

**Merkmalsintegration und Abruf als wichtige Prozesse der Handlungssteuerung –  
eine Paradigmen-übergreifende Perspektive**

Christian Frings<sup>1</sup>, Iring Koch<sup>2</sup>, Klaus Rothermund<sup>3</sup>, David Dignath<sup>4</sup>, Carina Giesen<sup>3</sup>,  
Bernhard Hommel<sup>5</sup>, Andrea Kiesel<sup>4</sup>, Wilfried Kunde<sup>6</sup>, Susanne Mayr<sup>7</sup>, Birte Moeller<sup>1</sup>, Malte  
Möller<sup>7</sup>, Roland Pfister<sup>6</sup>, Andrea Philipp<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Trier, <sup>2</sup>Universität Aachen, <sup>3</sup>Universität Jena, <sup>4</sup>Universität Freiburg, <sup>5</sup>Universität Leiden,  
<sup>6</sup>Universität Würzburg, <sup>7</sup>Universität Passau

*Psychologische Rundschau*, In Press

Korrespondenz  
Christian Frings  
Lehrstuhl für Allgemeine Psychologie & Methodenlehre  
Campus 1, Universität Trier  
54286 Trier  
[chfrings@uni-trier.de](mailto:chfrings@uni-trier.de)

## Zusammenfassung

Die Kognitionspsychologische Grundlagenforschung zur Handlungskontrolle hat inzwischen eine große Zahl sehr spezifischer Aspekte von Handlungen in diversen Experimentalparadigmen isoliert und beleuchtet, sodass der gegenwärtige Forschungsstand durch eine kaum übersehbare Flut unverbundener Phänomene und paradigmenspezifischer Modellvorstellungen gekennzeichnet ist. In dem hier vorgeschlagenen Rahmenmodell (*Binding and Retrieval in Action Control*, BRAC) werden die für Handlungen wichtigsten Prozesse paradigmensübergreifend beschrieben, systematisch eingeordnet und in ein Rahmenmodell transferiert, bei dem Merkmalsintegration und Merkmalsabruf als wichtige Mechanismen der Handlungssteuerung dienen. Wir zeigen exemplarisch auf, wie das Rahmenmodell etablierte, aber bislang unabhängig voneinander untersuchte Phänomene der Handlungs-Forschung mithilfe derselben Mechanismen erklärt. Dieses Modell birgt neben seiner Ordnungs- und Integrationsfunktion die Möglichkeit, Phänomene auch aus anderen Forschungskontexten in der Sprache des Modells zu reformulieren. Das Modell soll Wissen aus der Kognitionsforschung bzw. Allgemeinen Psychologie innovativ kondensieren und anderen Disziplinen zur Verfügung stellen.

Key words: Handlungssteuerung; Handlungskontrolle; Merkmalsintegration und Merkmalsabruf

Abstract

Cognitive psychology research on action control investigated actions in experimental paradigms that tried to isolate specific aspects of actions. The result is an abundance of paradigm-specific results and models. Here we propose an overarching perspective summarizing the paradigm-specific results in a framework (*Binding and Retrieval in Action Control*; BRAC) that is mainly based on the mechanisms that emerged as important mechanisms of action control in previous research, namely binding and retrieval. We then use this approach to explain established effects from the realm of action control. The BRAC framework structures the experimental literature on action control but it can also be extended towards research areas of psychology and effects in these research areas can be re-formulated within this framework at a micro-process level. The BRAC framework condenses the results on action control from cognitive psychology and allows transfer of this condensed knowledge to other areas of psychology.

Key words: action control; feature integration; feature-based episodic retrieval

Der Griff zur Kaffeetasse, das morgendliche Zähneputzen, das Benutzen der Tastatur beim Schreiben eines Textes aber auch der Tritt ins Bremspedal beim plötzlichen Auftauchen einer Gefahrensituation – all das sind (zum Teil alltägliche) Handlungen. Das definierende Element einer Körperbewegung, die als „Handlung“ charakterisiert werden kann, ist die mentale Repräsentation eines Zieles, das dem beobachtbaren Verhalten vorangeht. Die Komplexität der Bewegungen mag zum Beispiel das Drücken einer Taste in einem typischen Computer-basierten Experiment in einem psychologischen Labor von der Handlung ‚Kaffee kochen‘ unterscheiden – der entscheidende kognitive Teil der Handlung, die Planung und Auswahl von Körperbewegungen zum Zwecke der Erreichung eines Ziels, ist jedoch vergleichbar – die Tasse in der Hand, die polierten Zähne, das Wort auf dem Bildschirm, die Verlangsamung des Fahrzeugs (Prinz, 1998). Gleichwohl fokussieren wir in diesem Artikel auf Handlungen, die auf vergleichsweise einfache und schnell erreichbare Effekte ausgerichtet sind, ohne zu bestreiten, dass es Handlungen gibt, die stärker reflexive Komponenten des Abwägens und Entscheidens in Anspruch nehmen (diese grobe Differenzierung findet eine Entsprechung in Ansätzen aus verschiedenen Forschungsfeldern, z.B. Strack & Deutsch, 2004; Kahneman, 2011; Norman & Shallice, 1986; Northoff, 2015; Roediger & McDermott, 1993).

Handlungen sind der einzige Weg, wie Menschen Einfluss auf ihre Umwelt nehmen können- es ist daher wenig verwunderlich, dass sich die Psychologie seit ihren Anfängen mit der Frage beschäftigt, wie Menschen handeln oder selbiges lernen (z.B. Ach, 1910/2006; James, 1890; Prinz, 1998). Es werden seit jeher starke Bezüge zwischen Wahrnehmung und Handlung, Aufmerksamkeit und Handlung, Lernen und Handlung, und Gedächtnis und Handlung postuliert. Das Ausmaß, in dem diese separat beforschten Aspekte des kognitiven Systems gemeinsam betrachtet wurden, unterlag allerdings bestimmten theoretischen Strömungen. Die aktuelle Wahrnehmungsforschung betont das Zusammenspiel von

Wahrnehmung und Handlung in besonderem Maße (Gegenfurtner et al., 2010, 2011), etwa dahingehend, dass der Vergleich zwischen vorhergesagten und realen Verhaltenskonsequenzen, der Validierung von Wahrnehmungsprozessen dient. Eine ähnlich große Bedeutung von Handlungsprozessen lässt sich für den Bereich der Aufmerksamkeit konstatieren – seit den 1980er Jahren werden Aufmerksamkeitsprozesse hinsichtlich ihrer Funktion für die Handlungssteuerung betrachtet (,selection for action‘, vgl. Allport, 1987; Neumann, 1990). Auch für die Forschungsgebiete des Lernens und des Gedächtnisses lassen sich enge Bezüge zum Handlungskonzept in der Literatur finden (z.B. besserer Gedächtnisabruf für ausgeführte Handlungen; zum Überblick Engelkamp & Zimmer, 1989; Engelkamp & Cohen, 1991). Trotz der offenkundigen Beziehungen zum Handlungsbegriff wurden beispielsweise in gängigen Lehrbüchern die kognitiven Leistungen des Menschen separat und vor allem unabhängig vom Handlungsbegriff diskutiert– teilweise fehlte sogar das Kapitel zur Handlung selbst.

Ein wichtiger Schritt zu einer integrativen Betrachtung mentaler Funktionen, war die Annahme einer zumindest partiell überlappenden internen Kodierung von Handlung und Wahrnehmung (vgl. Prinz, 1990). Historischer Vorläufer dieses „common coding“ Ansatzes ist das sogenannte ‚ideomotorische Prinzip‘ (James, 1890; Greenwald, 1970; Hoffmann, 1993 Kunde, 2006) — also die Annahme, dass Körperbewegungen durch die Antizipation ihrer beabsichtigten perzeptuellen Effekte (der „Idee“) kodiert, ausgewählt und gesteuert werden. Dazu muss zunächst eine beidseitige Assoziation zwischen einem gerade aktiven motorischen Muster und den dadurch erzeugten sensorischen Effekten erlernt werden, sodass später die Reaktivierung der Effektvorstellung (der „Idee“) das dazu benötigte motorische Muster aktivieren kann (Harless, 1861). Handlungspläne sind daher von perzeptueller Natur (da die sensorischen Konsequenzen Teil der Handlungskodierung sind), sodass sowohl

wahrgenommene, als auch durch Körperbewegungen erzeugte Ereignisse (Handlungen) in einem gemeinsamen Format repräsentiert sind.

Auch wenn Handlungen durch Ziele, also in der Zukunft liegende, angestrebte Zustände definiert sind, handeln Menschen immer unter bereits gegebenen situativen Umständen. Solche Umstände bestimmen unser Handeln auf unterschiedliche Weise. Sie legen fest, welche Ziele aktuell verfolgt werden können oder rufen Ziele in Erinnerung. In einfachen Experimentalsituationen sind diese situativen Umstände oft durch Reize definiert. In einer Wahlreaktionsaufgabe wird einer Versuchsperson zum Beispiel aufgetragen, auf ein bestimmtes Reizmerkmal, wie der Farbe eines Objektes, ein bestimmtes Ziel zu verfolgen, zum Beispiel eine linke Taste zu betätigen, oder genauer, die sensorische Rückmeldungen einer gedrückten linken Taste zu erzeugen. Wir werden weiter unten argumentieren, dass die Bindung von Reizen und Zielen ein zentraler Mechanismus der Handlungskontrolle darstellt.

Die ideomotorische Sichtweise hat in der Allgemeinen Psychologie besonders im deutschsprachigen Raum Anklang gefunden und die Forschung zur Handlung bzw. zum Zusammenspiel von Handlungen und kognitiven Prozessen erheblich stimuliert. Gleichzeitig hat das wachsende Interesse am Begriff der Handlung aber auch eine Reihe spezifischer Paradigmen und Phänomene hervorgebracht, die den Blick auf die gemeinsamen Randbedingungen menschlicher Handlungskontrolle wieder etwas verstellen. In diesem Artikel möchten wir deshalb eine paradigmengreifende Perspektive auf Handlungen vorschlagen, die auf grundlegende Prozessen und Mechanismen beruht, welche den Phänomenen in häufig genutzten Untersuchungsparadigmen zugrunde liegen.

