, dan blijken beide stimuli apart de helft bij te dragen aan de totale UR. ($CS_1 \div 0,5 UR$ en $CS_2 \div 0,5 UR$; $CS_{\text{totaal}} \div 1,0 UR$) Wordt de tweede stimulus niet gelijk met de eerste stimulus geconditioneerd maar later tezamen, ($CS_1 + CS_2 + US \div UR$) dan

blijkt hij echter niet apart aan te slaan. ($CS_1 \div 1,0$ UR en $CS_2 \div 0,0$ UR). Alleen een nieuwe conditionering van CS_2 apart blijkt te werken ($CS_2 + US \div 1,0$ UR). Bij de hond van Pavlov betekent dit dat een bel met vlees werkt, daarna geeft een bel en een lichtflits en vlees geen uitbreiding, alleen de bel blijft werken en niet de lichtflits, maar een lichtflits en vlees apart voegt de lichtflits wel toe als nieuwe CS.

Nog ingewikkelder wordt het als we eerst twee stimuli apart conditioneren. ($CS_1 + US \div 1,0$ UR en $CS_2 + US \div 1,0$ UR) Indien we nu beide stimuli tezamen met een derde, CS_3 , uitproberen, blijkt er iets merkwaardigs op te treden ($CS_1 + CS_2 + CS_3 + US \div 1,0$ UR); CS_3 moet $-1,0$ UR zijn! Als dit getest wordt door òf CS_1 òf CS_2 met CS_3 te combineren, is het resultaat geen reactie! $CS_1 + CS_3 \div$ geen reactie ($0,0$ UR); $1,0 + (-1,0) = 0,0$.

Ten slotte blijkt de evolutie nog meer verrassingen in petto te hebben (zie 2: honger en eten). Uiteraard bestaat er geen statisch systeem. Steeds weer vinden er aanpassingen plaats, weliswaar op basis van een stramien dat al bestaat want de evolutie neemt kleine stapjes. Het basissysteem blijft meestal herkenbaar maar is zeker niet het universele systeem dat overal en altijd alleen geldig is.

Conditioneren en het hongersysteem.

John Garcia ontdekte rond 1965 dat er een merkwaardige doch begrijpelijke afwijking bestaat bij het klassiek conditioneren van het hongersysteem. Wanneer ratten voedsel kregen toegediend dat hen na uren ziek maakte leerden ze toch om in het vervolg dat voedsel te vermijden. Hoewel er uren verstreken waren tussen de CS (ziekmakend voedsel) en de US (de ziekte zelf) vond er toch conditionering plaats terwijl onder normale omstandigheden het maximale tijdsverloop tussen de CS en de US enkele seconden mag bedragen. Daar de ziekteverschijnselen echter pas na enige uren optreden is in dit geval tijdens de evolutie een langere associatietijd gegroeid. Opmerkelijk is het feit dat alleen smaak en reuk bijdragen aan dit proces. Langs visuele weg alleen kan geen conditionering tot stand komen. Het feit dat ratten nachtdieren zijn zal hiermee te maken hebben. Duiven daarentegen kunnen alleen maar door visuele kenmerken van hun voedsel worden geconditioneerd en niet door geur of smaak. Zij eten dan ook praktisch alleen overdag. Ten slotte wordt U dringend geadviseerd om geen lievelingsgerecht te nuttigen als U bezig bent ziek te worden!

2: Honger en eten.

6. Operant conditionering.

De klassieke conditionering moet niet verward worden met de z.g. operant conditionering. In vervolg op de klassieke conditionering, die kan worden beschreven met: "leren te herkennen" ontwikkelde zich de operant conditionering, ook te omschrijven met: "leren te sturen". In het engels is het: "*to operate on the environment*". Een operant is een klasse van responsen die hetzelfde effect hebben. Het einde (het effect) ligt vast maar het begin is vrij. De handeling kan binnen zekere grenzen variëren mits het resultaat ervan hetzelfde is. Het eind sluit in feite aan bij het eind van een gesloten instinct (bijv. honger - eten), dat nog niet actief is geworden. Hierbij "ontdekt" het proefdier door vallen en opstaan een bepaalde handeling, die als resultaat de bevrediging van een (sterk) gevoelde behoefte heeft, zoals honger, of vermijding van een onaangename ervaring, zoals een elektrische schok. De theorie van B.F. Skin-

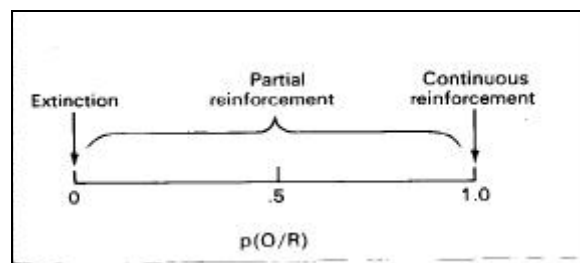
ner was dat de handeling een nieuw gedrag was, niet een keten van reflexen, en dat het proefdier dat nieuwe gedrag verwierf door een soort zelf-conditionering, “*shaping*” genaamd. Daartoe moest het proefdier een soort doel nastreven. In het laboratorium worden proefdieren daarom teruggebracht tot 80% van hun normale gewicht zodat ze sterk gemotiveerd zijn om voedsel te verwerven. Anderen vertrouwen op het sterke, universele verlangen om straf of kwelling te vermijden. Proefdieren werden daarbij geholpen doordat de onderzoeker stappen in de richting van het gewenste gedrag beloont. Als de bedoeling is dat een rat leert een hendel in te drukken, dan legt de proefleider een stukje voedsel bij de hendel telkens als de rat naar de hendel kijkt. Wanneer die verbinding door de rat is gelegd verschijnt het voedsel pas als hij de hendel aanraakt etc. Als hij er ten slotte op drukt, krijgt hij het voedsel. De rat, van zijn kant, moet bepalen welke van zijn handelingen (nieuw gedrag, geen reflexketen!) er toe leidde om het voedsel te verkrijgen. Deze vorm van zelf-conditionering wordt nu “*shaping*” genoemd. In de natuur komt dit soort gedrag regelmatig voor en leidt tot gestroomlijnd, vaak geautomatiseerd nieuw gedrag. Laten we eens kijken hoe het in de praktijk werkt.

7. Reinforcement en extinction.

Elke morgen van de werkweek, om 9:00 uur, loopt u de hal van Uw kantoor in en begeeft u zich direct naar de lift. U drukt op de knop en binnen 30 sec. arriveert de lift. Dat gaat elke ochtend goed. Zo’n vaste koppeling van actie en reactie, - in conditioneringstermen “*continuous reinforcement*” geheten - is wel het eenvoudigste geval van leren dat mogelijk is. Maar leren kan ook geschieden als niet alles zo gladjes loopt. Op een dag drukt U op de knop en de lift komt niet, er is geen stroom. U blijft daar waarschijnlijk niet eeuwig staan maar gaat met de trap. (fig. 1) Dit heet “*extinction*”. De kans p dat de lift verschijnt is 0 ($p(O/R) = 0$). Een uitkomst waarbij op uw oproep *niet* gebeurde wat u verwachtte. De leertheorie voorziet hierin met twee leermomenten: het expliciet verbinden van twee voorvallen en het expliciet ontkoppelen van twee voorvallen. Daar deze twee voorvallen in beide gevallen praktisch onmiddellijk op elkaar volgen is er geen integratie in de tijd nodig. Maar er kan meer gebeuren.

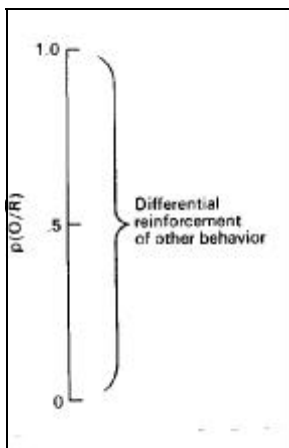
L.J.Humpreys en B.F.Skinner ontdekten onafhankelijk van elkaar de “*partial of intermittent reinforcement*”. (Bijvoorbeeld op maandag en dinsdag drukt u op de knop en de lift komt, op woensdag en donderdag drukt u de knop en de lift komt niet, terwijl tenslotte op vrijdag de lift weer wel verschijnt.)

Als de lift het helemaal begeeft, hoelang blijft u op de knop drukken voordat u met de trap gaat? Als u voordien alleen *continuous reinforcement* had, geeft u het al na een paar dagen op terwijl als u *partial reinforcement* had,



Figuur1: *Partial reinforcement*. O = Outcome/Uitkomst; R = Response/Verwachting.

blijft u waarschijnlijk een paar weken drukken. Mensen en dieren leren snel dat de reactie maar af en toe op hun actie volgt. Sterker nog, hun acties worden zeer ongevoelig voor *extinction*! Er is immers geen zekerheid dat het ontbreken van een reactie niet bij het patroon hoort. Gedacht wordt dat dit o.a. de basis vormt voor gokverslaving. Een iets ingewikkelder leertheorie is nodig. Een die het expliciet verbinden en het expliciet ontkoppelen samen kan voegen en met een gemiddelde komt. Organismen kunnen dus de situaties *altijd, nooit* en *soms of misschien* leren.

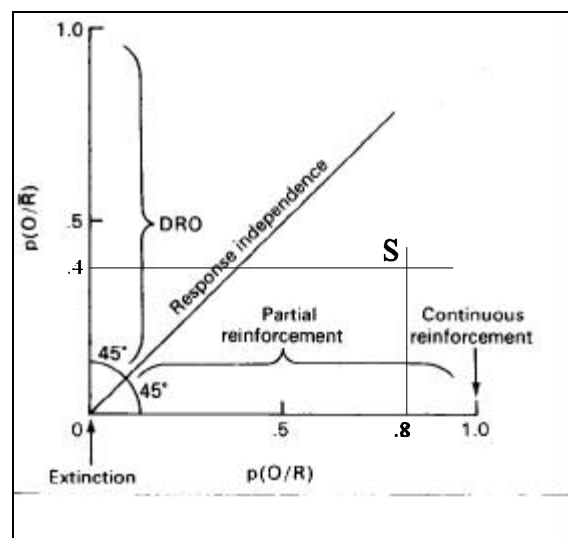


Figuur2:DRO

Wat gebeurt er wanneer u voor de lift staat en, zonder op de knop te drukken, verschijnt hij opeens? In operant conditioneringstaal heet dat DRO, “*differential reinforcement of other behavior*”. Het duurt misschien even voordat u leert dat de lift komt wanneer u **niet** op de knop drukt.

