

Zur Wahrnehmung und (Selbst-)Attribution von Kausalität

Über viele Jahre hat David Humes (Hume 1777) Verständnis von Kausalität die Sicht der Psychologie dominiert. Hume hat angenommen, daß Kausalität aus früheren Erfahrungen mit ähnlichen Ereignissen herrührt. Im Gegensatz zu Hume hat der Psychologe Albert Michotte (1946) aus Leuven, in der Nachfolge von Kant (1781), mit zahlreichen Experimenten zu zeigen versucht, daß bestimmte Arten von Ereignissequenzen direkt und spontan als kausal verknüpft wahrgenommen werden. Darüber hinaus hat er argumentiert, daß eine solche direkte Wahrnehmung von Kausalität in einem einzigen Ereignis passieren kann, es also keiner Vermittlung durch vorhergehende Erfahrungen bedarf. Die Wahrnehmung von Kausalität könnte damit, wie von Kant (1781) postuliert, eher Bedingung für Erfahrung als ihr Produkt sein. Alle Philosophen und Psychologen waren sich aber einig, daß ein später auftretendes Ereignis nicht kausal für ein früher auftretendes sein kann.

Die Wahrnehmung mechanischer Kausalität

Michottes klassisches Beispiel für Wahrnehmung von Kausalität läßt sich in einem Trickfilm veranschaulichen.¹ Ein roter Kreis bewegt sich auf einen grünen zu. Bei Berührung bewegt sich der grüne Kreis weiter; der rote Kreis bleibt stehen. Kommt es zu keiner Berührung, d.h. bleibt eine räumliche Lücke bestehen, dann ist der Eindruck der Kausalität sehr stark reduziert. Ähnliches gilt auch, wenn zwischen Berührung und Bewegung des grünen Kreises Zeit verstreicht. Die folgenden Bedingungen müssen erfüllt sein, damit Kausalität wahrgenommen wird (vgl. Palmer 1999, S. 513):

1. Die Bewegung des zweiten Objekts muß innerhalb eines Bruchteils einer Sekunde (ca. 200 ms) nach der Berührung durch das erste Objekt beginnen.
2. Die Bewegungsrichtung des zweiten Objekts muß ungefähr die gleiche sein, wie die des ersten Objekts.

¹ Die Trickfilme können auf der Website der Arbeitsgruppe von Brian Scholl (Yale University) betrachtet werden: <http://pantheon.yale.edu/~bs265/bjs-demos.html>.

3. Die Geschwindigkeit, mit der sich das zweite Objekt bewegt, muß langsamer oder vergleichbar der Geschwindigkeit des ersten Objekts sein.

Wenn eine diese Bedingungen nicht erfüllt ist, kommt es nicht konsistent zu einer Wahrnehmung einer verursachten Bewegung. Mittlerweile sind eine Vielzahl von Stimuluskonfigurationen untersucht worden, um die Voraussetzungen für Kausalitätswahrnehmung einzugrenzen (vgl. Palmer 1999, für eine Übersicht).²

Unter bestimmten Bedingungen sehen wir also in der Tat „Kausalität“ darin, wie zwei Objekte aufeinander bezogen sind. Es ist aber natürlich sehr schwer zu entscheiden, ob diese wahrgenommene Kausalität direkt und ohne Vermittlung von Erfahrung auskommt. Offensichtlich haben alle Erwachsene viele Ereignisse gesehen, die dem kanonischen Ereignis ähnlich sind. Folglich kann Erfahrung nicht leicht als Erklärung ausgeschlossen werden. Trotzdem ist es auch schwer zu verstehen, wie ein Kleinkind kausale Beziehungen lernen könnte ohne irgendeine Art von *a-priori*-Wissen über Kausalität.

In den letzten Jahren haben Brian Scholl und seine Kollegen von der Yale University eine Reihe sehr innovativer Experimente berichtet, die auf den Arbeiten Michottes aufbauen, dabei aber eher die Effekte von Kausalitätswahrnehmungen als die Bedingung ihres Auftretens zum Gegenstand haben. Choi und Scholl (2004, 2006) gelang es, eine Reizsituation zu erzeugen, die zu einer zweideutigen Objektwahrnehmung führt, von denen nur eine der Wahrnehmung von Kausalität entspricht. Bewegt sich nämlich ein grüner Kreis erst dann, wenn ein roter Kreis, der am linken Bildrand startet, ihn vollständig überlappt, dann wird von den meisten Betrachtern kein Anstoß des grünen Kreises, sondern ein Farbwechsel des roten Kreises wahrgenommen, der sich als grüner Kreis zum rechten Bildschirmrand bewegt. Der grüne Kreis hat auch die Farbe gewechselt, ist aber am Platz des roten Kreises stehen geblieben.

