

## **Gewebeveränderungen der Insassenkleidung durch Einwirkung des Sicherheitsgurts beim 50 km/h-Frontalaufprall**

**G. Schwarz<sup>1</sup>, F. Zeidler<sup>2</sup> und B. Brinkmann<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institut für Rechtsmedizin der Universität Münster, Von-Esmarch-Str. 86, D-4400 Münster, Bundesrepublik Deutschland

<sup>2</sup>i. H. Daimler Benz AG, Werk Sindelfingen, Abt. A1GS Unfallforschung, Postfach 226, D-7032 Sindelfingen, Bundesrepublik Deutschland

### **Textile Changes in Passenger Clothing Caused by the Seat Belt at a Frontal Impact of 50 km/h**

**Summary.** Sixteen dummies wearing seat belts were exposed to an impact of 50 km/h. Their clothing was examined for traces of melting and other textile changes caused by the seat belt. Such marks were found in the thorax area in 87.5% of the cases and in the pelvis area in 44%. They were located at protruding parts of the body, i.e., parts exposed to high pressure caused by the seat belt.

**Key words:** Simulated 50 km/h frontal impact, seat-belt wearing marks on clothes – Textile changes, melting traces

**Zusammenfassung.** Die Kleidung von 16 Dummies, die angegurtet einem Aufprall mit 50 km/h ausgesetzt waren, wurde auf Schmelzspuren und andere Gewebeveränderungen hin untersucht, die durch den Gurt hervorgerufen werden. Solche Spuren konnten in 87,5% der Fälle im Brustbereich und in 44% der Fälle im Beckenbereich gefunden werden. Sie befinden sich über vorspringenden Körperteilen, also Teilen, die hohem Druck durch den Sicherheitsgurt ausgesetzt sind.

**Schlüsselwörter:** Simulierter 50 km/h-Frontalaufprall, Gurtragespuren an Kleidungsstücken – Gewebeveränderungen, Schmelzspuren

Immer wieder werden nach Verkehrsunfällen folgende Fragen gestellt:

- War ein Pkw-Insasse zum Unfallzeitpunkt angegurtet?
- War er Fahrer oder Beifahrer?
- War der Gurt gegebenenfalls richtig angelegt?

Eine wesentliche Grundbedingung zur Beantwortung dieser und ähnlicher Fragen ist die eingehende Analyse des Verletzungsmusters. Darüber hinaus können diese Fragen auch durch spurentechnische Untersuchungen geklärt werden. Die erste Frage kann beantwortet werden, wenn das Gurtsystem auf Tragespu-

*Sonderdruckanfragen an:* Prof. Dr. B. Brinkmann (Adresse siehe oben)

ren untersucht wird [1]. Die Antwort auf die zweite Frage läßt sich bei angegurtem Insassen mittels einer Untersuchung von im Gurt haftenden Fasereinschmelzungen finden. Die dritte Antwort ergibt sich durch die Untersuchung der Insassenkleidung, die bei positivem Ergebnis (Gewebeveränderungen, insbesondere Schmelzspuren) zugleich die ersten beiden Fragen zu beantworten vermag.

Schmelzspuren im Kraftfahrzeug treten bei Verkehrsunfällen immer dann auf, wenn ein bekleideter Körperteil mit hohem Druck über kunststoffüberzogene Gegenstände reibt (Türinnenverkleidung u. a.) [2] oder wenn hohe Reibungskräfte zwischen Gurt und Kleidung wirken. Inwieweit diese Spuren bei letzterem auch auf der Kleidung zu finden sind, sei im folgenden dargestellt.

## Material und Methode

Im Rahmen einer Versuchsreihe<sup>1</sup> wurde u. a. der Schmelzvorgang zwischen Insassenkleidung und Gurt beim simulierten Verkehrsunfall untersucht. Dazu wurden 17 verschiedene Stoff- und Lederarten auf Baumwollunterhemden genäht, die danach männlichen 50%-Dummies angezogen wurden.

Pro Hemd waren, bis auf eine Ausnahme, 3 Teile gleichen Stoffs aufgenäht, und zwar an besonders druckbelasteten Stellen: im Schlüssel- und Brustbeinbereich (ca. 8 cm × 20 cm) sowie über rechtem und linkem Beckenkamm (je ca. 5 cm × 10 cm) (Abb. 1). Beim letzten Versuch (eben erwähnte Ausnahme) sollten noch zwei Stoffe untergebracht werden, so daß einer im Brustbereich angebracht wurde, der andere in zwei Teilen unter dem Beckengurtverlauf (Stoff-Nr. 14 und 13).

Die Dummies wurden dann entweder in Serien-Pkw mit ca. 50 km/h gegen eine Betonwand (0°-Barriere) gefahren oder mit gleicher Geschwindigkeit auf einer pneumatischen Prüfschlitten-Anlage mittels eines Kolbens rückwärts beschleunigt. Auf dem schienengelagerten Prüfschlitten ist eine Pkw-Fahrgastzelle montiert. Der Beschleunigungsverlauf des Schlittens läßt sich über eine Steuernadel beeinflussen, die so ausgelegt ist, daß der beim Aufprall gegen die 0°-Barriere auftretende zeitliche Fahrzeug-Verzögerungsverlauf simuliert wird; der Weg des Kolbens ersetzt quasi die „Knautschzone“ des Fahrzeugs.

Die Dummies saßen auf verschiedenen Plätzen, teils mit normalem Dreipunkt-Automatikgurt angeschnallt, teils mit Dreipunkt-Automatikgurt mit Seilgurtstraffer [3]. Letzterer bewirkt durch entgegengesetzte Drehung des Gurtaufrollers (innerhalb weniger Millisekunden nach dem Aufprall verzögerungsabhängig ausgelöst durch sensorgesteuerte Zündung eines pyrotechnischen Treibsatzes) eine Verminderung der Gurtlose.

Insgesamt wurden zwölf Versuche durchgeführt, zwei mit Pkw und zehn mit dem Prüfschlitten, mit folgender Dummy-Besetzung:

Fahrzeug	Anzahl der Versuche	Sitzposition	Gurtstrafferbenutzung	Anzahl der Dummies
Schlitten	3	Fahrer/Beifahrer	nein	6
Schlitten	2	Fahrer	nein	2
Schlitten	1	Fahrer	ja	1
Schlitten	4	Fond rechts	ja	4
Pkw	1	Fahrer/Beifahrer	ja	2
Pkw	1	Beifahrer	nein	1
	12			16

Die Dummies wurden reproduzierbar nach internen Standards auf dem Sitz plaziert, die Fahrer-Dummies so, daß die Hände das Halten des Lenkrads rechts und links simulierten.