*Merkmalsintegration und Abruf als wichtige Elemente der Handlungssteuerung*

Betrachtet man Erklärungsansätze zu etablierten Phänomenen der Handlungssteuerung, wie zum Beispiel Aufgabenwechselkosten (zum Überblick Kiesel et al., 2010; Koch, Poljac, Müller, & Kiesel, 2018), Negative-Priming-Effekten (zum Überblick Frings, Schneider, & Fox, 2015), oder dem Gratton-Effekt (zum Überblick Verguts & Notebaert, 2008), so springt die Bedeutung von Reiz-Reaktions-Bindungen (sowohl deren Integration als auch deren Abruf) zur Erklärung dieser Phänomene ins Auge: in allen Fällen wird typischerweise argumentiert, dass Merkmale von Reizen und Merkmale von Handlungen gemeinsam enkodiert werden. Die weitgehend geteilte Idee besteht darin, dass Merkmale von Reizen, Reaktionen<sup>1</sup> und ggfs. dadurch erzeugten sensomotorischen Effekten in eine gemeinsame Episode integriert werden (z.B. Prinz, 1998; Janczyk 2016), die beim späteren Auftreten eines oder mehrerer integrierter Merkmale zu einem automatischen Abruf (d.h., der erneuten Aktivierung) dieser Episode führen (Hommel, 2004; Logan, 1988, 1990). So können sowohl Erleichterungseffekte als auch Interferenzeffekte entstehen: Wenn zum Beispiel die Wiederholung eines Reizmerkmals eine gerade gebildete Episode reaktiviert, dann fällt die Ausführung genau derselben Reaktion in der Regel leichter, während die Ausführung einer anderen Reaktion hingegen mühsamer und fehleranfälliger wird (Hommel, 2004). Da der Abruf von Episoden durch die Wiederholung von Merkmalen ausgelöst ist, können episodenduzierte Performanzmodulationen prinzipiell in allen experimentellen Paradigmen mit einer sequenziellen Struktur auftreten – selbst wenn dies gar nicht im eigentlichen Interesse der Forscher liegt (vgl. Wühr & Frings, 2008; Janczyk & Kunde, 2010).

---

<sup>1</sup> Wenn wir vereinfachend von Reaktionen sprechen, meinen wir damit ein im Experiment beobachtbare Verhaltensäußerung wie einen Tastendruck. Genau betrachtet sind aus Sicht des ideomotorischen Handlungsbegriffs „Reaktionen“ nicht direkt kontrollierbar, sondern lediglich Repräsentationen der meist körperbezogenen sensorischen Konsequenzen dieser Verhaltensäußerung, wie etwa das taktile Feedback beim Niederdrücken einer Taste. Zusätzlich erzeugen solche Verhaltensäußerungen weitere, meist körperfernere Konsequenzen, die hier zusammengefasst als „Effekte“ bezeichnet werden.

Es ist wichtig zu betonen, dass den Paradigmen der experimentellen Psychologie, auf welche hier Bezug genommen wird, eben jene sequentielle Struktur zu eigen ist. Das bedeutet aber auch, dass hier zunächst Handlung als eine Wahlreaktion in einer sequentiellen Versuchsanordnung operationalisiert wird, in welcher Durchgang n-1 auf den Folgedurchgang n Einfluss nimmt. Dabei wird typischerweise versucht, weitere episodische Einflüsse (oder gar Kontingenzen) zu verhindern. Die paradigmenspezifischen Theorien zur Handlungssteuerung sind oft vor diesem klar definierten aber eben auch vom Alltagsverständnis abgegrenzten Handlungsbegriff entstanden, so dass z.B. Bezüge zu Gedächtnis- oder Lernprozessen zunächst nicht nahe liegen. Im Gegenteil entstammen wichtige Überlegungen zur Handlungssteuerung aus dem Bereich der Wahrnehmung (Treisman, 1980; Hommel, 2004) – die Integration von Reiz- und Reaktionsmerkmalen wird als etwas Temporäres und vor allem Flexibles angesehen, um adaptiv handeln zu können. Integrierte Merkmalskombinationen zerfallen demnach relativ schnell nach der Handlung, um für Folgehandlungen erneut zur Verfügung zu stehen – sie können höchstens in Durchgang n erneut abgerufen und re-aktiviert werden, wenn sie in Durchgang n-1 vorkamen. Für langfristige Merkmalskombinationen ist zunächst in vielen Paradigmen-spezifischen Modellen der Handlungssteuerung kein Platz. Wir werden jedoch weiter unten das hier vorgeschlagene Rahmenmodell zu Ansätzen aus den Bereichen Lernen und Gedächtnis in Beziehung setzen, in denen die n-1 → n Logik und Struktur ersetzt wird durch Kontingenz von Handlungen und Reizen, welche dann über einen längeren Zeitraum abrufbar bleiben. Letztlich ist es zwar einerseits wichtig, dass Merkmalsintegration und – abruf ein flexibles System darstellen, mit dem adaptiv operiert werden kann, gleichzeitig ist es natürlich sinnvoll, dass nicht jede (auch schon oft ausgeführte Handlung) immer wieder neu enkodiert werden muss. Der Bezug zu Lernen und Gedächtnis ist demnach für ein Handlungsmodell zwingend.

Dass Merkmalsintegration und Gedächtnisabruf wichtig sind für die Handlungssteuerung, ist sicherlich keine neue Erkenntnis. Neu ist jedoch das Gewicht, das dieser Einsicht zukommt, besonders vor dem Hintergrund der Tatsache, dass die zugrundeliegenden Prozesse der Integration und des Abrufs flexibler und umfassender arbeiten, als ursprünglich angenommen (vgl. Henson, Eckstein, Waszak, Frings & Horner, 2014). Um dieses Gewicht systematisch abschätzen zu können, wurden experimentelle Paradigmen zur Messung von Merkmalsintegration und -abruf entwickelt (Frings, Rothermund & Wentura, 2007; Hommel, Memelink, Zmigrod & Colzato, 2014; Rothermund, Wentura, & De Houwer, 2005), die als Ausgangspunkt für eine Paradigmen-übergreifende Sicht auf sequentielle Effekte dienen können (vgl. Hommel, 2016; Schmidt, De Houwer & Rothermund, 2016).

### *Das BRAC Rahmenmodell*

#### *(Binding and Retrieval in Action Control)*

Diese Paradigmen-übergreifende Sichtweise soll mit dem hier vorgeschlagenen Rahmenmodell erreicht werden. Es stellt den Versuch dar, das aus einzelnen Experimental-Paradigmen gewonnene Wissen systematisch in einem heuristischen Rahmenmodell abzubilden, und dabei den Fokus auf die Prozesse der Merkmalsintegration (*Binding*) und des Abrufs (*Retrieval*) zu legen.

Um eine Handlung auszuführen, müssen handlungs-relevante Reize sowie Merkmale der auszuführenden Reaktion intern repräsentiert werden. Typischerweise wird angenommen, dass die Handlung mit Ausführung der entsprechenden Körperbewegung und Wahrnehmung der dadurch verursachten Effekte abgeschlossen ist. Unter Handlungssteuerung fasst das BRAC Rahmenmodell demnach Prozesse der Auswahl zwischen Handlungsalternativen,

Merkmalsintegration und Abruf als wichtige Prozesse der Handlungssteuerung

sowie die Initiierung und die Ausführung der gewählten Handlung. Weiter nimmt das Rahmenmodell an, dass Merkmale von Reizen, Merkmale der Reaktion und Merkmale des Handlungseffektes in eine gemeinsame Episode integriert werden (siehe Abbildung 1). Eine beliebige Wiederholung eines (Reiz-, Reaktions-, Effekts-)Merkmals führt zum automatischen Abruf der gesamten Episode im Sinne der Theorie der Ereigniskodierung (*theory of event coding*; TEC; Hommel, Müsseler, Aschersleben, & Prinz, 2001) bzw. *instance theory* (Logan, 1988, 1990) und moduliert damit die Ausführung der darauffolgenden Handlung; dies führt in Abhängigkeit der aktuell auszuführenden Handlung zu Nutzen- oder Kosten (je nachdem, ob die abgerufene Reaktion zu der aktuell auszuführenden identisch ist oder mit ihr interferiert), die jedoch durch denselben Abrufmechanismus entstehen. Eine wichtige Implikation ist es deshalb, die beobachteten Einflüsse klar von den zugrunde liegenden Mechanismen zu trennen. In Paradigmen mit einer sequentiellen Struktur (also einer „Durchgang n-1 wirkt auf Durchgang n“ - Logik) werden typischerweise zwei Prozesse indirekt gemessen, nämlich Spuren der Merkmalsintegration in Durchgang n-1 und der durch die aktuelle Handlungssituation in Durchgang n initiierte Abruf.

Im Kern des BRAC Rahmenmodells stehen die Prozesse der Integration von Merkmalen und des Abrufs durch die Wiederholung von Merkmalen. In vielen Paradigmen zur Untersuchung der Handlungssteuerung wird typischerweise nicht zwischen diesen beiden Prozessen separiert, d.h. die beobachteten Phänomene basieren auf einem Zusammenspiel beider Mechanismen. Allerdings wirken möglicherweise experimentelle Modulationen (z.B. Aufmerksamkeitsausrichtung durch Instruktion oder Salienz) in sequentiellen Anordnungen exklusiv entweder auf Integration *oder* Abruf (vgl. die Debatte zur Bedeutung der Aufmerksamkeit für Reiz-Reaktions-Kopplungen, Giesen, Frings & Rothermund, 2012; Hommel, 2005; Moeller & Frings, 2014; Ihrke, Behrendt, Schrobsdorff, Herrmann & Hasselhorn, 2007; Henson et al., 2014). Ein wichtiger Aspekt des hier vorgeschlagenen

Rahmenmodells ist deshalb die konzeptuelle Trennung von Integration und Abruf als separat wirkende Prozesse und der daraus resultierende Versuch, diese Mechanismen auch empirisch zu trennen.

