

# 11. Geheugen

**Dr. A.J.W.M. Thomassen**  
**Dr. G.A.M. Kempen**

## 1. Inleiding

De grote activiteit die momenteel op het gebied van geheugenonderzoek opvalt is vooral het gevolg van de informatieverwerkingsmetafoor, van de strategie de menselijke cognitie te modelleren naar informatieverwerkende systemen. Deze benadering zullen wij hier zoveel mogelijk in praktijk brengen. Het hoofdstuk opent dan ook met een schets van de bouw van het menselijk informatieverwerkend systeem en met een definitie van zijn belangrijkste activiteit: codering (sectie 1). Ook sectie 4, over organisatieverschijnselen, komt rechtstreeks voort uit het cognitieve standpunt dat we innemen. De middensecties 2 en 3 zijn gewijd aan de meer klassieke geheugenonderwerpen resp. informatieopname, en onthouden-vergeten van informatie.

In het gegeven bestek zullen we vrijwel uitsluitend het verbale geheugen behandelen: geheugens voor andere materiaaltypen, met misschien het visuele geheugen als enige uitzondering, zijn veel minder systematisch onderzocht. Voorts beperken we ons binnen het verbale domein tot het geheugen voor betrekkelijk eenvoudig materiaal, nl. paren, reeksen, verzamelingen van letters, lettergrepen, woorden. Het geheugen voor syntactisch gestructureerde eenheden zoals zinnen en teksten komt ter sprake in hoofdstuk 15.

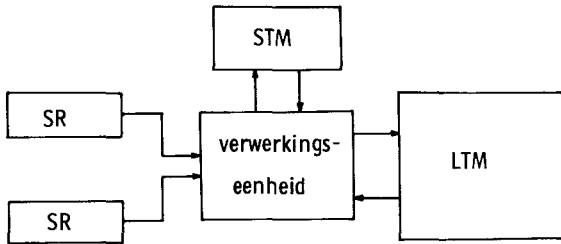
### *1.1. Bouw van het menselijk informatieverwerkend systeem*

Het informatieverwerkend systeem waarover de mens beschikt kan men opgebouwd zien uit meerdere (al dan niet lerende) systemen. Het centrale gedeelte bestaat uit wat we zullen aanduiden als STM (short-term memory) en LTM (long-term memory). Het STM heeft een beperkte opnamecapaciteit: een niet te hoge schatting komt op 5-7 onafhankelijke, overgeleerde items zoals letters, cijfers, woorden of korte frasen die hoogstens enkele tien-

tallen seconden worden vastgehouden. Het LTM kan een schier onbeperkte hoeveelheid informatie bevatten. Het is – buiten pathologische gevallen om – moeilijk aan te tonen dat een inhoud die eenmaal het LTM binnengekomen is, daaruit definitief verdwijnen kan en er zijn geen aanwijzingen dat het LTM tijdens een mensenleven gevuld zou raken.

Hiernaast beschikt de mens over een aantal sensorische registers (SR). De stimuli die de zintuigen bereiken blijven in deze registers bewaard over een interval dat varieert van enkele tienden van seconden (in het geval van het icon, het visuele SR) tot enkele seconden (in de echo, het auditieve SR). In dit korte tijdsbestek kunnen elementaire classificatieprocessen worden uitgevoerd – elementair in de zin dat de klassen waartussen gediscrimineerd wordt, een relatief afgesloten en stabiele verzameling vormen. Wanneer bijvoorbeeld spraakklanken het oor treffen worden deze geclassificeerd in enkele tientallen fonemen of enkele duizenden lettergrepen. Het LTM bevat de regels die deze classificaties mogelijk maken, en zodra een herkenning heeft plaatsgevonden wordt de naam die het LTM voor de aangesproken klasse hanteert, in het STM gekopieerd.

Op de symbolen die aldus via classificatie van de SR-inhoud het STM binnenkomen en daarin enkele tientallen seconden bewaard blijven, kunnen vervolgens meer complexe coderingsprocessen plaatsvinden, zoals bijvoorbeeld het samenvoegen van lettergrepen tot woorden of het onderzoeken van woordreeksen op syntactische verbanden. Hierbij moet uitdrukkelijk worden vermeld dat meer complexe coderingsprocessen in de tijd niet strikt gescheiden zijn van minder complexe: vanuit de hogere niveaus kan geïntervenieerd worden in de beslissingen die op lager niveau genomen worden. Wanneer we aan deze geheugens nog de centrale verwerkingseenheid toevoegen waarin de uitwisseling van informatie tussen de geheugens plaatsvindt, ontstaat het beeld van figuur 1.



*Figuur 1. Overzicht van de relaties tussen de verschillende geheugens in het menselijk informatieverwerkend systeem.*

## 1.2. Codering

Een centrale vraag die ten aanzien van elk geheugen, natuurlijk of artificieel, gesteld moet worden luidt: in welke symboolstructuren (codes, representaties) ligt de opgeslagen informatie vervat? Een onmiddellijk hiermee samenhangend probleem is dat van encoding en decoding.

Onder codering in de meest algemene zin verstaan we een afbeelding van een verzameling A van symboolstructuren, die volgens bepaalde regels opgebouwd zijn uit een gegeven lijst symbolen, in een verzameling B die op analoge wijze is samengesteld. In termen van de formele taaltheorie (zie hoofdstuk 4): codering is de afbeelding van taal A in taal B.

In wat volgt geven we een overzicht van de specifieke betekenissen die de term codering binnen de context van de geheugenpsychologie aanneemt. In de coderingssituaties die voor deze context typerend zijn, gaat het ofwel om symboolstructuren die aan het cognitieve systeem worden toegevoerd en door dat systeem worden omgezet in symboolstructuren die in de geheugens voor kortere of langere tijd bewaard moeten blijven (encoding), ofwel om decoding, de omgekeerde weg. De opgeslagen symboolstructuren noemen we dan de interne representatie van de invoersymboolstructuren. (Voor een goed begrip zij hier opgemerkt dat we met invoer bedoelen de *uitvoer* van de zintuigen en niet de zintuigstimulatie. Zo representeert bijvoorbeeld het echoïsch geheugen 'letterlijk' de door het oor vervaardigde frequentiespectra, niet de drukgolven die het trommelvlies treffen. Daarom zeggen we dat de inhoud van het echoïsch geheugen 'ongecodeerd' is.)

De coderingsprocessen die tijdens het verrichten van geheugentaken optreden zijn vooral gericht op een

zo efficiënt mogelijk functioneren van het informatieverwerkend systeem. Gewoonlijk zal alleen die informatie opgeslagen worden die, gezien de heersende doelstellingen, nodig is en wel in een vorm die enerzijds beknopt, anderzijds veelzijdig bruikbaar is. Volledige opslag vindt waarschijnlijk alleen plaats in de sensorische registers, en dan nog maar voor ten hoogste enkele seconden. De functie van deze registers is duidelijk: op hun inhoud kunnen de in 1.1. genoemde elementaire classificaties uitgevoerd worden. De status van een andere, meer duurzame vorm van ongecodeerde opslag, die van eidetische nabeelden, is twijfelachtig. Het is niet duidelijk of deze, buitengewone omstandigheden daargelaten, betrouwbaar op te roepen is (zie Stromeyer, 1970). De indeling in coderingsvormen die hier volgt somt in feite een aantal tactieken op die, afzonderlijk of in combinatie toegepast, bruikbaar zijn bij de realisatie van een goede geheugeneconomie.

*Invoerselectie.* Bij lang niet alle geheugentaken is het vereist de gehele invoer op te slaan. Men kan bij het bestuderen van een tekst bijvoorbeeld meestal volstaan met het opnemen van de centrale gedachtingang. Ook bij het leren van paarsgewijze associaties is invoerselectie gemakkelijk aantoonbaar. Als een proefpersoon de cijfers 2 en 8 moet leren als responses op de trigrammen GJM en VTC, kan hij zich beperken tot de associaties G – 2 en V – 8. Wordt de lijst uitgebreid met VRZ – 5, dan moet hij een extra stimuluskenmerk gaan encoderen, laten we zeggen de laatste letters van de twee trigrammen: V,C – 8 en V,Z – 5. Deze selectiestrategie kan het leren van zo'n lijst aanzienlijk vergemakkelijken, maar leidt tot moeilijkheden wanneer, zonder dat de proefpersoon erop is voorbereid, de stimuli slechts gedeeltelijk worden aangeboden (bijvoorbeeld *\_J\_ – ?* of *\_T\_ – ?*). Welke invoercomponenten in een gegeven geheugentaak geselecteerd zullen worden hangt af van een groot aantal factoren zoals voorkomen van de proefpersonen, de tijd die de proefpersoon tijdens de aanbieding ter beschikking staat, overeenkomsten en verschillen tussen de items die tezamen het leermateriaal vormen, de volgorde waarin de items worden aangeboden en welke items fungeren als stimuli en welke als responses.

*Invoerverdichting.* Met deze term bedoelen we de omzetting van de invoer tot een interne representatie die enerzijds zo beknopt mogelijk is maar ander-

zijds de mogelijkheid tot reconstructie van de gehele invoer toelaat. Zulk een codering komt neer op het ontdekken van wetmatigheden, regelmaat, redundantiebronnen binnen de ingevoerde symboolstructuren. Elke wetmatigheid regeert per definitie meerdere elementen van een symboolstructuur, zodat het aantal onafhankelijk te coderen elementen afneemt. Een stelsel van uiterst beknopte codes voor een grote klasse van visuele en akoestische patronen is ontwikkeld door Leeuwenberg (1971).

#### *Verankering van de invoer in het geheugenbestand.*

Het aloude mnemotechnische advies om nieuw te leren informatie zoveel mogelijk in verband te brengen met, te integreren in, te submeren onder de reeds aanwezige kennis heeft betrekking op een coderingsvorm die een drastische reductie teweeg kan brengen in het aantal elementen dat wordt opgeslagen. Resulteert bij invoerverdichting zo'n reductie uit het opsporen van redundantiebronnen in de structuur van de invoer zelf, bij verankering berust de besparing op het ontdekken van redundantie, d.w.z. herhalingen, in het totale geheugenbestand. De verwerkingseenheid zal een nieuw ingevoerde symboolstructuur die een min of meer getrouwe kopie is van een reeds eerder ingevoerde symboolstructuur, niet in haar totaliteit encoderen maar bijv. noteren dat op het gegeven tijdstip en onder de gegeven omstandigheden een nieuw exemplaar van die-en-die oude symboolstructuur werd aangetroffen.

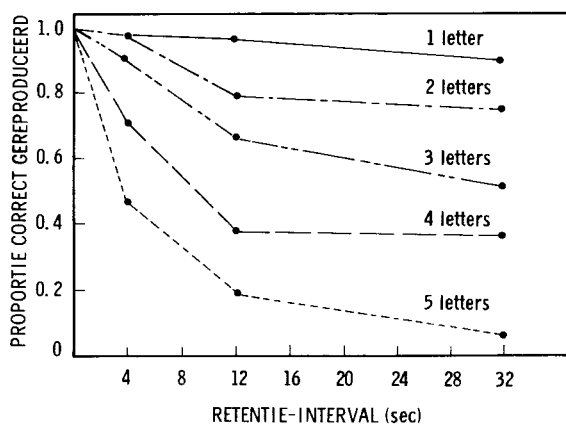
Een belangrijke klasse van coderingen waarin sprake is van verankering in het beschikbare geheugenbestand vormen de taalmediatoren ('natural language mediators'; Prytulak, 1971). Hiervan zijn talloze voorbeelden te geven: het trigram KPT wordt gecodeerd als 'kapitaal' met de aantekening dat alleen de eerste drie medeklinkers meetellen; in het woordpaar *punaise-afsluitdijk* wordt het ezelsbruggetje 'gat' ingevoegd en een woordenlijst wordt onthouden middels een eromheen geweven verhaal. Een ander type kennis waarin nieuwe informatie verankerd kan worden zijn voorstellingsbeelden; deze zullen in paragraaf 4.3. meer uitgebreid aan de orde komen.

*Aanpassing aan de interne nomenclatuur.* In allerlei geheugentaken komt het voor dat de aangeboden invoersymbolen worden gecodeerd tot verbale symbolen, ook wanneer dit niet resulteert in verdichting of verankering. Het duidelijkste voorbeeld hiervan is de omzetting tijdens STM-taken van vi-

sueel aangeboden letterreeksen in reeksen van items die vrijwel uitsluitend auditieve of articuloire kenmerken bezitten (zie 2.2.2.). Een ander voorbeeld wordt geleverd door Slak (1970) die erin slaagde zijn geheugenspanne voor cijfers op te voeren van ruim 9 tot ongeveer 13 nadat hij een coderingsstelsel had geleerd dat 3-stellige getallen omzette in goed uitsprekbare lettergrepen (een foneem werd toegekend aan elk decimaal cijfer afhankelijk van zijn positie in het getal). Ook bij het onthouden van figuren is er een sterke tendens tot verbale codering d.m.v. benoeming van de figuren (Riley, 1962). De voorkeur voor verbale nomenclatuur hangt onder meer samen met de mogelijkheid tot repeteren (rehearsal) waartoe verbale items zich bij uitstek lenen (zie 2.2.2.).

## 2. Opname van informatie

De experimentele benadering van het menselijk geheugen als informatieverwerkend systeem volgens de grote lijnen die hierboven (1.1.) werden aangegeven dateert uit het midden van de jaren vijftig. De eerste informatietheoretische en modelmatige benaderingen, afkomstig van resp. Miller (1956) en Broadbent (1958) hadden grotendeels betrekking op de informatieverwerking in het 'onmiddellijk' geheugen, het STM. Ofschoon dit niet toevallig was, maar samenhangt met typische verwerkingskarakteristieken van het STM zoals wij die zullen bespreken, heeft deze omstandigheid ertoe bijgedragen dat er tijdelijk een grote aandacht ging ontstaan voor 'primaire' vormen van geheugen, met bovendien het gevolg dat de nieuwe conceptuele kaders die werden ontwikkeld buiten de vertrouwde begrippen van de S-R theorie om, vooral of zelfs uitsluitend op de typische STM-situatie betrekking hadden: voor een groot aantal onderzoekers bestond er omstreeks 1960 een feitelijke scheiding tussen STM en LTM. Melton (1963) was echter een van degenen die zich verzette tegen de opvatting als zou alleen het LTM werken volgens de – hierna (3.2.) te bespreken – principes van associatie en interferentie en het STM niet. Hij droeg materiaal aan ter demonstratie van de stelling dat er voor verbaal materiaal in het geheugen sprake is van een continuum, lopend van retentie over enkele seconden tot retentie over de langere intervallen die in de sfeer van het 'verbaal leren' traditioneel worden bestudeerd, en dat ook over de kortste intervallen de principes van interferentie hun invloed op het vergeten uitoefenen (zie figuur 2).



*Figuur 2. STM-vergeetcurven in functie van het aantal items (1 tot 5 letters) per reeks. Langere reeksen geven in principe meer aanleiding tot interferentie tussen de items onderling. Aangezien ze systematisch sneller worden vergeten kan interitem-interferentie, evenals in het LTM, ook voor het vergeten in het STM aansprakelijk worden gesteld (naar Melton, 1963).*

De argumentatie van Melton heeft de gemoederen niet tot bedaren kunnen brengen. Een ware strijd-vraag heeft enige tijd het onderzoeksterrein van het STM gekenmerkt: is interferentie inderdaad het principe van vergeten of is er een typisch STM-principe in de vorm van spoorverval (decay) aantoonbaar? Het dispuut over de relatie tussen STM en LTM is nog steeds niet op bevredigende wijze opgelost, maar de hoofdinteresse van de onderzoekers heeft zich intussen wel verplaatst naar andere onderwerpen. Wat het STM betreft is de aandacht de laatste jaren verschoven naar seriële positiefenomenen bij reproductie, naar de sensorische registers (met name van de auditieve modaliteit), en naar modellen die aansluiten bij andere vormen van verbale informatieverwerking. Binnen de studie van het LTM heeft het onderzoek zich verplaatst naar het terrein van organisatieprincipes, mentale voorstellingen en semantisch-linguïstische geheugenrepresentaties.

Deze ontwikkelingen vinden hun weerslag in deze en de volgende secties van dit hoofdstuk (en ten dele ook in hoofdstuk 15). Daartussendoor zullen tevens experimentele technieken aan de orde komen en de in de traditie van het 'verbaal leren' gewortelde ontwikkelingen die het materiaal hebben gevormd van de discussie, en die tot deze aandachtverschuiving hebben bijgedragen. We beginnen met de vermelding

van enkele gegevens betreffende de sensorische registratie: het meer 'perifere' gedeelte van het in figuur 1 geschetste systeem.

## 2.1. Sensorische registratie

De perceptuele systemen van de verschillende zintuigmodaliteiten beschikken over de mogelijkheid de sensorische indruk nog even vast te houden nadat de stimulatie vanuit de omgeving reeds is beëindigd. Aldus kunnen de eerste – aan herkenning en interpretatie voorafgaande – classificatieprocessen plaatsvinden en kan de informatie in gecodeerde vorm worden overgebracht naar het STM. Voor de verschillende vormen van sensorische registratie (SR) hebben we in figuur 1 twee compartimenten opgenomen om aan te duiden dat in dat vroege stadium van verwerking de informatie uit het bereik van de verschillende zintuigen nog niet is gecombineerd (er zouden om die reden alleen al eigenlijk meer dan twee registers in het schema behoren te staan). De geschetste sensorische registers kunnen eventueel ook binnen één modaliteit verschillende indrukken herbergen, bijv. simultaan binnengekomen auditieve informatie van twee sprekers met de stemkarakteristieken van de sprekers en de bijbehorende auditieve lokalisatiecues. Enkele aspecten van sensorische registratie komen o.m. in samenhang met het begrip 'selectieve aandacht' aan de orde in hoofdstuk 16 (zie 3.1. aldaar). We zullen ons hier beperken tot een korte bespreking van die experimenten die het bestaan van sensorische registratie als een vorm van geheugen aantonen voor de visuele en de auditieve modaliteit en die enkele kenmerken van deze typische bufferopslag onthullen.

### 2.1.1. Visuele sensorische registratie (VSR)

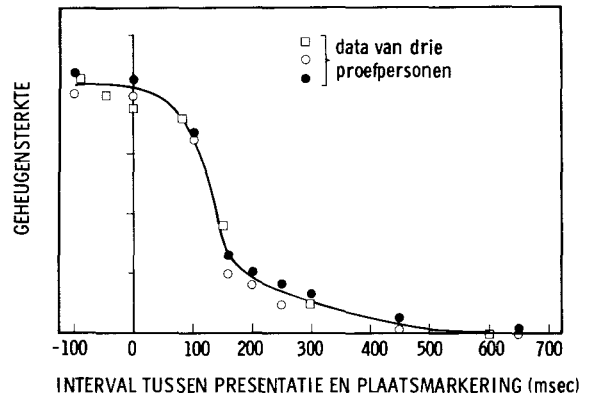
Verschillende auteurs hebben verschillende namen gegeven aan deze voorlopige vorm van informatieopslag. Zo is van Neisser (1967) de term 'icon' afkomstig; Sperling (1967) gebruikt 'image' en 'visual information storage'; Norman (1968) en vele anderen verkiezen 'visueel STM'; met o.m. Atkinson en Shiffrin (1971) houden wij het op 'visuele sensorische registratie' (VSR). De experimentele resultaten waaruit tot sensorische registratie in de visuele modaliteit wordt besloten komen erop neer dat een proefpersoon onder bepaalde condities een relatief groot aantal verbale symbolen kan opnoemen van een kaart die hem tachistoscopisch is getoond. Onder

normale omstandigheden kan men bijv. na een expositie van 50 msec van een kaart met 9 letters er slechts 4 of 5 reproduceren. Maar als men de proefpersoon middels een auditieve cue, direct na de presentatie, aanduidt welk deel van de kaart hij moet reproduceren (Sperling, 1960) of middels een visuele markering welk afzonderlijk symbool hij moet opnoemen, dan geeft hij er blijk van een aantal symbolen te hebben gecodeerd dat ruim het dubbele kan zijn van de 4 of 5 items die hij rapporteert, als volledige reproductie wordt nagestreefd.\* De precieze verhoudingen hangen vanzelfsprekend af van de presentatiecondities (contrast, spatiëring, pre- en post-expositievelden, etc.), waarop wij hier niet ingaan (zie hoofdstuk 6, 7 en 8).

De partiële reproductietechniek heeft het voordeel dat men tussen de expositie van de verbale symbolen en het aanbieden van de markering een interval kan inlassen en dat men aldus het verloop van de sensorische geheugenrepresentatie kan bestuderen. De resultaten tonen aan dat het relatieve voordeel van partiële reproductie snel afneemt en bij een interval van 250 tot 300 msec meestal reeds een asymptotische waarde heeft bereikt die gelijk is aan de score bij volledige reproductie. Binnen dit tijdsbestek echter is er in eerste instantie dus kennelijk veel meer informatie in het VSR beschikbaar dan kan worden uitgelezen. De beperking van dit type registratie is er een van duur: de classificatie door de centrale verwerkingseenheid verloopt te traag in verhouding tot de snelle afname van de visuele beschikbaarheid.

Een tweede kenmerk van de registratie in het VSR is de gevoeligheid voor maskering door nieuwe informatie. De gevolgen van het verschijnen van een tweede stimulus, zoals bijv. randpatronen op de plaats van de verbale symbolen, of een cirkel om de positie waar juist tevoren een symbool verscheen kunnen complex zijn en zowel de reductie betreffen van het contrast van de eerste stimulus, als het stopzetten van zijn verwerking 'hogerop' in het perceptuele systeem.