1 Durchgeführt bei der Daimler Benz AG, Werk Sindelfingen

Tabelle 1. Versuchsergebnisse

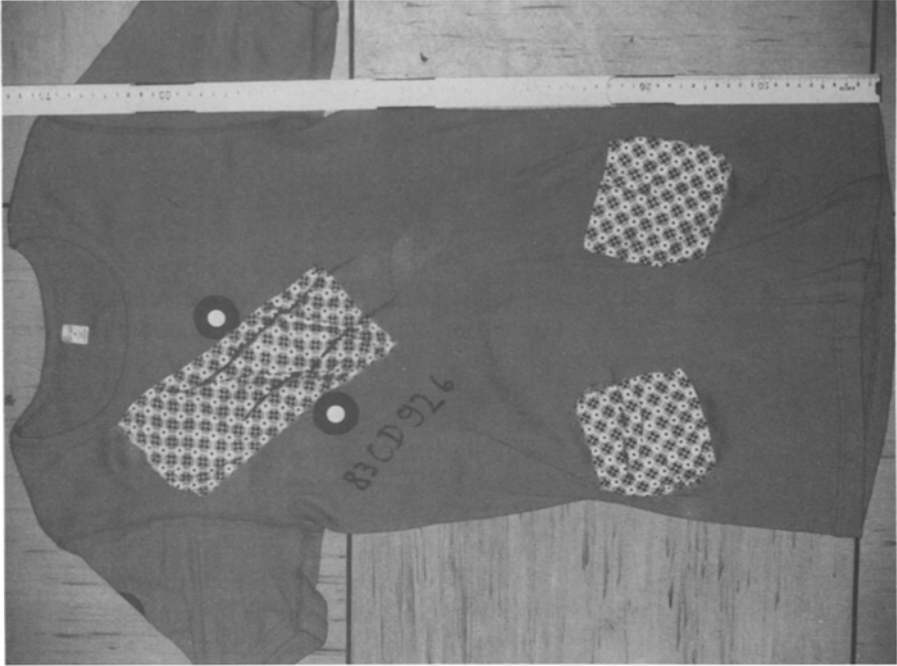
Stoff-Nr.	Stoffart/Gewebestruktur	Fahrzeugart	Sitzposition	Gurtstraffer	Gewebeveränderung	Abbildung
1	Rote Rechts-Rechts-Maschenware mit Milano-Rib-Bindung, 3 Fadensysteme (Garne) aus Polyamid 6.6 (Nylon) bzw. Polyamid 6 (Perlon) bzw. einem Gemisch aus Polyamid 6 und Viskose	Serienfahrzeug	Beifahrer	Nein	Geschmolzen (Br), unverändert (Be)	2
2	Buntgemustertes Kettkreuzkörpergewebe aus Baumwolle, auf der Rückseite geraut (26 Kettfäden/cm, 18 Schußfäden/cm)	Serienfahrzeug	Fahrer	Ja	Faltenbildung (Br, Be)	3
3	Buntgemustertes Doppelkörpergewebe aus Baumwolle, auf der Rückseite geraut (27 Kettfäden/cm, 25 Schußfäden/cm)	Schlitten	Fahrer	Ja	Fäden platt gepreßt (Br), unverändert (Be)	4
4	Buntbedrucktes, leinwandbindiges Gewebe aus Baumwolle mit durch Kalandern erzeugtem Glanzeffekt (48 Kettfäden/cm, 24 Schußfäden/cm)	Schlitten	Fond rechts	Ja	Unverändert (Br), Stoff zer-rissen (Be/in)	4
5	Türkisfarbener Schußsamt mit Körper-Grundgewebe aus Baumwolle (24 Kettfäden/cm, 63 Schußfäden/cm)	Schlitten	Fond rechts	Ja	Fasern an Faltenkanten zusammengepreßt, verknautscht (Br, Be)	5
6	Rosafarbenes leinwandbindiges Gewebe aus Viskosefilamentgarnen (37 Kettfäden/cm, 25 Schußfäden/cm)	Schlitten	Fond rechts	Ja	Geschmolzen mit Gurtfaser-einschmelzung (Br), Struktur verzerrt (Br, Be)	5

Tabelle 1 (Fortsetzung)

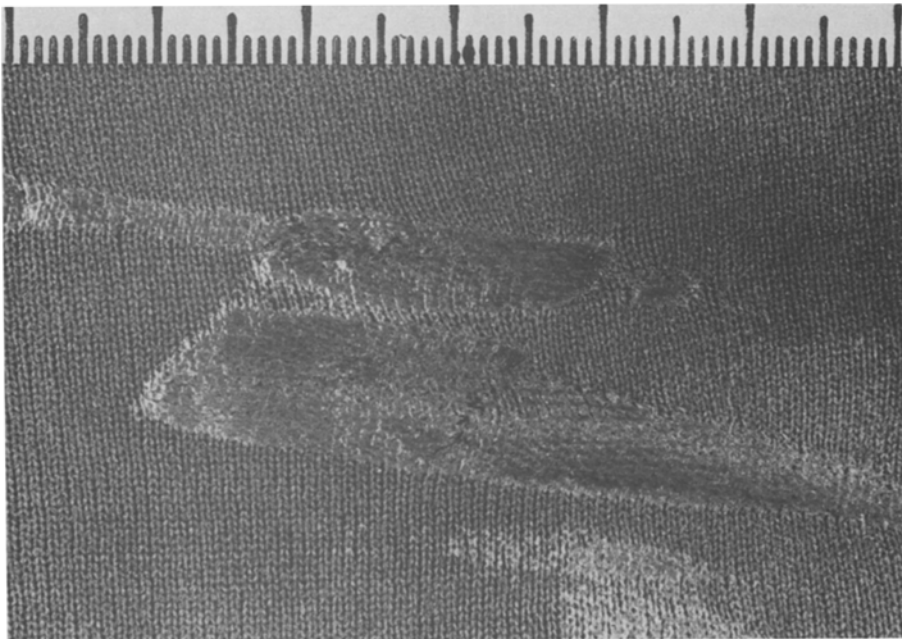
Stoff-Nr.	Stoffart/Gewebestruktur	Fahrzeugart	Sitzposition	Gurtstrammer	Gewebeveränderung	Abbildung
7	Buntbedrucktes Kettatlas-Gewebe aus Baumwolle und Viskose	Schlitten	Fahrer	Nein	Fasern gepreßt (Br), unverändert (Be)	
8	Buntbedrucktes Kettatlas-Gewebe aus Baumwolle (62 Kettfäden/cm, 41 Schußfäden/cm)	Schlitten	Beifahrer	Nein	Geschmolzene Gurtfasern an Stoffalte angeschlossen (Br), unverändert (Be)	6
9	Buntbedruckte Wirkware aus texturiertem Polyesterfaser-material	Schlitten	Fahrer	Nein	Stoff gerissen, an Reißrändern angeschmort (Br), unverändert (Be)	7
10	Weiß- und blaugemustertes Gewebe mit einer zusammengesetzten Bindung aus Baumwolle und Cuprofasern (43 Kettfäden/cm, 28 Schußfäden/cm)	Schlitten	Beifahrer	Nein	Verschiebung der Fäden und Zerreißen des Gewebes, Faltenbildung (Br), unverändert (Be)	8
11	Buntbedrucktes Atlas-Gewebe aus Baumwolle (48 Kettfäden/cm, 42 Schußfäden/cm)	Schlitten	Beifahrer	Nein	Unverändert (Br), Faltenbildung (Be)	
11*	Baumwollunterhemd, 2-Rechts-2-Links-Maschenware (zu 11 gehörig)				Maschen zu sammengepreßt — makroskopisch glänzend (Br)	9
12	Buntbedrucktes Gewebe mit Pikeebindung (gewöhnlicher Pikee) aus Baumwolle (46 Kettfäden/cm, 32 Schußfäden/cm)	Schlitten	Fahrer	Nein	Etwas gewellt (Br), unverändert (Be)	

