

Stich-Dynamik im menschlichen Körpergewebe*

W. Weber, H. Schweitzer und U. Milz

Abteilung Gerichtliche Medizin der Medizinischen Fakultät und Helmholtz-Institut für Biomedizinische Technik an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (BRD)

Eingegangen am 10. September 1973

Stabbing Dynamics in Human Body Tissues

Summary. 70 normed pendulum stabbing tests with a bread-knife on the thighs of 7 corpses were assessed by synchronically registered distance-time and resistance-time-tracings. In 10 instances the results were checked by means of film recordings with a high speed camera. 5 characteristic points of these curves are given in a table showing average values and extreme values (distance, resistance, time). Using the average values, a diagram showing the characteristics for this stabbing-series, was made and interpreted. The initial peak of the resistance-time curves marks maximum impression of the skin and beginning puncture. During these events the knife's point moves an average of 2.5 cm. Tissue resistance in the depth of the muscle is — at our conditions of dynamics — generally higher than the skin-resistance.

The test arrangements described here are suited to yield differentiated quantitative results as to stabbing dynamics in the target area.

Zusammenfassung. 70 genormte Pendel-Stich-Versuche mit einem Brotmesser an den Oberschenkeln von 7 Leichen werden an Hand von synchron aufgezeichneten Weg-Zeit-Kurven und Widerstand-Zeit-Kurven ausgewertet. In 10 Fällen werden die Ergebnisse mit Hilfe von Filmaufnahmen einer Hochfrequenzkamera überprüft. Für 5 markante Punkte der Kurven werden in einer Tabelle die Mittelwerte und Extremwerte (Weg, Widerstand und Zeit) mitgeteilt. Nach den Mittelwerten wird ein für die Stich-Serie charakteristisches Diagramm erstellt und interpretiert. Die Initialspitze der Widerstand-Zeit-Kurven kennzeichnet mit dem von der Messerspitze zurückgelegten Weg von durchschnittlich 2,5 cm die maximale Impression der Haut und die beginnende Perforation. Der Gewebswiderstand in der Tiefe der Muskulatur ist unter unseren dynamischen Bedingungen durchschnittlich etwas größer als der Eindringwiderstand.

Die beschriebene Versuchsanordnung ist geeignet, differenzierte quantitative Aufschlüsse über die Stich-Dynamik im Zielbereich zu geben.

Key words: Gewaltsamer Tod, Stich — Stich-Verletzungen — Stich-Dynamik.

Bis auf die grundlegenden Untersuchungen von Schwarzacher (1942) über die Physik des Messerstiches finden sich in der älteren Literatur keine exakten, quantitativ reproduzierbaren Angaben über die Dynamik eines manuell geführten Stiches. Erst 1972 und später wurde über entsprechende weiterführende Untersuchungen berichtet (Fazekas *et al.*; Bosch; Weber u. Schweitzer).

Fazekas *et al.* berichteten u. a. über die Eindringwiderstände (statische Stichkraft) an der unbedeckten Haut sowie an der mit verschiedenen Kleidungsstücken bedeckten Haut. Dabei wurden — wie bei Schwarzacher — unterschiedliche Stich-

* Herrn Prof. Dr. med. R. Manz zum 65. Geburtstag.

Instrumente berücksichtigt. Bosch wies auf die Widerstandsfähigkeit von unterschiedlichen Textilien und Körperhaut bei dynamischen Stichen hin. Dabei unternahm er den Versuch, die verschiedenen Messerformen zu typisieren. Wir selbst berichteten über reproduzierbare Stich-Versuche an menschlichen Leichen mit unterschiedlichen kinetischen Energien (Stich-Impulsen) und teilten die Eindringtiefen eines Dreikantkugelschreibers sowie eines Brotmessers in den Brustkorb und in den Oberschenkel mit. In einer weiteren Untersuchung haben wir an Hand der Widerstand-Zeit-Kurven auf die stark unterschiedlichen Gewebswiderstände am perforierten Oberschenkel hingewiesen.

In der vorliegenden Arbeit soll die Stich-Dynamik im Körpergewebe am Oberschenkel weiter aufgeklärt werden. Die synchrone Zuordnung der Widerstand-Zeit-Kurven und der Weg-Zeit-Kurven des perforierenden Stich-Instrumentes soll differenzierte, quantitative Aufschlüsse über die Stich-Dynamik im Zielbereich geben.

