

Ein Vergleich von realen mit nachgefahrenen
Fußgängerunfällen

A. Kühnel Institut für Landverkehrsmittel
U. Wanderer Technische Universität Berlin
D. Otte

Bei der Untersuchung der Wirksamkeit von Sicherheitsmaßnahmen am Kraftfahrzeug zur Verminderung der Verletzungsschwere bedient man sich meist der Unfallsimulation mit anthropometrischen Meßpuppen. Zur Interpretation derartiger Unfallsimulationen mit Dummies ist zu überprüfen, ob die Versuche in ihrem Ablauf mit realen Unfällen vergleichbar sind, bevor man die Meßwerte mit realen Verletzungen zu korrelieren versucht.

Der Bewegungsablauf des angefahrenen Fußgängers ist erheblich komplexer, großräumiger und länger andauernd als der eines Insassen, für den eine ebene Betrachtungsweise zulässig ist. Die Einflüsse von Dummykonstruktionen und -einstellung kommen dabei noch stärker zum Tragen. Da insbesondere die Intensität des Straßenstoßes von Aufprallort und Stellung des Körpers abhängen (1), kommt der Übereinstimmung von realen Unfällen und Versuch entscheidende Bedeutung zu.

Für die vorliegende Untersuchung wurden echte Unfälle, deren äußere Umstände bekannt und rekonstruiert waren, im Versuch nachgefahren, wobei alle Parameter dieser Unfälle so realistisch wie möglich eingehalten wurden. Die dabei erhaltenen Meßwerte werden gegenübergestellt. Eine Korrelation der realen Verletzungen mit den Meßwerten anhand der wenigen durchgeführten Versuche schließt sich aus.

Die Versuche wurden auf der von Rau und Kühnel (1,2) beschriebenen Versuchsanlage durchgeführt, die auch die Simulation der Eigenbewegung des Fußgängers durch Koppelung mit dem Versuchsfahrzeug ermöglicht. Als Ausgangsdaten wurden Unfälle genommen, die von interdisziplinären Unfallteams in Hannover und Berlin aufgenommen worden sind (3). Es wurden 3 Fälle mit unterschiedlicher Verletzungsschwere ausgewählt, bei denen es darauf ankam, daß Größe und Gewicht des Fußgängers annähernd mit den Maßen des zur Verfügung stehenden Dummies (50% male Humanoid 572 Pedestrian, Gewicht 75 kp, Größe 175 cm) übereinstimmten.

Fall 1: Ein Mann (25 Jahre, 70 kp, 170 cm) geht nachts mitten auf der Fahrbahn und wird von hinten von einem Renault R 4, $v_{koll} = 48 \pm 3$ km/h, angefahren.

Fall 2: Ein Mann (35 Jahre, 83 kp, 173 cm) überquert nachts die Fahrbahn von links nach rechts und wird an der rech-

ten Körperseite von einem VW 1600, $v_{koll} = 58 \pm 3$ km/h, angefahren.

Fall 3: Ein Mann (31 Jahre, 78 kp, 170 cm) überquert die Fahrbahn von rechts nach links und wird auf der linken Körperseite von einem Renault R4, $v_{koll} = 37 \pm 3$ km/h, angefahren.

Die Unfallparameter, die vor der Kollision einstellbar waren, sind in Tabelle 1 eingetragen.

Vers. Nr.	Fahrzeugtyp	Kollisionsgeschwindigk. (km/h)		Anstoßstelle am Fz in y-Richtung		Fußgänger-geschw. (m/s)		Bein-stellung	
		Unf.	Vers.	real	Vers.	Unf.	Vers.	Unf.	Vers.
1/1	Renault/R4		35		re		0	un-	neb.
1/2	Renault/R4	48 ± 3	44	re	re	0	0	bek.	ein-
1/3	Renault/R4		48		re		0		and.
2/1	VW 1600		51.4		re		0	un-	R=L
2/2	VW 1600	58 ± 3	60	li	re	2	2	bek.	RVL
2/3	VW 1600		57.5		re		0		RVL
3/1	Renault/R4		40		re		1.8	un-	LVR
3/2	Renault/R4	37 ± 3	41.2	li	re	2	1.9	bek.	LVR

