

Los, beweg dich! – Aber wie?

Ideen zur Steuerung menschlicher Handlungen

Roland Pfister, Markus Janczyk & Wilfried Kunde

Erschienen als:

Pfister, R., Janczyk, M., & Kunde, W. (2010). Los, beweg dich! - Aber wie? Ideen zur Steuerung menschlicher Handlungen. In-Mind Magazine, 4

Online verfügbar unter:

<http://de.in-mind.org/content/los-beweg-dich-%E2%80%93-aber-wie-ideen-zur-steuerung-menschlicher-handlungen>

Institut für Psychologie III

Universität Würzburg

Röntgenring 11

97070 Würzburg

Kontakt:

Roland Pfister

roland.pfister@psychologie.uni-wuerzburg.de http://www.i3.psychologie.uni-wuerzburg.de/staff/dipl_psych_roland_pfister/

Handlungssteuerung

Schlüsselwörter: Handlungssteuerung, Handlungseffekte, ideomotorische Hypothese, Reaktions-Effekt-Kompatibilität, antizipative Verhaltenssteuerung

Los, bewege dich! – Aber wie? Ideen zur Steuerung menschlicher Handlungen

Im Alltag ist es die selbstverständlichste aller Selbstverständlichkeiten: Wenn ich in den Kühlschrank greifen möchte um einen Joghurt herauszuholen, den Briefkasten nach Post durchsuchen will oder auf der Computertastatur herumdrücke – meine Hände machen meistens das, was ich von ihnen erwarte. Und bis auf seltene Ausnahmen erreiche ich zumindest in so einfachen Fällen auch das was ich wollte. Aber wie funktioniert das eigentlich? Woher wissen meine Hände was sie tun sollen? Wie wird mein subjektives Ziel in tatsächliches Verhalten übersetzt? Diese Themen werden in der Allgemeinen Psychologie unter Stichwörtern wie „Handlungssteuerung“ oder „Handlungsplanung“ behandelt.

1. Frühe Vorstellungen

Descartes (1641) befasste sich aus philosophischer Perspektive mit der eingangs gestellten Frage. Er ging davon aus, dass es eine Art Schaltstelle im Gehirn geben müsse, die unsere Gedankenwelt – u.a. Ziele und Bedürfnisse – mit dem Ausführungsorgan Körper verbindet. Diese Schaltstelle glaubte er in Form der Zirbeldrüse gefunden zu haben, einer kleinen Drüse im Mittelhirn, die er als „Sitz der Seele“ bezeichnete (siehe Abbildung 1). Heute wissen wir, dass die Zirbeldrüse zwar wichtige Funktionen für den Hormonhaushalt des Gehirns wahrnimmt (Macchi & Bruce, 2004), aber nicht an der Übersetzung von subjektiven Zielen in physikalische und beobachtbare Motorik beteiligt ist.

** Abbildung 1 hier einfügen **

Eine weitere, auf den ersten Blick wenig intuitive, Antwort hat vor gut 200 Jahren der deutsche Philosoph und Pädagoge Johann Friedrich Herbart (1825) vorgeschlagen. Nach seiner Auffassung wird nach der Ausführung jeder Bewegung abgespeichert, welche Ereignisse (**Handlungseffekte**) auf die Bewegung folgen. Dabei würden Verbindungen angelegt, die in beide Richtungen ausgelesen werden können: Wenn ich also meine Hand zum Kühlschrank ausstrecke, aktiviert sich automatisch dasjenige Bild in meinem Kopf, das sich üblicherweise nach der Ausführung der Handlung einstellt. Gleichzeitig, und das ist ein wichtiger Baustein zielgerichteten Verhaltens, ruft aber auch der Gedanke an dieses Bild mehr oder weniger automatisch die auszuführende Handlung auf den Plan (siehe Abbildung 2).