Maar ook dit kan intermitterend geschieden. Van de tien dagen dat u niet op de knop drukte, komt de lift zeven maal. Naast het koppelen van twee voorvallen en het ontkoppelen ervan is er nu ook het nalaten van een actie en dat kan ook zeer ongevoelig voor *extinction* worden. Het organisme kan deze consequenties van acties en het nalaten van acties betrekkelijk eenvoudig apart leren maar is ook in staat ze gelijktijdig te leren. Alle vier de mogelijkheden komen daarbij voor. Knop drukken - lift verschijnt, knop drukken - lift verschijnt niet, niet op knop drukken - lift verschijnt, en ten slotte niet op knop drukken - lift verschijnt niet. Voor

alle acties en reacties kan een grafische voorstelling gemaakt worden. (zie fig. 3) Als bijvoorbeeld bij het drukken op de knop in acht van de tien keer de lift verschijnt (kans $p\{O/R\} = 0,8$) en bij het niet drukken op de knop vier keer van de tien (kans $p\{O/R\} = 0,4$) dan ligt dat punt S onder de lijn die 45° met de basis maakt en is het verstandig om op de knop te drukken. Voor punten boven de lijn is het beter om niet op de knop te drukken. In beide gevallen is de uitkomst te beïnvloeden. Als de waarschijnlijkheid van een reactie op een actie verschilt van de waarschijnlijkheid van een reactie, wanneer die actie niet plaats vindt, dan is reactie *dependant* (afhankelijk) van de actie (of het achterwege blijven). Als de waarschijnlijkheid in beide gevallen gelijk is dan is de reactie *independent* (onafhankelijk) van de actie en dus *uncontrollable*. Mensen (en ook dieren)



Figuur3: Mogelijkheden actie en reactie

blijken grote moeite te hebben met *uncontrollable* situaties. Ze kunnen hun drijfveer voor verdere acties verliezen, ja zelfs depressief worden!

Het is individueel verschillend hoe een bepaalde situatie ingeschat wordt, maar op den duur, wanneer het voorval vaak heeft plaats gevonden, zal een convergentie naar een bepaald gedrag optreden. Wanneer de punten op de lijn liggen die 45° met de basis maakt, zal de *extinction* ook een hoge drempelwaarde hebben. Het geloof dat de situatie niet beïnvloed kan worden is in dat geval halsstarrig.

Geldt dit proces van *reinforcement* en *extinction* voor alle functiesystemen die onze hersenen kennen? Waarschijnlijk wel. De drijfveer tijdens het proces komt voort uit een bepaald functiesysteem (procesdeel 1) en dat bepaalt daarmee in welk functiesysteem het proces werkzaam zal zijn. Elk systeem kent zijn eigen gevolgen, die echter meestal tot dat systeem beperkt blijven. Voor de wijze van partnerkeuze lijkt het goed van toepassing. Succes bij actie of juist bij afwachten? Ook de voedselkeuze en verwerving bij het hongersysteem lijkt er mede door gestuurd te worden. Het angststelsel bij dieren is goed onderzocht omdat dat in experimenten duidelijk waarneembaar is. (Seligman 1975) Honden, die in een kooi na een belsignaal een elektrische schok krijgen, kunnen leren hieraan te ontsnappen door naar een ander deel van de kooi te springen. Wanneer zij echter bij een nieuw experiment ook daar een schok krijgen worden zij apathisch en depressief. Bij terugkeer naar het eerste experiment blijkt het dan praktisch onmogelijk om hen opnieuw de ontsnappingsmethode te leren. Ze geloven er niet meer in. De *extinctie* van het tweede experiment werkt niet meer.

8. Beperkingen bij het conditioneren.

De herhaling van vallen en opstaan tijdens de operant conditionering suggereert dat het proces bewuster is dan bij het klassieke conditioneren. Hoewel een kern van inzicht en creativiteit soms een rol speelt bij operant conditionering blijkt het toch vaak bij dieren beperkter te zijn dan wordt gedacht. Het is belangrijk om zich te realiseren dat diersoorten die in het laboratorium worden gebruikt niet een doorsnee vormen van alle aanwezige soorten maar relatief flexibele soorten zijn die zich hebben kunnen handhaven door hun aanpassingsvermogen in sterk wisselende omstandigheden. Dat vermogen ondersteunt het operant conditioneren en doet verschillen ontstaan in de gevoeligheid ervoor.

Ook het idee dat door “*shaping*” dieren allerlei trucks geleerd kon worden bleek te optimistisch. (Breland, Keller et al. 1961) probeerden om een aantal verschillende dieren gedrag te leren dat in commercial's bruikbaar was. Eerst leek *shaping* van gedrag voorspoedig te gaan maar plotseling introduceerde het dier spontaan ongewenst gedrag, dat, hoewel niet aangevoedigd, niet alleen doorzette maar het gedrag van het dier ging domineren.

Toen enkele biggen via *shaping*, door beloning met voedsel, er toe gebracht waren om

een munt op te pakken en in een bakje te leggen ging in het begin alles goed. Maar na enige tijd begonnen de biggen spontaan de munt te laten vallen en een tijdje te gaan wroeten voordat ze de munt in het bakje deponeerden. Dat gedrag, dat de beloning uitstelde, nam hand over hand toe totdat de biggen alleen maar bleven wroeten. Het hongeriger maken van de biggen verergerde de zaak alleen maar. Ze besteedden al hun tijd met wroeten en lieten de munten voor wat ze waren. Deze waarneming leidde tot de ontdekking dat het “slechte” gedrag steeds een aangeboren gedrag was dat met de voedingsgewoonten van het dier samenhangt. Wanneer het conditioneringsproces, dat al met voedsel en eten verbonden was, te dicht bij het aangeboren gedrag kwam, verschoof het meer en meer naar die instinctieve gewoontes. De Brelands schrijven hierover: “Na 14 jaar onafgebroken conditioneren en observeren van duizenden dieren is het met tegenzin onze conclusie dat het gedrag van elke diersoort niet duidelijk begrepen, voorspeld of gecontroleerd kan worden zonder kennis van zijn instinctieve patronen, evolutionaire geschiedenis en ecologische nis.

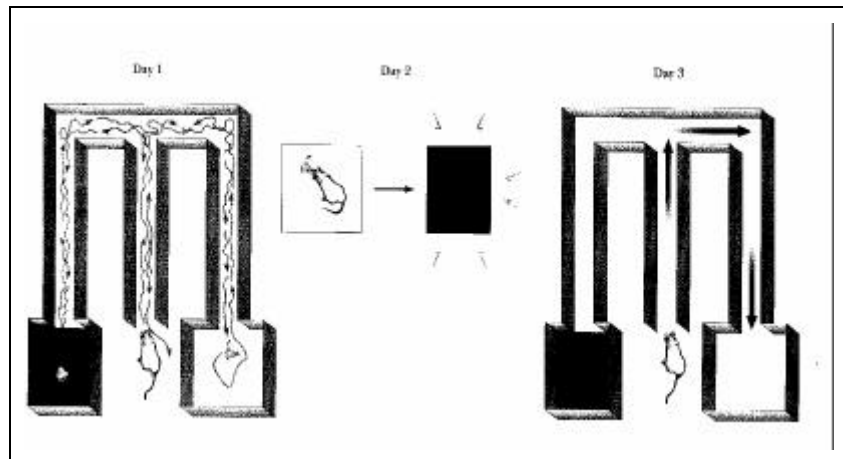
Ratten kan goed geleerd worden op een hendel te drukken om voedsel te krijgen maar als het drukken op een hendel nodig is om een schok te vermijden is het conditioneren extreem lastig. Omgekeerd kan een rat geleerd worden weg te springen om een schok te vermijden, maar springen om voedsel te krijgen lijkt een onmogelijke opgave. Hetzelfde geldt voor duiven. Deze predisposities bevestigen de natuurlijke gang van zaken. Ratten eten gewoonlijk door met hun voorpoten voedsel te manipuleren en ontsnappen door gebruik te maken van de krachtige achterpoten. Operant conditionering moet kennelijk aansluiten bij natuurlijk gedrag en is geen leermethode op zichzelf. Daarom zijn dieren met een veelzijdig gedragspatroon beter te conditioneren dan soorten die een specifiek gedrag hebben. Bijen, die een bloem hebben gevonden met voedsel (de US) leren die bloem te herkennen. Maar het leren (de UR) is erg specifiek. Ze leren de geur snel te herkennen, de vorm langzaam en de kleur er tussen in. Dit komt overeen met de betrouwbaarheid van elk signaal. Geur is zeer specifiek, kleur varieert iets van plant tot plant en de vorm verandert sterk, afhankelijk van de benaderingsweg.

9. Latent leren.

Operant conditioneren verkondigt dat dieren nieuw gedrag leren door vallen en opstaan waarbij zij doelgericht bezig zijn. Maar laten we eens naar het volgende experiment kijken dat in 1948 door E.C.Tolman werd uitgevoerd.

Een rat mag een twee-armig netwerk verkennen. (zie fig. 4) Elk einde bevat een doos met wat voedsel. De rechter doos is ruim en wit geschilderd terwijl de linker smaller is en

zwart van binnen (ratten houden van kleine en donkere ruimten). Er is geen verschil in beloning; elke doos bevat hetzelfde. De volgende dag wordt de rat in een ruime witte doos geplaatst met wat voedsel. Als hij het voedsel heeft opgegeten wordt hij in een smalle zwarte doos gezet en krijgt een

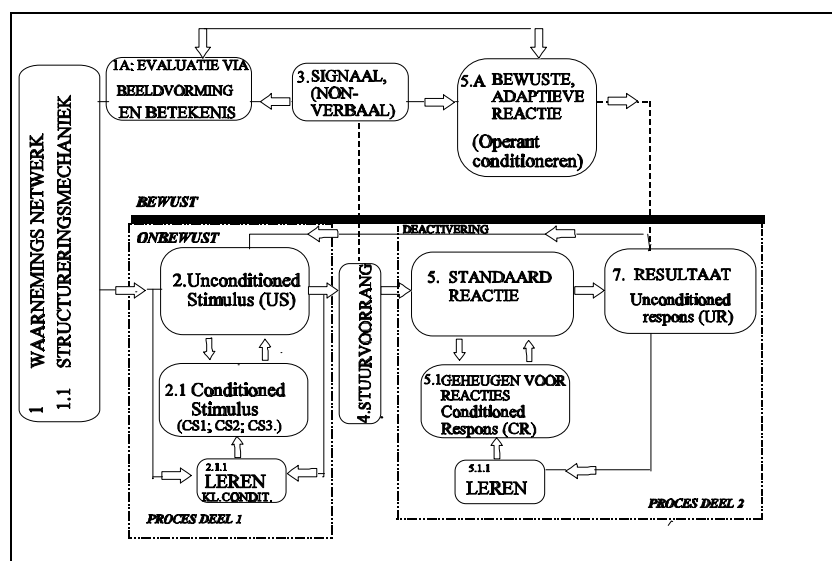


Figuur4: Proef Tolman.

elektrische schok. Daarna wordt hij weer teruggezet in zijn kooi. Bij dit experiment wordt geen leren verwacht maar het is mogelijk dat de rat via een klassieke conditionering een verband tussen de doos en het voedsel (een potentiële CS) heeft gelegd hoewel dit uiterst onwaarschijnlijk is bij deze eenmalige confrontatie. Op de derde dag wordt de rat weer voor het netwerk geplaatst. Als de rat bij de eerste keer iets geleerd heeft zal het weten dat de linkerarm naar de smalle donkere doos leidt waarvoor een aangeboren voorkeur bestaat. Maar de rat gaat onmiddellijk naar de rechtergang, naar de witte doos. De rat heeft kennelijk verschillende ervaringen, gescheiden in tijd en ruimte als wel in belevenis, gecombineerd en daarbij de verwachting gevormd dat er voedsel is aan de rechterkant in de witte doos waarbij er geen gevaar dreigt. Dit gedrag, dat niet door, hetzij klassiek, hetzij operant conditionering kan worden verklaard, suggereert dat tenminste sommige dieren in staat zijn om vooruit te plannen. Een variëteit van goed gecontroleerde tests langs dezelfde lijnen heeft een nieuw verschijnsel aangetoond dat “*latent learning*” genoemd wordt.

