

(Aus dem Württembergischen Medizinischen Landesuntersuchungsamt Stuttgart.
Vorstand: Ministerialrat Dr. von Scheurlen.)

Untersuchungen über das Zustandekommen von Magenverletzungen durch stumpfe Gewalt.

Von
Dr. H. Mayser,
Oberarzt.

Anläßlich einer besonderen Arbeit, die sich auf ein weiteres Gebiet als das in vorstehender Überschrift genannte bezog, hatte ich Veranlassung, mich eingehend mit den Fragen der Magenverletzungen durch stumpfe Gewalt zu beschäftigen und die im folgenden erwähnten Versuche anzustellen. Durch die Ergebnisse dieser Versuche bin ich zu einer Erklärung der Magenverletzungen dieser Art gekommen, die ich noch nicht in der Literatur erwähnt fand und die mir daher der Veröffentlichung wert erscheint.

Bei den Magenverletzungen durch stumpfe äußere Gewalt können die Bauchdecken unversehrt, oberflächlich beschädigt oder vollkommen durchtrennt sein. In den meisten Fällen wird eine Eröffnung der Bauchhöhle nicht vorhanden sein, sie sind daher in der Literatur auch mit dem schlecht zutreffenden Namen als subcutane bezeichnet. Wie allgemein bekannt, hängt die Größe und die Lage des Magens wesentlich von seinem Füllungszustande ab. Er ist daher von Bedeutung für das Zustandekommen der Magenverletzung. Der wenig gefüllte oder leere Magen ist durch den linken Rippenbogen geschützt. Er kann von einer stumpfen Gewalt nur erreicht werden in 2 Fällen, erstens wenn die Gewalt so heftig ist, daß die Rippen zerbrochen werden und zweitens, wenn der Angriffspunkt der Gewalt sich auf den Raum zwischen den Rippenbögen, die Regio epigastrica, beschränkt. In beiden Fällen ist der nächstliegende harte Körperteil die Wirbelsäule, und zwar in Höhe des letzten Brust- und des ersten Lendenwirbels. Eine Quetschung des Magens an dieser Stelle, die bei starker Gewalt bis zur völligen Zusammenhangstrennung gesteigert sein kann, stellt die hauptsächlichste unmittelbare Verletzung durch stumpfe Gewalt dar. Für den Sitz derartiger Verletzungen kommt nur die nächste Umgebung des Pylorus

in Betracht. Alle in der Hauptrichtung senkrecht verlaufenden Magenwunden der Pylorusgegend werden daher als Quetschverletzungen verdächtig sein. Pathologisch-anatomisch müssen Veränderungen erwartet werden, wie sie auch an anderen Organen bei Quetschungen eintreten. Es kommt zur Trennung von kleinsten Blutgefäßen, zum Austritt von Blut in das Gewebe, vor allem in die weniger straffen Teile, die von Ernährungsstörungen der Wandungen gefolgt sein können, zu teilweiser oder vollständiger Gewebstrennung. Blutaustritte sind entsprechend dem Magenbau vor allem in der Schleimhaut und der Submucosa zu erwarten; das Blut wird entweder in das Magenlumen oder in das submucöse Bindegewebe eindringen; im einen Falle kommt eine Magenblutung, im anderen die Bildung eines Hämatoms zustande. Acht Fälle von Magenblutungen nach Einwirkung einer stumpfen Gewalt habe ich in der Literatur beschrieben gefunden. Es sind die Fälle von *Leube*¹, *Ritter*², *Schönwerth*³, *Duplay*⁴, *Vanni*⁵, *Clayton*⁶, und der neueste von *Sieben*⁷. Da die Krankengeschichte ähnlich mit den übrigen ist, führe ich nur den letzten Fall als Beispiel näher an.

Ein 13jähriger Knabe war vom Vorderrad eines vollbeladenen Heuwagens in Bauchlage überfahren worden. 2 Stunden nach dem Unfall wurde eine große Menge schwarzen Blutes erbrochen; die Magenblutung wurde „in der üblichen Weise“ behandelt und die Verletzung war in mehreren Wochen völlig geheilt. Über den Füllungsgrad des Magens im Augenblick des Unfalles ist nichts beschrieben, weswegen die Frage, ob reine Quetschung oder Quetschung mit Schleimhautriss vorlag, nicht erörtert werden kann. Ein Fall der Bildung eines Hämatoms ist von *Ziegler*⁸ beschrieben; bei einem einige Zeit nach der Einklemmung zwischen 2 Eisenbahnpußer operierten Manne wurde eine 3 l blutige Flüssigkeit enthaltende Cyste der Magenwand punktiert; der Fall ging in Heilung aus. Die Fälle von *Piancastelli*⁹ und von *Erichsens*¹⁰ stellen Querabrisse des Magens in der Pylorusgegend dar. Bei dem von *Piancastelli* beschriebenen fuhr ein Radfahrer mit großer Wucht senkrecht in eine Wagendeichsel hinein. Die Wirbelsäule wird hier den Magen dicht am Pylorus entzweigeschnitten haben.

Bei starkem Füllungsgrad müssen mittelbar Veränderungen der Wände eintreten, ehe es zu einer richtigen Quetschung an der Wirbelsäule kommt, denn der auf die Magenwand einwirkende Druck verteilt sich entsprechend dem hydrostatischen Grundgesetz durch den flüssigen Mageninhalt nach allen Seiten und wirkt auf jedes Wandteilchen in gleicher Stärke ein. Ist der Magen so gefüllt, daß die Elastizität seiner Wandung stark beansprucht ist, so muß an einer Stelle ein Riß eintreten. Auf diese Art kommen die in der Literatur beschriebenen Schleimhautrisse, die Serosarisse und die vollständigen Rupturen zustande. Wirkt nach dem Eintreten eines Risses die stumpfe Gewalt noch in der gleichen Richtung ein, so muß in solchen Fällen eine Quetschung hinzutreten, außerdem ist möglich, daß durch den vom Mageninhalt der einwirkenden Gewalt gesetzten Widerstand in der Magenvorderwand leichte Quetschverletzungen eintreten.