Beinstellung R=L: Beine nebeneinander
 RVL: rechtes Bein vor dem linken
 LVR: linkes Bein vor dem rechten

Tabelle 1: Gegenüberstellung von Unfalldaten und Versuchsbedingungen

Die Registrierung des Bewegungsablaufes erfolgte mit zwei Filmkameras (250 bzw. 64 Bildern/sec). Jeweils im Kopf und im Becken wurden in drei Richtungen die Beschleunigungen gemessen und analog gespeichert. Die Weiterverarbeitung erfolgte digital. Aus Sicherheitsgründen wurden die Versuche 2 und 3 spiegelbildlich zum realen Unfall gefahren. Die Bewegungsabläufe der Versuche 1 und 2 sind in den Bildern 1 und 2 dargestellt.

Die wesentlichen Ergebnisse von Endlagen, Beulenverlauf usw. sind in der Tabelle 2 zusammengestellt. Bis auf Versuch 2/1, der als Vorversuch zu werten ist, zeigte sich Übereinstimmung in den Wurfweiten, sowohl in Fahrtrichtung x_s als auch in Querrichtung y_s . Das gleiche gilt für die Beulenlänge. Es gelang nicht bei allen Versuchen, daß der Dummy Kontakt mit der Scheibe bekam, obwohl versuchsweise die Geschwindigkeit über die errechnete erhöht wurde. Offensichtlich wird der Mensch schon bei niedrigerer Geschwindigkeit weiter aufgeschöpft als der Dummy.

Vers. Nr.	Wurfweiten (m)				Beulenversatz (cm) zwischen Becken- und Kopfaufprall		Scheibe zerbrochen	
	$x_{s/unf.}$	$x_{s/vers.}$	$y_{s/unf.}$	$y_{s/vers.}$	Unf.	Vers.	Unf.	Vers.
1/1		13.2		0.8	0	10	ja	nein
1/2	17.4	23.6	0	0.6	0	0	ja	ja
1/3		17.3		0.7	0	17	ja	ja
2/1		13.1		3.5	20	6	ja	ja
2/2	34.5	32.0	-2.5	-1.0	20	15	ja	nein
2/3		33.7		0.5	20	0	ja	ja
3/1	12.1	10.2	2.3	1.4	16	25	ja	nein
3/2		12.8		1.8	16	14	ja	nein

Tabelle 2: Gegenüberstellung von Wurfweiten beim realen Unfall und beim Versuch
(Die realen Werte wurden für die spiegelbildlichen Versuche umgerechnet)

Aus Bild 3 wird ersichtlich, daß die Beulen im Versuch größer und tiefer sind als im realen Unfall. Lediglich beim Versuch 3 (VW) war der Stoß mit der Brust ins Dach weniger heftig und die Beule entsprechend kleiner als beim Unfall.

Die äußeren Verletzungen, soweit man die Schürfungen an Kopf und Händen als solche bezeichnen kann, weisen eine gute Übereinstimmung von Versuch und Unfall auf (Bild 4). Das läßt darauf schließen, daß die erreichte Stellung und die Drehungen beim Aufprall auf das Fahrzeug und auf die Straße beim Unfall und im Versuch ähnlich waren.

Das gleiche gilt für die Knochenbrüche. So zerbrach im Versuch 2 (VW) jedesmal der linke Unterschenkel (a) und einmal das rechte Schlüsselbein (b), während beim Unfall, der sich gegenüber dem Versuch spiegelbildlich abspielte, der rechte Unterschenkel eine Trümmerfraktur und die Rippen 3 bis 7 links mamillar Frakturen aufwies. Daraus kann geschlossen werden, daß der Bewegungsablauf von Dummy und Mensch einander entsprechen. Als weiteres Indiz wurde die Ausbreitung des Splitterfeldes herangezogen. Während in Fahrtrichtung Beginn und Ende der Splitter gut korrelieren, ergibt die Streubreite keine Übereinstimmung.