Wie oben erwähnt, nehmen wir an, dass Merkmalsintegration sich auf eine komplette Handlungsepisode bezieht, d.h. Reizmerkmale, Reaktionsmerkmale und Merkmale der durch die Reaktion erzielten Effekte werden gemeinsam in einer Episode integriert (siehe Abbildung 1). Hierbei wird eine Repräsentation der Reize, Reaktionen und Effekte angenommen, die über einfache sensorische Merkmale hinausgehen. Genauer postulieren wir, dass neben den sensorischen Merkmalen eines Reizes kategoriale, semantische oder weitere Kontextmerkmale Bestandteil einer Episode werden können. In ähnlicher Weise können Effekte sensorische, semantische oder auch affektive Merkmale umfassen (Eder, Pfister, Dignath, & Hommel, 2017; Koch & Kunde, 2002; Hommel, Lippelt, Gurbuz, & Pfister, 2017). Letztlich sind Reize und Effekte auf der Ebene der internen Repräsentation äquivalent.

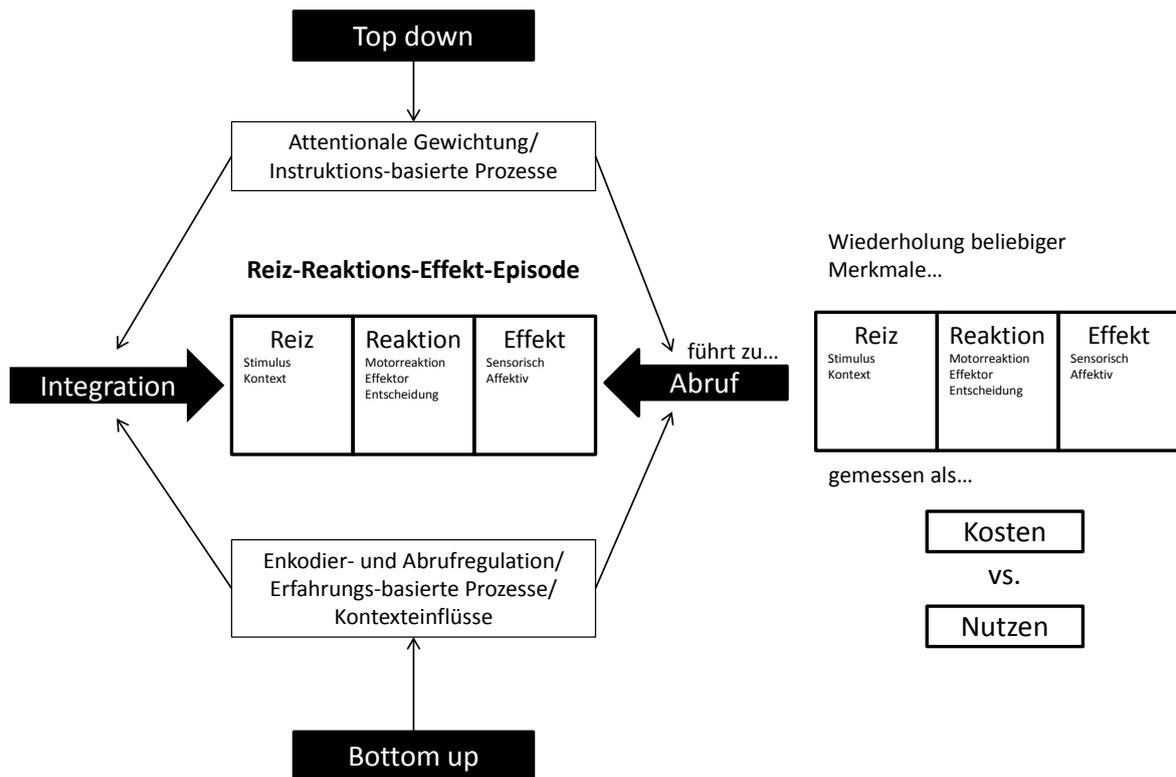
Ein weiterer wichtiger Bestandteil des Modells besteht in der Separierung explizit intendierter willkürlicher Einflüsse (vereinfacht: *top-down*) und eher unwillkürlicher Einflüsse (vereinfacht: *bottom-up*)<sup>2</sup>. In etablierten Experimental-Paradigmen der Handlungssteuerung ist es üblich, per Instruktion aufgaben-relevante Merkmale zu definieren, auf welche Probanden reagieren müssen – dies wiederum beeinflusst die Verarbeitung (sprich Integration und Abruf) von relevanten Merkmalen der Reize, der Reaktionen und der damit produzierten Effekte. Unabhängig davon wirken jedoch eher unwillkürliche Einflüsse auf Integration und Abruf (vgl. z.B. Frings & Rothermund, 2011, 2017; Van Dam & Hommel, 2010). Im BRAC Rahmenmodell wird neben der konzeptuellen Trennung von Integrations- und Abrufprozessen die Wirkung willkürlicher Einflüsse und unwillkürlicher Einflüsse

---

<sup>2</sup> Für eine aktuelle Diskussion der Debatte *top-down* versus *bottom-up* und warum diese Simplifizierung den Finissen des kognitiven Systems nicht gerecht wird siehe Hommel und Wiers (2017).

## Merkmalsintegration und Abruf als wichtige Prozesse der Handlungssteuerung

postuliert. Entscheidend ist, dass beide Einflüsse unabhängig auf Integrations- und Abrufprozesse wirken können.



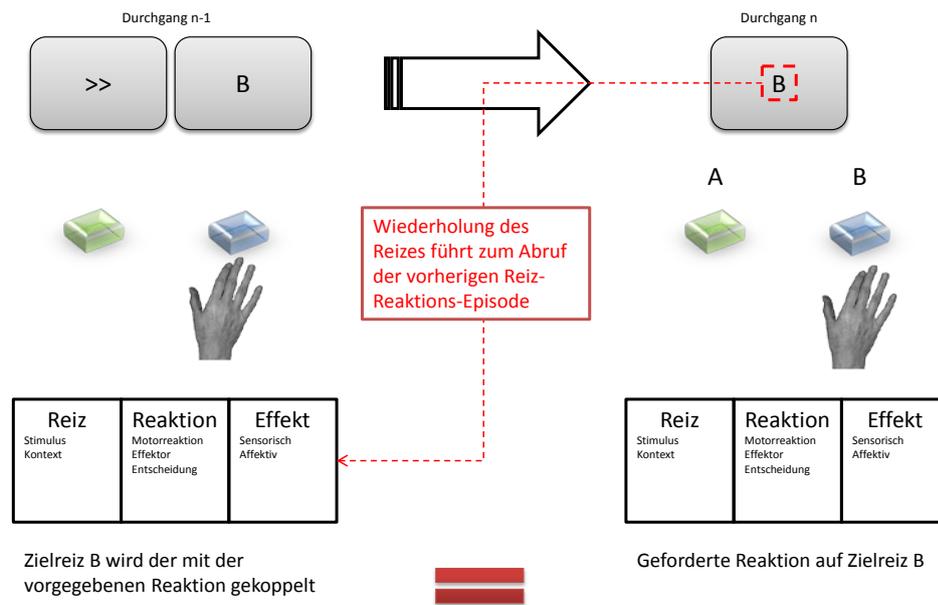
**Abbildung 1:** Das BRAC Rahmenmodell (*Binding and Retrieval in Action Control*)

### Erklärung von Standard-Effekten mithilfe des BRAC Rahmenmodells

Um die Idee des Rahmenmodells besser zu veranschaulichen, wollen wir es exemplarisch auf vier kognitionspsychologische Standardphänomene aus dem Bereich der Handlungssteuerung anwenden: den *S1R1-S2R2-Bindungseffekt* (Hommel, 1998), *Negative Priming* (zum Überblick Frings et al., 2015), *Konfliktadaption* (z.B. Gratton, Coles & Donchin, 1992) und *Aufgabenwechselkosten* (zum Überblick Kiesel et al., 2010).

Hommel (1998) entwickelte das S1R1-S2R2-Paradigma, um Merkmalsintegrationsprozesse in der Handlungssteuerung zu erforschen. Versuchspersonen reagieren jeweils auf zwei Reize: auf einen Stimulus 1 (S1) mit einer vorher angezeigten von S1 logisch unabhängigen Reaktion (R1) und direkt danach auf einen Stimulus 2 (S2) mit einer von S2 (zum Beispiel seiner Form oder Farbe) abhängigen Klassifikationsreaktion (R2). Dieses komplexe Design erlaubt die orthogonale Wiederholung bzw. Alternierung der Reaktion (R1-R2) und beliebiger Reizmerkmale innerhalb eines Durchgangs und es erzeugt ein sehr robustes Phänomen: Wiederholt sich auch nur ein Reizmerkmal, fällt die Veränderung der Reaktion (d.h. zwischen R1 und R2) sehr viel schwerer. Dieser Befund legt nahe, dass die Merkmale des S1/R1 Ereignisses in eine gemeinsame Episode integriert wurden und dass diese gesamte Episode durch die Wiederholung eines Reizmerkmals reaktiviert wurde (Hommel, 1998, 2004). Dies führt zu einer erleichterten Auswahl der Handlung, wenn die aktuelle Kombination von Reiz- Reaktions- und Effektmerkmalen mit der vorherigen übereinstimmt und zur Interferenz, wenn das nicht der Fall ist. Befundmuster dieser Art lassen sich sowohl für Kombinationen der Reaktion und der aufgabenrelevanten Reizmerkmale nachweisen als auch für Kombinationen der Reaktion und vollständig irrelevanter Reizmerkmale (Rothermund et al., 2005; Frings et al., 2007). Eine Verallgemeinerung dieser Beobachtungen wird als Kern des BRAC Rahmenmodells verwendet – wir nehmen an, dass es in jedem beliebigen Durchgang n-1 zur Integration der Reiz- und Reaktionsmerkmale kommt und diese Episode spontan enkodiert wird (vgl. Abbildung 2a). Wird nun ein beliebiges Merkmal des Reizes in Durchgang n wiederholt, wird die vorherige Reiz-Reaktion-Effekt-Episode automatisch reaktiviert. Wenn die Reaktion in Durchgang n-1 mit der in Durchgang n geforderten Reaktion übereinstimmt, kommt es zu einer effizienteren Handlungsauswahl in Durchgang n, als wenn das nicht der Fall ist.