So beschreibt *Ipsen*¹¹ ein subseröses Hämatom in der Magenvorderwand, das nach Aufschlagen des Körpers auf die Wasseroberfläche neben Schleimhautrissen zustande gekommen war. Von Schleimhautrissen ohne Perforation sind 15 Fälle durch *Geill*¹² beschrieben, außerdem weist 1 Fall von *Lesser*¹³ Schleimhautrisse auf. Der eben erwähnte von *Ipsen* gehört wegen seiner Schleimhautrisse ebenfalls hier aufgezählt.

Vollständige Rupturen des Magens durch Einwirkung von stumpfer äußerer Gewalt sind im ganzen in 38 Fällen beschrieben, davon stammen 11 von *Strassmann*¹⁴, 10 sind von *Andrew*¹⁵ aus der englischen Literatur gesammelt, 12 von *Geill*¹²; weiter haben *Sauerbruch*¹⁶, *Rehn*¹⁷, *Gelma*, *Weiss* und *Kuhlmann*¹⁸, *Neuberger*¹⁹, *Polland*²⁰ je einen Fall beschrieben. Ein Sitz der Rupturstelle ist in diesen 38 Fällen 29 mal angegeben; davon entfallen 8 auf die vordere, 2 auf die hintere Magenwand, 2 auf den Fundus, 8 auf die große Kurvatur, 4 auf die kleine Kurvatur, 3 auf den Pylorus und 2 auf die Oesophagumündung.

Die Rupturstelle wird somit nach den in der Literatur beschriebenen Fällen von Einwirkung stumpfer, äußerer Gewalt fast an allen Stellen der Magenwand angetroffen; von einer Regelmäßigkeit kann keine Rede sein. Betrachten wir im Anschluß die Fälle von reiner Berstung eines Magens oder der Magenschleimhaut ebenfalls im Hinblick auf den Sitz der Rißstelle.

An Schleimhautverletzungen durch Gewalt, die vom Mageninnern ausgeht, zählt *Strassmann*¹⁴ 5 sog. Spontanrupturen auf, er selbst verfügt über 1 Fall einer vollständigen Ruptur und 1 Fall eines Schleimhautrisses nach Magenspülungen; weiter beschreibt *Key-Aberg*²¹ 1 Fall von Schleimhautrissen nach Magenspülung und in der neuesten Literatur fand ich noch 2 Fälle; einer ist von *Steinmann*²² mitgeteilt (Ruptur nach unmäßigem Essen von Kohl) und der neueste veröffentlichte stammt von *Murdfeld*²³; hier trat eine vollständige Ruptur nach übermäßigem Essen von gärunsfähigen Speisen und darauf erfolgter Einnahme von Natrium bicarbonicum ein.

Es sind somit im ganzen 10 Fälle, von denen bei 9 als Sitz der Risse die kleine Kurvatur oder ihre unmittelbare Nähe und als Verlauf die Längsrichtung von Kardia zum Pylorus beschrieben wird. Allein der Fall von *Steinmann*, dessen Befund bei der Operation erhoben wurde, soll seinen „7 cm langen, queren Riß an der Hinterwand“ gehabt haben. Da der Fall durch operative Schließung der Magenwunde geheilt wurde, ist über den genauen Sitz und auch eine nähere Bestimmung der Richtung nichts zu erheben. Es muß demnach offen bleiben, ob dieser Befund tatsächlich abweichend war oder ob die Abweichung von der Regel nur durch die Beschreibung vorgetäuscht ist. Bei diesen zuletzt angeführten Fällen läßt sich nun eine Gesetzmäßigkeit in Sitz und Richtung der Rißverletzungen feststellen.

Von mehreren Autoren wurde zur Klärung des Zustandekommens von Magenverletzungen Versuche an lebenden Tieren, Tier- und Menschenmägen in situ und außerhalb vorgenommen.

In Experimenten mit lebenden Tieren konnte *Vanni*⁵ bei Kaninchen durch mäßige Hammerschläge in die Magengegend Schleimhautrisse in der vorderen

Magenwand jedoch nur bei starker Füllung des Magens erhalten. Bei Hunden erzeugte *Schönwerth*³ durch Schlag auf das Epigastrium neben Suffusionen der Serosa mehrere parallele Schleimhautrisse mit fetzigen und lappigen Rändern. Die ältesten Versuche von Füllung menschlicher Mägen stammen von *Lefèvre* und *Revilliod*; sie sind von *Key-Aberg* einer eingehenden Besprechung gewürdigt. Die meisten Versuche zum Studium der Einwirkung des Druckes von innen hat *Key-Aberg*²¹ angestellt und beschrieben. Er kommt auf Grund seiner in situ und am herausgenommenen menschlichen Magen angestellten Füllungsversuche zu dem Ergebnis, daß solche rißförmige Rupturen sich stets in oder in der Nähe der kleinen Krümmung und parallel mit ihr verlaufend vorfinden, daß die vollständige Ruptur sich von innen nach außen entwickelt und meist Schleimhautrisse in der Mehrzahl vorhanden sind. Spätere Versuche, die sich dann auch mit der Einwirkung stumpfer Gewalt von außen auf den gefüllten Magen befaßten, wurden von *Geill*¹² angestellt. Seine Ergebnisse gingen dahin, daß bei Einwirkung der Gewalt von innen Schleimhautrisse und Rupturen an der kleinen Krümmung zustande kommen, daß dagegen bei Einwirkung äußerer Gewalt Querrisse im Fundus entstehen. *Sauerbruch*¹⁶ erhielt bei einem Versuch an der Leiche eines 48jährigen Mannes, deren Magen mit 4 l Wasser gefüllt war, durch senkrechte Einwirkung einer Gewalt einen fast 6 cm großen Riss an der kleinen Krümmung mit zerfetzten Schleimhauträndern. Weiter stellte *Fraenckel*²⁴ an seinen Aufblasversuchen von Hundemägen fest, daß bei ihnen, also infolge des Innendruckes, nicht ausschließlich Rupturen an der kleinen Krümmung, sondern auch Risse im Fundus resultierten. Ein von *Busch*¹¹ ausgeführter Füllungsversuch an der menschlichen Leiche zeigte eine Ruptur bei nicht vollständiger Entfaltung des Magens, so daß dieser Autor dem Tonus der Magenmuskulatur für das Zustandekommen und den Ort der Zerreißung Bedeutung zumißt. Schließlich erhielt *Murdfield*²³ bei Leichenversuchen in situ und außerhalb nach Kohlensäureentwicklung durch Natrium bicarbonicum bei einem Druck von 750 mm Wassersäule längsgestellte Schleimhautrisse in der Gegend der kleinen Krümmung. Dieser Art von Versuchen stehen die in der Arbeit von *Fraenckel* außerdem noch angeführten gegenüber; er bestimmte an Magenwandstücken, die aus verschiedener Gegend und in verschiedener Richtung ausgeschnitten waren, die Dehnbarkeit. Er trug als Ergebnisse seiner Versuche unter absichtlicher Vernachlässigung der theoretisch die Dehnbarkeit ausdrückenden