In Tabelle 3 sind die Daten zusammengestellt, die Rückschlüsse auf die Verletzungsschwere zulassen. Angesichts der oben geschilderten Schwierigkeit, die Kopfaufprallstelle am Fahrzeug

Fall	Gesamt AIS (Unf.)	Kopf					Becken			Bemerkung zum Dummy- Zustand
		AIS (Unf.)	max res. Beschl. (g)		HIC		AIS (Unf.)	max res. Beschl. (g)		
			Fzg	Straße	Fzg	Straße		Fzg	Straße	
1	2	2	108	71	1101	147	0	35	46	Bauch her- ausge- quetscht
2	6	5	74	20	481	19	0	73	26	Bein ab
3/1			96	86	476	-		47	-	
3/2	1	1	135	46	956	43	0	38	87	

Tabelle 3: Gegenüberstellung der Verletzungsschwere beim realen Unfall mit den Meßwerten im Versuch

beim Unfall und im Versuch immer genau in Übereinstimmung zu bringen, ist zwischen AIS und HIC bzw. maximaler resultierender Beschleunigung für den Kopf keine Beziehung herzustellen. Beim den Versuchen 1 und 3 (R4) fällt auf, daß das Beschleunigungsniveau des Beckenstoßes (Bild 5) auf das Fahrzeug immer niedriger ist als auf die Straße, was angesichts der weichen Haubenvorderkante nahe-
liegt (Bild 3)

Zusammenfassung

1. Beim Einhalten der äußeren Versuchsbedingungen sind Endlage und Aufprallstellen am Dummy mit dem realen Unfallgeschehen in Einklang zu bringen.
2. Die Beulenkonfiguration ist ähnlich, wobei es nicht immer gelungen ist, trotz genauer erster Beckenanstoßstelle, eine Übereinstimmung der Kopfanstoßstelle zu erzielen.
3. Die vom Dummy erzeugten Beulen sind größer und tiefer.
4. Der Bewegungsablauf beim Fahrzeuganstoß und beim Unfall korrelierten gut zwischen Unfall und Versuch.
5. Aus der Übereinstimmung des Bewegungsablaufes kann mit den beim Versuch gemessenen Werten noch kein Rückschluß auf die Verletzungsschwere gezogen werden.

Literatur

1. A. Kühnel und H. Rau, "Der Zusammenstoß Fahrzeug-Fußgänger unter Berücksichtigung der Eigenbewegung des Fußgängers", Der Verkehrsunfall, 1974, Heft 1 und 2
2. A. Kühnel, "Vehicle-Pedestrian Collision Experiments with the Use of a Moving Dummy", Proceedings of the 18th Annual Meeting, AAAM, Sept. 1974
3. U. Wanderer und H. Weber, "Interdisziplinäre Unfallforschung am Unfallort", Der Verkehrsunfall, 1974, Heft 9 und 10
4. P. F. Gloyns, G. M. Mackay, "Impact Performance of Some Designs of Steering Assembly in Real Accidents and Under Test Conditions", 18. Stapp Conf., Ann Arbor, Michigan, Dec. 1974
5. C. Tarriere et al, "The Influence of the Shape of the Vehicle on the Severness of Pedestrian Injuries", Third International Congress on Automotive Safety, San Francisco, 1974