** Abbildung 2 hier einfügen **

2. Die ideomotorische Hypothese

Auf elegante Art und Weise werden nach Herbart's Vorstellung also subjektive Zustände („Ideen“) mit motorischen Handlungen verknüpft, weswegen diese Theorie heute als **ideomotorische Hypothese** bezeichnet wird. Anders gesagt: Die ideomotorische Hypothese geht davon aus, dass wir Handlungen generieren, indem wir uns die mit ihnen verbundenen Handlungseffekte vorstellen. Die tatsächliche Aktivierung der Körpermuskulatur erfolgt dann mehr oder weniger automatisch über die beidseitigen Verbindungen von gespeicherten Sinneseindrücken einerseits und vorherigen motorischen Äußerungen andererseits.

Zunächst klingt diese Annahme befremdlich – und zugegebenermaßen war die einschlägige psychologische Forschung lange Zeit auch nicht sonderlich angetan von

Handlungssteuerung

derartigen Vorstellungen. Vielmehr dominierte lange die Idee, dass wir typischerweise auf ein bestimmtes Objekt in der Umwelt (den „Stimulus“) hin reagieren. Aufgrund von Eigenschaften dieses Stimulus werden in einer Phase der „Reaktionsauswahl“ Parameter spezifiziert, die Details über die exakte Bewegung enthalten (z.B. die Richtung und die Weite einer Greifbewegung). Im letzten Schritt werden dann diese Parameter in eine motorische Aktion überführt (z.B. Keele, 1968; Rosenbaum, 1980, 2010). Sensorische Veränderungen die durch diese Aktionen in der Umwelt (aber auch am Körper selbst) ausgelöst werden, spielen in dieser Konzeption keine nennenswerte Rolle.

Erst in den letzten 10 Jahren sind ernsthafte Bemühungen unternommen worden, die ideomotorische Hypothese einer systematischen Überprüfung zu unterziehen. In einer einflussreichen Studie (Elsner & Hommel, 2001) erlernten Versuchsteilnehmer beispielsweise zunächst eine Verbindung zwischen ihren Handlungen und den ihnen folgenden Konsequenzen (also den Handlungseffekten). Dazu mussten die Versuchsteilnehmer zunächst in einer Lernphase eine linke und eine rechte Taste einige Dutzend Male nacheinander betätigen. Jeder Tastendruck erzeugte dabei einen charakteristischen Ton, also z.B. linke Taste → hoher Ton oder rechte Taste → tiefer Ton. Verglichen mit dem Kühlschranksbeispiel (siehe auch Abbildung 2) entspricht dies dem Öffnen des Kühlschranks und dem darauffolgenden Wahrnehmen seines Inhalts. In einer zweiten Phase des Experiments (der Testphase) wurden die Versuchsteilnehmer nun in zwei Gruppen aufgeteilt: In der ersten Gruppe sollten die Teilnehmer auf das Ertönen eines der beiden Töne so schnell wie möglich diejenige Taste drücken, die in der Lernphase diesen Ton erzeugt hatte. In einer zweiten Gruppe sollte mit der jeweils anderen Taste geantwortet werden. Wichtig ist, dass nun die Handlungseffekte der Lernphase als Stimuli in der Testphase dienten. Wenn nun tatsächlich der Sinneseindruck eines offenen Kühlschranks die dazugehörige Handlung nahelegt (bzw. allgemeiner: wenn die Wahrnehmung eines Effektes diejenige Handlung voraktiviert, die den Effekt früher erzeugt hat), würde man erwarten, dass die Versuchsteilnehmer der ersten Gruppe schneller (und fehlerfreier)

reagieren, als die der zweiten Gruppe. Dieses Ergebnis hat sich auch zuverlässig eingestellt und konnte in einer Vielzahl von Folgestudien bestätigt werden (z.B. Herwig, Prinz & Waszak, 2007; Hoffmann, Lenhard, Sebald, & Pfister, 2009). Es scheint also tatsächlich so zu sein, dass die Wahrnehmung von Handlungseffekten die zugeordneten Handlungen bahnen kann.

3. Haben Handlungseffekte wirklich einen Einfluss auf die (ihnen vorangehende) Handlung?! – Das Paradigma der Reaktions-Effekt Kompatibilität

Die ideomotorische Hypothese besagt streng genommen nicht, dass die Wahrnehmung der Handlungsfolgen, sondern vielmehr deren *Erwartung bzw. Vorstellung* entscheidend für die Auswahl und Planung von Handlungen ist. Diese Annahme wird in den eben genannten Studien jedoch nur eingeschränkt untersucht.