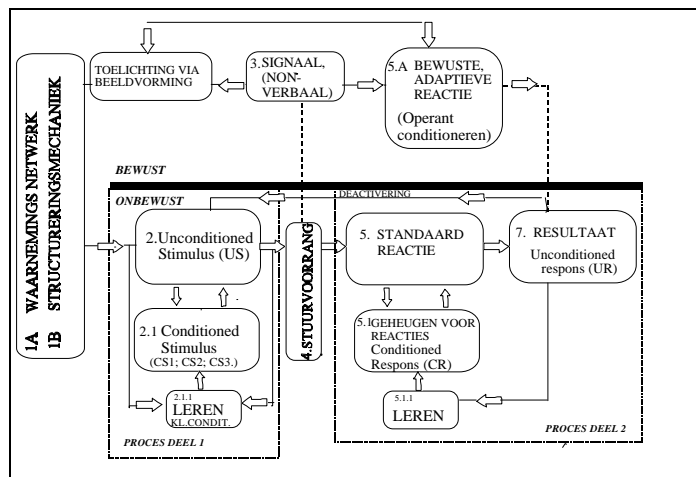
10. Lijnen in gedrag.

Als we de verschillende “leer” trajecten bekijken dan blijken het alle aanpassingen te zijn aan bestaande functiesystemen. In de Inleiding hebben we



Figuur5: Processchema

zo'n functiesysteem beschreven. Het zag er schematisch als volgt uit: (zie fig. 5.) We kunnen nu wat gedetailleerder voor de genoemde "leer" gevallen de verschillende begrippen op de bestemde plaatsen invoeren. In het onbewuste deel kan het verschil (nr 2) vervangen worden door US. In het geheugen voor maatstaven (nr 2.1) horen de *Conditioned Stimuli* thuis. Ook het resultaat (nr.7) kan in de genoemde leertrajecten vervangen worden door de US. Tenslotte kan het geheugen voor reacties (nr. 5.1) door *Conditioned Responses* worden voorgesteld. In het bewuste deel kan nr 5.A, de bewuste adaptieve reactie, opgevat worden als de operant conditionering. Het aangepaste schema ziet er nu uit als aangegeven in fig. 6.

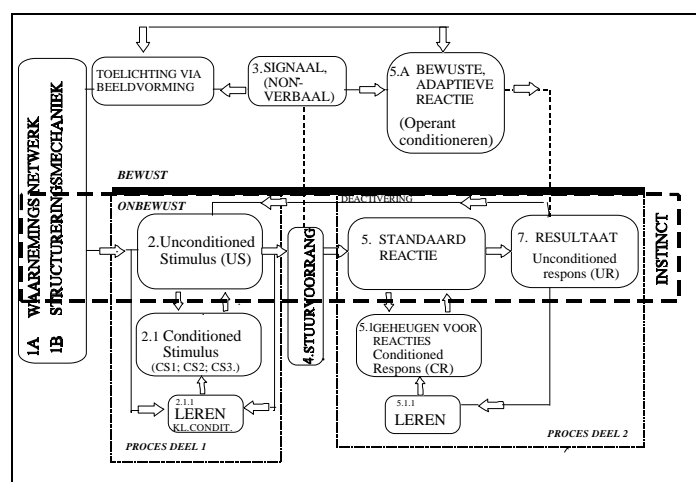


Figuur6: Aangepast schema functiesysteem.

Van de verschillende besproken gevallen zal nu worden aangegeven wat van het nieuwe schema gebruikt wordt. Op deze wijze kan beter worden aangegeven hoe de samenhang er tussen is. Het wordt daardoor aannemelijk dat de evolutie deze gevallen los van elkaar heeft laten ontstaan. Allereerst kijken we naar het instinct.

A. Instinct en schema.

Hierbij wordt slechts een (basis) deel van het schema gebruikt. (het omliggende deel in fig. 7) Er is een US, in het betoog de "releaser" genoemd, waaraan eventueel een CS (bijv. CS1) gekoppeld kan worden. Verder is er een eveneens onveranderbaar procesdeel dat uitmondt in een UR dat wel of niet tot een resultaat kan leiden. Na de UR stopt het proces en kan een nieuwe US alles weer van voren af aan laten gaan. Bij "imprinting" wordt de US door de eerste CS (bijv. CS_{bewust}) bepaald, die daardoor de rol van US overneemt. Ook is het mogelijk dat de oorspronkelijke US door

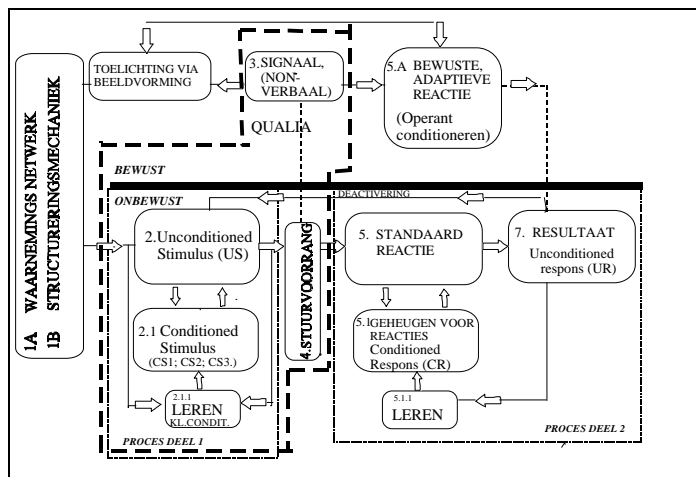


Figuur7: Instinct en het uitgekilde schema van het bijbehorende functiesysteem.

inhibitie van verschillende CS'en (bijv. CS2 en CS3) beperkt wordt. Meestal ontvangt het organisme geen (non-verbaal) signaal tijdens het proces en verloopt alles onbewust.

B. Qualia en schema.

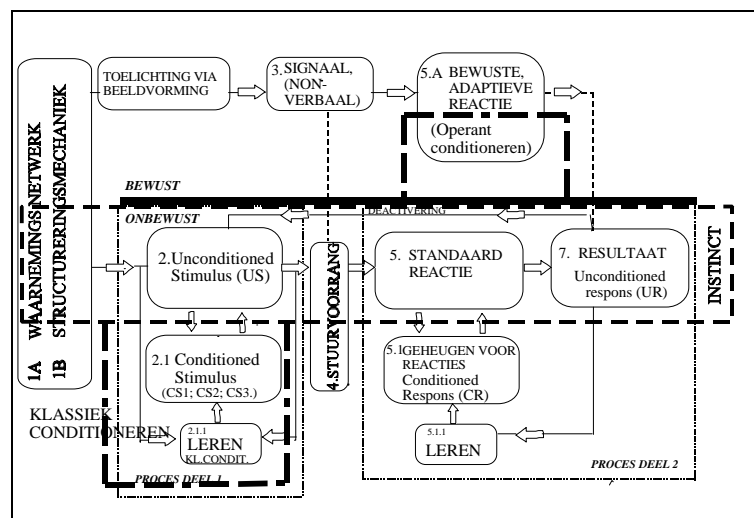
Bij qualia (fig. 8) wordt het procesdeel 1 autonoom doorlopen om vervolgens met een non-verbaal signaal te eindigen. (Het omliggende deel van fig. 4.) Qualia leveren de drijfveren voor ons gedrag en onze stemmingen. Qualia zijn zeer functie afhankelijk. Het zijn eigenlijk onaffe functies. Het non-verbale signaal geeft aan van welke functie het afkomstig is. Bij verdriet kan het proces bij het non-verbale signaal eindigen. We voelen ons treurig. Er is geen verlangen naar vervolg. Het zegt "laat me alleen". Bij echt verdriet komen via het onbewuste proces deel 2 onwillekeurig tranen en snikken. Ook bij andere signalen, zoals bijv. bij honger, slaap en lust werkt het onbewuste deel gewoon door. Onze maag knort bij honger, onze ogen dwalen af en vallen soms toe bij slaap en we worden hitsig bij lust. Het bewuste stuk in ons overweegt de mogelijkheden voor realisatie en de risico's. Maar meestal blijft het bij de non-verbale signalen en kleuren zij als (onbewuste) neiging de gedachten en de actie waarmee we bezig zijn. Qualia eindigen als stemmingen, niet als emoties zoals angst, verdriet, woede. We voelen ons eerder bang, terneergeslagen en geïrriteerd en we weten vaak niet waar het door komt omdat het procesdeel 1 onbewust verloopt.



Figuur8: Qualia en schema functiesysteem.

C. Conditioneren en schema.

Het klassiek conditioneren is eigenlijk een (waarschijnlijk evolutionair gegroeide) uitbreiding van het instinct. Het speelt zich geheel af in procesdeel 1. (zie fig. 9; gestippelde lijn) Het kan daarom van invloed zijn op zowel instinct als op qualia. Dit in tegenstelling tot operant conditioneren waarbij de invloed



Figuur9:Conditioneren (klassiek en operant).

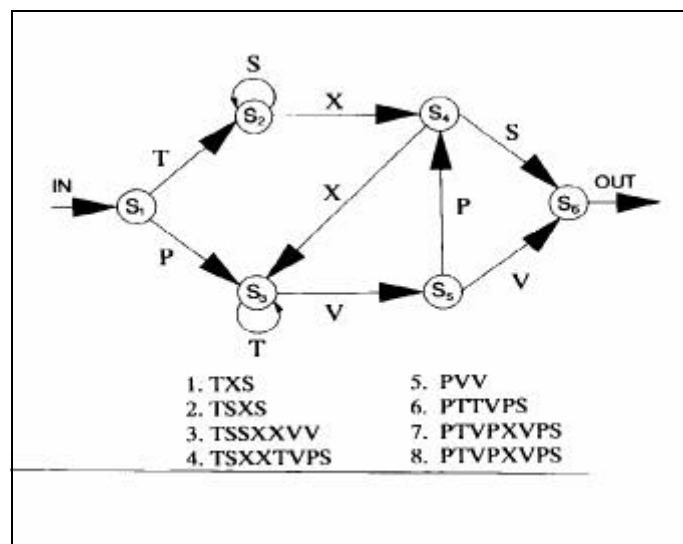
beperkt blijft tot procesdeel 2 en het bijbehorende bewuste gedeelte. Voor operant conditioneren is bovendien noodzakelijk dat procesdeel 1 doorlopen is en er een duidelijke drijfveer aanwezig is (er stuurvoorrang bestaat voor...) om het tweede procesdeel te doorlopen. In hoe verre operant conditioneren bewust geschiedt is onduidelijk. Zoals we later zullen zien bij impliciet leren is het heel goed mogelijk dat verbanden onbewust gelegd worden. Het resultaat is echter wel bewust en er ontstaat een gevoel van onvrede wanneer dat niet bereikt wordt. Het feit dat operant conditioneren via kleine stapjes wordt gerealiseerd maakt het enerzijds waarschijnlijk dat er minimaal een basis-bewustzijn aanwezig is om de overgangen te kunnen verbinden. Anderzijds pleit de bevinding van (Breland, Keller et al. 1961), dat sommige diersoorten weer terugvallen op hun aangeboren gewoonten, er voor om te veronderstellen dat het geconditioneerde proces onbewust verloopt. Veel hangt waarschijnlijk af van de variëteit van de omstandigheden waarmee het dier te maken heeft en de gevoeligheid van het dier voor die omstandigheden. Bewustzijn is immers nodig om te kunnen beoordelen wat in bepaalde omstandigheden het beste is.