Methodik

Mit der von uns schon beschriebenen Pendel-Stich-Methode führten wir im Bereich der Fascia lata an den Oberschenkeln von 7 menschlichen Leichen konstant reproduzierbare Stich-Versuche durch. Dabei wurden die Leichen so gelagert, daß das Stich-Instrument die zuvor bezeichnete Hautstelle nahezu senkrecht in der horizontalen und vertikalen Ebene mit hebender Schneide gerade berührte. Das Pendel wurde um 90° ausgelenkt und fallen gelassen. In einem Abstand von 4 und 2 cm erfolgten die Stiche. Die in der Längsrichtung des eindringenden Stich-Instrumentes wirkenden Gewebswiderstände wurden über einen an der Haltevorrichtung des Stich-Instrumentes befindlichen Kraftaufnehmer (am freien Pendelende) mit einem Lichtstrahlschreiber aufgezeichnet. Die Drehbewegung des Pendels wurde durch einen potentiometrischen Winkelgeber gemessen und mit dem gleichen Lichtstrahlschreiber synchron aufgezeichnet. Da die Drehbewegung des Pendels nach dem Einstich maximal noch 11° betrug, ist die Propulsion des Messers in diesem Bereich dem Drehwinkel annähernd proportional (Fehler kleiner als 5%). Die Meßvorrichtung wurde der Propulsion entsprechend geeicht.

Für unsere Versuche benutzten wir ein einschneidiges Brotmesser mit anlaufender Schneide und leicht geschwungenem Klingenträger (Klingenlänge 155 mm, Klingebreite 22 mm, Spitzenwinkel 50°). Der jeweilige Stich-Impuls betrug $2,6 \text{ kg m/sec}$, die kinetische Energie $8,1 \text{ kg m}^2/\text{sec}^2$ sowie die Auftreffgeschwindigkeit des Brotmessers $4,7 \text{ m/sec}$. Insgesamt kamen 70 Einzelstiche zur Auswertung. In 10 Fällen wurde der Stich-Vorgang von einer Hycam-Hochfrequenzkamera (4000 Bilder/sec) festgehalten. Einzelaufnahmen aus den Filmen wurden charakteristischen Phasen der Widerstand-Zeit-Kurven und der Weg-Zeit-Kurven zugeordnet, wodurch eine genauere Interpretation ermöglicht wurde.

Ergebnisse und Diskussion

Wie die Filmaufnahmen mit der Hochfrequenzkamera zeigen, erzeugte das auftreffende Messer am Oberschenkel zunächst eine trichterförmige, faltige Einbuchtung sowie kurz darauf einen Kompressionswulst der Haut, der sich wie eine

ringförmige Druckwelle mit dem vordringenden Stich-Instrument ausbreitete und sich beim Stillstand des Messers nicht vollständig zurückbildete. Der eigentliche Durchbruch der Haut und der übrigen Gewebeschichten konnte mit Hilfe der Hochfrequenzkamera nur angenähert erfaßt werden. Die zunächst imprimierte Haut legte sich der Messerspitze derart an, daß die unmittelbare Perforationszone mit der Kamera nicht mehr beobachtet werden konnte (Abb. 1 u. 3).

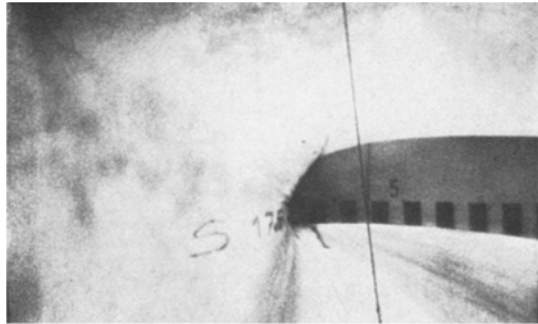


Abb. 1. Einbuchtung der Haut zur Zeit der Perforation; 1. Maximum s. Pfeil Abb. 2. $t = 7$ ms, $F = 8$ kp, $l = 3,8$ cm

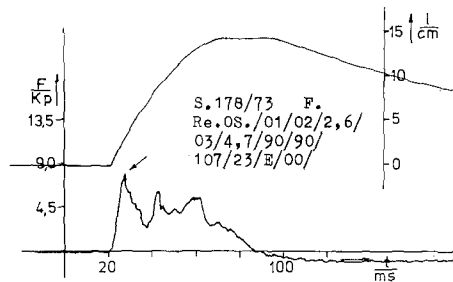


Abb. 2. Widerstand-Zeit-Kurve und Weg-Zeit-Kurve des Stiches von Abb. 1



Abb. 3. Kompressionswulst der Haut während des Stiches; 3. Maximum s. Pfeil Abb. 4. $t = 25$ ms, $F = 7,3$ kp, $l = 9,5$ cm