Zur empirischen Überprüfung dieser Annahme wurden in den letzten Jahren Studien im sogenannten Paradigma der **Reaktions-Effekt-Kompatibilität** durchgeführt. In diesen Studien führen die Versuchsteilnehmer eine bestimmte Reaktion aus, und dieser Reaktion folgt entweder ein kompatibler oder ein inkompatibler Effekt. Eine Reaktion und ein Effekt werden dabei als *kompatibel* bezeichnet, wenn sie bestimmte Merkmale teilen und als *inkompatibel*, wenn sie diese Merkmale nicht teilen. Die ideomotorische Hypothese macht nun die Vorhersage, dass Reaktionen schneller (und fehlerfreier) ausgeführt werden können, wenn ihnen ein kompatibler Effekt folgt, verglichen mit einer Bedingung in der ein inkompatibler Effekt folgt. Um diese Vorhersage zu überprüfen, sollten die Teilnehmer in einer Studie von Kunde (2001, Exp. 2) in jedem Durchgang eine Taste entweder sanft oder fest drücken – also eine Handlung mit hoher oder niedriger „Intensität“ ausführen – und der Tastendruck erzeugte vorhersagbar entweder einen lauten oder einen leisen Ton. Dabei konnten die Intensitäten von Handlung und Effekt kompatibel (sanft → leise, fest → laut) oder inkompatibel (sanft → laut, fest → leise) zueinander sein (siehe Abbildung 3). In der Tat

Handlungssteuerung

waren die Reaktionen in der kompatiblen Bedingung signifikant schneller als in der inkompatiblen Bedingung. Gleiche Befunde wurden auch für die räumliche Lage von Tasten (links vs. rechts) und visuellen Handlungseffekten (Kunde, 2001, Exp. 1) oder die Dauer einer Reaktion und der Dauer des erzeugten Tones berichtet (Kunde, 2003). Mit anderen Worten: Den Versuchsteilnehmern fällt es einfacher, eine Handlung auszuführen, deren Konsequenzen gut zu den Eigenschaften der Handlung passen – und das obwohl die Handlungseffekte erst nach der Ausführung der Handlung präsentiert wurden!

**** Abbildung 3 hier einfügen ****

Ähnliche Ergebnisse wurden in vielen weiteren Studien mit weiteren unterschiedlichen Reaktions- und Effekteigenschaften oder auch für Reaktionen mit beiden Händen gleichzeitig berichtet (z.B. Janczyk, Skirde, Weigelt & Kunde, 2009; Kunde, Koch & Hoffmann, 2004; Pfister, Kiesel & Melcher, 2010). Es scheint also tatsächlich so zu sein, dass Handlungen über die Vorstellung ihrer Effekte angesprochen und hervorgerufen werden können, genau so wie es Herbart's (1825) ideomotorische Hypothese vorhersagt (für eine ausführlichere Darstellung siehe Kunde, 2006).

4. Was spielt sich dabei im Hirn ab?

Neben diesen genuin psychologischen Studien gibt es seit kurzer Zeit auch Befunde aus der Neurowissenschaft, die unsere bisherigen Schlussfolgerungen eindrucksvoll untermauern. Desmurget und Kollegen (2009) stellten hierzu eine Untersuchung vor, die sie während eines neurochirurgischen Eingriffs durchführten. Solche Eingriffe sind dann nötig, wenn z.B. ein Tumor aus dem Gehirn eines Patienten entfernt werden muss, wobei hier zunächst geprüft wird, welche Gefahren durch die Beschädigung von umliegendem Gewebe

Handlungssteuerung

bestehen. Die Autoren verwendeten dazu Elektroden, mit denen die Hirnrinde elektrisch stimuliert wurde.

Eine interessante Entdeckung wurde dabei für den posterioren Parietalkortex gemacht - eine Region die Sinneseindrücke verschiedener Modalitäten aufeinander bezieht: Wurde diese Region mit einer relativ geringen Intensität stimuliert, so berichteten die Patienten von einer Intention, eine bestimmte Bewegung ausführen zu wollen. Wurde die Stimulationsintensität jedoch erhöht, redeten die Patienten nicht mehr von einer Intention, sondern sie waren felsenfest davon überzeugt, eben jene Bewegung ausgeführt zu haben, obwohl sie während der gesamten Zeit keinerlei motorische Regung zeigten. Scheinbar werden also Bewegungsintention und Bewegungsgefühl durch identische Nervenzentren verarbeitet.

