

Adressen der Herausgeberinnen:

Dr. phil. Dipl.-Psych. Katharina Müller
Neurologische Klinik der Heinrich-Heine-Universität
MEG-Labor
Moorenstrasse 5
D-40229 Düsseldorf

PD Dr. phil. Dipl.-Psych. Gisa Aschersleben
Max-Planck-Institut
für Psychologische Forschung
Amalienstrasse 33
D-80799 München

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Rhythmus: ein interdisziplinäres Handbuch / Katharina Müller und Gisa Aschersleben (Hrsg.).
Mit Beitr. u. a. von Eckart Altenmüller ... - 1. Aufl. - Bern ; Göttingen ; Toronto ;
Seattle : Huber, 2000
(Aus dem Programm Huber: Psychologie-Handbuch)
ISBN 3-456-83518-3

Lektorat: Dr. P. Stehlin
Herstellung: Peter E. Wüthrich
Anregungen und Zuschriften bitte an:
Verlag Hans Huber, Länggass Strasse 76, CH-3000 Bern 9
Tel. 0041 (0)31 300 4500 / Fax 0041 (0)31 300 4593
E-Mail: verlag@hanshuber.com / Internet: <http://www.HansHuber.com>

1. Auflage 2000
© 2000 by Verlag Hans Huber, Bern
Druck: AZ Druck und Datentechnik GmbH, Kempten
Printed in Germany



Dieses Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	ix
Einleitung	
1 <i>Albert Spitznagel</i> Zur Geschichte der psychologischen Rhythmusforschung	1
2 <i>Herbert Bruhm</i> Zur Definition von Rhythmus	41
Wahrnehmung von Rhythmus	
3 <i>Eckardt Altenmüller, Maria Schuppert, Helen Kuck, Marc Bangert und Michael Großbach</i> Neuronale Grundlagen der Verarbeitung musikalischer Zeitstrukturen	59
<i>Katharina Müller. Die Verarbeitung musikalischer Zeitstrukturen – Ein spezifischer Prozess? Kommentar zu Altenmüller et al.</i>	79
4 <i>Thomas Rammsayer</i> Zeitwahrnehmung und Rhythmuswahrnehmung	83
<i>Dirk Kerzel: Zeitwahrnehmung und Zeitschätzung im Umgang mit Objekten. Kommentar zu Rammsayer</i>	107
5 <i>Günther Rötter</i> Zeitwahrnehmung und die Produktion von Zeitabläufen innerhalb komplexer musikalischer Zusammenhänge	111
<i>Karl Th. Kalveram. Zielbildung, Prädiktion und Parameter-adjustierung auch bei der Zeitwahrnehmung? Kommentar zu Rötter</i>	133

Produktion von Rhythmus

- 6 *Gisa Aschersleben*
Zeitliche Steuerung einfacher motorischer Handlungen 137
Frauke Musial. Zeitliche Steuerung einfacher motorischer Handlungen. Kommentar zu Aschersleben 159
- 7 *Ralf Th. Krampe, Ralf Engbert, Reinhold Kliegl, und Jürgen Kurths*
Koordination und Synchronisation der Hände beim rhythmischen Timing 163
Andreas Wohlschläger. Gestaltgesetze und die Repräsentation der Ziele rhythmischer Handlungen. Kommentar zu Krampe et al. 185

Dysfunktion von Rhythmus

- 8 *Karl Th. Kalveram*
Stottern: Eine Rhythmusstörung in einer hierarchisierten Handlungssteuerung? 191
Prisca Stenneken. Zur Rolle auditiven und taktil-kinästhetischen Feedbacks in Sprech- und Tappingbewegungen. Kommentar zu Kalveram 219

Entwicklung rhythmischer Fertigkeiten

- 9 *Herbert Bruhn*
Kognitive Aspekte der Entwicklung von Rhythmus 227
Franz Mechsner. Empfundenes und reales Tempo: Eine Deutung von Fitts' Gesetz im Lichte von Celibidaches Musikphänomenologie. Kommentar zu Bruhn 245

- 10 *Sabine Weinert*
Sprach- und Gedächtnisprobleme dysphasisch-sprachgestörter Kinder: Sind rhythmisch-prosodische Defizite eine Ursache? 255
Hermann Schöler. Sind rhythmisch-prosodische Defizite ursächlich für Sprach- und Gedächtnisprobleme spezifisch sprachgestörter Kinder? Kommentar zu Weinert 285

