

**Zeitschrift:** Jugend und Sport : Fachzeitschrift für Leibesübungen der Eidgenössischen Turn- und Sportschule Magglingen

**Herausgeber:** Eidgenössische Turn- und Sportschule Magglingen

**Band:** 31 (1974)

**Heft:** 8

**Artikel:** Erschütterungsmessungen beim Gehen und Laufen auf verschiedenen Unterlagen und mit verschiedenen Schuhwerken

**Autor:** Unold, E.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-994976>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Erschütterungsmessungen beim Gehen und Laufen auf verschiedenen Unterlagen und mit verschiedenen Schuhwerken <sup>1</sup>

E. Unold

## 1. Einleitung

Da in letzter Zeit immer häufiger Wirbelsäulenschäden und andere Verletzungen des Bewegungsapparates (Achillessehnenrisse, usw.) vorkommen, taucht die Frage auf, ob der Mensch seinen Körper durch alltägliche Bewegungen oder sportliche Betätigungen überbelastet, oder ob andere äussere Einflüsse damit im Zusammenhang stehen. Diese Belastungen (Kräfte) des menschlichen Körpers können nur schwierig direkt gemessen werden. Ein Mass dafür sind die Beschleunigungen (Erschütterungen) an verschiedenen Körperpunkten, die bei einzelnen Bewegungen auftreten. In dieser Arbeit werden ausschliesslich Erschütterungen beim Gehen und Laufen auf verschiedenen Unterlagen und mit verschiedenen Schuhwerken untersucht.

## 2. Methode

An der Versuchsperson wurden 3 Beschleunigungsmesser befestigt:

- An der Ferse, oberhalb des Schuhs
- An der Hüfte, auf dem Darmbeinkamm
- Auf dem Kopf (Vertex)

Die Messrichtung dieser Beschleunigungsmesser war in der Längsrichtung des Körpers.

Da die Signale telemetrisch übermittelt wurden, wurde die Versuchsperson während des Laufens durch Kabel kaum behindert.

Tab. 1 zeigt das Versuchsprogramm und die Symbole der einzelnen Versuche. Bei den Strassenschuhen handelte es sich um Halbschuhe mit Gummisohlen. Der Turnhallenboden war eine Art von Schwingboden und der Kunststoff-Belag ein Zenitan-Belag der Firma Korkwerke Reichburg. Da es nicht sinnvoll gewesen wäre, jede Schuhart auf jeder Bodenart zu untersuchen, beschränkten wir uns auf das angegebene Messprogramm.

Bodenarten Fussbekleidungen	Turnhalle	Kunststoff	Aschenbahn	Rasen	Asphalt
Barfuss	1 A	2 A	3 A	4 A	5 A
Geräteschuhe	1 B				
Trainingsschuhe	1 C	2 C	3 C	4 C	5 C
Tennisschuhe	1 D	2 D	3 D	4 D	5 D
Strassenschuhe				4 E	5 E
Spikes		2 F	3 F	4 F	

Tab. 1: Versuchsprogramm

Das ganze Versuchsprogramm wurde durchgeführt mit Gehen (G), Laufen von der Ferse her abrollend (L<sub>f</sub>) und Laufen von der Spitze her abrollend (L<sub>s</sub>). Die Lauffrequenz wurde durch ein Metronom wie folgt vorgegeben:

- Gehen 108 Schritte pro Minute
- Laufen 152 Schritte pro Minute

Als Versuchspersonen standen 3 Turn- und Sportlehrer-Studenten und 2 -Studentinnen zur Verfügung. Sie waren von unterschiedlicher Grösse und unterschiedlichem Gewicht. Jede Versuchsperson musste jeden Versuch durchführen; also waren es pro Person 63 verschiedene Versuche. Bei jedem dieser Versuche waren 12 Doppelschritte geradeaus auszu-

führen. Alle Beschleunigungswerte wurden in g (Erdbeschleunigung) gemessen und mit einem UV-Schreiber registriert. Von diesen 12 Doppelschritten wurden je die grössten Beschleunigungsamplituden aufwärts an der Ferse, an der Hüfte und auf dem Kopf während der mittleren 10 Doppelschritte ausgemessen und daraus die Mittelwerte bestimmt. Diese Werte werden im Folgenden mit

$$b_{\text{Ferse}} = b_F \quad b_{\text{Hüfte}} = b_H \quad b_{\text{Kopf}} = b_K \quad \text{bezeichnet.}$$

