

CORD WESTHOFF & NIKOLAUS F. TROJE

Personenidentifikation anhand von biologischer Bewegung – strukturelle und kinematische Parameter

Einleitung

Die Untersuchung biologischer Bewegung wurde in den 70er Jahren vom schwedischen Forscher Gunnar Johansson in die experimentelle Psychologie eingeführt. Johansson bezeichnete biologische Bewegung als die „charakteristische Art der Fortbewegung von Lebewesen“. Als Gegenstand der Untersuchung benutzte er sog. „Point-Light Displays“ (PLDs). Diese basieren auf Aufnahmen menschlicher Bewegung, wobei die zu Grunde liegende Person nur durch einige wenige Lichtpunkte an den Hauptgelenken des Körpers dargestellt wird. In einer statischen Aufnahme erscheinen diese Lichtpunkte als inhaltslose Punktwolke. Ein kurzes Abspielen der Aufnahmen (200 ms) führt jedoch zu einer stabilen und eindeutigen Wahrnehmung menschlicher Bewegung (Johansson, 1973, 1976).

Seit den ursprünglichen Arbeiten von Johansson haben sich eine Reihe von Studien der Untersuchung der Wahrnehmung biologischer Bewegung gewidmet. Es konnte z. B. gezeigt werden, dass Beobachter die dargestellte Aktion aus PLDs erkennen können (Dittrich, 1993). Darüber hinaus kann die zu Grunde liegende Emotion erkannt werden, sowohl hinsichtlich ihrer Valenz wie auch des Grades der Aktivierung (Pollick et al., 2002). Weiterhin kann das Geschlecht einer Person (Troje, 2002a) sowie ihre Identität wahrgenommen werden. Während in verschiedenen Studien gezeigt werden konnte, dass Beobachter in der Lage sind, die Identität einer Person anhand von PLDs zu erkennen (z. B. Beardsworth & Buckner, 1981; Cutting & Kozlowski, 1977; Stevenage et al. 1999), wurde den dabei relevanten Faktoren bisher wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Daher ist nicht klar, ob Personen z. B. anhand ihrer Größe, Körperstruktur, Schrittfrequenz, oder anhand der Art ihrer Bewegungen identifiziert werden können.

Methode

Durch den Einsatz eines „Motion Capture“ Systems wurden die Gangmuster verschiedener Personen aufgenommen. Hierbei wird zunächst ein Set von reflektierenden Markern am Körper der Person befestigt, deren Position im dreidimensionalen Raum von neun Kameras mit einer räumlichen Auflösung von 1 mm und einer zeitlichen Auflösung von 120 Hz bestimmt wird. Nach biomechanischer Modellierung und Fourier-Transformation der Rohdaten (vgl. Troje, 2002a; 2002b), ist jedes Gangmuster als ein Punkt in einem multidimensionalen Raum repräsentiert. Der entsprechende Vektor erhält Einträge für die Größe einer Person, ihre Körperstruktur (d. h., die durchschnittliche Position der Marker über die Zeit), ihre fundamentale Schrittfrequenz sowie die übrigen kinematischen Parameter in den Fourier-Komponenten. Diese Repräsentation erlaubt die unabhängige Variation der Parameter, z. B. die Normalisierung einzelner Faktoren über eine Gruppe von Gangmustern.

Studie 1

In der ersten Studie wurde untersucht, welche Rolle die Parameter Größe, Struktur und Schrittfrequenz bei der Wiedererkennung von individuellen PLDs spielen (Troje et al., 2005). Die VPn (N = 18) lernten, sieben verschiedene männliche Gangmuster aus einer von drei Perspektiven (Frontal, FV; Halb-Profil, HV; Profil, PV) zu benennen. Das Training fand an fünf aufeinander folgenden Tagen statt. In jedem Trial mussten die VPn das gezeigte Gangmuster einem von sieben Namen unter Feedback zuordnen. Im Laufe der Trainingssitzungen wurde nacheinander die Größe, Struktur und Schrittfrequenz der PLDs normalisiert, so dass diese Faktoren keinen individuellen Wiedererkennungswert mehr besaßen. Am Ende des Experiments fand ein zusätzlicher Testdurchgang statt, in dem die Generalisierung der Wiedererkennung auf die anderen Blickwinkel überprüft wurde.

