Zur Mechanik des menschlichen Gehens

II. Die Polarität von Fallen und Aufstreben

Johannes Kühl

2.3.3 Ergebnisse der Messungen: Die Rechts-Links-Asymmetrie.

Im ersten Beitrag zu diesem Thema sind Messungen des Kraftverlaufs beim Gehen beschrieben. Sie wurden in erster Linie durchgeführt, um den typischen Kraftverlauf beim Gehen kennenzulernen. Darüberhinaus wurden die Ergebnisse auf zwei Fragen hin untersucht: 1) Zeigt sich die allgemein bekannte und von G. Hildebrandt und Mitarbeitern (*Hildebrandt*, 1967, 1977) untersuchte Differenzierung der Menschen in «Morgen- und Abendtypen» auch im Gang? 2) Wie drückt sich die Rechts-Links-Asymmetrie des Menschen beim Gehen aus?

Während zur ersten Frage mit den zur Verfügung stehenden Mitteln keine sichere Aussage gefunden werden konnte, ließen die Kurven der Sagittalkraft bereits beim bloßen Betrachten eine Asymmetrie zwischen rechtem und linkem Bein als möglich erscheinen (s. *Bild 3*, Teil I). Außerdem ist eine solche Asymmetrie aus anatomischen Untersuchungen und auch aus Analysen der Fußstellung beim Gehen zumindest bei Kindern bekannt (*Schürmann*, 1974). Es ist daher nicht unwahrscheinlich, daß sie auch in der dynamischen Ganganalyse zur Erscheinung kommt.

Von der *Vertikalkomponente* wurden daraufhin die mit dem jeweiligen Körpergewicht normierten Beträge der Maxima und Minima verglichen. In Tabelle 1 sind die Mittelwerte von 22 Messungen (nämlich jeweils aus 2 Durchgängen von 11 Personen), ihre Standardabweichung und die Differenz der Mittelwerte vom rechten und linken Fuß wiedergegeben. Man sieht, daß das erste Maximum im Mittel rechts etwas größer ist als links, während das zweite Maximum deutlich links größer ist, hier beträgt die Differenz etwa 15 % der Standardabweichung der Werte. Das Minimum ist deutlich links niedriger als rechts, die Differenz beträgt etwa 10 % der Standardabweichung der Werte. (An der relativ hohen Streuung – Standardabweichung – erkennt man, daß diese Komponente auch nach der Normierung noch starke individuelle Unterschiede zeigt).

Tabelle 1

	links	rechts	Diffferenz (re-li)
M_1	1,1562 ± 0,093	1,1583 ± 0,085	+ 0,0021
M_2	1,1124 ± 0,067	1,1025 ± 0,066	– 0,0099
m	0,7064 ± 0,07	0,7128 ± 0,062	+ 0,0064

Bei der Analyse der Sagittalkomponente wurden nicht die Werte der Maxima verglichen, sondern die Flächen unter den Kurven, die der durch die Kraft bewirkten Impulsänderung entsprechen (p ist also das Zeitintegral über die Kraft F). Die Flächenstücke sind mit P_1, P_2, P_3, P_4 bezeichnet (s. *Bild 5*). Sie wurden durch Integration der Kraft über der Zeit mit dem Rechner erhalten, und zwar vom Kurveneinsatz bis zum mittleren Nulldurchgang (P_1, P_3) und von diesem Nulldurchgang bis zum Kurvenende (P_2, P_4).

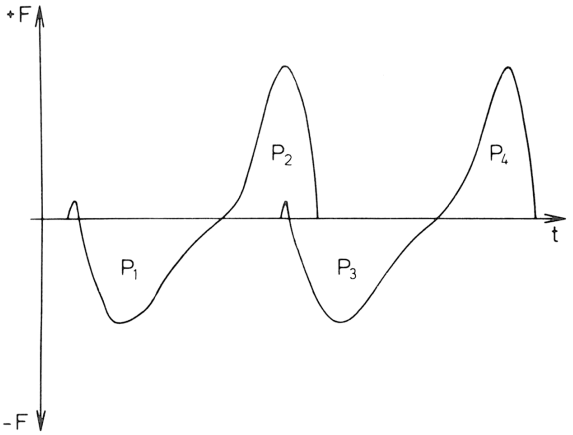

Bild 5 Bezeichnung der dem übertragenen Impuls entsprechenden Flächen.

P_1 und P_3 entsprechen einem Impulsverlust, P_2 und P_4 einem Impulsgewinn. Über viele Schritte summiert müßten diese sich gegenseitig bis auf Reibungsverluste zu Null kompensieren, wenn die Geschwindigkeit des Fortschreitens beibehalten wird. – Aus 20 gemessenen Schritten ergibt sich ein mittlerer Impulsverlust pro Schritt von 2,53 kg m/s. (Zum Vergleich: Der mittlere Impuls des Wanderers beträgt ca. 80 kg m/s.)

Addiert man P_1 und P_2, so erhält man die durch das linke Bein bewirkte Impulsänderung, entsprechend ergeben P_3 und P_4 die durch das rechte Bein bewirkte. Aus 20 gemessenen Schritten ergaben sich folgende Mittelwerte und Standardabweichungen:

$$P_1 + P_2 = (-2{,}71 \pm 5{,}25) \text{ kg m/s}$$
$$P_3 + P_4 = (\ 5{,}25 \pm 5{,}59) \text{ kg m/s}$$

Trotz der großen Streuung ist also die Differenz der Mittelwerte (7,96 kg m/s) größer als deren Standardabweichung. Das bedeutet, daß das linke Bein fast immer stärker bremst, Impuls vernichtet (und zwar mehr, als für die Reibungsverluste aufgewendet werden muß), während das rechte Bein stärker beschleunigt, Impuls erzeugt.

Allerdings ist an diesem Ergebnis eine Kritik möglich: Die Meßplatten waren so angeordnet, daß die Versuchsperson immer zuerst mit dem linken Bein auf eine Platte traf. Eine gewisse vorsichtige Zurückhaltung beim Wechseln von einer Platte auf die