## Merkmalsintegration und Abruf als wichtige Prozesse der Handlungssteuerung



**Abbildung 2a: S1R1-S2R2-Sequenzeffekte erklärt mit dem BRAC Rahmenmodell**

Ebenso lässt sich der typische Befund des *Negative Priming* erklären (Tipper, 1985, 2001). In der theoretisch relevanten Experimentalbedingung wird hier ein in Durchgang n-1 präsentierter Distraktor als Zielreiz in Durchgang n wiederholt; dies führt zu Leistungseinbußen (z.B. hinsichtlich der Reaktionszeit und der Fehlerrate). Das *Negative Priming*-Paradigma wurde entwickelt, um die Verarbeitung von irrelevanter Information in selektiven Handlungssituationen zu analysieren (vgl. D'Angelo, Thomson, Tipper, & Milliken, 2016). Bezogen auf das BRAC Rahmenmodell kann man argumentieren, dass in Durchgang n-1 die Reizkonfiguration bestehend aus Ziel- und Distraktorreiz zusammen mit der Reaktion enkodiert wird und im Folgedurchgang n durch die Wiederholung eines Reizes ein Abrufprozess initiiert wird, der die in Durchgang n-1 abgegebene Reaktion beinhaltet, welche inkompatibel zur in Durchgang n geforderten Reaktion ist (Mayr & Buchner, 2006;

Rothermund et al., 2005; vergleiche Abbildung 2b). Die Überwindung dieser so erzeugten Interferenz führt zu den beobachtbaren Leistungseinbußen.

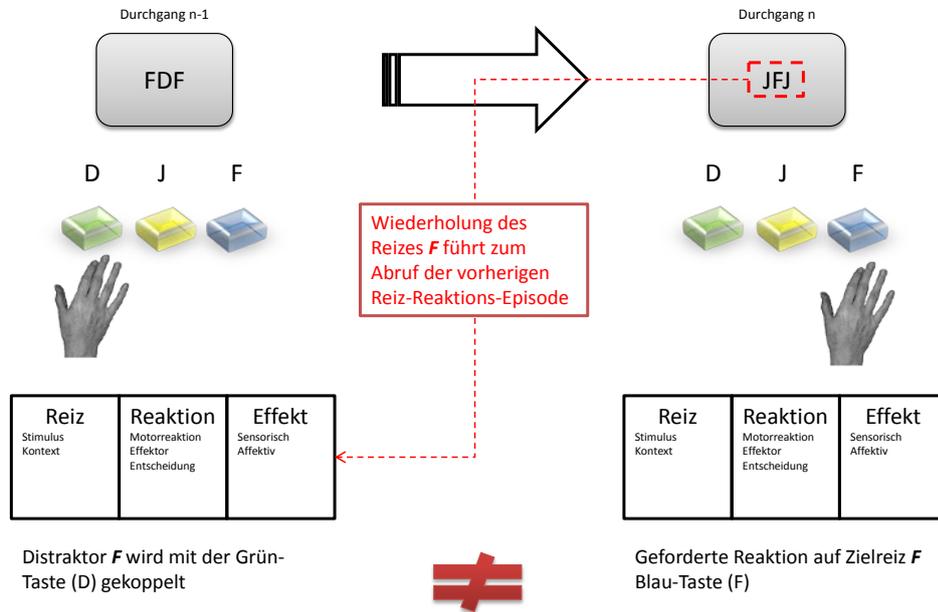


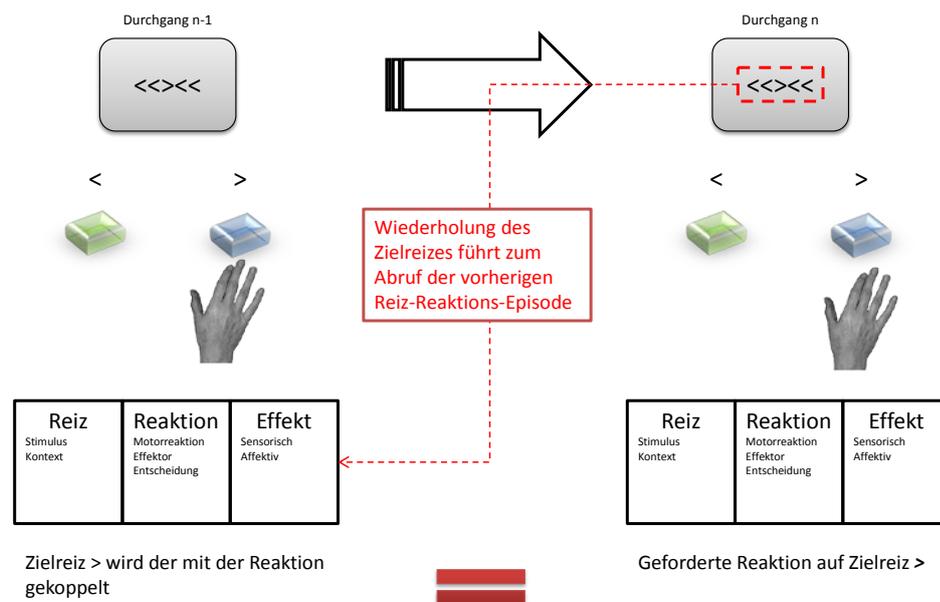
Abbildung 2b: Performanzeinbußen im *Negative Priming*-Paradigma erklärt mit dem BRAC

### Rahmenmodell

Schließlich lassen sich sequentielle Kongruenzeffekt-Modulationen (Gratton-Effekt; zum Überblick Verguts & Notebaert, 2008) im Konfliktadaptionsparadigma durch Kopplung von Reiz-Reaktions-Episoden und deren Abruf darstellen (Davelaar & Stevens, 2008). Typischerweise wird hier das Eriksen-Flanker-Paradigma (Eriksen & Eriksen, 1974) verwendet, in welchem Probanden die Richtung des mittleren Zielreizes (< oder >) per Tastendruck klassifizieren müssen. Man beobachtet nun weniger Konflikt nach inkongruenten Durchgängen statt nach kongruenten Durchgängen (Konflikt wird hierbei über die Performanzdifferenz zwischen kongruenten >>>> und inkongruenten <<<< Durchgängen erfasst). Dies wurde mit einer Anpassung an Aufmerksamkeitsressourcen erklärt – d.h. das

## Merkmalsintegration und Abruf als wichtige Prozesse der Handlungssteuerung

kognitive System kontrolliert die Verarbeitung der Flankierreize in Durchgang n angepasst an den gerade zuvor erlebten Konflikt in Durchgang n-1 (Botvinick, Braver, Barch, Carter, & Cohen, 2001). Diese vermeintliche Konfliktadaptation lässt sich jedoch auch durch Reiz-Reaktions-Episoden und deren Abruf darstellen (Davelaar & Stevens, 2008; Mayr, Awh, & Laurey, 2003). In der Literatur gibt es Befunde, dass der Gratton-Effekt vor allem nach Reaktionswiederholungen beobachtet wird. Typischerweise geht in diesem Paradigma eine Reaktionswiederholung mit einer Zielreizwiederholung einher, so dass der geringere Konflikt in Durchgang n-1 nach inkongruenten Durchgängen durch den Abruf der kompatiblen Reaktion aus Durchgang n erklärt werden kann (vgl. Hommel, Proctor, & Vu, 2004).



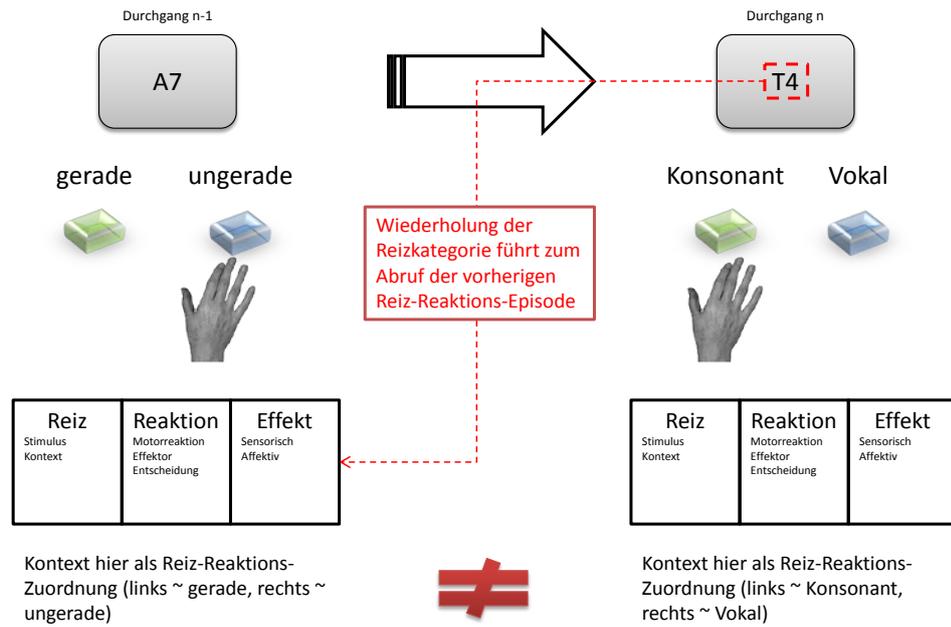
**Abbildung 2c: Reduzierter Konflikt (Gratton-Effekt) erklärt mit dem BRAC Rahmenmodell**

Auch wenn mittlerweile Kompromissmodelle diskutiert werden, in denen Konfliktadaptation im Sinn von Botvinick et al. (2001) weiter eine wichtige Rolle spielt, ohne Abrufprozesse miteinbeziehen zu müssen, so ist dennoch klar, dass episodischem Abruf von

Reiz-Reaktions-Kopplungen (im Sinne des hier vorgeschlagenen Rahmenmodells) ebenfalls eine Rolle beim Gratton-Effekt zukommen kann.