Zeit in ms

Bild 1



- 126



294



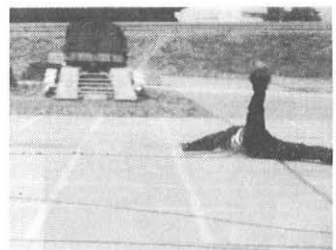
1176



0



420



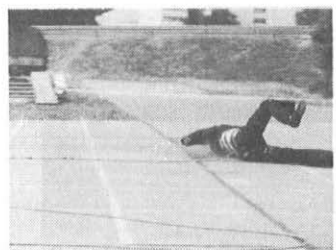
1302



42



588



1428



84



714



1596



126



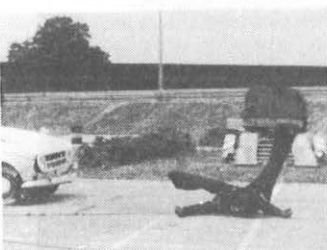
882



1764



210



1050



1974



- 126



294



1134



0



378



1218



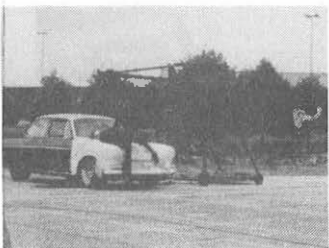
42



546



1386



84



630



1680



126



756



2142



210



924



2814

Fahrzeugdeformationen

Bild 3

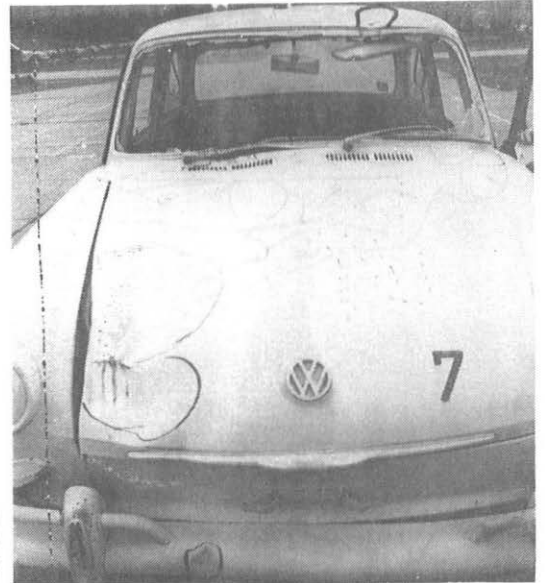
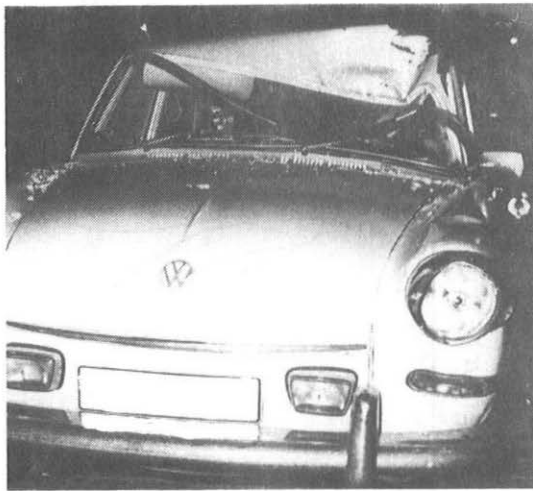
Fall 1



Unfallfahrzeug



Versuchsfahrzeug



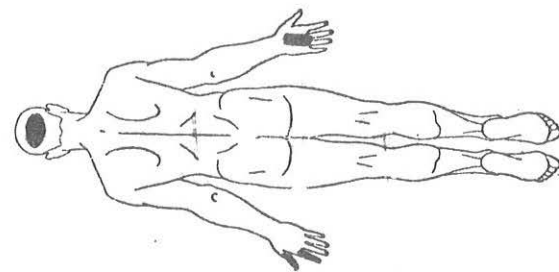
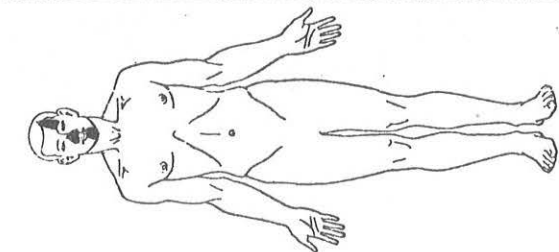
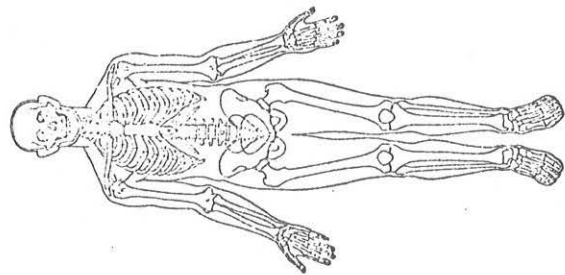
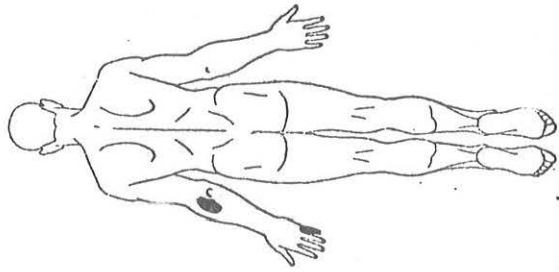
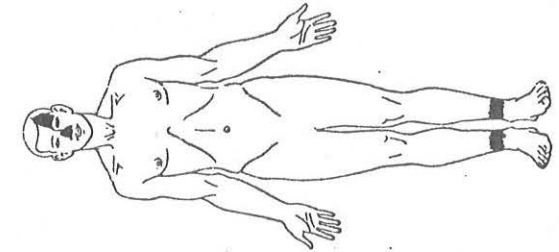
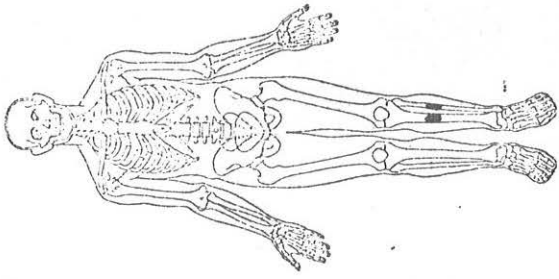
Fall 1