Methoden psychologischer Rhythmusforschung

- 11 *Katharina Müller*
Neurophysiologische Methoden zur Analyse zeitlicher Steuerungsmechanismen im Gehirn 293
Michael Großbach. Ist die kortikale Lokalisation von Zeitverarbeitung vom untersuchten Zeitfenster abhängig? Kommentar zu Müller 311
- 12 *Frauke Musial*
Die Walsh-Fourier-Spektralanalyse: Eine Methode zur zeitreihenanalytischen Auswertung binärer und ordinal skalierten Daten 315
Frank Miedreich. Zeitreihen in der experimentellen Psychologie. Kommentar zu Musial 349

- Liste der Autoren 353
Schlagwortindex 355
Autorenindex 359

- Starlinger I. & Niemeier, W. (1981). Do the blind hear better? Investigations on auditory processing in congenital or early blindness. I. Peripheral functions. *Audiology*, 20, 503-509.
- Stern, L. W. (1897). Psychische Präsenzzeit. *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane*, 13, 325-349.
- Sturt, M. (1925). *The psychology of time*. London: Kegan Paul.
- Surwillo, W. W. (1968). Timing of behavior in senescence and the role of the central nervous system. In G. A. Talland (Ed.), *Human aging and behavior* (pp. 1-35). New York: Academic Press.
- Swinney, D. A. & Osterhout, L. (1990). Interference generation during auditory language comprehension. In A. C. Graesser & G. H. Bowers (Eds.), *The psychology of learning and motivation*, Vol. 25 (pp. 17-33). San Diego: Academic Press.
- Thomas, E. A. C. & Cantor, N. E. (1978). Interdependence between the processing of temporal and non-temporal information. In J. Requin (Ed.), *Attention and performance*, Vol. 7 (pp. 43-62). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Titchener, E. B. (1912). *Lehrbuch der Psychologie (Band 2)*. Leipzig: Barth.
- Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: implications for a model of the «internal clock.» *Psychological Monographs*, 77, 1-31.
- Treisman, M., Faulkner, A., Naish, P. L. N., & Brogan, D. (1990). The internal clock: evidence for a temporal oscillator underlying time perception with some estimates of its characteristic frequency. *Perception*, 19, 705-743.
- Vorberg, D. & Hambuch, R. (1978). On the temporal control of rhythmic performance. In J. Requin (Ed.), *Attention and performance*, Vol. VII (pp.535-555). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Vorberg, D. & Hambuch, R. (1984). Timing of two-handed rhythmic performance. In J. Gibbon & L. G. Allan (Eds.), *Timing and time perception* (pp. 390-406). New York: New York Academy of Sciences.
- Wing, A. M. & Kristofferson, A. B. (1973). Response delays and timing of discrete motor responses. *Perception & Psychophysics*, 14, 5-12.
- Woodrow, H. (1951). Time perception. In S. S. Stevens (Ed.), *Handbook of experimental psychology* (pp. 1224-1234). New York: Wiley.
- Zakay, D. (1990). The evasive art of subjective time measurement: some methodological dilemmas. In R. A. Block (Ed.), *Cognitive models of psychological time* (pp. 59-84). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Zakay, D. (1993). Relative and absolute duration judgments under prospective and retrospective paradigms. *Perception & Psychophysics*, 54, 656-664.

Weiterführende Literatur

- Deutsch, D. (1999). *Music psychology*. New York: Academic Press.
- Fraisse, P. (1978). Time and rhythm perception. In E. C. Carterette & M. P. Friedman (Eds.), *Handbook of perception*, Vol. VIII (pp. 203-254). New York: Academic Press.
- Rammsayer, T. (1992). *Die Wahrnehmung kurzer Zeitdauern*. Münster: Waxmann.

Zeitwahrnehmung und Zeitschätzung im Umgang mit Objekten

Kommentar zu Rammsayer

Dirk Kerzel

Bei der Untersuchung der Verarbeitung von Zeit handelt es sich zunächst einmal um Forschung, die ihre Fragen unabhängig von menschlichen Handlungen stellt. Daraus sollte aber nicht abgeleitet werden, Zeitverarbeitung habe nichts mit Motorik und zielgerichtetem Verhalten zu tun. Spätestens bei der Frage, weshalb wir Mechanismen zur Zeitverarbeitung in unserer Menschheitsgeschichte erworben haben, liegt ein Bezug zu unseren Handlungen nahe.