Hoe moeten we *latent learning* in deze context zien? Hiervoor is het nuttig in te gaan op een verdere ontwikkeling die onafhankelijk door A. S. Reber e.a. is ingeleid. Zij deden onderzoek naar onbewust leren, het zich eigen maken en gebruiken van kennisstructuren zonder dat de onderliggende structuur bewust is.

11. Onbewust leren.

Indien mensen met een gestructureerde omgeving geconfronteerd worden leren zij van die structuur gebruik te maken, sterker nog, zij brengen zelf eerst, vaak zonder het te merken, die structuur aan! Dat gaat zeker niet altijd bewust. Visueel en auditief is dit een bekend verschijnsel. We leren ons snel te oriënteren in een vreemde omgeving en we weten gauw een onderscheid tussen verschillende geluiden en stemmen te maken. Kleine en grote verschillen worden geconstateerd en onthouden en dienen zo als

referentie voor een verdere oriëntatie. Het heeft alle kenmerken van leren. Als ons gevraagd wordt wat het kenmerk van iets is moeten we er echter vaak eerst over nadenken voordat we het expliciet kunnen maken. We wisten het al onbewust. We hebben er al wat van gezien bij het voorbeeld van de lift bij het operant conditioneren. Hoe ver gaat die onbewuste structure-

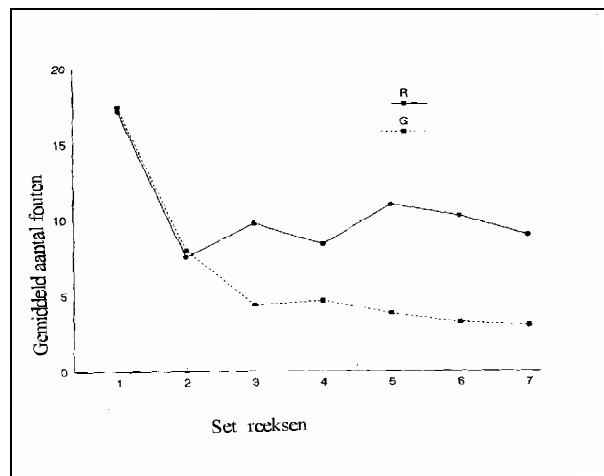


Figuur10: Kunstmatige grammatica voor letterreeksen.

ring? Is het ook van toepassing op minder voor de hand liggende structuren zoals grammatica en andere abstracte gegevens? (Reber 1993) heeft daar uitvoerig onderzoek naar gedaan.

Hij gebruikte daarvoor een “Markovian” type grammatica weergegeven in fig. 10. Met behulp van deze grammatica kunnen letterreeksen gegenereerd worden in de volgorde van de pijlen zoals in de acht voorbeelden van fig. 10 is aangegeven. Bij zijn eerste onderzoek naar kunstmatige grammatica’s in 1965 bemerkte hij dat mensen steeds gevoeliger werden voor de regels van de grammatica waarmee ze werkten door eenvoudige blootstelling aan voorbeelden ervan. (Reber 1969) Dat laatste geschiedde door ze twintig reeksen te presenteren in groepen van vier, waarbij getracht moest worden deze te onthouden. Uiteraard bleef de grammaticale structuur voor hen verborgen en bleek het praktisch onmogelijk deze structuur uit de voorbeelden af te leiden. Dat het geen eenvoudige opgave was bleek uit het aantal fouten dat gemaakt werd. Gemiddeld werden er 18 fouten

gemaakt voordat de eerste set van vier reeksen foutloos gereproduceerd kon worden. (zie fig. 11) Bij de volgende reeksen trad een duidelijke verbetering op. Dit is een normaal leereffect verkregen door oefening. Hierbij viel op dat degenen die de reeksen van de grammatica moesten leren duidelijk beter presteerden dan degenen die willekeurige reeksen voorgeschoteld kregen. Kennelijk ondervond men steun van de (onbekende) regels van de grammatica. In fig. 11 is de groep die reeksen volgens de grammatica te leren kreeg aangeduid door G. De groep die ongestructureerde reeksen te leren kreeg is weergegeven door R. Bij de zevende reeks maakte de G-groep gemiddeld nog drie fouten terwijl de R-groep op gemiddeld acht bleef steken.



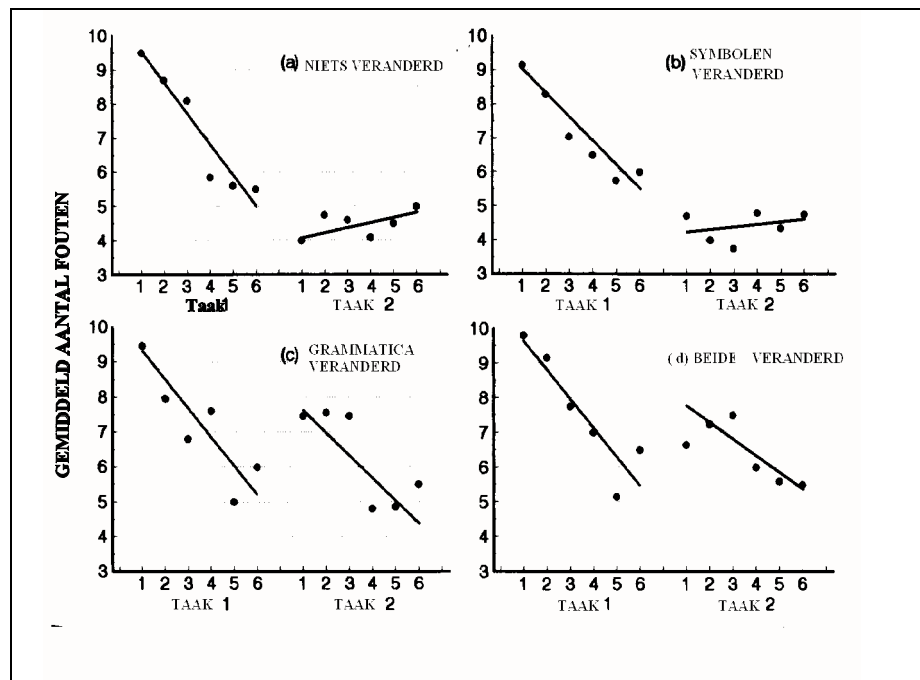
Figuur 11: Fouten bij het leren van sets reeksen.

12. Opslag van indrukken.

De vraag rijst hoe de indrukken of, zo men wil, de kennis, worden opgeslagen, die bij impliciet leren opgenomen worden. Vormt zich een analoog beeld in het geheugen dat later weer teruggeroepen kan worden of worden de indrukken verwerkt tot een aantal abstracte kenmerken waarbij de nadruk valt op de structurele samenhang. De wetmatigheden van onze kunstmatige grammatica zijn daar een voorbeeld van hoewel het zeker niet vast staat dat deze specifieke vorm gebruikt zal worden. Een tussenvorm, de z.g. fragmentarische, is ook mogelijk. De grammaticale reeks TPPPTXVS kan analoog in zijn geheel als “TPPPTXVS” worden opgeslagen maar ook bijv. als “TP”, “PPP”, “PT” etc. Op deze wijze zou een bibliotheek van

mogelijkheden ontstaan die telkens geraadpleegd kan worden.

Om na te gaan welke methode toegepast wordt gebruikte (Reber 1969) daarvoor de volgende proefopstelling. Na elkaar werden twee leersessies gehouden waarin kandidaten zes groepen van vier reeksen, die vol-



Figuur12: Symbool- of grammaticaverandering.

gens een bepaalde grammatica gevormd waren, moesten memoriseren. Het aantal fouten dat gemaakt werd voordat een groep goed was onthouden werd weer geregistreerd. Bij de tweede sessie (taak 2) werd het materiaal, zonder waarschuwing, gewijzigd. Bij sommige kandidaten bleven de lettersets hetzelfde maar werd de gebruikte grammatica veranderd. (fig. 12: C) Bij andere kandidaten werd de oorspronkelijke grammatica gehandhaafd maar werd de letterset veranderd. (fig.12: B) Er werd gewoon een ander vocabularium gebruikt. Daarnaast werden twee controlegroepen getest, één waarbij in de tweede sessie niets werd veranderd aan de grammatica of letterset (Fig. 12: A) en één waarbij beide werden veranderd. (fig. 12: D) Zoals men in fig. 12 kan zien, hadden de veranderingen een systematisch effect op de mate van memoriseren in de tweede sessie (taak 2). Verandering van de regels had een duidelijk effect terwijl een verandering van de letterset praktisch geen gevolg had. Ook andere onderzoekers (Mathews, Buss et al. 1989) rapporteren dat *“the transfer from letter set to letter set occurred immediately and automatically without any conscious translation process”*.

Het pleit voor een abstracte opslag dat gemakkelijk van symboolgroep gewisseld kan worden hoewel daar wel grenzen aan zijn. Onduidelijk is wat daarbij de regels zijn die gevolgd worden. Kennelijk bevatten de codes weinig of geen informatie over de fysieke kenmerken van de stimuli maar ligt de nadruk op de structurele relaties. Hoe individuen criteria vormen om het verband te leggen tussen de abstracte coderingen en nieuwe stimuli blijft een raadsel. Neurale netwerken kunnen daarop misschien een antwoord geven. (Zie bijlage B.) Het is ook heel goed mogelijk dat daarnaast de fragmentarische methode gebruikt wordt. Het heeft zeker voordeel

boven de abstracte dat het opslaan van voorbeelden een tamelijk rechtlijnige en eenvoudige methode is die redelijk betrouwbare resultaten op kan leveren. De beperking is echter dat het gebonden blijft aan de fysieke kenmerken van de stimuli en daardoor vrij inflexibel is.

Het wijst er op dat stimuli een veel rijker domein aan gegevens bevatten dan de selectie die tot ons bewustzijn doordringt.