Aus diesen Mittelwerten wurden die mittleren Beschleunigungswerte aller Versuchspersonen zusammen für die einzelnen Versuche bestimmt. Diese Werte werden im Folgenden mit

$$\bar{b}_{\text{Ferse}} = \bar{b}_F \quad \bar{b}_{\text{Hüfte}} = \bar{b}_H \quad \bar{b}_{\text{Kopf}} = \bar{b}_K \quad \text{bezeichnet.}$$

In Tab. 2 sind die möglichen Fehlerquellen zusammengestellt. Der grösste Messfehler resultiert aus der unvollkommenen Befestigung der Beschleunigungsmesser. Da das Hautgewebe nicht starr ist, wird auch der Beschleunigungsmesser (ohne operativen Eingriff) nie starr am Knochen befestigt werden können. Die Messgenauigkeit kann daher nur geschätzt werden, aber Vergleiche zwischen den einzelnen Resultaten sind möglich.

Fehler der Apparaturen	1%
Fehler der unvollkommenen Befestigung	20%
Fehler bei der Amplitudenausmessung	3%

Tab. 2: Fehlerquellen

## 3. Versuchsergebnisse und Diskussion

Fig. 1 zeigt ein ausgewertetes Diagramm. Die bezeichneten Beschleunigungsamplituden resultieren aus dem Auftreffen des rechten Fusses am Boden. Es ist dies eine Verzögerung der Abwärtsbewegung.

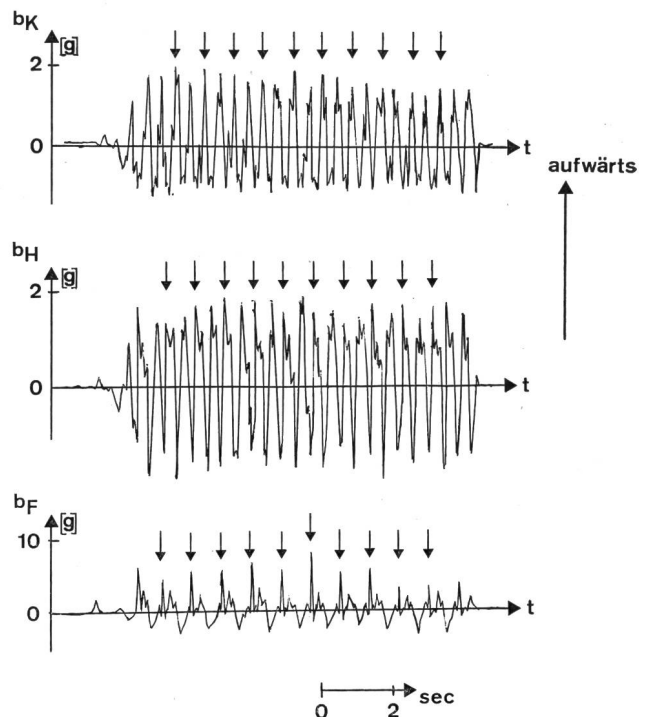


Fig. 1: Diagramm von VP<sub>4</sub> mit Strassenschuhen, Laufen<sub>f</sub>

<sup>1</sup> Gekürzte Fassung der anlässlich des Preisausschreibens 1973 des Forschungsinstitutes ETS ausgezeichneten Arbeit.

Die Einwirkung eines Schrittes links ist am Kopf gleichgross wie die Einwirkung eines Schrittes rechts, da ja der Beschleunigungsmesser auf dem Kopf auf dem Scheitel (Vertex) montiert ist. An der Hüfte liegt der Beschleunigungsmesser lateral, so dass von den linken Schritten nicht gleichgrosse Amplitu-

denhöhen zustande kommen. Der Beschleunigungsmesser am rechten Fuss registriert auch Kräfteinflüsse auf den linken Fuss. Diese werden aber durch die Fortpflanzung im Körper gedämpft, weshalb der registrierte Wert kleiner, und auf der Zeitachse nach rechts verschoben ist.

