

Temporäre Strukturbildung in Wahrnehmung und Handlung

Bernhard Hommel
Max-Planck-Institut für psychologische Forschung
Kognition & Handlung
München

in:

Hacker, W. (Hrsg.), Bericht über den 41. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Dresden 1998. Lengerich: Pabst.

Zusammenfassung

Das Prinzip unseres Gehirns, Wahrnehmungsobjekte und andere Ereignisse verteilt zu repräsentieren, d.h. Ereignismerkmale an räumlich und funktionell unterschiedlichen Orten zu kodieren, ruft Prozesse der Merkmalsintegration auf den Plan—Prozesse also, die zusammengehörige Merkmale in jeweils einheitliche repräsentationale Strukturen integrieren. Vor allem aus dem Bereich der visuellen Wahrnehmung gibt es zahlreiche Hinweise auf die Existenz solcher Integrationsprozesse. Z.B. scheint die Darbietung eines Objektes zu einer spontanen Bindung von Merkmalskodes zu führen, so daß die wiederholte Darbietung derselben Merkmalskonjunktion zu einer besseren Erkennensleistung führt als die Darbietung von Neukombinationen derselben Merkmale. Dieser Beitrag zeigt anhand empirischer Beispiele auf, daß derartige Bindungseffekte nicht nur in der visuellen Wahrnehmung auftreten, sondern auch bei der Handlungsplanung und der sensomotorischen Integration. Dies legt nahe, daß sowohl Wahrnehmungsobjekte als auch Handlungspläne kognitiv durch integrierte, merkmalsbezogene Strukturen repräsentiert sind, d.h. durch die temporäre Bindung von Codes, die Merkmale von Wahrnehmungsobjekten und intendierten Handlungen repräsentieren.

Abstract

In the human brain, perceptual and other events are coded in a distributed fashion. Event representation thus requires feature-integration processes, that is, processes that temporarily bind together codes of features belonging to the same event. The existence of such integration processes has already been demonstrated in studies on visual perception. For instance, there is evidence that perceiving an object leads to the spontaneous binding of the codes representing the features of this object, this priming the later recognition of objects possessing the same combination of features. Here I report evidence that feature-binding effects of this sort do not only show up in visual perception, but in action planning and sensorimotor integration as well. This suggests that both perceptual objects and action plans are cognitively represented by temporarily coupled, distributed feature codes, and that feature binding is a rather general mechanism of the human brain to form coherent event representations.

Die Fortschritte der Biowissenschaften in den letzten Jahren haben erhebliche Konsequenzen für die Theoriebildung und die empirischen Strategien der experimentellen Psychologie gezeitigt. Die zunehmend präzisere Kartierung des menschlichen Gehirns, insbesondere des visuellen Systems, haben zu der Erkenntnis geführt, daß die Merkmale wahrgenommener Objekte und Ereignisse verteilt repräsentiert sind, also in zahlreichen räumlich und funktionell verschiedenen Gehirnarealen zugleich kodiert werden. Damit stellt sich die Frage nach den Mechanismen der Merkmalsintegration: Wenn ein gegebenes visuelles Objekt Eintragungen in verschiedenen kortikalen Karten bewirkt, wie kodiert dann das Gehirn die für perzeptuelle und handlungsbezogene Prozesse höchst bedeutsame Tatsache, daß die betreffenden Eintragungen zum selben Objekt gehören? Verschiedene Modelle sind zur Lösung dieses sogenannten *Bindungs-Problems* vorgeschlagen worden (s. die Übersicht von Treisman, 1996), der Grad ihrer inhaltlichen Überlappung ist jedoch beachtlich. So folgen die meisten Autoren der Annahme von Abeles (1991) und von der Malsburg (1981), daß die Aktivität von Kodes derselben Reizquelle zeitlich synchronisiert werden, so daß die Zusammengehörigkeit von neuronalen Repräsentationen desselben Objektes nicht durch räumliche Nähe, sondern durch zeitliche Synchronizität kodiert ist (Singer, 1994).