Het is kennelijk meer dan alleen de “trigger” voor één bepaalde actie. Het vermoeden is bij mij gerezen dat het een leervorm is die specifiek bij het procedureel leren gebruikt wordt. Bewegingen worden geleerd door te oefenen totdat het resultaat bevredigend is. Het is echter onduidelijk op welke wijze en waardoor de goede spierbewegingen gemaakt en gecoördineerd worden. Alleen het resultaat worden we ons bewust via onze zintuigen, niet de samenhang van de verschillende bewegingen. Ook de grammaticale behandeling van ons taalgebruik wordt zo geleerd. Kinderen doen het goed zonder de regels te kennen. Spreken en bewegen zijn trouwens verwante activiteiten. (zie ook § 17: Procedureel leren en hoofdstuk 9: Taal)

13. Testuitvoering.

Een voorbeeld van de grammaticataak, zoals die aan kandidaten gepresenteerd wordt, is weer gegeven in tabel 3. De te leren reeksen staan in de linker kolom. Nadat deze geleerd zijn wordt getest of de verborgen grammaticastruktuur geleerd is aan de hand van vijftig testreeksen. De kandidaat moet aangeven of deze testreeks volgens de regels van de grammatica gevormd zijn of niet. Het blijkt dat de kandidaten hier goed in slagen. Het resultaat is zeer robuust en bevestigt de stelling dat via de leerreeksen een kennis van de achterliggende grammaticaregels kan worden verkregen waarmee een onderscheid gemaakt kan worden tussen wel of niet volgens deze regels gevormde reeksen. Deze resultaten zijn door onder-

<i>Leerreeksen</i>	<i>Testreeksen</i>	
1. PVPXVPS	*1. PTTTVPS	*26. SVPXTVV
2. TSSXXVPS	*2. PVTVV	27. PVPXTTVV
3. TSXS	*3. TSSXXVSS	28. PTTVPXVV
4. PVV	*4. TTVV	29. TSXXTVPS
5. TSSSXXVV	5. PTTTVPS	30. TXXTVV
6. PTVPXVV	6. PVV	31. TSSSSXS
7. TXXVPXVV	*7. PTTPS	*32. TSXXPV
8. PTTVV	8. TXXTTVPS	33. TPVV
9. TSXXTVPS	9. TSXXTTVV	*34. TXPV
10. TXXTVPS	10. PVXPVXPX	*35. TPTXS
11. PTVPS	*11. XXSVT	36. PVPXTVPS
12. TXS	12. TSSXXTVV	*37. PTVPXVSP
13. TSXXTVV	13. TXS	38. PVPXVV
14. PVPXTVPS	14. TXXVX	39. PTVPXVPS
15. TXXTTTVV	*15. PTTTVT	*40. SXXVPS
16. PTTTVPS	16. TSXXVPS	41. TXXVV
17. TSSXS	17. PTTTVV	*42. PVTTVV
18. TSSXXVV	*18. TXV	43. TSSXXVPS
19. PVPXVV	19. PTTVPS	*44. PTVVVV
20. TXTVPS	20. TXXTTTVV	*45. VSTXVVS
	*21. PSXS	46. TSXXVV
	*22. PTVPPPS	*47. TXXTVPT
	23. PTTTTVV	48. PVPS
	*24. TXVPS	*49. PXPVXVTT
	25. TSSXS	*50. VPXTVV

*Duidt een niet grammaticale reeks aan.

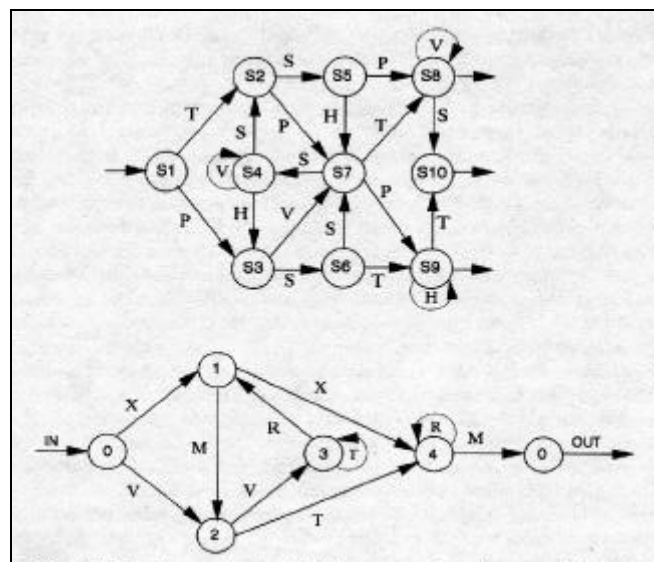
3: Testset voor impliciet geleerde grammatica.

zoekingen van vele anderen bevestigd. (Mathews, Buss et al. 1989) (Dulany, Carlson et al. 1984) (Servan-Schreiber and Anderson 1990)

De mogelijkheid dat deze grammatica's bewust op een of andere wijze uit de test reeksen gereconstrueerd kunnen worden lijkt zeer onwaarschijnlijk. Om dit na te gaan werden kandidaten ingelicht over de gebruikte grammatica structuur hetzij voor, tijdens of nadat zij door de leerfase waren heen gegaan. (Reber, Kassin et al. 1980) Als de structuur onbewust geleerd was zou de groep die na de leerfase werd ingelicht het beste moeten presteren. Het tegenovergestelde bleek echter waar te zijn. Het plotselinge inzicht dat de stimuli waarmee ze hadden gewerkt gebaseerd waren op een onderliggend systeem was niet alleen van weinig waarde maar drukte de prestatie onder het niveau van diegenen die minder ervaring met de stimuli hadden opgebouwd. Kennelijk verwarde de kennis van het gebruikte systeem de eigen perceptie van de onderliggende regels. Welke gegevens gebruikt worden om het inzicht in de regels van de grammatica op te bouwen is voorlopig nog onbekend. Het is niet onmogelijk dat er nog een andere, onbekende weg bestaat om tot hetzelfde resultaat te komen. Ook is niet bekend of deze reconstructie in alle details identiek is of slechts een (voldoende) grove benadering. Uiteindelijk blijven de kandidaten fouten maken, hetgeen ze overigens ook zullen doen wanneer ze de regels perfect kennen! Ten slotte geven we nog een afbeelding van twee alternatieve grammatica's die aangeven hoe moeilijk die kunnen zijn en hoe onwaarschijnlijk het lijkt dat die aan de kandidaten bekend zouden kunnen zijn. (Fig: 13)

14. *Methode impliciet leren.*

Mensen, die een begin maken met een studie in een nieuw veld, worden eerst blootgesteld aan een beperkte, representatieve set voorbeelden uit het nieuwe gebied. Zij behandelen de nieuwe informatie meestal op twee manieren. Allereerst beginnen zij met de nieuwe stimuli te stoeien. Zij gebruiken daarvoor een set standaardmethoden en procedures, die zij geleerd hebben of die uit vroeger succesvolle pogingen zijn komen bovendrijven. Soms beginnen zij met ze te onthouden, in andere gevallen bekijken zij de stimuli om er aan te wennen of vormen groepen. Op deze wijze familiariseren zij zich met de gegevens. Dit is meestal een bewust proces. Daarna



Figuur13 : Voorbeelden van twee alternatieve grammatica's van verschillende complexiteit.

ontstaat gaandeweg een beeld in het geheugen waarin de feiten en samenhangen die vermoed worden hun weerslag vinden. Dit is de fase van impliciet leren. Het zal duidelijk zijn dat dit geen garantie op juistheid inhoudt. In de evolutie wordt geen perfectie nagestreefd maar slechts verbetering. Als het goed is wordt daarna de werkelijkheid aan de nieuwe inzichten getoetst en worden deze laatste aan de hand daarvan bijgesteld. Dit is echter niet vanzelfsprekend omdat het moeilijk is om op eenmaal gevormde regels terug te komen, zeker wanneer die onbewust blijven. In ons voorbeeld van de lift in “operant conditioneren” is deze gang van zaken in principe terug te vinden. De filosoof Polanyi verwijst naar deze impliciete processen als hij het werk van een creatieve wetenschapper beschrijft wanneer die een “persoonlijke kennisbasis” opbouwt, die vaak moeilijk onder woorden is te brengen maar niettemin de drijvende kracht vormt om de kenbare werkelijkheid te trachten te begrijpen. (Polanyi 1962) Hij noemt dat “*tacit knowledge*”, stille kennis. Het is de verbinding tussen (onbewuste) betekenis en de bijbehorende (emotionele) relevantie.

15. Tussenstand.

Met het impliciet leren hebben we een nieuw terrein betreden. Alvorens over te gaan naar expliciet leren is het goed om na te gaan hoe dat nieuwe terrein aansluit bij het eerder geschetste beeld. In de Inleiding hebben we de functiesystemen geïntroduceerd. Hoewel deze functies vaak onderscheiden worden in vegetatieve functies zoals het hongersysteem, de temperatuurregeling, slaap etc. en sociale functies zoals zorgzaamheid, agressie, voortplanting etc. blijken ze toch qua functioneren onder een noemer gebracht te kunnen worden. Ze bestaan uit twee delen. Een eerste deel waarin het systeem voor stimulusdetectie is opgenomen en een tweede deel waarin de reactie is vastgelegd. Beide delen kennen aanpassingen in de vorm van leren.

Er is duidelijk een (evolutionaire) ontwikkeling waar te nemen. Reflexen en instincten zijn evolutionair gezien de oudste vorm. Het gehele proces verloopt automatisch wanneer de “*trigger*” eenmaal waargenomen is. Zeer eenvoudige levensvormen zoals het eencellige paramecium trekken zich terug uit een voor hen ongezonde omgeving door genetisch vastgelegde reacties. Aanpassingen door klassiek conditioneren ontstaan al vroeg in de (evolutionaire) ontwikkeling. De wat verder op de fylogenetische ladder geklommen *Aplysia Californica* (zeeslak) heeft met zijn uiterst primitief zenuwstelsel al de mogelijkheid tot klassieke “*differential conditioning*”. (Carew, Hawkins et al. 1983) Deze nieuwe vormen ontwikkelen zich in sommige functiesystemen maar in andere niet, afhankelijk van de evolutionaire druk. Beide vormen komen dan naast elkaar in een soort voor. Bij kikkers is al een verdere ontwikkeling waar te nemen. Als van kikkers de hersendelen verwijderd worden, die het laatst in de evolutie gevormd zijn, blijven alle standaardreacties in takt maar verdwijnen de “operant” aspecten die al in hun gedrag aanwezig waren. Bij zoogdieren is deze ontwikkeling al weer duidelijk verder doorgezet en is er een groot repertoire aan reacties op wisselende omstandigheden aanwezig. Vormen van bewustzijn doen zich duidelijk voor. Qualia manifesteren zich. Tot zo ver past

alles uitstekend in ons model dat een soort kleinste gemene veelvoud is van mogelijkheden van de functiesystemen. Door weglaten van bepaalde elementen wordt het systeem evolutionair steeds ouder totdat er alleen een reflex overblijft. Maar hoe zit het dan met impliciet leren?

