

Aus dem Pathologischen Institut der Universität Tübingen  
(Vorstand: Prof. Dr. E. LETTERER).

## Geschoßwanderung im Kreislaufsystem\*.

Von

Dr. WOLFGANG BERGER.

Mit 4 Textabbildungen.

(Eingegangen am 24. Mai 1944).

Die Wanderung von Geschossen im Kreislaufsystem ist im Gefolge von Verletzungen des Herzens oder großer Gefäße ein seltenes Ereignis. Im folgenden bringe ich einen Fall zur Kenntnis, der in einem Lazarett beobachtet wurde und eine bislang in dieser Art noch nicht gemachte Beobachtung darstellt. Seine Untersuchung gab Veranlassung, die erreichbare Literatur gleichzeitig einer Sichtung mit einer tabellarischen Zusammenstellung der ähnlichen Fälle zu unterziehen.

Im Krankenblatt finden sich folgende Angaben:

Sch. Friedrich, 34 Jahre alt, wurde am 19. 2. 42 durch Maschinenpistolenschießung in der rechten Schulter verwundet. Anlegung einer dorsalen Gipschiene am rechten Arm. Weitertransport im Lazarettzug. Am 6. 3. 42 Aufnahme im Reserve-Lazarett.

*Örtlicher Befund.* Über dem rechten Schulterblatt etwa 2 cm lange Wunde, die fast abgeheilt ist. Der rechte Arm kann im Schultergelenk aktiv nicht bewegt werden. Außerdem ist die ganze Beweglichkeit des übrigen Armes sehr stark eingeschränkt. Erhebliche Atrophie des Oberarmes und der Schultermuskulatur.

*Röntgenbefund.* (Aufnahme am 7. 3. 42, Abb. 1). Projektil dicht hinter dem sternalen Anteil der Clavicula. Schußfraktur am oberen Schulterblatthals mit Aufsplitterung der Spina scapulae.

*Neurologischer Befund.* „Die gesamte Muskulatur des rechten Armes und der rechten Hand zeigt erhaltene faradische Erregbarkeit, wobei aber die Unterarm- und Handmuskeln bereits bei geringeren Strömen anspringen. Es kann somit mit großer Wahrscheinlichkeit gesagt werden, daß eine Leitungsunterbrechung von N. axillaris, N. medianus, N. radialis, N. ulnaris nicht vorliegt. Die Muskeln des Unterarms und der Hand sind schon jetzt kontraktionsfähig, sie werden sich bei entsprechender Übung in der nächsten Zeit rasch erholen. Die Wiederherstellung der Funktion von M. biceps, M. brachialis, M. triceps und M. deltoides wird etwas längere Zeit in Anspruch nehmen. Sensibilitätsstörungen bestehen im Hauptgebiet des N. axillaris, des N. cutaneus brachii posterior und des N. cutaneus antebrachii dorsalis.

Die vom Patienten angegebenen heftigen subjektiven Schmerzen können durch Druck des Geschosses auf den Plexus bedingt sein. Mit Sicherheit läßt sich das aber nicht sagen. Falls keine andere Indikation besteht, wird empfohlen, noch etwa 8—14 Tage zu warten. Lassen dann die Schmerzen nicht nach, ist die Operation notwendig.

\* In.-Diss. Tübingen 1943.

11. 3. 42: Operation in Narkose\*. Beim Abtasten mit dem Siemens-Splittersuchgerät befindet sich das M.-P.-Geschoß hinter dem rechten Schlüsselbein.

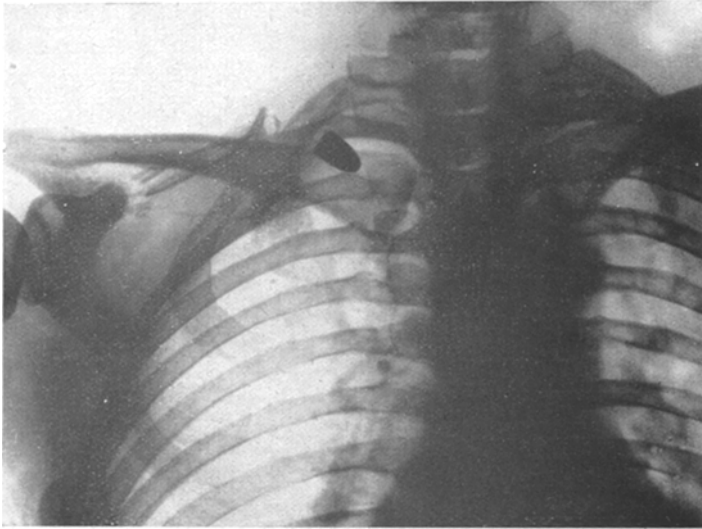


Abb. 1. Geschoß an der primären Lagerstätte verschwunden.

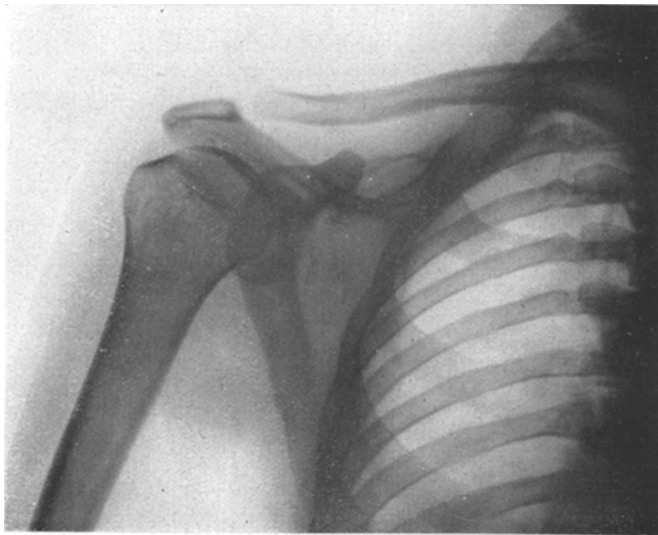


Abb. 2. Geschoß dicht hinter dem sternalen Anteil der Clavicula.

Querschnitt über dem rechten Schlüsselbein. Nach Durchtrennung der Haut ist das Geschoß deutlich mit dem Finger zu tasten. Das Splittersuchgerät gibt auch genaue Lokalisation an. Bei einem zweiten Nachtasten ist das Geschoß nicht mehr zu fühlen, es läßt sich auch mit dem Splittersuchgerät nicht mehr

\* Operateur Dr. HERMANN SCHMIDT (Oberhausen i. Rhld.).



Abb. 3. Geschöß in neuer Lage.



Abb. 4. Neue Lage des Geschosses im kleinen Becken.  
Uroselektanfüllung der Vena saphena und Vena femoralis,

feststellen. Die während der Operation angefertigten Röntgenaufnahmen (Abb. 2) zeigen im Bereich der re. Thoraxseite keinen Fremdkörper mehr. Die Operation wird abgebrochen. Hautnaht.

12. 3. 42: Röntgenuntersuchung des Abdomens und Beckens (Abb. 3). *Das Projektil findet sich im Becken und zwar in Höhe der Teilungsstelle der V. iliaca rechts.*

14. 3. 42: Die Sensibilitätsstörungen im re. Arm sind weitgehend zurückgegangen. Schmerzen hat der Patient keine mehr. Die Beweglichkeit der Hand ist besser geworden.

17. 3. 42: Die Fäden werden entfernt, die Wunde ist pp. verheilt. Anlegung einer Armschiene.

4. 4. 42: Massage und Bewegungsübungen. Die Hand kann jetzt zur Faust geschlossen werden.

20. 4. 42: Die Beweglichkeit im Schultergelenk hat sich weiterhin gebessert, Patient kann den Arm fast bis zur Waagerechten erheben; auch die Drehbewegungen sind in weitem Umfange möglich.

28. 5. 42: Röntgenaufnahmen.

Re. Unterbauch in zwei Ebenen, re. Beckenseite mit Uroselektanfüllung intravenös (Abb. 4).

Nach Injektion von Uroselektan in die V. saphena ist diese und die V. femoralis deutlich zu erkennen. Die V. iliaca externa ist deutlich dargestellt. Das Projektil befindet sich medial und offensichtlich in der V. iliaca interna, die nicht dargestellt ist.

30. 5. 42: Beschwerden hat der Patient von seiten des Geschosses während der ganzen Zeit nach der Operation keine gehabt.

5. 6. 42: Der rechte Arm ist im Schultergelenk frei beweglich, es besteht aber noch deutliche Muskelschwäche. 14 Tage Urlaub. Patient wird k.v. entlassen.

Die Wanderung von Geschossen, die im Körper eingeheilt sind, kommt erfahrungsgemäß nur unter bestimmten Bedingungen zustande. Sie setzt voraus, daß der Fremdkörper glatt und spitz ist, eine teils infektiöse, teils sterile „chemische“ Eiterung stattfindet, so daß das Geschoß der Schwerkraft folgen, sich nach Art eines Senkungsabscesses verhalten kann und daß es in einem natürlichen Spaltraum des Körpers, z. B. einem Muskelinterstitium sitzt. Diese „echte Geschoßwanderung“ nimmt demgemäß lange Zeit in Anspruch, meist Jahre.

Der Lagewechsel unseres Geschosses über eine so weite Strecke hinweg innerhalb kürzester Zeit kann demgegenüber nur auf einem anatomisch vorgebildeten Weg erfolgt sein. Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß in unserem Falle das Projektil ein russisches Maschinenpistolengeschoß vom Kaliber 7,65 mm und 5,5 g Gewicht, im Blutgefäßsystem wanderte.

Zunächst ist die *Frage* zu beantworten, an *welcher Stelle* das Geschoß in den Kreislauf *eingedrungen* ist. Die Lage des Projektils vor dem operativen Eingriff, der zu seiner Entfernung führen sollte, läßt sich auf Grund topographischer Erwägungen mit hinreichender Genauigkeit bestimmen, wenn wir diese durch eine Auswertung des klinischen Befundes ergänzen.

Die Einschußwunde der Haut liegt im Bereich der Schulterblattgräte. Das Geschoß durchschlug die Scapula und hinterließ die im Röntgenbild erkennbare Schußfraktur der Spina und des Collum scapulae in Nähe der Incisura scapulae. In Fortsetzung seines Weges scheint das Projektil an der zweiten Rippe, unter Absprengung eines spangenförmigen Fragmentes abgeprallt zu sein, um im Spatium costoclaviculare dicht hinter der Clavicula, und zwar etwa in der Mitte des sternalen Drittels stecken zu bleiben. Ungefähr  $\frac{2}{3}$  seiner Größe sind im Röntgenbild durch den Schatten des Schlüsselbeins überlagert. Das Geschoß zeigt eine Neigung seiner Längsachse zur Horizontalen von etwa  $30^\circ$  und weist mit der Spitze nach schräg medial und caudal. Daß in der Röntgenaufnahme die Geschoßachse in ihrer gedachten Verlängerung mit der Frakturstelle der Scapula nicht übereinstimmt, ist dadurch zu erklären, daß offensichtlich im Augenblick der Verwundung der re. Arm und das Schulterblatt erhoben waren.

Die geringe Deformierung der Kugel an ihrer Basis ist durch die Resistenz des Knochengewebes des Schulterblatts oder der 2. Rippe erklärt.

In welcher Weise das Geschoß mit den Gebilden des Spatium costoclaviculare, der Arteria und V. subclavia und dem Plexus brachialis, in Beziehung trat, zeigen vor allem die klinischen Symptome.

