(Aus der Augenklinik zu Jena.)

Einiges über den Nachweis von intraokularen Eisensplittern durch ein verbessertes Sideroskop, sowie über die Einwirkung von andern Metallen auf die Magnetnadel.

Von

Prof. Dr. E. Hertel,

I. Assistenten an der Augenklinik zu Jena.

Mit 6 Kurven und 2 Figuren im Text.

Die verdienstvollen Arbeiten von Asmus (1, 2) haben gezeigt, welch ein wichtiges diagnostisches Hilfsmittel wir zum Nachweis von intraokularen Eisensplittern in der Magnetnadel, wenn dieselbe in geeigneter Form zur Verwendung kommt, besitzen. In der Jenaer Augenklinik wurde die Untersuchung mit dem Sideroskop 1897 eingeführt, und zwar kam bis vor etwa drei Jahren ausschliesslich der von Asmus (2) angegebene Originalapparat zur Anwendung. Es wurde, abgesehen von den Fällen, in denen die Eisensplitter schon mit andern Hilfsmitteln (Spiegel, Fokalbeleuchtung usw.) sicher erkannt werden konnten, in allen einschlägigen Fällen, in denen Verdacht auf Eisen im Auge vorlag, zur Diagnose herangezogen. Von 19 Fällen, in denen die Eisensplitter durch nachfolgende Extraktion sicher gefunden wurden, wurden dieselben 13mal sideroskopisch erkannt und genau lokalisiert; in zwei weitem Fällen war der Ausschlag der Magnetnadel nicht ganz eindeutig, beim Anlegen des Riesenmagneten kamen die Eisensplitter aber sofort nach vorn. In den vier übrigen Fällen war mit dem Sideroskop kein Ausschlag zu erzielen gewesen. Mit dem grossen Magneten, welcher zur Sicherheit angelegt wurde, waren in zwei von diesen Fällen die Splitter extrahiert worden, während die beiden andern auch auf den Riesenmagneten nicht reagierten.

Zum Nachweis der Splitter am Sideroskop genügte für einige Fälle — namentlich bei den grössern Splittern — die nach Asmus stets zuerst vorzunehmende „einfache Ablesung“ der Ablenkung der Magnetnadel durch direkte Beobachtung. In der grössern Mehrzahl der Fälle aber war diese Ablenkung der Nadel durch die angenäherten Splitter so klein, dass wir die Bewegung der Nadel entweder gar nicht, oder wenigstens nicht deutlich genug sehen konnten. Wir kamen deshalb recht oft — ich kann wohl sagen — in die Verlegenheit, die komplizierte und, wie Asmus selbst zugibt, die Untersuchung wesentlich erschwerende Fernrohrablesung heranziehen zu müssen. Wie wohl die meisten Untersucher, so hatten auch wir fast stets mit Schwierigkeiten zu kämpfen, ehe die Einstellung des Fernrohrs auf das Skalenbild für genauere Ablesungen genügend war.

Der Vorschlag von Bjerke(4), eine einmal gefundene richtige Stellung des Fernrohrs zur Skala durch Markierung auf dem Fussboden festzuhalten, um dieselbe Stellung bei der nächsten Gelegenheit sogleich wieder zu finden und benutzen zu können, dürfte doch nur unter ganz besonders günstigen Bedingungen zum gewünschten Ziele führen. Denn bekanntlich sind empfindliche Magnetnadeln, wie wir sie zum Nachweis kleiner Splitter benötigen, zahlreichen Einflüssen seitens der Umgebung unterworfen, welche Veränderungen der Ruhelage der Nadel und damit natürlich auch der Spiegelstellung bedingen können. Änderungen des magnetischen Erdfeldes, Stromschwankungen in elektrischen Leitungen, welche in der Nähe des Sideroskopes vorbeigehen, Bewegung von grössern Eisenteilen sind, ganz abgesehen von mechanischen Erschütterungen, geeignet, die Richtung der Magnetnadel zu ändern und dadurch zur Ablenkung der Nadel und zur Verschiebung des Nullpunktes der Skala zu führen. Man wird also, wo derartige Störungen, die ja unter der mannigfaltigsten Form auftreten können, nicht ausgeschlossen sind, nicht oft die Einstellung der Skala von ein und derselben Stelle aus vornehmen können. Namentlich in Grossstädten werden diese Störungen sich stärker bemerkbar machen, in denen z. B. der elektrische Strassenbahnverkehr — wie Asmus (3) selbst berichtet — die Fernrohrablesung des Tags über überhaupt so gut wie unmöglich machen kann.

