

Eine Fallgewichtsbeschleunigungsanlage zur Simulation von Aufprallunfällen — Prinzip und Arbeitsweise* **

Dimitrios Kallieris

Institut für gerichtliche Medizin der Universität Heidelberg (BRD)

Eingegangen am 9. November 1973

An Acceleration Track Operated Through a Falling Weight for the Simulation of Crash Accidents — Principle and Function

Summary. A sled which is mounted on a railroad track und operated through a drop weight is discussed in this paper. The sled (occupied by a cadaver) is accelerated by a eightfold gear transmission ratio through a drop weight until it reaches a desired crash velocity (max. 100 km/hr). The kinetic energy is transformed according to the deflection of the brake and therefore the deceleration of the sled can be adjusted. The time characteristic of the sled deceleration is that of a trapezium. By means of a formula it is possible to determine the length of the deceleration with a known mass-ratio (moving mass: falling mass) and the efficiency of a known impact velocity. According to the mounting direction of a seat, the sled may simulate frontal crashes, crashes on both sides and rear crashes. With different installations it is also possible to accomplish manifold tests with various parts of the human body.

Zusammenfassung. Eine durch Fallgewicht betriebene Beschleunigungsanlage wird beschrieben. Mit Hilfe einer Formel kann der Beschleunigungsweg bei bekanntem Massenverhältnis (fahrende Masse:fallende Masse) und Wirkungsgrad bei vorgegebener Aufprallgeschwindigkeit (bis 100 km/Std) ermittelt werden. Die zur Zeit vorhandenen Meßmöglichkeiten werden erläutert.

Key words: Biomechanik — Beschleunigungsanlage — Sicherheitsgurte.

Um die Schwere der Verletzungen und die hohe Zahl der Todesfälle bei Autoinsassen herabzusetzen, wurden unter anderem Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsschlittenanlagen entwickelt, wodurch die Prüfung der Belastbarkeit des menschlichen Körpers „als Ganzes“ bei simulierten derartigen Unfällen ermöglicht wird.

Das Heidelberger gerichtsmedizinische Institut verfügt über eine Verzögerungsschlittenanlage zur Durchführung biomechanischer Untersuchungen. Zu der Anlage gehören im wesentlichen die Bahn, der Turm mit Fallgewicht, das Zugseil, der Versuchswagen, die Elektrowinde, die Ausklinkvorrichtung und die Bremse. Sie wurde nach unseren Vorstellungen und unter Berücksichtigung der vorhandenen Anlagen von der Fa. Wazau, Berlin, gebaut (Abb. 1).

* Vorgetragen auf der 52. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin, München, 23.—27. 10. 1973.

** Dem VDA (Verband der Deutschen Automobilindustrie) wird für Sachmittelbeihilfe gedankt.

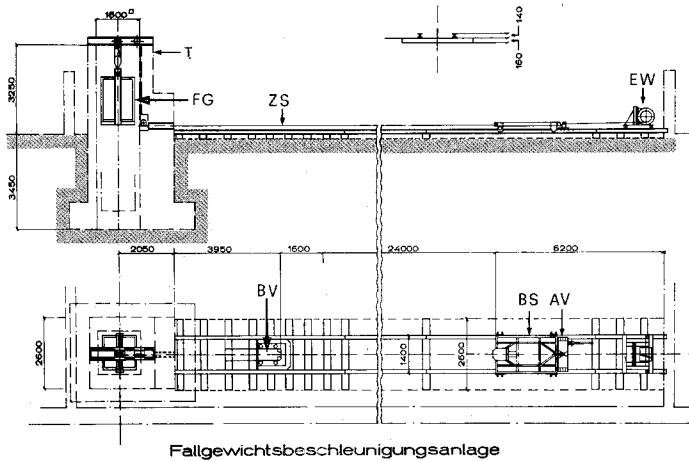


Abb. 1. Schematische Darstellung der Anlage. *EW* Elektrowinde, *AV* Ausklinkvorrichtung, *BS* Beschleunigungswagen, *ZS* Zugseil, *BV* Bremsvorrichtung, *T* Turm, *FG* Fallgewicht

In der BRD existiert an der TU Berlin, Institut für Kraftfahrzeuge, eine ähnliche Anlage, gebaut von Professor Fiala.

Für die Mitteilung seiner Erfahrungen und die konstruktive Beratung sind wir ihm zu Dank verpflichtet.