Was könnten mögliche Funktionen der strukturierten Verarbeitung von kurzen Zeitdauern sein? Zumindest zwei alternative Antworten sind möglich. Zum einen sind kurze Zeitintervalle für Funktionen wichtig, die (auch in diesem Band) eng mit der Zeitverarbeitung in Zusammenhang gebracht werden: der Gebrauch von Sprache und das Erleben und Produzieren von Musik. Man wäre dann geneigt, die Verarbeitung von Zeit als ein Epiphänomen der Entwicklung von Sprach- und Musikverständnis zu betrachten. Wir würden also Zeit verarbeiten, weil es für Sprache und Musik benötigt wird. Bei diesen Funktionen handelt es sich allerdings um Prozesse, deren stammesgeschichtliche Entwicklung relativ spät anzusiedeln ist, und unsere nächsten Verwandten, die Primaten, müssten ohne Zeitverarbeitung auskommen, da ihnen sowohl Sprache wie auch Musik fehlt. Obwohl es nur wenige Konditionierungsstudien zur Zeitwahrnehmung bei Primaten gibt, erscheint es unplausibel, dass Zeitwahrnehmung tatsächlich eine Funktion ist, die uns Menschen vorbehalten ist.

Eine zweite Hypothese über die Funktion von Zeitwahrnehmung betrifft die Interaktion von Handelnden mit Objekten, insbesondere mit bewegten Objekten. Man vergegenwärtige sich z.B. einen Fußgänger in der belebten Innenstadt am Samstagmorgen. Um sich durch die Menge anderer Menschen zu bewegen, d.h. um Hindernisse in seiner Umwelt zu umgehen, muss er abschätzen können, wie lange eine sich bewegende Person braucht, um aus seinem Weg zu verschwinden; ebenso muss er abschätzen können, wie lange er benötigt, um eine gewisse Distanz zu durchschreiten. Ohne diese zeitbezo-

gene Information wäre der Einkaufsbummel für den Passanten durch fortwährende Kollisionen gekennzeichnet.

Die experimentelle Studie dieser Situation verengt sich auf die Frage, wie Beobachter die Zeit bis zum Kontakt mit einem Objekt einschätzen können. Eine einfache Annäherung wäre es, die Distanz des Objektes durch seine Geschwindigkeit zu teilen. Das Resultat ist eine Zeit; allerdings ist nicht klar, wie der Beobachter zu Distanz- und Geschwindigkeitsschätzungen kommt. Lee (1976) behauptete deshalb, dass es Beobachtern gelingt, die Zeit bis zum Kontakt durch eine visuelle Variable allein aus dem optischen Fluss heraus zu extrahieren. Für ein Objekt, das sich linear auf einen Beobachter zu bewegt, ergibt der Quotient aus dem Sehwinkel, der durch das Objekt aufgespannt wird, und der Geschwindigkeit, mit der sich dieser Winkel verändert, die Zeit bis zum Kontakt (*time-to-contact*). Das heißt, dass es prinzipiell möglich ist, eine Zeitschätzung aufgrund von visuellen Größen vorzunehmen. Explizites Wissen um Distanz des Objektes und seine Geschwindigkeit sind nicht nötig.

Lee konnte für einige Spezies zeigen, dass sie visuell abgeleitete Kontaktzeit für die zeitliche Steuerung ihrer Bewegungen gebrauchen (Lee & Reddish, 1981). Einige Seevögel, die sich aus beträchtlicher Höhe in das Meer stürzen, um dort Fische zu jagen, legen ihre Flügel kurz vor dem Eintauchen in das Wasser an den Körper an. Eine zu späte Reaktion würde zu lebensgefährlichen Verletzungen des Vogels führen. Um das zu verhindern, brauchen die Vögel die Zeit bis zum Kontakt mit der Wasseroberfläche, die sie aus visueller Information extrahieren können.