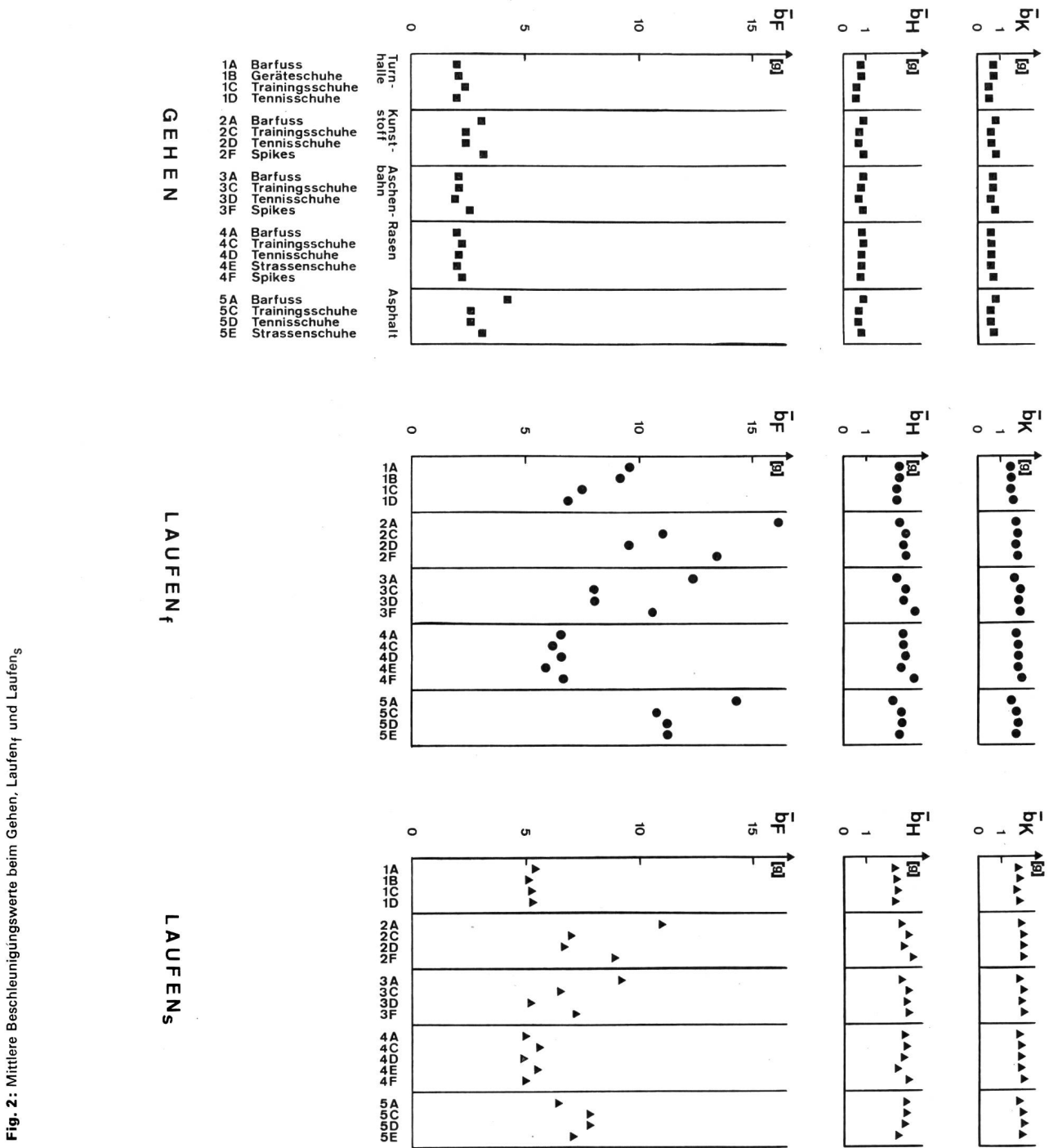
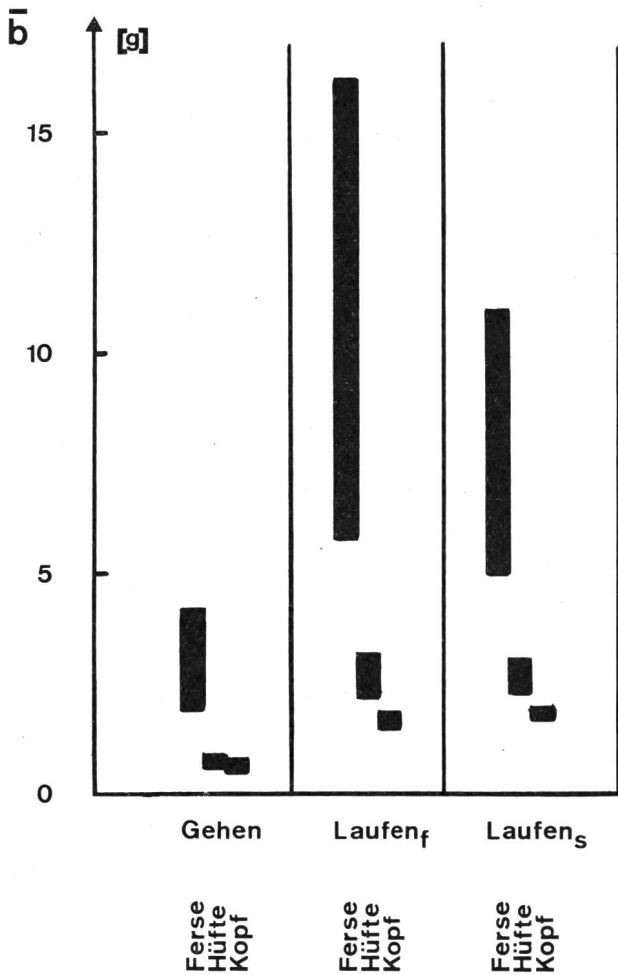