In der Psychologie ist das Bindungs-Problem und Mechanismen zu seiner Lösung ausschließlich für den Bereich der visuellen Wahrnehmung diskutiert worden—stimuliert und geprägt durch die Arbeiten von Treisman und Mitarbeitern (Treisman, 1988; Kahneman & Treisman, 1984; Treisman & Gelade, 1980). Tatsächlich liegen gerade zum visuellen System zahlreiche Befunde aus neurophysiologischen, neuropsychologischen und kognitionspsychologischen Studien vor, die nicht nur die Existenz eines Bindungs-Problems belegen, sondern auch Hinweise auf seine neuronale Lösung liefern. Eine Reihe jüngerer Untersuchungen haben jedoch auch gezeigt, daß Probleme und Phänomene der Merkmalsbindung nicht nur im Bereich der visuellen Wahrnehmung zu finden sind, sondern auch bei der Handlungsplanung und bei der sensomotorischen Integration auftreten. Dieser Beitrag hat das Ziel, die Gemeinsamkeiten zwischen diesen zunächst sehr unterschiedlich erscheinenden Problemen und Phänomenen aufzuzeigen und damit auf allgemeine, bereichsübergreifende Prinzipien der neuronalen und kognitiven Repräsentation externer Ereignisse aufmerksam zu machen. *Dabei steht die These im Vordergrund, daß sowohl Wahrnehmungsobjekte als auch Handlungspläne kognitiv durch integrierte, merkmalsbezogene Strukturen repräsentiert werden, d.h. durch die temporäre Bindung von Kodes, die Merkmale von Wahrnehmungsobjekten und intendierten Handlungen repräsentieren* (Hommel, 1997; Hommel, Müsseler, Aschersleben & Prinz, 1998).

Objekt-Dateien

Erste Evidenz für die Existenz von Prozessen der Merkmals-Bindung wurde von Allport, Tipper & Chmiel (1985) berichtet. Sie präsentierten ihren Probanden Buchstabenpaare, bestehend aus einem roten, zu benennenden Zielreiz und einem grünen, zu ignorierenden Distraktor. Wenn der momentane Zielreiz mit dem Distraktor des vorigen Durchgangs übereinstimmte, waren die Reaktionszeiten verlängert (*negative priming*). Möglicherweise war dies deshalb der Fall, weil die Merkmale beider Reize separat integriert und gebunden wurden, so daß eine unvollständige Wiederholung einer Merkmalskombination (z.B. H_{grün} | H_{rot}, wenn "H" erst als Distraktor, dann als Zielreiz erscheint) die zeitintensive Auflösung der nun ungültigen

Merkmalskombination erfordert.

Auch Kahneman, Treisman & Gibbs (1992) fanden Evidenz für Merkmals-Bindung. Sie präsentierten ihren Probanden eine Anzahl irrelevanter Buchstaben (*Preview Display*), gefolgt von einem einzelnen, zu benennenden Zielbuchstaben. Wenn der Zielreiz bereits irgendwo im Preview Display enthalten war, trat eine geringe Leistungsverbesserung ein. Stimmt ein Distraktor jedoch nicht nur in seiner Identität mit dem Zielreiz überein, sondern auch in der räumlichen Position, war die Leistung erheblich verbessert. Offensichtlich hatte die Präsentation des Preview Displays die Speicherung der episodischen Kombination von Identität und Position zur Folge, so daß die Wiederholung dieser Kombination von besonderem Nutzen war. Tatsächlich gehen Kahneman et al. davon aus, daß die Registrierung eines visuellen Objektes zur Formierung einer episodischen Gedächtnisspur führt, einer sogenannten "Objekt-Datei" (*object file*), die Informationen über sämtliche Merkmale eines Objektes enthält. Bei der Adressierung dieser Merkmale spielt den Autoren zufolge die Objektllokation eine besondere, vermittelnde Rolle: Objektmerkmale können nämlich nur dann abgerufen oder reaktiviert werden, wenn ein neues Objekt an der Stelle oder zumindest in der Nähe eines bereits kurz zuvor gesehenen Objektes erscheint.

Obwohl die grundlegenden Befunde von Kahneman et al. wiederholt mit veränderten Reizen und Aufgabenstellungen repliziert werden konnten, legen die Ergebnisse jüngerer Untersuchungen eine Differenzierung der ursprünglichen theoretischen Annahmen nahe. So fand Hommel (1998), daß Merkmalsbindungen keineswegs zur Konstruktion einer einheitlichen Objektdatei führen; anstatt einer umfassenden globalen Integration von Merkmalen sind vielmehr eine Reihe lokaler Bindungen zu beobachten. Zwei Arten von zweiwertigen Bindungen treten besonders konsistent auf: die Bindung von nichträumlichen Reizmerkmalen (z.B. Form und Farbe) und die Bindung von aufgabenrelevanten Reizmerkmalen und Reizlokation. Wenn also z.B. ein Reiz auf die Darbietung eines anderen folgt, dann begünstigt die Wiederholung der Reizform die Reaktion auf den zweiten Reiz—aber nur dann, wenn die Farbe ebenfalls wiederholt wird. Genauso erlaubt die Wiederholung des für die zweite Reaktion relevanten Reizmerkmals bessere Leistungen—aber nur dann, wenn auch die Reizlokation dieselbe ist. Reizmerkmale werden also nicht in eine einzige, umfassende Repräsentationsstruktur integriert, und die entstehenden Strukturen werden nicht immer und ausschließlich über die Reizlokation adressiert.