Als Patient in die Beobachtung des Res.-Laz. gelangte, bot der Befund nur auf neurologischem Gebiet Auffälliges. Es lag das Bild einer unvollständigen Lähmung des Plexus brachialis re. vor. Das Erhaltensein der faradischen Erregbarkeit der gesamten Muskulatur des re. Armes sprach gegen eine Kontinuitätstrennung der Nerven. Dementsprechend bildeten sich sämtliche neurologischen Symptome im weiteren Verlauf restlos zurück. Wir sind daher zur Annahme berechtigt, daß die motorischen Ausfallserscheinungen und die neuralgischen Schmerzen durch Druck des Steckgeschosses auf den Plexus hervorgerufen waren.

Die A. subclavia kann durch die Verletzung nicht in Mitleidenschaft gezogen worden sein. Nach dem Obengesagten müssen wir den Verlauf des Schußkanals ventral vom Plexus annehmen.

Es ist unwahrscheinlich, daß bei der innigen Beziehung zwischen Arterie und Plexus im Abschnitt kurz nach dem Austritt aus der hinteren Scalenuslücke eine Verletzung der A. subclavia ohne Kontinuitätstrennung eines zum Plexus gehöriges Nervenstammes hätte erfolgen können. Klinisch war bei der Lazarettaufnahme kein Anhalt für eine Ernährungsstörung des re. Armes oder für die Bildung eines Aneurysmas gegeben, wie es sich als Folge einer mehr oder weniger umfangreichen Verletzung des Arterienrohres mit großer Wahrscheinlichkeit hätte entwickeln müssen. Desgleichen kamen Reste eines größeren Hämatoms nicht zur Beobachtung, das man als Symptom einer stattgehabten primären Blutung aus einem großen arteriellen Gefäß hätte erwarten müssen. Für unseren Fall spielt die Frage einer Arterienverletzung keine große Rolle, weil eine Verschleppung mit dem arteriellen Blutstrom der in der Peripherie hätte enden müssen, ohnehin nicht in Frage kommt.

Dagegen muß das Geschoß lagemäßig in engster Beziehung zur V. subclavia und zwar deren Endstrecke, dicht vor dem Angulus venosus, gestanden haben, ohne daß eine größere primäre Blutung hätte entstehen müssen. Ganz allgemein sind die Erscheinungen der Venenverletzung meistens so wenig alarmierend, daß sie gar nicht erkannt wird. Wenn die Vene in straffe Weichteile eingebettet ist, was für die V. subclavia durch den Zusammenhang mit dem M. subclavia zutrifft, kann der Bluterguß praktisch ganz ausbleiben. Außerdem ist der Blutdruck in der V. subclavia nur auf wenige Kubikzentimeter Wasser, bei der Inspiration evtl. sogar negativ, anzunehmen, was mit dem Obengesagten in Einklang steht. Eine Bestätigung dieser Angaben liefert auch unser Fall. Obwohl die Wand

der V. subclavia entweder vom Augenblick der Verwundung, sicher aber bei dem Beginn der Wanderung perforiert worden sein, und das Geschoß bei seiner Verschleppung einen offenen Defekt hinterlassen haben muß, trat während und nach der Operation keine nennenswerte Blutung auf. Dabei spielt allerdings auch eine Rolle, daß sich inzwischen eine ziemlich feste Narbe in der Umgebung des Geschoßlagers gebildet haben kann. Das spontane Stehen der Blutung kann allgemein durch Muskelquellung, kulissenartige Schichtverschiebung, Kompression durch perivasculäre Hämatome und seltener auch durch Ventilverschluß der Gefäßwunde durch Projektile zustande kommen. Diese letztere Möglichkeit ist in unserem Falle wahrscheinlich.

Wir kommen zur Annahme, daß das Steckgeschoß vor seiner Verschleppung im Spatium costoclaviculare lag, mit seiner Spitze durch die Wand in das Lumen der V. subclavia eingedrungen war und selbst als Ventilverschluß der Gefäßwunde wirkte.

Der *Zeitpunkt* des Eindringens des Geschosses in das Zirkulationssystem kann genau angegeben werden. Nachdem das Siemenssche Metallsuchgerät genaue Lokalisation während der Operation vermittelt hatte, wurde ein Versuch gemacht, das Projektil zu tasten. Der durch diese Manipulation bewirkte Druck muß das Geschoß aus seinem Lager entfernt und in ganzer Ausdehnung in das Lumen der V. subclavia befördert haben.

Hierbei ist es von untergeordneter Bedeutung, ob unsere oben begründete Annahme zutrifft, daß die Geschoßspitze schon primär die Venenwand perforiert hatte, oder ob in den seit der Verwundung verstrichenen Wochen eine Arro-sion der Gefäßwand oder einzelner ihrer Schichten durch den Fremdkörper erfolgt war. Jedenfalls konnte das einmal in das Lumen der etwa 12 mm im Durchmesser starken Vene gelangte Geschoß vom Kaliber 7,65 mm keinen Halt finden, zumal es eine glatte Oberfläche aufweist. Die Wanderung des Geschosses konnte allerdings im Gefäßlumen nur stattfinden, wenn kein obturierender Thrombus es ausfüllt, der 3 Wochen nach der Verletzung sich bereits in Organisation hätte befinden müssen. Eine traumatische Schädigung der Gefäßwand muß aber nicht unbedingt zur Thrombose führen, vielmehr ist die Blutstillung ohne makroskopisch wahrnehmbare Thrombose bei frischen, nicht schwer infizierten Tangential- und Durchschüssen der Gefäße die Regel. Diese Voraussetzung ist in unserem Falle gegeben.

Der Beweis dafür, daß die Wanderung unmittelbar nach dem Tasten begann, ergibt sich unschwer aus den Tatsachen, daß das Geschoß beim zweiten manuellen und instrumentellen Nachtasten nicht mehr nachweisbar war und die sofortige Röntgenaufnahme keinen Fremdkörper im Bereich der re. Thoraxseite mehr ergab.

Bei der *Betrachtung des Weges*, den das Geschoß nach seinem Eintritt in die V. subclavia genommen hat, bereitet die Annahme keine Schwierigkeit, daß es mit dem Blutstrom verschleppt wurde. Eine Bewegungsenergie, die dem Projektil ein Verlassen des Venenrohres unter neuerlicher Perforation der Gefäßwandung ermöglicht hatte, war ihm durch das (sicherlich vorsichtige) Betasten nicht mitgeteilt worden. Die Schwerkraft wirkte darauf im gleichen Sinne wie der Blutstrom. Der Weg führte demnach in den Angulus venosus und von hier durch die V. brachiocephalica dextra und die V. cava cranialis in den Teil des rechten Herzvorhofs, der als Sinus venarum cavarum bezeichnet wird.

In der Literatur finden sich Beschreibungen von Versuchen und Fällen, in denen Projektile im Prinzip auf dem hier angegebenen Wege verschleppt wurden.

Ich nenne hier die Fälle DAVIS, BORSZÉKY, HIRSCH und GIERCKE 1, 3, 4, 2 (s. Tabelle 1).

RIETHUS veröffentlichte die Ergebnisse von Tierexperimenten, die das Verhalten von Fremdkörpern in der V. jugularis bzw. dem Herzen zum Gegenstand hatten. In die V. jugularis bei Hunden eingebrachte, das Lumen eben ausfüllende, runde Schrotkugeln passierten den re. Vorhof und den re. Ventrikel und gelangten in einen Ast der A. pulmonalis oder verfrachten sich in den Trabekeln des re. Ventrikels.

Der anatomische Bau der Vorhofshöhlen, deren Sinusanteil vollständig glattwandig und deren Innenwandung auch in den übrigen Teilen relativ glatt ist, begünstigt keineswegs ein Haften von Geschossen mit glatter Oberfläche. Die einzige gegebenenfalls für das Einfangen von Fremdkörpern geeignete Stelle ist nach GIERCKE die Gegend der Valvula Eustachii und Valvula Thebesii. Die am ehesten in Frage kommenden Herzhöhlen liegen nach diesem Autor derart außerhalb der Hauptstromrichtung und so hoch, daß sie weniger in Betracht kommen. Immerhin beschrieben LE FORT und MOCQUOT Fälle, in welchen sie röntgenologisch ein Geschoß vorübergehend im re. Herzrohr festgestellt zu haben glaubten. Unter den Beobachtungen von Geschoßembolie beim Menschen findet sich nur ein einziger Fall, in dem das verschleppte Projektil seine Wanderung im Vorhof beendete. HIRSCH stellte fest, daß ein in die V. jugularis interna eingedrungener Granatsplitter sich im re. Vorhof unter Verlegung der Einmündung der V. magna cordis festsetzte.

Dem Blutstrom entsprechend müßte das Geschoß aus dem re. Vorhof durch die Tricuspidalklappe in den re. Ventrikel und von hier in einen Ast der A. pulmonalis verschleppt werden.

Wir nehmen jedoch an, daß unser Projektil die eigentliche Vorhofshöhle gar nicht betrat, sondern durch den Sinus venarum cavarum sich, der Schwere folgend, dem Blutstrom entgegen, direkt in die V. cava caudalis senkte, dann durch sie in die rechte V. iliaca communis gelangte und schließlich in der V. iliaca interna stecken blieb.

Den Beweis dafür erblicken wir in der folgenden Erörterung der anatomischen und physiologischen Verhältnisse.

Während der Geschoßwanderung war der Patient in der bei Halsoperationen üblichen Weise gelagert. Er befand sich in Rückenlage mit schräg aufgerichtetem Stamm.

Unter dem Einfluß der Schwerkraft muß ein metallischer Fremdkörper in einem flüssigkeitsgefüllten Röhrensystem den jeweils tiefstmöglichen Punkt einnehmen. Das bedeutet in unserem Falle, daß er an der dorsalen Wand des Gefäßlumens entlang caudalwärts gleiten muß. Der anatomische Verlauf der cranialen und der caudalen Hohlvene entspricht annähernd der Längsachse des Körpers. Diese Richtung wird auch im Hohlvenensinus nicht unterbrochen, der nur als glattwandige, sackartige Erweiterung dazwischen eingeschaltet ist. Die zwischen Sinus und der eigentlichen Vorkammer gelegenen Reste von embryonalen Endokardfalten (Valvula E. und Th.) sind nur schwache Gebilde. Sie vermögen ein großes und schweres Geschoß wie das unsrige kaum aus

seiner Bahn abzulenken, falls es überhaupt in Kontakt mit ihnen käme. Es bestehen also keine anatomischen Hindernisse, die das in gerader Richtung wandernde Projektil zum Betreten der übrigen Abschnitte des Herzens veranlassen könnten. Außer der Schwerkraft unterliegt das Geschloß jedoch auch der Einwirkung des Blutdrucks. In der oberen Hohlvene sind diese beiden Faktoren gleichgerichtet. Im Hohlvenensinus dagegen hätte der Blutstrom den Fremdkörper seitlich zu der Tricuspidalklappe hinlenken können. Der Blutdruck in den großen Körperven und in den Herzvorhöfen ist jedoch äußerst gering. Er erreicht im eigentlichen Vorhof selbst bei der Systole nur eine geringe Höhe (etwa 20 mm Hg.). Ein relativ um ein Vielfaches schwererer Körper als die Blutflüssigkeit wird sich aber an den Stellen niedrigen Blutdrucks nur dann in der Richtung des Druckgefälles bzw. des Blutstromes bewegen, wenn die Schwerkraft nicht entgegengesetzt wirkt. Daraus geht hervor, daß wir in unserem Falle den Einfluß des Blutdruckes vernachlässigen können. Eine Wanderung durch den Hohlvenensinus gegen den Blutstrom direkt in die V. cava caudalis ist also durchaus möglich und wahrscheinlich.