5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Zusammenfassend haben wir inzwischen gute Gründe an die alte ideomotorische Hypothese zu glauben. Deren erste Annahme – dass wir zunächst Verbindungen zwischen relativ willkürlichem (d.h. zufälligem) Verhalten und darauf folgenden Handlungseffekten lernen – ist in Experimenten untersucht worden, in denen Versuchsteilnehmer arbiträre Verbindungen von Handlungen und Effekten lernten und nach mehreren Lerndurchgängen auf die ehemaligen Effekte reagieren mussten. Wurde die Zuordnung von Handlungen und ehemaligen Effekten konstant gelassen ergaben sich schnellere Reaktionszeiten als bei einer veränderten Zuordnung. Dies spricht dafür, dass die Repräsentationen von Handlungen und darauf folgenden Effekte tatsächlich miteinander verbunden wurden. Die zweite Annahme der ideomotorischen Hypothese – dass wir die Vorstellung von Handlungseffekten verwenden um Handlungen gezielt anzusprechen – ist hingegen in Experimenten im Reaktions-Effekt-Kompatibilitätsparadigma untersucht worden. Hier zeigte

Handlungssteuerung

sich, dass Handlungen schneller und richtiger ausgeführt werden können, wenn sie zu Effekten führen, die physikalische Eigenschaften mit den Handlungen teilen.

Insgesamt haben die beschriebenen Forschungsrichtungen also deutliche Evidenz für die Annahmen der ideomotorischen Hypothese zutage gefördert. Und auch wenn die genannten Studien mit Handlungseffekten gearbeitet haben, die sich im experimentalpsychologischen Labor manipulieren lassen, sollten wir nicht vergessen, dass beispielsweise selbst das Körpergefühl eines sich bewegenden Armes einen Handlungseffekt darstellt und natürlich ebenso zur Aktivierung der Handlung dienen kann wie das Bild eines geöffneten Kühlschranks.

Bei genauerer Betrachtung ergeben sich jedoch noch eine Reihe ungelöster Fragen. Wie werden eigentlich die Konsequenzen von Handlungen gelernt? Wie ist es möglich an ein bestimmtes Ziel zu denken, ohne dass der Körper gleich in hektischen Aktionismus gerät? Welche Handlung führen wir eigentlich aus, wenn es mehrere Möglichkeiten gibt ein Ziel zu erreichen? Das alles sind wichtige Fragen für die psychologische Forschung. Wichtig daran ist aber, dass diese Art von Forschung wieder ein Ziel in den Mittelpunkt rückt, das in der Psychologie zwischenzeitlich etwas aus dem Blick geraten ist: Zu erklären, nämlich, wie Ziele unser Verhalten determinieren.

Glossar

Ideomotorische Hypothese: Ein Modell zur Erklärung der Kontrolle von Willkürhandlungen, nachdem alleine die Vorstellung eines Handlungseffekts dazu führt, dass „passende“ Handlungen automatisch aktiviert werden. „Passende“ Handlungen sind dabei solche, die zuvor bereits zu entsprechenden Effekten geführt hatten.

Handlungseffekte: Alle wahrnehmbaren Konsequenzen einer Handlung – angefangen von körperbezogenen Konsequenzen (z.B. Veränderung der Armstellung) bis hin zu

Handlungssteuerung

Konsequenzen in der Umwelt wie das Anschalten eines Lichts oder aber auch Effekte in der sozialen Umwelt.

Reaktions-Effekt-Kompatibilität: Eine Untersuchungsanordnung zur empirischen Überprüfung der ideomotorischen Hypothese. Handlungen erzeugen dabei vorhersagbare Effekte, die entweder bestimmte Merkmale mit der Handlung teilen (z.B. ein linker Tastendruck erzeugt einen linken Reiz auf dem Computerbildschirm) oder aber unpassend zur Handlung sind. Hier zeigen sich schnellere Reaktionszeiten wenn passende Effekte erzeugt werden, obwohl die Effekte zum Zeitpunkt der Handlungsausführung noch nicht vorliegen – ein klarer Beleg für die wichtige Rolle von Effekterwartungen in der menschlichen Handlungssteuerung.