Größe, des Elastizitätsmoduls, die Werte für den Bruch $\frac{\text{Verlängerung}}{\text{ursprüngliche Länge}}$ in Kurven ein. Wie zu erwarten war, erhielt er keine geradlinige, sondern eine krummlinige Kurve, da bei der Magenwand als organischem Körper keine Proportionalität zwischen Belastung und Verlängerung besteht. Versuche über den Wert der Elastizitätsgrenze und die Zerreißfestigkeit der Magenwand hat *Fraenckel* nicht ausgeführt, während durch sie allein unmittelbarer Aufschluß über die Frage zu erwarten ist, ob die Gesetzmäßigkeit im Sitz und der Anordnung der Risse bei reiner Berstung durch die anatomische Beschaffenheit der Magenwand verursacht wird.

Aus dem über die Fälle von Schleimhautrissen und völliger Magenruptur Berichteten geht hervor, daß Unterschiede zwischen den Verletzungen durch äußere und durch innere Gewalt bestehen, obwohl es einleuchtend ist, daß die einen wie die anderen durch Berstung entstehen. Weiterhin bestehen in den Erklärungen über das Zustandekommen und die Erscheinung der Berstung zwischen den Ansichten der einzelnen Autoren beträchtliche Abweichungen.

Meine eigenen Versuche, die in statische und dynamische zerfallen, mußten in Ermangelung frischer menschlicher Mägen an Schweinemägen ausgeführt werden; ich werde im Anschluß an die eben geschilderten Versuche *Fraenckels* mit dem Bericht über meine statischen Versuche beginnen. Sie sollten über die Elastizität, die Elastizitätsgrenze und die Zerreißfestigkeit der verschiedenen Magenwandsschichten Aufschluß geben. Meine statischen Versuche, die ich aus Zeitmangel nicht weiter ausdehnen konnte, hätten zur Ergänzung und Nachprüfung der *Fraenckelschen* Befunde dahingehend erweitert werden können, daß Streifen von verschiedenen Gegenden desselben Magens und in verschiedenen Richtungen entnommene Streifen untersucht wurden. Auch wäre, da es sich doch um auf den menschlichen Körper zu übertragende Versuchsergebnisse handelt, die Anstellung der Versuche an menschlichen Organen wünschenswert gewesen.

Im ersten Versuch, dessen Hauptzweck die Erprobung der Apparatur war, verwendete ich Streifen eines aus einem frisch geschlachteten Schwein stammenden Magens. Die Streifen waren 2 cm breit und 12 cm lang und aus der Vorderwand des Magens in genau querer Richtung von der kleinen Krümmung in Richtung auf die große Krümmung herausgeschnitten. Die von *Fraenckel* ausführlich besprochenen Schwierigkeiten beim Anfertigen gleich großer und gleich breiter Streifen mußte ich ebenfalls feststellen. Da ich aber vorerst keine vergleichenden Untersuchungen zwischen zwei verschiedenen Streifen anstellen wollte, vielmehr es mir auf Versuche mit den verschiedenen Magenwandsschichten desselben Streifens ankam, so konnte ich auch ohne die sehr umständliche Befestigung und Anzeichnung der Streifen, die von *Fraenckel* zum Herausschneiden genau gleich großer Streifen angewandt wurde, auskommen. Mit einem starken Rasiermesser gelang es mir, Schnitte durch die Muscularis und Mucosa so zu führen, daß der herausgeschnittene Streifen in seinem Schleimhautanteil im Ruhezustand gleich groß war wie der Muscularis- und Serosaaanteil, was bei der leichten Verschieblichkeit der Schleimhaut des Schweinemagens nicht einfach ist. Zur Fortführung meiner Versuche ist es notwendig, beim Herausschneiden, der Streifen ein ähnlich genaues Verfahren anzuwenden, wie es *Fraenckel* beschrieben hat. Die von mir benützte Vorrichtung zum Einklemmen Aufhängen, Belasten und Messen des Magenwandstreifens ist einfach.

Am einen Ende wurde der Magenwandstreifen in einer chirurgischen Klemme festgehalten, die so auf mehrere Kistchen gelegt war, daß der Streifen frei herabhängte. Mit einem Gewichtstein mußte das hintere Ende der Klemme beschwert werden. Gleichzeitig mit dem Streifen wurde ein dünnes steifes Messingdrähtchen, das als Zeiger diente, eingeklemmt. Das untere Ende des Streifens kam in eine Schlauchklemme und wurde zusammen mit einem zweiten als Zeiger benützten Messingdrähtchen festgeschraubt. An die Schlauchklemme ließ sich mittels eines Drahtakens die Wagschale einer kleinen Wage anhängen. Nachdem der Apparat

so vor einen an der Wand befestigten Maßstab gestellt worden war, daß die Zeiger diesen fast berührten, damit eine Ablesung leicht vorzunehmen war, konnte mit den Versuchen begonnen werden. Wegen der Gefahr der Austrocknung durfte ein Versuch nur kurze Zeit dauern, es mußte also sofort abgelesen werden, nachdem bei kurzer Beobachtung keine Bewegung mehr sichtbar war.

Zum besseren Verständnis werde ich den Gang des ersten Versuches genau beschreiben, um dann von den übrigen nur noch die Zahlen mitzuteilen.