13	Gelbes, leinwandbindiges Gewebe aus Baumwolle (50 Kettfäden/cm, 22 Schußfäden/cm)	Schlitten	Fond rechts	Ja	Faltenbildung (Be)	1 Ver-such
14	Grün-, gelb-, rotgemustertes Gewebe mit einer zusammengesetzten Bindung aus Baumwolle (42 Kettfäden/cm, 32 Schußfäden/cm)	Schlitten	Fond rechts	Ja	Unverändert (Br)	
15	Echtes Leder	Schlitten	Fahrer	Nein	Oberste Schicht abgeschürft (Br), oberste Schicht kaum sichtbar abgeschürft (Be)	10
16	Dünnes Kunstleder	Schlitten	Fahrer	Nein	Gerissen, Ober-schicht ge-schmolzen (Br), unverändert (Be)	11
17	Dickes Kunstleder	Serien-fahrzeug	Beifahrer	Ja	Oberschicht geschmolzen (Br), unverändert (Be)	12

Abkürzungen: Br = Brustbereich; Be = Beckenbereich; in = nur innen/Gurtschloßseite



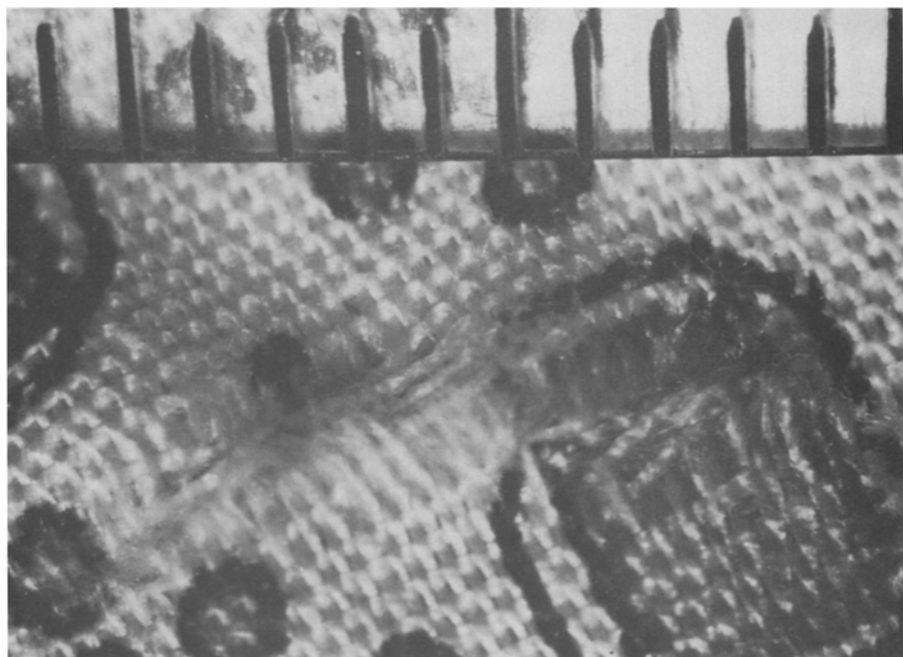
**Abb. 1.** Aufgenähte Stoffe (Stoff-Nr. 11)



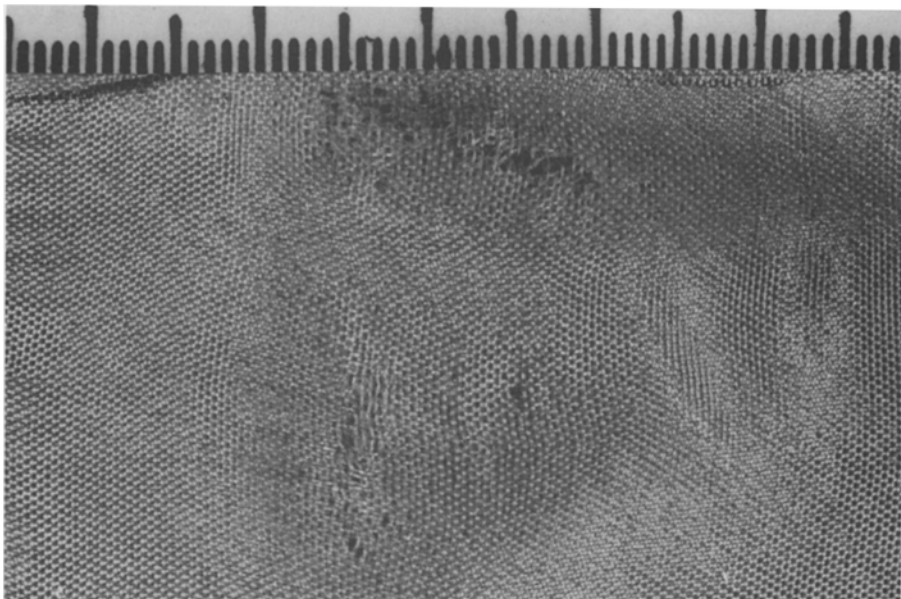
**Abb. 2.** Schmelzspur (Br) (Stoff-Nr. 1)