Die Fortbewegung gegen die Richtung des Blutstromes wurde in der Literatur mehrfach beschrieben. (Vergleichsmöglichkeiten bieten die Fälle II, 1, 5, 6, 16, 17, 18 unserer Tabelle). Auch die Ergebnisse der Tierversuche von ACHARD und BINET lassen sich in unserem Sinne verwerten. Diese haben Hunden Bleikugeln von 2 mm Durchmesser und ebenso große Reiskörner in die Blutbahn gebracht. In den Arterien erwies sich der Blutdruck stark genug, um die Schwere zu überwinden und auch Bleikugeln in die peripheren Arterien zu treiben. In den Venen gingen zwar die Reiskörner mit dem Blutstrom. Die Bleikörner gelangten bei Beckenhochlagerung oder horizontaler Lage des Tieres in das rechte Herz und die Lungen, aber nicht, wenn die obere Rumpfhälfte hochgelagert war.

Gegen unsere Annahme, wonach das Projektil außer dem Hohlvenensinus keinen weiteren Teil des rechten Herzens betreten habe, könnte der von BORSZÉKY beschriebene Fall sprechen. Hier gelangte ein 9 mm Revolvergeschloß von der V. subclavia aus in das Gefäßsystem und wurde bei der Sektion in einer Lebervene 1. Ordnung festgestellt. In der Spitze des rechten Herzens befand sich ein intravital entstandener Thrombus. Dieser sollte durch die mechanische Reibung eines Fremdkörpers am Endokard verursacht worden sei. BORSZÉKY schloß daraus, daß das Geschloß eine Zeitlang im rechten Herzen zirkuliert habe. Wir unterstellen, daß der Sachverhalt richtig dargestellt sei. Eine Erklärung für den in diesem Falle beschrittenen Weg nach unseren oben angegebenen Gesichtspunkten ist durchaus möglich. Die Körperhaltung im Augenblick der Geschloßwanderung ist be



BORSZÉKY nicht angegeben. Wir glauben annehmen zu dürfen, daß das Projektil durch linke Seitenlage zum Eintritt in den rechten Ventrikel veranlaßt wurde. Zahlreiche Beobachtungen in der Literatur bewiesen, daß es sich hier eine Zeitlang aufhalten konnte, ohne in die A. pulmonalis embolisch verschleppt zu werden. Es ist denkbar, daß es die rechte Kammer bei rechter Seitenlage in einem gewissen Augenblick durch die geöffnete Tricuspidalklappe wieder verließ.

In unserem intra vitam beobachteten Falle könnten wir eine Annahme, wonach der Fremdkörper den re. Ventrikel betreten und wieder durch die Tricuspidalklappe verlassen hätte, nur durch klinische Symptome stützen. Die Anwesenheit eines Fremdkörpers im Herzen kann subjektiv Herzklopfen, Atemnot, Herzstiche, Angst- und Beklemmungsgefühle, objektive Unregelmäßigkeiten der Herztätigkeit bzw. des Pulses mannigfaltiger Art auslösen. Diese Schädigung der Herzarbeit bei Herzsteckschüssen ist bedingt durch Einwirkung des Geschosses auf intrakardiale nervöse Zentren und Bahnen, durch Beeinträchtigung des Reizleitungssystems und durch Einfluß auf die Durchblutung des Herzens. Solche Störungen können also nur erwartet werden, wenn der Fremdkörper zu dem Gebiet zwischen Cava, Sinus und re. Atrium oder zu dem Septum atriorum oder dem oberen Teil des Septum ventriculorum in Beziehung tritt. Sie sind demgemäß selten, was durch die Beobachtungen in der Literatur über Herzsteckschüsse bestätigt wird. In unserem Falle befand sich der Patient in dem Augenblick, wo nach unserer Annahme das Geschosß das Herz passierte, in Narkose und wäre deshalb ohnehin nicht in der Lage gewesen, entsprechende Sensationen anzugeben. Im Krankenblatt fehlen Angaben über evtl. Pulsunregelmäßigkeiten. Man unterließ die Pulsüberwachung wohl deshalb, weil man mit der Komplikation des Eingriffes nicht rechnete bzw. wegen der Seltenheit des Vorganges nicht rechnen konnte. Auch in den auf die Operation folgenden Stunden bis zur röntgenologischen Feststellung des Geschosses im Becken wurden keine Störungen der Herzfunktion festgestellt und offenbar vom Patienten auch keine diesbezüglichen Klagen geäußert. Da auf der während der Operation angefertigten Röntgenaufnahme der re. Thoraxseite nur Teile des re. Vorhofs, nicht aber sonstige Herzabschnitte sichtbar und als fremdkörperfrei festzustellen sind, käme dieser Zeitraum allenfalls noch für die Verweilung des Fremdkörpers im Herzen in Frage. Die Erfahrungen mit (freien) Fremdkörpern in der re. Herzkammer machen es unwahrscheinlich, daß das Geschosß sie schon nach wenigen Stunden wieder verlassen hätte. Von den 14 aus der V. cava caudalis in den re. Ventrikel eingewanderten Projektilen unserer Tabelle beendeten 9 hier ihren Weg, 4 wurden embolisch in die Lunge verschleppt, während in keinem dieser Fälle eine Rückwanderung beobachtet wurde.

Ein weiteres Vorkommnis, das als Folge einer Fremdkörperwanderung durch das Herzinnere in einigen Fällen beschrieben wurde, ist die Ausbildung eines *Herzklappenfehlers*. Im Krankenblatt sind keinerlei Angaben vorhanden, die auf eine Störung des Klappenapparates hinweisen könnten. Eine solche hätte aber subjektiv und objektiv kaum unbemerkt bleiben können. Die Geschosswanderung verlief in unserem Falle völlig symptomlos. Obwohl ein Fremdkörper im Herzen nicht regelmäßig subjektive und objektive Erscheinungen macht, unterstützt ihr völliges Fehlen doch unsere Beweisführung.

Der Vergleich mit entsprechenden Fällen der Literatur ist wenig ergiebig. Außer den bereits zitierten Fällen von BORSZÉKY und HIRSCH sind nämlich nur

noch 2 Veröffentlichungen bekannt, bei welchen cranial vom Herzen gelegene Venen einem wandernden Geschoß als Eintrittsstelle in das Gefäßsystem dienten. Es sind dies Fall DAVIES (II, 7) und Fall GIERCKE (II, 10). Im ersteren Fall drang ein 3 Zoll langer Holzpflöck in die V. cava cranialis ein und wurde in den re. Ventrikel verschleppt, wo er bei der nach 37 Tagen vorgenommenen Leichenöffnung eingewachsen festgestellt wurde. Im Falle GIERCKE drang ein Projektil ebenfalls in die V. cava cranialis ein. Aus dem Fehlen eines Ausschusses wurde gefolgert, daß eine Verschleppung stattgefunden habe. Der Fremdkörper wurde aber bei der Sektion nicht gefunden. Die Tatsache, daß es sich im Falle DAVIES um einen Holzpflöck, also um einen spezifisch leichteren Körper als die Blutflüssigkeit handelte, der sich anders verhalten muß als ein Metallgegenstand, nötigt uns, diesen Fall aus der Betrachtung auszuschneiden. Der Granatsplitter des Falles HIRSCH verfring sich auf Grund seiner zackigen Oberfläche bereits im re. Vorhof. Der Weg des Splitters von Fall GIERCKE kann nicht festgelegt werden.

Wir fügen hinzu, daß in den beiden Fällen unserer Zusammenstellung, bei denen primär Steckschüsse des rechten Vorhofs vorlagen (II, 16 und II, 18), die Projektilen bei der Wanderung nicht in den rechten Ventrikel eindrangten, sondern peripherwärts in die V. cava caudalis gelangten. Wir folgern aus diesen vergleichenden Betrachtungen, daß eine Regel für den Weg auch im Bereich der Herzvorhöfe nicht aufgestellt werden kann. Die Ursache liegt im je nach Körperhaltung wechselnden Einfluß der Schwerkraft, was wir anfangs bewiesen haben.

Das Geschoß wurde am Tage nach der Operation röntgenologisch im Becken festgestellt. Die Röntgenaufnahme (Abb. 3) zeigt es bei a. p. Strahlengang dicht medial vom distalen Anteil der rechten Symphysis sacroiliaca. Seine Längsachse ist ganz leicht von lateral caudal nach medial cranial gegenüber der Vertikalen geneigt. Die Spitze des Projektils weist cranial. Die seitliche Aufnahme, die technisch leider unzulänglich ist, läßt es in geringem Abstand vor der Mitte des Kreuzbeines, um etwa 25° von caudal dorsal nach cranial ventral geneigt, erkennen. Diese Lage stimmt mit dem topographischen Verlauf dieser Vene überein. Die Venographie von der V. saphena aus bestätigt dieses Ergebnis. In Abb. 4 ist der Verlauf der V. femoralis und der V. iliaca interna dextra deutlich zu erkennen. Das Geschoß projiziert sich medial von letzterer. Die beiden Iliacalvenen sind aber als einzige Venen in dieser Körperregion kalibermäßig geeignet, einen Fremdkörper von der Größe unseres Projektils aufzunehmen.

In der V. subclavia (Durchmesser 12 mm), V. cava cranialis (Durchmesser 21,24 mm), V. cava caudalis (Durchmesser 21,55 mm), V. iliaca communis (Durchmesser 16—17 mm) durchmaß das Geschoß nur Gefäße, deren Weite seiner Fortbewegung keinerlei Widerstand entgegengesetzte. Es konnte sogar um seine Längsachse von 13 mm rotieren. Es läßt sich deshalb nicht klarstellen, wo und wie oft sich unser Fremdkörper überschlug, um dann mit nach cranial gerichteter Spitze liegen zu bleiben. Wir nehmen jedoch an, daß ihm der Impuls dazu beim Hinabgleiten in den Hohlvenensack gegeben wurde.

In Vergleichsfällen der Literatur war der Endpunkt der Wanderung einmal eine *V. hepatica revehens* (BORSZÉKY), einmal die *V. renalis dextra* (MOCQUOT) und zweimal, offenbar wie in unserem Falle, die rechte *V. iliaca interna* (LE FORT, ANDREOLETTI). Die Erklärung für diese Verschiedenheit ergibt sich wieder aus mechanischen Erwägungen.

Wir haben gezeigt, daß unser Projektil an der dorsalen Wand des Gefäßlumens entlang beckenwärts hinabgleiten mußte. Wenn wir die Venen des Stromgebietes der *V. cava caudalis* betrachten, die in der Größe des Durchmessers für die Aufnahme von Fremdkörpern von 6—9 mm Kaliber in Frage kommen, so bieten sich folgende Verhältnisse dar. Die 2—3 *V. hepaticae revehentes* (14—18 mm Durchmesser) betreten die ventrale und seitliche und die *V. renales* die seitliche Circumferenz der Hohlvene. Entsprechend unserer Annahme kommen sie also zum Auffangen unseres Projektils nicht in Betracht. Derselbe Umstand mußte das Geschoß an der Wanderung in die nach ventral gerichtete *V. iliaca externa* (12—14 mm Durchmesser) hindern. Wohl aber entspricht der beim Eintritt in das kleine Becken dorsal gerichtete Abgang der *V. iliaca interna* unseren Forderungen. In der seitlichen Beckenaufnahme ist die Schräglage des Geschosses deutlich erkennbar. Sie stimmt mit dem Winkel der *V. hypogastrica* zur Vertikalen (20—40°) überein. Im Falle LE FORT und ANDREOLETTI erfolgte die Geschoßwanderung offenbar unter den gleichen Bedingungen. Auf die Fälle BORSZÉKY und MOCQUOT übertragen, müssen wir fordern, daß hier bei der Wanderung rechte Seitenlage eingenommen wurde, wozu wir besonders auch im Hinblick darauf, daß damit dem Projektil das Verlassen des Herzens ermöglicht wurde, wohl berechtigt sind.