Endlage Dummy-Fz



Endlage Fg-Fz



Dummybeschädigungen

Versuch-Nr. 1

Unfallverletzungen

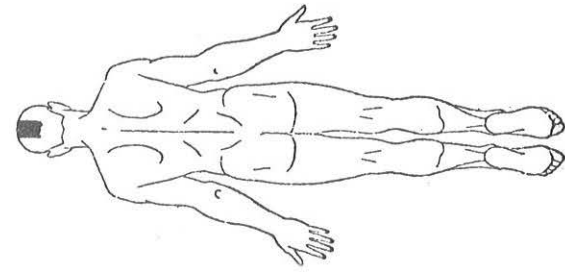
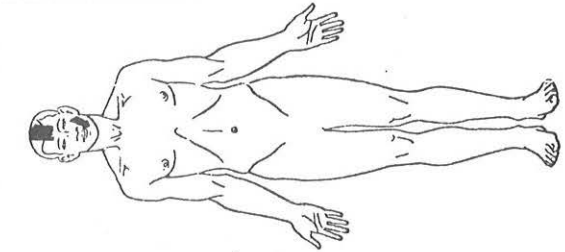
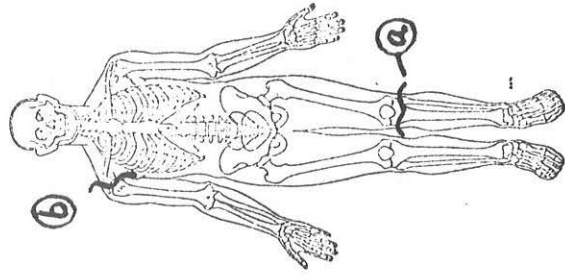
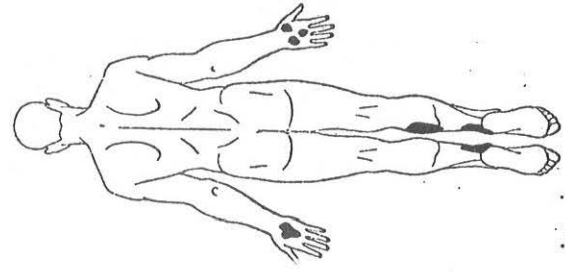
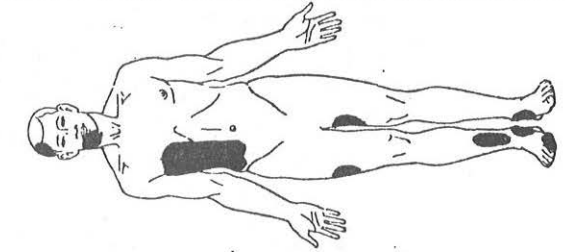
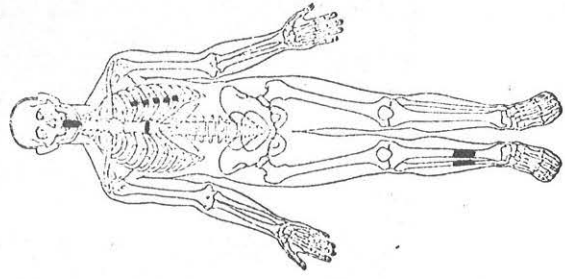