Dieser Trickfilm zeigt, daß das visuelle System Objektidentität sowohl über Farbe, wie im klassischen Michotte-Beispiel, als auch über Bewegung realisieren kann. Im eben beschriebenen Fall „überlebt“ die über Bewegung vermittelte Identität eines Objekts einen Farbwechsel. Es gibt aber für eine Minderheit von Betrachtern für die Reizanordnung überlappender

² Aus gehirnpfysiologischer Perspektive führt die Wahrnehmung kausaler Kollisionen im Vergleich mit der Wahrnehmung nicht-kausaler Kollisionen zu einem größeren BOLD-Signal in den Gebieten V5 und MT, für die enge Bezüge zur relativen Bewegungswahrnehmung belegt sind, aber auch im linken *intra-parietal sulcus* und im *superior temporal sulcus*, die besonders bei der Interpretation komplexer visueller Ereignisse involviert sind. Letzteres legt nahe, daß Kausalitätswahrnehmung eine umfassende Beteiligung kognitiver Prozesse mit sich bringt, als dies bei „einfacheren“ Wahrnehmungen der Fall ist (Blakemore et al. 2001).

Kreise auch die bisherige Wahrnehmung eines kausalen Anstoßes des roten Kreises. In der Wahrnehmung dieser Personen bestimmt nicht die Bewegung, sondern die Farbe des Objekts seine Identität. Das Geniale an diesem Versuchsmaterial ist also, (1) daß entweder das Merkmal „Farbe“ oder das Merkmal „Bewegung“ die Identität der Objekte festlegen und (2) daß die Wahrnehmung eines kausalen Anstoßes nur auftritt, wenn die Identität des Objekts auf der Farbe beruht.

Wird nun ein zweites Objektpaar mit einem linken roten und einem mittleren grünen Kreis unter dem ersten Kreispaar präsentiert und verhält sich das untere Kreispaar gemäß der klassischen Billardkugel-Kausalität, dann kann für alle Probanden die bisher nachgeordnete Wahrnehmung herbeigeführt werden (Choi & Scholl 2004). Ein Grund hierfür ist, daß die beiden roten Kreise, die sich von links auf die beiden grünen zu bewegen, zu einem einzigen Objekt gruppiert werden. Allerdings genügt auch eine Einblendung des unteren Kreispaares von lediglich 50 ms beim Zusammenstoß, um diese Unstrukturierung der Wahrnehmung herbei zu führen. Choi und Scholl (2004, 2006) zeigen also, daß die Wahrnehmung von Kausalität eines Zusammenstoßes von zwei Kugeln über ein Ereignis dieser Art in der Nachbarschaft induziert werden kann. Die Wahrnehmung von Kausalität hängt also nicht nur von lokalen Merkmalen, sondern vom gesamten Wahrnehmungsfeld ab.

Das letzte Experiment ging noch einen sehr bedeutenden Schritt weiter. Bei den bisher gezeigten Trickfilmen war die Überlappung der Kreise des oberen Objektpaares synchronisiert mit dem Zusammenstoß des unteren Objektpaares. Choi and Scholl (2006) haben nun den Zusammenstoß des unteren Objektpaares zeitlich variiert und zwar so, daß dieser vor, gleichzeitig mit oder nach der Überlappung des oberen Kreispaares erfolgte. Wie erwartet, ist die Kausalitätswahrnehmung am höchsten, wenn Überlappung und Zusammenstoß synchronisiert sind. Es ist vermutlich ebenso wenig überraschend, daß auch ein Zusammenstoß vor der Überlappung eine Kausalitätswahrnehmung im anderen Paar induziert. Daß aber auch ein Zusammenstoß nach der Überlappung ebenfalls eine Kausalitätswahrnehmung auslöst, ist sehr erstaunlich. Aus den bereits beschriebenen Ergebnissen wissen wir, daß zum Zeitpunkt der Überlappung der beiden Kreise und bis zum Zusammenstoß des zweiten Kreispaares unser Geist eine Interpretation der Szene als durchgehende Bewegung eines Kreises mit Farbwechsel vorbereitet. Wenn keine weitere Information dazu kommt, wird dies auch zu unserer bewußten Wahrnehmung. Wenn nun aber innerhalb von ca. 200 ms *nach* der Überlappung Information nachgereicht wird, durch die eine Anstoßinterpretation zu einer einheitlichen Interpretation der gesamten Szene führt, dann wird unser bewußtes Erleben dementsprechend umstrukturiert. Die hier skizzierte Forschung belegt, daß die Wahrnehmung von Kausalität ganz grundlegend mit der Zuweisung von Objektidentität verbunden ist. Erst

wenn ein Kreis als ein bewegtes Objekt und ein zweiter Kreis als ruhendes Objekt konfiguriert sind bzw. erst wenn zwei sich gemeinsam bewegende Kreise zu einem Objekt gruppiert werden, das wiederum zwei ruhende Kreise zu gemeinsamer Bewegung veranlaßt, kann mechanische Kausalität beobachtet werden. Bei der Konstruktion dieser bewußten Wahrnehmung genehmigt sich unser Geist eine erstaunliche Toleranz bei der zeitlichen Synchronisation der daran beteiligten Prozesse.