Auch die Art der beobachteten Interaktionen entspricht nicht den Erwartungen von Kahneman et al. (1992). Leistungsvorteile treten nämlich nicht nur dann auf, wenn z.B. Form und Farbe wiederholt werden (z.B. $O_{rot} | O_{rot}$), sondern auch wenn beide alternieren (z.B. $O_{rot} | X_{grün}$; Hommel, 1998). Dieser Befund legt eine neue Interpretation von Bindungseffekten nahe: Wenn nämlich Wiederholung und Alternierung zweier, offensichtlich gebundener Merkmale vergleichbare Ergebnisse liefern, dann kann es nicht die Wiederholung einer bestimmten Merkmalskombination sein, die den Leistungsvorteil verschafft—vielmehr scheinen unvollständige Wiederholungen von Merkmalen ein Problem darzustellen. Z.B. scheint die Bindung der runden Form und der roten Farbe dazu zu führen, daß bei neuerlichem Erscheinen eines roten Reizes auch die runde Form "geprimt" wird. Dies wird dann zum Problem, wenn die Form nun eckig ist (d.h. $O_{rot} | X_{rot}$).

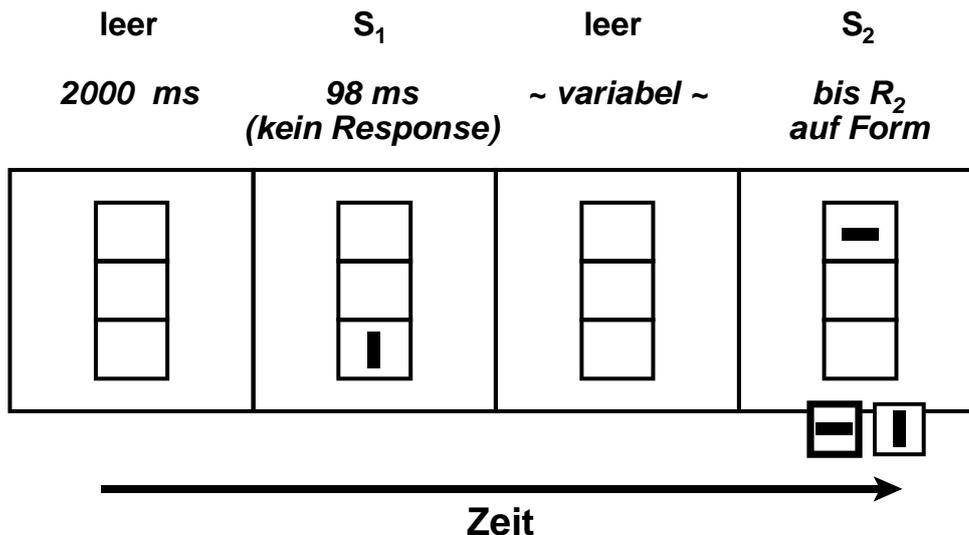


Abbildung 1: Ablaufschema der Experimente von Hommel (1999). In jedem Durchgang erschien S₁ (rot oder grün, vertikal oder horizontal, oben oder unten), der nicht beantwortet wurde, gefolgt von S₂ (rot oder grün, vertikal oder horizontal, oben oder unten), auf dessen Form bzw. Orientierung mit R₂ (linke oder rechte Taste; hier linke Taste) reagiert wurde. Reaktionen auf S₂ profitierten von S₁, wenn dies einer *vollständigen Wiederholung* oder einer *vollständigen Alternierung* von Form und Position bzw. Form und Farbe entsprach, im Gegensatz zu *unvollständigen Wiederholungen* der betreffenden Merkmalskonjunktion (z.B. Form wiederholt, Position alterniert).