Die Frage, warum in allen angeführten Fällen die rechtsseitigen Venen von den Projektilen betreten wurden, beantwortet sich in einem Teil der Fälle ebenfalls durch die rechte Seitenkörperlage. Wo dagegen Rückenlage vorhanden war oder wir eine solche annehmen können, sehen wir die Erklärung darin, daß die rechtsseitigen Venen unter einem größeren Außenwinkel zur Vertikalen in die *V. cava caudalis* einmünden als die linksseitigen. Dies trifft vor allem für die *Iliaca communis* zu, indem der genannte Winkel rechts etwa 155°, links etwa 130° beträgt.

Es liegt im Wesen einer Wanderung im Zirkulationssystem, daß sie dann ihr Ende findet, wenn dem weiteren Vordringen des Fremdkörpers anatomische Hindernisse sich entgegenstellen. Diese können in unserem Falle nur im Engerwerden des Gefäßlumens bestehen. Der Durchmesser der *V. iliaca interna* wird von VIERORDT mit 9 mm angegeben. (Messungen neueren Datums liegen nicht vor.) Am Ursprung der *V. hypogastrica* aus dem Zusammenfluß ihrer Quellvenen kann ihr Lumen das Kaliber des Geschosses, das durch die eingangs beschriebene Deformierung größer als 7,65 mm anzunehmen ist, nicht übertreffen. Dafür spricht

auch, daß das Projektil seine Lage nicht verändert hat, was aus der Röntgenaufnahme vom 28. 5. 42 (Abb. 4) einwandfrei hervorgeht. In den nach der Operation verstrichenen 10 Wochen ist die anfangs wohl nur unter relativ geringem, durch die Schwerkraft vermittelten Druck erfolgte Einkeilung im Gefäß durch thrombotische Abscheidungen fixiert worden.

Etwa 3 Monate nach dem Eingriff wurde Patient aus der Lazarettbehandlung entlassen. Er hatte in dieser Zeit keinerlei Beschwerden mehr geäußert, die man auf die Anwesenheit des Fremdkörpers in der V. hypogastrica hätte beziehen können. Auch klinisch blieb der Zustand in dieser Hinsicht völlig symptomlos. Bei der sehr starken Entwicklung des Venensystems im kleinen Becken ist es ohne weiteres verständlich, daß der Ausfall selbst eines so großen venösen Gefäßes ohne jede Rückwirkung auf die Blutversorgung und die Funktionen der Organe dieses Stromgebietes bleibt. Auf die Entfernung des Steckgeschosses wurde verzichtet. Da sich die partielle Lähmung des Plexus brachialis re. allmählich zurückgebildet hatte und als Folge der Verwundung bei freier Gelenkbeweglichkeit nur noch eine Muskelschwäche des re. Armes festzustellen war, die die Gebrauchsfähigkeit der Gliedmaßen nicht wesentlich beeinträchtigte, wurde Patient als k. v. entlassen. Die Anwesenheit des Steckgeschosses wurde bei der Beurteilung des Tauglichkeitsgrades als nicht ins Gewicht fallend behandelt. Die Gefahr der Bleivergiftung konnte ohne weiteres vernachlässigt werden. Nach den bei KLEIN niedergelegten Erfahrungen wird sie sehr selten beobachtet. Dagegen hätte das Projektil seinen Träger noch dadurch gefährden können, daß es als ein mit bakterienhaltigen Material beladener Fremdkörper eine Infektion hervorgerufen oder sich erneut auf die Wanderschaft begeben hätte. Im ersteren Falle hätte sich ein septischer Prozeß, am ehesten wohl eine septische Thrombophlebitis der Beckenvenen, entwickeln können. Das aber war schon wenig wahrscheinlich, nachdem das Geschloß nach der Verwundung im Hals reizlos eingeeilt war. In der dreimonatigen Beobachtungszeit nach dem Lagewechsel war vollends keinerlei Anhalt für einen infektiösen Prozeß zu gewinnen, so daß mit dem Auftreten eines solchen nach allen klinischen Erfahrungen auch kaum mehr gerechnet werden muß. Die Voraussetzungen für ein neuerliches Beweglichwerden unseres Fremdkörpers sind beim Fehlen einer Infektion nach den schon abgelaufenen 3 Monaten, in denen er an der gleichen Stelle verblieb, nicht mehr gegeben. Durch Organisation des Abscheidungsthrombus, der sich intravital um jeden Fremdkörper im Blutgefäßsystem bildet, wird dieser unwiderruflich in seiner Umgebung festgehalten. Das gilt nach den pathologisch-anatomischen und röntgenologischen Erfahrungen nicht nur für Projektile in venösen Gefäßen, sondern auch in Arterien und dem Herzen. Der Entlassungsmodus als k. v. besteht unseres Erachtens also durchaus zu recht.

*Zusammenfassend* stellt sich also unser Fall wie folgt dar: Verwundung durch Maschinenpistolensteckschuß im Bereich der rechten Schulter. Das Geschloß wird röntgenologisch im rechten Spatium costoclaviculare festgestellt. Die Wunde heilt innerhalb von 3 Wochen reaktionslos ab. Eine partielle Lähmung des rechten Plexus brachialis gibt Veranlassung zum Versuch, das Projektil operativ zu entfernen. Während des Eingriffs gelangt der Fremdkörper durch einen Tastversuch in das Lumen der V. subclavia dextra. Er wandert durch die V. brachiocephalica dextra, V. cava cranialis und durch den Sinus venarum cavarum des rechten Herzvorhofs direkt in die V. cava caudalis, V. iliaca

communis dextra und bleibt in der V. iliaca interna dextra liegen. In dieser Lage wird er durch Röntgenaufnahme und indirekt durch die Venographie festgestellt. Nach 3 Monaten hat sich die Schädigung des rechten Armplexus im wesentlichen zurückgebildet. Das Geschoß macht keinerlei klinische Erscheinungen und verändert seine Lage nicht weiter. 3 $\frac{1}{2}$  Monate nach der Verwundung wird Patient *beschwerdefrei* und k. v. entlassen.

Der Übergang eines wandernden Projektils vom Gebiet der oberen in das der unteren Hohlvene war bisher nur einmal beschrieben worden. Da als nachgewiesen zu betrachten ist, daß in unserem Falle die eigentlichen Herzhöhlen nicht betreten wurden, steht diese Beobachtung in der Literatur einzig dar.

Eine Durchsicht der Literatur zeigt nun, daß die erste zusammenfassende Darstellung über embolische Verschleppung von Projektilen 1903 von SCHLOFFER veröffentlicht wurde. Diese umfaßt zwei eigene und zehn in den Jahren bis 1903 in der Literatur mitgeteilten Fälle. Dieser Arbeit folgte 1912 eine solche von RUBESCH, der die Zusammenstellung SCHLOFFERS um 5 Fälle erweiterte. KIDERLIN war 1916 in der Lage, in Ergänzung dieser beiden Veröffentlichungen 23 Fälle in seiner Tabelle anzuführen. 1934 erschien eine weitere Abhandlung über dieses Thema von CURTILLET, der 34 Fälle tabellarisch zusammenfaßte. Die Zahl der Einzelbeobachtungen ist in der Zwischenzeit weit größer geworden, umfassende Arbeiten darüber sind mir jedoch keine mehr bekannt geworden. Eine kurze Zusammenstellung neueren Datums findet sich bei MEIXNER. Meinen Betrachtungen liegen 65 Fälle zugrunde, wozu als 66. die eigene Beobachtung hinzutritt. Ich muß jedoch annehmen, daß damit noch nicht alle Veröffentlichungen berücksichtigt sind, da mir infolge der Kriegsumstände nicht die gesamte Literatur, insbesondere nicht die des Auslandes zugänglich war. Bei der Zusammenstellung der Fälle in einer Tabelle erscheint die von KIDERLIN in Anlehnung an SCHLOFFER und RUBESCH vorgenommene Unterteilung in Fälle von

1. Projektilwanderung im Sinne des Blutstroms,
2. Projektilwanderung gegen den Blutstrom,
3. Projektilwanderung teils mit, teils gegen den Blutstrom

nicht mehr geeignet, weil sie die ursächlichen Zusammenhänge nicht berücksichtigt. Das Verhalten von Projektilen, die in den arteriellen Kreislauf eingedrungen sind, weicht stark von dem ab, das die Geschosse zeigen, die in das venöse System gelangt sind. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß in einer nicht zu kleinen Zahl von Fällen der Fremdkörper aus einer Vene durch das Herz in eine Arterie embolisch verschleppt wurde, fassen wir die uns bekannten 66 Beobachtungen in folgenden 3 Gruppen zusammen:

Tabelle 1.

Nr.	Autor	Geschoß	Eintrittsstelle	Endlage	Ausgang	Diagnose	Literatur
I. Geschoßembolie im arteriellen System.							
1	SINGLETON	Rev.	Aorta	Li. Ventr.	Tod nach 54 Stunden	Sektion	Zit. bei SCHLOFFER
2	BLUMHARDT	Kugel	A. pulmon.	Re. Ventr.	Tod sofort	Sektion	Zit. bei SCHLOFFER (Jber. 1851)
3	JECKS	Rev.	Aorta descend.	Aorta (Bif.) distal	Tod nach 1 1/2 Stunden	Sektion	Zit. bei SCHLOFFER
4	DITTRICH	Spitzk.	Aorta ascend.	Aorta abdom.	Tod nach 3 Tagen	Sektion	Zit. bei SCHLOFFER
5	LAMBOTTE und HERMANN	Kugel	Aorta abdom.	A. il. comm.	Tod	Operation	Zit. bei SCHLOFFER
6	MÜNZENTHALER	Schrotkorn	Aorta ascend.	?	Tod sofort	Sektion	Zit. bei SCHLOFFER
7	SCHLOFFER 1	Rev. 7 mm	Li. Ventr.	A. subcl. dextra	lebt	Operation	Bruns' Beitr. 37
8	SCHLOFFER 2	Flob.-Kugel	A. femor.	A. tib. post.	lebt	Röntgen u. Operation	Bruns' Beitr. 37, 704
9	MORESTIN	Kugel	Re. Ventr.	A. pulmon. links	Tod durch Geschoß- embolie, Lunge	Operation	(Zit. bei GÖBELL) Arch. klin. Chir. 79
10	RUBESCH	Rev. 7 mm	Li. Ventr.	A. fem. dex.	lebt	Röntgen u. Operation	Bruns' Beitr. 80
11	HOFMANN	Rev. 7 mm	A. pulmon.	Ast A. pulmon.	Tod nach 5 Tagen durch Geschoßem- bolie	Sektion	Bruns' Beitr. 53
12	MOMM	Rev.	Aorta abdom.	A. fem. sin.	Tod nach 4 Wochen an Sepsis	Sektion u. Operation	Dtsch. med. Wschr. 1910, 2422
13	SCHMERZ	Kugel	Li. Ventr.	Aorta (Sinus vals.)	Tod nach 1 3/4 Jahren, Myodegeneration	Sektion u. Röntgen	Bruns' Beitr. 81
14	KRATZER	Kugel	Aorta abdom.	A. il. comm.	Tod nach mehreren Tagen an Urämie	Sektion	Vjschr. gerichtl. Med. 31, 342
15	TEGELER	Rev. 8 mm	Aorta ascend.	Aortenklappe	lebt	Sektion	Münch. med. Wschr. 1909, Nr 34, 1740
16	VISCONTINI	Rev. 7 mm	A. pulmon.	Re. Ventr.	Tod nach 12 Monaten durch Rücken- markverletzung	Sektion	Münch. med. Wschr. 1910, 2012
17	BORST I	Granatspl.	Li. Ventr.	Li. A. il. comm.	Tod nach 15 Tagen, Herztamponaden	Sektion	Zit. bei GIERCKE u. KIDDELLIN, Diss.