Nimmt man weniger empfindliche Nadeln, welche nicht so sehr von diesen Störungen beeinflusst werden, so läuft man Gefahr, eventuell auch die Splitter zu übersehen, oder man muss, um das sicher ausschliessen zu können, bei negativem Resultat mit der geringern Nadel doch noch die empfindlichern einschalten, d. h. es ist ein Umbau des

Apparates notwendig, welcher naturgemäss wieder eine von den zeitraubenden Neueinstellungen des Fernrohrs zur Folge hat. Ist dann trotz allem die Fernrohreinstellung gelungen, so macht sich — wenigstens für viele — ein anderer Übelstand der Methode bemerkbar, dass nämlich zur Bedienung des Apparates zwei Personen erforderlich sind: eine für die Beobachtung der Ausschlagsgrösse, und eine, welche den Patienten in geeigneter Weise an die Magnetnadel heranbringt.

Der grösste Teil dieser unbequemen und oft recht zeitraubenden Schwierigkeiten in der Handhabung des Apparates beruht nun entschieden in der Art der Verdeutlichung des Ausschlages durch die Fernrohrablesung. Diese glaubte ich schon bald nach der Einführung des Sideroskopes in unserer Klinik leicht durch eine andere Methode der Verdeutlichung der kleinern Ausschläge der Magnetnadel ersetzen zu können. Ich ging dabei von dem naheliegenden Gedanken aus, dass eine Drehung des Spiegels und damit der Nadel bequem angezeigt wird durch die Bewegung eines vom Spiegel reflektierten Lichtstrahles auf einem mit Skala versehenen Schirm. In Fig. 1 fällt von der Lichtquelle L ein Strahl LO auf das Spiegelchen AA_1 , er bildet mit der Spiegelnormale oa $\sphericalangle a$. Der Spiegel reflektiert das Licht im $\sphericalangle aoc = \alpha$ bis zum Schirm xy . Dreht man nun das Spiegelchen nach BB_1 , so wird die Normale verschoben in die Richtung ob um den $\sphericalangle aob = \varphi$. Der Lichtstrahl LO bildet jetzt mit der Normalen ob den $\sphericalangle \delta$, wird um Winkel $bod = \sphericalangle \delta$ reflektiert nach dem Schirm xy . Es hat also der Lichtstrahl eine Verschiebung erfahren um den $\sphericalangle cod = x$. Die vom Lichtstrahlbild auf den Schirm durchlaufene Strecke ist $= cd$. Es ist nun:

Fig. 1.

Es ist nun:

$$\begin{aligned}
 \angle \varphi &= \alpha - \delta \\
 \angle \varphi &= x + \delta - \alpha \\
 &= x - \varphi \\
 \hline
 x &= 2\varphi, \\
 \operatorname{tg} x = \operatorname{tg} 2\varphi &= \frac{cd}{co} = \frac{\text{Ausschlag (in Millimetern)}}{\text{Entfernung}}.
 \end{aligned}$$

Das will besagen, dass man genau so, wie bei der von Asmus(2) verwendeten Fernrohrablesung, bei gleichbleibender Entfernung des Spiegels vom Schirm an der vom Lichtstrahl auf dem Schirm durchlaufenen Strecke ein Mass hat für die Drehung des Spiegels bzw. für die Ablenkung des Nadel.

Diesem Prinzip folgend, stellte ich eine elektrische Glühlampe dem Spiegel des Asmusschen Apparates gegenüber und projizierte mit Hilfe eines Fernrohrobjektivs und des Spiegelchens ein scharfes Bild des Glühfadens auf einen auffangenden Skalenschirm — ich verfuhr also im Prinzip ganz ähnlich, wie es Hirschberg(5) empfohlen hat. Leider ergaben mir aber Versuche in praxi und noch deutlicher systematische Vergleichsmessungen mit denselben Splintern, dass die eben beschriebene, an sich sehr bequeme Anordnung der Untersuchung hinter der von Asmus angegebenen Fernrohrablesung an Empfindlichkeit zurückstand, ganz ähnlich wie auch das Hirschbergsche Instrument nach Bjerke(4) weniger empfindlich befunden wurde, als das von Asmus.