Het verloop van de representatie van informatie in het VSR is onlangs nog eens langs een andere weg vastgesteld door Vanthoor en Eijkman (1973). Hun proefpersonen moesten de gemarkeerde stimulus niet reproduceren maar telkens m.b.t. al de aangeboden stimuli aangeven hoe zeker zij er van waren dat elk van deze was gemarkeerd. Met behulp van signaaldetectiematen werd de 'sterkte' bepaald van



Figuur 3. Verloop van de sterkte van de geheugenrepresentatie in het VSR, gebaseerd op zekerheidsaanduidingen en signaaldetectie-maten (naar Vanthoor en Eijkman, 1973).

de sensorische registratie over een interval van -100 tot +650 msec.

Uit de resultaten (zie figuur 3) blijkt dat de sterkte over dit tijdsbestek blijft afnemen en dat het grootste verlies van informatie optreedt tussen 100 en 300 msec, hetgeen goed in overeenstemming is met de op reproductie gebaseerde gegevens van Sperling (1960).

### 2.1.2. Auditieve sensorische registratie (ASR)

Buiten de laboratoriumsfeer doet zich wel de situatie voor dat men, geheel verdiept in het lezen van een boek, iemand iets hoort zeggen. Dan reageert men te laat om er 'real time' naar te luisteren. Maar terwijl men vraagt de mededeling te herhalen (wat zeg je?), dringt de boodschap alsnog door (zal ik nog eens inschenken?) en is men in staat antwoord te geven (ja graag!) op de aldus 'teruggespoelde' auditieve gebeurtenis van enkele seconden geleden.

In overeenstemming met dit fenomeen is uit het onderzoek m.b.v. dichotische luistertaken – waarin de proefpersoon twee *simultane boodschappen* krijgt aangeboden, aan elk oor één, veelal met de instructie zijn aandacht op één ervan te richten – naar voren

\* Op zichzelf hoeft een verschil ten gunste van deze partiële reproductietechniek nog niet te betekenen dat er onder volledige reproductie-condities minder wordt gecodeerd en onthouden dan er is geregistreerd. Het verschil kan in principe ook worden toegeschreven aan grotere uitvoer-interferentie tijdens de poging tot reproductie van de volledige lijst dan onder partiële reproductie.

gekomen dat proefpersonen tot op zekere hoogte in staat zijn adequaat te reageren op de niet-beluisterde boodschap. Dit geldt met name als zij in de gelegenheid zijn bijv. tijdens een korte pauze nog even te beluisteren wat er aan het 'verwaarloosde' oor werd gezegd (Broadbent, 1954). Deze prestaties berusten op een bewerking achteraf van spraakklanken die zijn gerepresenteerd in het sensorisch register van het auditieve systeem, het ASR. Andere namen die men hiervoor in de literatuur aantreft, ofschoon niet altijd met volstrekt gelijke implicaties, zijn o.m. 'echoïsch geheugen' (Neisser, 1967), 'auditieve informatieopslag' of AIS (Sperling, 1967) en 'pre-categorische akoestische opslag' of PAS (Crowder en Morton, 1969).

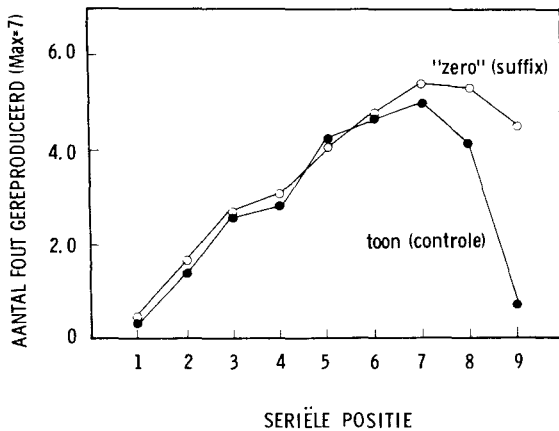
In STM-experimenten treedt dit type buffergeheugen op verschillende wijzen naar voren. Ten eerste is er in dit verband de procedure van Moray, Bates en Barnett (1965), die nauw is gerelateerd zowel aan de dichotische taken die wij zo juist vermeldde als aan de partiële reproductietechniek van de vorige paragraaf (2.1.1.). Deze auteurs boden d.m.v. een hoofdtelefoon vier simultane boodschappen aan die bij de proefpersoon de indruk wekten respectievelijk gelokaliseerd te zijn aan de twee oren en op twee plaatsen, links en rechts, 'binnen' het hoofd. Wanneer hem daarna m.b.v. een lampje werd gevraagd om reproductie van één van de boodschappen (gesproken letters) dan bleek de proefpersoon aanvankelijk over meer informatie te beschikken dan waartoe men zou besluiten op basis van zijn score voor volledige reproductie. Deze uitkomst is dus analoog aan hetgeen m.b.t. VSR werd gevonden. De temporele karakteristieken van het ASR werden onder de loep genomen in een studie van Darwin, Turvey en Crowder (1972). Zij vroegen om de reproductie van één van drie simultane reeksen die elk drie gesproken cijfers of letters omvatten; het resultaat was dat met name het laatste item van de gereproduceerde reeks gedurende tenminste 2 sec een geleidelijk afnemend voordeel ondervond van partiële reproductie. Dat het effect vrijwel uitsluitend aan het laatste item merkbaar was, correspondeert met de opvatting dat eerdere items door latere worden 'overschreven', zodanig dat hun beschikbaarheid in het ASR ernstig wordt geschaad. Ook dit is naar analogie van het VSR, met dien verstande dat in het ASR vanzelfsprekend andere stimuluskenmerken een rol spelen dan de spatiële overlapping of nabijheid die bepalend zijn voor maskering van VSR-in-

formatie. Er is echter een verschil van meer fundamentele aard, nl. dat akoestische informatie in eerste instantie continu is; ook binnen de grenzen van een – later bijv. als lettergreep te herkennen – segment is openvolging van spraakklanken aanwezig en daarmee in principe de kans dat eerdere informatie door latere wordt uitgewist.

Opvallend aan de resultaten tot dusver is de relatief lange effectieve duur van het ASR (enkele seconden) vergeleken met het VSR (enkele tienden van seconden). Mogelijk is hieraan het zgn. *modaliteitseffect* toe te schrijven: proefpersonen die een reeks verbale items hebben horen voorlezen (of deze zelf hardop hebben voorgelezen) reproduceren de laatste items beter dan wanneer de aanbieding uitsluitend visueel (of in stilte articulerend) plaatsvond. De veronderstelling die bijv. door Crowder en Morton (1969) wordt geopperd is, dat het ASR (PAS in hun terminologie) van de laatste items lang genoeg beschikbaar is om een impliciete repetitie door de proefpersoon, voorafgaand aan expliciete reproductie, te ondersteunen. Voor een dergelijke ondersteuning tijdens visuele presentatie zou de VSR inhoud echter te snel zijn vervaagd.

Het laatste hier te bespreken fenomeen betreffende het ASR is het zgn. *suffix-effect*, d.w.z. het verschijnsel dat het zojuist besproken modaliteitseffect teniet wordt gedaan als aan de auditieve reeks binnen 2 tot 3 seconden een extra gesproken item wordt toegevoegd, ook als dat item redundant is of geen responsie vereist, zoals het woord 'stop'. Na wat hierboven werd meegedeeld over het uitwissen van oudere auditieve informatie door meer recente, hoeft het optreden van het suffix-effect op zichzelf geen nader betoog, behalve misschien nog een onderstreping van het feit dat het er voor de toegang tot het SR kennelijk niet toe doet of de (laatste) spraakklanken al dan niet tot het geheugenmateriaal behoren.

Van bijzonder belang is het gebruik van het stimulus-suffix met het doel verschillende kenmerken van de sensorische registratie vast te stellen. Géén storende werking blijkt uit te gaan van een extra stimulus in de visuele modaliteit of van een auditieve stimulus in de vorm van een zoemtoon, ruis of andere klanken die niet op spraak gelijken. Alleen als het gesproken is, of als het een synthetische klank is met de kenmerken van spraak, oefent het suffix een effect uit (zie figuur 4). Daarbij maakt het weinig of geen verschil of het suffix een woord is dat tot de-



*Figuur 4. Seriële positiecurve voor de reproductie uit het STM van een auditief aangeboden reeks van 9 cijfers, gevolgd door een redundant cijfer 0, of door een toon. De experimentele conditie vertoont een relatief groot aantal fouten op de laatste seriële positie: het suffix-effect. De curve die men vindt bij visuele presentatie is ongeveer gelijk aan die voor de suffix-conditie: het modaliteitseffect (naar Crowder, 1972).*

zelfde klasse behoort als de woorden van de te reproduceren reeks (bijv. het cijfer 'nul' als suffix na een reeks cijfers) of dat het een volstrekt betekenisloos woord is (bijv. een zonder nadruk uitgesproken 'eh'), of een stukje achterstevoren spraak. Het suffix-effect treedt in gematigde vorm op als differentiatie tussen de te reproduceren items en het suffix-item mogelijk is, bijv. aan de hand van richtingcues, luidheid of stemkarakteristieken (zie voor een overzicht van deze experimentele gegevens: Crowder, 1972).

Het feit dat de betekenis van het suffix geen rol speelt in de grootte van het suffix-effect is in overeenstemming met de lokalisatie van het effect in het sensorisch register, dus op precategorisch niveau. Hoe het daar zijn invloed uitoefent is niet duidelijk, maar een plausibele veronderstelling is dat de proefpersoon een spraakklank met bijv. dezelfde stemkarakteristieken en lokalisatiecues als de te reproduceren items tijdens het ophalen van die items niet als irrelevant aan zijn aandacht voorbij kan laten gaan. In dat geval zouden de resultaten sterke overeenkomst moeten vertonen met die van het selectief luisteren naar één boodschap terwijl een andere, simultane boodschap moet worden veronachtzaamd (zie voor een overzicht: Treisman, 1969). Inderdaad

komen in de bovenstaande uitkomsten enkele opvallende parallellen voor met de gegevens uit literatuur over selectieve aandacht (zie hoofdstuk 16).

Een recent punt van discussie is of het ASR wel alle informatie die in het akoestische spraaksignaal aanwezig is op even getrouwe wijze weergeeft. Crowder (1973) suggereert dat bijv. vooral lange vocalen goed in het ASR worden vastgehouden en bijv. plofferconsonanten slecht. Men zou deze verschillen in verband kunnen brengen met verschillen in de wijze waarop deze spraakeenheden linguïstisch worden verwerkt (zie Shankweiler en Studdert-Kennedy, 1967). Maar alvorens aan deze argumenten te veel gewicht toe te kennen moet men zich afvragen of de gegevens van Crowder wel afdoende de mogelijkheid weerleggen dat het ASR alle spraakklanken even 'natuurgetrouw' vasthoudt. Het is niet uitgesloten dat de door hem gebruikte consonanten onderling minder goed discrimineerbaar waren dan de gebruikte vocalen. De ASR-informatie zou dan, gegeven een zekere mate van verslechtering tengevolge van ruis in het systeem, niet meer effectief zijn bij het ophalen van de consonanten, maar nog wel van de vocalen. Onlangs werden door Darwin (1973) resultaten gepresenteerd die inderdaad aantonen dat met consonanten wel degelijk een modaliteitseffect en een suffix-effect verkregen kunnen worden, mits ze onderling voldoende duidelijk discrimineerbaar zijn.

In het voorafgaande werd het effect van het stimulus-suffix, zoals dit wordt bestudeerd in de experimenten van Crowder op één lijn gesteld met de maskeringsstimulus in experimenten betreffende het VSR. Het is echter de vraag of deze analogie wel helemaal opgaat. Het is nl. voor maskering in het VSR niet van belang welke de structuur is van de tweede stimulus; elke lichtflits oefent in feite een maskerende werking uit. Ook binnen de auditieve modaliteit is er een onderscheid tussen suffix-condities in geheugenexperimenten en maskering in perceptieproeven. Het blijkt dat de detectie van een geluid in het paradigma van terugwaartse maskering een groter effect ondervindt als de maskeringsstimulus luider is, ongeacht of dit een zoemtoon is of een tweede spraakklank (zie voor een overzicht: Marsaro, 1972). In het licht van deze gegevens kan het aangrijpingspunt van het suffix waarschijnlijk niet meer op louter sensorisch niveau gevonden worden. Het suffix-effect kan echter ook niet eenvoudig in een postperceptueel STM-stadium worden gelokaliseerd, zoals – behalve uit het ontbreken van een

effect van categorieovereenkomst – blijkt uit het feit dat foneemovereenkomst tussen een geheugenreeks en het suffix géén rol speelt (Crowder en Cheng, 1973), terwijl – zoals wij nog zullen zien (2.2.) – deze vorm van akoestische gelijkenis het STM-vergeten juist in overwegende mate bepaalt.

Kortom, de vraag waar het suffix precies aangrijpt is nog niet te beantwoorden. Het is niet uitgesloten dat er – naar analogie van de visuele proeven van bijv. Posner, Boyes, Eichelman en Taylor (1969) – een mogelijkheid bestaat van ‘postperceptuele’, maar zuiver auditieve, opslag die onder controle staat van de strategie van de proefpersoon, maar die niet bestand is tegen latere auditieve stimulatie. Sanders (1974) geeft weer een andere verklaring voor het suffix-effect. Hij gaat uit van de veronderstelling dat met name bij auditieve presentatie de geheugenitems worden verbonden met positie cues, waarvan de laatste bij reproductie direct toegankelijk zijn. Onder suffix-condities zouden de laatste items de daaruit resulterende ophaalprioriteit grotendeels kwijtraken aan het meer recente suffix-item. Bij visuele presentatie zou van meet af aan een andere strategie gelden: cumulatieve repetitie. Deze is enerzijds nodig vanwege de slechte uitrusting van de visuele modaliteit voor het vasthouden van sequenties en anderzijds redelijk mogelijk door de grotere mate van vrijheid die de proefpersoon bij visuele presentatie heeft in de keuze van het moment waarop hij het laatst binnengekomen item aan de repetitiecycclus toevoegt. Het resultaat is dat na visuele presentatie vooral de eerste items goed worden gerepeteerd en de latere in toenemende mate minder vanwege toenemend tijdgebrek voor cumulatieve repetitie tegen het einde van de reeks (zie ook 2.2.2.).

## 2.2. *Opname van informatie in het STM*

Het stroomdiagram van figuur 1 representeert het menselijk geheugen volgens een meertrapsmodel. De sensorische registers kwamen in de vorige paragraaf aan de orde. Daarin werden evenwel herkenning en codering van sensorisch geregistreerde informatie verondersteld om reproductie mogelijk te maken. Zodra de informatie is gecodeerd, d.w.z. is gerelateerd aan categorieën in het LTM, treden andere principes van onthouden en vergeten op. Hier is het nuttig onderscheid te maken tussen de lotgevallen enerzijds van onsamenhangende items die éénmaal werden aangeboden door vrijwel onmiddellijke re-

productie of recognitie (STM, de eerste trap) en anderzijds van items uit een verzameling met enige interne samenhang óf onder zodanige presentatiecondities dat bepaalde samenhangen konden worden aangebracht (LTM, de tweede trap). Het onderscheid correspondeert met coderingsverschillen welke o.m. het gevolg zijn van mogelijkheid tot en wenselijkheid van verankering in de databasis van het LTM (vgl. 1.2.).

Dergelijke tweetrapsmodellen van het geheugen zijn algemeen gangbaar (bijv. Waugh en Norman, 1965; Glanzer en Cunitz, 1966; Atkinson en Shiffrin, 1968; Morton, 1970). Ze hebben het voordeel, aldus Craik en Lockhart (1972), dat ze specifiek zijn en concreet; de informatie stroomt langs welomschreven kanalen tussen componenten van het systeem (stores), waarvan de eigenschappen intuïtief aanspreken en zich lenen voor experimentatie en soms voor formalisering. Het zal echter in de komende secties blijken dat de eigenschappen van de componenten en de relaties ertussen niet zo eenduidig zijn. Het blijkt niet alleen een kwestie van een meer nauwkeurige specificatie van de componenten en van een betere uitwerking van de overdrachtsfuncties die ons scheidt van het uiteindelijke, universele geheugenmodel. Integendeel, bij veel onderzoekers bestaat thans het inzicht dat het systeem als geheel onderhevig is aan uitermate flexibele en idiosyncratische controlestrategieën.

In deze sectie komt het accent vooral te liggen op de eerste trap, het STM, dat zich, zoals hierboven (1.1.) aangegeven, van het LTM o.m. onderscheidt door zijn beperkte capaciteit. Ofschoon ook een andere index ingang heeft gevonden (zie 2.2.2.), wordt voor deze capaciteit gewoonlijk aangehouden de omvang van de *geheugenspanne*: het aantal van ongeveer zeven verbale items (cijfers, woorden) die men nog juist foutloos in de oorspronkelijke volgorde kan reproducteren meteen nadat deze items éénmaal zijn aangeboden. Afgezien van coderingskarakteristieken, verschilt het STM daarnaast van het LTM enerzijds door de snelheid van het ophalen van informatie en anderzijds door het snelle vergeten zonder een blijvend spoor achter te laten als de aandacht van de STM-inhoud wordt afgeleid.

Het steile verval van geheugeninformatie en de condities die dit vergeten te beïnvloeden hebben in de afgelopen twintig jaar de belangstelling gewekt van een groot aantal onderzoekers. (De eersten waren Brown, 1954; Broadbent, 1958 en Peterson en Peter-



son, 1959.) De resultaten zijn een serie nieuwe technieken van onderzoek, een grote hoeveelheid feitenmateriaal en een aantal vruchtbare theorieën die, vanwege de centrale plaats van 'opslag' tijdens allerlei processen van informatieverwerking, over het algemeen een reikwijdte hebben tot ver buiten het terrein van de typische STM-taken zelf. In de volgende paragrafen komen deze aan bod, te beginnen met enkele technische gegevens.

### 2.2.1. Enkele technische gegevens betreffende het STM

Geheugenonderzoek wordt gewoonlijk als STM- of korte-duurgeheugenonderzoek betiteld als het materiaal dat moet worden onthouden slechts éénmaal wordt aangeboden en als de retentie ervan wordt getoetst binnen een halve, of uiterlijk een hele minuut na aanbieding. Deze toetsing kan dan betrekking hebben op de volledige reproductie van de reeks items in de volgorde van aanbieding, zoals dat in spannetaken gebeurt: *seriële reproductie*. Modificaties hiervan zijn o.m. volgordewijzigingen. Men vraagt bijv. eerst de laatste items te reproduceren. Door dergelijke manipulaties komt als belangrijke eigenschap van de seriële reproductie naar voren dat het ophalen en reproduceren van een item uit het geheugen een nadelige invloed uitoefent op het reproduceren van latere items uit dezelfde reeks. Dit is dan het gevolg ofwel van het verstrijken van de tijd (spoorverval) ofwel van de ophaal- en reproductie-activiteit zelf (uitvoerinterferentie). Mag de proefpersoon namelijk met de reproductie beginnen bij de laatste helft van de reeks cijfers, dan worden er op de laatste seriële posities veel minder fouten gemaakt dan op de eerste terwijl bij reproductie in de aanbiedingsvolgorde het merendeel van de fouten juist in de tweede reekshelft optreedt. Op de karakteristieke foutenverdeling over de seriële posities van de reeks komen we hieronder nog terug in de context van geheugentaken met *vrije reproductie*. In deze taken overstijgt de aangeboden lijst meestal de geheugenspanne; de proefpersoon kan bij zijn poging tot reproductie echter de volgorde aanhouden die hem het beste schikt (free recall).

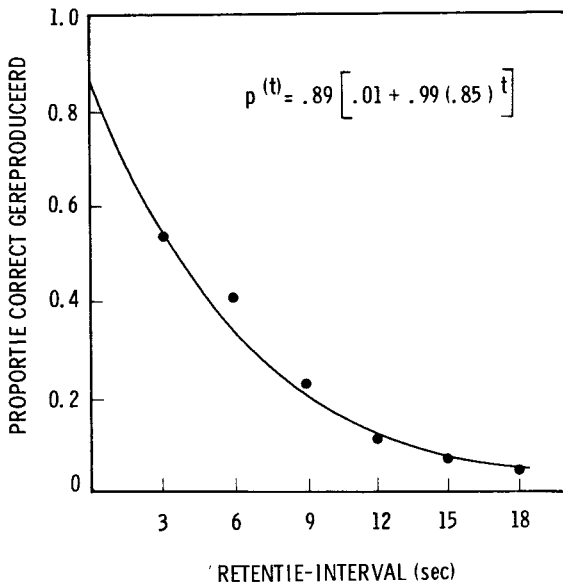
Een technische verbetering die tegemoet komt aan het bezwaar dat de reproductie van een item de latere reproductie van andere items ten nadele beïnvloedt is het werken met een 'probe'. Na de aanbieding van de reeks volstaat men met de toetsing van één item uit de reeks. Men geeft bijv. als 'steek-

woord' het voorafgaande woord; de proefpersoon is geïnstrueerd met het volgende woord te responderen. Nu blijkt bij deze techniek (die een nauwkeuriger maat voor de retentie van één bepaald item oplevert, zij het tegen de prijs van het aanbieden van een groter aantal reeksen) over de posities van een reeks weer een karakteristieke foutenverdeling op te treden: de meest recente items worden het best gereproduceerd en bij de oudste items worden de meeste fouten gemaakt (bijv. Waugh en Norman, 1965). Zeer waarschijnlijk is dit het gevolg van het binnenkomen van de latere items (invoerinterferentie), mogelijk echter ook van passief verval van het geheugenspoor in de tijd (zie 3.1.).