Er is geen echte duidelijke stimulans, alleen verwarring over de ongestructureerde gegevens. Er is geen duidelijk patroon in de reactie. De geheugenopslag is onduidelijk. Kortom, er is iets anders aan de gang. De stimulusherkenning is kennelijk zelf het onderwerp van het evolutionaire proces geweest en aanzienlijk complexer geworden! Het speelt zich in eerste instantie voor het procesdeel 1 af maar heeft daarbij ook het procesdeel 1 niet onberoerd gelaten. Naast de ontwikkeling van de conditioneringsmogelijkheden heeft dat andere proces onze leer-mogelijkheden aanzienlijk verruimd. Het voelen en herkennen van pijn is kennelijk een primitiever waarnemingsproces dan het horen van gesproken taal of het zien van beelden.

16. Structureren van stimuli.

Herkennen van een stimulus is niet zo vanzelfsprekend als het lijkt. Het eenvoudige systeem van een deurbel is nog goed te overzien. Er wordt wel of niet op de deurbel gedrukt. Een beetje is niet mogelijk. Het signaal verplaatst zich langs één weg en komt op één punt uit, nl. de bel. De bel geeft een geluid wanneer het signaal er arriveert. Het is alles of niets, vergelijkbaar met een reflex. Felle pijnsignalen komen zo tot stand. Anders wordt het wanneer er zacht gebeld kan worden en hard. Als het signaal zich op een aantal manieren kan verplaatsen. Als de reactie daarvan afhankelijk kan zijn etc. Toch is dat de ontwikkeling die plaats gevonden heeft bij onze zintuigen.

Bij visuele herkenning moeten we uit de indrukken op ons netvlies allereerst een selectie maken van iets dat kennelijk bij elkaar hoort. Hetzij beeldvlakjes die een gezamenlijke beweging maken, hetzij dezelfde kleur of contour hebben, hetzij zich op dezelfde afstand van ons bevinden of een combinatie ervan. We worden hierbij geholpen door onze visuele hersenen die niet alleen aparte delen hebben voor het onderscheiden van beweging, kleur, vorm, diepte en plaats maar ook centra die die verschillende gezichtspunten weer integreren tot een totaalbeeld.

De verschillende gezichtspunten kunnen ook afzonderlijk worden gebruikt. Een snel bewegend voorwerp dat ergens op het netvlies wordt opgepikt, doet ons reageren zonder dat we precies weten wat het is. Deze reflexen wijzen in de richting dat ons visuele systeem, dat wij als geïntegreerd ervaren, ook in afzonderlijke deelsystemen kan functioneren. Uit evolutionair standpunt lijkt dat trouwens een logische situatie. Als we bij kikkers waarnemen dat alleen een bewegend zwart vlekje het uitsteken van de tong als een reflex uitlokt en niet een stil zittende vlieg kunnen we daaruit concluderen dat bij kikkers het waarnemen van beweging een beter ontwikkeld systeem is dan het waarnemen van contour. De meeste zoogdieren hebben geen systeem voor kleurherkenning. Het stereoscopisch zien, wat mogelijk is door de plaats

van onze ogen, ontbreekt of is beperkt aanwezig bij vele andere zoogdieren. Als we aannemen dat de evolutie van het visuele systeem bij gewervelde dieren een gemeenschappelijk uitgangspunt heeft dan is het zeer waarschijnlijk dat de verschillende delen ervan zich meer of minder apart hebben ontwikkeld. Ook nu nog geschiedt de bepaling van “waar” we iets zien langs een andere weg dan de bepaling van “wat” we zien.

De oorspronkelijke aparte systemen zullen nog veel gemeen hebben met de op instinct gelijkende structuren. Dat wil zeggen dat ze voor een belangrijk deel onbewust geschieden. Waarschijnlijk berust het onbewust verlopen z.g. blindzien en het z.g. “*priming*” effect, het onbewust waarnemen van stimuli die gedurende zeer korte tijd zijn aangeboden, hier ook op omdat niet alle aspecten van de beeldvorming hierbij betrokken zijn.

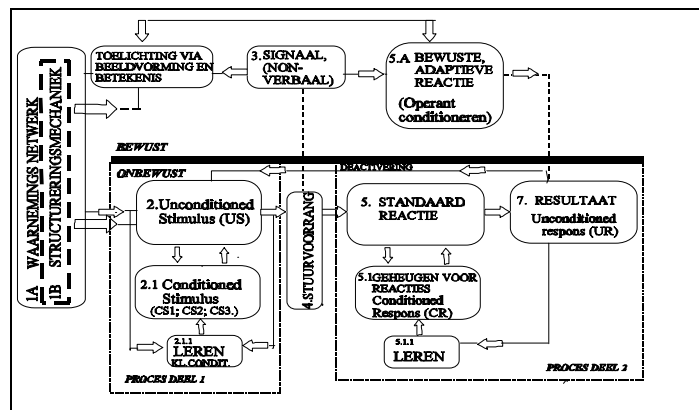
Het onbewust leren van onderliggende structuren heeft zekere analogieën met het structureren, herkennen en integreren van beelden. Hetzelfde geldt voor het herkennen van spraak. Deze prestaties zijn niet te leveren door ingewikkelde vormen van operant conditionering. Er is hier iets totaal nieuws aan de hand!

Het coördinatiesysteem voor de integratie van de verschillende deelaspecten van het visuele systeem, zoals contour, beweging, kleur, afstand en plaats is een latere ontwikkeling waarbij gebruik gemaakt wordt van een afstemming via z.g. gammagolven, een synchronisatiesysteem dat geconcentreerd is rondom 40 Hz en dat verspreid liggende neuronengroepen aan elkaar koppelt (Singer 1999). Als daar ook het z.g. werkgeheugen in is opgenomen bevordert dat proces waarschijnlijk het eindresultaat bewust te worden. Het proces van de beeldvorming zelf blijft echter onbewust plaatsvinden, slechts het eindresultaat ben ik mij bewust. Ik zie beelden die ik thuis kan brengen en geen verzameling gekleurde vlekjes; dat proces heeft dus onbewust plaatsgevonden tot en met de coördinatie tussen de verschillende deelaspecten en de identificatie ervan in het geheugen. Het is allemaal zo vanzelfsprekend dat we ons daar eigenlijk te weinig over verbaasd hebben. Er heeft een gecompliceerd categoriseringsproces plaatsgevonden waardoor in de schijnbare chaos een structuur is aangebracht. Een analoog proces vindt plaats met de auditieve informatie die we ontvangen; ook hier worden klanken, timbres, ritmes en pauzes gestructureerd tot een voor het geheugen herkenbare vorm.

Dat structuren geleidelijk worden opgebouwd en gebruik maken van reeds bekende eenvoudiger structuren lijkt aannemelijk gezien de ontwikkelingen die door oefenen kunnen worden bereikt. Dit proces is vaak slechts bewust voor zover het eindresultaat wel of niet overeenkomt met de wensen en verlangens van de uitvoerder of de trainer. Door vallen en opstaan leert men lopen.

Naast klasiek conditioneren en operant conditioneren hebben we nu ook het structureren als apart leerelement geïdentificeerd.

Structureren maakt het mogelijk om efficiënter met informatie om te gaan en is daardoor een mechaniek dat evolutionair voordelen biedt. Het belang van beelden en geluiden kan worden bepaald door ze met gegevens in het geheugen te vergelijken. Daardoor kan uit het totale aanbod een selectie worden gemaakt waar verder aandacht aan gegeven moet worden. Niet altijd is hiervoor bewustzijn nodig. Autorijden kan vaak automatisch verlopen. Door het veel grotere aanbod en de grotere veelzijdigheid van beelden is het echter uitgesloten dat de verwerking geheel onbewust verlopen zal zoals in procesdeel 1 gebeurt. De elementen die onbekend zijn en de elementen die nodig zijn voor het verwerken via procesdeel 2 worden bewust totdat ze ingepast zijn. Hier is echter sprake van een ander soort bewustzijn dan bij de non-verbale signalen. Er is immers nog geen sprake van (emotionele) relevantie! Het bewustzijn dient juist voor het inbedden in het (verbale) geheugen (zie ook paragraaf 18: Bewust leren). Het structureringsmechaniek heeft sterke individuele (genetische) trekken. Ieder legt andere accenten bij het structureren. Het gevolg is dat de aansturing van de functiesystemen ook verschillend kan zijn. Reacties van mensen op dezelfde gebeurtenissen kunnen daardoor sterk verschillen!



Figuur 14: Plaats structurering in functiesysteem.

Het structureringsmechaniek vormt mede de basis van onze individualiteit.

De resultaten van het structureringsproces worden zowel bewust als onbewust doorgegeven. (Zie fig. 14) De gestructureerde resultaten van onze zintuigen worden we meestal gewaar als er verdere keuzes over te nemen acties gemaakt moeten worden. Hierbij spelen de daarmee verbonden non-verbale signalen een belangrijke sturende rol. Zij bepalen het type probleem dat opgelost moet worden en de daarbij te gebruiken systemen.

Weliswaar zijn woordbetekenissen verbonden met (emotionele) relevanties, maar ook daarvan los te maken. Omdat deze binding niet sterk is, is het non-verbale signaal in woorden zwak. Via woorden, als overbrengers van betekenis, is het moeilijker om emoties op te roepen. Scheldwoorden zijn daarbij nog het effectiefste. Die hebben dan ook weinig relatie met de werkelijkheid, die de (emotionele) relevantie soms in toom kan houden.

Het structureren leidt bij horen en zien tot vele ordeningen die alle aanzienlijk complexer zijn dan die bij warmte of kou. Ook is er geen enkelvoudige geheugeninhoud meer die als maatstaf kan dienen. Vele beelden moeten herkend worden aan de hand van (geleerde) geheugeninhouden. Betekenis en, als uitdrukking daarvan, taal ontwikkelen zich naast de evolutio-

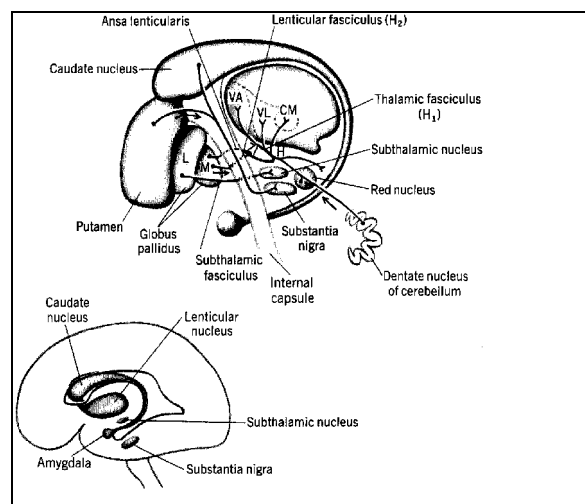
nair gezien oudere (emotionele) relevantie. We zullen daarover meer zeggen in hoofdstuk 9 over taal.