Schließlich wurde das Aufgabenwechsel-Paradigma entwickelt, um die Flexibilität von Handlungskontrollprozessen zu analysieren, die erforderlich ist, weil sich in dynamischen Umwelten Handlungsziele schnell verändern. In einer Variante des Aufgabenwechsel-Paradigmas müssen Probanden in einer festen Abfolge erst Buchstaben und dann Zahlen klassifizieren (Buchstaben werden als Konsonant versus Vokal, Zahlen als gerade versus ungerade klassifiziert), wobei die präsentierte Reizkonfiguration sowohl Buchstaben als auch Zahlen enthält (Rogers & Monsell, 1995). Der typische Befund ist, dass ein Wechsel der Aufgabe von Durchgang n-1 zu Durchgang n zu Leistungseinbußen führt – verglichen mit einer Wiederholung der Aufgabe von Durchgang n-1 zu Durchgang n. Das Rahmenmodell würde nun annehmen, dass in einem Durchgang n-1, in dem zum Beispiel ein Buchstabe klassifiziert wird, die entsprechenden Reize, die Reaktion und die Effekte der Reaktion in einer Reiz-Reaktions-Episode enkodiert werden (vergleiche Abbildung 2d). Zu dieser Reiz-Reaktionsepisode gehört ebenfalls der Reizkontext, d.h. hier die instruierte Zuordnung der Reize zu Reaktionen. Wenn nun wie im Beispiel dargestellt im Durchgang n die Aufgabe wechselt und ein Buchstabe klassifiziert werden muss, führt die Wiederholung der Reizkategorien zu einem Abruf der vorherigen Episode inklusive des Kontextes. Bei der Auswahl der Reaktion in Durchgang n interferiert der Reizkontext (die Zuordnung der Buchstaben zu Reaktionen) mit dem abgerufenen Reizkontext (die Zuordnung der Zahlen zu denselben Reaktionen), der in Durchgang n-1 benötigt wurde, um die Aufgabe zu lösen; die Überwindung dieser Interferenz verursacht Wechselkosten (vgl. Koch, Frings, & Schuch, 2017, im Hinblick auf Reaktionswiederholungseffekte beim Aufgabenwechsel).

## Merkmalsintegration und Abruf als wichtige Prozesse der Handlungssteuerung



**Abbildung 2d: Wechselkosten im Aufgabenwechsel-Paradigma erklärt mit dem BRAC Rahmenmodell**

Darüber hinaus können viele weitere Spielarten diverser ‚Priming‘-Effekte (evaluatives Priming, Reaktions-Priming, Wiederholungs-Priming) ebenfalls durch die grundlegenden Prozesse der Reiz-Reaktions-Effekt-Enkodierung und einen davon unabhängigen Abrufprozess eben dieser Handlungsepisoden dargestellt werden (Henson et al., 2014).

*Das BRAC Rahmenmodell: theoretische Implikationen für die Handlungssteuerung*

Die Forschung in den einzelnen kurz skizzierten Paradigmen ist in realiter deutlich spezifischer und komplexer als es eine Darstellung hier erlaubte. Der Anspruch des BRAC Rahmenmodells muss es sein, trotz der paradigmengreifenden Perspektive dieses Detailniveau nicht aus dem Blick zu verlieren. Aufgrund der Struktur-analogen Versuchsanordnung (Durchgang n-1 vor Durchgang n, in welchem die Effekte gemessen werden) in vielen Paradigmen erscheint dieser Anspruch jedoch erreichbar. In vielen Spielarten des ‚Primings‘ und anderer Effekte der Handlungssteuerung werden sequentielle Versuchsanordnungen genutzt; d.h. eine Reizpräsentation in Durchgang n-1 wird bearbeitet oder ignoriert und beeinflusst eine darauffolgende Reaktion auf eine weitere Reizpräsentation in Durchgang n. Dieses Grundschemata wird im BRAC Rahmenmodell abgebildet: Die wichtigen Prozesse der Integration von Reiz-, Reaktions- und Effektmerkmalen (*Binding*) in eine gemeinsame Repräsentation einerseits sowie der Abruf (*Retrieval*) einer solchen Episode andererseits beschreiben fundamentale Prozesse der Handlungssteuerung (*Action Control*).

***Breiteres Verständnis von Handlungsepisoden: Reiz-Reaktions-Effekt-Episoden als Basis der Handlungssteuerung.*** Die Differenzierung in komplexe Reiz-Reaktions-Effekt-Episoden, die auf unterschiedlichen Repräsentationsebenen (sensorisch, abstrakt/konzeptuell, motorisch, affektiv) entstehen, macht die Anwendung des Modells auf unterschiedliche experimentelle Phänomene möglich. Zudem wird so klar, dass die ursprünglich relativ eng konzipierte Idee der partiell gemeinsamen Kodierung von Reiz- und Reaktionsmerkmalen – wie sie zum Beispiel in der *theory of event-coding* (Hommel et al., 2001) beschrieben wird – breiter gedacht werden muss (vgl., Henson et al., 2014; Singh, Moeller, & Frings, 2016); d.h. das nicht nur perzeptuelle Merkmale von Reizen mit Reaktionen integriert werden oder zum Abruf führen können, sondern eben auch kategoriale oder semantische Merkmale. Diese erweiterte Betrachtungsweise liefert die Möglichkeit, in Abhängigkeit des Kontextes die

Merkmalsintegration und Abruf als wichtige Prozesse der Handlungssteuerung

Repräsentationsebene, welche mit der Reaktion integriert wird, zu spezifizieren: In einer typischen Handlungssteuerungs-Aufgabe, in der mit einer Zweifachwahlreaktion ein perzeptuelles Merkmal klassifiziert werden muss, gehen wir von einer direkten Integration perzeptueller Reiz- und Reaktionsmerkmalen aus. In einer Aufgabe, ohne Reizmerkmalswiederholungen aber mit Kategoriewiederholungen, werden diese nicht perzeptuellen Merkmale an die Reaktion gebunden (vgl. z.B. Singh, Moeller & Frings, 2017; Koch et al., 2017). Das BRAC Rahmenmodell lässt aber auch auf der Ebene der Reaktion zu, dass hier nicht bloße simple Reaktionsmerkmale (räumliche, Effektor-bezogene etc.) sondern auch diagnostische Urteile, welche aufgrund komplexerer und vor allem lediglich Wahrscheinlichkeiten andeutenden Hinweisreize getroffen werden müssen, als Teil der Handlungsepisode integriert und abgerufen werden, und so folgende Entscheidungen unter Unsicherheit modulieren (vgl. Nett, Bröder, & Frings, 2015, 2016). Die im Modell postulierte Flexibilität der Repräsentationen von Reiz-Reaktions-Effekt-Episoden lässt diese Differenzierung zu. Damit wird ein Bezug zu und Transfer in andere Forschungsbereiche möglich.

*Separierung der beteiligten Prozesse: Integration versus Abruf.* Darüber hinaus leistet das Rahmenmodell eine wichtige Orientierung hinsichtlich der an Handlungen (in sequentiellen Paradigmen) beteiligten Prozesse. Wie bereits diskutiert, ist die experimentelle Trennung von Integrations- und Abrufprozessen in der Literatur fast nie gegeben – stattdessen werden die beobachteten Effekte oft als Ausmaß für Integration oder Abruf interpretiert (was vor dem Hintergrund des hier skizzierten Modells undifferenziert erscheint). Kombiniert mit der Annahme, dass willkürliche und unwillkürliche Einflüsse unabhängig auf diese beiden Prozesse wirken können, können viele publizierte Befunde neu interpretiert und spezifiziert werden. Exemplarisch sei hier die Debatte zu der Frage, welche Voraussetzungen gegeben sein müssen, um Aufgaben-irrelevante Merkmale in eine Episode zu integrieren, genannt. Es

wurden verschiedene Mechanismen beschrieben, die entweder Wahrnehmungsaspekte (Gestaltgesetze: Frings & Rothermund, 2011; Figur-Grund-Segmentierungen: Frings & Rothermund, 2017) oder räumliche Aufmerksamkeit (Van Dam & Hommel, 2010) bemühten. Im BRAC Rahmenmodell lassen sich Gestaltgesetze und Figur-Grund-Segmentierung durch die erfahrungsabhängige Enkodierung abbilden. Dennoch wurde in diesen Arbeiten bislang weitgehend ignoriert, dass die experimentellen Manipulationen, die zu Gestalt-Heuristiken oder Figur-Grund-Segmentierungen führten, sowohl auf den Integrations- wie auch den Abrufprozess wirken. Es ist somit ungeklärt, welcher der Prozesse moduliert wird (vgl. hier Hommel, 2005), obschon neuste Arbeiten tatsächlich nahe legen, dass Gestalt-Heuristik in unterschiedlicher Art und Weise auf Integration und Abruf wirken (Laub, Moeller, & Frings, 2018). An diesem Beispiel wird deutlich, dass, wenn immer es das Experimental-Paradigma zulässt, Integration und Abruf separat betrachtet werden sollten und zudem bedacht werden sollte, dass stets willkürliche und unwillkürliche Prozesse separat und unabhängig auf Integration und Abruf wirken (selbst wenn dies nicht der angestrebte Untersuchungsgegenstand der Forscher ist; vgl. Henson et al., 2014; Horner & Henson, 2009).

*Umfassende Betrachtung von willkürlicher und unwillkürlicher Regulation: Top-down versus bottom-up.* Die Unterscheidung zwischen willkürlichen und unwillkürlichen Einflüssen auf Handlungen ist altbekannt (Norman & Shallice, 1986) und möglicherweise zu einfach (vgl. Hommel & Wiers, 2017). Es lässt sich unter dem BRAC Rahmenmodell jedoch eine Reihe ganz unterschiedlicher Einflüsse auf Integration und Abruf subsumieren. So ist es beispielsweise in dem Modell möglich, durch die Annahme erfahrungsgetriebener Modulationen des Integrations- und Abrufprozesses die Etablierung oder Verhinderung von Handlungsroutinen abzubilden – besonders auch im Hinblick auf affektive Komponenten von Handlungen. Es ist nicht plausibel, anzunehmen, dass jede Reiz-Reaktions-Effekt-Episode in jeder Handlungssituation integriert und zum weiteren Abruf zur Verfügung gestellt wird; dies

Merkmalsintegration und Abruf als wichtige Prozesse der Handlungssteuerung

mag besonders für ‚nicht erfolgreiche‘ Handlungen (z.B. mit Fehlerfeedback) gelten.