Bild 4

Versuch-Nr. 2

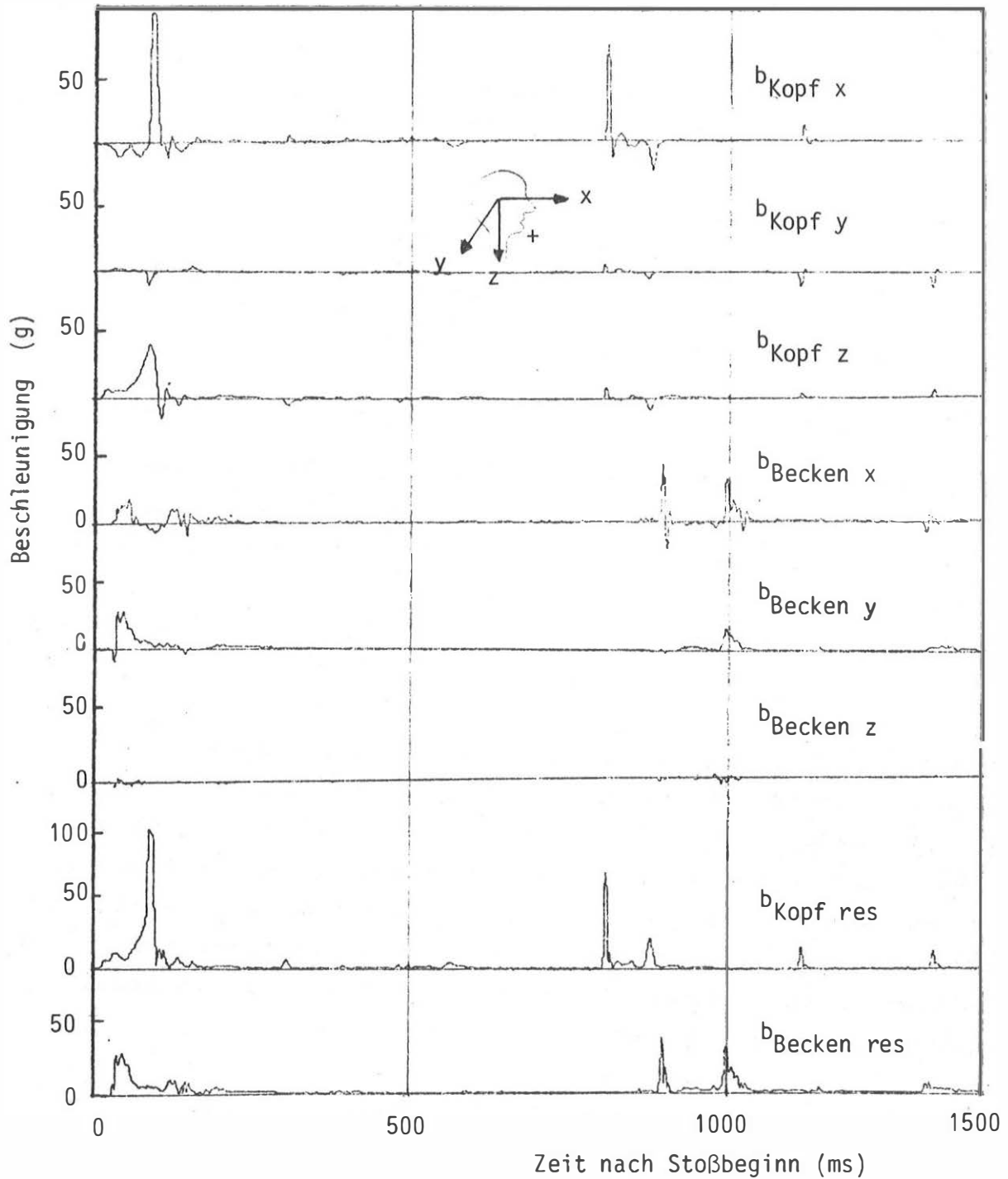


Bild 5 : Beschleunigungs-Zeit-Verhalten von Kopf und Becken eines von hinten angefahrenen Fußgängers (Versuch 1/3, R4)