Der zu diesem Versuch verwendete Streifen hatte eine Breite von 2 cm und eine Länge von 11,7 cm nach Belastung mit der unteren Klemme und dem Haken, zusammen 17,7 g. Diese Belastung mußte, wie es übrigens auch *Fraenckel* tat, als Ausgangspunkt gewählt werden, da ohne die untere Klemme mit dem Zeiger eine Längenmessung mit meinem Apparat nicht möglich ist. Auf das Ziel meiner Untersuchungen hatte dieser Umstand keinen Einfluß, da die Belastung gering war und das Gewicht der Klemme stets dem Gewicht der Wagschale mit den Gewichtsteinen zugezählt wurde. Sodann wurde an den Haken die 62 g schwere Wagschale angehängt und am unteren Zeiger die Verlängerung abgelesen. Zur Kontrolle wurde bei jeder Ablesung der Stand des oberen Zeigers beachtet, um Fehler durch eine unter Umständen bei großen Gewichten eintretende Durchbiegung der oberen Klemme zu vermeiden. Durch Auflegen von Gewichten im Abstand von 10–50 g und jedesmaliges Ablesen der Länge des Streifens wurde der Versuch fortgesetzt. Nach jeder Ablesung des Standes des unteren Zeigers bei Belastung wurden alle Gewichte entfernt und dann die Länge nach Entlastung abgelesen. So war es möglich, die Elastizitätsgrenze festzustellen, d. h. die Kraft, nach deren Einwirkung eine bleibende Verlängerung des Streifens zurückgeblieben war. Im ersten orientierenden Versuch konnte jedoch aus technischen Gründen die Elastizitätsgrenze noch nicht bestimmt werden. Nach Einwirken von 599,7 g riß die Schleimhaut ungefähr in der Mitte zwischen beiden Klemmen. Der Versuch wurde bis zur Zerreißung der Muscularis und Serosa fortgesetzt, was nach einer Belastung von 1979,7 g eintrat. Der Streifen war $\frac{1}{2}$ cm unterhalb der oberen Klemme gerissen.

In gleicher Weise wurden die weiteren Versuche ausgeführt. Nur wurde die Muscularis nach Ausschneiden des Streifens von der Mucosa getrennt, was in dem lockeren submucösen Bindegewebe sehr leicht und ohne Verletzung einer der beiden Schichten sich bewerkstelligen ließ. Die Bestimmungen wurden an Schleimhaut und Muscularis besonders ausgeführt. Tab. 1 zeigt den Gang eines Versuches mit einem an gleicher Stelle wie beim ersten Versuch entnommenen Schleimhautstreifen.

Belastung in g	Nach Belastung Länge in mm	Verlängerung in mm	Nach Entlastung Länge in mm	Verlängerung in mm
17,7	42	0	—	—
79,7	50	8	—	—
89,7	50	8	50	0
129,7	52	10	50	0
149,7	54	12	50	0
179,7	54	12	50	0
279,7	56	14	50	0
379,7	58	16	52	2
479,7	60	18	55	5
529,7	63	21	—	—
579,7	gerissen			

In Tab. 2 sind die Zahlen des Versuches mit dem zugehörigen Stück Muscularis und Serosa angegeben:

Belastung in g	Nach Länge in mm	Belastung Verlängerung in mm	Nach Länge in mm	Entlastung Verlängerung in mm
17,7	42	0	—	—
79,7	44	2	—	—
129,7	45	3	44	0
179,7	47	5	44	0
279,7	49	7	44	0
379,7	49	7	44	0
479,7	51	9	44	0
579,7	51	9	44	0
679,7	52	10	44	0
779,7	53	11	44	0
879,7	56	14	44	0
979,7	60	18	44	0
1079,7	gerissen			

Nach den in Tab. 1 aufgezeichneten Ergebnissen wird die Elastizitätsgrenze des Schleimhautstücks nach Belastung mit 379,7 g überschritten, seine Zerreißgrenze liegt bei 579,7 g. Demgegenüber reißt das zugehörige Muscularisstückchen erst bei einer ungefähr doppelten Belastung, seine Elastizitätsgrenze liegt so nahe bei der Zerreißgrenze, daß sie durch diesen Versuch gar nicht gemessen werden konnte. Ein Serosastück konnte in ähnlicher Weise nicht geprüft werden, da bei dessen Ablösung eine leichte Verletzung nicht hätte vermieden werden können.

Ein Vergleich der Ergebnisse zwischen dem ersten und dem zuletzt beschriebenen Versuch ist schwierig, wegen der verschiedenen Länge, Breite und der unterschiedlichen Zusammensetzung des Streifens.

Im Anschluß berichte ich über meine dynamischen Versuche; meine Schlußfolgerungen über beide Versuchsreihen werde ich erst hernach ziehen. Zu diesen Versuchen wurden außer Schweinemägen auch Meer-schweinchenmägen herangezogen. Mit beiden Arten wurden Füllungsversuche und Versuche über die Einwirkung einer Kraft auf den gefüllten Magen angestellt. Ich berichte zuerst über 9 Versuche an Meerschweinchenmägen, bemerke jedoch, daß dieselben zu derartigen Versuchen wegen ihrer Kleinheit und der Dünnhheit ihrer Wandung nicht besonders gut geeignet sind.

In die sofort nach Tötung der Tiere aus dem Körper entnommenen Mägen wurde am kardialen Ende eine Glaskanüle fest eingebunden, der Pylorus wurde mit Fäden abgebunden. Wegen der Schwierigkeiten, den dickbreiigen Mageninhalt ohne Verletzung der Wand zu entfernen, wurde der Inhalt im Magen belassen. Die Glaskanüle war durch einen kurzen dickwandigen Gummischlauch, einen sog. „Druckschlauch“, mit einem Glas-T-Stück verbunden. Von der einen Seite dieses T-Rohres führte eine Schlauchverbindung zu einem senkrecht an der Wand vor einem Maßstab befestigten 2,5 m langen Glasrohr, das als Manometer diente.