18	BORST 2	Minuspl.	A. pulmon.	Re. Ast durch A. pulmon.	Tod nach 5 Tagen, Sepsis	Sektion	Zit. bei GIERCKE u. v. SCHJERNING
19	BORST 3	Granatspl. 4 g	Re. Ventr.	Ast A. pulmon. s.	Tod nach 2 Tagen, Hämoperic.	Sektion	Zit. bei GIERCKE
20	KIENBÖCK	I.-G.	Li. Ventr.	A. subel. dext.	Tod nach 3½ Mona- ten, Pneum.	Operation	Zit. bei GIERCKE
21	DENEKE	I.-G.	Herz	A. axill. d.	lebt		
22	PIEDELÉVRE	Tesching 8 mm	Aorta thorac.	A. fem. s.			Zit. bei v. SCHJERNING Presse méd. 1935 II, 1681
23	SERGIEWSKAJA	I.-G.	Li. Herz	A. fem. d.	lebt		Vestn. Chir. (Russ.) 6 (1926)
24	WALCHER I	Flobert 5 mm	Aorta descend.	A. prof. fem. s.	Tod nach mehreren	Sektion u. Röntgen	Zbl. Chir. 1932, 1220
25	LECLERQ u. MÜLLER I	Rev. 8 mm	Aorta	A. fem. s. (Abg. d. A. prof.)	Tod sofort, Ver- blutung	Sektion	Ann. Méd. lég. etc. 10, 33 (1930)
26	LECLERQ u. MÜLLER 2		Aorta	A. fem. s.	Tod sofort, Ver- blutung	Sektion	Ann. Méd. lég. etc. 10, 33 (1930)
27	MOSKALENKO		Aorta	A. poplit. s.	lebt	Operation	Věstn. Chir. (Russ.) 1933
28	CURTILLET		Aorta	A. fem. s.	lebt	Operation	J. Chir. (Fr.) 44, 715 (1934)
29	POPPER		Re. Ventr.	A. pulmon.	Tod durch Geschoß- embolie, Lunge		Ausspr. bei WINDHOLZ, Wien. klin. Wschr. 1936 I
30	VELTEN	Schrapnell 15 mm	Aorta descend.	A. il. comm.	Tod nach 8 Wochen, Querschnitt- lähmung		Beitr. path. Anat. 106, 218 (1941)
31	LA ROQUE	Rev.	Aorta thorac.	A. fem. sin.	lebt	Operation	Ann. Surg. 83
32	MAKINS		Aorta thorac.	A. ili. comm. d.	Tod nach Wochen	Sektion	Zit. bei LA ROQUE
33	DERVIEUX	Flobert ?	Aorta descend.	A. poplit. dextra	Tod	Sektion	Zit. bei LECLERQ et MÜLLER, ebenda 7 weitere Fälle
34	PALTAUF	?	A. pulmon.	Ast d. A.	Tod nach 7 Tagen an Herztamponade	Sektion	Wien. klin. Wschr. 1933 I, 602
35	MANZARSKI I	Rev. 6,35	A. hypog. sin.	A. poplit. sin.	Tod sofort, Ver- blutung	Sektion	Czas. sad.-lek. 3, 133 (1936)
36	MANZARSKI 2	Rev. 7,65	Aorta descend.	A. femor. sin.	Tod sofort, Ver- blutung	Sektion	Czas. sad.-lek. 3, 133 (1936)

Tabelle 1. (Fortsetzung).

Nr.	Autor	Geschoß	Eintrittsstelle	Endlage	Ausgang	Diagnose	Literatur
II. Geschosswanderung im venösen System.							
1	SIMONS	Pistole	V. cav. inf.	V. ili. comm.	Tod nach 4 Tagen	Sektion	Zit. bei SCHLOFFER, Arch. klin. Chir. 9
2	DAVIS	Holzpflöck	V. cav. sup.	Re. Ventr.	Tod nach 37 Tagen	Sektion	Zit. bei SCHLOFFER, bei G. FISCHER Nr 315
3	Indian Annals	Kugel	V. pulmon.	Li. Ventr.	Tod nach 70 Tagen	Sektion	Zit. bei SCHLOFFER, bei G. FISCHER Nr 333
4	BECCHI u. CORSINI	Kugel	V. pulmon.	Li. Ventr.	Tod nach 9 Tagen	Sektion u. Röntgen	HILDEBRANDS Jber. 1904, 490
5	BORSZÁKY	Rev. 9 mm	V. subel.	V. hepat. rev.	Tod nach 6 Wochen	Sektion u. Röntgen	Bruns' Beitr. 12 (1903)
6	KATHE	Schrapnell	V. cav. inf.	V. cav. inf. 5 cm distal	Tod nach mehreren Tagen	Operation	Dtsch. med. Wschr. 1915, Nr 10, 280
7	FREUND-CAS-PERSONH	Schrapnell 13 mm	V. cav. inf.	Re. Ventr.	Tod nach mehreren Tagen	Operation	Münch. med. Wschr. 1915, 1199
8	HIRSCH	Granatspl. 1,1 g	V. jug. int. d.	Re. Vorhof	Tod nach 18 Stunden	Sektion u. Operation	Münch. med. Wschr. 1918, 733
9	JAFFÉ	I.-G.	V. cav. caud.	Re. Ventr.	Tod nach 21 Tagen	Sektion	Münch. med. Wschr. 1917, 893
10	GERCKE 1342	?	V. cav. sup.	?	Tod nach 15 Stunden	Sektion	Kriegs- u. Konstit. path., 2, H. 1
11	GERCKE 484	I.-G.	V. cav. inf.	Re. Ventr.	Tod nach 20 Tagen, Sepsis, Bronchopneumonie	Sektion	Kriegs- u. Konstit. path., 2, H. 1
12	GERCKE 1662	Minenspl. 5 g	V. cav. inf.	Re. Ventr.	Tod nach mehreren Tagen	Sektion	Kriegs- u. Konstit. path., 2, H. 1
13	SCHUM	Granatspl.	V. pulm. d.	Mitralklap.	Tod durch Verblutung	Sektion	Path.-anat. Kriegserf., H. 4 d. Mar.-ärztl. Kriegserf., Jena 1924
14	WALCHER 2	Flob. 6 mm	Sin. long.	Sin. sigm. d.	Tod durch Peritonit.	Sektion	Zbl. Chir. 1932, 1220
15	BRAUNBEHRENS	Rev.	V. cav. caud.	Re. Ventr.	Tod an Myodegenera- tion	Röntgen	Verh. dtsh. Ges. Kreisforsch. 1934, 187, 248



16	LÆ FORT	?	Re. Vorhof (Herzohr)	V. il. int. dextr.	lebt	Röntgen	Presse méd. 1939 I, 305
17	ANDREOLETTI	?	V. cav. caud.	V. il. dextr.	lebt	Röntgen	Atti Soc. lomb. Chir. 6, 471
18	MOCQUOT	I.-G. 9 g	Re. Vorhof	V. ren. dextr.	lebt	Röntgen	Mém. Acad. Chir., Par. 67, 287
19	SCHELPE	Pistole	V. cav. caud.	Re. Ventr.	Tod nach Tagen, Peritonitis	Operation	Mém. Acad. Chir., Par. 67, 287
20	BINET	Gran. 1,38 g	V. fem. d.	Re. Ventr.	lebt	Sektion	Zit. Z.org. Chir. 19, 97 (1923)
21	KATZ	I.-G. 11,5 g	V. il. comm.	Re. Ventr.	Tod nach 36 Stunden Verblutung	Röntgen	Presse méd. 1934, Nr 34, 530
22	GRIESSMANN	Granatspl. bohnengr.	V. femor. dextr.	Re. Ventr.	Tod nach 19 Tagen an Sepsis	Sektion	Beitr. gerichtl. Med. 4 (1922)
23	Eigener Fall	M.-Pistole 7,65 mm	V. subelav. dextr.	V. il. int. dextr.	lebt	Röntgen	Dtsch. Mil.arzt 1943, H. 6

## III. Geschoßembolie zugleich im arteriellen und venösen System.

1	G. B. SCHMIDT	Spitzgesch. 1,3 cm l.	V. pulmon.	Re. A. fem.	Tod kurze Zeit d.	Sektion	Zit. bei SCHLOFFER, Z.org. Chir. 1885, 131
2	BORST 4	Schrapnell	Li. Vorhof	A. il. comm. sin	Tod nach 5 Tagen, Verblutung	Sektion	DOMINICUS, Diss. Mün- chen 1917
3	SPECHT	Granatspl.	V. fem.	Li. Ventr., off. For. oval	Tod nach 10 Tagen, Bronchopn.	Sektion	Münch. med. Wschr. 1917, Nr 27
4	HENES	Granatspl.	V. cav. caud.	A. pulmon. dextra	Tod nach 7 Stunden an Geschoßembolie, Lunge	Sektion	Münch. med. Wschr. 1919, 46
5	FRY	Proj. 10 g	V. il. ex. s.	A. pulmon. sin.	Tod nach 14 Tagen, D. Aneur. a.-v. iliac.	Sektion	Brit. J. Surg. 8, 107 107
6	SAINT-AVID et LÉONARD	Granatspl. erbsengr.	V. fem. s.	A. pulmon. dextra	lebt	Röntgen	Presse méd. 1934, 532
7	CUTLER u. ELLIOT	Gran. 1 cm	V. cav. caud.	A. pulmon.	Tod an Urämie	Sektion	Mil. Surgeon. (Am.) 53, 264 (1923)

1. Geschoßembolie im arteriellen System,
2. Geschoßwanderung im venösen System,
3. Geschoßembolie zugleich im venösen und arteriellen System.

Das *Zustandekommen der Geschoßwanderung* im Kreislaufsystem knüpft sich an die folgenden Voraussetzungen. Ein Projektil durchschlägt die Wand eines im Kaliber größeren arteriellen oder venösen Gefäßes oder des Herzens, ohne es durch die gegenüberliegende Wand wieder zu verlassen. Es wandert sofort oder sekundär in der Blutbahn, wobei es sich in oder gegen die Richtung des Blutstromes bewegen kann, bis ihm Hindernisse aus seiner Größe oder solche anatomischer Art erwachsen.

Neben diesem einfachsten Fall gibt es pathologisch-anatomisch Übergänge vom Durchdringen nur der Adventitia und Muscularis mit später folgendem Durchbruch durch die Intima, bis zur vollständigen Perforation einer Wand mit Eindringen des Geschosses in die Intima, bzw. Muscularis und Adventitia der gegenüberliegenden Wand, so daß das Projektil nur teilweise in das Lumen frei hineinragt. Der sekundäre Einbruch in das Gefäßlumen, das im allgemeinen ohne größere Thrombosen bleibt, ist durch das Auftreten einer Drucknekrose oder durch lokale entzündliche Prozesse bedingt, die zu einer Auflockerung und Zerstörung der anfangs intakten Wandschicht führen. Wie unser Fall zeigt, kann das Steckgeschosß auch durch eine nachfolgende Gewalteinwirkung, wie sie z. B. ein operativer Eingriff darstellt, zum Eintritt in das Gefäßlumen veranlaßt und in Bewegung gesetzt werden. Eine schrittweise Durchdringung der Gefäßwand ist von besonderer Bedeutung dadurch, daß inzwischen eingetretene Narbenbildungen bei der endgültigen Eröffnung des Gefäßlumens eine Verblutung verhüten.