Dat structuren ook gesimuleerd kunnen worden leert ons bewegingssysteem. De mogelijkheden die we hebben om nieuwe gecompliceerde bewegingen te maken, bijvoorbeeld het gooien van een bal met onbekend gewicht naar een gewenste plaats, is iets wat praktisch altijd voorafgegaan wordt door een “droogzwemfase”, we mikken de bal op het doel alvorens te gooien. Hierbij worden vele subroutines van bewegingspatronen aan elkaar gekoppeld waarbij de timing van de verschillende componenten via de kleine hersenen tot stand wordt gebracht. Bij de uitvoering kan dan alles zonder haperen in de vereiste vaak zeer korte tijdsintervallen (het betreft hier vaak duizendsten van seconden) en goede opeenvolging worden volbracht. Bij dit **procedureel leren** spelen de *basal ganglia* een belangrijke rol. We zullen dan ook eerst nagaan wat zich daar afspeelt.

17. De “Basal Ganglia” en procedureel leren.

Zoals bij veel hersenstructuren zijn de functies veelal bepaald door na te gaan wat de invloed was van beschadigingen van onderdelen ervan. De *basal ganglia* werden zo gezien als subcorticale structuren die een kritische rol vervullen bij de integratie en structurering van bewegingspatronen. Momenteel wordt er echter op grond van nader onderzoek ook het vormen van onwillekeurige gedachten, (emotionele) reacties en gewoontes aan toegeschreven.

De *basal ganglia* zijn een verzamelbegrip voor veel verschillende structuren onder de cortex en bij de thalamus. (Zie fig. 15 en 16) Samen met het cerebellum fungeren de *basal ganglia* als grens- en verbindingsvlak tussen het zintuigstelsel en het bewegingssysteem. De *basal ganglia* krijgen informatie van o.a. de cortex, integreren en bewerken deze invoer en sturen het naar de thalamus, die het weer naar bepaalde delen van de cortex terugstuurt. Dit betreft zowel bewegingsgedrag als emotionele en cognitieve processen.



Figuur 15: Structuur en verbindingen van de basal ganglia

Bij de ontwikkeling groeit een zenuwbundel, de *internal capsule* door het gebied van de *basal ganglia* heen en scheidt de *putamen* van de *caudate nucleus*; de *substantia nigra* en de *subthalamic nucleus* van de *globus pallidus*. (zie fig. 16) De nucleus accumbens is onder de voorste zijde van de *internal capsule* bij de *caudate nucleus* en *putamen* gelokaliseerd.

Het striatum bevat een uiterst complex systeem van neuro-chemisch gespecialiseerde zones “*striosomes*” genaamd, gelegen in een gebied, “de matrix” genoemd (Graybiel 1994).

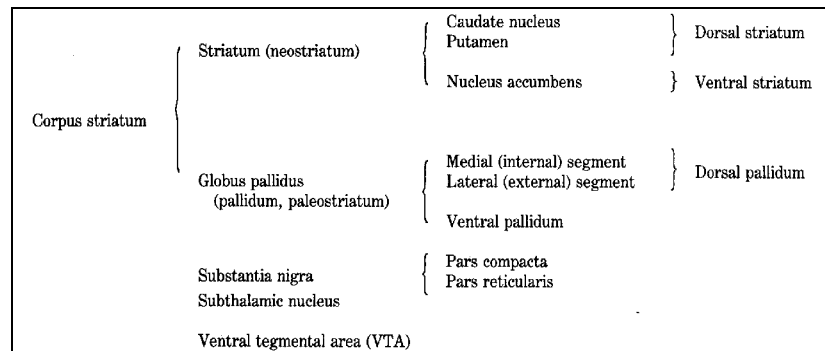
Deze *striosomes*, die een vlekkerig voorkomen hebben, krijgen voornamelijk

input van het limbisch systeem, zoals de amygdala, en voeren op hun beurt hun gegevens naar de substantia nigra (pars compacta). Dit patroon suggereert een rol voor de striosomen om emotionele opwinding en modulatie aspecten van het striatum te verbinden. Bovendien blijkt de *prefrontal cortex*, die een hoofdrol speelt bij het beoordelen van relevant gedrag in de omgeving, er ook mee verbonden te zijn. De *anterior cingulate gyrus* en de *orbital cortex* hebben de sterkste

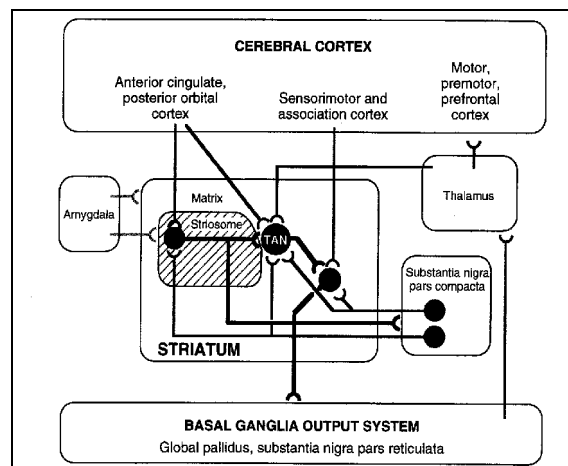
verbinding met de striosomen van de *caudate nucleus*. Deze twee gebieden informeren de striosomen of aan de verwachting wordt voldaan. (zie 4: Foutmeldingen) Daarnaast zijn projecties van de gebieden in de *frontal lobe*, die een hoofdrol spelen bij informatieprocessen zoals planning en vooruitzien van groot belang. Deze projecties vormen andere duidelijke gebieden in de “matrix”, “*matrisomes*” genaamd (Flaherty and Graybiel 1994). Deze matrisomen worden steeds dichtbij de striosomen gevonden. Deze wijze van micro-anatomische ordening kan goed van dienst zijn voor interacties tussen limbisch georiënteerde striosomen en van *frontal cortex* projecties afhankelijke matrisomen. Er zijn neuronen ontdekt die, gelegen op de rand van de striosoom matrix, informatie kunnen integreren afkomstig van striosomen en matrisomen. (Aosaki, Kimura et al. 1995) Deze

cellen, die “*tonically active neurons*” of TAN’s genoemd worden, zijn zeer interessant omdat ze een bepaald vuurpatroon vertonen als gedurende gedragsconditionering aanwijzingen, verbonden aan beloning, worden gegeven. (fig. 17)

Verandering van TAN-activiteit door stimuli die van belang zijn voor gedrag kunnen mogelijk dienen als schakelmechaniek om de informatiestroom naar het striatum tijdens het leren te sturen. Op deze wijze kunnen TAN’s potentieel helpen om nieuwe patronen van stria-



Figuur16: Samenstellende delen van de *Basal Ganglia*.



Figuur17: Plaats TAN’s. (plaats matrisomen in de matrix is niet aangegeven)(Aosaki, Kimura et al. 1995)

tale activiteit te kiezen teneinde belangrijke informatie over gedrag te integreren. Dit kan van wezenlijk belang zijn om nieuwe gedragspatronen te verwerven. Op welke wijze de informatie door de complexe kanalen van de *basal ganglia* gestuurd wordt, bepaalt hoe de signalen van de thalamus vervolgens zullen resulteren in excitatie of inhibitie van voor het gedrag kritische corticale gebieden. Deze beïnvloeden op hun beurt weer de bewuste beleving van het gedrag. (Saint-Cyr, Taylor et al. 1995) geven aan dat de *caudate nucleus* betrokken is bij de ontwikkeling van gewoonte-patronen of wel gedragsantwoorden die snel gemobiliseerd kunnen worden zonder veel bewuste gedachten of gewaarwording. De relevantie van deze ontdekkingen is dat ze het mogelijk maken een theorie te formuleren voor de integratie van gedachten en emoties tot gewoonten op een neuro-anatomische basis.

Denken heeft analoge trekken. Het patroon dat bij bewegen gebruikt wordt kan heel goed als basis voor een verdere ontwikkeling, die bij denken is opgetreden, hebben gediend. Bij de evolutionaire ontwikkelingen is het eenvoudiger (en dus waarschijnlijker) dat bestaande systemen worden gekopieerd, aangepast en zo nodig uitgebreid.

Intelligentie heeft eerder te maken met beperkingen van het integrale beeld dan met de volledigheid ervan. Het is de kunst van de goede selectie en wordt als zodanig mede gestuurd door de (emotionele) relevantie. Het is de (emotionele) relevantie die de invallende betekenissen weegt, afwijst of verder uitbouwt en verbindt. Wanneer betekenis en (emotionele) relevantie perfect aan elkaar aansluiten, ontstaat het non-verbale signaal dat als een lichtflits overzicht mogelijk maakt en het zoeken in het donker beëindigt. "Natuurlijk, dat is het!" We ervaren dat als inspiratie. We komen hier in hoofdstuk 7, Verstand, op terug.

18. Bewust leren.

Naast het conditioneren en het structureren is er nog een methode van leren, die aandacht moet krijgen, dat is het bewust leren. Bewust leren heeft veel te maken met herhalen. Of we nu een vreemde taal leren, vioolspelen of tafeltennis, het lukt alleen maar door eindeloos oefenen. Op den duur wennen we er aan en verloopt het proces automatisch. Het wennen is een teken dat het verschil tussen wat we beogen en wat we doen steeds geringer wordt. Het restverschil roept geen bewustzijn meer op. We hebben het geleerd. Bewust leren is dus eigenlijk bewust corrigeren. De methode waarop het tot stand gekomen is daar hebben we geen grip op.

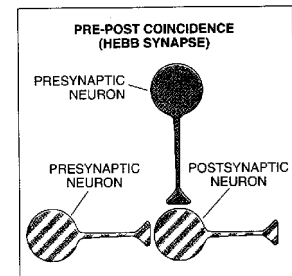
Verwachting en foutmelding.

(Thorpe, Rolls et al. 1983) en anderen onderzochten het vuren van neuronen in de *orbital frontal cortex* en *anterior cingulate gyrus* bij apen die getraind waren om te reageren op visuele stimuli waarbij ze als beloning sap kregen. In deze structuren veranderden neuronen hun vuurpatroon afhankelijk van het wel of niet krijgen van een beloning. Dat bleek sterk aan de verwachting onderworpen te zijn. Als sap werd verwacht maar niet gegeven, vuurden neuronen in de *orbital frontal cortex* en de *anterior cingulate gyrus* heftig, terwijl wanneer de verwachte beloning wel gegeven werd, dit achterwege bleef. Deze reacties kunnen gezien worden als een foutmelding die vertelt dat er iets mis is in de omgeving. als beschadiging van deze structuren deze melding onmogelijk maakt wordt begrijpelijk dat acties blijven optreden

4: Foutmeldingen.

Wat we precies voor acties ondernomen hebben om de correctie tot stand te brengen is vaak onbekend. Welke spieren we aangesproken hebben om een gewenste beweging te maken weten we niet. Wel het resultaat. Wat en waar we het precies onthouden om het te reproduceren ontgaat ons echter. We doen het als we dat willen.