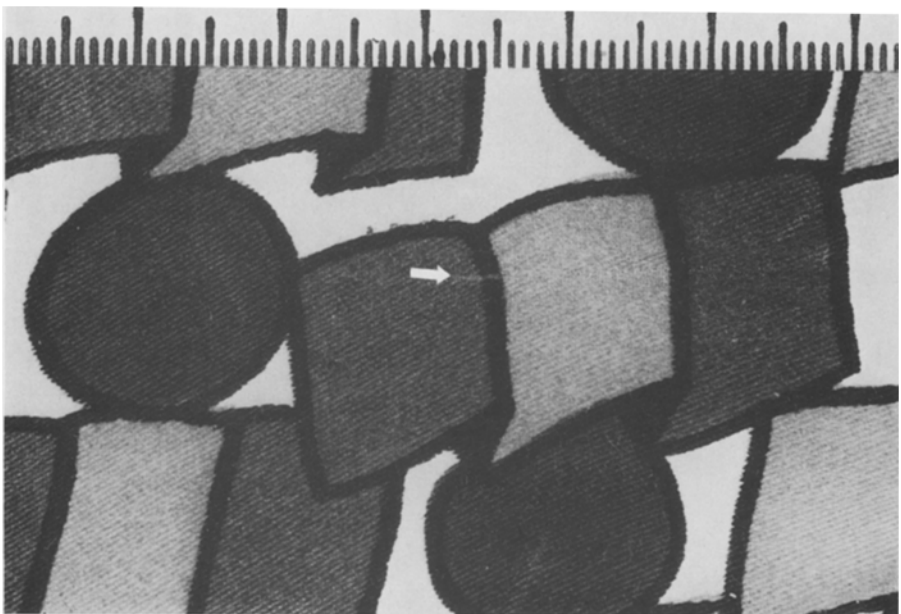
**Abb. 3.** Faltenbildung (Br) (Stoff-Nr. 2)