Het is ook mogelijk het onthouden van paarsgewijze associaties over het korte STM-interval te bestuderen. De lijst paren wordt dan kort gehouden (bijv. vijf) en na eenmalige aanbieding van de lijst wordt bijv. onmiddellijk de retentie van één paar vastgesteld door het betreffende stimulus-item aan te bieden en te vragen om het bijbehorende response-item. Deze techniek van *minimaal paarsgewijze associatieren* werd voor het eerst door Murdock (1963) toegepast.

Rechtstreeks samenhangend met de opkomst van de belangstelling voor het 'onmiddellijk geheugen' is de techniek van 'distractor'-taken die zelf geen retentie behelzen en waarin meestal zodanige items worden gepresenteerd dat er tijdens reproductie geen verwarring met de te onthouden items kan optreden. De proefpersoon kan een reeks items of een enkel item gepresenteerd krijgen met de instructie direct na presentatie een andere taak te verrichten welke wij als *opvul-taak* zullen aanduiden, bijv. het natekenen van pijlen, het opnoemen (schaduw) of overschrijven van een aantal letters of het terugtellen met stapjes van drie van een getal van drie cijfers, bijv. 489, 486, 483, etc. Dit terugtellen gebeurt hardop en in het tempo (bijv. 1 per sec.) van een metronoom. Op een door de proefleider aangegeven teken – het einde van het te onderzoeken retentie-interval – stopt de proefpersoon met zijn distractor-taak en probeert hij de onthouden items te reproduceren. Klassiek zijn intussen de data van Peterson en Peterson (1959) waaruit blijkt dat een trigram (bijv. CSL) in 18 seconden bijna geheel vergeten is als het retentie-interval met dergelijk terugtellen wordt gevuld (zie figuur 5).

Een verfijnde reproductietechniek is de *partiële reproductie*, die wij reeds tegenkwamen (2.1.1. ;



Figuur 5. Retentiecurve van een enkel trigram onder het uitvoeren van een opvultaak (terugtellen). De curve is gebaseerd op de responses binnen 2.83 sec na het signaal tot reproductie. De asymptootwaarde is dan zeer laag (0.0089) en wordt reeds in ongeveer 20 sec bereikt (naar Peterson en Peterson, 1959).

2.1.2.). Het verschil t.o.v. de steekwoordtechniek is vooral hierin gelegen dat als cue voor reproductie niet een item wordt gepresenteerd dat ook reeds als stimulus fungeerde, maar een signaal dat volgens de instructie overeenkomt met een te reproduceren gedeelte van het gepresenteerde materiaal. Bijv. een toon die met een te reproduceren regel uit een tabel correspondeert of een lichtje dat de ruimtelijke lokatie aanduidt van de ene gewenste uit verscheidene simultaan aangeboden items.

Behalve de genoemde reproductietaken worden ook *herkennings taken* toegepast bij de bestudering van het korte-duurgeheugen. De proefpersoon moet een bepaalde tijd na de aanbieding van een reeks één item uit die reeks herkennen ófwel temidden van een aantal alternatieven ófwel het item op zichzelf als 'oud' aanduiden in tegenstelling tot niet eerder gepresenteerde items die hij 'nieuw' moet noemen. De laatste techniek veroorlooft door gebruikmaking van bijv. zekerheidsaanduidingen of reactietijden de toepassing van maten uit de signaaldetectietheorie (zie o.m. Banks, 1970). Het herkenningsparadigma,

gecombineerd met de registratie van reactietijden, leent zich voor het bestuderen van de *zoekprocessen* waarmee informatie in het geheugen kan worden opgespoord. De proefpersoon moet zo snel mogelijk aangeven of een toets-item al dan niet voorkwam temidden van de items van een eerder aangeboden geheugenreeks. Wanneer de verzameling items in het geheugen systematisch wordt gevarieerd, kunnen behalve de snelheid ook andere eigenschappen van het zoeken (scanning, search) worden afgeleid. De resultaten van Sternberg (1969) met deze methode verkregen, duiden op een seriële zoekprocedure, waarmee, voorafgaand aan de responsie, alle items in het STM uitputtend worden onderzocht op overeenstemming met het toets-item.

2.2.2. *Coderen, repeteren en retentie in het STM*  
*Akoestische codering.* Sperling (1963) maakte melding van het feit dat zijn proefpersonen bij de hierboven besproken tachistoscopische proeven (2.1.1.) soms reproductiefouten maakten die niet verklaarbaar waren vanuit de (visuele) presentatiemodaliteit, maar veeleer vanuit fonologische eigenschappen van het geheugenmateriaal (bijv. *T* i.p.v. *D*). Conrad (1964) bestudeerde meer systematisch het type fouten dat optreedt in de onmiddellijke reproductie van een visueel aangeboden geheugenreeks. Zijn resultaten, neergelegd in verwarringsmatrices, vertonen over het algemeen een grote overeenkomst met de resultaten van een luisterproef, waarin afzonderlijke letters worden beluisterd tegen een achtergrond van ruis. M.a.w. als een proefpersoon auditief de letternaam voor *V* ('vee') krijgt aangeboden tezamen met een flinke hoeveelheid ruis, zal hij bij onvolledig verstaan bijv. vaker de verkeerde responsie *G* geven dan *T* of *N*. Evenzo zal een proefpersoon bij gedeeltelijk vergeten van de *V* behorende tot de reeks *P, R, L, D, V, S* in het STM vaker geneigd zijn in plaats ervan een *G* te reproduceren dan een *T* of een *N*, zelfs al is de reeks visueel aangeboden en reproductie schriftelijk. Sedert 1964 wordt algemeen aangenomen dat in het STM de 'akoestische' code de overhand heeft. De uit het SR herkende symbolen worden aangepast aan de in het LTM opgeslagen klassenamen (aanpassing aan de 'interne nomenclatuur'; zie 1.2.) en op de een of andere wijze akoestisch of articulatorisch gerealiseerd.

Sommige modellen specificeren de code op het niveau van het foneem (bijv. Sperling en Speelman, 1970), andere demonstreren een effect op het ni-

veau van de distinctieve kenmerken van de fonemen (Cole, Haber en Sales, 1973). In het boven gegeven voorbeeld kan de voorkeur voor een *V-T*-verwarring boven een *V-N*-verwarring op rekening komen van het verschil tussen de klinkerfonemen /e/ en /ε/. De voorkeur voor een *V-G*-verwarring boven een *V-T*-verwarring moet echter worden toegeschreven aan de distinctieve kenmerken (bijv. affricatie) van de consonantfonemen volgens welke de overeenkomst tussen *V* en *G* groter is dan tussen *V* en *T*. Onderlinge overeenkomst tussen verbale items op een groter aantal 'feature'-dimensies leidt over het algemeen tot een groter aantal verwarringen in STM-taken (cf. Thomassen, 1970; Cole et al., 1973).

De rol van akoestische (foneem-)gelijkenis in het STM is sinds 1964 voorwerp geweest van vele studies. Karakteristiek zijn die van Baddeley. Hij bood in een STM-proef reeksen woorden aan met grote foneemgelijkenis (een Nederlands voorbeeld zou zijn: *mat, pad, kap, pap, kat, map*) en vond dat interitem-interferentie hierbij zeer storend was, vergeleken met controle-reeksen. Semantische gelijkenis daarentegen (bijv. *dun, smal, fijn, slank, klein, teer*) had nauwelijks enig effect (Baddeley, 1966a). Toen hij zijn proefpersonen echter langere reeksen liet inprenten, waarvoor meerdere presentaties nodig waren, zodat er van een LTM-situatie sprake was, trad er omgekeerd juist een groot nadelig effect op van semantische overeenkomst tussen de woorden en volstrekt geen effect van foneemgelijkenis. Om de invloed van STM-factoren in deze LTM-taak te minimaliseren gebruikte Baddeley (1966b) in dit experiment een opvultaak als controlemaatregel: elke presentatie van dezelfde te leren woordreeks liet hij volgen door een aantal korte cijferreeksen voor onmiddellijke reproductie. Het effect van akoestische gelijkenis op proactieve en retroactieve inhibitie in het STM werd eveneens aangetoond (Wickelgren, 1966a). In een studie met behulp van de steekwoordtechniek vonden Kintsch en Buschke (1969) dat in een reeks van 16 woorden het effect van foneemgelijkenis slechts werkzaam is op de laatste seriële posities, terwijl het effect van semantische gelijkenis beperkt blijft tot posities vooraan in de reeks. Ofschoon ook wel afwijkende resultaten zijn gerapporteerd (zie voor een overzicht: Schulman, 1971) zijn de aangehaalde gegevens representatief voor wat onder een groot aantal experimentele condities is geobserveerd, althans wanneer gebruik wordt gemaakt van de aanbestedingswijze (tempo, materiaal) die voor

deze proeven algemeen wordt toegepast. Op deze laatste restrictie komen we hieronder herhaaldelijk terug. Onder minder stringente condities, zoals bijv. bij lezen en beluisteren van spraak, moet men namelijk wel aannemen dat er in aansluiting op perceptie op een bepaald niveau, wordt gecodeerd en onthouden in termen van grammaticale en semantische eenheden.

*Coderingsniveau.* Aandacht schenken aan verbale invoer impliceert het in contact brengen van de invoereenheden met de informatie die in het LTM ligt opgeslagen. Dit kan relatief efficiënt gebeuren door toepassing van de uniforme code die door het aanleren van de spraak bij uitstek beschikbaar is gekomen. Deze geheugencode die, zoals wij zagen, in de meeste STM-experimenten optreedt, kan men opvatten als het gevolg van de eerste perceptuele bewerking tijdens het uitlezen van het SR. Een volledige hiërarchie van perceptueel-linguïstische bewerkingen zou in normale omstandigheden bij het opnemen van verbale informatie ook een grammaticale en semantische analyse omvatten, maar gezien het veelal ongestructureerde 'zinloze' materiaal en het hoge presentatietempo komt zulk een volledige bewerking van de invoer zelden tot stand; meestal is er uit het oogpunt van de taakvereisten in STM-experimenten ook geen behoefte aan een dergelijke analyse. Het is wel vaak wenselijk, en meestal ook mogelijk, dat tijdens de presentatie reeds repetitie (rehearsal; zie hieronder) plaatsvindt van de als foneemsequentie gecodeerde informatie. De tijd die is vereist voor repeteren komt naar alle waarschijnlijkheid in mindering op de beschikbare tijd voor – en daarmee de diepte van – de verdere perceptuele bewerking. *Weinig tijd vereist het groeperen van verbale items tot een ritmische structuur* (zie 2.4.1.), maar alle andere vormen van hercodering, zelfs het relatief eenvoudige gebruik van taalmediatoren (zie 1.2.) veronderstellen het contact maken met complexe semantische structuren die in het LTM niet zo direct beschikbaar liggen als de naamcode en ze zijn te tijdrovend voor gebruik in STM-experimenten. Dat de factor tijd inderdaad bepalend is voor het niveau van codering valt o.m. op te maken uit een observatie van Sperling en Speelman (1970) die bij langzame presentatie een groep proefpersonen aantreffen die had 'gehercodeerd'. Bij deze groep was geen effect aanwezig van foneemgelijkenis van het geheugemateriaal. Ook de hierboven vermelde resultaten van

Kintsch en Buschke (1969) onderstrepen de importantie van de tijdsvariabele op de aard van de codering.

Het blijkt echter dat een grote hoeveelheid beschikbare verwerkingstijd niet resulteert in een zodanige code dat de informatie alleen nog maar via semantisch-associatieve weg, en niet meer via akoestisch-articulatorische weg kan worden opgehaald. Voorbeelden zijn de effectiviteit van rijm in het LTM (zie ook Bower, 1970) en het 'tip-of-the-tongue' (TOT) fenomeen (Brown en McNeill, 1966). Dit laatste treedt op als men een woord op de lippen heeft, maar juist niet voldoende beschikbaar om het uit te spreken, terwijl men er zich wel de ritmische structuur en bijv. de beginklank van kan herinneren. In experimentele condities die men typisch als LTM karakteriseert blijken akoestische cues zelfs primair als het materiaal volstrekt zinloos is en de beschikbare tijd tijdens inprenting beperkt, of als er een tweede taak simultaan moet worden uitgevoerd, of ook als er bijv. een instructie wordt gegeven tot 'passief' opnemen van de items (zie Schulman, 1971). Wanneer daarentegen in STM-experimenten 'semantische codering' wordt geobserveerd (zoals hierboven aangegeven) zou dat vaak het gevolg kunnen zijn van de mogelijkheid dat in de betreffende proef LTM-factoren bij het leren een rol hebben kunnen spelen ofwel dat semantische retrievalcues effectief hebben kunnen zijn bij het ophalen van akoestisch gecodeerde informatie. Deze gegevens vormen op zichzelf een pleidooi voor het maken van een onderscheid niet tussen STM-code en LTM-code, maar tussen akoestische code en semantische code met de connotatie dat de eerste veelal volstaat in STM-proeven, terwijl de tweede meestal zowel mogelijk is als vereist in LTM-experimenten.

*Coderingseenheid.* Wat de omvang van de coderingseenheid betreft zijn heel verschillende grootte-heden aan te geven. Het meest voor de hand ligt een code in de orde van grootte van de aangeboden items in de betreffende STM-taak, dus lettergrepen, woorden, letternamen. Indien deze laatste zijn gegroepeerd als CCC (Murdock, 1961) of als de woorden standaarduitdrukkingen vormen (Glanzer, 1972), dan is het trigram, resp. de zegwijze als geheel de coderingseenheid (waarop voorafgaand aan de uitvoer geen verdere bewerking meer nodig is). In afwijking hiervan veronderstelt het model van Sperling en Speelman (1970) codering van afzonderlijke

fonemen, terwijl zoals wij zagen ook fonologisch-distinctieve kenmerken en andere attributen wel genoemd worden als het niveau van codering. Het blijft echter de vraag in hoeverre een 'onafhankelijk' gecodeerde *eigenschap*, bijv. de beginfoneem van een woord die mogelijk als retrievalcue dienst kan doen, in aanmerking kan komen als coderingseenheid. Aannemelijk is in ieder geval dat het niveau, ook binnen de akoestische vorm van codering, wederom afhangt van de mate van perceptuele bewerking, welke bijv. bij het bestuderen van een lijstje woorden hoger zal zijn dan bij het inprenten van een reeks bigrammen. Een dergelijke flexibiliteit wijst ook binnen het STM op de rol van coderingsstrategieën.

*Auditieve of articulatiecode.* Een bijzonder probleem wordt gevormd door de vraag of de representatie in het STM voornamelijk in termen van auditieve voorstellingen is of in termen van articulatie (voorstellingen of terugkoppeling), of misschien zelfs 'abstract' zonder directe verbinding met de perceptieve of productieve uitrusting voor spraakverwerking. Sperling (1967) heeft op theoretische gronden een voorkeur voor 'akoestische' geheugenrepresentatie. Hintzman (1967) daarentegen ontleent aan een verwarringsmatrix de conclusie dat STM-codering in termen van articulatie plaatsvindt. Levy (1971) toonde aan dat het van de taak kan afhangen of proefpersonen auditief coderen of articulatorisch. De coderingsreacties die onder de experimentele condities optreden t.a.v. de individuele items zullen als *responsies* van de proefpersonen in eerste instantie mogelijk articulo-motorische kenmerken dragen. Als mondelinge reproductie wordt gevraagd (en naar analogie ook bij schriftelijke reproductie), zal de articulatiecode – als het meest compatibel met de overte responsie – waarschijnlijk de voorkeur genieten. De vraag is nu of empirisch kan worden vastgesteld of de STM-code inderdaad veeleer articulatiekenmerken draagt dan de kenmerken van de akoestische patronen die in de spraakcommunicatie nu eenmaal causaal met de articulatiepatronen samenhangen. Deze mogelijkheid om tussen deze vormen van codering te onderscheiden wordt door enkelen ontkend (bijv. Wickelgren, 1969; Sperling en Speelman, 1970).

Een kans op een zekere differentiatie tussen een STM-code en een auditieve perceptiecode is naar onze mening echter aanwezig wanneer men gebruik maakt van de omstandigheid dat in de STM-repro-

duktie van de laatste seriële posities van een auditief aangeboden reeks een bijdrage wordt geleverd door de sensorische nawerking van het auditieve signaal (zie 2.1.2: ASR-informatie). Als men vindt dat het type fouten in deze posities en onder deze condities afwijkt van het gewone patroon van de verwarringsfouten die in het STM optreden, en als men bovendien vindt dat de hier geobserveerde verwarringen juist sterker gelijken op die welke in auditieve perceptietaken worden gevonden, dan is er sprake van een verschil tussen een auditieve en een STM-code. Ook de eerste kan dan blijkbaar onder speciale omstandigheden een aantoonbare inbreng hebben in een STM-taak. Thomassen (1975) presenteert gegevens die erop duiden dat informatie over de plaats van articulatie van de fonemen een grotere bijdrage levert tot de STM-reproductie dan tot de auditieve perceptie, en dat de verhoudingen omgekeerd zijn wat informatie over stemhebbendheid betreft.

*Repeteren (rehearsal).* In meest stricte zin is 'repeteren' het herhaaldelijk successief toepassen van (impliciete) LTM-spraakcodes door de verwerkingseenheid op verbale informatie in het STM. Hierdoor worden de representaties van de items en van hun volgorde in het geheugen tijdelijk beter bestand tegen vergeten. 'Rehearsal' vormde reeds een wezens-trek van het geheugenmodel van Broadbent (1958). Volgens dit model zou de totale beschikbare capaciteit van het STM (het *P*-systeem) worden verdeeld over het coderen van nieuwe items en het repeteren van reeds gecodeerde items. Dit is thans nog de gangbare opvatting; alleen heeft repeteren van verbale items een meer concrete inhoud gekregen, waardoor het bijv. niet langer houdbaar is dat de uitvoer van het codeermechanisme op dezelfde wijze de sensorische registers (het *S*-systeem) wordt ingevoerd als de oorspronkelijke sensorische informatie. Behalve op STM-informatie kan repeteren ook betrekking hebben op LTM-gegevens. Een illustratie hiervan vormen de proeven van Sternberg (1969), waarin geen verschil werd gevonden tussen zoekprocessen in gevarieerde (STM) en constant gehouden (LTM) geheugenreeksen (zie 2.2.1.). De LTM-items worden aldus in een 'werkgeheugen' vastgehouden door repetitie.

Enige tijd is het een punt van discussie geweest of repetitie het geheugenspoor in het STM zou versterken dan wel het tijdstip van aanvang van het vergeetproces slechts zou uitstellen. Vast staat – en in som-

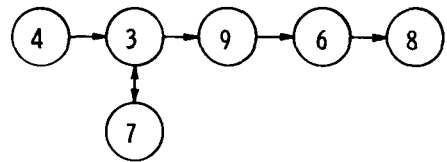
mige modellen is dit expliciet (bijv. Atkinson en Shiffrin, 1968) – dat er tijdens repetitie overdracht naar het LTM kan plaatsvinden, waarbij het formaat van de code al dan niet hetzelfde kan blijven. Craik en Lockhart (1972) onderscheiden hier Type-1 repetitie waaronder de informatie op hetzelfde niveau van verwerking blijft en Type-2 repetitie waardoor een verder stadium van bewerking wordt bereikt; volgens de auteurs is dit laatste echter de enige manier om blijvend van repetitie te profiteren. Hieronder zullen nog worden besproken de seriële positiefenomenen bij vrije-reproductievolgorde. Daarbij blijkt dat alleen een bepaald gedeelte van de geheugenreeks, dat eerder met LTM is geassocieerd dan met STM, afhankelijk is van de mogelijkheid tot repeteren. Gegeven de toestemming tot onmiddellijke reproductie, schijnt er voor wat betreft de laatste items weinig voordeel van repeteren te behalen. Dit duidt erop dat STM-representaties als zodanig geen versterking ondervinden van repetitie, hetgeen na wat er onder coderingsniveau werd besproken logisch kan klinken. Meer waarschijnlijk is dat met toenemende repetitie organisatieprincipes een rol gaan spelen en dat geleidelijk steeds meer items middels verbale mediatie en anderszins worden gehercodeerd en aldus in het LTM-bestand opgenomen (zie 1.2.). De capaciteit van het STM, gedefinieerd volgens bijv. de geheugenspanne, zou gelijk zijn aan het aantal items dat in één keer kan worden gerepeteerd, d.w.z. de verwerkingseenheid passeren totdat het eerste gerepeteerde item zo ver is afgezwakt dat het nog maar juist herkenbaar is voor een volgende repetitiecycle. De relatie tussen repetitie en capaciteit is echter niet helemaal duidelijk. Een voorbeeld vormt een zegswijze van 4 woorden die slechts één codeereenheid vormt, dus slechts één geheugenpositie in het STM inneemt (zie hierboven). Moet men nu aannemen dat in de repetitiecycle het hele spreekwoord wordt opgenomen of slechts bijv. het eerste woord, waardoor de hele zegswijze snel ophaalbaar is uit het LTM? Verder kan men met behulp van seriële positiekenmerken eveneens capaciteitsbepalingen van het STM verrichten (zie hieronder); deze vallen een factor 2 tot 3 lager uit dan de klassieke geheugenspanne; de vraag is hoe repetitie van een volledige geheugenspanne dan mogelijk is.