Literaturverzeichnis

- Descartes, R. (1641/1959). *Meditationen über die Grundlagen der Philosophie*. Hamburg: Meiner.
- Desmurget, M., Reilly, K.T., Richard, N., Szathmari, A., Mottolese, C., & Sirigu, A. (2009). Movement intention after parietal cortex stimulation in humans. *Science*, 324(5928), 811-813.
- Elsner, B., & Hommel, B. (2001). Effect anticipation and action control. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(1), 229-240.
- Herbart, J.F. (1825). *Psychologie als Wissenschaft neu gegründet auf Erfahrung, Metaphysik und Mathematik*. Königsberg: August Wilhelm Unzer.
- Herwig, A., Prinz, W., & Waszak, F. (2007). Two modes of sensorimotor integration in intention-based and stimulus-based actions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60(11), 1540-1554.
- Hoffmann, J., Lenhard, A., Sebald, A., & Pfister, R. (2009). Movements or targets: What makes an action in action effect learning? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(12), 2433-2449.
- Janczyk, M., Skirde, S., Weigelt, M., & Kunde, W. (2009). Visual and tactile action effects determine bimanual coordination performance. *Human Movement Science*, 28(4), 437-449.
- Keele, S. W. (1968). Movement control in skilled motor performance. *Psychological Bulletin*, 70, 387-403.
- Kunde, W. (2001). Response-effect compatibility in manual choice reaction tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(2), 387-394.
- Kunde, W. (2003). Temporal response-effect compatibility. *Psychological Research*, 67, 153-159.
- Kunde, W. (2006). Antezedente Effektrepräsentationen in der Verhaltenssteuerung. *Psychologische Rundschau*, 57(1), 34-42.

Handlungssteuerung

Kunde, W., Koch, I., & Hoffmann, J. (2004). Anticipated action effects affect the selection, initiation, and execution of actions. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A: Human Experimental Psychology*, 57A, 87-106.

Macchi, M., & Bruce, J. (2004). Human pineal physiology and functional significance of melatonin. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 25(3), 177-195.

Pfister, R., Kiesel, A., & Melcher, T. (2010). Adaptive control of ideomotor effect anticipations. *Acta Psychologica*, 135, 316-322.

Rosenbaum, D. A. (1980). Human movement initiation: Specification of arm, direction, and extend. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 444-474.

Rosenbaum, D. A. (2010). *Human motor control*. San Diego: Academic Press/Elsevier.

Handlungssteuerung

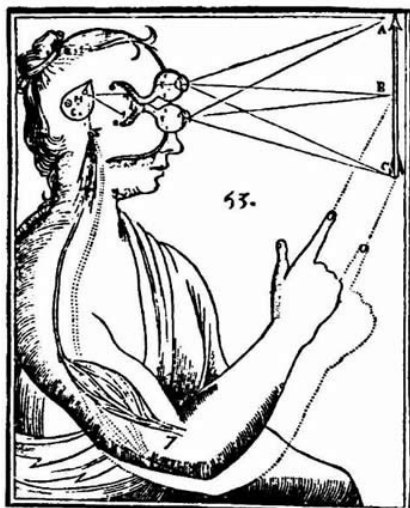


Abbildung 1: Handlungskontrolle in der Vorstellung von René Descartes (1641). Die Zirbeldrüse im Mittelhirn wurde von Descartes als Sitz der Seele betrachtet: Er nahm an, dass dort das subjektive Erleben in Signale übersetzt werden würde, mit denen über komplexe mechanische Prozesse die Muskeln des Körpers angesprochen werden können.