An das andere Ende war ein in einem Glastrichter endender langer Gummischlauch angebracht, durch den das zur Füllung verwendete Wasser aus verschiedener Höhe eingegossen wurde. Durch geeignete Einschaltung von Schlauchklemmen konnte ein Zu- oder Abfließen der Flüssigkeit aus dem Magen oder aus dem Manometer verhindert werden. An einem Magen wurde die Größe des zum Zerplatzen notwendigen Druckes gemessen. Er lag bei 433 mm Wassersäule; auf einen anderen Meerschweinchenmagen wurde plötzlich ein Druck von 1660 mm Wassersäule aufgesetzt. Weitere Versuche wurden an 3 Meerschweinchenmägen mit Einblasen von Luft gemacht. Die Versuchsanordnung war ähnlich wie die mit Wasserdruck; zur Druckerzeugung wurde ein Gummigebläse, zur Ablesung der Druckhöhe ein Quecksilbermanometer verwendet, wie es zur Blutdruckmessung nach *Riva-Rocci* benutzt wird.

Die 3 Mägen platzten bei einem Druck von 30, 36 und 8 mm Quecksilbersäule. Die Rupturstellen befanden sich zweimal an der großen Krümmung, zweimal an der Vorderseite und einmal an der kleinen Krümmung, waren rißförmig und hatten einen längsgerichteten Verlauf. Schleimhautrisse an einer anderen als der Rupturstelle konnte ich nie feststellen. Weitere Versuche mit 4 Meerschweinchenmägen wurden so angestellt, daß zweimal der Magen in seinem Füllungszustande mit Speisebrei, der bei unseren gesunden, plötzlich getöteten Tieren stets gut ist, zweimal nach Aufpumpen mit Luft abgebunden wurde und dann Gewichte aus verschiedener Höhe auf eine kleine Wagschale fallen gelassen wurden, die die Oberfläche des auf harter Unterlage befindlichen Magens vollkommen bedeckte. Das Gewicht der Wagschale, die zu allen 3 Versuchen benutzt wurde, ist 26,5 g. Die beiden nur mit Speisebrei gefüllten Mägen platzten beim Herabfallenlassen von 200 g aus 20 cm Höhe, beide mit Luft prall gefüllte Mägen bei Einwirkung von 100 g aus 40 cm Höhe, was in der Praxis mit hinreichender Genauigkeit als gleichgroße Gewalt angesehen werden darf. Der Riß saß bei allen 4 Mägen in der Vorderseite nahe der großen Krümmung und hatte einmal eine quere Richtung, dreimal war er längsgerichtet. Auch hier konnten keine Schleimhautrisse außer dem Perforationsriß gefunden werden.

An Schweinemägen, die ich vom Stuttgarter Schlachthof gleich nach der Schlachtung bekam, und die somit immer innerhalb der ersten 12 Stunden nach dem Tode in Versuch kamen, stellte ich 2 Füllungsversuche an, von denen der eine ganz mit Wasser, der andere teilweise (etwa zu $\frac{1}{3}$) mit Luft ausgeführt wurde. Beim ersten Versuch, dessen Anordnung die gleiche war, wie die der Meerschweinchenmagenversuche, wurde rasch mit der Füllung und dem Ansteigen des Druckes vorgegangen. Dieser Magen war im Augenblick des Platzens mit 9 l Inhalt gefüllt und stand unter einem Druck von 1755 mm Wassersäule über der Unterlage. Bei der Füllung des 2. Schweinemagens wurde langsamer verfahren; es wurde bei einem gewissen Druck jedesmal soviel Wasser nachgefüllt, als einlief, somit festgestellt, wie groß der Inhalt

des Magens bei einem gewissen Druck ist. Da die Dehnung sehr langsam vor sich ging, zog sich dieser Versuch über annähernd 4 Stunden hin. Der Inhalt des Magens bei verschiedenen Druckhöhen ist aus Tab. 3 zu entnehmen:

Druck in mm Wassersäule	Fassungsvermögen in cem
310	2000
485	6500
685	7750
915	9250
1385	11200 geplatzt.

Wie ersichtlich war der Druck im Augenblick des Platzens des Magens niedriger als der im erstgeschilderten Versuch abgelesene. Es ist dies darauf zurückzuführen, daß die Füllung des etwa gleichgroßen ersten Magens rasch und stoßweise ausgeführt wurde, und der Druck sich durch die engen Stellen der Gummileitung nicht so rasch fortpflanzte, so daß der tatsächlich auf den Magen wirkende Druck wohl kleiner gewesen ist, während der letzte Magen einer gleichförmigen nicht stoßweisen Steigerung des Druckes ausgesetzt war. Für die Bestimmung der Zerreißfestigkeit bietet daher der letzte Versuch die genaueren Unterlagen, während die Ergebnisse des ersten Versuches mehr Ähnlichkeit mit den Verhältnissen der Wirklichkeit haben.

Die Rupturstelle des ersten Magens war an der Vorderwand in der Nähe der Kardia auf der Seite der kleinen Kurvatur. Der Vorgang der Entstehung der Ruptur war gut zu beobachten, da trotz der kurzen Zeit, in der der Druck erreicht wurde, die Zeit vom Sichtbarwerden des ersten Schleimhautrisses bis zum Austritt des Wassers 40—50 Sekunden dauerte und die Rupturstelle an einem dem Blick gut zugänglichen Ort sich befand.

Man sah plötzlich in der Gegend, in der sich später die vollständige Ruptur vollzog, einen anfänglich vielleicht 5 cm großen Schleimhautriß durch die prall gespannte Magenwand durchschimmern. Dieser Riß verlängerte sich langsam in der Richtung auf den Fundus zu. Plötzlich schimmerte auch durch die Hinterwand im Fundus ein Schleimhautriß durch. Hierauf begann an der Stelle des zuerst beobachteten Schleimhautrisses die Serosa nach der Seite auseinanderzuweichen bis eine ungefähr handtellergroße Fläche frei von Serosa geworden war; dadurch war die Muscularis bloßgelegt, ihre einzelnen ineinander wie ein Gewebe verschlungenen Züge waren deutlich zu erkennen. Bald drang an der serosafreien Stelle Wasser in Tropfen durch das Gewebe der Muskelschicht, in ähnlicher Weise wie beim Filtrieren durch Porzellankerzen die ersten Flüssigkeitstropfen auf der noch trockenen Außenseite der Kerze sichtbar werden. Endlich wurden an der oben beschriebenen Stelle in einer Länge von 1,2 cm die Gewebsbündel zur Seite geschoben, und das Wasser trat im Strahl hervor. Während des ganzen geschilderten Vorgangs war durch Schließen der einen Schlauchklemme die Möglichkeit des neuen Eintrittes von Wasser und einer Vergrößerung des Druckes unterbunden. Diesem Umstand war es sicher zu verdanken, daß die Entstehung so gut zu beobachten war. Der erste von außen sichtbare Riß ging parallel zur kleinen Kurvatur,