Im Gegensatz zu den Annahmen und Ergebnissen von Kahneman et al. (1992) haben eine Reihe von Autoren Belege für die Koexistenz von Effekten der Wiederholung von Merkmalen einerseits und der Wiederholung von Merkmalskombinationen andererseits gefunden (z.B. Henderson, 1994). Effekte der Merkmalswiederholung (z.B. Form) werden allgemein der (wiederholten) Aktivierung abstrakter Merkmalsrepräsentationen (*type nodes*) zugeschrieben, während Effekte der Wiederholung von Merkmalskombinationen auf Bindungsprozesse zurückgeführt werden. Wenn beide Effektarten koexistieren können, spricht dies dafür, daß sich abstrakte (semantische?) und konkrete (episodische?) Kodierung nicht ausschließen. Analysen des Zeitverlaufs der Konstruktion von Objektrepräsentationen deckten auf, warum beide Kodierungsarten bislang nicht in jedem Experiment gefunden werden konnten (Hommel, 1999). Tatsächlich treten einfache Wiederholungseffekte nur bei sehr kurzen zeitlichen Abständen zwischen erstem und zweitem Reiz auf, während Bindungseffekte erst etwas später einsetzen. Paradoxe Weise scheint also die abstrakte Kodierung von Merkmalen der Bildung konkreter Merkmalskonjunktionen zeitlich voranzugehen, z.T. aber auch mit ihr zu überlappen. Dieser Befund spricht für eine hochgradig parallele und interaktive Verarbeitung visueller Reizmerkmale und gegen die Annahme von Kahneman et al., daß der Zugriff auf semantische Gedächtnisspuren nur über die (und nach der) Bildung von Objektdateien erfolgen kann.

Handlungs-Dateien

Neuere Untersuchungen zur Handlungsplanung haben gezeigt, daß Prozesse der Merkmalsbindung nicht nur in der Wahrnehmung auftreten. Stoet & Hommel (im Druck) ließen z.B. ihre Probanden Handlungen mit der linken oder rechten Hand planen, ohne diese sofort auszuführen. Es erschien dann ein Reiz, der unter Zeitdruck mit einer links- oder rechtshändigen Reaktion zu beantworten war, und erst im

Anschluß wurde die geplante Handlung ausgeführt. Dieser Versuchsaufbau erlaubt die Variation der Merkmalsüberlappung zwischen der geplanten Handlung und der sofort ausgeführten Reaktion, denn beide Aktionen wurden manchmal mit derselben Hand und manchmal mit verschiedenen Händen ausgeführt. Erwartungsgemäß zeigten sich deutliche Nachteile in den Bedingungen mit Merkmalsüberlappung; eine linkshändige Reaktion war also z.B. langsamer, wenn während ihrer Ausführung der Plan einer linkshändigen Handlung bereit gehalten wurde als wenn sich die Planung auf eine rechtshändige Handlung bezog. Stoet & Hommel vermuten, daß die Planung einer Handlung zu einer Integration der entsprechenden Handlungsmerkmale führt, und damit zu einer Bindung der betreffenden Merkmalscodes. Gebundene Codes stehen nicht mehr ohne weiteres für andere Prozesse zur Verfügung, so daß die Planung einer anderen Handlung dann schwierig ist, wenn diese (z.T.) über dieselben Merkmale verfügt.