Trotzdem habe ich meine Versuche fortgesetzt, weil, wie ich auseinandergesetzt habe, das Prinzip der Ablesung in der gewählten Anordnung richtig war und weil diese selbst so sehr viel bequemer war, als die Fernrohrablesung. Durch richtige Wahl eines genügend empfindlichen Magnetnadelsystems, und durch Verfeinerung der mechanischen und optischen Einrichtungen des Apparates ist es mir denn schliesslich auch gelungen, die Empfindlichkeit desselben so zu steigern, dass allen Anforderungen der Praxis Genüge geleistet wird. Bei den mannigfachen dazu nötigen Versuchen wurde ich in bereitwilligster Weise von Herrn Dr. Henker, damals Assistenten am hiesigen physikalischen Institute, unterstützt. Das nunmehr seit ungefähr einem Jahr in der Jenaer Augenklinik zur Verwendung kommende Instrument besteht aus einem Gehäuse aus Messing und Glas, dessen äussere Form sich durchaus an das bewährte Modell von Asmus anschliesst (Fig. 2). In demselben hängt ein gut astasiertes Magnetnadelpaar von 12,5 cm Länge und 1,25 mm Dicke. Dieses ist in Verbindung mit einem aussen belegten, um die Vertikalachse drehbaren Winkel-

spiegel, dessen Schenkel in der nach vorn gerichteten Kante unter 90° zusammenstossen. Die Spiegelchen sind sehr leicht, aber relativ lang gewählt (20,0 mm), um die Einstellung möglichst zu erleichtern. In der Spiegelhöhe besteht das Gehäuse aus einem leicht drehbaren Messingring mit zwei senkrecht zueinander gerichteten Fenstern aus gut planparallel geschliffenem Spiegelglas: das eine für den einfallen-

Fig. 2.

den, das andere für den reflektierten Strahl. Das Spiegelsystem mit dem Nadelpaar hängt an einem feinen Kokonfaden von 120 mm Länge. Der Faden ist absichtlich länger gewählt, als bei Asmus's Modell, weil dadurch bekanntlich die Leichtigkeit der Drehung nicht unwesentlich erhöht wird. Ferner ist dafür gesorgt, dass die Eigentorsion des Kokonfadens möglichst wenig störend wirken kann. Der

Faden wurde zunächst mit einem kleinen Messingstäbchen von gleichem Gewicht wie die Nadeln und die Spiegel zusammen belastet, um sich „auszuhängen“. Es wurde dann die um die vertikale Gehäuseachse drehbare Aufhängevorrichtung so lange gedreht, bis das Messingstäbchen in derselben Richtung zur Ruhe gekommen war, als wie das astatische freihängende Nadelpaar. An Stelle des Messingstäbchens wurde dann unter sorgfältigster Beobachtung und Einhaltung der gleichen Richtung zunächst die obere Nadel eingehängt, dann die untere, und schliesslich wurden die Spiegel befestigt. Es war so der Einfluss der Torsion des Fadens mit allen seinen Nachteilen (Entgegenwirken der Nadelablenkung, eventuell Anlegen der Nadel an die Glashülsen) nach Möglichkeit vermieden. Als Lichtquelle benutzen wir eine elektrische Glühlampe mit einem einzigen vertikal stehenden Glühlichtfaden. Von diesem Faden, der fast allein Träger der Leuchtkraft, also sehr lichtstark ist, wird ein Bild mittels eines Fernrohrobjektivs auf den Spiegel und dadurch auf den Schirm geworfen. Die scharfe Einstellung dieses Fadenbildes ist durch die Verschiebbarkeit des Objektivs in einem Tubus gewährleistet. Das Bild ist selbst auf grosse Entfernung hin sehr lichtstark und ausserordentlich präzis abgrenzbar. In 9 m Entfernung ist der grelle Lichtfaden 4 mm breit und z. B. bei gleichzeitiger diffuser Beleuchtung des Zimmers durch eine elektrische Glühlampe noch ganz gut sichtbar¹⁾.