**Abb. 4.** Stoff-Nr. 4 (Be/in)

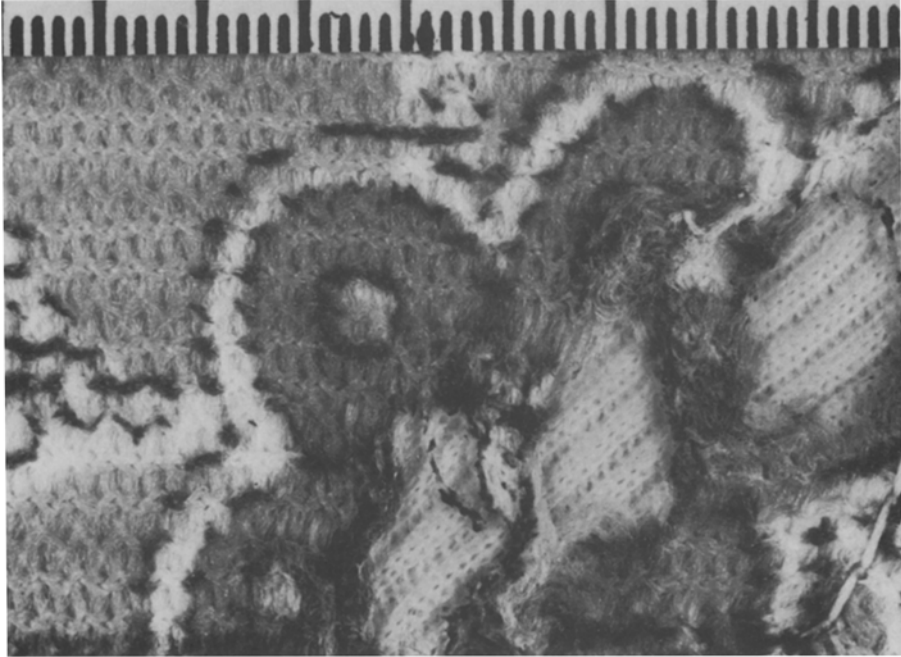


**Abb. 5.** Stoff-Nr. 6 (Br)

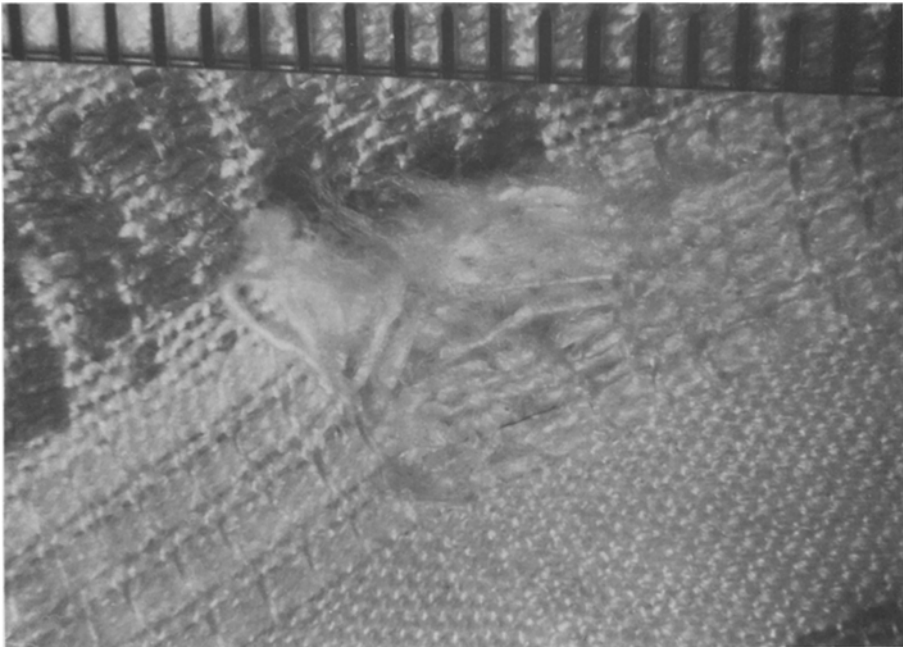


**Abb. 6.** Stoff-Nr. 8 (Br); Pfeil: Gurtfasern (mikroskopisch erkennbar)

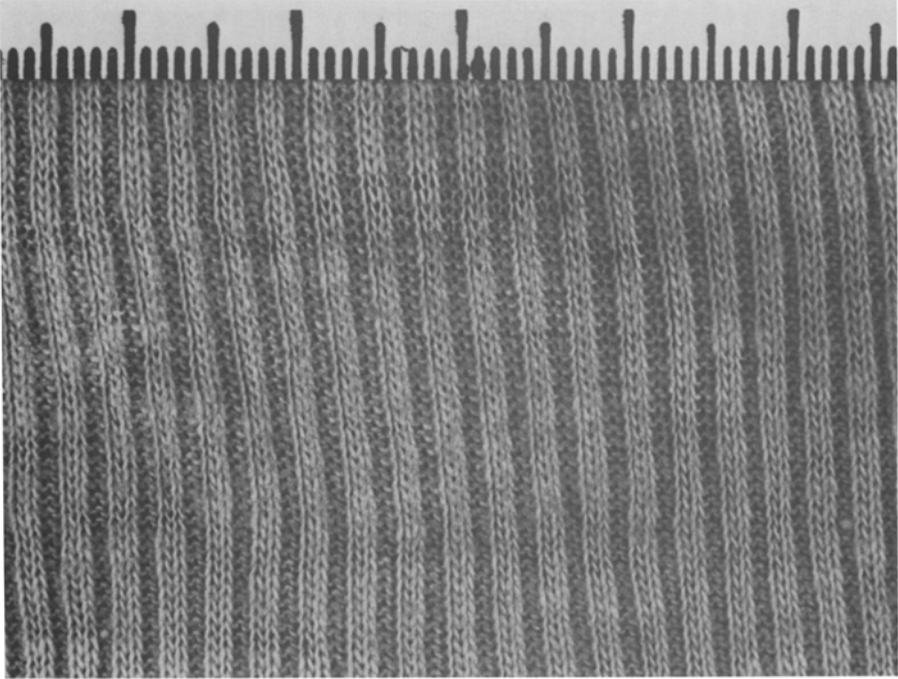




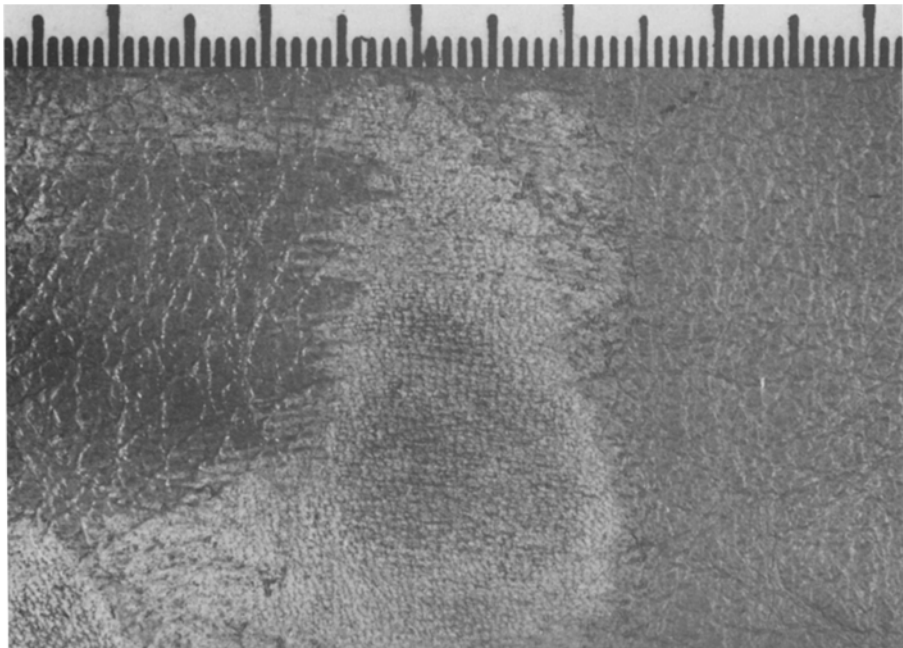
**Abb. 7.** Stoff-Nr. 9 (Br)



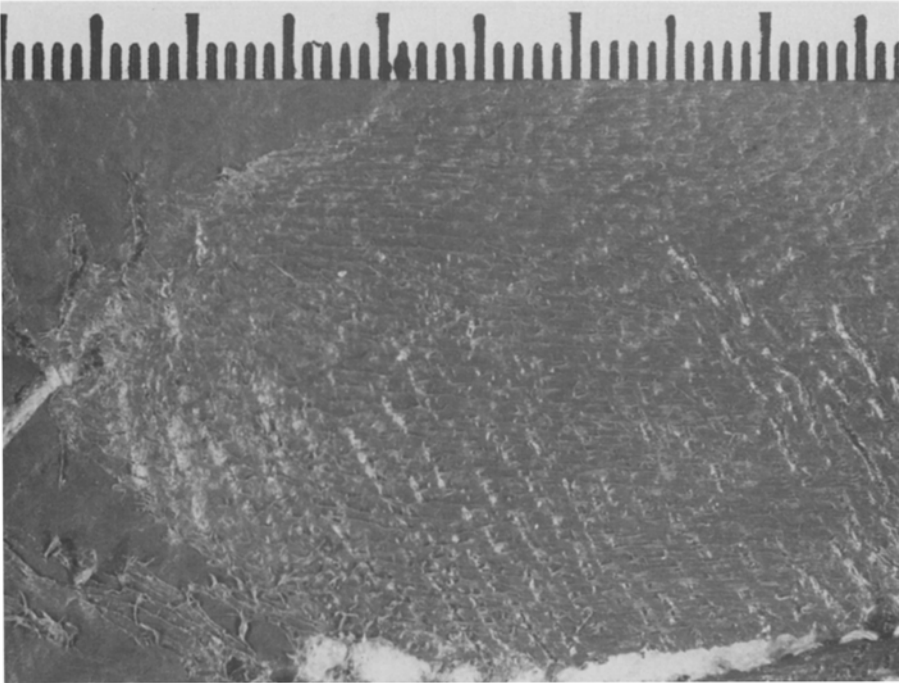
**Abb. 8.** Stoff-Nr. 10 (Br)



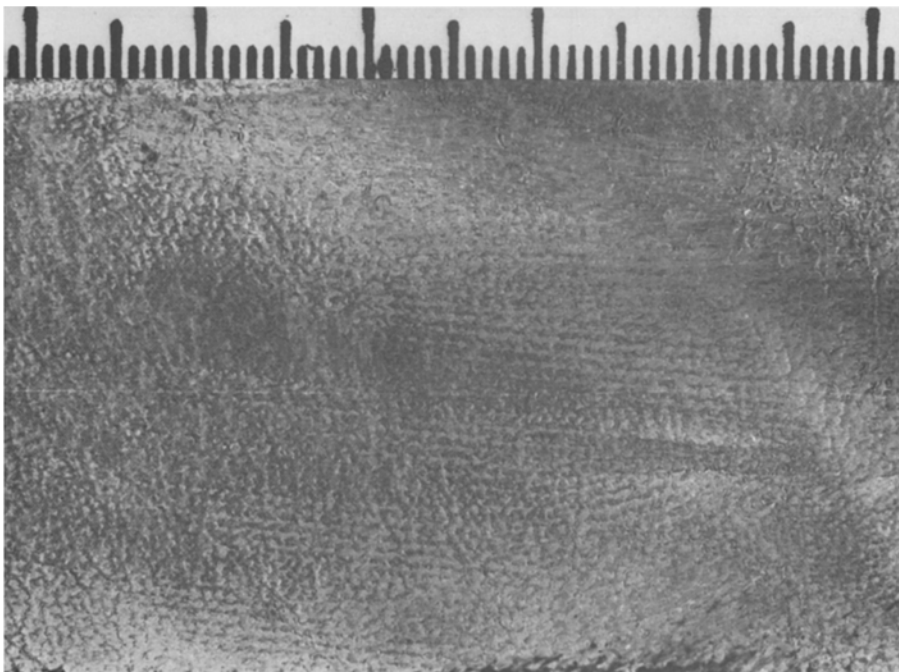
**Abb.9.** Maschen gepreßt, Stoff-Nr. 11\*, s. auch Foto 1 unterhalb Bruststoff