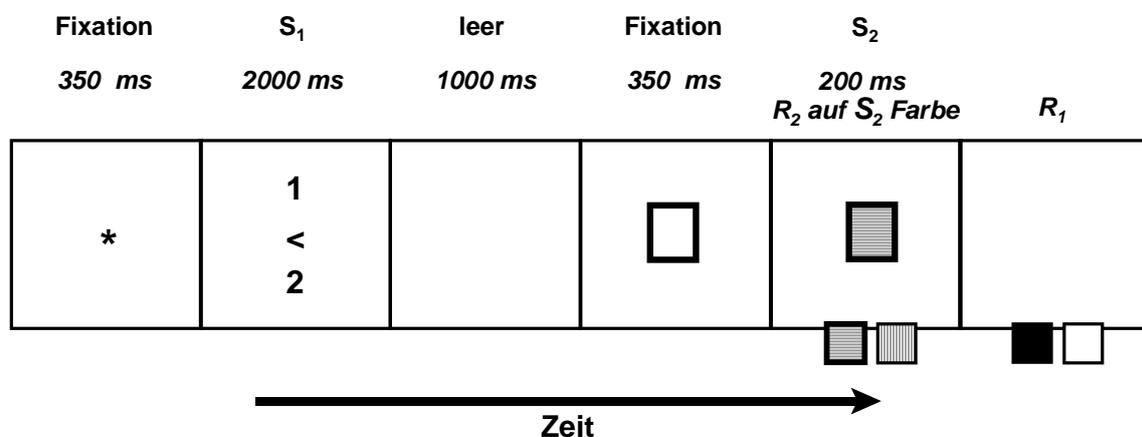


Abbildung 2: Ablaufschema der Experimente von Stoet & Hommel (im Druck). In jedem Durchgang erschien S₁ (Pfeil nach links oder rechts signalisiert linke bzw. rechte Hand; Ziffern signalisieren die Reihenfolge von Bewegungen zu oberer bzw. unterer Zieltasten; hier Bewegung der linken Hand nach oben, dann nach unten), der die Planung von R₁ einleitete, gefolgt von S₂ (rot oder grün), auf dessen Farbe sofort mit R₂ (Heben und Senken der linken bzw. rechten Hand oder des linken bzw. rechten Fußes; hier des linken Effektors) reagiert wurde. Unmittelbar nach R₂ wurde die bereits geplante Reaktion R₁ ausgeführt. R₂ war beeinträchtigt, wenn sich der Handlungsplan für R₁ auf einen Effektor derselben Seite bezog, wenn also *die räumlichen Handlungsmerkmale überlappten*.

Weitere Untersuchungen fanden Evidenz für eine relativ abstrakte Kodierung von Handlungsmerkmalen—z.B. stellten sich vergleichbare Effekte der Merkmalsüberlappung ein, wenn die geplante Handlung mit der Hand, die sofortige Reaktion jedoch mit dem Fuß ausgeführt wurde. Erwartungsgemäß blieben diese Effekte aus, wenn die verzögert ausgeführte Handlung zwar vor der Reaktion signalisiert, die mögliche Planungszeit jedoch knapp bemessen war und die Probanden nicht zur Planung aufgefordert wurden. Es scheint also tatsächlich die Planung einer Handlung zu sein, die für die Bindung von Handlungsmerkmalen verantwortlich ist, und damit für die Formation einer Art "Handlungs-Datei". Diese Beobachtung ist konsistent mit Befunden von Murthy & Fetz (1992), die im sensomotorischen Kortex von Affen zeitlich gekoppelte Aktivitäten von Neuronenverbänden (einem möglichen Indikator für Merkmalsintegration) bei der Handlungsplanung nachweisen konnten.

Interaktionen von Objekt- und Handlungs-Dateien

Die auffällige Ähnlichkeit zwischen Prozessen der Merkmalsintegration in Wahrnehmung und Handlungsplanung und der hohe Abstraktionsgrad der integrierten Codes legen die Vermutung von Wechselwirkungen zwischen (der Bildung von) Objekt- und Handlungs-Dateien nahe. Tatsächlich konnten derartige Wechselwirkungen mehrfach nachgewiesen werden. Müsseler & Hommel (1997a, 1997b) berichteten, daß die Planung und Ausführung einer Handlung mit einer temporären Verminderung der Wahrnehmung solcher Reize einhergeht, deren Merkmale mit denen der Handlung überlappen. Wenn Probanden z.B. den Druck einer linken Taste vorbereiten und ausführen, dann können sie während dieser Zeit kurz dargebotene, nach links zeigende Pfeile schlechter identifizieren (Müsseler & Hommel, 1997a) und entdecken (Müsseler & Hommel, 1997b) als nach rechts zeigende Pfeile. Dies scheint deshalb der Fall zu sein, weil die Integration des abstrakten Merkmalscodes "LINKS" in den Handlungsplan bis zur Ausführung der Handlung nicht frei für die Kodierung "linker" Reize zur Verfügung steht und so die Wahrnehmung dieser Reize behindert. Gestärkt wird diese Interpretation durch die Studie von Wühr & Müsseler (1997), wo merkmalsüberlappende Reize auch dann noch schlechter wahrgenommen wurden, wenn sie mehrere Sekunden vor der Ausführung der geplanten manuellen Handlung erschienen.

Anders als Müsseler und Kollegen, die Einflüsse handlungsbezogener Strukturbildung auf die Wahrnehmung untersuchten, verfolgten Stoet & Hommel (1999) die umgekehrte Frage nach Einflüssen wahrnehmungsbezogener Strukturbildung auf die Handlungsplanung. In dieser Studie wurde Probanden jeweils ein mehrdimensionaler Reiz gezeigt mit der Aufgabe, sich diesen einzuprägen. Dann reagierten sie unter Zeitdruck auf einen zweiten Reiz, bevor sie Fragen zu den Merkmalen des ersten Reizes beantworteten. Wieder gab es Bedingungen mit Merkmalsüberlappung zwischen (erstem) Reiz und Reaktion, denn der einzuprägende Reiz konnte links oder rechts erscheinen und die folgende Reaktion konnte den Druck einer linken oder rechten Taste erfordern. Wie erwartet wurde die manuelle Reaktion langsamer initiiert, wenn ihre Position mit derjenigen des erinnerten Reizes übereinstimmte, wenn also die Merkmale des Gedächtnisobjektes und des erforderlichen Handlungsplanes übereinstimmten. Offenbar ist mit der Einspeicherung von Reizinformation eine Integration der betreffenden Reizmerkmale verbunden, so daß diese vorübergehend für eine Nutzung durch z.B. handlungsbezogene Prozesse nicht zur Verfügung stehen.