Tabelle 1. Meßwert-Tabelle

	1. Max.	1. Min.	2. Max.	2. Min.	3. Max.
<i>Zeit (ms)</i>					
maximal	12	18	27	38	55
mittel	5,1	10,4	15,8	21,3	33,9
minimal	2	6	7	9	18
<i>Kraft (kp)</i>					
maximal	9,8	5,4	7,2	4,7	9,0
mittel	5,8	3,1	4,7	3,4	6,1
minimal	3,0	1,3	3,0	2,3	3,9
<i>Weg (cm)</i>					
maximal	5,7	7,5	10,2	14,4	17,5
mittel	2,5	4,6	6,8	8,7	12,3
minimal	1,0	3,0	3,5	4,5	8,1

Im Verlauf der Widerstand-Zeit-Kurven der einzelnen Stich-Versuche wurden 5 markante Punkte ausgewertet: die Initialzacke mit dem ersten Maximum und dem anschließenden ersten Minimum; die nächstfolgende Kurvenspitze als zweites Maximum mit dem anschließenden zweiten Minimum sowie der größte Widerstandswert im folgenden Kurvenanteil als drittes Maximum.

Diesen Kurvenpunkten wurden zur Verdeutlichung der Streubreiten die maximalen, mittleren und minimalen Zeitwerte [Millisekunden (ms)], Widerstandskräfte [Kilopond (kp)] und die Propulsion [Zentimeter (cm)] des Messers gegenübergestellt (Tabelle 1).

Aus den Mittelwerten wurde eine Kurve konstruiert (Diagramm, Abb. 5). Es zeigte sich, daß von dem Zeitpunkt an, an dem das Stich-Instrument auf den Oberschenkel traf, ein steiler Kurvenanstieg bis zu einer ersten Spitze von durchschnittlich 5,8 kp nach 5,1 ms erfolgte. Zu diesem Zeitpunkt betrug die Propulsion der Brotmesserspitze bereits 2,5 cm. Danach folgte ein fast ebenso steiler Abfall der Widerstand-Zeit-Kurven zu einem ersten Minimum von durchschnittlich 3,1 kp nach einer Zeit von 10,4 ms. Dies deutet darauf hin, daß zum Zeitpunkt der Initialspitze die Haut von dem Stich-Instrument durchbohrt wurde. Demnach kennzeichnet der bis dahin von der Messerspitze zurückgelegte Weg von durchschnittlich 2,5 cm die jeweils maximale Impression der Haut. Die entsprechenden Ergebnisse von Fazekas *et al.* stimmen somit mit unseren Ergebnissen überein. Dies gilt auch für die von Schwarzacher, von Fazekas *et al.* sowie von Bosch und von uns angegebenen Hautwiderstände (Abb. 1 u. 2).

Dem ersten Minimum der Kurven schließt sich nach durchschnittlich 16 ms eine weitere, in der Regel jedoch weniger hohe Widerstandsspitze von durchschnittlich 4,7 kp an. Seit dem Auftreffen auf den Oberschenkel hatte sich die Messerspitze bis zu diesem Zeitpunkt bereits 6,8 cm fortbewegt. Unter Berücksichtigung einer Impression der Haut und der darunterliegenden Gewebe um 2,5 cm wurde der Oberschenkel nur 4,3 cm perforiert. Dies konnte an Hand der Filmaufnahmen mit der Hochfrequenzkamera angenähert bestätigt werden (Abb. 2 u. 4). Die Frage, ob diese zweite charakteristische Kurvenspitze von dem Widerstand der