Modulation von Verhalten z.B. aufgrund von Abrufregulation durch affektive Konsequenzen von Handlungseffekten eröffnet jedoch die Möglichkeit, die traditionell von affektiven Konsequenzen losgelösten Handlungseffekte auch unter der Perspektive von Valenz, Feedback und Bewertungsprozessen zu analysieren.

Ähnlich organisierenden Charakter hat das Modell jedoch auch für willkürliche Mechanismen. So lassen sich Instruktionseffekte (Pfeuffer, Moutsopoulou, Pfister, Waszak, & Kiesel, 2017), oder die Planung einer Handlung (Kunde, Hoffmann, & Zellmann, 2002; Stoet & Hommel, 1999) genauso im Modell darstellen wie beispielsweise dimensionale Gewichtungsprozesse von Merkmalen aus Aufmerksamkeitsparadigmen wie der visuellen Suche (z.B., Müller, Heller & Ziegler, 1995; zum Überblick Müller et al., 2010). Die Kontrolle von Merkmalsintegration durch willkürliche Prozesse wird in der Literatur zwar kontrovers diskutiert (vgl. Hommel, 2005; Moeller & Frings, 2014), Einigkeit besteht jedoch darin, dass Abrufprozesse durch willkürliche Prozesse reguliert werden.

Die theoretisch wichtigste Implikation ist jedoch, dass BRAC Rahmenmodell unwillkürliche und willkürliche Prozesse durch die Regulation von Integration und Abruf interagieren; d.h. einfache Handlungen implizieren stets die Beteiligung unwillkürlicher Prozesse. Dabei wäre es jedoch falsch, unwillkürliche Prozesse als unkontrolliert zu deklassieren. Erfahrungsbasierte Regulation von Integration und Abruf wirkt im Modell letztlich über denselben Mechanismus der Gewichtung von Reiz- und Reaktionsmerkmalen wie instruktionsbasierte Regulation; d.h. konkret, dass es laut dem Rahmenmodell es z.B. keinen Unterschied macht, ob eine Person instruiert wird, auf das Merkmal ROT zu achten (und dieses dann stärker integriert wird und zu stärkerem Abruf führt), oder ob die Reizkonfiguration dergestalt ist, dass das Merkmal ROT besonders salient ist (weil es z.B. das einzige rote Objekt im visuellen Feld unter vielen grünen ist).

*Das BRAC Rahmenmodell: theoretische Implikationen für andere Forschungsbereiche*

Das BRAC Rahmenmodell strukturiert die Handlungen zugrunde liegenden Prozesse in einer Paradigmen-übergreifenden Art und Weise. Gleichwohl ist das Handlungsmodell in seiner gegenwärtigen Form als weiter ausdifferenzierendes, Hypothesen-generierendes Rahmenmodell zu verstehen. Es leistet den wichtigen Schritt der Integration von Einzelparadigmen der Handlungssteuerung und rückt die aus unserer Sicht zentralen Mechanismen der Merkmalsintegration und des Merkmalsabrufs in den Vordergrund. Dennoch sollten viele Aspekte des Modells spezifiziert und in den verschiedenen Paradigmen systematisch untersucht werden. Schließlich kann es ein Ziel sein, den deskriptiven Ansatz in ein Simulationsmodell weiter zu entwickeln, wie dies bereits nur für den episodischen Abrufprozess jüngst vorgeschlagen wurde (Schmidt et al., 2016). Darüber hinaus kann der Gegenstand des Rahmenmodells erweitert werden. In der aktuellen Fassung werden zunächst nur Handlungseffekte in einer Durchgang n-1 vor Durchgang n Logik beschrieben. Der Bezug zu Prozessen, die über diese Zeitspanne hinausgehen, ist ein klares Desiderat – denn hier würden wichtige Brücken zwischen aktueller Forschung zu Handlungssteuerung und den Bereichen Lernen und Gedächtnis geschlagen.

*Bezug zu Lernen und Gedächtnis.* Handlungen und die Assoziation von Handlungen und Reaktionen sind ein seit langem beforschter Gegenstand (Ach, 1910). Auch die Idee, dass in einer Episode eben nicht nur der relevante Reiz und die Reaktion abgespeichert werden können, ist nicht neu (sondern alles was potentiell zum Zielreiz ‚als dazugehörig wahrgenommen wird‘ vgl. z.B. *principle of belongingness*, Thorndike, 1932 zitiert nach Postman, 1962). Unser Alltagsverständnis legt zudem nahe, dass vor allem ‚erfolgreiche‘ Handlungen gespeichert werden sollten (nicht nur bis zum nächsten Durchgang) und dass bei Wiederholung dieser Handlungen möglicherweise eine längerfristige Gedächtnisrepräsentation entsteht. Auch die eingangs skizzierte Ideomotortheorie nimmt

Merkmalsintegration und Abruf als wichtige Prozesse der Handlungssteuerung

diese Gedächtnisrepräsentationen, über welche Handlungen aufgrund von abgespeicherten Effekt-Handlung-Assoziationen ausgewählt werden, an (vgl. Hommel & Wiers, 2017).

Schließlich gibt es aktuelle Arbeiten, die nahe legen, dass der episodische Abrufprozess in Handlungssteuerungsparadigmen auf dieselbe Weise simuliert werden kann, wie der Abruf in Kontingenzlernparadigmen (Schmidt et al., 2016). Dennoch steht ein vollständiger Brückenschlag zwischen der aktuellen Forschung zu Handlungssteuerung und den beteiligten Mechanismen und den Bereichen Lernen und Gedächtnis noch aus. Auch wenn wir hier nicht im Detail auf diese Debatte eingehen können, sei erwähnt, dass erste Arbeiten nahe legen, dass dieser Bezug deutlich komplexer ist, als man zunächst annehmen mag.

Einerseits gibt es Uneinigkeit darüber, wie lange der Zeitraum zwischen Durchgang n-1 und Durchgang n denn sein darf. Typischerweise vergehen in den hier besprochenen Paradigmen nur wenige Sekunden zwischen der Reaktion in Durchgang n-1 und der Reaktion in Durchgang n. Es gibt allerdings Ausnahmen, die auch nach einmaliger Präsentation des Durchgangs n-1 bis zum Durchgang n mehr als 30 Minuten verstreichen lassen (und natürlich wurden in diesen 30 Minuten alle möglichen anderen Reize und Aufgaben präsentiert; vgl. Henson & Horner, 2009) und dennoch die gleichen Effekten in Durchgang n beobachten. In leicht abgewandelter Form verschwinden diese Effekte aber bereits, wenn mehr als 1.5 Sekunden zwischen Durchgang n-1 und Durchgang n vergehen (Frings, 2011). Sicherlich kommt der Reiz-Reaktions-Kontingenz hier eine entscheidende Rolle zu – die aber im Detail für das BRAC Rahmenmodell noch zu klären ist (vgl. Frings, Moeller & Horner, 2015; Miller, 1987).

Andererseits ist der zunächst nahe liegende Schluss, dass die hier beschriebenen Prozesse der Merkmalsintegration (für die Handlungssteuerung) auch dieselben Prozesse sind, die zu Reiz-Reaktions-Assoziationen führen, nicht geklärt. Im Gegenteil zeigen mehrere Arbeiten keinen Bezug zwischen langfristigen Assoziationen und Prozessen der

Merkmalsintegration in der Handlungssteuerung (vgl. z.B. Colzato, Raffone & Hommel, 1995; Moeller & Frings, 2017). Andererseits wurde bereits versucht, bestimmte Lernprozesse in der Logik des Rahmenmodells zu denken und zu analysieren. Exemplarisch sei hier die evaluative Konditionierung erwähnt; Konditionierung kann man als Merkmalskopplung und Merkmalsabruf verstehen (Gast & Rothermund, 2011; Blask, Frings, & Walther, 2016). Die Integration eines unkonditionierten Reizes samt Reaktion mit einem konditionierten Reiz in eine Reiz-Reaktion-Effekt-Episode, welche bei Wiederholung eines Teilaspektes (zum Beispiel Wiederholung des konditionierten Reizes) die vorherige Episode abruf (samt der unkonditionierten Reaktion) überführt Konditionierung in die Sprache des hier vorgeschlagenen Rahmenmodells. Allerdings wird angenommen, dass hier Merkmalskombinationen wiederholt realisiert und dadurch langfristig abgespeichert werden, als dies in Handlungssteuerungsmodellen postuliert wird.

Ebenso lässt sich das BRAC Rahmenmodell zu Gedächtnistheorien in Bezug setzen; folgt man der generellen Unterscheidung in deklarative versus non-deklarative Gedächtnissysteme (Squire, 1987), so beschreibt das BRAC Rahmenmodell Prozesse des non-deklarativen Systems. Ein Teil des non-deklarativen Systems wird oft als (perzeptuelles) Priming bezeichnet – wird z.B. ein Wort zunächst in einer Liste von Wörtern (auch nur beiläufig) gelesen, so führt dies zu einer schnelleren Identifikation dieses Wortes, wenn es in einer folgenden Aufgabe schwelennah präsentiert wird. Diese Form des perzeptuellen Primings wird darauf zurückgeführt, dass die Verarbeitungsprozesse bei der initialen Verarbeitung und mit folgenden Verarbeitungen überlappen und diese deswegen erleichtern (Blaxton, 1989; Roediger & McDermott, 1993). Horner und Henson (2009) diskutieren vor dem Hintergrund solcher *component process*-Gedächtnismodelle (Moscovitch, 1994; Roediger, Buckner & McDermott, 1999) den Einfluss von Integration und Abruf von Reiz-Reaktions-Episoden (die partiell eine Alternativerklärung darstellen). Sicher ist diese Debatte

noch nicht geklärt – ein wichtiger Aspekt, den das Rahmenmodell hier allerdings aufgreift, ist die Betonung direkter Reiz-Reaktions-Verbindungen, so dass bei der Weiderholung eines Reizes auf eine tiefere perzeptuelle und semantische Verarbeitung verzichtet werden und die Antwort direkt abgerufen werden kann.