Die Bahn besteht aus 35,75 m langen I-Schienen, die auf Holzschwellen befestigt sind. Hiervon werden maximal 24 m als Beschleunigungsstrecke und 1,6 m als Fahrweg benutzt. Die restlichen 10,4 m werden für das Anbringen der Bremse, Notbremse, der Ausklinkvorrichtung und der Elektrowinde verwendet.

Als Versuchswagen dient eine stabile Rahmenkonstruktion mit einer Aufbaufläche von $1,4 \times 3,0$ m; der Wagen fährt mit 4 wälzgelagerten Laufrollen über die I-Schienen und ist gegen Abheben vom Schienenstrang gesichert. Das Grundgestell ist ein aus Kastenprofil ($3 \times 50 \times 140$ mm) geschweißter Rahmen, in Rechteckform, mit drei Querstreben innerhalb des Rechtecks. Vorn bzw. hinten in Schußrichtung — Mitte — sind je zwei Streben angebracht, die unter 45° zum Außenrand führen. Ein Schwert unterhalb der Wagenvorderkante dient als Aufprallstelle gegen das Bremsmedium. Das Schlittengrundgestell hat ein Gewicht von 386 kg und ermöglicht verschiedene Aufbauten.

Der Fallturm besteht aus Beton und hat eine Höhe von 6,7 m; er ist 3,45 m in die Erde versenkt. Der Fallgewichtsbehälter hat die Dimensionen $1,2 \times 1,2 \times 1,8$ m und wiegt mit Inhalt 13 t.

Das Fallgewicht wird mittels eines 16 mm starken Stahlseiles durch das Zurückziehen des Wagens mit der Elektrowinde bei 8facher Übersetzung und 3maliger Umlenkung zu dem gewünschten Ausfahrpunkt gehoben. Am Ausfahrpunkt ist auch die Ausklinkvorrichtung an den I-Schienen befestigt. Ein Spannhaken, der sich hinten in der Mitte des Versuchswagens befindet, drückt beim Einfahren in die Ausklinkvorrichtung den Sperrhebel (*S*) gegen den Winkelhebel (*W*) (Abb. 2a), der unter Federspannung immer gegen den Sperrhebel oder gegen seinen Anschlag drückt. Der Versuchswagen fährt soweit in die Ausklinkvorrichtung zurück, bis der Sperrhebel freiliegt. Danach kann der freiwerdende Sperrhebel

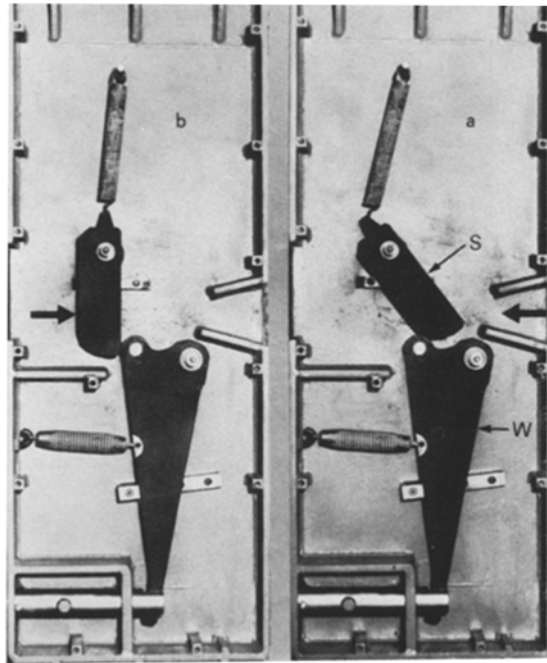


Abb. 2. Ausklinkvorrichtung

in seine Nullage zurückfedern, und der Versuchswagen ist so verriegelt (Abb. 2b). Vor dem Versuch wird der Wagen von dem durch die Elektrowinde gezogenen Seil entkoppelt.

Der jeweilige Beschleunigungsweg s (m) für die zu erzielende Geschwindigkeit wird unter Verwendung der Formel

$$s = \frac{v^2 \left(\frac{m}{M} \frac{i}{\eta} + \frac{1}{i} \right)}{2g} \text{ ermittelt.}$$

Dabei bedeuten: v = Aufprallgeschwindigkeit, m = Masse des Schlittens, M = Masse des Fallgewichtes, i = Übersetzungsverhältnis, η = Wirkungsgrad, g = Erdbeschleunigung.

Bei bekanntem Massenverhältnis wird der für die gewünschte Aufprallgeschwindigkeit entsprechende Beschleunigungsweg meistens der Abb. 3 entnommen.