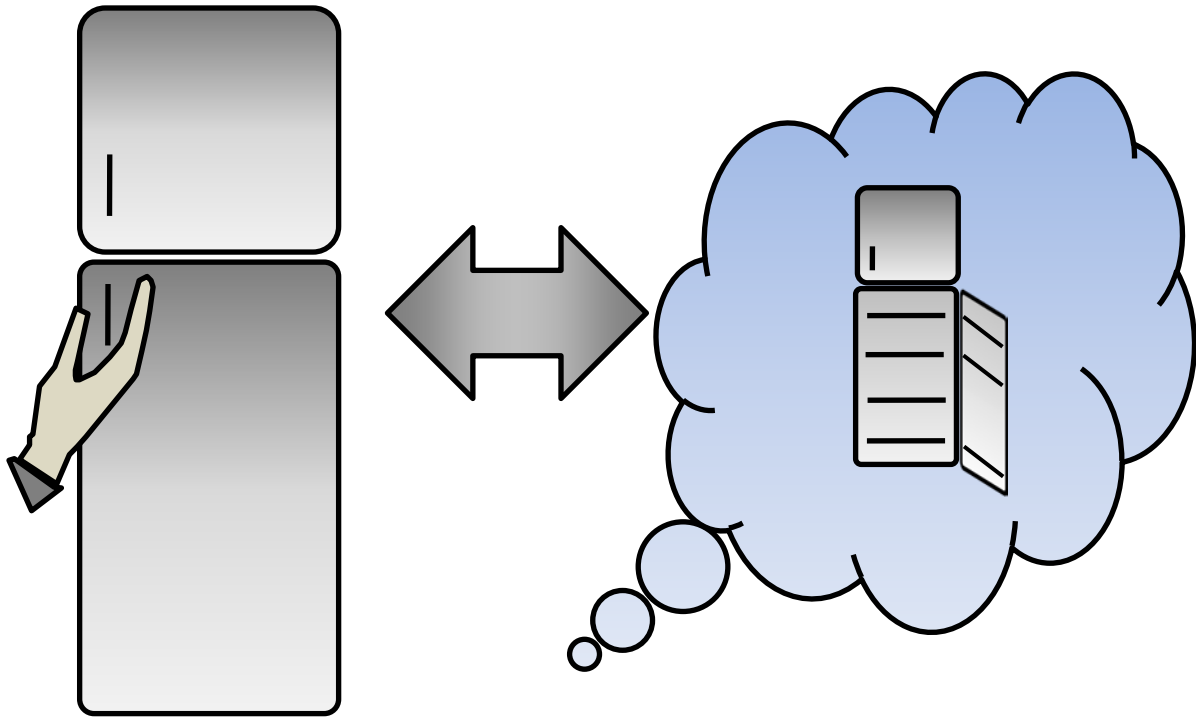


Abbildung 2: Handlungskontrolle nach der ideomotorischen Hypothese (Herbart, 1825). Mit jedem Griff zum Kühlschrank wird die Verbindung von Handlung und darauffolgenden Sinneseindrücken gestärkt. Diese Verbindung kann in beide Richtungen ausgelesen werden: Beim Ausführen der Handlung aktiviert sich einerseits automatisch die Erwartung des üblichen Zielzustandes, andererseits wird durch die Erwartung des Endzustandes auch die Handlung aktiviert. Anders ausgedrückt: Handlungen steuern wir über die Vorstellung ihrer Handlungseffekte an.