Ook op enkele andere punten bestaat er onduidelijkheid m.b.t. repeteren. Niet altijd verstaat men er een serieel proces onder waarin de items successief aan de beurt komen; soms wordt er ook een meer paral-

lel algemeen 'onder de aandacht houden' van een aantal items onder verstaan. Verder hoeft repetitie niet steeds een door de proefpersoon gekozen strategie te zijn. Repetitie als impliciete verbale activiteit wordt in elk geval met enige zekerheid onderdrukt wanneer men een opvultaak kiest die eveneens verbale verwerking vereist (bijv. aftellen, schaduwen, kleuren benoemen e.d.). De snelheid van vergeten onder dergelijke condities moge nog eens blijken uit de figuren 2 en 5.

*STM-associaties.* Als herhaalde repetitie de representatie van een reeks items in het STM kan versterken, bestaat de mogelijkheid dat dat vooral het gevolg is van de versterking van de relaties tussen de items onderling, m.a.w. van de vorming en versterking van inter-item-associaties onder invloed van 'rehearsal' (zie bijv. Sanders, 1974). Onderzoek naar de vorming van associaties in het STM is gedaan door Wickelgren (1965a). In de reproductiefouten van STM-reeksen waarin meermalen eenzelfde item voorkomt (bijv. 4373968) observeerde hij dat de items 7 en 9 die volgen op het herhaalde item 3 geneigd zijn bij reproductie elkaars plaats in te nemen, klaarblijkelijk als gevolg van een specifieke vorm van interferentie. Wickelgren betitelde deze fouten als 'associatieve intrusies'. Hij veronderstelt dat er met een bepaald verbaal item één interne representatie correspondeert, welke telkens wordt geactiveerd bij de aanbieding van dat item, en die door associaties verbonden wordt met de interne representatie van andere items. Daardoor is dan in de regel correcte seriële reproductie mogelijk. Associatieve intrusies zijn in reeksen met herhaalde items echter het onvermijdelijke gevolg van het feit dat dezelfde interne representatie via directe voorwaartse associaties is verbonden met meer dan één andere interne representatie (zie figuur 6a).

De verklaring echter waarom er in dergelijke reeksen steeds veel meer correcte volgordereproducties optreden (en trouwens ook meer andere volgordefouten) dan associatieve intrusies, moet vanuit weer andere gepostuleerde associatievormen gegeven worden. Daarvoor komen de meer verwijderde en ook terugwaartse associaties in aanmerking, maar volgens Wickelgren eveneens associaties tussen de item-representaties en seriële positiekenmerken als 'begin', 'midden', 'voorlaatste', etc. Dit zijn associatietypen die niet meer vallen binnen de hier bedoelde omschrijving van associaties als inter-item-connecties;



(a)



(b)

Figuur 6. Associatief model (a) en celmodel (b) voor retentie van een STM-reeks met een herhaald item (naar Wickelgren, 1966b).

als verklaring voor de juiste seriële reproductie komen ze dicht bij het hieronder te bespreken alternatief voor het associatiemodel. Als men met Wickelgren (1965b) een reeks items (bijv. letternamen) in het STM opvat als een sequentie van fonemen, zouden de associatieve relaties ook moeten opgaan op het niveau van de fonemen. Predicties hieromtrent worden echter meestal niet bevestigd. Zo treden er niet vaker associatieve intrusies op tussen *S* en *F* dan tussen *S* en *P* (Wickelgren, 1966b), terwijl in het eerste paar letternamen de beginfoneem toch dezelfde is en in het tweede paar niet. Evenmin kon Baddeley (1968) een relatief groot aantal intrusies vinden tussen de letters *volgend* op eenzelfde foneem (dus bijv. na *P* en *G* waarvan de letternamen eenzelfde eindfoneem hebben). Helaas hebben deze gegevens, die pleiten tegen het bestaan van inter-item-associaties in het STM, slechts betrekking op de afleiding dat reeksen items kunnen worden opgevat als reeksen fonemen. Associatieve hypothesen over het STM zijn nu eenmaal moeilijk te toetsen op het niveau van de integrale items. Bij ons weten zijn dergelijke hypothesen nooit eenduidig bevestigd in de STM-literatuur. Alles bijeen genomen imponeert de evidentie voor de werkzaamheid van inter-item-associaties in het STM op zijn best dan ook als onbevredigend.

Het aantonen van dergelijke associaties zou het voordeel hebben dat men de STM- en LTM-verschijnselen op één continuum kan plaatsen. Voorstanders van

de continuïteitsgedachte hebben in overeenstemming hiermee gepoogd aan te tonen dat een herhaaldelijk aangeboden STM-reeks steeds beter wordt onthouden (Melton, 1963). In de volgende sectie zal echter blijken dat de veronderstelde vorming en versterking van associaties tussen opeenvolgende items niet 'vanzelf' optreedt, ook niet bij de herhaalde presentaties van dezelfde itemvolgorde, maar dat verbetering in de reproductie afhangt van de structuur van de reeks als geheel. De ritmische of groeperingsstructuur verschaft mogelijk ankerpunten op bepaalde posities in de reeks, waaraan (door associaties van een ander type) items worden gekoppeld.

Dit is in feite een flexibele versie van de klassieke alternatieve verklaring van de correcte seriële reproductie. Deze stelt in zijn starre oorspronkelijke vorm dat de items van een STM-reeks tijdens de aanbieding achtereenvolgens worden overgebracht in een permanente verzameling cellen ('slots') behorende bij de seriële posities. De omvang van de verzameling zou gelijk zijn aan de geheugenspanne. Het uitlezen van de cellen gaat altijd in een vaste volgorde, en zal foutloos geschieden als de items maar niet te lang geleden in hun cellen zijn gedeponerd (zie figuur 6 b). Interactie tussen cellen onderling is volgens dit 'slot'-model niet toegestaan. Uit gegevens van Conrad (1960) komt naar voren dat proefpersonen geneigd zijn als fout item bij de reproductie te responderen met een item dat in de voorafgaande reeks correct was voor die seriële positie. Zulk een 'seriële positie-intrusie' zou het residu weerspiegelen van de voorafgaande bezetting van de betreffende cel. Met name dit verschijnsel is moeilijk te verklaren volgens een inter-item-associatiemodel; omgekeerd leveren associatieve intrusies weer grote moeilijkheden op voor een cel-interpretatie van het STM. De voor de hand liggende slotsom is dat waarschijnlijk beide verklaringen opgaan, dus dat het mogelijk is dat items of hun interne representaties door associaties aan elkaar worden gekoppeld zodat het ophalen van elk item wordt gefaciliteerd door het voorafgaande item en dat bepaalde items door associaties van een ander type met name aan opvallende posities worden gekoppeld die bij ophaalprocessen gemakkelijk kunnen worden uitgelezen (zie ook Ebenholtz, 1972). Het overwegen van het ene of andere type koppeling zal dan het gevolg zijn van het materiaal en de aanbiedingswijze. Zo zal bijv. koppeling aan seriële posities, en dus het optreden van seriële posities-intrusies, vooral in de hand worden gewerkt door presentatie

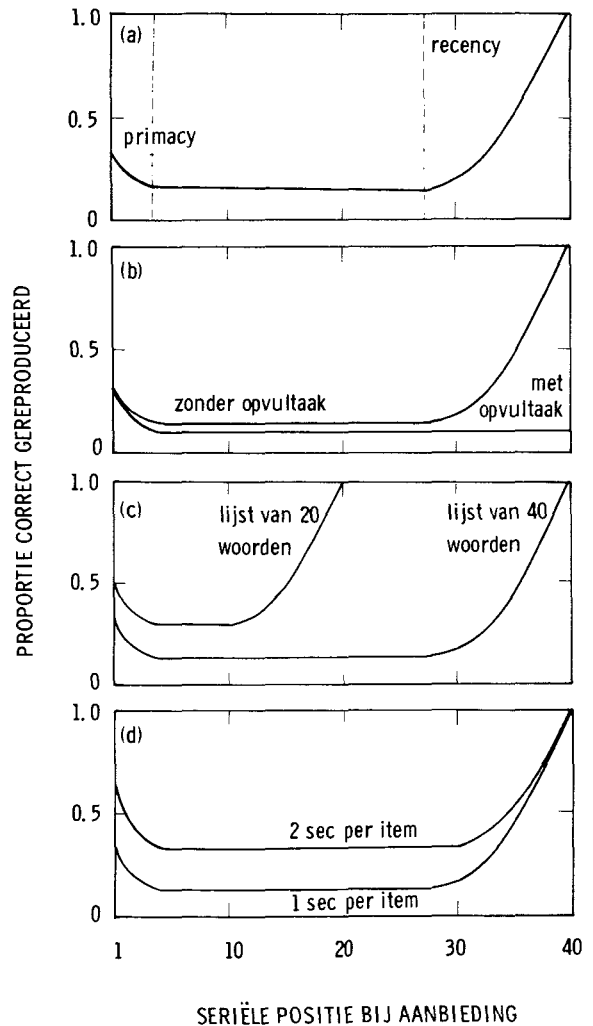
van reeksen met steeds dezelfde lengte en dezelfde structuur en worden tegengegaan door diversiteit in de aanbieding.

*Visuele STM-code.* Over het algemeen hebben de hierboven besproken bevindingen m.b.t. codering in termen van spraak gelijke geldigheid voor visueel en auditief gepresenteerd materiaal. Wat de visuele modaliteit betreft blijken er evenwel – ook voor verbaal materiaal – nog andere STM-coderingsmogelijkheden open te staan. Zo toonden Kolers en Katzman (1966) aan dat proefpersonen in staat zijn verbale items te reproduceren, zij het niet in de juiste volgorde, die zo snel (12 per sec) waren vertoond dat het impliciet verbaliseren ervan uitgesloten moest worden geacht. (De presentatie geschiedde hierbij op dezelfde plaats voor alle items, zodat tengevolge van maskering ook geen SR-informatie beschikbaar was.) Het resultaat van Sternberg (1969) dat een onduidelijk visueel test-item het zoeken naar dat item in het geheugen vertraagt, wijst eveneens op visuele kenmerken van de geheugenopslag. De niet-verbale code leent zich in sommige gevallen zichtbaar ook voor repetitie. Posner, Boyes, Eichelman en Taylor (1969) lieten met succes visuele repetitie uitvoeren van een enkel visueel verbaal symbool. Het geheugenmateriaal, zo tonen de data, was op deze wijze goed bestand tegen de invloed van een verbale opvultaak. Een interessant modaliteitsverschil werd in dit verband gevonden door Kroll, Parks, Parkinson, Bieber en Johnson (1970). Zij lieten een schaduwtaak uitvoeren tijdens het onthouden van een enkele letter. De proefpersonen slaagden daarin beter als de letter visueel was gepresenteerd in plaats van auditief.

Proeven van Scarborough (1972) tonen aan dat het onthouden van een auditief gepresenteerde geheugenreeks geen duidelijk nadelige invloed ondergaat van – noch uitoefent op – het onthouden van een visuele reeks die tussentijds wordt aangeboden d.m.v. een tachistoscopische expositie gevolgd door een ruisveld. De repetitie van de auditieve reeks – die met 7 tot 9 items de capaciteit van de geheugenspanne ongeveer geheel bezette en dus een aanzienlijke belasting vormde van het auditief-verbale STM – heeft naar men kan aannemen het verbaliseren van de visuele reeks sterk bemoeilijkt. Het onthouden hiervan zou aldus berusten op een visuele vorm van opslag die zich blijkens de resultaten van Scarborough enkele seconden handhaaft en die daarmee

afwijkt van de veel korter durende visuele sensorische registratie. Tezamen genomen tonen de data dat het onder omstandigheden die ongunstig zijn voor verbale codering en repetitie mogelijk is visueel aangeboden verbale symbolen in de oorspronkelijke modaliteit vast te houden. De proefpersoon kan zich blijkbaar op deze strategie instellen om intrusies tussen items uit het geheugen- en het opvulmateriaal te vermijden. Thans ontbreken nog de gegevens om de efficiëntie van de besproken coderingsmodaliteiten aan te geven voor verschillende soorten materiaal, maar het ligt in de verwachting dat de verbale code voor het opnemen en vastleggen van volgorde-informatie superieur zal blijken.

*Seriële positiefenomenen.* Biedt men een proefpersoon een lijst woorden aan die de geheugenspanne overstijgt, met een instructie tot vrije reproductie van de hele lijst, dan zal hij meestal de laatste woorden het eerst reproduceren en daarna wat hij zich nog van de voorafgaande items herinnert. De resultaten (zie bijv. Glanzer, 1972) tonen aan dat de 6 tot 8 laatste (meest recente) items onder deze omstandigheden beter worden gereproduceerd dan de overige. Dit recentheidseffect (recency: zie figuur 7a) moet worden opgevat als een STM-fenomeen, i.t.t. de LTM-processen die voor het (veel geringere) onthouden van de eerdere items aansprakelijk zijn. Een opvultaak gedurende 30 sec na de presentatie van de lijst heeft namelijk tot gevolg dat het recentheidsvoordeel volledig verdwijnt, terwijl het reproductieniveau van de voorgaande items daaronder niet of nauwelijks te lijden heeft (zie figuur 7b). In het voorbijgaan zij hier nog eens gewezen op het onderscheid tussen het modaliteitseffect en het recentheidseffect. Het accentueren van dit onderscheid is met name gewenst omdat voor het ASR, waarop het modaliteitseffect berust, de term 'echoic storage' (Neisser, 1967) van toepassing is, terwijl het begrip 'echo box' ingang heeft gevonden m.b.t. de meest recente items in vrije-reproductietaken. Beide effecten betreffen een voordeel van de laatst aangeboden items in een geheugenreeks; een voordeel dat gemakkelijk kan worden verstoord. Het modaliteitseffect is echter gebonden aan een auditieve presentatie en heeft een effectieve tijdsduur van enkele seconden. Het recentheidseffect treedt ook op na visuele aanbieding en heeft een geschatte duur van ongeveer 20 tot 30 seconden. Een combinatie van beide, te verwachten bij de auditieve presentatie van



*Figuur 7. Seriële positiecurven bij vrije reproductie. (a) Begineffect (primacy), asymptoot en recentheidseffect (recency). (b) Uitstel van reproductie met een periode van 30 sec., opgevuld met een rekentaak, heeft een selectieve invloed op het recentheidseffect. Een aantal andere variabelen, zoals (c) lijstlengte en (d) presentatietempo beïnvloeden uitsluitend het begineffect en de asymptootwaarde. De curven zijn geïdealiseerd (naar Atkinson en Shiffrin, 1971).*

een lijst voor vrije reproductie, zal zich weerspiegelen in een enigszins S-vormige recentheidscurve. Alle items die voorafgaan aan de laatste items in een vrije reproductietaak (dus aan de items die aan het



recentheidseffect onderhevig zijn) worden veel minder goed gereproduceerd. Onder deze items onderscheiden zich echter weer de 1 tot 3 eerste uit de lijst van de overige, welke alle een even grote kans hebben op correcte reproductie (asymptoot). Het aanvangsvoordeel van de allereerste items, hier *begineffect* genoemd (primacy: zie figuur 7a), is het gevolg van het feit dat deze items nog volop m.b.v. repetitie kunnen worden ingeprent omdat er bij hun binnenkomst nog geen andere items in het STM aanwezig zijn waarover de repetitie zich ook zou moeten uitstrekken. Dat het begineffect inderdaad met repeteren te maken heeft blijkt uit het feit dat een tweede taak, tijdens de aanbieding uit te voeren om repetitie te onderdrukken, met name het begineffect in de seriële positiecurve aantast (Baddeley, 1968). In dezelfde richting wijzen de resultaten van Bernbach (1967) die kinderen reeksen kleuren liet onthouden. Pas nadat hij ze de kleurnamen goed had laten oefenen – zodat ook impliciet repeteren mogelijk werd – kon hij een begineffect observeren. Tijdens de voortdurende aanbieding van nieuwe items bereikt het systeem weldra een 'steady state', waarin nog maar een sterk gereduceerde hoeveelheid van de beschikbare capaciteit kan worden besteed aan elk item. Toch worden de items nog enigszins onthouden, ook na een opvultaak van een halve minuut. Dit geldt evenzeer voor de meest recente items die, hoewel zij bij onmiddellijke reproductie vooral blijf geven van hun beschikbaarheid in het STM, dus óók in het LTM aanwezig blijken. Het aantal items dat zich in het STM bevindt tijdens vrije-reproductietaken, als maat voor de capaciteit van het STM, kan men dienovereenkomstig bepalen uit het recentheids gedeelte van de seriële positiecurve met een correctie voor de asymptootwaarde die de aanwezigheid van de items in het LTM representeert. De berekening per seriële positie is – analoog\* aan die van Waugh en Norman (1965) – aldus:

$$P_i(\text{STM}) = \frac{P_i(\text{REP}) - P_i(\text{LTM})}{1 - P_i(\text{LTM})}$$

waarin  $P_i(\text{STM})$  de kans is dat item  $i$  in het STM beschikbaar is,  $P_i(\text{REP})$  de kans op correcte reproductie van item  $i$ , en  $P_i(\text{LTM})$  de kans (geschat uit de asymptootwaarde) dat item  $i$  in het LTM gerepresenteerd is. De capaciteit is de som van alle  $P(\text{STM})$ -waarden voor de laatste items. De STM-capaciteit wordt door verschillende auteurs m.b.v.

deze methode geschat op waarden tussen 2,5 en 3,5 items.

Een kleine onnauwkeurigheid waaraan deze berekening mank gaat is een geringe overschatting van de asymptootwaarde tengevolge van het effect van 'negatieve recentheid' (Craik, 1970). Wanneer men een proefpersoon na afloop van de zitting vraagt nog eens alle gememoriseerde items te reproduceren, blijkt hij de items die hij eerst op basis van hun beschikbaarheid in het STM relatief goed kon opnoemen in feite nu juist iets slechter onthouden te hebben. Dit hoeft niet te verbazen omdat hij deze items oorspronkelijk door hun directe toegankelijkheid in het STM minder intensief hoefde te repeteren; bovendien heeft hij om dezelfde reden minder oefening gehad in het ophalen ervan uit het LTM. In tegenstelling tot 'reproductieuitstel', waardoor uitsluitend het recentheidseffect wordt aangedaan, zijn er andere variabelen die juist het begineffect en de asymptootwaarde bepalen zonder enige invloed op het recentheidseffect. Tot die variabelen behoren bijv. lengte van de lijst, presentatietempo, aantal presentaties per woord, woordfrequentie en concreetheidswaarde van de woorden. Kortom, voor allerlei variabelen die het leren van lijsten beïnvloeden is het STM, althans voorzover het in het recentheidseffect tot uitdrukking komt, relatief ongevoelig (zie figuur 7c, 7d).

Deze selectieve effecten worden beschouwd als verdere argumenten voor de onderlinge onafhankelijkheid van STM en LTM. Het feit van negatieve recentheid duidt er zelfs op dat representatie in het STM nog niet voor alle items in gelijke mate overdracht impliceert naar het LTM, maar dat er veeleer bepaalde controlestrategieën (als repeteren en organiseren)

\* Waugh en Norman (1965) stellen dat reproductie van een item  $i$  kan berusten op informatie in het STM (of *primair* geheugen) zowel als in het LTM (of *secundair* geheugen), als volgt:  $R_{(i)} = P_{(i)} + S_{(i)} - P_{(i)}S_{(i)}$ , waarin  $R_{(i)}$  de kans is op correcte reproductie van item  $i$  en  $P_{(i)}$  en  $S_{(i)}$  de kans dat item  $i$  in het primair resp. in het secundair geheugen aanwezig was ten tijde van de reproductie. Hiermee wordt tevens een standaardcorrectie gepresenteerd om in 'steekwoord' data de STM-component te scheiden van de LTM-component. Deze 'correctie voor de asymptoot' impliceert een schatting van  $S_{(i)}$ , gebaseerd op het gemiddelde reproductieniveau van de items voorafgaand aan de laatste zes of zeven van de lijst en gaat verder volgens de formule

$$P_{(i)} = \frac{R_{(i)} - S_{(i)}}{1 - S_{(i)}}$$

in het geding zijn, die meer permanente (LTM) opslag bewerken. Deze conclusie moet ook worden getrokken uit de resultaten van Restle (1970). Hij leerde zijn proefpersonen paarsgewijze associaties in een continue taak waarin de leer- en testtrials elkaar afwisselden. Bij één groep van hen wekte hij de verwachting dat de paren snel (na twee of vier andere paren) getest zouden worden, bij de andere proefpersonen echter wat later (na zeven of negen andere paren). Onaangekondigd uitstel van het testen van paren was veel nadeliger voor de eerste groep dan voor de tweede.

De hierboven opgegeven maat voor de capaciteit van het STM blijft ver beneden de *geheugenspanne*, waarvoor 6 tot 9 items worden geobserveerd. De reden kan zijn dat in een spannetak meer dan in vrije-reproduktietaken met lange reeksen, van repeteren kan worden geprofiteerd. In condities waarin de reeksen de omvang van de geheugenspanne niet (ver) overstijgen zal de proefpersoon – zeker bij matige presentatiesnelheid en bekende reekslengte – met meer vrucht repetitie en groepering toepassen dan wanneer de toevloed van nieuwe items maar blijft aanhouden. Het beginneffect van serieel gereproduceerde reeksen met 6 tot 9 items is meestal ook iets groter dan dat voor de vrije reproductie van langere reeksen (vgl. de figuren 4 en 7). De bovenstaande gedachtengang impliceert dat ook de spanprestatie ten dele op LTM-mechanismen berust, hetgeen weer in overeenstemming is met de resultaten dat interferentiebronnen die in LTM werken ook in bijv. spannetaken effectief blijken (bijv. Melton, 1963) en met bevindingen als die van Craik (1970) dat STM en geheugenspanne onderling zelfs lager correleren dan LTM en geheugenspanne.