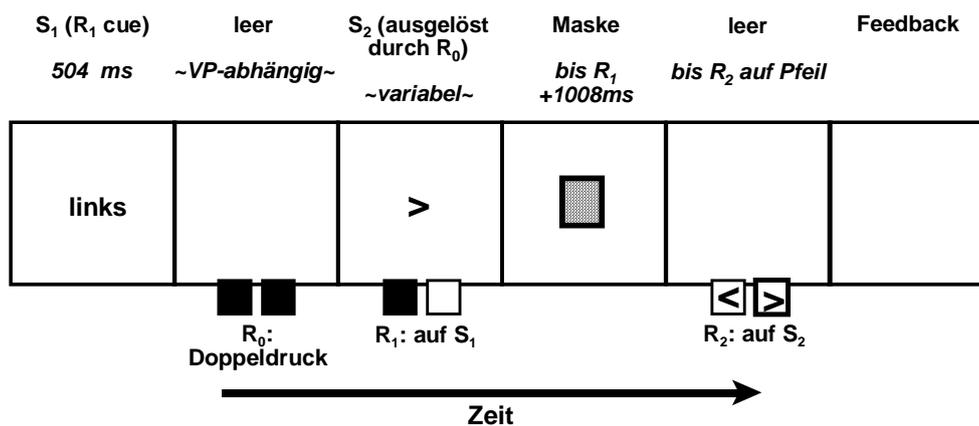


Abbildung 3: Ablaufschema der Experimente von Müsseler & Hommel (1997a). In jedem Durchgang erschien S₁ (Wort "links" bzw. "rechts" oder Pfeil nach links bzw. rechts signalisiert linken bzw. rechten Tastendruck; hier linken Tastendruck), der die Planung von R₁ einleitete. Nach Planungsabschluß führten die Probanden einen Doppeldruck (R₀) aus, der die Präsentation von S₂ (Pfeil nach links bzw. rechts) auslöste, und dann die geplante Reaktion R₁. Nach Maskierung von S₂ und einer Pause wurde die Orientierung von S₂ beurteilt (R₂; hier Urteil "rechts"). Das Urteil war beeinträchtigt, wenn sich der Handlungsplan für R₁ auf die Seite bezog, in der auch S₂ zeigte, wenn also *die räumlichen Reiz- und Reaktionsmerkmale überlappten*.

Ereignis-Dateien

Interaktionen zwischen Strukturbildungsprozessen in Wahrnehmung und Handlungs legen den Schluß nahe, daß Repräsentationen von Objekten und Handlungen zumindest teilweise auf dieselben Strukturen zugreifen und/oder sich derselben prozessualen Ressourcen bedienen. Darüber hinaus sind aber auch Prozesse der Strukturbildung nachweisbar, die sowohl wahrnehmungs- als auch handlungsbezogene Informationen in eine gemeinsame Repräsentation—eine Art "Ereignis-Datei"—integrieren. Hommel (1998) ließ z.B. Probanden in jedem Durchgang zwei Aufgaben hintereinander ausführen, eine einfache Reaktion (R₁) und eine binäre Wahlreaktion (R₂). R₁ wurde durch einen Hinweisreiz vor Beginn eines jeden Durchgangs festgelegt, war aber erst beim Erscheinen des ersten Reaktionsreizes (S₁) auszuführen. Anschließend erschien der zweite Reaktionsreiz (S₂), von dessen Form R₂ bestimmt wurde. Interessanterweise hing die Wirkung von Reaktions- bzw. Tastenwiederholungen (R₁-R₂) von der Beziehung zwischen S₁ und S₂ ab. Die Leistung war besser, wenn R₂ und R₁ gleich waren, aber nur wenn auch die Form oder die Position von S₂ und S₁ übereinstimmten. Im umgekehrten Fall, wenn sich also die Form oder die Position des Reizes nicht wiederholte, waren hingegen Reaktionswechsel mit besseren Leistungen verbunden. Das Muster dieses Effektes gleicht den Befunden der Objekt-Datei-Studien und legt nahe, daß sowohl das aufgabenrelevante Reizmerkmal als auch die Reizposition mit den Merkmalen zeitlich naher Reaktion verknüpft werden. Diese Integration von Reiz-Reaktions-Episoden findet offenbar auch dann statt, wenn Reiz und Reaktion in keiner sinnvollen Beziehung zueinander stehen—schließlich waren im genannten Experiment die Merkmale von S₁ und R₁ weder voneinander abhängig noch korreliert.