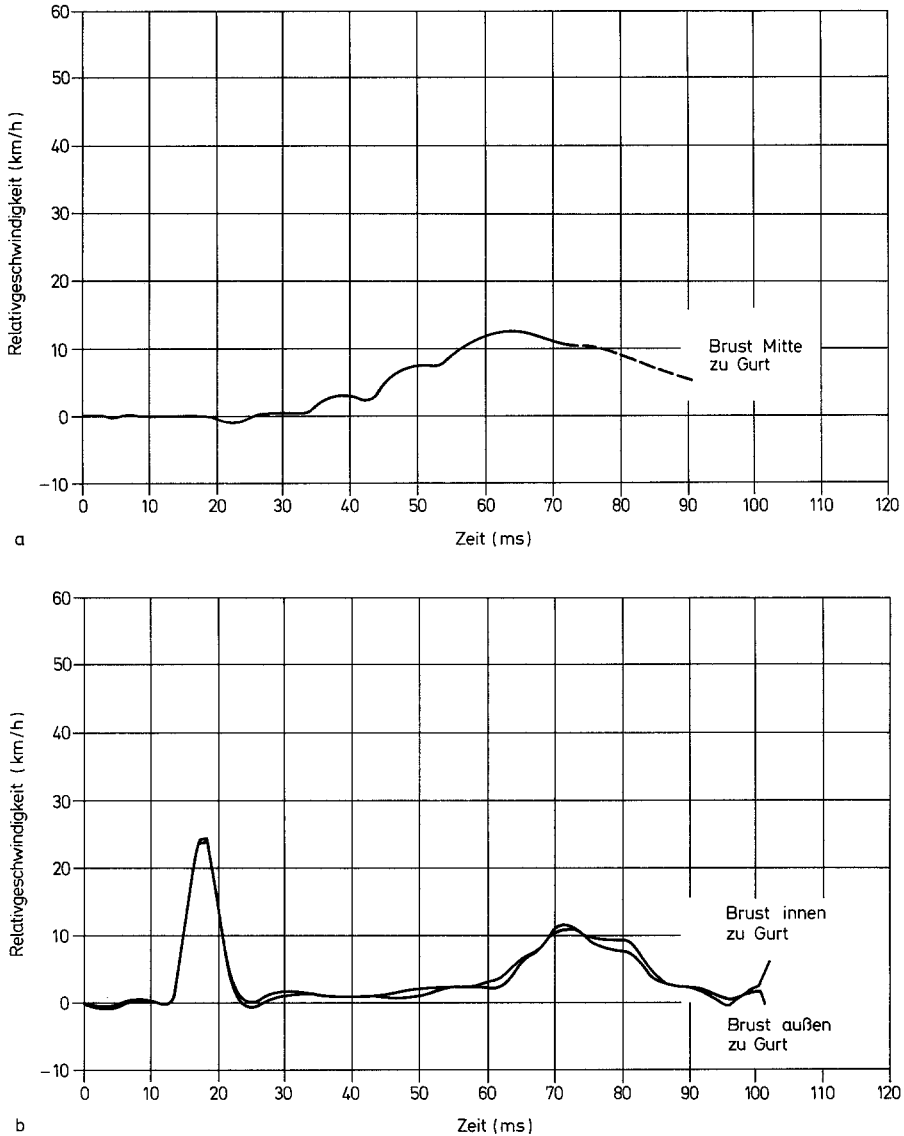
**Abb.10.** Abschürfung, echtes Leder (Br) (Stoff-Nr. 15)