Volgens (Mishkin and Appenzeller 1987) is er nog een zwakkere vorm van leren nl. gewoontevorming (*sensitization*). Het is gebaseerd op een automatische verbinding van een stimulus en een respons, die keer op keer is opgetreden, waarbij er geen sprake is van een geheugen (opgevat als een aparte eenheid) of kennis. Apen, waarbij de amygdala en de hippocampus verwijderd zijn en die bij geheugentests faalden, bleken wel dezelfde prestaties te leveren als normale apen wanneer het er op aan kwam om te kiezen uit een lange serie van twee verschillende voorwerpen waarvan er telkens één (steeds dezelfde) voorzien was van een beloning als die serie ze gedurende langere tijd een maal per dag was getoond. Er is bewustzijn nodig om deze gewoontevorming te onderbreken, niet om het uit te voeren! Deze gewoontevorming is al bij primitieve levensvormen terug te vinden. Het is het gevolg van een typische neuronale verbinding, de z.g. Hebb verbinding, (zie fig.18, de twee gearceerde cellen maken contact)



Figuur18: Hebb.

waarbij de verbinding tussen twee neuronen versterkt wordt doordat er vaak en sterk contact gemaakt wordt. Gedacht wordt dat gewoontevorming vooral in het z.g. striatum optreedt, een evolutionair oud gedeelte van de hersenen. In dit gebied komen veel signalen binnen uit de zintuigsystemen en het zendt signalen naar die delen die de bewegingen controleren, vandaar dat het anatomisch geschikt is om relatief directe verbindingen tussen stimulans en actie te maken, die het kenmerk van gewoontevorming zijn. Beschadiging van het striatum voorkomt de gewoontevorming, zoals die is omschreven, bij apen.

Het bewust geleerde is in principe op elk moment terug te roepen. Het is niet het gevolg van een US of CS zoals bij klassiek conditioneren. Het is een actie die naar verkiezing wel of niet kan worden uitgevoerd. We kunnen het ook op elk moment onderbreken. Het is veel minder autonoom dan vele andere acties. Het is naar believen (ook tijdelijk) te verbinden aan qualia. Daardoor kan het in in principe in elke situatie toegepast worden omdat het niet noodzakelijkerwijs aan een bepaald patroon is gebonden.

Bewust leren is een betrekkelijk rechtlijnig proces. We verbinden enkele feiten, gebeurtenissen of situaties met elkaar, zoals een woord met een beeld, een geluid met een reactie of een beweging met een bedoeling. Er is een zekere analogie met procesdeel 1 te bespeuren. Wanneer er een verschil geconstateerd wordt tussen de norm en de stimulans worden we ons dat bewust. In het geval van bewust leren leidt dat bewustzijn tot herhalen van het proces. Er is, zoals bij functiesystemen, geen eigen procesdeel 2 voorhanden. Het feit dat procesdeel 1

herhaald wordt, totdat het verschil onopgemerkt blijft, heeft de weg vrij gemaakt voor een praktisch onbeperkte uitbreiding van nieuwe verbindingen daar telkens weer een ander voorval als nieuwe norm aan de normen kan worden toegevoegd. Deze “degeneratie” van het functiesysteem is de basis voor de ontwikkeling van taal. Het non-verbale signaal dat het proces bewust maakt, is in verhouding weinig geladen en vertelt alleen maar dat herhaling nodig is. Het kan gemakkelijk genegeerd worden doordat het, in tegenstelling tot het non-verbale signaal van de functiesystemen, niet meer de functie heeft om het lichaam voor te bereiden op de uitvoering van procesdeel 2.

Het (bewust) leren kan opgevat worden als een “gedegenerereerd” functiesysteem, waarbij procesdeel 2 volstaat met het laten herhalen van procesdeel 1, als de “norm” afwijkt van de stimulans. De norm wordt vervormd door het (externe) voorbeeld of het (interne) doel dat geleerd wordt en is daardoor niet meer vast maar kan steeds een andere vorm aannemen waardoor er als het ware onbeperkt nieuwe “gedegenerereerde” functiesystemen gevormd kunnen worden.

Er moet wel een onderscheid gemaakt worden voor gewenning (*habituation*). Dit is eigenlijk de tegenpool van gewoontevorming. Een prikkel wordt hoe langer hoe zwakker doorgegeven. Het contact tussen neuronen wordt hierbij (tijdelijk) verzwakt. Geuren dringen bijv. in het begin het sterkst door. Na enige tijd is de indruk ervan vaak onder een drempelwaarde gezakt en ruikt men het niet meer. Andere indrukken krijgen weer ruimte om de aandacht te vragen. Bij gewoontevorming is daarentegen een lichtere prikkeling al voldoende om het proces te doen verlopen. Daar is de gevoeligheid juist vergroot. We komen bij het geheugen hier nader op terug.

Tenslotte blijkt het mogelijk om iets wat geleerd is soms ook weer af te leren. Het blijkt vaak moeilijker dan aanleren, als het althans bewust geschiedt. Ook dit is wat anders dan het normale uitslijten van het geleerde wanneer het lange tijd niet is gebruikt.

19. Overzicht.

Leren is op een aantal principieel verschillende manieren tot stand te brengen. Via klassiek conditioneren, operant conditioneren, onbewust leren, procedureel leren en bewust leren kunnen verbindingen worden gemaakt tussen voorvallen, gebeurtenissen, feiten en methoden. Elk gebied heeft zijn eigen sterke en zwakke punten. Klassiek conditioneren levert duurzame verbindingen op die vaak moeilijk ongedaan gemaakt kunnen worden. Ook kunnen “spontane” verbindingen ontstaan die minder gewenst zijn. Het proces is in feite moeilijk operationeel te maken. Een veel gehoord misverstand is dat beloning en straf het proces kunnen sturen. Dat is juist niet het geval. De CS moet juist voor of gelijk met de US gegeven worden. Beloning en straf, die in principe na het resultaat komen, kunnen nooit met de US verbonden worden. Straf en beloning horen eerder bij operant conditionering. Dat is een veel gebruikte methode die bij

dieren meestal spectaculaire resultaten opgeleverd heeft. Vaak wordt vergeten dat in het voor-
traject een beroep gedaan moet worden op bestaande instincten, die als drijfveer het proces
moeten sturen. (Breland, Keller et al. 1961) hebben er op gewezen dat het gevaar niet denk-
beeldig is dat de dieren terugvallen op die instinctieve reacties. Hoewel operant conditionering
ook op mensen toegepast kan worden is de waarde ervan in het algemeen beperkt vanwege de
grote variëteit in omstandigheden waarin geleefd wordt. Autorijden, pianospelen en andere, op
basis-routines gebaseerde activiteiten kunnen er evenwel baat bij vinden.

Geheel anders ligt het bij onbewust leren. Dit is een sterk onderschatte leermogelijkheid.
Speciaal bij het leren van vreemde talen biedt het soms grote voordelen. Door het luisteren
naar gesproken teksten in een vreemde taal (waarbij deze door nazeggen uit het hoofd geleerd
moeten worden) kan een snelle groei in taalvaardigheid bereikt worden. Zoals uit proeven van
(Reber, Kassin et al. 1980) bleek, kan het tegelijk bewust leren van woorden en grammatica
het resultaat vertragen daar er grote kans op verwarring kan ontstaan. Het zekerheidsgevoel
van het onbewust geleerde wordt door het bewust geleerde aangetast. Kennelijk wordt het
onbewust geleerde op een andere, nog onbekende wijze, gestructureerd, hetgeen verstoord
wordt door de bewust gevolgde methode. Pas als bewust geleerde scenario's geheel routine
zijn geworden en het bewustzijn niet meer interenieert kan weer geprofiteerd worden van
onbewuste processen. Gezien het feit dat onbewuste leermethoden evolutionair ouder zijn dan
bewuste, is het verschil in bekwaamheid erin geringer dan bij bewuste leermethoden. Iedereen
kan (onbewust) een taal leren, wat best ingewikkeld is, maar abstracte scenario's zijn niet voor
iedereen weggelegd. Oefenen, oefenen en nog eens oefenen blijft het beste recept voor het
goed beheersen van bekwaamheden. Dat blijkt trouwens ook te gelden voor het afleren ervan!

Aosaki, T., M. Kimura, et al. (1995). "Temporal and spatial characteristics of tonically active neurons of the primate striatum." Journal of Neurophysiology. **73**: 1234 -1252.

Bouton, M. E. (1994). "Conditioning, remembering and forgetting." Journal of Experimental Psychology. Animal Behavior Processes,(20): 219-231.

Breland, Keller, et al. (1961). "The Misbehavior of Organisms." American Psychologist **16**: 681-684.

Campbell, B. A. and J. Jaynes (1966). "Reinstatement." Psychological Review. **73**: 478-480.

Carew, T. J., R. D. Hawkins, et al. (1983). "Differential classical conditioning of a defence withdrawal reflex in *Aplysia californica*." Science **219**: 397-400.

Dulany, D. E., R. A. Carlson, et al. (1984). "A case of syntactical learning and judgement: How conscious and how abstract?" Journal of Experimental Psychology. General, **113**: 541 -555.

Flaherty, A. W. and A. M. Graybiel (1994). "Input - output organisation of the sensorimotor striatum in the squirrel monkey." The journal of Neuroscience **14**: 599 - 610.

Graybiel, A. M. e. a. (1994). "The Basal Ganglia and Adaptive Motor Control." Science **26**: 1826 - 31.

Jacobs, W. J. and L. Nadel (1985). "Stress-induced recovery of fears and phobias." Psychological Review **92**: 512 -531.

Mathews, R. C., R. R. Buss, et al. (1989). "The role of implicit and explicit processes in learning from examples: A synergistic effect." Journal of Experimental Psychology. Learning, memory and cognition. **15**: 1083 - 1100.

Mishkin, M. and T. Appenzeller (1987). "The Anatomy of Memory." Scientific American **256**(6): 62 - 71.

Polanyi, M. (1962). personal knowledge: Toward a post -critical philosophy. Chicago, University of Chicago Press.

Reber, A. S. (1969). "Transfer of Syntactic Structure in Synthetic Languages." Journal of Experimental Psychology. **81**: 115 -119.

Reber, A. S. (1993). Implicit Learning and Tacit Knowledge. New York, Oxford University Press - Clarendon Press.

Reber, A. S., S. M. Kassin, et al. (1980). "On the relationship between implicit and explicit modes in the learning of a complex rule structure." Journal of Experimental Psychology. Human learning and memory, **6**: 492 -502.

Saint-Cyr, J. A., A. E. Taylor, et al., Eds. (1995). Behavior and the Basal Ganglia's. Advances in Neurology, Volume 65, Behavioral Neurology of Movement Disorders. New York, Raven Press.

Seligman, M. E. P. (1975). Helplessness. San Fransisco, W.H.Freeman and Company.

Servan-Schreiber, E. and J. R. Anderson (1990). "Learning artificial grammars with competitive chunking." Journal of Experimental Psychology. Learning, memory and cognition, **9**(544 -555).

Singer, W. (1999). "Striving for coherence." *Nature* **397**: 391-393.