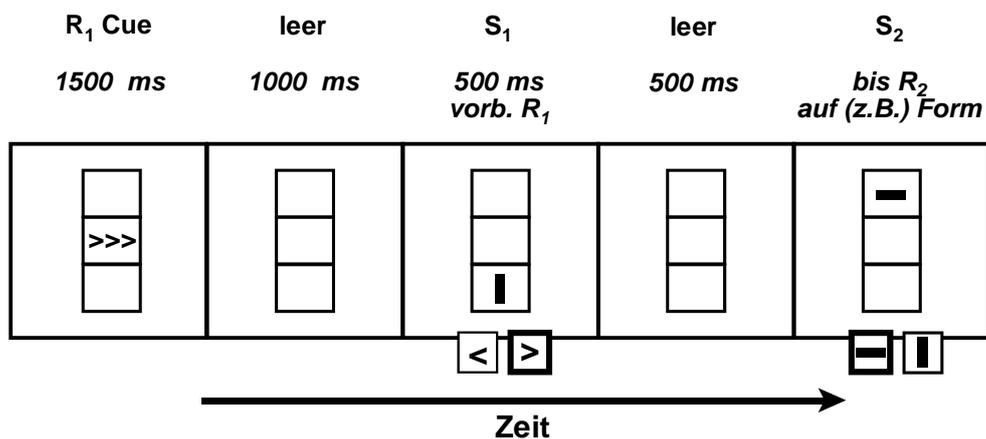


Abbildung 4: Ablaufschema der Experimente von Hommel (1998). In jedem Durchgang erschien ein Hinweisreiz (Pfeile nach links bzw. rechts signalisieren linken bzw. rechten Tastendruck; hier rechten Tastendruck), der die Planung von R_1 einleitete. Später erschien S_1 (rot oder grün, vertikal oder horizontal, oben oder unten), der mit der bereits vorbereiteten Reaktion R_1 beantwortet wurde, gefolgt von S_2 (rot oder grün, vertikal oder horizontal, oben oder unten), auf dessen Form bzw. Orientierung mit R_2 (linke oder rechte Taste; hier linke Taste) reagiert wurde. Reaktionen auf S_2 profitierten von S_1 und R_1 , wenn dies einer *vollständigen Wiederholung* oder einer *vollständigen Alternierung* von Form und Reaktion bzw. Position und Reaktion entsprach, im Gegensatz zu *unvollständigen Wiederholungen* der betreffenden Reiz-Reaktionsbeziehung (z.B. Form wiederholt, Reaktion alterniert).

Objekt- und Ereignis-Dateien verfügen über eine vergleichbare Zeitcharakteristik: In Hommels (1999) Verlaufsanalyse waren sowohl objekt- als auch ereignisbezogene Bindungseffekte spätestens eine halbe Sekunde nach Reizdarbietung nachweisbar. Zudem bleibt die lokale Struktur von Merkmalsbindungen über längere Zeit stabil; d.h. zweiwertige Bindungen münden offenbar auch über die Zeit nicht in eine singuläre, umfassende Repräsentation. Andererseits hängt das Auftreten von Bindungen stark von der Aufgabe ab. Bindungen zwischen der Reizlokation und der Reaktion treten z.B. nur dann auf, wenn die Reaktion räumlich definiert ist.