**Abb. 11.** Schmelzung der Oberschicht, dünnes Kunstleder (Br) (Stoff-Nr. 16)



**Abb. 12.** Schmelzung der Oberschicht, dickes Kunstleder (Br) (Stoff-Nr. 17)

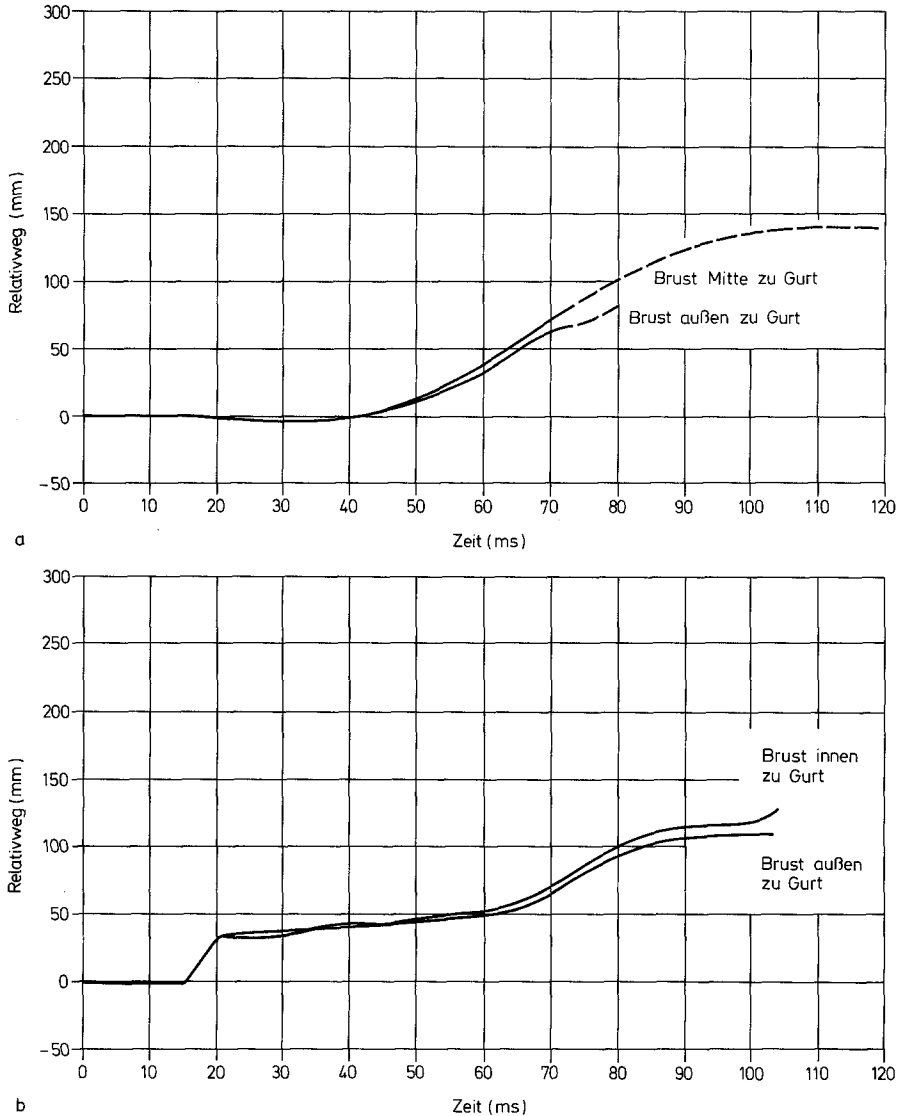


**Abb. 13. a** ( $v = 52,5 \text{ km/h}$ , ohne Gurtstraffer, Stoff-Nr. 11), Relativgeschwindigkeit zwischen Gurt und Kleidung. **b** ( $v = 56,0 \text{ km/h}$ , mit Gurtstraffer, Stoff-Nr. 5), Relativgeschwindigkeit zwischen Gurt und Kleidung

## Ergebnisse

Die Gewebeveränderungen an den verschiedenen Stoffen sind nachfolgend dargestellt, aufgeschlüsselt nach Stoffart, Fahrzeugart, Sitzposition des Dummys und Gurtstrafferbenutzung (Tabelle 1).

Die angegebenen Veränderungen befinden sich nur in kleinen Bereichen von ca.  $0,5 \text{ cm}^2$ – $8 \text{ cm}^2$ , der Rest ist unverändert.

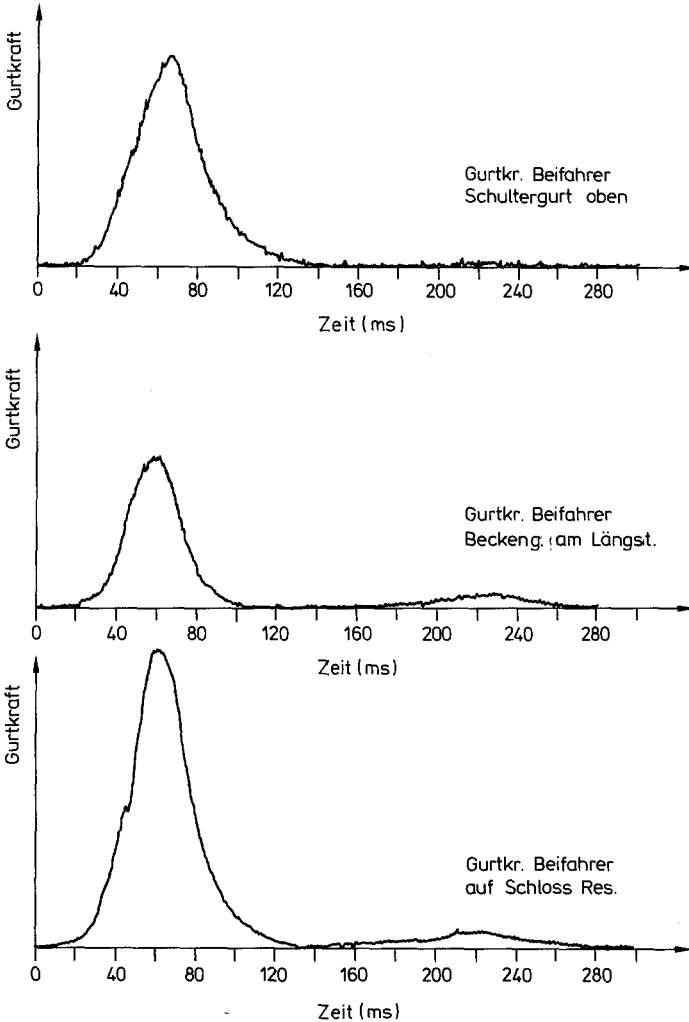


**Abb. 14.** **a** ( $v = 52,5$  km/h, ohne Gurtstraffer, Stoff-Nr. 11), Relativweg zwischen Gurt und Kleidung. **b** ( $v = 56,0$  km/h, mit Gurtstraffer, Stoff-Nr. 5), Relativweg zwischen Gurt und Kleidung

Einige Versuche wurden mit Hochgeschwindigkeitskameras gefilmt und der Verlauf des Gurts über der Kleidung (bis ca. 100 ms nach dem Aufprall des Fahrzeugs) ausgewertet (Abb. 13a, b und 14a, b). Die Gurtkraft wurde mit im Gurt eingenähten Kraftmeßgliedern gemessen (Abb. 15).

### Diskussion

Im Beckengurtverlauf ergaben sich nie Schmelzspuren, was darauf zurückzuführen ist, daß es in Richtung Beckengurtverlauf zu keinen wesentlichen Relativge-

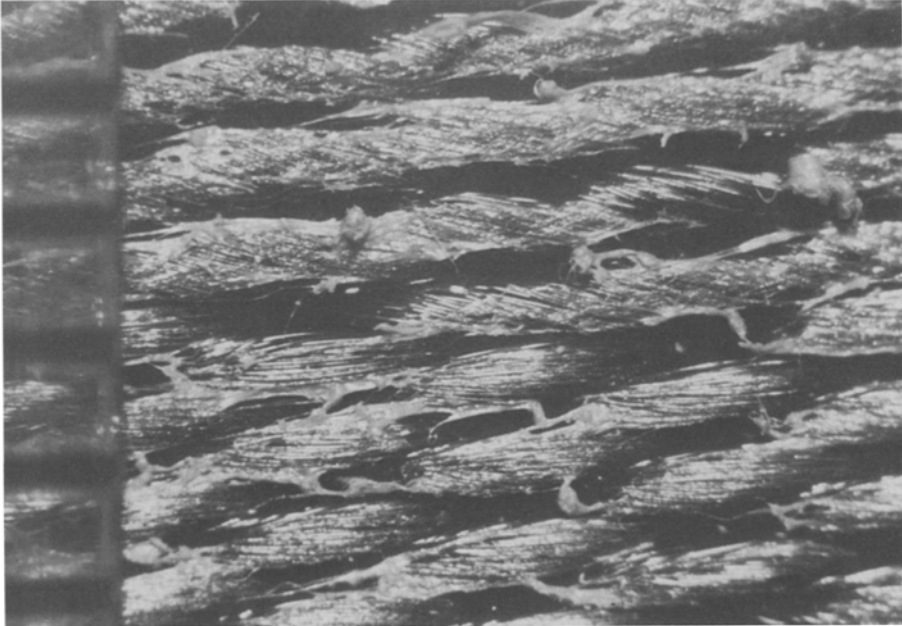


**Abb. 15.** Gurtkraftverlust an verschiedenen Stellen,  $v = 52,5 \text{ km/h}$ , Stoff-Nr. 10, ohne Gurtstraffer. (Die Gurtkraft ist jeweils im gleichen Maßstab dargestellt)