Das Ausklinken des Wagens erfolgt im entsprechenden Moment über einen Hebel. Gebremst wird der Schlitten dadurch, daß das Schwert unterhalb der Wagenvorderkante gegen das Bremsblech prallt. Das Bremsblech aus warmgewaltem Flachstahl St. 37 wird zwischen 6 Walzen eines Durchmessers von 112 mm und einer Höhe von 110 mm eingelegt (Abb. 4). Die Walzen sind auf einer Platte angebracht, die rechts und links an den I-Schienen verschraubt ist. Die kinetische Energie des Schlittens wird in Biegearbeit des Bleches umgesetzt

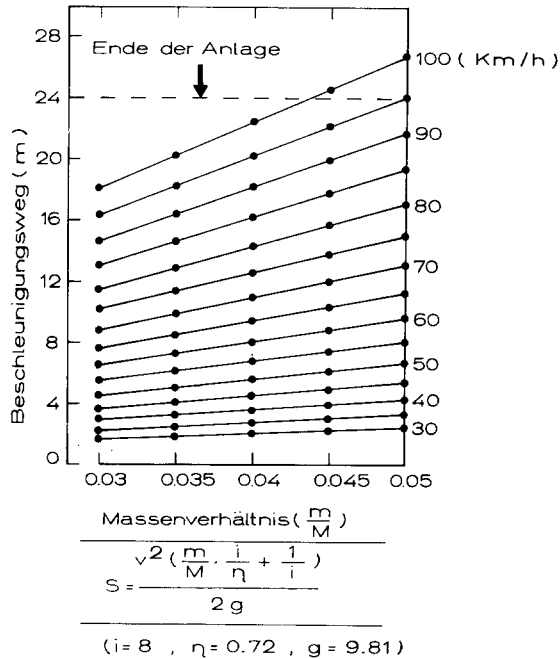


Abb. 3. Beschleunigungsweg-Massenverhältnisabhängigkeit bei vorgegebener Aufprallgeschwindigkeit

(Abb. 5). Je nach gewünschter Verzögerung wird entsprechend starkes Blech verwendet. Der maximale Verzögerungsweg beträgt 1,5 m. Die Schlittenverzögerung entspricht in ihrer Zeitcharakteristik einem Trapez.

Abb. 6 zeigt einen Verzögerungszeitverlauf eines 63,2 km/Std-Aufprallversuchs unter Verwendung eines 15×110 mm starken Bremsbleches; die mittlere Verzögerung ($\hat{=}$ Deformationsweg 52 cm) beträgt dabei 30 g, die Zeitdauer 70 ms.

Bei den bisherigen Versuchen werden außer der Aufprallgeschwindigkeit auch die Schlittenverzögerung, die Gurtkräfte und die Kopfbeschleunigung an der Stirn bzw. dem Scheitel (x -, z -Richtung) in Abhängigkeit der Zeit von einem Lichtstrahloszillographen (UV-Schreiber) aufgezeichnet und gleichzeitig mit einem Magnetbandgerät gespeichert. Beschleunigungs- und Kräftemessungen werden mit Aufnehmern, die mit Dehnungsmeßstreifen in Halbbrückenschaltung versehen sind, durchgeführt. Ein 24adriges und 50 m langes Meßkabel, von dem 30 m während des Versuches mit Rollen an einer separaten Führungsschiene oberhalb und seitlich des Schlittens mitfahren, verbindet die Aufnehmer mit dem Trägerfrequenzmeßverstärker. Abb. 7 zeigt den Meßaufbau in Blockschrift.

Die Aufprallphase wird von vorn und seitlich mit Hochgeschwindigkeitskameras (Photo-Sonics und Hitachi) mit 500 und 1000 Bilder/sec gefilmt. Für die erforderliche Beleuchtung im Aufprallbereich sorgen 5 Halogenscheinwerfer à 5000 W.

Die Anlage ist seit Ende 1972 in Betrieb; es wurden bis jetzt über 80 Aufprallversuche durchgeführt, und die Anlage hat sich gut bewährt. Über Versuchsergebnisse mit Leichen wurde und wird an anderer Stelle berichtet.