Für den Menschen ergibt sich eine ähnliche Situation beim Fangen von Objekten. Wenn ein Objekt sich auf einen Beobachter zu bewegt, und dieses Objekt während der gesamten Zeit sichtbar ist, dann scheinen die Beobachter in der Lage zu sein, die visuelle Information sehr akkurat zu benutzen, um eine motorische Reaktion auf das Objekt zu initiieren (Bahill & Karnavas, 1993; Bootsma & van Wieringen, 1990; Regan, 1992). Bei diesen sehr schnellen Bewegungen und sehr kurzen Zeiten bis zum Kontakt konnte gezeigt werden, dass die Versuchspersonen die Aufgabe mit einer sehr hohen Präzision durchführten. In diesen Studien war die visuelle Information verfügbar, bis die Versuchsperson die Greifhandlungen initiierten. Daher konnte die Bestimmung des Zeitpunktes, zu dem die Handlung ausgeführt wurde, allein aufgrund visueller Information bestimmt werden.

Allerdings gibt es eine Vielzahl von Situationen, in denen visuelle Information nicht bis zur Initiierung der Handlung verfügbar ist. Wenn ein Passant in der Innenstadt z.B. einen Gemüsestand in seiner Gehrichtung entdeckt, dann wird er nicht unbedingt seinen Blick auf diesen gerichtet halten, bis er den Stand erreicht hat, sondern er wird sich eventuell seiner Begleitung, seiner Einkaufstasche, oder den umliegenden Gebäuden zuwenden. Trotzdem

ist es selten, dass ein Passant trotz der Abwesenheit visueller Information, die ihn über den Kontaktzeitpunkt informieren könnte, eine Kollision (mit einem Gemüsestand) verursacht. Das heißt also, dass Information über die Zeit bis zur Kollision über eine gewisse Zeit hinweg ohne visuelle Auffrischung auskommt. Aus dieser Beobachtung wird klar, dass die visuell bestimmte Kontaktzeit in vielen Situationen durch nicht-visuelle Zeitwahrnehmung ergänzt werden muss.

Experimentell kann die Situation des Einkäufers, der seinen Blick vom Gemüsestand abwendet, folgendermaßen nachempfunden werden: Eine Versuchsperson wird gebeten, ein Objekt mit einer Hand zu fangen, und einige Zeit bevor das Objekt die Hand erreicht, wird das Licht ausgeknipst (Alderson, D. J. Sully, & G. H. Sully, 1974). Nachdem völlige Dunkelheit die Versuchsperson umgibt, muss die visuelle eingeschätzte Kontaktzeit auf eine nicht-visuelle Art und Weise wahrgenommen werden. Bei kurzen Zeitdauern wird dies auch akkurat geleistet. Dabei ist anzumerken, dass das Ausknipsen des Lichts nur eine extreme Form der Degradierung visueller Information ist. Bei schnellen Objekten, oder bei Aktivitäten die das Beobachten mehrerer Informationsquellen verlangen, wird dem Objekt, auf das reagiert werden muss, oft nicht mit den Augen gefolgt. Dadurch wird das Objekt oft auf Gebiete der Netzhaut abgebildet, deren Auflösung zu schlecht ist, als dass eine optimale Nutzung visueller Hinweisreize möglich wäre. Dies ist z.B. beim Baseball der Fall, trotzdem sind die Spieler hier in der Lage, Bälle mit einem Schläger zu treffen (Bahill & Karnavas, 1993).

Der sehr genauen Abschätzung der Kontaktzeit bei kurzen Intervallen zwischen der letzten visuellen Information und der erforderlichen motorischen Reaktion steht eine relativ schlechte Leistung bei längeren Intervallen gegenüber (Tresilian, 1995, gibt eine Übersicht). Verschwindet das Objekt Sekunden bevor es den Beobachter erreicht hätte, dann sind Schätzungen der Zeit bis zum Kontakt sehr variabel und durch eine Vielzahl von kognitiven Faktoren beeinflusst. Es wurde gefunden, dass die eingeschätzten Kontaktzeiten bei großen Objekten geringer als bei kleinen (DeLucia, 1991) und bei schnellen geringer als bei langsamen (Kerzel, Hecht, & Kim, 1999). Dies lässt darauf schließen, dass bestimmte Hinweisreize im Sinne einer Heuristik («umso größer umso eher ist es da» etc.) zur Zeitschätzung herangezogen werden.