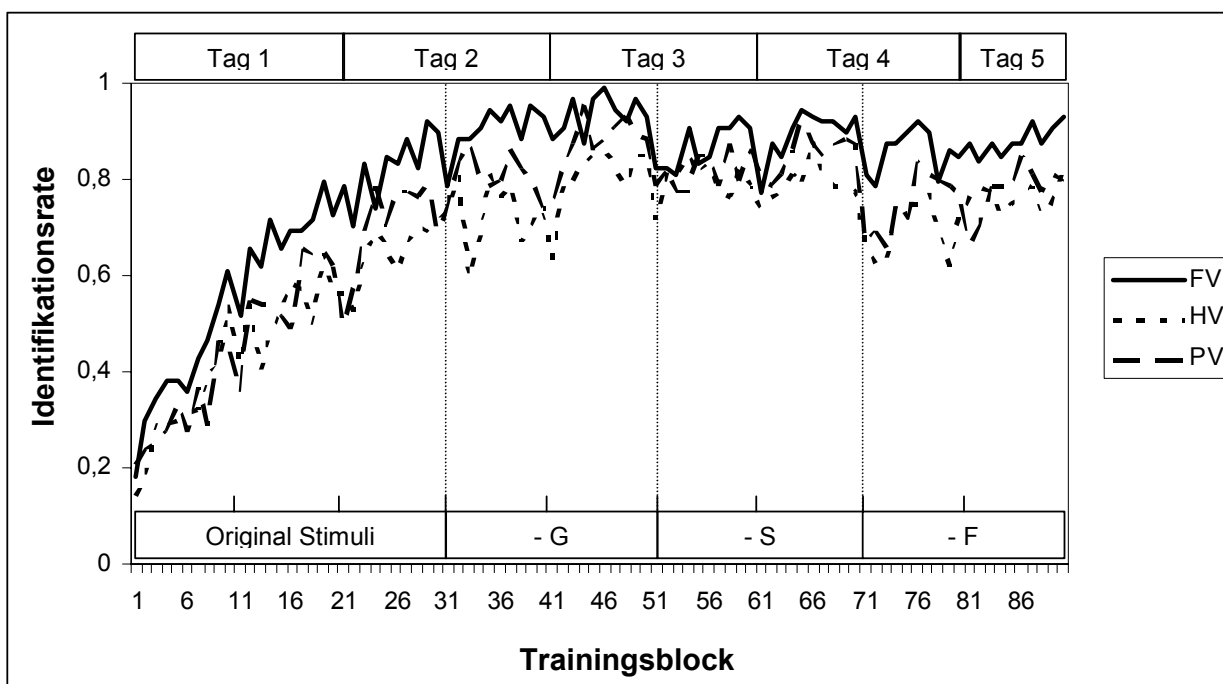


Abb. 1: Lernkurven in Studie 1. – G: Größe norm.; – S: Größe u. Struktur norm.; – F: Größe, Struktur u. Frequenz norm.; FV: Frontalansicht; HV: Halb-Profil Ansicht; PV: Profilansicht.

Alle drei Gruppen (eingeteilt nach Blickwinkel) zeigten eine ansteigende Lernkurve im Laufe der Trainings mit den originalen Stimuli. Nach den ersten drei Sitzungen erreichte die Leistung ein Niveau von 70-90% korrekt erkannter Gangmuster (Abb. 1). Um den Einfluss der drei Faktoren zu berechnen, wurde die mittlere Leistung der jeweils letzten drei Trainingsblöcke vor der Normalisierung mit der mittleren Leistung in den ersten drei Blöcken nach der Normalisierung verglichen. Nach der Normalisierung von Struktur und Schrittfrequenz zeigte sich eine signifikante Verschlechterung der Wiedererkennung, nicht jedoch nach der Normalisierung der Größe der PLDs (Abb. 2). Die Überprüfung der Generalisierungsleistung zeigte in allen Gruppen eine signifikante Verschlechterung der Leistung, wenn der Blickwinkel im Testdurchgang von demjenigen im Training abwich (Abb. 3). Alle Ergebnisse blieben jedoch signifikant über Zufallsniveau (14%).