De capaciteitsvraag betreffende het STM moet rechtstreeks in verband worden gebracht met de vorm en de omvang van de functionele eenheden die de proefpersoon codeert, groepeert en repeteert. Uiteraard spelen hierin bestaande LTM-structuren, met name die voor linguïstische verwerking de hoofdrol. Wat het hercoderen van grotere linguïstische eenheden in het STM betreft, blijkt er niet alleen een sterk rekbaar capaciteit (in termen van bijv. woorden in het STM) te bestaan als het gaat om zegswijzen van 4 of 5 woorden die de proefpersoon reeds als responsie-eenheid beschikbaar heeft, maar ook als het nieuwe grammaticale uitingen betreft die vele woorden omvatten. De wijze waarop de betreffende linguïstische analyse en codering zich voltrekken –

en met name waarin deze verschilt van het groeperen van losse woorden – valt echter buiten het kader van dit hoofdstuk (zie hoofdstuk 15).

### 2.3. *Opname van informatie in het LTM*

Het verbale LTM omvat (a) een netwerk waarvan de knopen corresponderen met concepten en de verbindingen met associaties tussen concepten, en (b) een netwerk van verbindingen tussen de – zowel auditief als articulatorisch gespecificeerde – woorden van het lexicon van de taal en de concepten die door de woorden worden aangeduid. Dat we deze twee netwerken onderscheiden komt uitsluitend voort uit de verschijnselen van homonymie (een woord dat meer dan één concept aanduidt) en synonymie (meerdere woorden die één en hetzelfde concept aanduiden). Opname van informatie in het LTM, gewoonlijk *leren* genaamd, komt dan neer op uitbreiding van dit netwerk: toevoeging van nieuwe woorden of concepten en het leggen van nieuwe associatieve woord-concept- of concept-conceptkoppelingen.

Over de vorming van nieuwe woorden en concepten (beter gezegd: van knopen en hun labels) is zo goed als niets bekend. Het enige wat, vooral sinds de analyse van Lashley (1951), gezegd kan worden is dat het leren van een nieuw woord (bijv. oejep) niet eenvoudigweg gezien kan worden als het leggen van associatieve verbindingen tussen de achtereenvolgende fonemen (oe-j-e-p). Over het ontstaan van associaties zijn twee verschillende denkbeelden in omloop. Volgens één theorie komt een associatie geleidelijk aan tot stand, wanneer de proefpersoon het leermateriaal maar vaak genoeg herhaalt. De andere theorie stelt zich de vorming van een associatie voor als een proces dat, eenmaal op gang gebracht door een aanbieding van het leermateriaal, de associatie in één keer kant en klaar aflevert. Dit laatste denkbeeld is niet in strijd met het geleidelijke verloop dat leercurven gewoonlijk te zien geven als men zich realiseert dat een leercurve meestal de totstandkoming van meer dan één associatie weergeeft. Zelfs bij de inprenting van één enkel woordpaar worden meerdere associaties gevormd: behalve een inter-woord-associatie ontstaat ook een verbinding met een markering, d.w.z. met een conceptknoop die de situationele context tijdens het inprenten representeert. Dergelijke verbindingen zijn onmisbaar om uit te drukken onder welke omstandigheden de twee woorden bij elkaar horen. Beide theorieën zijn ver-

regaand geformaliseerd in de vorm van statistische leertheorieën. Een gedetailleerd overzicht is te vinden in Coombs, Dawes en Tversky (1970). Kintsch (1970) laat zien dat het inderdaad vaak mogelijk is leerprocessen met een continu verloop te ontleden in zinvolle componenten die elk door een discreet verloop gekenmerkt zijn.

Het is niet mogelijk om de zeer uitgebreide literatuur over 'verbaal leren' representatief te behandelen. Parallel aan paragraaf 2.2. zullen we hier met name het coderingsprobleem naar voren halen. Als iemand een lijst woorden of woordparen memoriseert, wat voor soort informatie komt dan het LTM binnen?

Allereerst wijzen we op de contextmarkering. Proefpersonen weten onder wat voor omstandigheden (bijv. in wat voor kamer, bij welke proefleider, m.b.v. welke apparatuur, op wat voor tijdstip) ze de leerstof hebben bestudeerd. In feite vóórderstelt de proefleider een contextmarkering als hij vraagt de woordenlijst 'die je gisterochtend geleerd hebt' op te zeggen. Via de associatie tussen de tijds-aanduiding en de woordenlijst krijgt de proefpersoon toegang tot de te reproduceren items. Als meerdere lijsten na elkaar geleerd moeten worden ontstaat het gevaar van falende lijstdifferentiatie: de contextmarkeringen van de verschillende lijsten overlappen elkaar zodat de proefpersonen onvoldoende basis hebben om lijst-items van verschillende lijsten uit elkaar te houden (zie ook 3.2.).

Voor wat betreft de codering van de items zelf, deze blijkt in verbale leertaken hoofdzakelijk semantisch van aard te zijn. De contextmarkering blijkt niet of nauwelijks aan de visuele, auditieve of articulatorische specificatie van de lijst-items gekoppeld te worden maar aan hun betekenis, d.w.z. aan de concepten waarmee ze geassocieerd zijn (zie ook 2.2.2.). Een aardige demonstratie hiervan levert een studie van Elias en Perfetti (1973). Ze boden aan 4 groepen proefpersonen een lijst van 80 woorden aan in een tempo van 10 seconden per woord. De groepen ontvingen elk een andere opdracht. Alleen groep 1 kreeg tot taak de lijst te leren. Groep 2 moest in de 10 seconden zoveel mogelijk rijmwoorden op het stimuluswoord opnoemen: hun aandacht was hiermee vooral op de auditieve specificatie van het stimuluswoord gericht. De groepen 3 en 4 kregen taken die de betekenis van de aangeboden woorden centraal stelden: het opnoemen van synoniemen resp. vrije-associatiewoorden. De retentie werd bij

alle groepen gemeten middels een herkenningstoets die, behalve 'oude' woorden (lijst-items), twee typen 'afleiders' bevatte: auditieve en semantische. (Auditieve en semantische afleiders zijn items die niet in de lijst voorkwamen, maar die wel qua klank, resp. betekenis gelijken op een lijst-item.) Het bleek dat de groepen 3 en 4 (wier aandacht op betekenis gericht was) betere herkenningsprestaties leverden dan groep 1 (met een leerinstructie): de auditieve groep 2 scoorde het laagst. Voorts gaf groep 1 veel vals alarm ('oud'-antwoorden op items die niet in de lijst voorkwamen) op semantische maar vrijwel geen op auditieve afleiders. Beide uitkomsten wijzen erop dat het verbale LTM een sterke voorkeur heeft voor het vastleggen van semantische informatie.

De semantische voorkeur van het LTM en de articulatorisch-auditieve voorkeur van het STM (zie 2.2.2.) vloeien voort uit de functie die deze geheugens vervullen bij de belangrijkste vorm van intermenselijke communicatie, gesproken taal: het STM kan letterlijke uitingen kortstondig vasthouden om syntactische analyse mogelijk te maken; het LTM houdt de betekenis van de uitingen voor lange tijd vast.

### 3. Theorieën over vergeten

Na hetgeen we in de vorige sectie m.b.t. coderen en repeteren in relatie tot retentie bespraken, is het duidelijk dat het aannemen van een aantal opslagplaatsen (stores) met elk een eigen vergeetkarakteristiek een vergaande vereenvoudiging is. Het vergeetproces wordt veeleer bepaald door de mate van perceptuele bewerking en door de 'diepte' van de code die daaruit resulteert. In de meeste gevallen, vervolgens, is het vergeten niet zozeer het gevolg van het volledig verdwijnen van alle informatie over de aldus gecodeerde items, als wel van een afnemende mogelijkheid tot het ophalen van de items grond van een verminderende differentiatie tussen de items, tussen de klassen waartoe zij (op het niveau van codering) behoren, of tussen de lijsten waarin zij tijdens het leren waren opgenomen. In deze sectie krijgen theorieën over het vergeten die in de loop van de laatste 30 jaar zijn ontwikkeld de aandacht. Bij de behandeling van het vergeten in het LTM wordt de interferentietheorie meer expliciet behandeld; bij de bespreking van het vergeten in het STM, waarmee wij hieronder zullen beginnen, worden enkele eigenschappen van de decaytheorie vermeld.

### 3.1. *Vergeten in het STM*

Bij de bespreking van de technische gegevens betreffende het STM hebben we reeds gewag gemaakt van twee factoren die aansprakelijk worden gesteld voor het vergeten van verbale items in het STM: het verstrijken van de tijd tussen de presentatie van de items en de retentietoets ervan, hetgeen leidt tot decay, of de storende interactie van andere items die eerder of tijdens het retentie-interval worden aangeboden, hetgeen leidt tot interferentie. Omdat juist in de jaren veertig en vijftig de interferentietheorie van het vergeten in het LTM met een hoeveelheid empirisch materiaal was gestaafd en aan algemene geldigheid had gewonnen (zie Postman, 1961; zie ook 3.2.) bestond er bij velen uitgesproken voorkeur voor eenzelfde interpretatie van het STM-vergeten (o.a. Melton, 1963; zie ook figuur 2 voor een voorbeeld van interferentie binnen één aanbieding). De spaarzaamheid van de theorievorming zou daar natuurlijk ook mee zijn gebaat.

Een opmerkelijk resultaat van de data uit STM-studies was echter dat de geïnterpoleerde (opvul-)taak geen nieuw leren hoefde te behelzen om tot een drastisch verlies uit het geheugen van het oorspronkelijke materiaal te leiden, en dat de nog niet zo lang tevoren opgehelderde oorzaak van het vergeten – nl. bepaalde relaties van gelijkenis tussen oorspronkelijke en geïnterpoleerde lijsten – niet zonder meer kon worden overgedragen naar de STM-experimenten. Andere onderzoekers hielden dan ook vooral om deze reden een decay-interpretatie aan van het vergeten over korte tijdsintervallen. De reeds genoemde opvatting van Broadbent (1958), die centraal stond in de overwegingen van de voorstanders van decay, hield in dat de verwerking van nieuwe informatie (de geïnterpoleerde opvul-taak) een deel van de capaciteit van de verwerkingseenheid bezet, waardoor de repetitie van het oorspronkelijke materiaal in gevaar komt, met als gevolg dat dit aan de tand des tijds wordt overgeleverd. De interpretatie die decay-theoretici aan repetitie gaven is dat het spoor door repetitie slechts wordt hernieuwd, niet versterkt. Men kan decay dan ook slechts uitstellen zolang de repetitie voortduurt; het spoor zelf wordt niet beter bestand tegen autonoom verval in de tijd. Bestudering van zuivere decay is niet mogelijk omdat enerzijds de verwerkingseenheid (het 'centrale kanaal') met repetitie begint zodra de toevoer van nieuwe informatie stopt, en anderzijds is er in prin-

cipe altijd een zekere interactie met het geheugenmateriaal mogelijk als men de verwerkingseenheid op een 'neutrale' manier bezet wil houden met een opvul-taak. De vraag wordt dus of decay als factor van vergeten kan worden aangetoond naast interferentie. Het bleek reeds (2.2.2.) dat in het STM retentieverlies kan worden aangetoond in functie van gelijkenisrelaties, mits deze worden gedefinieerd op het niveau van 'akoestische' of foneemovereenkomst. Terecht kan men dan spreken van interferentie tussen de items van een reeks, en geheel analoog aan het LTM, van retroactieve en proactieve inhibitie in het STM. (Het experimentele paradigma behorende bij de laatste vorm van interferentie, waarin de interfererende lijst aan de te onthouden lijst voorafgaat, leent zich uiteraard het beste voor bestudering in proeven waarbij een decay-interpretatie moet worden uitgesloten, omdat toetsing onmiddellijk na de presentatie kan plaatsvinden.)

Het is overigens vooral het onthouden van de volgorde van de items waarop de interferentie inwerkt. Wordt de eis van seriële reproductie vervangen door een van vrije reproductie, dan is het effect van akoestische gelijkenis al sterk verminderd. Volgens een item-reproductie-criterium, onafhankelijk van de reproductievolgorde, heeft Wickelgren (1965a) zelfs een klein voordelig effect van akoestische gelijkenis geobserveerd. Het is ook de volgorde van de items die in het algemeen beter wordt onthouden als er gelegenheid is tot repeteren. Repetitie tijdens niet te snelle presentatie heeft vaak een cumulatief karakter, hetgeen impliceert dat repetitie de correcte (seriële) reproductie van de eerste items in een reeks relatief sterk bevordert.

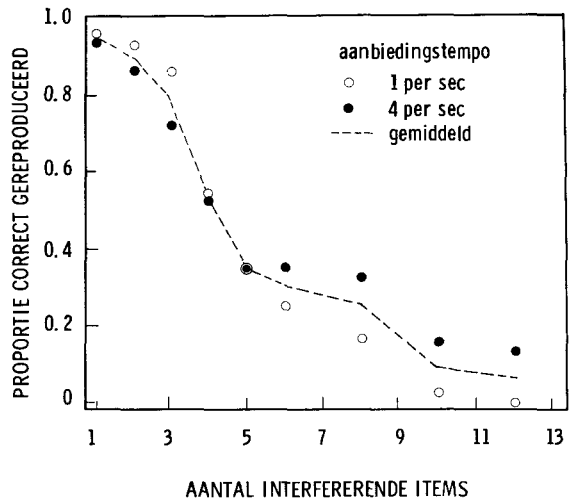
Een opvallend verschijnsel, waaruit duidelijk naar voren komt dat STM-retentie onder invloed staat van interferentie met de bijbehorende principes van 'gelijkenis' (nu eens niet in termen van foneemovereenkomst maar van categorieovereenkomst) kan men als volgt demonstreren. Men laat een proefpersoon bijv. herhaaldelijk een trigram onthouden met als opvul-taak gedurende het retentie-interval bijv. het benoemen van kleuren. Het eerste trigram wordt nog goed onthouden, maar het tweede en derde reeds minder; bij de vierde opeenvolgende aanbieding van een trigram is de geheugenprestatie drastisch gedaald (van bijv. 70% tot 10% correct), waarna het lage reproductieniveau verder ongeveer constant blijft. Schakelt de proefleider nu over van trigrammen op getallen van drie cijfers, dan wordt het

eerste getal weer goed gereproduceerd, het tweede, derde en vierde weer in toenemende mate slechter, enzovoorts. Klaarblijkelijk wordt de proactieve inhibitie, waarom het hier gaat, reeds in ongeveer vier trials tot maximale sterkte opgebouwd en vindt volledige opheffing ervan ineens plaats bij overgang naar een ander type materiaal (zie ook Wickens, 1972). Als men zich realiseert dat in de meeste STM-experimenten veel gelijksoortige reeksen na elkaar worden aangeboden ter verkrijging van een groot aantal observaties, maken deze gegevens duidelijk dat in de betreffende retentieresultaten meestal een maximale hoeveelheid proactieve inhibitie is inbegrepen.

Wel het meest aangehaalde experiment m.b.t. de vraag of interferentie dan wel decay de beste verklaring levert voor het vergeten in het STM is dat van Waugh en Norman (1965). Zij gebruikten de steekwoordtechniek (2.2.1) bij het meten van de STM-retentie van de items uit een reeks met een lengte van 16 items. Het aanbdingstempo was 1 of 4 cijfers per seconde. De proefpersonen mochten een item alleen repeteren tijdens de aanbding ervan. Volgens de decay-interpretatie zou men sneller vergeten van de langzaam aangeboden items verwachten omdat ze viermaal zolang aan verval zijn blootgesteld, terwijl de interferentie-interpretatie vooral een effect van retroactieve inhibitie voorspelt als functie van het aantal ('geïnterpoleerde') items dat werd gepresenteerd na het item dat later zou worden getoetst. De resultaten ondersteunen in sterke mate de laatste interpretatie (zie figuur 8).

Als men de resultaten nauwkeurig bekijkt ziet men echter een systematische interactie die duidt op een negatief effect van de tijd. Een langzaam tempo zou in overeenstemming met de associatieve principes van de interferentietheorie (maar niet volgens de decay-theorie) een beter leren en dus een beter onthouden moeten opleveren, hetgeen bij de meest recente items inderdaad wordt gevonden. Maar de eerdere, eveneens langzaam aangeboden items worden juist minder goed gereproduceerd dan de overeenkomstige snel aangeboden items die toch door evenveel geïnterpoleerde items werden gevolgd. De vorm van de netto-retentiecurve van de STM-informatie komt hier blijkbaar zowel op rekening van interferentie als van decay.

We zullen de historische reeks van publikaties die betrekking hebben op de vraag of het geheugen berust op een enkel spoor of op twee afzonderlijke



Figuur 8. Retentiecurve verkregen m.b.v. de steekwoord-(probe)techniek. Het aantal retroactief interfererende items is meer bepalend voor het vergeten dan de tijdsduur. Ook de laatste factor heeft echter een effect. Op de abscis staan hier de seriële posities van rechts naar links (naar Waugh en Norman, 1965).

sporen (STM en LTM) met elk hun eigen oorzaak van vergeten, hier niet verder vervolgen. Wel wijzen we nog op een recente, verdienstelijke poging om alle belangrijke gegevens betreffende het STM – ook die van het modaliteitseffect en van de organisatieprincipes – in één theorie onder te brengen. Het betreft een moderne enkel-spoorthorie, waarin met name de bestudering van interferentieprincipes een nieuwe impuls krijgt (Sanders, 1974).

Los van de vraag welke de oorzaak is van STM-vergeten, zijn er tientallen studies die zich bezighouden met de kwantitatieve aspecten van het vergeten. De grootste bijdrage tot deze studies wordt geleverd door Wickelgren. Onlangs stelde hij o.m. vast dat er bij het leren twee sporen worden gevormd, een STM en een LTM. De consolidatie van het LTM-spoor vangt later aan en duurt langer dan die van het STM-spoor. Tijdens een interval van enkele minuten, gevuld met rekenwerk als opvultaak, neemt de sterkte van de twee sporen af, elk met een eigen vergeetparameter, maar beide exponentieel in de tijd (Wickelgren en Berian, 1971).

Hier moge nog eens worden onderstreept dat met name het STM-vergeten samenhangt met de mate van codering. In het ene extreme geval, bijv. zeer

snelle presentatie van volstrekt betekenisloze verbale informatie voor onmiddellijke reproductie, is geen andere strategie mogelijk dan zich te verlaten op louter temporele en akoestische ophaalcues. Deze kunnen – in overeenstemming met hetgeen hiervoor (2.2.2.) onder STM-associaties werd behandeld – bijv. gedacht worden als betrekking hebbend op ‘cellen’ met positiekenmerken zowel als op connecties tussen de opeenvolgende items onderling. Bij reproductie reconstrueert de proefpersoon hiermee de best passende weergave van wat werd aangeboden. Vanuit het oogpunt van het onthouden van verbale informatie als zodanig, vraagt men onder deze conditie dus eigenlijk het onmogelijke van de proefpersoon. Hij codeert slechts een foneemsequentie, en het vergeten dáárvan zal eerder aan autonoom verval te wijten zijn dan als het gaat om het onthouden van STM-reeksen bestaande uit volledig in het LTM verankerde, grotere verbale eenheden. Deze laatste vormen het andere extreem. Zo kunnen er – hier is in het voorafgaande (2.2.2.) al op gewezen – in STM-experimenten opslag- en ophaalmechanismen optreden die in feite meer kenmerkend zijn voor het LTM. Geobserveerde vergeetverschijnselen zullen in die gevallen bij uitstek moeten worden toegeschreven aan de interferentiefactoren die kenmerkend zijn voor het LTM en die we in de volgende paragraaf meer uitgebreid zullen bespreken.

### 3.2. *Vergeten in het LTM*

Zoals in het geval van STM-vergeten onderscheiden we ook hier twee typen theorieën: in de eerste categorie wordt vergeten geheel en al toegeschreven aan een of ander fysiologisch proces dat de geheugen-sporen in toenemende mate aantast en doet uiteenvallen (decay). De snelheid waarmee dit proces voortschrijdt zou niet afhankelijk zijn van eerdere of latere cognitieve activiteit. In de tweede categorie komt alle vergeten juist wel op rekening van de informatieverwerkende activiteiten die plaatsvinden voordat of nadat een bepaalde inhoud in het LTM is opgeslagen.

Dit beginsel wordt op verschillende wijze uitgewerkt in de interferentie- en in de consolidatietheorie. Volgens de interferentietheorie hebben latere cognitieve processen, met name nieuwe leertaken, een (nader te specificeren) storende invloed op de reeds opgeslagen inhoud: retroactieve inhibitie; voorts kunnen de reeds aanwezige LTM-inhouden storend

werken op het onthouden van nieuwe leerstof: proactieve inhibitie. De consolidatietheorie gaat ervan uit dat na afloop van de eigenlijke leertaak in de hersenen een neurale activiteit plaatsvindt die ervoor zorgt dat het geleerde materiaal voor langere tijd ‘beklijft’. Dit consolidatieproces duurt relatief kort, zeg enkele minuten, en maakt het geleerde materiaal resistent tegen vergeten. Cognitieve activiteiten die binnen dat tijdsbestek worden verricht verstoren het consolidatieproces en bekorten hiermee de verblijfsduur van de geleerde stof in het LTM. Dit geldt a fortiori voor neurofysiologisch diep ingrijpende gebeurtenissen als elektroconvulsieve schokken, hypothermie, hersenschudding, of de injectie van puromycine.