Die Unterschiede in der Abschätzung von langen und kurzen Zeitdauern nach dem Verschwinden eines Objektes auf Kollisionskurs korrespondieren mit den Unterschieden in der Zeitwahrnehmung und Zeitschätzung. Während die Wahrnehmung von kurzen Zeitdauern von T. Rammsayer als ein subkortikaler Mechanismus beschrieben wird, der nicht durch kognitive Zweitaufgaben beeinflusst wird, so ist die Schätzung von Zeitintervallen größer als ein paar hundert Millisekunden eher eine Funktion des Arbeitsgedächtnisses.

Eine solche Korrespondenz gibt Anlass zu der Spekulation, dass bei der Wahrnehmung von Kontaktzeitpunkt und Zeitintervallen ähnliche Mechanismen benötigt werden (siehe auch DeLucia, & Liddell, 1998).

Die Frage, welche Funktion die Verarbeitung von Zeit außerhalb von Musik und Sprache hat, könnte also in der Abschätzung der Kontaktzeit eine weitere Antwort finden.

Literatur

- Alderson, G. J., Sully, D. J., & Sully, H. G. (1974). An operational analysis of a one-handed catching task using high speed photography. *Journal of Motor Behavior*, 6, 217-226.
- Bahill, A. T. & Karnavas, W. J. (1993). The perceptual illusion of baseball's rising fastball and breaking curveball. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 19, 3-14.
- Bootsma, R. J. & Van Wieringen, P. C. (1990). Timing an attacking forehand drive in table tennis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 16, 21-29.
- DeLucia, P. R. (1991). Pictorial and motion-based information for depth perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17, 738-748.
- DeLucia, P. R. & Liddell, G. W. (1998). Cognitive motion extrapolation and cognitive clocking in prediction motion tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 24, 901-914.
- Kerzel, D., Hecht, H., & Kim, N.-G. (1999). Image velocity, not tau, explains arrival-time judgements from global optical flow. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 1540-1555.
- Law, D. J., Pellegrino, J. W., Mitchell, S. R., Fischer, S. C., McDonald, T. P., & Hunt, E. B. (1993). Perceptual and cognitive factors governing performance in comparative arrival-time judgments. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 1183-1199.
- Lee, D. N. (1976). A theory of visual control of braking based on information about time-to-collision. *Perception*, 5, 437-459.
- Lee, D. N. & Reddish, P. E. (1981). Plummeting gannets: A paradigm of ecological optics. *Nature*, 93, 293-294.
- Regan, D. (1992). Visual judgements and misjudgements in cricket, and the art of flight. *Perception*, 21, 91-115.

K. Müller & G. Aschersleben (Hrsg.) (2000), *Rhythmus. Ein interdisziplinäres Handbuch*. Bern: Huber. S. 111-132.

5

Zeitwahrnehmung und die Produktion von Zeitabläufen innerhalb komplexer musikalischer Zusammenhänge

Günther Rötter

Zusammenfassung. In diesem Beitrag wird der Versuch unternommen, die Wahrnehmung und die Produktion von Zeitabläufen genauer zu untersuchen, die sich unter wesentlich komplexeren Bedingungen abspielen als dies bei Studien zum Tapping der Fall ist, nämlich Zeitabläufe bei imaginierten und auch gespielten musikalischen Kompositionen. Konkret geht es bei dieser Untersuchung darum zu klären, wie es möglich ist, dass ein Musiker ein bestimmtes Musikstück auch noch nach längerer Zeit in fast demselben Tempo reproduzieren kann, wobei sich auch die ausdrucksbedingten kurzzeitigen Verzögerungen und Beschleunigungen mit erstaunlicher Präzision wiederholen. Insbesondere soll dabei die Rolle der Motorik und die Bedeutung kognitiver Prozesse geklärt werden.

Die Innere Uhr und musikalische Zeitabläufe

Viele musikpsychologische Studien sehen zur Erklärung ihrer Befunde einen internen Zeitgeber vor, der gleichmäßige Impulse abgibt, die dann die Grundlage für die Tempogenauigkeit liefern (Burle & Bonnet, 1997; Palmer, 1997). Zu diesem Zeitgeber existieren unterschiedliche Modellvorstellungen, die in den letzten 60 Jahren häufig Gegenstand von psychologischen Forschungen waren. Man versuchte, die Ergebnisse von Zeitschätzungsexperimenten mit