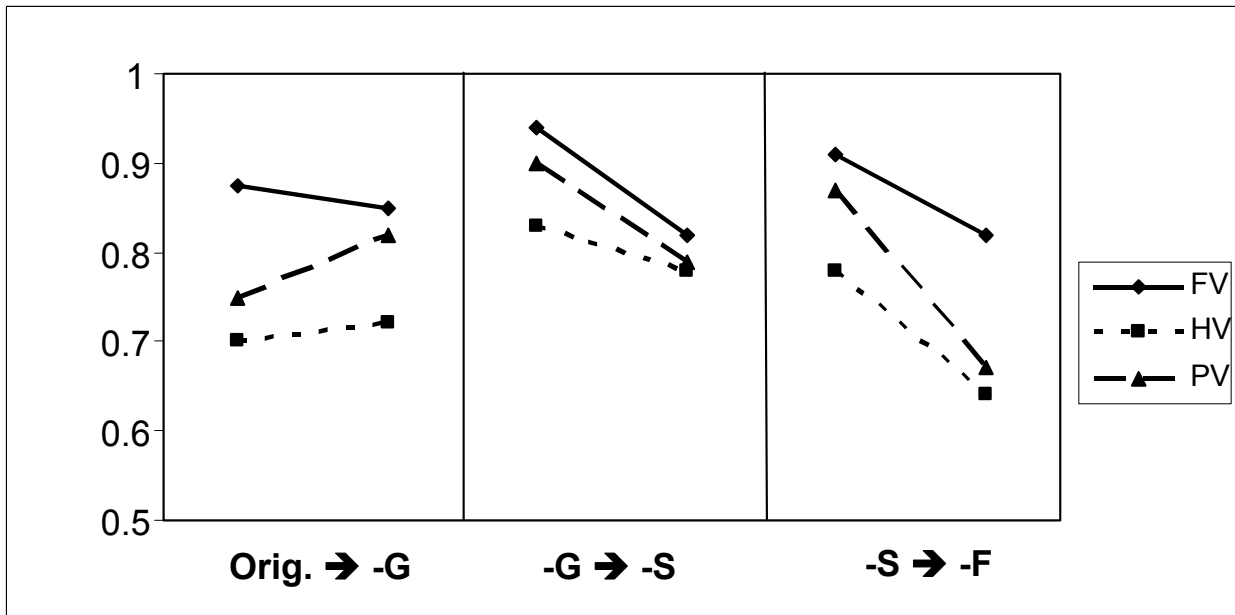


Abb. 2: Effekte der Normalisierung in Studie 1. FV: Frontalansicht; HV: Halb-Profil Ansicht; PV: Profilansicht.

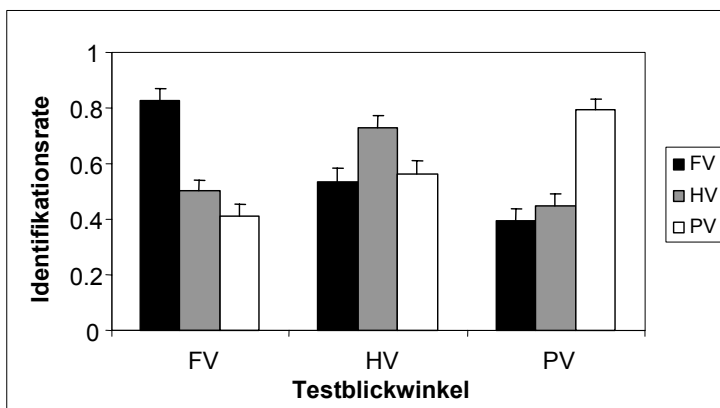


Abb. 3: Generalisierungsleistung der drei Gruppen (Balken) in Studie 1 über alle Blickwinkel (x-Achse). FV: Frontalansicht; HV: Halb-Profil Ansicht; PV: Profilansicht.