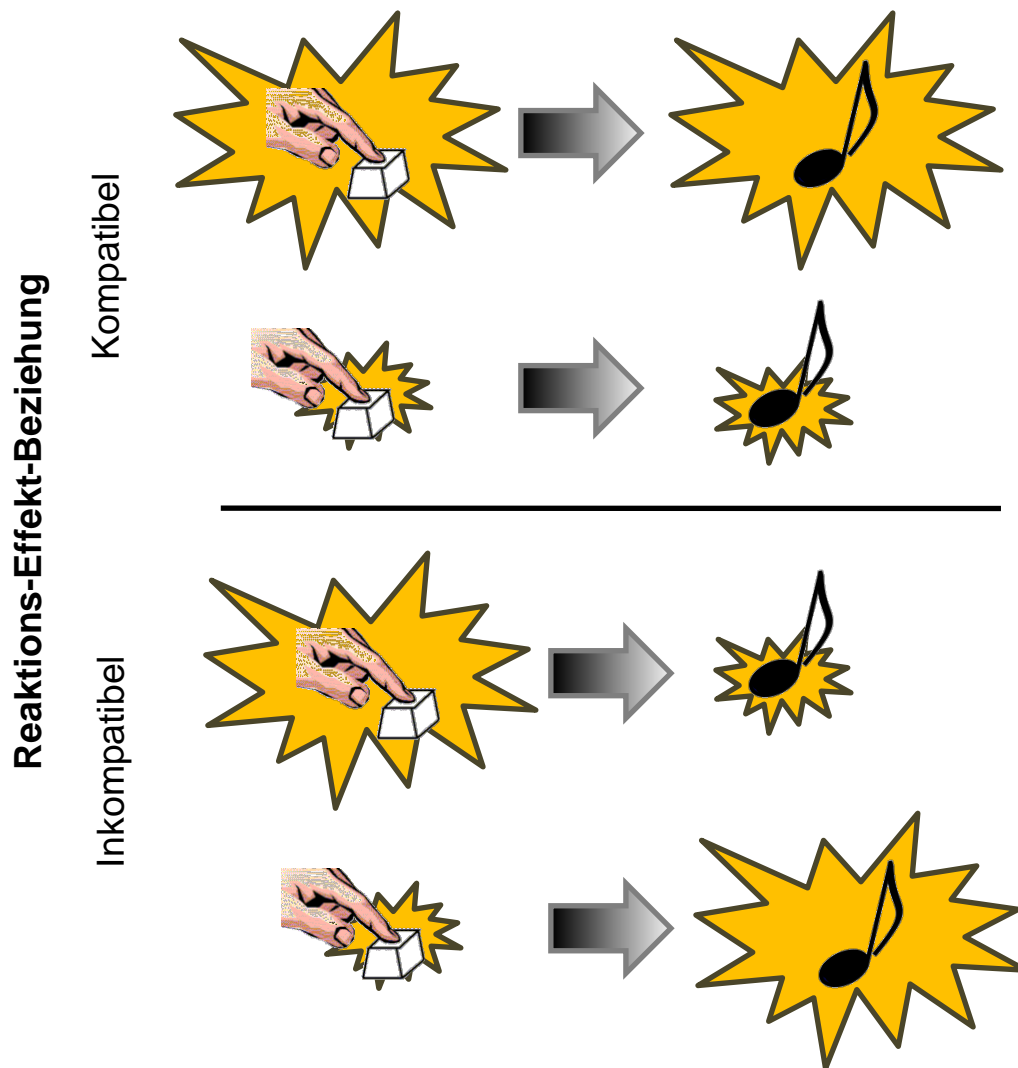


Abbildung 3: Paradigma der Reaktions-Effekt-Kompatibilität. Feste und sanfte Tastendrucke führen jeweils zu lauten oder leisen Tönen. Stimmen die Intensitäten von Handlung und Effekt überein (kompatible Beziehung; obere Hälfte), so werden die Handlungen schneller ausgeführt als wenn die Intensitäten von Handlungen und Effekten nicht übereinstimmen (inkompatible Beziehung; untere Hälfte). Die Effekte nehmen also Einfluss auf die Handlungen obwohl sie erst nach der Handlungsausführung eintreten.

Kurzbiographien

Roland Pfister hat bis August 2010 an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg Psychologie studiert und promoviert dort momentan über die Rolle von Handlungseffekten in der Handlungskontrolle. Er interessiert sich vor allem für die Verbindung von psychologischen Theorien mit den Befunden der kognitiven Neurowissenschaften.



Markus Janczyk hat bis 2008 Psychologie in Halle studiert, 2010 in Dortmund promoviert und ist derzeit wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg. Zu seinen Forschungsinteressen zählen u.a. Handlungsplanung und Doppelaufgabentätigkeit, sowie Aufmerksamkeit im Arbeitsgedächtnis.



Handlungssteuerung

Wilfried Kunde hat Psychologie in Hamburg studiert und in Würzburg promoviert und habilitiert. Nach Stationen in Halle und Dortmund ist er derzeit Professor für Kognitionspsychologie an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg. Zu seinen Forschungsinteressen gehören Handlungsplanung, Aufmerksamkeit und unbewusste Kognition.