Fig. 2: Mittlere Beschleunigungswerte beim Gehen, Laufen f und Laufens

3.1. Dämpfung im Rumpf – Dämpfung in den Beinen

Aus Fig. 2 ist ersichtlich, dass sich die Beschleunigungswerte am Kopf und an der Hüfte innerhalb der einzelnen Laufarten nur wenig unterscheiden. Die Fusswerte dagegen zeigen grosse Unterschiede. In Fig. 3 kommt dies deutlich zum Ausdruck. Das hat zur Folge, dass der grösste Teil der Erschütterungen in den Beinen, und nicht im Rumpf gedämpft wird. Die Dämpfung

im Bereich der Beine ist fünf- bis zehnmals grösser als die Dämpfung im Rumpf. Das ist nicht so erstaunlich, da im Bereich der unteren Extremitäten das Fuss-, das Knie- und Hüftgelenk einen grossen Teil des Stosses auffangen, während im Rumpf kein Gelenk diese Aufgabe übernehmen kann. Also sind beim Gehen und Laufen die Sehnen, Bänder und Muskeln der unteren Extremitäten am meisten belastet.

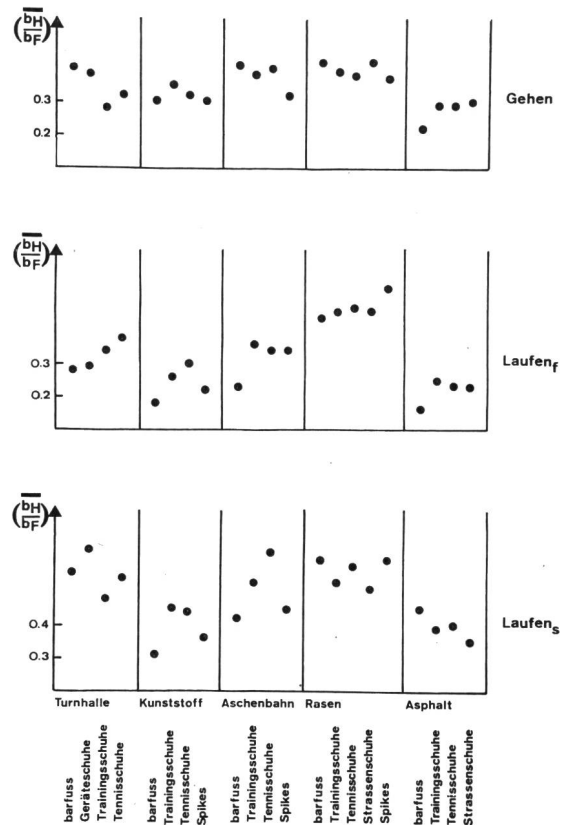


**Fig. 3:** Bereiche der gemessenen Beschleunigungswerte beim Gehen, Laufen<sub>f</sub> und Laufen<sub>s</sub>

### 3.2. Kunststoff – Asphalt – Aschenbahn

Der Quotient  $\bar{b}_H/\bar{b}_F$  ist ein Mass für die Dämpfung im Bereich der unteren Extremitäten. Je kleiner dieser Quotient ist, desto besser ist die Dämpfung. Fig. 6 zeigt die Werte dieses Quotienten für alle durchgeführten Versuche.

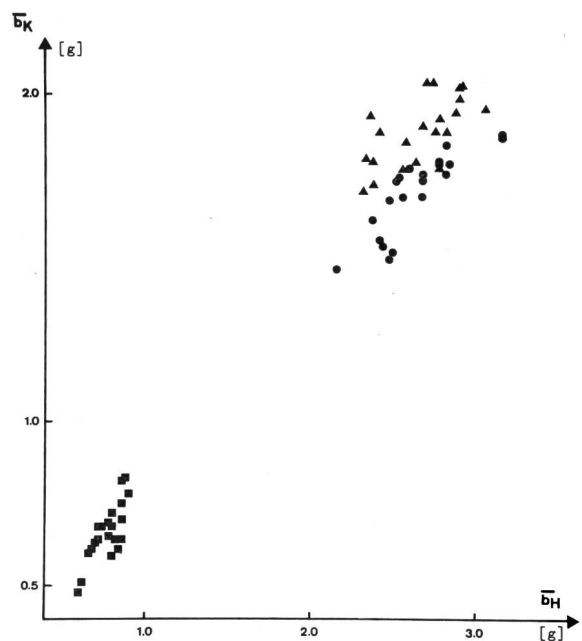