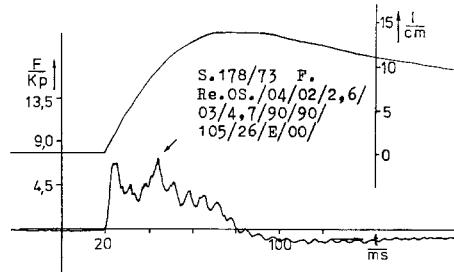


Abb. 4. Widerstand-Zeit-Kurve und Weg-Zeit-Kurve des Stiches von Abb. 3

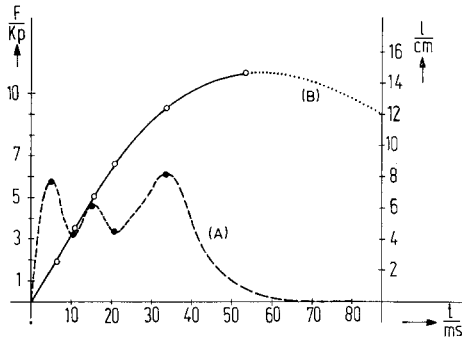


Abb. 5. Mittelwerte der Widerstand-Zeit-Kurven (A) und Weg-Zeit-Kurven (B) des den Oberschenkel perforierenden Brotmessers. Klingenlänge 155 mm, Klingenbreite 22 mm, Klingenspitze 50°, Impuls 2,6 kg m/sec, Auftreff-Geschwindigkeit 4,7 m/sec

zunächst imprimierten Fascia lata — wie wir annehmen — oder von dem Widerstand der Muskulatur in der Tiefe hervorgerufen wurde, ließ sich noch nicht endgültig klären. Es ist jedoch sicher, daß sich das Brotmesser zum Zeitpunkt des nächstfolgenden Widerstandwertes der Kurve nach 34 ms mit durchschnittlich 6,1 kp um 12,3 cm fortbewegte. Unter Berücksichtigung der Impression steckte das Messer ca. 10 cm tief in der Muskulatur bzw. vor einer Muskelfascie oder der Haut in Höhe der Innenseite des Oberschenkels.

Der Hinweis von Fazekas *et al.*, daß „nach Durchstechen der einzelnen Textilschichten und der Haut das subcutane Fettgewebe und die Muskulatur keinen wesentlichen Widerstand leisten“, kann nach unseren dynamischen Versuchen nicht bestätigt werden.

Wie bei unseren früheren Pendel-Stich-Versuchen wurden auch bei der jetzigen Versuchsserie 3 Verletzungsformen beobachtet, d. h. Einstiche, Durchstiche und Durchschnitte. Die bei den Durchstichen und Durchschnitten festgestellten Anhebungen in der Endphase der Widerstand-Zeit-Kurven können nun eindeutig dem Auftreffen des Messerheftes zugeordnet werden.

Die beschriebene Versuchsanordnung ist geeignet, differenzierte quantitative Aufschlüsse über die Stich-Dynamik im Zielbereich zu geben.

Für die hilfreiche Unterstützung bei der Fertigstellung unserer Arbeit möchten wir uns an dieser Stelle bei unseren Gehilfen, Herrn Lange, Herrn Gormann und Herrn Te Poel, bedanken.

Literatur

- Bosch, K.: Die Widerstandsfähigkeit von Textilien beim Stich. 51. Tag. Dt. Ges. Rechtsmed., Wien, 1972
- Fazekas, I. Gy., Kósa, F., Jobba, Gy., Bajnóczky, I., Szendrényi, J.: Untersuchung mechanischer Faktoren bei experimentellen Stichverletzungen. *Z. Rechtsmedizin* **70**, 223—228 (1972 a)
- Fazekas, I. Gy., Kósa, F., Bajnóczky, I., Jobba, Gy., Szendrényi, J.: Mechanische Untersuchung der Kraft durchbohrender Einstiche an der menschlichen Haut und verschiedenen Kleidungsschichten. *Z. Rechtsmedizin* **70**, 235—240 (1972 b)
- Schwarzacher, W.: Beiträge zur Physik des Messerstiches. Aus den Sitzungsberichten der Akad. d. Wissenschaften in Wien, Math.-naturwis. Klasse, Abt. IIa, 151. Bd., 7. u. 8. Heft, 1942
- Weber, W., Schweitzer, H.: Stichversuche an Leichen mit unterschiedlicher kinetischer Energie. 51. Tag. Dt. Ges. Rechtsmed., Wien, 1972. *Beitr. gerichtl. Med.* (im Druck)
- Weber, W., Schweitzer, H., Milz, U.: Beitrag zur Aufklärung der Stichdynamik. *Kriminalistik* 1973 (im Druck)

Dipl.-Ing. U. Milz
Helmholtz-Institut
für Biomedizinische Technik
D-5100 Aachen, Goethestraße
Bundesrepublik Deutschland

Dr. med. W. Weber
Prof. Dr. H. Schweitzer
Abteilung für Gerichtliche Medizin
der medizinischen Fakultät der Rheinisch-
Westfälischen Technischen Hochschule
D-5100 Aachen, Lochnerstraße 4—20
Bundesrepublik Deutschland