schwindigkeiten zwischen Kleidung und Gurt kommt. Außerdem ist hier auch die Gurtkraft geringer als im Schrägschultergurt. Teilweise (in vier Fällen = 25%) bildeten sich jedoch Falten durch eine geringfügige Relativverschiebung des Gurtes zur Kleidung quer zur Beckengurtverlaufs-Richtung. In drei Fällen (= 19%) traten dabei auch Strukturverzerrungen oder kleine Einrisse auf.

Im Brustbereich zeigte sich in 87,5% der Fälle eine Veränderung. Außer dem eben Genannten traten auch Schmelzspuren auf (Polyamid, Kunstleder und Viskosefilamentgarne). Bei Polyester verschmorten zusätzlich die Rißbränder.

Einige Gewebe waren weder makroskopisch noch mikroskopisch verändert. Bei manchen davon blieben allerdings, ebenso wie bei allen vorgenannten Geweben, Fasern bzw. Lederabrieb im Gurt haften, fast immer mit Schmelzspuren



**Abb. 16.** Dünnes Kunstleder (Nr. 16), in Gurt geschmolzen

einhergehend (Abb. 16). Es ergeben sich also, selbst bei unveränderter Kleidung, bereits Spuren am Gurt. Diese zeigen jedoch nur, daß der Insasse angeschallt war, nicht aber, ob der Gurt auch korrekt über den Körper verlief (manche Insassen fühlen sich durch den Schultergurt behindert und tragen ihn deshalb lieber unter der Achsel hindurch). Bei ausreichender Unfallschwere kann der Gurtverlauf über die Spuren an der Kleidung eindeutig nachgewiesen werden (Spuren werden während der Vorverlagerung des Insassen erzeugt).

Der Gurtstraffer vermindert die Gurtlose, indem er vor der Vorwärtsbewegung des Insassen den Gurt zurückspannt. Dies führt nach 15–20 ms zu großem Relativweg und hoher Relativgeschwindigkeit zwischen Stoff und Gurt (Abb. 13a, b und 14a, b), ein Zeitpunkt, zu dem die Gurtkraft keine nennenswerten Beträge aufweist (Abb. 15), so daß es noch nicht zur Spurenbildung kommen kann. Nach 60–70 ms fällt beim Versuch ohne Gurtstraffer das Maximum der Relativgeschwindigkeit Gurt/Kleidung (Abb. 13 a), beim Versuch mit Gurtstraffer das zweite Maximum der Relativgeschwindigkeit Gurt/Kleidung (Abb. 13 b) zeitlich zusammen mit dem Maximum der Gurtkraft (Abb. 15). Dies bedingt in beiden Fällen optimale Voraussetzungen für das Entstehen von Spuren, ein prinzipieller Unterschied im Entstehungsmechanismus der Spuren besteht also durch den Einsatz des Gurtstraffers nicht; d. h., die Versuche mit und ohne Gurtstraffer können bezüglich der *hier* gestellten Aufgabe als qualitativ gleichwertig betrachtet und die Ergebnisse miteinander verglichen werden.

Da die unterschiedlichen Sitzpositionen der Dummies keinen wesentlichen Einfluß auf das Ausmaß der Gewebeveränderungen haben dürften, kann das Auftreten unterschiedlicher Spuren auf den Einfluß der unterschiedlichen

Beschaffenheit der Stoffproben zurückgeführt werden. Darüber hinaus ist das Auftreten von Spuren sicherlich noch von der Körperhaltung (z.B. zurückgelehnt oder nach vorne gebeugt) abhängig sowie zweifelsfrei ganz wesentlich von der Geschwindigkeitsänderung während des Aufpralls. Diese beiden Einflußgrößen bedingen schließlich die Größe des Relativwegs und der Relativgeschwindigkeit zwischen Gurt und Kleidung. Daher muß als wesentliche Einschränkung für die Übertragbarkeit der vorliegenden Ergebnisse auf die Unfallpraxis erwähnt werden, daß die bei allen Versuchen gewählte simulierte Unfallschwere bezüglich Geschwindigkeitsänderung und mittlerer Verzögerung äußerst hoch war und das „severe end“ der Unfallstatistik repräsentiert. So entfallen beispielsweise nach Zeidler [4] von 176 bei Frontalkollisionen verletzten angegurteten Fahrern lediglich 35 auf Unfälle mit Geschwindigkeitsänderungen von 50 km/h und darüber, und nur etwa 25% dieser Frontalkollisionen lassen sich dem symmetrischen Aufpralltest (0°-Barriere) mit entsprechend hoher mittlerer Fahrzeugverzögerung zuordnen. Jedoch stehen gerade jene schweren Unfälle häufig im Vordergrund forensischer Tätigkeit, so daß die vorliegenden Ergebnisse zumindest bei dieser Art von Unfällen wichtige Hinweise geben können.

Wir danken Herrn Dr. Adolf vom BKA Wiesbaden für die Bestimmung der textilen Kenndaten der Stoffproben.

## Literatur

1. Burg H, Rau H (1981) Handbuch der Verkehrsunfallrekonstruktion. Verlag Information Ambs, Kippenheim, S 749–761
2. Pabst H (1979) Spurensicherung bei Verkehrsunfällen: die Anשמלזspur. BLKA-Informationsblätter 2:9.4
3. Scholz H (1983) Verbesserte Insassensicherheit durch den zusätzlichen Fahrer-Airbag und den Beifahrer-Gurtstrammer: Funktion und Wirkung. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 6:178–186
4. Zeidler F (1982) Die Analyse von Straßenverkehrsunfällen mit verletzten PKW-Insassen unter besonderer Berücksichtigung von versetzten Frontalkollisionen mit Abgleiten der Fahrzeuge. Verlag Information Ambs, Kippenheim, S 26, 107 (Abb. 2.7.2)

Eingegangen am 17. Februar 1984