Die kleinsten Werte treten bei Kunststoff und Asphalt auf. Das sind aber gerade auch die Bodenarten, wo die grössten Fussbeschleunigungen zu verzeichnen sind. Da bei unserem Quotienten  $b_{Fuss}$  im Nenner vorkommt, ist es nicht verwunderlich, dass dieser Quotient auf diesen Bodenarten kleiner ist. Vergleicht man aber die Hüft- und Kopfbeschleunigungen der verschiedenen Bodenarten miteinander, ist zu sehen, dass hier keine Unterschiede zu finden sind (Fig. 2). Die Erschütterungen in der Wirbelsäule sind also bei allen Versuchen mit Laufen etwa gleichgross, entsprechend auch beim Gehen. Der Mensch scheint sich in seiner ganzen Bewegungsart unbewusst auf die Unterlage einzustellen. Das kann eine natürliche Schutzreaktion des Körpers sein, und zwar so, dass die Belastung des Rumpfes, vor allem der Wirbelsäule, nicht zu gross wird. Sind die Erschütterungen am Fuss gross, werden diese durch eine grössere Dämpfung im Bein von der Wirbelsäule ferngehalten. Werden die Messwerte auf dem Kunststoff mit denen auf der Aschenbahn verglichen, zeigt sich, dass auf Kunststoff die Beschleunigungswerte am Fuss rund 30 Prozent grösser sind als auf der Aschenbahn. Die Hüft- und Kopfwerte dagegen unterscheiden sich kaum. Diese Mehrbelastung, die ja in den unteren Extremitäten absorbiert wird, muss auch Abnützungserscheinungen in den Dämpfungsmechanismen des Körpers bringen. Es ist dies sicher eine Ursache für die, in letzter Zeit ständig zunehmenden, Achillessehnenverletzungen und Kniebänderschäden.