wandte sich in einem Abstand von 2—3 cm entlang der Oesophagusschleimhautgrenze, die beim Schwein ziemlich weit in den Magen hereinreicht, zum Fundus und überkreuzte dort die Linie der großen Kurvatur. Zwei weitere Schleimhautrisse in der Hinterwand, einer ebenfalls in der Nähe der Speiseröhrenschleimhautgrenze, einer in der Nähe der großen Kurvatur, beide verbunden durch einen auf ihrer Hauptrichtung senkrecht stehenden Schleimhautriß mündeten in der großen Kurvatur in den zuerst beschriebenen Riß. Fast genau in der großen Kurvatur ohne Zusammenhang mit den eben beschriebenen fand sich noch ein 12 cm langer Schleimhautriß, der in seiner Hauptrichtung senkrecht gestellt war und in der Mitte einen kurzen Querriß abgehen ließ, so daß eine T-ähnliche Figur entstand. Der größte Teil der Risse befand sich in der dem Fundus angehörigen Schleimhaut, nur ganz kleine Teile ragten in das Gebiet der eigentlichen Korpus-schleimhaut herein.

Beim zweiten Füllungsversuch konnte die Entstehungsweise der Ruptur weniger gut beobachtet werden, da der erste Schleimhautriß an der Hinterwand des Magens entstanden war, auf der der Magen beim Versuch auflag. Die Perforationsstelle befand sich wieder in der Nähe der Kardia, die Serosa und Muscularis war schnittförmig gerissen in einer Länge von 2,5 cm. Über dem Fundus fand sich in diesem Fall ein etwa 10 cm langer schräg verlaufender mit der Ruptur nicht zusammenhängender Serosariß, unter dem die Muscularis intakt geblieben war. Nach dem Aufschneiden dieses Magens war der 13 cm lange, in der Nähe der Magenschleimhautgrenze verlaufende stark klaffende Riß mit dem Loch durch die Muscularis zu sehen, außerdem befand sich genau in der kleinen Kurvatur ein 2,5 cm langer, gerade die Oesophagusschleimhautgrenze kreuzender längsverlaufender Schleimhautriß. Ein weiterer 21 cm langer, etwas in Zacken angeordneter, jedoch im ganzen längsgerichteter Schleimhautriß verlief an der Vorderwand in der Nähe der großen Kurvatur; auch hier war, wie beim vorher beschriebenen Magen, das submucöse Gewebe des Fundus stark ödematös, da das Wasser des Mageninhalts nach Zustandekommen der ersten Risse hier eingepreßt wurde. Der oben beschriebene Serosariß befand sich über der stark ödematösen Stelle.

Sodann wurde die Einwirkung einer senkrechten Gewalt auf zwei Schweinemägen geprüft. Dazu wurde der Schweinemagen Nr. 3 mittels der früher beschriebenen Apparatur mit Wasser gefüllt, und zwar außer dem schon vorhandenen etwa 1 l betragenden Inhalt von Speisebrei noch mit 5 l Wasser, wozu ein Druck von 550 mm Wassersäule notwendig war. Es war dadurch eine mäßig starke Anfüllung zustande gekommen. Nach Abklemmung des Gummischlauches wurde auf den auf harter Unterlage liegenden Magen ein großer Emailletopf mit glattem Eisenblechboden gesetzt, dessen Bodenfläche größer war als die Projektion des gefüllten Magens auf diese Fläche. Der Topf wurde mit Hilfe zweier Eisenstative so gehalten, daß er auf dem gefüllten Magen stehen blieb und doch nach oben und unten ohne besonderen Widerstand beweglich war. Dann wurden Gewichte aus verschiedener Höhe in den Topf hinein, genau über der Auflagestelle des Topfbodens auf dem Magen, fallen gelassen. Aus einer Höhe von 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 bis 1 m geschah dies mit Gewichtsteinen von 0,5, 1,2 und 5 kg. Bei dem letzten Gewicht und einer Höhe von 0,5 m entstand eine vollständige Ruptur. Der Magen 4 wurde mit wesentlich weniger Inhalt in den Versuch genommen: Er enthielt

2 l Wasser, ungefähr 1 l Luft und $\frac{1}{2}$ l Speisebrei. Die Versuchsanordnung war die gleiche. Zur Prüfung der Einwirkung einer gleichmäßigen Belastung wurden alle verfügbaren Gewichtssteine vorsichtig in den 1950 g schweren Topf gestellt, was jedoch kaum eine namhafte Veränderung des Magens hervorrief. Schließlich ließ ich das Gewicht meines Körpers (74 kg) in dieser Weise 1 Min. lang auf den Magen einwirken, auch dadurch wurde keine Ruptur verursacht, der Magen behielt aber nach Aufhören der Belastung seine gedehnte Form bei, die Elastizitätsgrenze war demnach überschritten worden.