Trotz Normalisierung der drei Parameter betrug die Wiedererkennungsrates am Ende des Experiments ca. 80-90% (vgl. Abb. 1). Die übrigen kinematischen Parameter, die in den Fourier-Komponenten codiert werden, müssen also noch viel individuelle Information enthalten, die zur Identifikation individueller Gangmuster genutzt werden kann. In der zweiten Studie wurden diese kinematischen Faktoren daher genauer untersucht.

Studie 2

Die Stimuli, die in der zweiten Studie verwendet wurden, waren bereits hinsichtlich Größe, Struktur und Schrittfrequenz normalisiert, um die individuelle Information auf die kinematischen Parameter zu beschränken. In zwei Experimenten wurde die Rolle der Harmonischen der Fourier-Analyse bzw. des Phasen- und Amplitudenspektrums der Gangmuster überprüft. Hierzu wurde zunächst ein mittlerer Läufer aus den individuellen Bewegungen erstellt. Für die Teststimuli wurde im ersten Experiment entweder die erste, die zweite oder die dritte bis fünfte Harmonische dieses Läufers durch die individuellen Harmonischen der originalen Läufer ersetzt, so dass diese nur anhand der jeweiligen Harmonischen identifizierbar waren. Im zweiten Experiment wurde entweder das komplette Phasen-Spektrum des mittleren Läufers, welches die zeitliche Relation der Punkte zueinander kodiert, oder das

Amplituden-Spektrum, das die räumliche Auslenkung der Punkte enthält, durch das jeweilige Spektrum der individuellen Läufer ersetzt.

In sechs Trainingssitzungen an zwei aufeinander folgenden Tagen lernten die VPn in beiden Experimenten (jeweils $N = 18$) sieben männliche Gangmuster aus einem der drei Blickwinkel, die schon im ersten Experiment benutzt wurden, zu benennen. In einem anschließenden Testdurchgang wurde die Wiedererkennung der Stimuli mit den individuellen Harmonischen bzw. mit dem Phasen- oder Amplituden-Spektrum unter allen drei Blickwinkeln geprüft.

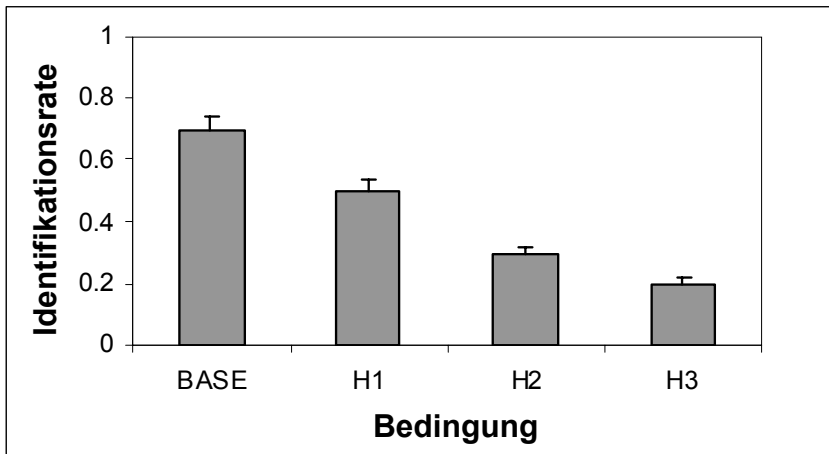


Abb. 4: Identifikationsleistung in Experiment 1 von Studie 2. BASE: Trainingsstimuli; H1-H3: 1./ 2./ 3.-5. Harmonische.