Die Geschoßarten die als wandernde Projektile zur Beobachtung kamen, verteilen sich wie folgt: I.-G. = 17 %, Revolver-, Pistolen-, Maschinenpistolen- (Kaliber 5—9 mm) = 50 %, Schrapnellkugeln = 8 %, Granat- usw. -Splitter = 20 %, Sonstige (Holzpflöck, Schrotkörner) = 5 %.

Es ist also ein starkes Überwiegen der Geschosse der Infanteriewaffen festzustellen. Das unterstreicht eindeutig die Tatsache, daß diese vermöge ihrer glatten Oberfläche sich zur Wanderung besser eignen als die stets zackigen Sprengstücke von Granaten.

Die Gefäßwunde hat in unseren Fällen, falls sie nur durch das nicht-verunstaltete Infanteriegeschosß oder spitze Granatsplitter verursacht ist, oft nur Schlitzform, oft auch, infolge der Elastizität des Gefäßrohres, langgezogene Lochform. Dabei kann sie kleiner sein, als dem Kaliber des Projektils entsprechen würde, was wieder auf die Elastizität der Gefäßwand zurückzuführen ist.

Die Frage, wie es möglich ist, daß ein Geschosß die eine Gefäßwand durchschlägt, aber nicht mehr die Kraft hat, auch die andere zu durch-

dringen, wird dadurch beantwortet, daß es in seiner Flugkraft bereits so stark abgeschwächt ist, daß ihm die nötige Bewegungsenergie dazu nicht mehr eigen ist, zumal die Gefäßwand einem schwächeren Druck elastisch nachgibt.

PIÉDELIEVRE und ETIENNE-MARTIN haben versucht, für diesen Vorgang eine Gesetzmäßigkeit zu finden. Sie veranstalteten Schießversuche auf Gummiröhrchen, durch die ein Wasserstrahl geleitet wurde, und schwächten die Durchschlagskraft der Geschosse durch Vorsetzen von Gegenständen (Papier, Kautschuk, Holz) fortlaufend ab. Wenn hinter das Gummrohr ein Brett gesetzt wurde, fiel das Geschöß in das Rohr zurück. Die Verfasser nehmen an, daß die Verhältnisse auf den menschlichen Organismus übertragen werden könnten, indem z. B. ein hinter einem Gefäß liegendes Knochengewebe die Rolle des Brettes spielte.

Dem Einwand, daß ein spezifisch schwerer Körper in einem glattwandigen, flüssigkeitsgefüllten Röhrensystem, wie es die Organe des Blutkreislaufs darstellen, auch postmortal seine Lage ändern kann, ist Rechnung zu tragen. Das muß in allen Fällen berücksichtigt werden, wo die Diagnose erst durch die Sektion gestellt wurde. SCHLOFFER betrachtete deshalb eine Geschößverschleppung nur dann als im Leben erfolgt, wenn entweder 1. das Geschöß in das Gefäßrohr an der Stelle, wo es gefunden wird, fest oder zumindest so weit eingetrieben sei, daß es das Gefäßlumen völlig verschließt, oder wenn 2. der Weg, den das Geschöß zurückgelegt hat, ein solcher ist, wie er z. B. durch einfache Manipulationen an der Leiche nicht erzielt werden kann. (Es muß also entweder das Herz passiert oder ein längerer Weg im Kreislauf zurückgelegt worden sein.) Diese Forderungen sind jedoch zu eng. In manchen Fällen konnte nämlich der Nachweis des intravitale Vorganges dadurch erbracht werden, daß pathologisch-anatomische Veränderungen vorlagen, die nur intra vitam entstanden sein konnten (z. B. Abscheidungsthromben). Außerdem ist es begreiflich, daß infolge der Schwere der Verletzung der Tod eingetreten sein kann, bevor sich solche faßbaren reaktiven Vorgänge im Organismus entwickeln konnten. In diesen Fällen muß die Frage der intravitale oder postmortalen Wanderung unentschieden bleiben. Als postmortale Wanderung sind Fall BLUMHARDT (I, 2), vielleicht auch JECKS (I, 3), DITTRICH (I, 4) und SIMONS (I, 5) anzusehen. Bei allen übrigen scheint der intravitale Vorgang gesichert zu sein.

*Eintrittspforte* für das Geschöß waren siebenmal der linke Ventrikel, dreimal der rechte Ventrikel, einmal der linke Vorhof, zweimal der rechte Vorhof, neunzehnmal die Aorta, fünfmal die A. pulmonalis, einmal die A. iliaca interna sinus, zweimal die V. cava cranialis, elfmal die V. cava caudalis, zweimal die V. subclavia, einmal die V. jugularis

interna, einmal die V. iliaca communis, einmal die V. iliaca externa, viermal die V. femoralis, einmal der Sinus long. Daraus errechnet sich, daß in 20 % der Fälle Verletzungen des Herzens, in 38 % solche größter Arterien und in 42 % solche großkalibriger Venen der Geschoßwanderung vorausgingen.

Solche Verwundungen haben in der Regel schwerwiegende Folgen. An erster Stelle steht die primäre Blutung. Für Venenverletzungen gilt zwar, daß die Blutung gering sein kann und keine unmittelbare Gefahr aufzutreten braucht, wie bei der Besprechung unseres Falles eingehender auseinandergesetzt wurde. Ergänzend sei bemerkt, daß das spontane Stehen der Blutung selbst bei der V. cava caudalis beobachtet werden konnte (JAFFÉ). Bei perforierenden Herzschnitten und Verletzungen großer Arterien ist dieser Vorgang noch weit seltener. Das äußert sich in einer sehr hohen primären Mortalität. Nach FRANZ ist bei 40—45 % der Gefallenen als Todesursache die Verletzung der größten Arterien anzunehmen und etwa 60 % der durch Herzschuß Verwundeten fällt dem sofortigen Tod anheim.

Es ist aber seit langem bekannt, daß perforierende Herzverwundungen in 10—13 Tagen zuverlässig ausheilen können. Selten ist jedoch das völlige Ausheilen von Verletzungen der Aorta beschrieben. Unsere Zusammenstellung weist in den Fällen TEGELER und MAKINS zwei Beispiele dafür auf.

Die Gründe für die Seltenheit der Geschoßwanderung im Zirkulationssystem gehen aus dieser allgemeinen Erörterung deutlich hervor. Sie liegen hauptsächlich in der hohen primären Mortalität der Verletzungen der Organe des Blutkreislaufs und in dem weitgehend vom Zufall abhängigen Mechanismus des Eindringens der Projektile in die Blutbahn.

Wir haben es, von wenigen Ausnahmen abgesehen, mit Fällen zu tun, die der primären Blutung nicht erlegen sind. Von großer Bedeutung sind für uns die Spätfolgen der Gefäß- und Herzverwundung. Es sind dies vor allem das Aneurysma, die Spätblutungen und der Brand. In einer beträchtlichen Anzahl von Fällen sind diese für den ungünstigen Ausgang verantwortlich zu machen.

Die *Prognose* wird weiter verschlechtert durch das Auftreten von Wundinfektionen und durch die Schwere der erlittenen Nebenverwundungen. Unter diesen seien vor allem die Verletzungen der Brust- und Baueingeweide erwähnt.  $\frac{2}{3}$  von unseren Fällen hatten einen letalen Ausgang. Die Krankheitsdauer, die zwischen Stunden und Monaten schwankt, spiegelt die Mannigfaltigkeit der Todesursachen wieder. Die Zahl der Beobachtungen, bei denen die Projektilwanderung als solche den Tod herbeiführte, ist relativ klein.

*Der Weg*, den die *Projektile* bei ihrer Wanderung nahmen, sei im einzelnen besprochen. Seine Mannigfaltigkeit bringt vielfältige klinische Zustandsbilder hervor, die ihre Erörterung im engeren Zusammenhang erforderlich macht.

In der Gruppe „*I. Geschoßembolie im arteriellen System*“ haben wir die 36 Beobachtungen zusammengefaßt, in denen ein Projektil in eine Herzkammer oder eine Arterie eingedrungen war. In 32 Fällen (dies ist 88%) zeigte der Fremdkörper ein gleichartiges Verhalten, indem er sich in der Richtung des Blutstromes bewegte. Fünfzehnmal mußte das Geschoß seinen Weg durch die Aorta ascendens (neunmal), bzw. die A. pulmonalis (sechsmal) nehmen. Solange der Oberkörper nicht unter die Horizontale gesenkt wird, sind das Gefäße, die nur unter Überwindung der Schwerkraft durchschritten werden können. Als treibende Kraft kommt nur der Blutstrom, bzw. der Blutdruck in Frage. Dieser ist, wie wir aus den vorliegenden Beobachtungen schließen müssen, im arteriellen System stark genug, um spezifisch schwere Körper von meist mehr als 4 g (bei Schrapnellkugeln bis zu 14 g) Gewicht entgegen der Schwerkraft zu befördern.

Als *Lageort* des verschleppten Geschosses sind zu nennen: einmal der linke Ventrikel, zweimal der rechte Ventrikel, zweimal ein Sinus valsalvae der Aorta, zweimal Aorta abdominalis, sechsmal Äste der A. pulmonalis, fünfmal A. iliaca communis, zweimal A. subclavia, einmal A. axillaris, neunmal A. femoralis, einmal A. profunda femoris, dreimal A. poplitea, einmal A. tibialis posterior. In einem Falle wurde es nicht gefunden.

Bei den Embolien in die Iliacalgefäße und ihre Verzweigungen fällt auf, daß solche in die linksseitigen Gefäße stark überwiegen. Diese Erscheinung beruht wohl darauf, daß die A. iliaca sinistra unter einem kleineren Winkel von der Aorta abgeht als die rechte.

Die Frage nach den *Gründen*, warum die *Embolie* aus dem linken Ventrikel und der Aorta ascendens einmal in Gefäße der oberen Körperregionen, ein anderes Mal in das Verzweigungsgebiet der Bauchaorta erfolgt, läßt sich nicht sicher beantworten. Am wahrscheinlichsten wären Zusammenhänge mit der Masse des Geschosses im Verhältnis zum Blutdruck. Die wenigen vorliegenden Fälle geben aber keinen sicheren Anhaltspunkt dafür, daß in die cranialen Hauptgefäße nur leichtere Projektile embolisch verschleppt würden.

Nur in 4 Fällen (I, 1, 2, 15, 16) lag der Fundort herzwärts von der Eintrittsstelle. Für den Fall BLUMHARDT steht fest, daß die Kugel aus der A. pulmonalis post mortem, der Schwere folgend, in den rechten Ventrikel fiel. In den Veröffentlichungen SINGLETON und TEGELER gelangten Revolverkugeln aus der Aorta ascendens in den linken Ventrikel, bzw. hinter eine Semilunarklappe der Aorta. Eine Erklärung für diesen intravitalen Vorgang ist dadurch gegeben, daß der Blutdruck im Anfangsteil der Aorta während der Diastole absinkt, so daß sich die Schwerkraft geltend machen kann. Daneben ist auch die Deutung möglich, daß durch die schwere Verletzung, d. h. durch Blutverlust

und Shock, auch der systolische Blutdruck abgesunken sein kann. Dann ist das Zurückfallen aus der Aorta in die Herzkammer auch in der Systole möglich. Dafür spricht besonders die Tatsache, daß in dieser Phase die Semilunarklappen eröffnet sind und dem Durchtritt des Fremdkörpers keinen Widerstand entgegensetzen. Diese Erklärung ist auch auf den Fall VISCONTINI, in dem eine Revolverkugel aus der A. pulmonalis in den rechten Ventrikel wanderte, anwendbar. Der Fall TEGELER ist ein besonders eindruckvolles Beispiel für eine spontane Ausheilung einer Aortenverletzung. Diese konnte deshalb erfolgen, weil die Kugel erst sekundär die Intima durchbrach, nachdem der Schußkanal durch Narbengewebe verschlossen war. Es handelte sich um einen zufälligen Sektionsbefund.