**Fig. 4:** Einfluss von Unterlage und Schuhwerk auf den Quotienten  $b_{Hüfte}/b_{Fuss}$

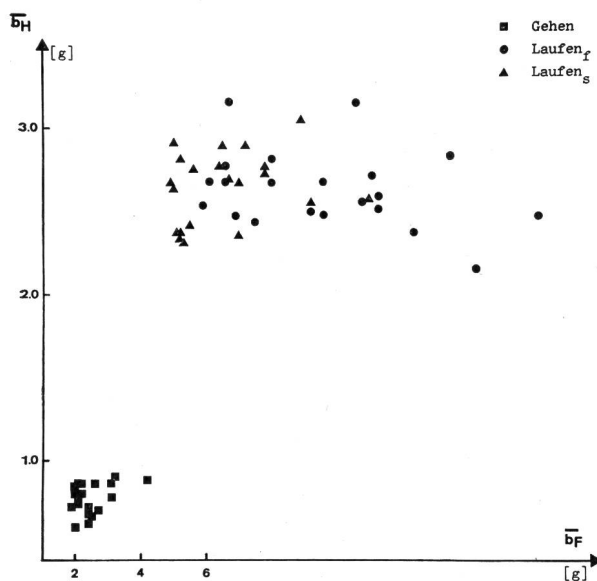
### 3.3. Fuss – Hüfte und Hüfte – Kopf

Wie Fig. 5 zeigt, scheint der Verlauf der Erschütterung im Rumpf bei den einzelnen Versuchspersonen nicht stark zu variieren; das heisst die Dämpfung im Rumpf ist praktisch konstant. Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen der Beschleunigung an der Hüfte und der Beschleunigung am Kopf. Anders ist es bei den unteren Extremitäten (Fig. 6). Hier ist die Streuung bedeutend grösser. Es ist kein linearer Zusammenhang mehr zu finden. Der Bereich der Dämpfungsmöglich-



**Fig. 5:** Zusammenhang zwischen der Beschleunigung an der Hüfte und der Beschleunigung am Kopf

keit in den unteren Extremitäten ist durch verschiedenen Einsatz der Beinmuskulatur und durch die verschiedenen spezifischen Eigenschaften der einzelnen Versuchspersonen viel grösser geworden.



**Fig. 6:** Zusammenhang zwischen der Beschleunigung an der Ferse und der Beschleunigung an der Hüfte

### 3.4. Fussbekleidungen

Innerhalb der einzelnen Unterlagen bewirken die Fussbekleidungen verschiedene Fussbeschleunigungswerte. Die grössten Beschleunigungen sind zu finden beim Gehen und Laufen barfuss und mit Spikes. Kleinere Beschleunigungen entstehen beim Gehen und Laufen mit Tennisschuhen. Die Erklärung dafür ist in der Sohlenbeschaffenheit der Tennisschuhe zu suchen. Diese viel weichere Schuhsohle dämpft schon einen Teil der Erschütterungen ab, wirkt also schonend auf den menschlichen Bewegungsapparat.

### 4. Folgerungen

Auf den 5 getesteten Unterlagen wurden unterschiedliche Fussbeschleunigungen gemessen. Die Hüft- und Kopfwerte sind aber ungefähr gleich. Der Mensch versucht also, seine Wirbelsäule vor grossen Erschütterungen zu schonen. Die grösseren Fussbeschleunigungen müssen daher bereits im Bein absorbiert werden, das heisst das Fuss-, Knie- und Hüftgelenk sowie die Muskeln und Bänder der unteren Extremitäten werden viel mehr beansprucht. Dadurch können Abnützungserscheinungen auftreten. Dies ist vorallem der Fall beim untersuchten Kunststoff. In einer weiteren Untersuchung sollen einzelne Kunststoffbeläge untereinander verglichen werden.

Bis jetzt wurde bei der Entwicklung neuer Beläge für Sportanlagen nicht auf die Beanspruchung des menschlichen Bewegungsapparates geachtet. Es wäre aber nötig, und anhand dieser Messungen auch möglich, neue Beläge auf die folgenden 3 Kriterien zu testen:

- Beständigkeit und Wartung des Bodens
- Einfluss auf die Gesundheit des Sportlers
- Leistungsmöglichkeit des Sportlers

Auch bei der Schuhentwicklung sollte auf die Gesundheit des Menschen geachtet werden. Die Schuhe sollten eine Sohle besitzen, welche die Fähigkeit hat, Erschütterungen zu dämpfen. Dennoch sollten sie sehr leicht sein, um die Leistung nicht zu beeinträchtigen.