Schlußfolgerungen

Die vorliegende Evidenz belegt die Annahme, daß Prozesse der Merkmalsbindung nicht nur im Bereich der visuellen Wahrnehmung auftreten, sondern auch im Bereich der Handlungsplanung und der sensomotorischen Integration. Merkmalsbindungen sind offenbar stets lokal, beziehen sich also immer nur auf wenige, meistens zwei Merkmale. Dies legt nahe, daß die Bindungen verschiedenen Funktionen dienen und verschiedene Aspekte des repräsentierten Ereignisses abbilden. Allerdings sind die Wirkungen lokaler Strukturbildung keineswegs lokal; im Gegenteil sind vielfältige Interaktionen zwischen wahrnehmungs- und handlungsbezogenen Strukturen bzw. Strukturbildungsprozessen nachweisbar. Die strukturbildenden Merkmalscodes sind also nicht wahrnehmungs- oder handlungsspezifisch, sondern eher abstrakt, so daß sie zur Kodierung von Wahrnehmungsobjekten und intendierten Handlungen gleichermaßen geeignet sind und auch verwendet werden (Hommel, 1997; Hommel et al., 1999; Prinz, 1990). Den dadurch entstehenden Nutzungsproblemen, z.B. bei der Kodierung mehrerer merkmalsüberlappender Objekte oder Handlungen, wird durch die temporäre Bindung von Merkmalscodes begegnet. Wie aufgezeigt, entstehen dadurch einerseits Engpässe und Kodierungsprobleme auf der Wahrnehmungs- und/oder Handlungs-Seite; andererseits können auf diesem Wege falsche Zuordnungen von Merkmalen (*illusory conjunctions*) weitgehend vermieden werden. Zur vollständigen Aufklärung der Frage, welche Merkmale unter welchen Bedingungen

und zu welchem Zweck integriert werden, bleibt noch einiges zu tun. Daß es sich aber bei der temporären Bindung von Merkmalskodes um ein relativ universelles Prinzip der kognitiven Repräsentation von Ereignissen handelt, scheint offensichtlich.

Literatur

- Abeles, M. (1991). *Corticonics: Neural circuits of the cerebral cortex*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Allport, D. A., Tipper, S. P., & Chmiel, N. R. J. (1985). Perceptual integration and postcategorical filtering. In M. I. Posner & O. S. M. Marin (Hrsg.), *Attention and performance XI* (S. 107-132). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Henderson, J. M. (1994). Two representational systems in dynamic visual identification. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123, 410-426.
- Hommel, B. (1997). Toward an action-concept model of stimulus-response compatibility. In B. Hommel & W. Prinz (Hrsg.), *Theoretical issues in stimulus-response compatibility* (S. 281-320). Amsterdam: North-Holland.
- Hommel, B. (1998). Event files: Evidence for automatic integration of stimulus-response episodes. *Visual Cognition*, 5, 183-216.
- Hommel, B. (1999). The time course of object- and event-file construction. Zur Veröffentlichung eingereichtes Manuskript.
- Hommel, B., Müsseler, J., Aschersleben, G., & Prinz, W. (1999). The theory of event coding (TEC): A framework for perception and action. Zur Veröffentlichung eingereichtes Manuskript.
- Kahnemann, D., & Treisman, A. (1984). Changing views of attention and automaticity. In R. Parasuraman & D. R. Davies (Hrsg.), *Varieties of attention* (S. 29-61). Orlando: Academic Press.
- Kahneman, D., Treisman, A., & Gibbs, B. J. (1992). The reviewing of object files: Object-specific integration of information. *Cognitive Psychology*, 24, 175-219.
- Müsseler, J., & Hommel, B. (1997a). Blindness to response-compatible stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 861-872.
- Müsseler, J., & Hommel, B. (1997b). Detecting and identifying response-compatible stimuli. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4, 125-129.
- Murthy, V. N., & Fetz, E. E. (1992). Coherent 25- to 35-Hz oscillations in the sensorimotor cortex of awake behaving monkeys. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 89, 5670-5674.
- Prinz, W. (1990). A common coding approach to perception and action. In O. Neumann & W. Prinz (Hrsg.), *Relationships between perception and action* (S. 167-201). Berlin: Springer-Verlag.
- Singer, W. (1994). The organization of sensory motor representations in the Neocortex: A hypothesis based on temporal coding. In C. Umiltà & M. Moscovitch (Hrsg.), *Attention and Performance XV: Conscious and Nonconscious Information Processing* (pp. 77-107). Cambridge, MA: MIT Press.
- Stoet, G., & Hommel, B. (1999). Effect of object-feature integration on action planning. Zur Veröffentlichung eingereichtes Manuskript.
- Stoet, G., & Hommel, B. (im Druck). Action planning and the temporal binding of response codes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*.
- Treisman, A. (1988). Features and objects: The fourteenth Bartlett memorial lecture.

- Quarterly Journal of Experimental Psychology, 40A, 201-237.
- Treisman, A. (1996). The binding problem. *Current Opinion in Neurobiology*, 6, 171-178.
- Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- von der Malsburg, C. (1981). The correlation theory of brain function. Internal report. Göttingen: Max-Planck Institute for Biophysical Chemistry.
- Wühr, P., & Müsseler, J. (1997). Time course of the blindness to response-compatible stimuli. Max-Planck Institute for Psychological Research, Paper 2/1997. München.