Het eerste type theorie, decay, is als enige verklaring niet houdbaar omdat op allerlei manieren is aangetoond dat cognitieve activiteit het vergetproces retro- en proactief beïnvloedt. De consolidatietheorie heeft als inherent nadeel een beperkte reikwijdte: ze kan geen proactieve effecten verantwoorden en geen retroactieve effecten die buiten de kritische consolidatieperiode vallen. Voorts is ze in empirisch opzicht inadekwaat (zie Postman, 1971). De neurale activiteit die consolidatie tot gevolg heeft, wordt verondersteld (a) geleidelijk tot stilstand te komen en (b) sterker te dalen naarmate de cognitieve activiteit die tezelfdertijd wordt verricht, zwaarder is. Beide assumpties leiden tot onjuiste predicties. Als de taak die geïnterpoleerd wordt tussen de oorspronkelijke leertaak en de retentietoets in zwaarte varieert, blijft de mate van vergeten niettemin constant.

Wat de mate van vergeten daarentegen wel sterk doet toenemen, zonder dat dat wordt voorspeld door de consolidatietheorie, is de gelijkenis van de geïnterpoleerde taak met de oorspronkelijke leertaak. Uit assumptie (a) volgt dat, bij een constant retentie-interval, de mate van vergeten groter moet worden wanneer de tijd tussen oorspronkelijke en geïnterpoleerde taak korter is. Een dergelijke samenhang blijkt niet te bestaan, eerder is de omgekeerde relatie van kracht (Postman en Warren, 1972). Een nieuwe, aantrekkelijke, interpretatie van het consolidatiebegrip in het kader van amnesieonderzoek is te vinden in Miller en Springer (1973) en Spear (1973). De interferentietheorie, waarin de wederzijdse beïnvloeding van geheugeninhouden centraal staat, is – althans in haar moderne gedaante – met een brede scala van vergeetverschijnselen in overeenstemming.

We zullen achtereenvolgens de twee hoofdmanifestaties van interferentie bespreken: retroactieve en proactieve inhibitie.

*Retroactieve inhibitie.* In het paradigma A-B, A-C leert de proefpersoon twee responses op één stimulus\*. Wanneer hij dan tijdens de retentietoets met de A-termen geconfronteerd wordt zullen veelvuldig de recente C-items als (onjuiste) responses opgeroepen worden. Dit belemmert de reproductie van de B-termen waar de proefleider in de retentietoets om vraagt. Deze gedachtengang, die al in de jaren dertig opgeld deed, staat bekend als de theorie van de responsie-competitie.

Een belangrijke assumptie ervan is dat het leren van A-C op zichzelf de beschikbaarheid van de A-B-paren onaangetaast laat. Deze veronderstelling, vaak 'onafhankelijkheidshypothese' genaamd, werd spoedig aangevochten. Men vond namelijk geen hoge correlatie tussen de hoeveelheid responsie-competitie (gemeten aan het aantal C-responses tijdens de A-B-retentietoets) en de hoeveelheid interferentie. Met name wanneer de proefpersonen de A-C-lijst terdege van buiten hadden geleerd bleek de interferentie groot maar de responsie-competitie gering. Dit suggereerde de werkzaamheid van een tweede factor naast responsie-competitie: afleren van de A-B-associaties tijdens het A-C-lernen. Het mechanisme dat dit afleren zou veroorzaken, zou extinctie zijn: eerste-lijst-responses uitgelokt tijdens de geïnterpoleerde leertaak (elicities) ontvangen geen bekrachtiging zodat de sterkte van de A-B-associatie afneemt.

Een directe demonstratie van de ontoereikendheid van de responsie-competitietheorie kan worden geleverd m.b.v. een gewijzigde retentietoets. Men biedt de proefpersonen, die twee lijsten geleerd hebben volgens het paradigma A-B, A-C, de A-termen aan met het verzoek hierop te reageren met zowel de B- als de C-termen, in de volgorde waarin ze hun te binnen schieten. Als dan bovendien de bedenktijd ruim is staan de B- en C-termen niet langer in een onderlinge competitieverhouding. Niettemin blijkt dan het aantal correcte B-antwoorden gestaag af te nemen met een toename van het aantal trials op de A-C-lijst. Aanvankelijk werd dit opgevat als steun voor de afleertheorie, maar we zullen zien dat ook andere interpretaties mogelijk zijn.

Het geschetste extinctiemechanisme impliceert de voorspelling dat in leercondities waar tijdens de interpolatietaak weinig eerste-lijstantwoorden uitge-

lokt worden, de interferentie gering zal zijn. Men kan zulk een situatie scheppen door in het paradigma A-B, A-C de B-termen en de C-termen te kiezen uit onderling zeer weinig verwarbare responsie-categorieën, zoals adjectiva en letters. Inderdaad verdween de retroactieve inhibitie vrijwel in een paradigma 'cijfers-adjectiva, cijfers-letters' (Postman, Koppel en Stark, 1965). Meer algemeen kan gesteld worden dat het aantal elicitaties een negatieve functie is van de graad van lijstdifferentiatie, d.w.z. van het gemak waarmee de proefpersoon kan beoordelen tot welke lijst de responsie-termen behoren. De mate van lijstdifferentiatie zal des te sterker zijn naarmate de verschillende leertaken die hij verricht meer distinctieve kenmerken bezitten. Dit hoeven niet noodzakelijk leerstofkenmerken te zijn: elk discriminerend kenmerk van de leertaak kan de lijstdifferentiatie bevorderen. Wanneer bijv. de eerste lijst geleerd is onder een gespreid oefenrooster (distributed practice) en de tweede onder een geconcentreerd oefenrooster (massed practice), dan is de hoeveelheid retroactieve inhibitie aanzienlijk geringer dan wanneer beide lijsten onder hetzelfde rooster zijn ingestudeerd (Houston en Reynolds, 1965).

Een belangrijke verdere ontwikkeling was een herinterpretatie van het begrip responsie-competitie. Had dit begrip voorheen uitsluitend betrekking op individuele B- en C-responses, langzamerhand werd duidelijk dat het response-repertoire van de ene lijst als geheel in competitie treedt met het repertoire van de andere. Reeds in 1956 wezen Newton en Wickens op dit verschijnsel van 'algemene' responsie-competitie: hun proefpersonen hadden de neiging om tijdens de retentietoetsing te blijven reageren met responsie-termen uit de geïnterpoleerde lijst, vooral wanneer de retentietoetsing vlak na de interpolatietaak werd

\* We houden ons aan de volgende conventies. Als de materiaaleenheden van de leertaken (meestal twee) bestaan uit lijsten van paarsgewijze associaties worden de stimulus- en responsie-termen gewoonlijk aangeduid met een hoofdletter. Bijv. A-B, A-C staat voor een experiment waarin de stimulus-termen van de twee lijsten identiek zijn en de responses onge-relateerd. In een retroactie-experiment zou bepaald worden hoe goed de retentie is voor de B-termen; in een proactiestudie zou na een retentie-interval de geheugenscore voor de C-termen gemeten worden. Het relevante gegeven is steeds het verschil in retentiescore tussen de experimentele groep en de controlegroep die niet aan de interfererende leertaak onderworpen is. In een retroactieve proef wordt de tweede leertaak ook aangeduid als 'geïnterpoleerde leertaak'.

afgenomen. De responsie-termen van het laatstgeleerde materiaal waren kennelijk beter beschikbaar, gemakkelijker toegankelijk dan de responsie-termen van ouder leer materiaal.

Analoog aan deze verschuiving van 'specifieke' naar 'algemene' responsie-competitie heeft vooral Postman (vgl. Postman en Stark, 1969) voorgesteld het afleren te zien als een proces dat niet specifieke A-B-associaties afzwakt maar totale responsie-repertoires onderdrukt. Telkens wanneer tijdens het leren van de A-C-lijst een B-responsie wordt uitgelokt zou een mechanisme in werking treden dat het B-repertoire moeilijker toegankelijk maakt. Retroactieve inhibitie zou dan het gevolg zijn van twee 'algemene' factoren: (a) responsie-competitie tussen de B- en C-repertoires, en (b) suppressie van het B-repertoire. Experimenteel bewijsmateriaal voor het bestaan van zulk een suppressiemechanisme is er nog weinig. Maar zelfs al zou het een steviger empirische basis krijgen, dan nog blijft er in de theorievorming plaats voor 'specifiek' afleren. Zo zijn daar bijv. de resultaten verkregen volgens het paradigma A-B, A-Br waar de tweede lijst dezelfde responsie-termen bevat als de eerste maar gepaard aan andere A-termen. Ondanks het feit dat hier de twee algemene factoren niet kunnen werken treedt er zeer sterke retroactieve inhibitie op, een effect dat wordt toegeschreven aan specifiek afleren. Ook in het gewone paradigma A-B, A-C is echter specifiek afleren aantoonbaar. Dit vereist een proefopzet waarin de geïnterpoleerde lijst niet alleen A-C-items bevat maar ook D-E-items (die dus totaal ongerelateerd zijn met de A-B-lijst). Bijv. het paar  $A_1-B_1$  correspondeert met een paar  $A_1-C_1$  in de geïnterpoleerde lijst, maar  $A_2-B_2$  heeft daar geen directe pendant; in de plaats is er  $D_2-E_2$ . Op grond van de twee algemene interferentiefactoren mag men geen verschil in retroactieve inhibitie verwachten tussen items van het type  $A_1-B_1$  en die van het type  $A_2-B_2$ . Niettemin werd er wel degelijk een verschil gevonden, en wel, zoals voorspelbaar vanuit het principe van specifiek afleren, ten nadele van  $A_1-B_1$ -items (o.a. Weaver, Duncan en Bird, 1972).

*Proactieve inhibitie.* De vooronderstelling ligt voor de hand dat proactieve inhibitie – het verschijnsel dat leerstof sneller wordt vergeten wanneer op een eerder tijdstip min of meer verwante leerstof werd opgenomen – te vangen moet zijn onder hetzelfde type factoren als retroactieve inhibitie. Waarschijnlijk is dit voor een groot deel mogelijk; in ieder geval

zien we de theoretische ontwikkelingen die zich bij retroactieve voordeden, hier terugkeren. Met name geldt dit voor het denkbeeld van competitie tussen responsie-repertoires. Het is al geruime tijd bekend (Koppenaar, 1963, Houston, 1967) dat proactieve inhibitie niet alleen het gevolg kan zijn van specifieke responsie-competitie, want de interferentie treedt ook op in de boven beschreven retentietoets die vrij is van specifieke competitie, omdat op elke stimulus-term beide responsie-termen gegeven mogen worden. Dit gegeven sluit de mogelijkheid van algemene responsie-competitie echter niet uit. Als we aannemen dat verschillen in de mate van toegankelijkheid van responsie-repertoires op den duur afnemen, dan verliest de toetsingslijst geleidelijk aan zijn voorsprong op de eerder geleerde lijst(en). Tijdens de retentietoets worden dan twee (of meer) responsie-repertoires geactiveerd wat een nadeel oplevert ten opzichte van de controlegroep, die slechts met één responsie-repertoire te maken heeft. Ook bestaat bij meerdere leertaken de mogelijkheid dat de proefpersoon eerst het verkeerde responsie-repertoire activeert en dan moeilijkheden ondervindt bij de omschakeling naar het goede repertoire (Postman en Hasher, 1972).

Daarjuist moesten we aannemen dat het verschil in toegankelijkheid van responsie-repertoires na verloop van tijd zou afnemen. Het enigszins gratuite karakter van deze assumptie wordt verzacht door gegevens van Houston (1971). Hij deed de verrassende vondst dat aan proactieve inhibitie (paradigma A-B, A-C) alleen die proefpersonen onderhevig waren die een retentietoets verwachtten. Proefpersonen die na het leren van de A-C-lijst in de veronderstelling gebracht werden dat het experiment afgelopen was (maar na het retentie-interval toch aan de toets onderworpen werden) vertoonden nauwelijks enige proactieve inhibitie. Dit suggereert dat de aan proactie onderhevige proefpersonen zelf zorgden voor het gelijkmaken van de toegankelijkheid van de twee responsie-repertoires door beide lijsten tijdens het retentie-interval bewust te repeteren.

#### 4. Organisatie

Tot nu toe hebben we de lotgevallen van individuele verbale items, van afzonderlijke associaties gadeslagen tijdens hun tocht door de verschillende geheugens. In feite was dit een abstractie: in het STM leiden de items geen geïsoleerd bestaan, in het LTM



worden items en hun onderlinge connecties opgenomen in grotere associatiecomplexen. Deze sectie is bedoeld om structuur en eigenschappen van de resulterende gehelen in beeld te brengen. De eerste twee paragrafen zijn gewijd aan groeperingsverschijnselen, resp. in STM en LTM. De sectie wordt afgesloten met een zeer veelvuldig optredend organisatieproces waarvan de eigenschappen doen vermoeden dat het buiten de wetten van groepering en associatievorming valt: verbeelding.

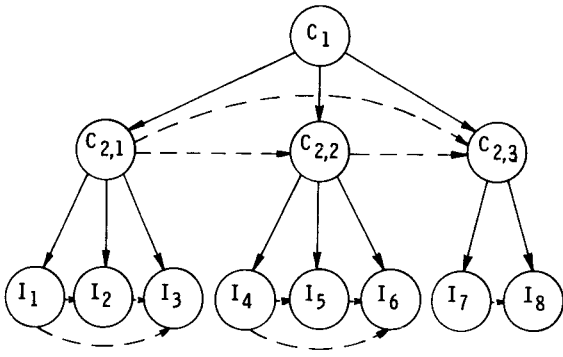
#### 4.1. *Organisatie in het STM*

Bij de bepaling van de geheugenspanne, en overigens in verreweg de meeste STM-experimenten, laat men de aanbidding van de geheugenreeksen zoveel mogelijk monotoon verlopen. Beluistert men dan de mondelinge reproductie van zulk een monotoon gepresenteerde geheugenreeks, dan valt het dikwijls op dat de proefpersoon spontaan intoneert en pauzeert, zodat het erop lijkt dat de proefleider zich beter de moeite had kunnen besparen van het op zo onnatuurlijke wijze klaarmaken van zijn materiaal. Over het algemeen zal een verzameling door intonatie of pauzen gegroepede items veel beter worden nagesproken of schriftelijk gereproduceerd dan een homogene reeks. Een veel voorkomende oorzaak van een 'spontaan' gestructureerde reproductie is het repeteren in groepen tijdens de presentatie. Binnen een groep herhaalt de proefpersoon dan bv. na ieder item cumulatief de voorafgaande items, bijv. (6) (6,2) (6,2,5) (6,2,5,9), waarna met de volgende set van bijv. drie of vier items opnieuw wordt begonnen. Wickelgren (1967) instrueerde zijn proefpersonen uitdrukkelijk tot het volgen van zulk een strategie. Hij observeerde bij verschillende reekslengten steeds dat repeteergroepen van 3 items tot de beste prestaties leidden, vooral wat de volgordereproductie betreft. De items zelf worden ook bij repeteergroepen van 4 en 5 items goed gereproduceerd. Verdere belangrijke uitkomsten van deze proeven waren (a) dat volgordefouten vooral optraden binnen repeteergroepen, en wel meer naarmate deze groepen – bij gelijkblijvende reekslengte – groter werden en (b) dat seriële positie-intrusies voorkwamen van een item uit één repeteergroep naar de overeenkomstige plaats in een andere repeteergroep van dezelfde reeks. Het gegeven (a) is niet in overeenstemming met een eenvoudig inter-item-associatiemodel omdat een grotere repeteergroep juist een vaker herhalen

van de items in de goede volgorde impliceert. Het laatste resultaat (b) schijnt te pleiten ten gunste van een indirecte vorm van lokalisatie van items op successieve posities binnen een reeks, wellicht via een hiërarchie.

Laten we echter nog even terugkeren naar het besproken hoofresultaat, namelijk de superioriteit van repeteergroepen met een omvang van drie items, vooral wat het onthouden van de item-volgorde betreft. Dit resultaat is goed verenigbaar met een model voor het onthouden van de volgorde van items, onlangs ontwikkeld door Estes (1972), waarin structurele codering centraal staat. Er worden volgens dit model geen associaties gevormd tussen opeenvolgende elementen (items) van een reeks, maar wel tussen de afzonderlijke elementen en een controle-element dat op een bepaald hiërarchisch niveau een verzameling van elementen representeert. Een nieuw controle-element komt in het geding bij elke discontinuïteit in de aanbidding of bij het groepsgewijs repeteren van de reeks. Ook op hogere hiërarchische niveaus beheersen controle-elementen het onthouden, zodat er in een STM-experiment uiteindelijk één controle-element is dat de hele reeks representeert. Het langer dan enkele seconden onthouden van de items behorende tot een controle-element is slechts mogelijk dank zij repetitie. De gerepeteerde volgorde van de items van het laatste controle-element kan worden getoetst tegen de STM-informatie over de volgorde van die items. In een repetitiecycclus kunnen echter volgordefouten sluipen tengevolge van het feit dat de interne representaties van bepaalde items gemakkelijker te activeren zijn dan van andere, zodanig dat een later 'aangesproken' item sneller geactiveerd kan zijn en daardoor reeds in de repetitiecycclus terecht kan komen vóór een item dat in feite eerder was 'aangesproken'. Reactivatie door repetitie geschiedt dan op het verkeerde moment en de volgorde is verstoord. Herhaalde reactivatie heeft tot gevolg dat de informatie geleidelijk aan ook permanent opgeslagen wordt.

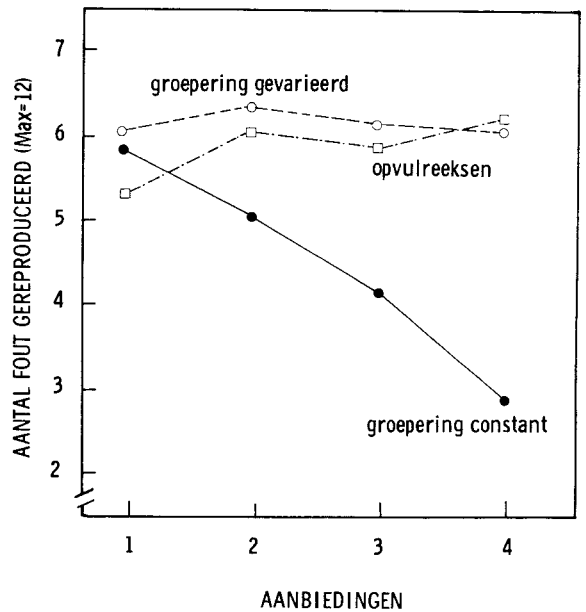
Repetitie en natuurlijk ook reproductie in de goede volgorde vereisen daarom een onderdrukking van voortijdige responses, d.w.z. een inhiberende werking tussen de tegelijk aangesproken items behorende tot een controle-element onderling. De inhibitierelaties vormen, aldus eenmaal gevestigd, een meer permanente vorm van opslag. Deze inhibitierelaties kunnen – tezamen met de associatieve connecties tussen hiërarchisch geordende controle-elementen



Figuur 9. Associatieve connecties (getrokken pijlen) en inhibitoire connecties (streep pijlen) in een gegroepeerde reeks volgens Estes (1972). Het totaal voor de afgebeelde reeks ((1,2,3) (4,5,6) (7,8)) bedraagt  $11+10=21$ .

onderling en tussen de controle-elementen en hun individuele items – worden opgeteld, tot het 'totaal aantal connecties' (zie figuur 9). Dit totaal geeft een voorspelling van de reproductiescore voor een bepaalde reekslengte bij een bepaalde wijze van groeperen. Bij uiteenlopende reeksen wordt het laagste totaal vaak verkregen bij groepering volgens controle-elementen van drie items. In overeenstemming met Wickelgren (1967) voorspelt dat dus een optimale prestatie bij repetitiegroepen van drie items, bijv. (6, 7, 3) (2, 8, 5) (4, 9, 1). Ook enige andere auteurs, waaronder Mandler (1967) en Ryan (1969) rapporteren optimale groeperingseenheden van drie items.