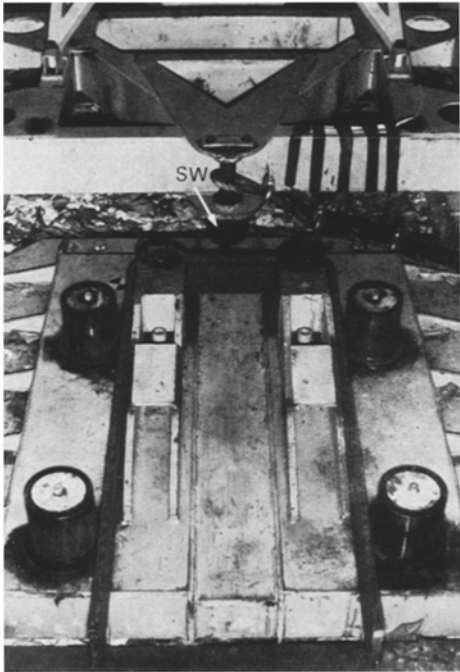


Abb. 4

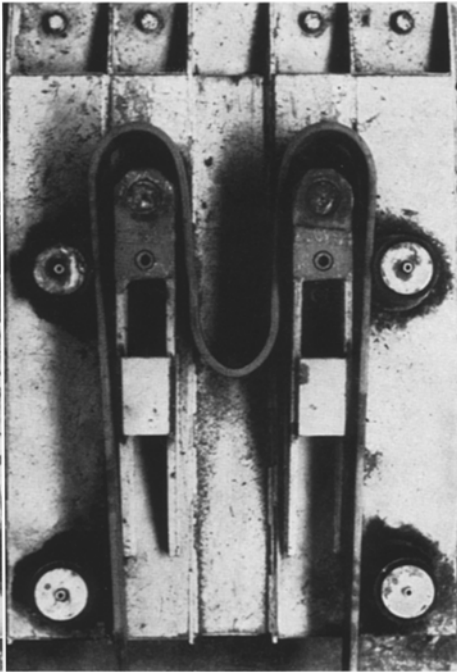


Abb. 5

Abb. 4. Undeformiertes Bremsblech mit Schwert (SW)
Abb. 5. Deformiertes Bremsblech

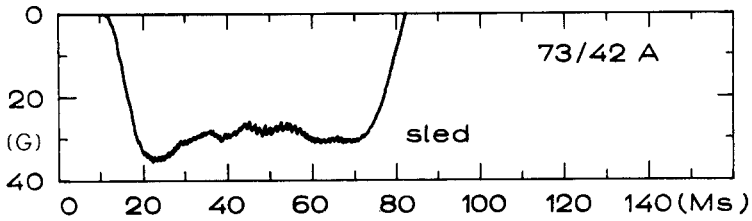
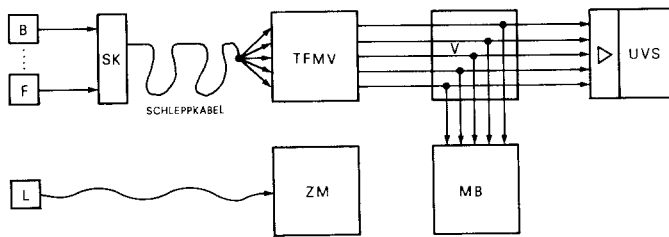


Abb. 6. Verzögerungs-Zeitdiagramm



B : Beschleunigungsaufnehmer
F : Gurtkraftaufnehmer
V : Verteiler
L : Lichtschranke
TFMV : Trägerfrequenz-Messverstärker
SK : Steckerkasten
MB : Magnetbandgerät
ZM : Zeitmesser
UVS : UV-Schreiber

Abb. 7. Blockscha des Meßaufbaues der Fallgewichtsbeschleunigungsanlage

Literatur

- Clemens, H. J., Burow, K.: Experimentelle Untersuchungen zur Verletzungsmechanik der Halswirbelsäule beim Frontal- und Heckaufprall. Arch. orthop. Unfall-Chir. **74**, 116—145 (1972)
- Hontschik, H., Schmid, J.: Untersuchung von Einrichtungen zur Sicherung von Kindern in Kraftfahrzeugen, Dtsch. Kraftfahrtforsch. Straßenverkehrstechnik **226** (1972)
- Kroell, C. K., Patrick, L. M.: A new crash simulator and biomechanics research programm 8. Stapp Car Crash Conference 1964
- Lange, W.: Simulation schwerer Auffahrunfälle mit einer elektrohydraulischen Katapultanlage. Automobiltechn. Z. **72**, 5, 162—167 (1970)
- Sweeney, H. M.: Human Decelerator Journal of Aviation Medicine **22**, 39 (1951)

Dipl.-Phys. D. Kallieris
Institut für gerichtliche Medizin
der Universität
D-6900 Heidelberg, Voßstraße 2
Bundesrepublik Deutschland