Insgesamt ist der Bezug zu Theorien und Ansätzen aus den Bereichen Gedächtnis und Lernen ein wichtiges Desiderat. Statt diesen grundlegenden Diskurs jedoch auf ein konkretes Experimentalparadigma der Handlungssteuerung beziehen zu müssen, liefert das BRAC Rahmenmodell hier die Möglichkeit, eine Paradigmen-übergreifende Annäherung zwischen diesen Forschungsbereichen vorzunehmen.

*Bezug zu Motivation und Emotion.* Das BRAC Rahmenmodell ist darüber hinaus jedoch nicht nur für den Forschungsbereich interessant, der sich mit den „Mikroprozessen“ der Handlungssteuerung im engeren Sinn auseinandersetzt. Vielmehr können andere Bereiche der Psychologie das Modell nutzen und komplexe Handlungen in der Sprache des Modells (und somit auf einer experimentell manipulierbaren Prozessebene) reformulieren. Intentionale Handlungen und ihre Konsequenzen sind zentral für die Forschungsbereiche der Motivation und der Emotion. Das Rahmenmodell kann dazu dienen, die Bezüge zwischen diesen Feldern zu untersuchen, indem es eine einheitliche Sprache und grundlegende Prozesse von Handlungen definiert. So wäre es falsch, das BRAC Rahmenmodell als Alternative zum Beispiel zum Rubikon-Modell der Handlungsphasen (Heckhausen & Gollwitzer, 1987) zu verstehen. Stattdessen mag das Rahmenmodell die Handlungsphase aus dem Rubikon-Modell mit der Literatur der Handlungssteuerung in Beziehung setzen. Konkret werden im Rubikon-Modell vier Phasen unterschieden, startend mit der initialen Intentionsbildung, kommt es in der nächsten Phase dann zum Planen der Umsetzung der Intention, welche schließlich in der Handlungsphase tatsächlich ausgeführt und abschließend in der letzten Phase bewertet wird. Sicherlich sind einfache Handlungen, auf die sich das BRAC Rahmenmodell bezieht, nicht

gerade der Gegenstandsbereich, welcher mit dem Rubikon-Modell beschrieben wird. Man kann sich dennoch z.B. vorstellen, dass das BRAC Rahmenmodell eine Detailebene zur Handlungsphase liefert, in der beschrieben wird, wie durch Abruf von Reiz-Reaktions-Episoden tatsächlich eine Handlung ausgeführt wird. Gleichzeitig ist das in Bezug setzen zu Modellen wie dem Rubikon-Modell auch für das BRAC Rahmenmodell wichtig, denn in den typischen Experimentalparadigmen der Handlungssteuerung ‚fallen die Intentionen vom Himmel‘ (d.h. sie werden instruiert). In realiter startet aber jede (auch einfache) Handlung mit einer Intention – das Rubikon-Modell mag hier also den größeren Rahmen für Handlungssteuerung definieren.

Generell kann man argumentieren, dass in der Alltagspsychologischen Grundlagenforschung Handlungen oft ohne jede personale Relevanz untersucht werden – d.h. man gibt arbiträre Instruktionen vor (z.B. reagiere auf Rot) und argumentiert, so Handlungen zu messen. Im Gegensatz dazu werden Handlungen in anderen Disziplinen der Psychologie typischerweise *besonders* vor dem Hintergrund persönlicher Motive betrachtet – und als Folge dieser Betrachtung auf einer ‚Makroebene‘ mit einer ganz anderen Methodik analysiert (z.B. in der Motivationspsychologie, der Lernpsychologie, der klinischen Psychologie oder der AOW-Psychologie). Das BRAC Rahmenmodell ermöglicht es aber, auch diese durchaus mit einer größeren Auflösung untersuchten Handlungen in der Sprache des Modells neu zu formulieren: Zum Beispiel lässt sich Anreizmotivation als antizipierter Handlungseffekt mit dem Modell beschreiben, ebenso kann Modell-Lernen als Enkodierung und Abruf beobachteter S-R Episoden aufgefasst und reformuliert werden (Giesen und Kollegen, 2014, 2017), eine emotionale Handlungssteuerung kann verstanden werden als Kompatibilitätseffekt zwischen einem durch Emotionen aktivierten Handlungsziel und affektiven Reaktionskodierungen etwa des Annäherungs- und Vermeidungsverhaltens (Eder, Elliott & Harmon-Jones, 2013; Eder & Rothermund, 2013)

*Fazit*

Handlungen entstehen aus dem komplexen Zusammenspiel vieler unterschiedlicher Prozesse des kognitiven Systems. Bei aller Vielfalt und allen Detailspekten, die in den vergangenen Jahren zum Verständnis von Handlungen in Experimentalparadigmen der Handlungssteuerung beigetragen haben, ist es wichtig, die Funktionsprinzipien, die Handlungen steuern, zu erkennen und die Forschungslandschaft dahingehend zu ordnen, dass diese Funktionsprinzipien den Rahmen für weitere Forschung definieren. Das hier vorgeschlagene BRAC Rahmenmodell leistet dies, indem es die Prozesse der Merkmalsintegration in Episoden und des Abrufs solcher Episoden als wichtige Wirkmechanismen einfacher Handlungen postuliert.

## Referenzen

- Ach, N. (1910/2006). *On volition (Über den Willen)*. Leipzig: Verlag von Quelle & Meyer.
- Allport, A. (1987). Selection for action: Some behavioral and neurophysiological considerations of attention and action. In H. Heuer & A. F. Sanders (Eds.), *Perspectives on perception and action* (pp. 395–419). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Blask, K., Frings, C. & Walther, E. (2016). Doing is for feeling. *Journal of Experimental Psychology: General*, *145*, 1263-1268.
- Blaxton, T. A. (1989). Dissociations among memory measures in memory-impaired subjects: Evidence for a processing account of memory. *Memory & Cognition*, *20*, 549–562.
- Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, *108*, 624–652.
- Colzato, L.S., Raffone, A., & Hommel, B. (2006). What do we learn from binding features? Evidence for multilevel feature integration. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *32*, 705-716.
- D'Angelo, M. C., Thomson, D. R., Tipper, S. P. & Milliken, B. (2016). Negative priming 1985 to 2015: A measure of inhibition, the emergence of alternative accounts, and the multiple process challenge. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *69*, 1890-1909.
- Davelaar, E. J. & Stevens, J. (2009). Sequential dependencies in the Eriksen flanker task: A direct comparison of two competing accounts. *Psychonomic Bulletin & Review*, *16*, 121-126.
- Eder, A. B., Elliot, A. & Harmon-Jones, J. (2013). Approach and avoidance motivation: Issues and Advances. *Emotion Review*, *5*, 227-229.
- Eder, A. B., Pfister, R., Dignath, D. & Hommel, B. (2017). Anticipatory affect during action preparation: Evidence from backward compatibility in dual-task performance. *Cognition & Emotion*, *31*, 1211-1224.

- Eder, A. B. & Rothermund, K. (2013). Emotional action: An ideomotor model. In C. Mohiyeddini, M. Eysenck, & S. Bauer (Eds.), *Handbook of psychology of emotions: Recent theoretical perspectives and novel empirical findings (Vol. 1, pp. 11-38)*. Hauppauge, NY: Nova Science Publishers.
- Engelkamp J. & Cohen R. L. (1991). Current issues in memory of action events. *Psychological Research, 53*, 175–182.
- Engelkamp, J. & Zimmer, H. (1989). Memory for action events: a new field of research. *Psychological Research, 51*, 153-157.
- Eriksen, B.A. & Eriksen, C.W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics, 16*, 143-149.
- Frings, C. (2011). On the decay of distractor-response episodes. *Experimental Psychology, 58*, 125-131.
- Frings, C., Moeller, B., & Horner, A. (2015). On the durability of bindings between responses and response-irrelevant stimuli. *Acta Psychologica, 161*, 73-78.
- Frings, C., Rothermund, K. & Wentura, D. (2007). Distractor repetitions retrieve previous responses to targets. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 60*, 1367–1377.
- Frings, C. & Rothermund, K. (2011). To be or not to be...included in an event file: Integration and retrieval of distractors in stimulus-response episodes is influenced by perceptual grouping. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition, 37*, 1209-1227.
- Frings, C. & Rothermund, K. (2017). How perception guides action: Figure-ground segmentation modulates integration of context features into S-R episodes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 43*, 1720-1729.

- Frings, C., Schneider, K. K. & Fox, E. (2015). The Negative Priming Paradigm – An update and implications for selective attention. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22, 1577-1597.
- Gast, A. & Rothermund, K. (2011). I like it because I said that I like it. Evaluative conditioning effects can be based on stimulus-response learning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 37, 466-476.
- Gegenfurtner, K., Bremmer, F., Fiehler, K., Henriques, D. & Krauzlis, R. (2010). Vision Research special issue on „Perception and action“. *Vision Research*, 50, 2617.
- Gegenfurtner, K., Henriques, D. & Krauzlis, R. (2010). Recent advances in perception and action. *Vision Research*, 51, 801-803.
- Giesen, C., Frings, C. & Rothermund, K. (2012). Differences in the strength of distractor inhibition do not affect distractor–response bindings. *Memory & Cognition*, 40, 373-387.
- Giesen, C., Herrmann, J. & Rothermund, K. (2014). Copying competitors? Interdependency modulates stimulus-based retrieval of observed responses. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 40, 1978-1991.
- Giesen, C., Scherdin, K. & Rothermund, K. (2017). Flexible goal imitation: Vicarious feedback influences stimulus-response binding by observation. *Learning & Behavior*, 45, 147-156.
- Gratton, G., Coles, M. G. & Donchin, E. (1992). Optimizing the use of information: strategic control of activation of responses. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121, 480-506.
- Greenwald, A. (1970). Sensory feedback mechanism in performance control: with special reference to the ideo-motor mechanism. *Psychological Review*, 77, 73-99.