Een bijzonder effect van groeperen bij gelijkblijven van de item-volgorde in de reeks, dat hieronder nog nadere aandacht zal krijgen (4.2.1.) werd onlangs bestudeerd door Bower en Winzencz (1969). Zij werkten met reproductie en herkenning van cijferreeksen en ontdekten dat een reeks welke was aangeboden volgens een bepaalde structuur, bijv. (1, 2, 3) (4, 5) (6, 7, 8) (9, 0) niet wordt herkend als de tweede presentatie geschiedt volgens een andere structuur, bijv. (1, 2) (3, 4, 5) (6, 7) (8, 9, 0). Ook bleek het Hebb-effect (het verschijnsel dat eenzelfde STM-reeks, die herhaaldelijk wordt aangeboden verborgen tussen andere reeksen, geleidelijk aan beter wordt gereproduceerd; Hebb, 1961) afhankelijk te zijn van de structuur: de gebruikelijke verbetering treedt alleen op als de groepsstructuur constant wordt gehouden. Verandert de groepering dan blijft



Figuur 10. Gemiddeld aantal fouten in de onmiddellijke reproductie van gegroepeerde reeksen van 12 items over vier successieve aanbiedingen, afgewisseld met 'opvulreeksen' (naar Bower en Winzencz, 1969).

het reproductiepeil op het niveau van de tussen-gevoegde reeksen die telkens geheel nieuw zijn voor de proefpersonen (zie figuur 10). Dit feit demonstreert het overwegend belang van de groep, die als geheel fungeert als coderings-(en repetitie-)eenheid. Het is bovendien wederom in strijd met een eenvoudige inter-item-associatieve interpretatie. Deze zou namelijk een met elke herhaling toenemende associatiesterkte tussen opeenvolgende items voorspellen, óók (ofschoon misschien zwakker) als er af en toe een korte pauze tussen die items valt. Nog twee andere uitkomsten bevestigen de functionele waarde van de groep in STM-taken. Ten eerste vertoonden reeksen die eenmaal worden aangeboden een verdeling van sequentiële afhankelijkheid volgens het patroon van de groepsstructuur. De overgangswaarschijnlijkheid van een correct item  $i$  naar een fout op het volgende item  $j$  is relatief klein binnen een groep en groot als  $j$  het eerste item van een nieuwe groep is. De groep is dus meteen al een relatief sterk geïntegreerde eenheid. Ten tweede blijkt het Hebb-effect, dat, zoals wij zagen, optreedt bij herhaalde presentatie volgens dezelfde groepering,

en dat te observeren is aan een steeds betere reproductie van de reeks als geheel, dikwijls toe te schrijven aan het toenemende gemak waarmee de groepsgrenzen worden overschreden; dit blijkt dan uit een dalende kans op het optreden van een fout na een tussen-groepsovergang, terwijl het aantal overgangsfouten binnen groepen constant blijft.

We zullen in deze context volstaan met een korte vermelding van de 'reallocatie' theorie die Bower mede ter beschrijving van deze data heeft ontwikkeld. Aan de hand van de eerste groep(en) van een reeks zou door een 'perceptual coder' uitgemaakt worden of het subject de reeks eerder heeft ontmoet. Zo ja, dan wordt de reeks verwezen naar de geheugenlokatie waar de reeks bij eerdere kennisname is ondergebracht; het daar aanwezige spoor wordt dan versterkt. Zo nee, dan wordt de reeks in een nieuwe lokatie opgeslagen als een geheel nieuw spoor. De eerste groepen bepalen dus of de reeks als volstrekt nieuwe informatie wordt behandeld.

De hier beschreven groepeeringsverschijnselen hebben betrekking op het aanbrengen van een structuur waarbinnen de volgorde van de items gelijk blijft aan die van de presentatie. Het is inderdaad kenmerkend voor de meeste taken die het STM betreffen, dat de item-volgorde gehandhaafd blijft. Het reorganiseren van het geheugenmateriaal in experimenten waarin over het algemeen langere lijsten worden aangeboden voor retentie over gemiddeld een langere tijd, komt hieronder uitgebreid aan de orde (4.2.2.). Het hergroeperen van items is in typische STM-taken in principe ook wel mogelijk, maar als het voordeel van reorganisatie volgens bepaalde categorieën schuilt in het beter toegankelijk maken van de opgeslagen items (Tulving en Pearlstone, 1966) dan is het de vraag of het bezwaar van de hoeveelheid extra tijd die categoriseren en hergroepering vergt juist in het STM wel opweegt tegen dit voordeel: in de taken die vooral het STM bestrijken wordt van de proefpersoon geen 'hogere' organisatie gevraagd, want het aantal te reproduceren items is nooit talrijk, en hun toegankelijkheid is bovendien reeds zeer 'direct'.

Een experimentele situatie waarin bij groepering de aanbiedingsvolgorde in de reproductie wordt doorbroken is de dichotische presentatie. Als men een proefpersoon laat luisteren naar twee sets van drie cijfers (bijv. 6, 8, 3 aan het linkeroor en tegelijk daarmee 2, 5, 1 aan het rechteroor) zal hij de items meestal niet reproduceren in een volgorde die de temporele sequentie van binnenkomen dicht bena-

dert (bijv. 6, 2, 5, 8, 3, 1) maar hij zal eerder geneigd zijn te groeperen volgens het oor van binnenkomst (bijv. 2, 5, 1, 6, 8, 3). Het is mogelijk dat de gereproduceerde volgorde resulteert uit het feit dat de drie cijfers aan het ene (dominante of toevallig beluisterde) oor aangeboden, eerder in bewerking werden genomen, terwijl de drie cijfers aan het andere oor tijdelijk in ASR behouden bleven zolang de centrale verwerkingseenheid bezet was met de eerdere drie. Dan zou de reproductievolgorde dus de verwerkingsvolgorde weerspiegelen. Het is echter ook mogelijk dat de reproductievolgorde resulteert uit een ophaalstrategie, waarin de richtingcues het zoekproces mede sturen. Het reproduceren van items in een andere dan de aangeboden volgorde is namelijk soms ook mogelijk als de items van één klasse eerst worden uitgelezen en gereproduceerd en daarna die van een andere klasse. Zo berichtten Gray en Wedderburn (1960) een even goede prestatie m.b.t. drie dichotische letter-cijfer-paren wanneer de proefpersonen 'per oor' reproduceerden als wanneer zij dat 'per categorie' (letters, cijfers) deden.

Dit laatste duidt op een zoekproces-achteraf, en het is de vraag of de totale spanne – die bij dit soort taken niet zo groot blijkt te zijn – hier niet eerder is afgenomen tengevolge van de groepering dan toegenomen. Sanders en Schroots (1968) hebben aangetoond dat de reproductie van een enkele (binaurale) alternerend samengestelde reeks van het type ABABAB beter geschiedt in de aanbiedingsvolgorde wanneer de overeenkomst tussen de categorieën A en B groot is (bijv. even en oneven cijfers). Reproductie per categorie, dus AAABBB, is beter als deze overeenkomst geringer is (bijv. letters en tonen) en de bestaande associatieve connecties tussen de items van de verschillende klassen zwakker (zie ook Sanders, 1974).

## 4.2. *Organisatie in het LTM*

### 4.2.1. *Groepering bij memorisatie met vaste reproductievolgorde*

Wanneer men een reeks woorden, lettergrepen, cijfers of letters van buiten leert met inachtneming van de item-volgorde (seriële reproductie) spreiden de fouten zich niet gelijkmatig over de seriële posities. Meten we overgangsfouten, d.w.z. het aantal keren dat het item  $i+1$  fout werd gereproduceerd na correcte reproductie van item  $i$ , dan treffen we op het gebruikelijke omgekeerde- $U$ -profiel van de seriële

positiecurve vaak pieken aan bij bepaalde item-naar-item-overgangen. De proefleider kan de plaatsing van de pieken gemakkelijk beïnvloeden door in het materiaal groepen van items te suggereren, bijv. via spatiëring, kleuring e.d. We zien dan dat overgangsfouten vaker optreden tussen items die tot verschillende groepen behoren dan tussen items van dezelfde groep.

Johnson (1970) heeft een redelijk succesvolle theorie geformuleerd voor het overgangsfoutenprofiel bij verschillend gegroepeerde reeksen. In zijn experimenten werkt hij steeds met lettersequenties waarin de associatiewaarde tussen successieve letters gering is. Grondgedachte is dat zulk een reeks, bijv. *SBJ FQL ZNG*, wordt opgeslagen in het LTM als een hiërarchische structuur van 'chunks'. Elke chunk bevat informatie die zich laat decoderen tot één of meer andere chunks in een bepaalde volgorde; chunks op het laagste niveau bevatten specificaties van de afzonderlijke letters van de reeks. De juist genoemde reeks wordt dan in het LTM gerepresenteerd als chunk *A* met de inhoud *EOU*; *E* bevat de subchunks *SBJ* die corresponderen met de uitvoerletters *S*, *B* en *J* in deze volgorde, enz. (de namen van de chunks zijn willekeurig).

Voor de omzetting van chunks tot letters wordt gebruik gemaakt van een stapelgeheugen. Het decoderingsproces start zodra de proefpersoon een chunk heeft opgehaald uit het LTM, d.w.z. op de tot nu toe lege stapel geplaatst heeft, en verloopt daarna volgens deze recursief toe te passen regel: vervang de bovenste chunk van de stapel door zijn subchunks en wel zo dat de voorste subchunk boven op de stapel terechtkomt, de tweede daaronder enz.; bevat de bovenste chunk slechts één letter, spreek die dan uit en verwijder hem van de stapel. Voor het doen van predicties m.b.t. overgangsfouten maakt Johnson de assumpties (a) dat de kans op een foutieve responsie toeneemt met het aantal decodeeroperaties dat nodig was sinds de produktie van de vorige responsie, en (b) dat de proefpersoon alle responsies behorende tot een bepaalde chunk inhoudt wanneer hij er niet zeker van is of hij alle benodigde decodeeroperaties foutloos zal kunnen volbrengen.

Dit model doet onder meer de juiste voorspelling dat bijv. in de vier reeksen *NG V*, *NG VH*, *NG VHS* en *NG VHSB* de *GV*-overgang moeilijker wordt bij toenemende omvang van de tweede groep terwijl op de binnengroepsovergangen het aantal fouten constant is. Een ander type voorspellingen heeft betrekking

op veranderingen in de groepen. Stel dat de proefpersonen een uit drie groepen bestaande reeks geleerd hebben en daarna beginnen aan een nieuwe reeks die op enkele letters na gelijk is aan de oorspronkelijke: in twee groepen is één letter vervangen door een andere. Hoe snel verloopt nu het vergeten van ongewijzigde letters in de ongewijzigde en in de gewijzigde groepen? De theorie stelt dat de proefpersonen alleen inzage hebben in het resultaat van het decodeerproces; de geheugenchunks zelf zijn ondoorzichtig ('opaque containers'). Wanneer de proefpersonen dan tijdens de geïnterpoleerde leertaak merken dat aan een groep iets is veranderd, kunnen ze er slechts toe overgaan de oude chunk voor die groep te vervangen door een nieuwe. Dit betekent dat ze de opgeslagen informatie van gewijzigde chunks niet meer gebruiken ook al is deze voor een deel (namelijk voor zover ongewijzigd) nog van kracht. Ongeacht de interferentietheorie die men aanhangt leidt dit tot de voorspelling dat ongewijzigde letters minder goed worden onthouden in gewijzigde dan in ongewijzigde groepen. Dit is inderdaad in sterke mate het geval. Soortgelijke resultaten treden op wanneer de volgorde van de items in een groep of (zoals in 4.1. reeds voor het STM werd besproken) de groepsindeling zelf verandert (bijv. *SBJ FQLZ* wordt *SB JFQ LZ*). Kort samengevat komen de resultaten erop neer dat de proefpersonen reageren op gedeeltelijke wijzigingen van een groep alsof er van een geheel nieuwe groep sprake is. Deze gegevens demonstreren duidelijk de rol van groepen als verwerkingseenheden in het LTM. Soortgelijke verschijnselen zullen we aantreffen bij het leren volgens de vrije reproductiemethode.

#### 4.2.2. Groepering bij memorisatie met vrije reproductievolgorde

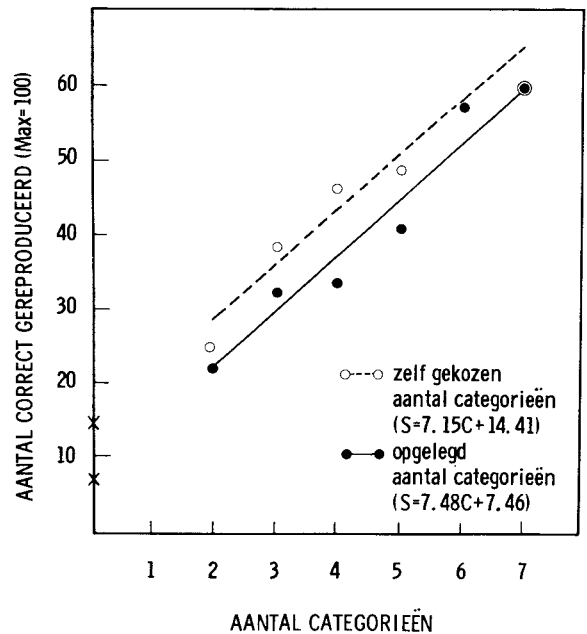
In 1952 observeerden Jenkins en Russell het optreden van 'associative clustering', waarin twee lijstwoorden die een hoge onderlinge associatiewaarde hebben vaak onmiddellijk na elkaar worden gereproduceerd, ook al kwamen ze tijdens de aanbidding gescheiden voor. Een jaar later beschreef Bousfield (1953) het verschijnsel dat hij 'category clustering' noemde. Zijn proefpersonen kregen 60 woorden aangeboden, één-voor-één met een tempo van drie seconden per woord. Na de aanbidding kregen ze onbeperkt de tijd om zoveel mogelijk woorden op te noemen in de volgorde die ze zelf wilden (vrije reproductie). De lijst was samengesteld uit 15 exem-

plaren van vier categorieën (dieren, eigennamen, etenswaren en beroepen). De volgorde was volledig willekeurig, zodat de categorieën elkaar onregelmatig afwisselden. Bousfield observeerde nu dat het aantal keren dat twee woorden uit dezelfde categorie vlak na elkaar werden opgenoemd veel groter was dan op basis van toeval te verwachten zou zijn geweest. Het vrije reproductieparadigma opende de mogelijkheid tot intensief onderzoek op het gebied van organisatieverschijnselen. Voor gedetailleerde overzichten raadplege men Tulving en Donaldson (1972).

Tulving (1962) voegde aan het groeperen op basis van 'objectief' aanwezige categorieën het verschijnsel van 'subjectieve organisatie' toe. Wanneer men een aantal malen na elkaar een lijst doorneemt die is samengesteld uit woorden met een minimum aan onderlinge betekenisrelaties en waarin de woordvolgorde bij elke presentatie wisselt, tendert men desondanks naar een tamelijk stereotiepe reproductievolgorde. Voorts blijkt dat de mate van subjectieve organisatie (vastgesteld in termen van sequentiële afhankelijkheden in opeenvolgende reproductiereeksen) hoog positief correleert met de reproductiescore.

Meer inzicht in de aard van de subjectieve organisatie die de proefpersonen in het materiaal aanbrenge geeft een methode van Mandler (1967). In een typerend experiment kregen de proefpersonen 100 woorden aangeboden, elk op een apart kaartje getypt, met het verzoek deze naar eigen goeddunken te sorteren in een aantal categorieën. In één conditie was het aantal categorieën vrij, in de andere werd het aantal, variërend tussen twee en zeven, door de proefleider opgegeven. Het sorteren ging door totdat een stabiele indeling bereikt was: 95 woorden identiek gesorteerd in twee opeenvolgende sorteringen. Daarna werd de proefpersonen gevraagd om vrije reproductie van de woorden (onbepaalde tijd). Figuur 11 toont dat de reproductiescore lineair stijgt in functie van het aantal tijdens de sorteertaak gehanteerde categorieën. Uit de helling van de best passende rechte blijkt dat de toevoeging van één categorie de score met ongeveer zeven woorden opvoert.

Deze en andere gegevens suggereren een algemene tactiek die de proefpersonen zouden kunnen volgen bij het inprenten van woordlijsten voor reproductie in vrije volgorde. Bij de eerste aanbiedingen vormen ze zich een idee over de verschillende soorten van



Figuur 11. Gemiddelde reproductiescore in functie van het (zelfgekozen of door de proefleider opgelegd) aantal sorteercategorieën (naar Mandler, 1967).

woorden die in de lijst zijn opgenomen. Deze categorieën zijn aanvankelijk nog weinig gevuld maar vormen de basis voor een organisatieschema. Bij volgende aanbiedingen worden de lijstwoorden zoveel mogelijk voorzien van een markering die aangeeft tot welke soort ze behoren. Blijkt bij nader inzien dat een categorie meer dan het maximum van zeven leden omvat, dan moet onderverdeling plaatsvinden, enz. Aldus ontstaat in het LTM een hiërarchie van groepen (chunks) die de proefpersoon tijdens de reproductietoets systematisch kan hanteren als een ophaalplan. Dit groeiende ophaalplan waarin steeds meer woorden bereikbaar en daarmee reproduceerbaar worden, verklaart het stijgen van de score op achtereenvolgende trials. Het eindniveau dat de proefpersoon haalt hangt af van het aantal groepen in de hiërarchie omdat elke groep tot ten hoogste zeven woorden toegang verleent. De volgordeconsistentie in de reproductiereeksen ontstaat doordat de proefpersoon het ophaalplan systematisch ten uitvoer brengt en de opgehaalde woorden onmiddellijk reproduceert.

Mandler's theorie is niet de enige die hier opgeld

doet maar de alternatieven hebben wel hetzelfde grondpatroon. Wat leidt tot meningsverschillen is voornamelijk de opbouw van het ophaalplan: heeft het een hiërarchische structuur of is het associatief van aard? In Anderson's (1972) computermodeel voor vrije reproductie functioneert het ophaalplan op basis van een associatief netwerk. Wanneer het programma een woordenlijst leert voorziet het de knopen die corresponderen met lijstwoorden van een markering en zoekt het naar (directe of indirecte) associatieve relaties van een aangeboden woord met een gemarkeerde knoop. Ook de betreffende associaties worden gemarkeerd. Reproductie vindt plaats door, uitgaande van startwoorden – woorden die in het gemarkeerde subnet een centrale plaats innemen – de gemarkeerde associaties te volgen en na aankomst bij een gemarkeerde knoop diens label als responsie-woord uit te spreken.

Ook dit associatieve ophaalplan blijkt met vele gegevens over vrije reproductie in overeenstemming maar er zijn veelbetekenende uitzonderingen. Zo vertoont het model weliswaar 'category clustering' (zie boven) maar veel minder dan dat bij proefpersonen het geval is. De oorzaak ligt voor de hand: het model kan de associatieve relaties tussen de leden van een categorie en zelfs tussen leden en categorienaam markeren, maar het bezit niet de mogelijkheid de categorienaam, die immers niet op de lijst voorkomt, te gebruiken als startwoord vanwaaruit de leden rechtstreeks bereikbaar zijn, zonder omwegen via andere woorden. Dit gegeven wijst erop dat 'category clustering' niet geheel is terug te voeren op 'associative clustering'. Overigens betekent dit niet dat associatieprincipes tekort zouden schieten ter verklaring van organisatieverschijnselen als category clustering. Het is bijv. mogelijk een hiërarchie van groepen (chunks) op te vatten als een speciaal samenstel van associaties. Zo'n uitspraak is echter in deze context waar het juist gaat om de aard van het samenstel en niet om de samenstellende onderdelen, niet informatief. Het heeft geen enkele zin organisatie- en associatieprincipes in tegenstelling te zien.

Het laatste gegeven dat we hier willen bespreken is problematisch; het heeft betrekking op de transfer die optreedt wanneer na het leren van een lijst volgens de vrije reproductiemethode nog een tweede lijst wordt geleerd met geheel of gedeeltelijk overlappend woordmateriaal. Uit meerdere proeven blijkt dat de gemeenschappelijke woorden eerder een bron van negatieve dan van positieve transfer vormen. Tulving

(1966) liet twee groepen proefpersonen een lijst leren van negen woorden. Daarna begonnen beide groepen aan een tweede lijst die 18 woorden bevatte. Voor één groep waren alle 18 woorden nieuw, voor de andere bestond de lijst uit de negen items van de eerste lijst plus negen nieuwe woorden. Deze laatste groep had geen voordeel van de oude woorden en maakte zelfs iets meer fouten dan de groep die 18 nieuwe woorden kreeg. Dit verschijnsel van negatieve deel-naar-geheel-transfer wordt gecompenseerd door negatieve geheel-naar-deel-transfer (Tulving en Osler, 1967). Verwante gegevens troffen we hierboven reeds aan bij de vaste (seriële) reproductiemethode, namelijk het snelle vergeten van ongewijzigde letters in gewijzigde groepen dat optrad in Johnson's (1970) retroactieproeven.

De transferrichting (positief of negatief) is afhankelijk van de voorkennis die de proefpersonen hebben omtrent de samenstelling van het woordmateriaal in de twee lijsten. Zo wordt de negatieve deel-naar-geheel-transfer positief voor geïnformeerde proefpersonen. En zelfs wordt de 'positieve transfer' die optreedt als men van bestudering van een lijst 'overgaat' tot bestudering van dezelfde lijst negatief wanneer men in de waan komt te verkeren dat enkele woorden zullen worden vervangen (Anderson en Bower, 1972). Deze gegevens wekken de indruk dat de proefpersonen bij dreigende onzekerheid omtrent welke woorden of groepen tot welke lijst behoren, de oude organisatie liever in haar geheel vermijden en niet nagaan welke onderdelen ervan nog steeds bruikbaar zijn. Voor een andere interpretatie van het deel-geheel-effect zij nog verwezen naar het artikel van Novinsky (1972).

#### 4.2.3. *Verbeelding en mentale voorstellingen in het LTM*

Het LTM bevat informatie die het mogelijk maakt perceptachtige scènes te construeren die vooral visueel van aard zijn, ofschoon ze ook wel kenmerken van een andere zintuiglijke modaliteit kunnen aannemen. Reeds in de Oudheid was bekend dat dergelijke mentale voorstellingen een belangrijke rol kunnen vervullen als mnemotechnisch hulpmiddel (Yates, 1966). Experimenteel onderzoek over de rol van verbeelding in geheugentaken is echter pas de laatste jaren op gang gekomen. Het leeuwedeel ervan werd verricht door Paivio en zijn medewerkers (voor een grondig en gedetailleerd overzicht zie Paivio, 1971). De belangrijkste en meest algemene uitkomst is wel

dat door gebruikmaking van voorstellingsbeelden de geheugenprestaties sterk opgevoerd kunnen worden in zowel STM- als LTM-taken. We zullen dit uitwerken voor het paarsgewijze associatieparadigma.