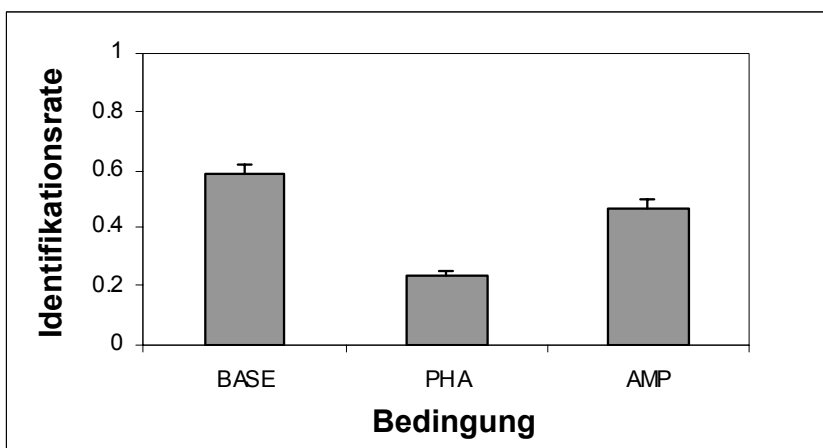


Abb. 5: Identifikationsleistung in Experiment 2 von Studie 2. BASE: Trainingsstimuli; PHA: Phasenspektrum; AMP: Amplitudenspektrum.

Die Ergebnisse des ersten Experiments zeigten, dass die erste Harmonische der Fourier-Analyse den größten Beitrag zur Wiedererkennung der Gangmuster aufweist (Abb. 4).

Allerdings war auch die Identifikationsrate für diejenigen Läufer, die die individuelle Information nur in der zweiten Harmonischen enthielten, signifikant über Zufallsniveau, wohingegen die dritte bis fünfte Harmonische keinen signifikanten Beitrag leistet. Im zweiten Experiment konnte gezeigt werden, dass sowohl das Amplituden- wie auch das Phasen-Spektrum zur Identifikation beitragen, ersteres jedoch einen deutlich größeren Einfluss hat (Abb. 5).

Die zeitliche Relation der Punkte spielte nur unter einem frontalen Blickwinkel eine Rolle. Die Befunde hinsichtlich der Generalisierung über verschiedene Blickwinkel bestätigten die Ergebnisse der ersten Studie.

Zusammenfassung

Im Rahmen von zwei Studien konnte gezeigt werden, dass Beobachter in der Lage sind, verschiedene Personen anhand ihrer Gangmuster, die als Point-Light Displays gezeigt werden, zu differenzieren. Sowohl strukturelle (Körperstruktur) wie

auch kinematische Parameter haben Einfluss auf die Wiedererkennung dieser Bewegungen. Im Bereich der Kinematik tragen sowohl die erste wie auch die zweite Harmonische einen wesentlichen Teil der Information. Außerdem leistet das Amplituden-Spektrum einen gegenüber dem Phasen-Spektrum signifikant größeren Beitrag zur Identifikation individueller Gangmuster. Auf Grund der Generalisierungsleistung kann darauf geschlossen werden, dass die Beobachter nicht nur die lokalen Trajektorien der Lichtpunkte wiedererkennen, sondern dass eine genauere Repräsentation der zu Grunde liegenden Struktur vorliegt.

Literatur

- Beardsworth, T., & Buckner, T. (1981). The ability to recognize oneself from a video recording of one's movements without seeing one's body. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 18, 19-22.
- Cutting, J. E., & Kozlowski, L. T. (1977). Recognizing friends by their walk: Gait perception without familiarity cues. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 9, 353-356.
- Dittrich, W. H. (1993). Action categories and the perception of biological motion. *Perception*, 22, 15-22.
- Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception & Psychophysics*, 14, 201-211.
- Johansson, G. (1976). Spatio-temporal differentiation and integration in visual motion perception. *Psychological Research*, 38, 379-393.
- Pollick, F. E., Lestou, V., Ryu, J., & Sung-Bae, C. (2002). Estimating the efficiency of recognizing gender and affect from biological motion. *Vision Research*, 42, 2345-2355.
- Stevenage, S. V., Nixon, M. S., & Vince, K. (1999). Visual analysis of gait as a cue to identity. *Applied Cognitive Psychology*, 13, 513-526.
- Troje, N. F. (2002a). Decomposing biological motion: a framework for analysis and synthesis of human gait patterns. *Journal of Vision*, 2, 371-387.
- Troje, N. F. (2002b). The little difference: Fourier based synthesis of gender-specific biological motion. In R. P. Würtlitz & M. Lappe (Eds.), *Dynamic Perception* (pp. 115-120). Berlin: Aka Verlag.
- Troje, N. F., Westhoff, C., & Lavrov, M. (2005) Person identification from biological motion: Effects of structural and kinematic cues. *Perception & Psychophysics*, 67, 667-675.