Diese Experimente liefern Belege dafür, daß unser Sehsystem die sensorische Information so interpretiert, daß die Annahme von Koinzidenz möglichst vermieden werden kann (Rock 1983; Scholl 2005). Das Prinzip „Wenn immer möglich, vermeide die Interpretation, daß die Wahrnehmung auf einer Koinzidenz beruht“ geht zurück auf die Helmholtzsche (1867) Annahme eines unbewußten Schlusses: Wir nehmen diejenigen dreidimensionalen Objekte und Ereignisse wahr, die unter normalen Umständen am wahrscheinlichsten für das auf der Retina vorliegende zweidimensionale Erregungsmuster sind. Die sich verändernden zweidimensionalen Lichtmuster sind aber für sich nicht hinreichend, um die dreidimensionale Struktur der externen Welt, von der dieses Licht reflektiert wurde, zu fixieren. Es gibt immer eine Vielzahl von Möglichkeiten, die zu dem konkret vorliegenden Muster geführt haben könnten. Das Sehsystem löst also ein sogenanntes „inverses Problem“ (Palmer 1999). Für dieses Problem gibt es keine technische deduktive Lösung, sondern es sind implizite Annahmen über die Strukturen der Welt erforderlich und darüber, welche retinalen Erregungsmuster von ihnen produziert werden. Unter diesen Annahmen kann das System raum-zeitliche und kausale Strukturen erkennen – oder eben auch nicht, wie das bei Wahrnehmungstäuschungen manchmal der Fall ist.

Die Wahrnehmung intentionaler Kausalität

Parallel zu den Arbeiten Michottes (1946) hatte Fritz Heider mit ähnlichen Trickfilmen begonnen, Fragen der Attribution von Kausalität in sozialen Kontexten zu untersuchen (Heider & Simmel 1944). Beispielsweise präsentierte er seinen Probanden verschieden große geometrische Figuren in koordinierten Bewegungsmustern. Die Probanden sollten aufschreiben, was in dem Film geschah, und wählten durchweg anthropomorphe Beschreibungen: „Ein großes Quadrat verfolgt zwei kleine, die sich vor ihm in einem Raum verstecken“, usw. Hier geht es also nicht um die Wahrnehmung *mechanischer* Kausalität, sondern um die Wahrnehmung *intentionaler* Kausalität, das heißt um kausale Attributionen, die sich daraus ergeben, daß wir eine sehr ausgeprägte Tendenz dazu haben, andere (oder auch uns selbst) als Han-

delnde geleitet von Absichten, Wünschen, Gefühlen, usw. wahrzunehmen. Es ist durchaus verblüffend, daß die Bewegungen offensichtlich unbelebter einfacher physikalischer Objekte zu hoch komplexen sozialen Attributionen führen, wenn und solange nur die raum-zeitliche Koordination der Bewegungen dieser Objekte mit denen belebter Wesen übereinstimmt. Die Frage der Attribution *intentionaler* Kausalität betrifft uns letztlich natürlich auch selbst. Wenn wir uns als Verursacher unserer Handlungen erleben, dann treffen wir damit auch eine Aussage zum freien oder bewußten Willen. In der Regel trifft das auch zu. Wie im Falle der Wahrnehmung *mechanischer* Kausalität kann man aber auch für die Wahrnehmung *intentionaler* Kausalität zeigen, daß physikalische Wirklichkeit und bewußtes Erleben nicht immer übereinstimmen. Beispielsweise zeigten Wegner und Wheatley (1999, vgl. auch Wegner 2002) in einem Experiment, daß Menschen sich bei der Bewegung und beim Anhalten einer zusammen mit einer anderen Person gesteuerten Computermaus als kausal handelnd erleben können, auch wenn sie in Wirklichkeit keine Kontrolle über dieses Gerät hatten. Das Experiment erzeugte also das Gefühl eines bewußten Willens, der aber auf einer *illusion of control* beruhte.

Die Entwicklung der Kausalitätswahrnehmungen: Ein inverses Problem?