Da aus meinen erstangeführten Versuchen hervorgeht, daß die Elastizitätsgrenze eines Streifens der Muscularis sehr nahe an dem Zerreißpunkt liegt und die Verhältnisse des ganzen Magens ähnliche sein dürften, so glaube ich daraus schließen zu müssen, daß ich in diesem Versuch dem Zerreißpunkt des Magens sehr nahe gekommen bin. Eine Ruptur wurde in diesem Versuch wieder, wie bei Magen 3, durch Herunterfallenlassen von Gewichten erzielt. Erst beim Herabfallen des 5 kg-Gewichtes aus 2 m Höhe trat die Perforation ein. Trotz genauer Untersuchung bei durchscheinendem Licht konnte weder nach der gleichförmigen Belastung noch nach der stoßförmigen Einwirkung des 5 kg-Gewichtes aus 1 m Höhe ein Schleimhautriß oder eine sonstige Verletzung wahrgenommen werden. Die Rupturstelle des Magens 3 saß genau in der großen Kurvatur, war $2\frac{1}{2}$ cm lang und 16 cm von der Kardia entfernt. Der zugehörige Serosariß reichte über das Loch in der Muscularis hinaus, er war 6 cm lang. In der Schleimhaut war ein schräg verlaufender, $14\frac{1}{2}$ cm langer, scharfrandiger Riß zu sehen, in dessen Mitte das Loch sich befand. Parallel zu diesem befand sich in 0,5 cm Entfernung ein 6 cm langer Schleimhautriß, auf der Seite gegen die Kardia zu verlief parallel ein dritter Riß von 3 cm Länge. Das Loch des Magens 4 befand sich an der Kardia gegen die kleine Kurvatur zu. Von der Innenseite war ein 6 cm langer, längsgestellter Riß im Bezirk der Oesophagusschleimhaut des Magens sichtbar, außerdem entlang der kleinen Kurvatur mehrere 1—2 cm lange, längsgestellte Schleimhautrisse.

Zusammenfassend ist über meine Versuche zu sagen, daß durch die statischen die beträchtlich kleinere Zerreißfestigkeit der Magenschleimhaut im Verhältnis zur Muskelschicht festgestellt wurde. An meinen dynamischen Versuchen konnte ich das Zustandekommen einer Ruptur eines Schweinemagens genau verfolgen: Es tritt erst ein Schleimhautriß, dann ein Serosariß, dann ein Auseinanderweichen der Muskelschicht ein. Eine von außen einwirkende Gewalt kann bei starkgefülltem Magen kleiner sein als bei mäßiger Füllung, um das Zustandekommen einer Ruptur zu veranlassen. In jedem Falle von Magenruptur, ob von innen oder von außen verursacht, kommt eine Sprengwirkung in Frage, was

an der Mehrzahl der Schleimhautrisse erkannt werden kann. Bei Füllungsversuchen und bei Versuchen der Einwirkung einer Gewalt von außen kommen am Schweinemagen vollständige Risse im Fundus und an der großen Kurvatur vor, bei Meerschweinchenmägen saßen die Rupturstellen vorzugsweise in der großen Kurvatur.

Versuche ich diese Ergebnisse mit den in der Literatur beschriebenen in Vergleich zu setzen, so ist in erster Linie festzustellen, daß zwischen dem Schweinemagen und dem menschlichen Magen, was den Ort der Ruptur anbelangt, ein Unterschied zu bestehen scheint, wie ihn *Fraenckel* auch schon für den Hundemagen gefunden hat. Nach den Versuchen von *Key-Aberg*²¹, *Geill*¹², *Sauerbruch*¹⁶ und *Murdfield*²³ scheint für den menschlichen Magen die weitaus häufigste Rupturstelle nach Einwirkung einer inneren Gewalt die Gegend der kleinen Kurvatur zu sein. Diese Regelmäßigkeit wurde von *Key-Aberg* durch physikalische Betrachtungen über die Form des Magens, von *Fraenckel* durch anatomische Unterschiede in den einzelnen Magenwandpartien zu erklären versucht. Die meisten übrigen Autoren neigen mehr dazu, diesen Grund in physikalischen Verhältnissen zu suchen. Es würde zu weit führen, auf die einzelnen Theorien genau einzugehen. Auf Grund meiner Kenntnisse von der Anatomie des menschlichen Magens und meiner an den oben geschilderten Versuchen gemachten Erfahrungen glaube ich eine andere, noch nirgends geäußerte Erklärungsweise begründet geltend machen zu können. *Der vollständige Riß kommt dadurch zustande, daß der Mageninhalt an der durch den ersten Schleimhautriß freigelegten Stelle durch Auseinanderschieben der Gewebebündel der Muskulaturschicht sich einen Weg bahnt.* Vor Zerstörung des Zusammenhangs der Schleimhaut wirkt der Innendruck nur auf die Gesamtheit aller Muskelbündel der Muscularis in Form eines Druckes und Zuges ein. Nach Zerstörung der Schleimhaut, die ebenso wie der Serosariß infolge Überschreitens der Zerreißgrenze zustande kommt, ist dem Mageninhalt Gelegenheit gegeben, auf jedes einzelne Gewebsbündel eines engbegrenzten Bezirkes in ganzer Stärke seine Wirkung auszuüben, wodurch das Zerreißen einzelner Bündel und nachher das Beiseiteschieben der übrigen zustande kommt. Für den menschlichen Magen bleibt nur noch zu erklären, warum die Gegend der kleinen Kurvatur in den allermeisten Fällen den Sitz des ersten Schleimhautrisses darstellt. Bekanntlich ziehen sich entlang der kleinen Kurvatur von der Kardialia zum Pylorus Längsfalten der Magenschleimhaut. Diese Falten sind sehr leicht verschieblich, wie daraus erkenntlich ist, daß sie beim aufgeschnittenen Leichenmagen meist nicht mehr zu sehen sind. Es muß also das submucöse Bindegewebe gerade in der Gegend der kleinen Kurvatur besonders locker sein. Wie sich am Leichenmagen erweist, ist es tatsächlich auch lockerer als an den übrigen Magenpartien. Bei der Ausdehnung des Magens wird daher eine un-

gleichmäßige Ausdehnung der Schleimhaut erfolgen. Zuerst werden die Längsfalten an der kleinen Kurvatur verstrichen; bei weiterer Dehnung wird ebenfalls an der kleinen Kurvatur ein stärkerer Zug der Schleimhaut erfolgen als an den übrigen Stellen, da hier die Verbindung von Schleimhaut mit der Muskelschicht eine viel festere ist als an der kleinen Kurvatur. So wird die Zerreißgrenze der Schleimhaut im Gebiet der kleinen Kurvatur zuerst erreicht, und der erste Schleimhautriß muß dort entstehen. Wenn, was nach den Literaturangaben der Fall zu sein scheint, bei Einwirkung äußerer Gewalt auf den menschlichen Magen Rupturen auch im Fundus auftreten, so wird dies meist durch rasche ungleichmäßige Gewalteinwirkung, die oft mit lokaler Gewebsschädigung durch Quetschung verbunden ist, zu erklären sein. So traten in dem von *Rehn*¹⁷ beschriebenen Fall 2 parallele Risse an der Vorderwand ein, nachdem die verunglückte Person aus der Höhe auf eine zwei scharfe Kanten bietende Eisenschiene aufgefallen war. In weiteren Fällen kann die Ruptur auch an der gegen die Wirbelsäule gequetschten Stelle eintreten. Es darf demnach nicht wundernehmen, wenn bei der Einwirkung stumpfer äußerer Gewalt mannigfaltigere Bilder entstehen als nach Einwirkung des Innendrucks allein.