Eine Sonderstellung nimmt auch der Fall SCHMERZ (I, 13) ein. Hier fand sich eine in den linken Ventrikel gelangte Kugel in einem Sinus Valsalvae der Aortenklappe. Es ist einleuchtend, daß das Geschloß in der Systole aus der Herzkammer in die Aorta ascendens geschleudert wurde, mit frühzeitig abnehmendem Blutdruck aber in der Diastole zurückfiel auf die sich schließende Aortenklappe. Hinter einem Klappensegel befand sie sich, wie auch im Falle TEGELER, in einem toten Raum, in dem sie vom Blutstrom nicht erfaßt werden konnte.

Die intravitale Wanderung fand, von diesen 5 Fällen abgesehen, regelmäßig dadurch ihr Ende, daß die Größe des Geschosses ein weiteres Vordringen im enger gewordenen Gefäßlumen nicht mehr gestattete. Der typische Befund ist hierbei, daß das Projektil fest eingekellt in dem stark gedehnten, manchmal sogar trotz der hohen Elastizität rupturierten Gefäß vorgefunden wurde. Als lokale Reaktionen zeigten sich Fibrin- und Blutplättchenabscheidungen, die zu einer Verklebung zwischen Gefäßwand und Projektil führten, oft auch umfangreichere Thrombosen, die das Gefäßlumen vor und hinter dem Projektil ausfüllten. In älteren Fällen fanden sich auch Kompressionsnekrosen der gedehnten Bezirke der Gefäße oder Aneurysmabildung als Folge einer Gefäßwandverletzung durch das embolisierte Geschloß.

Der Verschluß eines größeren arteriellen Gefäßes, wie wir ihn als typische Folge der Geschloßembolie ansehen müssen, hat naturgemäß ernste Folgen für die von der betreffenden Arterie versorgte Körperregion. Infolge der Plötzlichkeit des Ereignisses kann kein ausreichender Kollateralkreislauf vorhanden sein. Bei Gliedmaßen-Arterien muß sich also rasch das Bild der ischämischen Lähmung mit Schmerzen, Pulslosigkeit in den Verzweigungen des Gefäßes und Temperaturherabsetzung entwickeln. Diese führt ohne erfolgreichen chirurgischen Eingriff zum Verlust der befallenen Extremitätenabschnitte. Von den Fällen mit Embolie in Äste der A. pulmonalis zeigte die Mehrzahl die Erscheinungen des Lungeninfarktes und kam daran ad exitum. In zwei

Fällen konnte aber überraschenderweise auch bei der Sektion eine Infarzierung nicht nachgewiesen werden. (Der Tod erfolgte hier an Sepsis bzw. Herztamponade.)

Rund ein Drittel der in dieser Gruppe zusammengestellten Fälle überstand die Verletzung und die Emboliefolgen. Dazu trugen jedoch, von dem spontan geheilten Fall TEGELER abgesehen, operative Eingriffe entscheidend bei. Diese bestehen in der Entfernung des Geschosses und Maßnahmen der Gefäßchirurgie. Voraussetzung war hierfür, daß die Embolie diagnostiziert und operativ leicht erreicht werden konnte. Die arterielle Embolie in Extremitäten weist durch stürmische charakteristische Symptome und leichte Zugänglichkeit günstige Verhältnisse auf, besonders dann, wenn als weiteres Hilfsmittel die Röntgendiagnostik hinzutritt. Mehrere trotz Operation tödlich verlaufene Fälle sind auf die primäre Herz- oder Arterienverletzung in ihren Spätfolgen sowie auf gleichzeitig anderweitige Verletzungen oder schwere Wundinfektionen zurückzuführen.

Die *Prognose* der *arteriellen* Geschoßembolie ist, sachgemäße chirurgische Behandlung vorausgesetzt, quoad vitam demnach weniger wegen des Vorganges der Embolie und ihrer Folgen, als auf Grund ihrer Voraussetzungen und Nebenumstände eine recht schlechte.

Die Gruppe „*II. Geschoßwanderung im venösen System*“ enthält 23 Fälle, in denen die Wanderung in einem Herzvorhof oder einer Vene ihren Anfang nahm und im venösen System oder dem Herzen endete.

Das Geschoß fand sich zweimal im linken Ventrikel, zehnmal im rechten, je einmal im linken und rechten Vorhof, viermal in den Iliacalvenen und je einmal in der V. cava caudalis, einer V. hepatica revehens, V. renalis und im Sinus sigmoideus; einmal wurde es nicht gefunden. Für die Betrachtung ist der Fall SIMONS (II, 1) von geringerer Bedeutung, da nicht sicher ist, ob der Lagewechsel des Geschosses intra vitam stattfand. Alle übrigen Fälle entsprechen dieser Bedingung.

*Fall* WALCHER 2 stellt eine einmalige Beobachtung dar. Eine 6 mm Flobertkugel war in den Sinus longitudinalis eingedrungen; sie gelangte, dem Blutstrom und der Schwere folgend, in den rechten Sinus sigmoideus an dessen tiefster Stelle.

Während wir bei den Projektilen im arteriellen System eine große Übereinstimmung hinsichtlich der Wanderungsrichtung feststellen konnten, zeigt ein Überblick über das Verhalten der Geschosse im venösen System eine große Mannigfaltigkeit. In einem Drittel der Beobachtungen bewegte sich der Fremdkörper entgegen dem Blutstrom. Dieser Vorgang erfolgte, wie besonders unser Fall zeigt, trotz einwandfrei intakter Kreislaufverhältnisse. Den Grund sehen wir, wie wir an Hand unseres Falles einwandfrei gezeigt haben, in den physikalischen Gegebenheiten. Der Blutdruck in den großen Körperven und den Herzvorhöfen ist zu gering, um spezifisch schwere Körper von der Größe unserer Projektilen

entgegen der Schwerkraft zu bewegen. Bestimmend für den Weg eines wandernden Geschosses ist im venösen System die Wechselwirkung zwischen Blutdruck und Schwerkraft. Die Richtung des Druckgefälles im Gefäßsystem ist als konstant anzusehen. Dagegen wechselt der Einfluß der Schwere nach Maßgabe der Körperlage. Nur bei annähernd horizontalem Verlauf der Hohlvenen, unserem Hauptwanderungsgebiet, ist die Schwerkraft praktisch ausgeschaltet und eine Wanderung mit dem Blutstrom möglich. Die Schwere des Traumas wird den Betroffenen zunächst fast immer nötigen, die vertikale Haltung aufzugeben und horizontale Lage einzunehmen. Für das Gebiet der oberen Hohlvene tritt dadurch keine Änderung der Wanderungsrichtung ein. Damit sind aber die zahlreichen Beobachtungen der Verschleppung von Projektilen aus dem Stromgebiet der unteren Hohlvene in das rechte Herz zwanglos erklärt, ohne den Einfluß der Blutströmung zu hoch einzuschätzen. Andererseits wird verständlich, daß in Fällen, in denen sich das Geschoß sekundär bzw. nach Abklingen der schwersten Verletzungsfolgen in Bewegung setzte, unter Einwirkung der aufrechteren Körperhaltung die Richtung gegen den Blutstrom in der unteren Hohlvene häufiger beschritten wird.

Das Ende der Wanderung ist, wie im arteriellen System, zum Teil dadurch gegeben, daß das Gefäßlumen in der Peripherie enger wird. Das Projektil wird, soweit es sich nicht um unregelmäßig geformte Granatsplitter handelt, das Lumen verstopfen. Entsprechend dem geringen Druck, unter dem die Einkeilung erfolgt, werden Gefäßrupturen nicht beobachtet, da die Dehnung die Elastizitätsgrenze der Venenwandung nicht überschreiten wird. Im übrigen ist der pathologisch-anatomische Befund der sich abspielenden thrombotischen Vorgänge derselbe wie in den Arterien.

Anders geartet müssen die Hindernisse sein, die das Geschoß im Herzen vor der weiteren Verschleppung und nun im arteriellen System bewahren. Die Projektile, die aus peripheren Gefäßen in das Herz zugewandert sind, unterliegen im Prinzip denselben Bedingungen wie Steckgeschosse, die nach Durchdringen der Herzwand in das Herzinnere zu liegen gekommen sind. Nach einem mehr oder minder langen Bewegungsstadium, in dem der Fremdkörper durch den Blutstrom in der Ventrikelhöhle umhergetrieben wird, kommt es in der Regel zu einem Verfangen innerhalb des Trabekelwerkes oder hinter den Sehnenfäden oder den Klappenapparaten.

Nach GIERCKE bedingt der Innenbau des Herzens und andererseits die Neigung des Metallgegenstandes, sich an die tiefste Stelle zu senken, daß es dabei Lieblingsstellen gibt. Als häufigsten Fundort bezeichnet GIERCKE für die rechte Herzkammer das Trabekelwerk der Spitze unterhalb des Fußpunktes des großen Papillarmuskels. Im linken Ventrikel den Raum hinter dem hinteren kleinen Mitralsegel, während die Spitze,



die nicht so schwammig trabekulär gebaut ist wie die des rechten, weniger in Frage kommt. Das gleiche gilt nach demselben Autor für die Vorhöfe, wo die verhältnismäßig glatten Innenwandungen ohne Trabekelwerk, Klappen- und Sehnenfäden ein Haften der Geschosse verhindern und nur die Herzohren und die Gegend der Valvula Eust. und Theb. des rechten Vorhofs einen Fremdkörper einfangen können.

STEFFENS kam auf Grund seines Materials von alten Herzsteckschüssen zu einem anderen Ergebnis. Er bezeichnet die dünnwandigen Herzteile als besonders geeignet zum Einfangen von Geschossen. Er fand im Gebiet des rechten Vorhofs unter 7 Fällen viermal und im Gebiet des linken Vorhofs in dem einzigen Fall ebenfalls das Geschoß innerhalb der Herzhöhle, wo es, irgendwie befestigt, hin und herwogende (flottierende) Bewegungen röntgenologisch erkennen ließ. Bei unseren 17 Fällen, in denen Projektile ihre Wanderung im Herzen beendeten, waren fünfzehnmal die Ventrikel und nur zweimal die Vorhöfe vertreten. Es sind dies Fall HIRSCH (V. subclavia dextra — rechter Vorhof) und Fall SCHUM (V. pulmonales dextra — Mitralklappe). Betrachten wir noch die Fälle von Wanderung, in denen diese von den Vorhöfen ausging, so möchten wir die Meinung GIERCKE teilen, daß das Haftenbleiben von Geschossen in den Vorhöfen ein relativ seltenes Ereignis ist.

Das Festwachsen der Geschosse erfolgt auch in den Herzhöhlen dadurch, daß sie von einer Fibrinhülle umgeben und bindegewebig umwachsen werden. Auch selbst wenn nur ein relativ kleiner Anteil der Projektile an der Herzwand festhaftet, ist nach den bei STEFFENS niedergelegten Erfahrungen eine embolische Verschleppung nicht mehr zu befürchten.