Kurz noch zwei Anmerkungen zur Entwicklung der Wahrnehmung von mechanischer und intentionaler Kausalität. Die Wahrnehmung *mechanischer* Kausalität im Michotteschen Sinne läßt sich bereits für Kleinkinder im Alter von ca. 6,5 Monaten belegen (Leslie & Keeble 1987). Die Wahrnehmung *intentionaler* Kausalität scheint sich im Alter von drei bis vier Jahren zu entwickeln, etwa in einer Phase, in der es Kindern gelingt, zwischen eigenen und fremden Bewußtseinszuständen zu unterscheiden (Stichwort: *theory of mind*). Ob bzw. auf welche Weise sich die Wahrnehmung *intentionaler* Kausalität aus der Wahrnehmung *mechanischer* Kausalität entwickelt ist ein aktuelles Thema der entwicklungspsychologischen Forschung (z. B. Schlottmann, Allen, Linderoth & Hesketh 2002). Es gibt mittlerweile viele und auch recht überzeugende experimentelle Belege dafür, daß zwei- bis vierjährige Kinder zur Konstruktion kausaler Beziehungen in der Lage sind und daß ihr Lernen von kausalen Zusammenhänge in der Welt analog zur Lösung des „inversen Problems“ der Wahrnehmung mit dem Formalismus von Bayes-Netzen beschrieben werden kann (Gopnik, Glymour & Sobel 2004).

Experimentalpsychologische Untersuchungen zeigen, daß die Wahrnehmung von mechanischer Kausalität eine Konstruktion unseres Geistes ist, die sich unter entsprechenden Bedingungen gegen eine alternative nicht-kausale Bewegungswahrnehmung durchsetzen kann

und dafür auch eine zeitliche Rückdatierung von Bewußtseinsinhalten in Kauf nimmt. Für die Wahrnehmung intentionaler Kausalität lassen sich in experimentalpsychologischen Untersuchungen Dissoziationen von gefühlter und objektiver Handlungskontrolle herstellen. Ob bzw. auf welche Weise die Wahrnehmung intentionaler Kausalität sich aus der Wahrnehmung mechanischer Kausalität entwickelt, ist nicht klar. Es ist bemerkenswert, daß für die in diesen Domänen weitgehend unbewußte Informationsverarbeitung eine Bayes'sche Perspektive einen vielversprechenden einheitlichen theoretischen Rahmen bereitstellt und dementsprechend an Bedeutung gewinnt.

Literatur

Blakemore, S.-J., Fonlupt, P., Pachot-Clouard, M., Darmon, C., Boyer, P., Meltzoff, A. N. et al.: How the brain perceives causality: An event-related fMRI study. In: *Neuroreport* 12 (2001), S. 3741–3746.

Choi, H. & B. J. Scholl: Effects of grouping and attention on the perception of causality. In: *Perception & Psychophysics* 66 (2004), S. 926–942.

Choi, H. & B. J. Scholl: Perceiving causality after the fact: Postdiction in the temporal dynamics of causal perception. In: *Perception* 35 (2006), S. 385–399.

Gopnik, A., Glymour, C., Sobel, D. M., Schulz, L. E., Kushnir, T. & D. Danks: A theory of causal learning in children: Causal maps and Bayes nets. In: *Psychological Review* 111 (2004), S. 1–30.

Heider, F. & M. Simmel: An experimental study of apparent behavior. In: *American Journal of Psychology* 57 (1944), S. 243–259.

Helmholtz, H. von: *Handbuch der physiologischen Optik*, Leipzig: Voss, 1867.

Hume, D.: *An enquiry concerning human understanding*, La Salle, IL: Open Court, 1777.

Kant, I.: *Kritik der reinen Vernunft*, Hamburg: Meiner, 1781.

Leslie, A. M. & S. Keeble: Do six-month-old infants perceive causality? In: *Cognition* 25 (1987), S. 265–288.

Michotte, A.: *La perception de la causalité*, Louvain: Institut Supérieur de Philosophie, 1946.

Palmer, S. E.: *Vision Science: Photons to Phenomenology*, Cambridge, MA: MIT Press, 1999.

Rock, I.: *The logic of perception*, Cambridge, MA: MIT Press, 1983.

Schlottmann, A., Allen, D., Linderoth, C. & S. Hesketh: Perceptual causality in children. In: *Child Development* 73 (2002), S. 1656–1677.

Scholl, B. J.: Innateness and (Bayesian) visual perception: Reconciling nativism and development. In: Carruthers, P., Laurence, S. & S. Stich (Hg.), *The innate mind: Structure and contents*, Oxford University Press, 2005, S. 34–52.

Wegner, D.: *The illusion of conscious will*, Cambridge: MIT Press, 2002.

Wegner, D. & T. Wheatley: Apparent mental causations: Sources of the experience of will. In: *American Psychologist* 54 (1999), S. 480–491.