- Harleß, E. (1861). Der Apparat des Willens. *Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik*, 38, 50–73.
- Heckhausen, H. & Gollwitzer, P. M. (1987). Thought contents and cognitive functioning in motivational versus volitional states of mind. *Motivation and Emotion*, 11, 101-120.
- Henson, R. N., Eckstein, D., Waszak, F., Frings, C. & Horner, A. J. (2014). Stimulus-response bindings in priming. *Trends in Cognitive Sciences*, 18, 376–384.
- Hoffmann, J. (1993). *Vorhersage und Erkenntnis: Die Funktion von Antizipationen in der menschlichen Verhaltenssteuerung und Wahrnehmung*. Göttingen: Hogrefe.
- Hommel, B. (1998). Event files: Evidence for automatic integration of stimulus-response episodes. *Visual Cognition*, 5, 183-216.
- Hommel, B. (2004). Event files: Feature binding in and across perception and action. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 494-500.
- Hommel, B. (2005). How much attention does an event file need? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31, 1067-1082.
- Hommel, B. (2016). Embodied cognition according to TEC. In: Y. Coello & M. Fischer (eds.), *Foundations of embodied cognition, Volume 1: Perceptual and emotional embodiment* (pp. 75-92). Psychology Press.
- Hommel, B., Lippelt, D. P., Gurbuz, E. & Pfister, R. (2017). Contributions of expected sensory and affective action effects to action selection and performance: evidence from forced- and free-choice tasks. *Psychonomic Bulletin & Review*, 24, 821-827.
- Hommel, B., Memelink, J., Zmigrod, S. & Colzato, L.S. (2014). Attentional control of the creation and retrieval of stimulus-response bindings. *Psychological Research*, 78, 520-538.
- Hommel, B., Müsseler, J., Aschersleben, G. & Prinz, W. (2001). The theory of event coding (TEC): A framework for perception and action planning. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 849-878.

- Hommel, B., Proctor, R.W. & Vu, K.-P.L. (2004). A feature-integration account of sequential effects in the Simon task. *Psychological Research*, 68, 1-17.
- Hommel, B. & Wiers, R.W. (2017). Towards a unitary approach to human action control. *Trends in Cognitive Sciences*, 21, 940-949.
- Horner, A. J. & Henson, R. N. (2009). Bindings between stimuli and multiple response codes dominate long-lag repetition priming in speeded classification tasks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35, 757-779.
- Ihrke, M., Behrendt, J., Schrobsdorff, H., Herrmann, J. & Hasselhorn, M. (2011). Response-retrieval and negative priming - Encoding- and retrieval-specific effects. *Experimental Psychology*, 58, 154–161.
- James, W. (1890). *The principles of psychology* (Vol. 2). New York: Dover Publications.
- Janczyk, M. & Kunde, W. (2010). Stimulus-response bindings contribute to item switch costs in working memory. *Psychological Research*, 74, 370-377.
- Janczyk, M. (2016). Die Rolle von Handlungszielen bei der Entstehung von Doppelaufgabenkosten. *Psychologische Rundschau*, 67, 237-249.
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. New York: Farrar, Straus and Giroux.
- Kiesel, A., Steinhauser, M., Wendt, M., Falkenstein, M., Jost, K., Philipp, A. M. & Koch, I. (2010). Control and interference in task switching- A review. *Psychological Bulletin*, 136, 849-874.
- Koch, I., Frings, C. & Schuch, S. (2017). Explaining response-repetition effects in task switching: evidence from switching cue modality suggests episodic binding and response inhibition. *Psychological Research*. Online First. DOI: 10.1007/s00426-017-0847-9
- Koch, I., & Kunde, W. (2002). Verbal response-effect compatibility. *Memory & Cognition*, 30, 1297-1303.

- Koch, I., Poljac, E., Müller, H., & Kiesel, A. (2018). Cognitive structure, flexibility, and plasticity in human multitasking – An integrative review of dual-task and task-switching research. *Psychological Bulletin*. <http://dx.doi.org/10.1037/bul0000144>
- Kunde, W., Hoffmann, J. & Zellmann, P. (2002). The impact of anticipated action effects on action planning. *Acta Psychologica*, *109*, 137-155.
- Kunde, W. (2006). Antezedente Effektrepräsentationen in der Verhaltenssteuerung. *Psychologische Rundschau*, *57*, 34-42.
- Laub, R., Frings, C., & Moeller, B. (2018). Dissecting Stimulus-Response Binding Effects: Grouping By Color Separately Impacts Integration And Retrieval Processes. *Attention, Perception, & Psychophysics*. doi 10.3758/s13414-018-1526-7.
- Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, *95*, 492-527.
- Logan, G. D. (1990). Repetition priming and automaticity: Common underlying mechanisms? *Cognitive Psychology*, *22*, 1-35.
- Mayr, S. & Buchner, A. (2006). Prime retrieval of motor responses in negative priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *35*, 408-423.
- Mayr, U., Awh, E. & Laurey, P. (2003). Conflict adaptation effects in the absence of executive control. *Nature Neuroscience*, *6*, 450-452.
- Miller, J. (1987). Priming is not necessary for selective-attention failures: Semantic effects of unattended, unprimed letters. *Perception & Psychophysics*, *41*, 419-434.
- Moeller, B. & Frings, C. (2014). Attention meets binding: Only attended distractors are used for the retrieval of event files. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *76*, 959-978.
- Moeller, B. & Frings, C. (2017). Overlearned responses hinder S-R binding. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *43*, 1-5.

- Moscovitch, M. (1994). Memory and working with memory: Evaluation of a component process model and comparisons with other models. In Schacter, D. L., Tulving, E. (Eds.), *Memory systems*, 1994 (pp. 269–310). Cambridge, MA: MIT Press.
- Müller, H. J., Heller, D. & Ziegler, J. (1995). Visual search for singleton feature targets within and across feature dimensions. *Perception & Psychophysics*, 57, 1-17.
- Müller, H. J., Töllner, T., Zehetleitner, M., Geyer, T., Rangelov, D. & Krummenacher, J. (2010). Dimension-based attention *modulates feed-forward visual processing*. *Acta Psychologica*, 135, 117–122.
- Nett, N., Bröder, A. & Frings, C. (2015). When irrelevance matters: Stimulus-response binding in decision making under uncertainty. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 41, 1831-1848.
- Nett, N., Bröder, A. & Frings, C. (2016). Distractor-based stimulus-response bindings retrieve decisions independent of motor programs. *Acta Psychologica*, 171, 57-64.
- Neumann, O. (1990). Visual attention and action. In O. Neumann & W. Prinz (Eds.), *Relationships between perception and action: Current approaches* (pp. 227-267). Berlin: Springer.
- Norman, D. & Shallice, T. (1986). Attention to action: willed and automatic control of behavior. In R. Davidson, R. Schwartz & D. Shapiro (eds.), *Consciousness and Self-Regulation: Advances in Research and Theory IV*. New York: Springer
- Northoff, G. (2016) Is the self a higher-order or fundamental function of the brain? The “basis model of self-specificity” and its encoding by the brain’s spontaneous activity. *Cognitive Neuroscience*, 7:1-4, 203-222.
- Postman, L. (1962). Rewards and punishments in human learning. In L. Postman (Ed.), *Psychology in the making: Histories of selected research problems* (pp. 331–401). New York, NY: Knopf.
- Prinz, W. (1998). Die Reaktion als Willenshandlung. *Psychologische Rundschau*, 49, 10-20.

- Prinz, W. (1990). A common coding approach to perception and action. In O. Neumann & W. Prinz (Eds.), *Relationships between perception and action: Current approaches* (pp. 167-201). Berlin, New York: Springer.
- Roediger, H. L., & McDermott, K. B. (1993). Implicit memory in normal human subjects. In F. Boller & J. Grafman (Eds.), *Handbook of neuropsychology*, (Vol. 8, pp. 63-131). Amsterdam: Elsevier.
- Roediger, H. L. III, Buckner, R. L., & McDermott, K. B. (1999). Components of processing. In J. K. Foster & M. Jelicic (Eds.), *Debates in psychology. Memory: Systems, process, or function?* (pp. 31-65). New York, NY, US: Oxford University Press.
- Rogers, R. D. & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, *124*, 207–231.
- Rothermund, K., Wentura, D. & De Houwer, J. (2005). Retrieval of incidental stimulus-response associations as a source of negative priming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *31*, 482–495.
- Schmidt, J. R., De Houwer, J., & Rothermund, K. (2016). The Parallel Episodic Processing (PEP) model 2.0: A single computational model of stimulus-response binding, contingency learning, power curves, and mixing costs. *Cognitive Psychology*, *91*, 82–108.
- Singh, T., Moeller, B. & Frings, C. (2016). Five shades of grey: Generalization in distractor-based retrieval of SR episodes. *Attention, Perception & Psychophysics*, *78*, 2307-2312.
- Singh, T., Frings, C., & Moeller B. (2017). Binding Abstract Concepts. *Psychological Research*. 1-7. doi: 10.1007/s00426-017-0897-z.
- Squire, L. R. (1987) *Memory and brain*. Oxford University Press.

- Stoet, G., & Hommel, B. (1999). Action planning and the temporal binding of response codes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 1625-1640.
- Strack, F. & Deutsch, R. (2004). Reflective and impulsive determinants of social behavior. *Personality and Social Psychology Review*, 8, 220-247.
- Tipper, S. P. (1985). The negative priming effect: Inhibitory priming by ignored objects. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 37, 571–590.
- Tipper, S. P. (2001). Does negative priming reflect inhibitory mechanisms? A review and integration of conflicting views. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54, 321–343.
- van Dam, W. O., & Hommel, B. (2010). How object-specific are object files? Evidence for integration by location. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 36, 1184-1192.
- Verguts, T. & Notebaert, W. (2008). Hebbian learning of cognitive control: dealing with specific and nonspecific adaption. *Psychological Review*, 2, 518-525.