Zusammenfassung.

1. Quetschungen des Magens können fast nur durch Einklemmung an der Wirbelsäule zustande kommen; dazu ist eine mäßige Magenfüllung notwendig, da der leere Magen fast völlig links von der Wirbelsäule liegt.

2. Berstungen kommen praktisch nur bei stark gefülltem Magen vor; je stärker der Füllungsgrad, desto geringer braucht die Gewalt zu sein.

3. Beim Schweinemagen treten sowohl nach Einwirkung äußerer wie innerer Gewalt Schleimhautrisse im Fundus in der Nähe der Kardia auf; die Rupturstelle befindet sich im Fundus, gewöhnlich mehr in der Nähe der großen Kurvatur.

4. Beim menschlichen Magen scheinen nach den Beschreibungen der Literatur und den anderweitig ausgeführten Versuchen bei Einwirkung innerer Gewalt die Risse und die Rupturstelle fast stets in der Nähe der kleinen Kurvatur zu sitzen, während bei Einwirkung äußerer Gewalt die Lage der Rupturstelle von den Umständen abhängig ist; Schleimhautrisse finden sich als Folgen der Sprengwirkung genau wie bei Einwirkung innerer Gewalt in der Nähe der kleinen Kurvatur.

5. Für das Zustandekommen der Ruptur ist nicht die schwächste Stelle der Muscularisschicht, sondern die meistgedehnte Stelle der Schleimhaut ausschlaggebend. Der Riß vollzieht sich dadurch, daß in die durch den Schleimhautriß entblößte Muscularis der Mageninhalt

eindringt und die einzelnen Gewebsbündel der Muskelschicht auseinander schiebt und zerreißt. Die Serosa reißt durch Sprengung meist bald nach der Schleimhaut, ehe das Loch in der Muskulatur entstanden ist*.

Literaturverzeichnis.

¹ *Leube*, Ulcus ventriculi traumaticum. Zbl. klin. Med. **1886**. — ² *Ritter*, Über den Einfluß von Traumen auf die Entstehung des Magengeschwürs. Z. klin. Med. **12**. — ³ *Schönwerth*, Über Verletzungen des Magens durch Streifschuß. Münch. med. Wschr. **1910**, 463. — ⁴ *Duplay*, Arch. gén. Méd. **2** (1881), zit. nach *Rehn*. — ⁵ *Vanni*, Sull'ulcera dello stomaco d'origin traumatica. Sperimentale **64**, 113. — ⁶ *Clayton*, Brit. med. J., zit. nach *Rehn*. — ⁷ *Sieben*, Über Nephritis traumatica. Münch. med. Wschr. **1920**, 905. — ⁸ *Ziegler*, zit. nach *Rehn*. — ⁹ *Piancastelli*, Riforma med. **38**, Nr. 44, 1038. Ref. Z. gerichtl. Med. **3**, 377. — ¹⁰ *Erichsens*, Surg. etc. **321**, zit. nach *Rehn*. — ¹¹ *Ipsen*, Vjschr. gerichtl. Med. Suppl. **33**, 170 (1907). — ¹² *Geill*, Die Ruptur innerer Organe durch stumpfe Gewalt. Vjschr. gerichtl. Med. **18**, 205 (1899); **19**, 39 (1900). — ¹³ *Lesser*, Stereoskopischer, gerichtsärztlicher Atlas. III. Abt. Breslau 1904, Taf. 113, S. 21 des Textes, zit. nach *Strassmann*. — ¹⁴ *Strassmann*, Lehrbuch der gerichtlichen Medizin. Stuttgart 1895. — Vjschr. gerichtl. Med., III. F. Suppl. **33**. — ¹⁵ *Andrew*, Glasgow med. J. **1894**, 49, zit. nach *Rehn*. — ¹⁶ *Sauerbruch*, Die Pathogenese der subcutanen Ruptur des Magen-Darmkanals. Mitt. Grenzgeb. Med. u. Chir. **12** (1903). — ¹⁷ *Rehn*, Verletzungen des Magens durch stumpfe Gewalt. Arch. klin. Chir. **53**, 383 (1896). — ¹⁸ *Gelma, Weiss, Kuhlmann*, Perforation sans cause saisissable de l'estomac chez un nourrisson d'un mois. Ann. Méd. lég. **7**, Nr. 1, 66. Ref. Z. gerichtl. Med. **9**, 637. — ¹⁹ *Neuberger*, Ein Fall von subcutaner traumatischer Magenruptur. Wien. klin. Wschr. **1923**, Nr. 48. Ref. Münch. med. Wschr. **1923**, 1519. — ²⁰ *Polland*, Guys Hosp. Rep. **4**, 132, zit. nach *Rehn*. — ²¹ *Key-Aberg*, Zur Lehre von der spontanen Magenruptur. Vjschr. gerichtl. Med., III. F. **1**, 42 (1898). — ²² *Steinmann*, Spontane Magenruptur. Zbl. Chir. **1917**, 180. — ²³ *Murdfield*, Akute Magenruptur nach Einnahme von Natr. bicarbonicum. Klin. Wschr. **1926**, 1613. — ²⁴ *Fraenckel*, Untersuchungen zur Entstehung der sog. spontanen Magenruptur. Arch. klin. Med. **89**, 113 (1907). — ²⁵ *Busch*, Ein Beitrag zur Frage der vollständigen Magenberstung. Frankfurt. Z. Path. **30**, 30 (1924).

* Herrn Prof. Dr. *Regener*, dem Vorstand des Physikalischen Institutes der Technischen Hochschule Stuttgart, erlaube ich mir, auch an dieser Stelle meinen Dank für seine wertvolle Beratung auszudrücken.