In den typischen Fällen von Geschoßembolie im arteriellen System konnten wir recht klare klinische Symptome anführen. Was jedoch die Wanderung im venösen System angeht, so zeichnet sie sich durch eine fast völlige Symptomlosigkeit aus. Die Gründe wurden bei der Besprechung unseres Falles bereits aufgezeigt. Sie lassen sich kurz dahingehend zusammenfassen, daß der Ausfall einer Vene durch Verstopfung des Lumens infolge der stets vorhandenen Vielzahl von Anastomosen ohne Rückwirkung auf die Blutversorgung bzw. Abflußverhältnisse bleibt. Einen Ausnahmefall stellt Fall HIRSCH dar, in dem die Verlegung der V. magna cordis zu Herzasphyxie und Tod führte. Auch in der Mehrzahl der Beobachtungen, bei denen das Geschoß das Herz passierte oder als freier Körper darin liegen blieb, konnten charakteristische Erscheinungen nicht festgestellt werden. Es bestätigen sich dabei die allgemeinen Erfahrungen mit Herzsteckschüssen. In einigen Fällen konnte aber beobachtet werden, wie sich die Symptome eines Klappenfehlers entwickelten, dessen Auftreten sich nur durch eine bei der Wanderung erfolgte Verletzung eines Klappenteils durch das Projektil erklären ließ (z. B. Fall SCHLOFFER).

Das Fehlen von sicheren klinischen Symptomen, die auf eine Geschoßwanderung im venösen System hinweisen könnten, brachte es mit sich, daß dieser Vorgang nur in kaum der Hälfte der von uns angeführten Fälle intra vitam erkannt wurde. Meistens wurde der Lagewechsel des Projektils erst bei der Leichenöffnung sichergestellt. In einigen Fällen legte die Nichtauffindbarkeit des Steckgeschosses bei operativen Eingriffen im Verletzungsgebiet bei erkannter Gefäßverletzung den Gedanken der Verschleppung im Gefäßsystem nahe. Als einziges zuverlässiges Hilfsmittel erwies sich die röntgenologische Lokalisation der Fremdkörper. Während das Röntgenbild in Fällen von arterieller Geschoßembolie seinen Hauptwert darin besitzt, daß es den operativen Eingriff durch Beschränkung des Operationsgebietes und als Hinweis für die passende Schnittführung usw. wesentlich erleichtert, spielt es in unserer II. Gruppe eine in jeder Hinsicht entscheidende Rolle. Wie besonders die neueren Veröffentlichungen zeigen, ermöglicht die Röntgenuntersuchung mit Hilfe der Venographie, der Kontrastdarstellung der ableitenden Harnwege, die im Falle MOCQUOT mit Nutzen zur Geschoßlokalisation herangezogen wurde, die Diagnose der Projektilverschleppung auch in allen Fällen, die symptomlos verlaufen. Über seine Bedeutung in der Beurteilung der Fragen des Herzsteckschusses, zu dem unser Thema enge Beziehungen aufweist, soll hier nicht eingegangen werden. Während das Vorhandensein eines Fremdkörpers im Herzen nicht lange unbemerkt bleiben wird, da man diesem Organ stets viel Aufmerksamkeit widmet, erscheint uns im Hinblick auf unsere Zusammenstellung doch der Hinweis notwendig, daß nicht selten auch die großen Eingeweidevenen Lageort für gewanderte Projektilen sein können. Vor allem muß in dieser Beziehung den V. iliaca internae Beachtung geschenkt werden. Wie wir an Hand unseres Falles deutlich gemacht zu haben glauben, ist vor allem die rechte V. iliaca interna als das Gefäß anzusehen, das durch seine Größe und topographisch-anatomische Lage für im venösen System wandernde Geschosse als typischer Auffangort dient.

Von den 23 Fällen der II. Gruppe überlebten nur 7 für längere Zeit die Verletzung. Diese hohe Mortalität mag in Widerspruch mit dem klinischen Bild der Geschoßwanderung stehen. In der Tat kann der ungünstige Ausgang nur in einer sehr beschränkten Anzahl von Fällen dem Lagewechsel des Geschosses zur Last gelegt werden. Vor allem die Verschleppung in Venen stellte selten eine ernste Gefährdung dar. Auch die Prognose der zu Herzsteckschüssen gewordenen Fälle ist durchaus günstig, sobald das Bewegungsstadium und damit die Gefahr der Embolie in eine Arterie überwunden ist. Das pflegt spätestens nach einigen Wochen der Fall zu sein. Daraus ergibt sich, daß ein operatives Eingreifen zur Entfernung des Steckgeschosses nur selten in Frage kommt. Bei der Übersicht der Todesursachen finden wir in unserer Tabelle

die Erfahrungen der Gruppe I bestätigt, wonach die schlechte Prognose hauptsächlich auf Spätfolgen der primären Verletzungen beruht.

An den Schluß unserer Tabelle stellten wir als Gruppe III 7 Fälle, in denen die Projektile in das venöse System eindrangen und unter Passage des Herzens im arteriellen Kreislauf endeten. Die Bedingungen, unter denen eine derartige Verschleppung stattfindet, sind naturgemäß die gleichen wie in allen anderen Fällen, und demgemäß treten auch keinerlei neue Gesichtspunkte auf. Trotzdem scheint uns die getrennte Darstellung dieser Veröffentlichungen aus schematischen Gründen erforderlich.

Die Betrachtung der Einzelfälle bringt einige bemerkenswerte Ergebnisse. Im Falle G. E. SCHMIDT drang ein Geschoß durch die linke Lunge in die V. pulmonalis ein. Das 1,3 cm lange Geschoß gelangte auf dem Zirkulationswege durch den linken Vorhof, linke Kammer und die Aorta in die rechte A. femoralis. Am Fundort zeigte sich in der Arterienwand ein Riß und ein kleines Hämatom, was die Wucht charakterisiert, mit der die Eintreibung in eine Arterie erfolgt. Der 2. Fall (BORST 4) ist durch die Größe des Projektils auffällig. Eine Schrapnellkugel von mindestens 12 g Gewicht wanderte vom linken Vorhof in die linke Kammer, wurde durch die Aorta ascendens hochgetrieben und kam in die linke A. iliaca communis zu liegen. SPECHTS Veröffentlichung über die Wanderung eines Granatsplitters aus der V. femoralis in den linken Ventrikel stellt ein Kuriosum bezüglich des Weges dar. Ein offenes Foramen ovale gestattete dem Splitter den Durchtritt aus dem rechten in das linke Atrium, von wo aus er in den linken Ventrikel gelangte. Die 4 übrigen Fälle zeigen große Ähnlichkeit miteinander, indem hier Projektile aus dem Gebiet der A. cava caudalis durch das rechte Herz in Äste der A. pulmonalis gelangten. Der Vorgang läßt sich in bezug auf den Weg vollkommen in Parallele setzen mit der Thromboembolie. Im übrigen ist bemerkenswert, daß im Falle HENES die Lungenembolie als Todesursache anzusehen ist, während in einem anderen dasselbe Ereignis, allerdings durch einen nur erbsgroßen Splitter verursacht, keinen ungünstigen Ausgang nach sich zog (ST. AVID und LÉONARD). Dieser letztere ist übrigens der einzige Fall der Gruppe III, der nicht letal endete.

Die Darstellung dieser Fälle von Geschoßembolie zugleich im venösen und arteriellen System läßt die Frage offen, warum hierbei der Übergang vom venösen in den arteriellen Kreislauf durch die Projektile vollzogen wurde, während in einer größeren Anzahl von Fällen die auf dem gleichen Weg in die Herzkammer gewanderten Fremdkörper dort festgehalten wurden. Es liegt nahe, dabei der Beschaffenheit der Geschosse eine Bedeutung zuzumessen. Wir finden in der Gruppe II jedoch auch Granatsplitter von verschiedenster Größe und Gewicht (bis 10 g). Bei dem geringen Umfang unseres Materials sind wir nicht imstande, irgendeine Gesetzmäßigkeit zu finden.

Das wesentliche Ergebnis unserer Erörterungen sehen wir in der Klarstellung der Unterschiede zwischen der Geschoßwanderung im venösen und der Geschoßembolie im arteriellen System. Diese beruht auf den verschiedenartigen physikalischen Gegebenheiten.

Im arteriellen System, wozu wir die Herzkammern und die Arterien rechnen, ist der Blutdruck hoch genug, um die Schwerkraft zu überwinden. Die Verschleppung der metallischen Projektile erfolgt deshalb in der Regel wie die von Thromben, also in der Richtung des Blutstromes. Wir sprechen deshalb auch von *Geschoßembolie*. Gelangt der Fremdkörper jedoch in Abschnitte des Gefäßsystems, wo geringerer Druck herrscht, das heißt in Venen oder Herzvorhöfe, so wandert er in einer Richtung, die sich aus der Wechselwirkung zwischen Schwerkraft und Blutstrom ergibt. Diese *Geschoßwanderung* wird entscheidend durch die Körperhaltung beeinflußt.

Auch das klinische Bild zeigt markante Unterschiede. Die Embolie in die Lungen oder in periphere Arterien macht fast immer alarmierende Erscheinungen. Sie gefährdet unmittelbar das Leben und zwingt im allgemeinen zu operativen Eingriffen. Die Wanderung in Venen verläuft meist völlig symptomlos und auch der vorübergehende oder dauernde Aufenthalt des Projektils in einer Herzhöhle hat meist keine nachteiligen Folgen. Eine vitale Indikation zu einem chirurgischen Vorgehen entsteht auch bei den zu Herzsteckschüssen gewordenen Fällen höchst selten.

Die arterielle Geschoßembolie aber stellt eine ernste Komplikation von Steckschüssen des Herzens und der großen Gefäße dar. Daraus ergibt sich die praktische Folgerung, daß an die Möglichkeit eines Lagewechsels des Geschosses auf dem Wege des Gefäßsystems trotz der Seltenheit des Vorganges gedacht werden muß.

### Literatur.

- BORCHARD-SCHMIEDEN: Lehrbuch der Kriegschirurgie. — BORST, M.: Slg klin. Vortr. 1917, Nr 735. — FRANZ: Lehrbuch der Kriegschirurgie. — GIERCKE, HANS-WALTER: Veröff. Konstit. u. Wehrpath. 2 (1921). — HABERLAND, H. F. O.: Med. Welt 1942, 359, 383. — HUSTEN, K.: Anatom. und histolog. Untersuchungen über Weite und Wand der Hohlvenen usw., Jena: Gustav Fischer 1926 — KIDERLIN, E.: Über embolische Projektilversehlung. Diss. 1916. — KLEIN: Arch. Psychiat. (D.) 94 (1931). — MEIXNER: In Handwörterbuch der gerichtlichen Medizin und naturwissenschaftlichen Kriminalistik. — PERNKOPF, E.: Topographische Anatomie des Menschen, 1937. — RÖSSLE u. ROULET: Maß und Zahl in der Pathologie, Pathologie und Klinik in Einzeldarstellungen, Bd. 5. — RUBESCH: Bruns' Beitr. 86, 394. — S. UERBRUCH: Chirurgie der Brustorgane. 1924. — SCHJERNING, v.: Handbuch der ärztlichen Erfahrungen im Weltkrieg. 1921. — SCHLOFFER: Bruns' Beitr. 37, 698. — STEFFENS, W.: Arb. u. Gesdh. 1936, H. 27. — TIGERSTEDT, R.: Physiologie des Kreislaufs, Bd. 3, 1922. — VIERORDT: Daten und Tabellen für Mediziner. 1906.
-