### 5. Zusammenfassung

Es wurden Erschütterungen beim Gehen und Laufen auf verschiedenen Unterlagen und mit verschiedenen Fussbekleidungen gemessen. Mittels Beschleunigungsmessungen wurden am Fuss Werte zwischen 1,9 bis 16,2 g (Erdbeschleunigung registriert, an der Hüfte 0,6 bis 3,2 g und auf dem Kopf 0,5 bis 2,0 g. Die Dämpfung im Bereich der Beine ist 5- bis 10mal grösser als im Rumpf. Auf einer weichen Unterlage (Rasen) ist die Dämpfung in den unteren Extremitäten kleiner. Der Mensch scheint sich unbewusst in seiner ganzen Bewegungsart auf die Unterlage einzustellen. Die Dämpfung der Störung im Rumpf ist praktisch konstant. In den unteren Extremitäten ist die Streuung bedeutend grösser. Es entstehen Unterschiede durch den verschiedenen Einsatz der Beinmuskulatur und durch die verschiedenen spezifischen Eigenschaften der einzelnen Versuchspersonen.

Die grössten Fusserschütterungen wurden gemessen auf Asphalt und auf dem Kunststoff. Darin scheint der Grund für die zunehmende Zahl von Achillessehnenverletzungen, Kniebänderschäden und Knochenhautentzündungen im Bereich der unteren Extremitäten zu liegen.

### Résumé

On a mesuré les chocs lors de la marche et de la course sur différents revêtements de sol et avec différents types de chaussures. Par des mesures de l'accélération, on a enregistré au niveau du pied des valeurs situées entre 1,9 et 16,2 g (accélération terrestre), au niveau des hanches des valeurs de 0,6 à 3,2 g et au niveau de la tête de 0,5 à 2,0 g. L'amortissement au niveau des jambes est 5 à 10 fois plus grand qu'à celui du tronc. Sur un revêtement mou (gazon), l'amortissement dans les extrémités inférieures est moindre. Il semble que l'être humain s'adapte de façon inconsciente aux différents revêtements du sol dans tous ses mouvements. L'amortissement de la perturbation au niveau du tronc est pratiquement constant. Dans les membres inférieurs, la dispersion est significativement plus importante. Des différences peuvent survenir par suite de l'engagement différent de la musculature de la jambe, et aussi par suite des propriétés spécifiques à chaque personne examinée. Les plus importants chocs ont été mesurés sur l'asphalte et sur les pistes en matière synthétique. Il nous semble que c'est là que réside la cause de l'augmentation du nombre des blessures du tendon d'Achille, des ligaments du genou et du périoste.

### Literaturverzeichnis

- Basler A.: Über die gewöhnliche Schrittlänge und Geschwindigkeit bei einigen Formen des Gehens. Phys. Inst. der Universität Kanton (1928).
- Gage H.: Accelerographic Analysis of Human Gait. Biomechanics Monograph, ASME, New York (1967).
- Guenther R.: Über Stösserschütterungen beim Gang des Menschen. Inauguraldiss., Med. Fak. der Universität des Saarlandes (1967).
- Haberl R., Prokop L.: Die Auswirkung von Kunststoffbahnen auf den Bewegungsapparat. Österr. Journal für Sportmedizin, Heft 2, 3, 4/72; 1/73.
- Molen N. H.: The evaluation of gait. Academisch Proefschrift, Vrije Universiteit, Amsterdam (1973).
- Neukomm P.A., Nigg B.: Telemetry: Investigations on Ski Research. IV. Int. Symp. on Biomechanic, Pennsylvania (1973).
- Nigg B.: Biomechanik, Ausgewählte Kapitel. Vorlesungsmanuskript, ETH Zürich (1973).
- Unold E.: Über den Einfluss verschiedener Unterlagen und Schuhwerke auf die Beschleunigungen am menschlichen Körper. Diplomarbeit ETH Zürich (1973).
- Wartenweiler J.: Biomechanische Merkmale zur Charakteristik des menschlichen Ganges. Jahrbuch der Deutschen Vereinigung für die Rehabilitation Behinderteter e.V. (1969/70).
- Wartenweiler, Lehmann, Wettstein: Geschlechtunterschiede im Körperbau und in der Dynamik des menschlichen Ganges. Verhandlungen der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft (1970).
- Waters, Morris, Perry: Translational motion of the head and trunk during normal walking. Biomechanics (1973).