De stimulus- en responsie-woorden kunnen zo worden gekozen dat ze variëren in de mate waarin ze mentale voorstellingen oproepen. Een onmisbaar hulpmiddel hierbij zijn normatieve voorstelbaarheidswaarden, gebaseerd op subjectieve oordelen van proefpersonen over de snelheid en het gemak waarmee een woord een voorstelling oproept. Voor het Nederlandse taalgebied zijn normen beschikbaar gemaakt door Janssen (1973). De voorstelbaarheidswaarde van woorden correleert bijna perfect met hun concreetheidswaarde op een concreetheid-abstraktheidsschaal. Paivio (1965) liet 16 woordparen leren die gelijkelijk verdeeld waren over de categorieën 'concreet-concreet' (d.w.z. zowel stimulus als response waren concrete woorden), 'concreet-abstrakt', 'abstract-concreet' en 'abstract-abstrakt'. In een reproductietoets waarin de proefpersonen met de stimuli werden geconfronteerd en de responsies moesten opnoemen, bleken de scores voor de vier categorieën in de vermelde volgorde af te nemen, hetgeen betekent dat (a) concreetheid een positief effect sorteert, en wel (b) sterker aan stimulus- dan aan responsie-zijde.

Bij de interpretatie van (a) is gewezen op twee mogelijke functies van voorstelbaarheid of concreetheid. Ten eerste, de voorstellingsbeelden die bij concrete woorden gemakkelijk oproepbaar zijn bevorderen de distinctiviteit van deze woorden en reduceren daarmee de kans op verwisselingen met andere woorden in de lijst. Ten tweede, bij toenemende concreetheid van stimulus- én responsie-leden wordt het gemakkelijk een samengesteld voorstellingsbeeld als mediator te hanteren, d.w.z. scènes waarin de voorstellingen behorende bij de stimulus- en de responsie-term beide figureren. Het voordeel hiervan kan tweërlei oorzaak hebben: voorstellingsmediatoren zouden naast en onafhankelijk van taalmediatoren kunnen bestaan zodat de proefpersoon over meer dan één mogelijkheid om vanuit het aangeboden stimulus-woord toegang te krijgen tot het responsie-woord, of voorstellingsmediatoren zijn intrinsiek effectiever dan taalmediatoren. Dit laatste echter is een onbewezen, alhoewel niet onaannemelijke stelling.

Ter verantwoording van (b), namelijk dat woordcombinaties 'concreet-abstrakt' minder fouten opleveren dan 'abstract-concreet', neemt Paivio aan dat wanneer tijdens de leertrials een voorstellingsmediator is ge-

adopteerd — en de kans hierop is voor de twee soorten woordcombinaties gelijk — deze gemakkelijker ophaalbaar is vanuit het concrete dan vanuit het abstracte woord. Het concrete woord geeft immers rechtstreeks toegang tot zijn voorstellingsbeeld en daarmee tot de mediator waarin het als figurant optreedt.

Een intrigerend verschijnsel bij voorstellingsmediatie is de bijzondere effectiviteit van voorstellingen waarin de figuranten op een of andere wijze *interacteren*. Als illustratie diene hier een experiment van Neisser (1972) waarin hij zijn proefpersonen vroeg zich een aantal scènes te verbeelden en de resulterende voorstellingen op hun levendigheid te beoordelen. In sommige scènes werden de figuranten zoveel mogelijk apart gehouden (bijv.: stel je twee kamers voor, in de ene zie je een *narcis*, in de andere staat *Napoleon*); in andere scènes werd een vorm van interactie gesuggereerd (bijv.: stel je een *narcis* voor die uit *Napoleons* jaszak naar buiten steekt). Hierna volgde onverwacht een retentietoets waarin de proefpersonen telkens één lid van een woordpaar te horen kregen en het tweede moesten aanvullen. De score in de interactieve conditie lag ongeveer 20% hoger dan in de separate conditie, terwijl er geen corresponderend verschil in de beoordeelde levendigheid van de twee typen voorstellingen naar voren kwam. Bower (1972) vond in een soortgelijk experiment zelfs een prestatieverhoging van 50% als gevolg van interactie. Analoge resultaten werden door Epstein, Rock en Zuckerman (1960) verkregen bij het leren van plaatjes-paren. Combinaties van schematische tekeningen, bijv. een hand *naast* een kom, werden beter leerbaar wanneer de nevenschikking werd vervangen door een interactie, bijv. een hand *in* een kom. De verklaring van dit verschijnsel staat nog vrijwel open.

Met wat in deze paragraaf vermeld staat hebben we de functies die verbeelding in geheugentaken vervult lang niet uitputtend behandeld. Voor verdere hypothesen hieromtrent verwijzen we naar Neisser (1972), Collins en Quillian (1972), en — wat na het door nemen van dit overzicht voor hem welhaast even effectief moge heten — naar de verbeelding van de lezer zelf.

## Literatuur

- Anderson, J.R., FRAN: A simulation model of free recall. In: Bower, 1972.
- Anderson, J.R., Bower, G.H., Recognition and retrieval processes in free recall. *Psychological Review*, 1972, 79, 97-123.
- Atkinson, R.C., Shiffrin, R.M., Human memory: A proposed system and its control processes. In: Spence, K.W., Spence, J.T. (Eds.), *The psychology of learning and motivation*, Vol. 2, New York: Academic Press, 1968.
- Atkinson, R.C., Shiffrin, R.M., The control of short-term memory. *Scientific American*, 1971, (augustus), 225, 82-90.
- Baddeley, A.D., Short-term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic and formal similarity. *Quarterly Journal of experimental Psychology*, 1966a, 18, 362-365.
- Baddeley, A.D., The influence of acoustic and semantic similarity on long-term memory for word sequences. *Quarterly Journal of experimental Psychology*, 1966b, 18, 302-309.
- Baddeley, A.D., How does acoustic similarity influence short-term memory? *Quarterly Journal of experimental Psychology*, 1968, 20, 249-264.
- Banks, W.P., Signal detection theory and human memory. *Psychological Bulletin*, 1970, 74, 81-99.
- Bernbach, H.A., The effect of labels on short-term memory for colors with nursery school children. *Psychonomic Science*, 1967, 7, 149-150.
- Bousfield, W.A., The occurrence of clustering in the recall of randomly arranged associates. *Journal of general Psychology*, 1953, 49, 229-240.
- Bower, G.H., Analysis of a mnemonic device. *American Scientist*, 1970, 58, 496-510.
- Bower, G.H. (Ed.), *The psychology of learning and motivation*. Vol. 4. New York: Academic Press, 1970.
- Bower, G.H. (Ed.), *The psychology of learning and motivation*. Vol. 5. New York: Academic Press, 1972.
- Bower, G.H., Mental imagery and associative learning. In: Gregg, 1972.
- Bower, G.H., Winzenz, D., Group structure, coding, and memory for digit series. *Journal of experimental Psychology Monograph*, 1969, 80, 1-17.
- Broadbent, D.E., The role of auditory localization in attention and memory span. *Journal of experimental Psychology*, 1954, 47, 191-196.
- Broadbent, D.E., *Perception and communication*. London: Pergamon Press, 1958.
- Brown, J., The nature of set-to-learn and of intra-material interference in immediate memory. *Quarterly Journal of experimental Psychology*, 1954, 6, 141-148.
- Brown, R., McNeill, D., The 'tip of the tongue' phenomenon. *Journal of verbal Learning and verbal Behavior*, 1966, 5, 325-337.
- Cole, R.A., Haber, R.N., Sales, B.D., Mechanisms of aural encoding: VI. Consonants and vowels are remembered as subsets of distinctive features. *Perception and Psychophysics*, 1973, 13, 87-92.
- Collins, A.M., Quillian, M.R., How to make a language user. In: Tulving en Donaldson, 1972.
- Conrad, R., Serial order intrusions in immediate memory. *British Journal of Psychology*, 1960, 51, 45-48.
- Conrad, R., Acoustic confusions in immediate memory. *British Journal of Psychology*, 1964, 55, 75-84.
- Coombs, C.H., Dawes, R.M., Tversky, A., *Mathematical psychology, an elementary introduction*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1970.
- Craik, F.I.M., The fate of primary memory items in free recall. *Journal of verbal Learning and verbal Behavior*, 1970, 9, 143-148.
- Craik F.I.M., Lockhart, R.S., Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of verbal Learning and verbal Behavior*, 1972, 11, 671-684.
- Crowder, R.G., Visual and auditory memory. In: Kavanagh, J.F., Mattingly, I.G. (Eds.), *Language by ear and by eye: the relationships between speech and reading*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1972.
- Crowder, R.G., Precategorical acoustic storage for vowels of short and long duration. *Perception and Psychophysics*, 1973, 13, 502-506.
- Crowder, R.G., Chao-Ming Cheng, Phonemic confusability, precategorical acoustic storage, and the suffix effect. *Perception and Psychophysics*, 1973, 1, 145-148.
- Crowder, R.G., Morton, J., Precategorical acoustic storage (PAS). *Perception and Psychophysics*, 1969, 5, 365-373.
- Darwin, C.J., *Acoustic storage of speech sounds*. Voordracht voor de voorjaarsconferentie van de British Experimental Psychology Society en de Nederlandse Stichting voor Psychonomie. Amsterdam, april 1973.
- Darwin, C.J., Turvey, M.T. Crowder, R.G., An auditory analogue of the Sperling partial report technique: Evidence for brief auditory storage. *Cognitive Psychology*, 1972, 3, 255-267.
- Ebenholtz, S.M., Serial Learning and dimensional organization. In: Bower, 1972.
- Elias, C.S., Perfetti, C.A., Encoding task and recognition memory: the importance of semantic encoding. *Journal of experimental Psychology*, 1973, 99, 151-156.
- Epstein, W., Rock, I., Zuckerman, C.B., Meaning and familiarity in associative learning. *Psychological Monographs*, 1960, 74, no. 491.
- Estes, W.K., An associative basis for coding and organization in memory. In: Melton en Martin, 1972.
- Glanzer, M., Storage mechanisms in recall. In: Bower, 1972.
- Glanzer, M., Cunitz, A.R., Two storage mechanisms in free recall. *Journal of verbal Learning and verbal Behavior*, 1966, 5, 351-360.
- Gray, J.A., Wedderburn, A.A., Grouping strategies with si-



- multaneous stimuli. *Quarterly Journal of experimental Psychology*, 1960, 12, 180-184.
- Gregg, L. (Ed.), *Cognition in learning and memory*, New York: Wiley, 1972.
- Hebb, D.O., Distinctive features of learning in the higher animal. In: J.F. Delafresnaye (Ed.), *Brain mechanisms and learning*. London: Oxford University Press, 1961.
- Hintzman, D.L., Articulatory coding in short-term memory. *Journal of verbal Learning and verbal Behavior*, 1967, 6, 312-316.
- Houston, J.P., Proactive inhibition and competition at recall. *Journal of experimental Psychology*, 1967, 75, 118-121.
- Houston, J.P., Proactive inhibition and undetected rehearsal: a replication. *Journal of experimental Psychology*, 1971, 90, 156-157.
- Houston, J.P., Reynolds, J.H., First-list retention as a function of list differentiation and second-list massed and distributed practice. *Journal of experimental Psychology*, 1965, 69, 387-392.
- Janssen, W., *Voorstelbaarheidswaarden van 327 zelfstandige naamwoorden*. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, rapport IZF 1973-6. Soesterberg, 1973.
- Jenkins, J.J., Russell, W.A., Associative clustering during recall. *Journal of abnormal and social Psychology*, 1952, 47, 818-821.
- Johnson, N.F., The role of chunking and organization in the process of recall. In: Bower, 1970.
- Kintsch, W., *Learning, memory and conceptual processes*. New York: Wiley, 1970.
- Kintsch, W., Buschke, H., Homophones and synonyms in short-term memory. *Journal of experimental Psychology*, 1969, 80, 403-407.
- Kling, J.W., Riggs, L.A., (Eds.), *Woodworth & Schlosberg's experimental psychology*. New York: Holt, 1971.
- Kolers, P.A. Katzman, M.T., Naming sequentially presented letters and words. *Language and Speech*, 1966, 9, 84-95.
- Koppelaar, R.J., Time changes in strengths of A-B, A-C lists: spontaneous recovery? *Journal of verbal Learning and verbal Behavior*, 1963, 2, 310-319.
- Kroll, N.E.A., Parks, T., Parkinson, S.R., Bieber, S.L., Johnson, A.L., Short-term memory while shadowing: recall of visually and of aurally presented letters. *Journal of experimental Psychology*, 1970, 85, 220-224.
- Lashley, K.S., The problem of serial order in behavior. In: Jeffress, L.A. (Ed.), *Cerebral mechanisms in behavior*. New York: Wiley, 1951.
- Leeuwenberg, E.L.J., A perceptual coding language for visual and auditory patterns. *American Journal of Psychology*, 1971, 84, 307-350.
- Levy, B.A., Role of articulation in auditory and visual short-term memory. *Journal of verbal Learning and verbal Behavior*, 1971, 10, 123-132.
- Mandler, G., Organization and memory. In: Spence en Spence, 1967.
- Massaro, D.W., Preperceptual images, processing time, and perceptual units in auditory perception. *Psychological Review*, 1972, 79, 124-145.
- Melton, A.W., Implications of short-term memory for a general theory of memory. *Journal of verbal Learning and verbal Behavior*, 1963, 2, 1-21.
- Melton, A.W., Martin, E. (Eds.), *Coding processes in human memory*. Washington, D.C.: Winston, 1972.
- Miller, G.A., The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 1956, 63, 81-97.
- Miller, R.R., Springer, A.D., Amnesia, consolidation and retrieval. *Psychological Review*, 1973, 80, 69-79.
- Moray, N., Bates, A., Barnett, T., Experiments on the four-eared man. *Journal of the acoustical Society of America*, 1965, 38, 196-201.
- Morton, J., A functional model for memory. In: Norman, 1970.
- Murdock, B.B., Jr., Short-term memory and paired-associate learning. *Journal of verbal Learning and verbal Behavior*, 1963, 2, 320-328.
- Neisser, U., *Cognitive psychology*, New York: Appleton, 1967.
- Neisser, U., Changing conceptions of imagery. In: Sheehan, 1972.
- Norman, D.A., Toward a theory of memory and attention. *Psychological Review*, 1968, 75, 522-536.
- Norman, D.A. (Ed.), *Models of human memory*. New York: Academic Press, 1970.
- Novinski, L.S., A reexamination of the part/whole effect in free recall. *Journal of verbal Learning and verbal Behavior*, 1972, 11, 228-233.
- Paivio, A., Abstractness, imagery, and meaningfulness in paired-associate learning. *Journal of verbal Learning and verbal Behavior*, 1965, 4, 32-38.
- Paivio, A., *Imagery and verbal processes*, New York: Holt, 1971.
- Peterson, L.R., Peterson, M.J., Short-term retention of individual verbal items. *Journal of experimental Psychology*, 1959, 58, 193-198.
- Posner, M.I., Boyes, S.J., Eichelman, W.H.E., Taylor, R.I., Retention of visual and name codes of single letters. *Journal of experimental Psychology*, 1969, 79, (1, deel 2).
- Postman, L., The present status of interference theory. In: C.F. Cofer (Ed.), *Verbal learning and verbal behavior*. New York: McGraw-Hill, 1961.
- Postman, L. (Ed.), *Psychology in the making*. New York: Knopf, 1962.
- Postman, L., Transfer, interference and forgetting. In: Kling en Riggs, 1971.
- Postman, L., Hasher, L., Conditions of proactive inhibition in free recall. *Journal of experimental Psychology*, 1972, 92, 276-284.
- Postman, L., Keppel, G., Stark, K., Unlearning as a function

- of the relationship between successive response classes. *Journal of experimental Psychology*, 1965, 69, 111-118.
- Postman, L., Stark, K., The role of response availability in transfer and interference. *Journal of experimental Psychology*, 1969, 79, 168-177.
- Postman, L., Warren, L., Temporal changes in interference under different paradigms of transfer. *Journal of verbal Learning and verbal Behavior*, 1972, 11, 120-128.
- Prytulak, L.S., Natural language mediation. *Cognitive Psychology*, 1971, 2, 1-56.
- Restle, F., Training of short-term memory. *Journal of experimental Psychology*, 1970, 83, 224-226.
- Riley, D.A., Memory for form. In: Postman, 1962.
- Ryan, J., Grouping and short-term memory: different means and patterns of grouping. *Quarterly Journal of experimental Psychology*, 1969, 21, 137-147.
- Sanders, A.F., Schroots, J.J.F., Cognitive categories and memory span: II. The effect of temporal vs. categorical recall. *Quarterly Journal of experimental Psychology*, 1968, 20, 373-379.
- Sanders, A.F., Some remarks on short-term memory. In: Rabbitt, P.M.A., Dornic, S. (Eds.), *Attention and performance*. Vol. 5. London: Academic Press, 1974.
- Schulman, H.G., Similarity effects in short-term memory. *Psychological Bulletin*, 1971, 75, 399-415.
- Scarborough, D.L., Memory for brief visual displays of symbols. *Cognitive Psychology*, 1972, 3, 408-429.
- Shankweiler, D., Studdert-Kennedy, M., Identification of consonants and vowels to left and right ears. *Quarterly Journal of experimental Psychology*, 1967, 19, 59-63.
- Sheehan, P.W. (Ed.), *The function and nature of imagery*. New York: Academic Press, 1972.
- Slak, S., Phonemic recoding of digital information. *Journal of experimental Psychology*, 1970, 86, 398-406.
- Spear, N.E., Retrieval of memory in animals. *Psychological Review*, 1973, 80, 163-194.
- Spence, K.W., Spence, J.T. (Eds.), *The psychology of learning and motivation*. Vol. 1. New York: Academic Press, 1967.
- Sperling, G., The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs*, 1960, 74, 1-29.
- Sperling, G., A model for visual memory tasks. *Human Factors*. 1963, 5, 19-31.
- Sperling, G., Successive approximations to a model for short-term memory. In: Sanders, A.F. (Ed.), *Attention and performance*, Vol. 1. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1967.
- Sperling, G., Speelman, R.G., Acoustic similarity and auditory short-term memory: Experiments and a model. In: Norman, 1970.
- Sternberg, S., Memory scanning: Mental processes revealed by reaction time experiments. *American Scientist*, 1969, 57, 421-457.
- Stromeyer, C.F., Eidetikers. *Psychology Today*, 1970, 4, 76-81.
- Thomassen, A.J.W.M., On the representation of verbal items in short-term memory. *Dissertatie*, Nijmegen, 1970.
- Thomassen, A.J.W.M., *Differentiation between memory and perceptual codes in a single STM-task*. In voorbereiding, 1975.
- Treisman, A.M., Strategies and models of selective attention. *Psychological Review*, 1969, 76, 282-299.
- Tulving, E., Subjective organization in free recall of 'unrelated words'. *Psychological Review*, 1962, 69, 344-354.
- Tulving, E., Arbuckle T.Y., Input and output interference in short-term associative memory. *Journal of experimental Psychology*, 1966, 72, 145-150.
- Tulving, E., Donaldson, W. (Eds.), *Organization of memory*. New York: Academic Press, 1972.
- Tulving, E., Osler, S., Transfer effects in whole/part free recall learning. *Canadian Journal of Psychology*, 1967, 21, 253-262.
- Tulving, E., Pearlstone, Z., Availability versus accessibility of information in memory for words. *Journal of verbal Learning and verbal Behavior*, 1966, 5, 381-391.
- Vantheoor, F.L.J., Eijkman, E.G.J., Time course of the iconic memory signal. *Acta Psychologica*, 1973, 37, 79-85.
- Waugh, N.C., Norman, D.A., Primary memory. *Psychological Review*, 1965, 72, 89-104.
- Weaver, G.E., Duncan, E.M., Bird, C.P., Cue specific retroactive inhibition. *Journal of verbal Learning and verbal Behavior*, 1972, 11, 362-366.
- Wickelgren, W.A., Size of rehearsal group and short-term memory. *Journal of experimental Psychology*, 1964, 68, 413-419.
- Wickelgren, W.A., Short-term memory for repeated and non-repeated items. *Quarterly Journal of experimental Psychology*, 1965a, 17, 14-25.
- Wickelgren, W.A., Short-term memory for phonemically similar lists. *American Journal of Psychology*, 1965b, 78, 567-574.
- Wickelgren, W.A., Phonemic similarity and interference in short-term memory for single letters. *Journal of experimental Psychology*, 1966a, 71, 396-404.
- Wickelgren, W.A., Associative intrusions in short-term recall. *Journal of experimental Psychology*, 1966b, 72, 853-858.
- Wickelgren, W.A., Rehearsal grouping and hierarchical organization of serial position cues in short-term memory. *Quarterly Journal of experimental Psychology*, 1967, 19, 97-102.
- Wickelgren, W.A., Auditory or articulatory coding in verbal short-term memory. *Psychological Review*, 1969, 76, 232-235.
- Wickelgren, W.A., Berian, K.M., Dual trace theory and the consolidation of long-term memory. *Journal of mathematical Psychology*, 1971, 8, 404-417.
- Wickens, D.D., Characteristics of word encoding. In: Melton en Martin, 1972.
- Yates, F.A., *The art of memory*. London: Routledge, 1966.