Die Handhabung des Apparates ist eine ausserordentlich einfache. Man braucht nur die Lampe vor das eine Spiegelglasfenster zu setzen und dann den Schirm in die Richtung des reflektierten Strahles zu bringen, damit ist die Aufstellung beendet. Man nähert nun den Patienten an die obere Nadel. Die Schutzhülse um diese ist nur 6 mm im Durchmesser, sie gestattet also eine sehr dichte Annäherung an die Nadel. Sollte es für die Untersuchung zweckmässiger erscheinen, das Auge an den andern Nadelpol zu bringen, so braucht man nur den Messingring mit den Fenstern um 90° zu drehen und die Lampe auf die andere Seite zu stellen: es wird dann durch den andern Schenkel des Winkelspiegels der Reflex auf den Schirm geworfen. Es ist damit die freieste Ausnutzung jeder Seite gewährleistet. Die Ablesung der Ablenkungsgrösse kann ferner durch den Untersucher ohne weitere Hilfe erfolgen, kann aber anderseits

¹⁾ Der Apparat wurde gefertigt von Mechaniker R. Gehricke-Jena und wird von diesem komplett mit eingehängten Nadeln und Spiegeln zur Versendung gebracht.

auch in bequemster Weise einem grössern Auditorium demonstriert werden, wie wiederholte Versuche in unserer Klinik während der Vorlesungen ergeben haben.

Ausser dieser einfachen Handhabung gestattet der Apparat in äusserst bequemer Weise eine Variation der Verdeutlichung des Ausschlags. Durch Entfernung des Schirmes vom Spiegel kann man ohne weiteres die Ausschlagsgrösse, linear gemessen, beliebig verlängern, weil diese ja direkt proportional der Entfernung des Spiegels vom Schirm ist. Es kann das bei ganz kleinen Ausschlägen, welche in einer bestimmten Entfernung kaum eine Wanderung des Fadenbildes auf dem Schirme hervorrufen, bequem dazu dienen, jeden Zweifel zu beheben. Sollte man dabei eine Vergrösserung der Entfernung wünschen, die die Zimmerlänge übersteigen würde, so kann man sich leicht dadurch helfen, dass man an Stelle des Schirmes nochmals einen (grössern) Spiegel stellt, der seinerseits nun das Bild wieder weiter reflektiert. Wir benutzen gewöhnlich eine Entfernung von 9 m (im Hörsaal der Klinik), doch dürfte, wie sich aus den später angeführten Messungen ersehen lässt, eine Entfernung von 4,5 m durchaus genügen.

Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass die Nadel wegen der durch die Winkelspiegel verursachten grössern Luftdämpfung sehr stetige Bewegungen macht und auch schnell zur Ruhe kommt, so dass wir die Axenfeldschen (6) Kupferdämpfer, die man ohne weiteres leicht anbringen kann, kaum benötigen. Bemerken möchte ich hier noch, dass eine vollkommene Ruhelage für die Untersuchungen gar nicht nötig ist, ja ich möchte sagen — im Gegenteil: man erhält grössere Ausschläge, wenn die Nadel schon in Bewegung ist. Man muss dann einige Schwingungen beobachten und deren Amplitude sich notieren; die Amplitude nimmt langsam stetig ab. Dann bringt man das Auge an die Nadel in der Schwingungsphase, in welcher sich die Nadel der Untersuchungsseite nähert. Dann wird die an sich schon dem Auge zustrebende Nadel durch das Eisen noch stärker angezogen und der Ausschlag ist gegen früher vergrössert. Die Differenz dieses Ausschlags gegen die letzte Beobachtung bei nicht durch Eisen beeinflusster Nadel gibt den Anhalt für die Grössenbestimmung des Ausschlags.

Die der Ruhelage jedes Magnetsystems von grösserer Empfindlichkeit mehr oder weniger gefährlich werdenden Einflüsse seitens der Umgebung, auf die ich ja schon hingewiesen habe, machten sich natürlich auch bei unserem Apparat bemerkbar. So konnten

wir durch die Einschaltung des Projektionsapparates, des Röntgenapparates, des Riesenmagneten Ausschläge erzielen. Ferner kamen — wenn auch geringe — Ablenkungen stets zu stande, wenn elektrische Strassenbahnwagen an der Klinik vorbeifuhren, trotzdem die Bahn etwa 100 m von der Klinik entfernt ist. Wollte man diese Einwirkungen möglichst vermindern, so könnte man das z. B. durch Anbringung eines Kugelpanzers, ähnlich vielleicht wie beim Du Bois-Rubensschen Kugelpanzergalvanometer, erreichen. Doch würde dadurch unser Sideroskop so kompliziert, in der Handlichkeit so beeinträchtigt und schliesslich auch so teuer, dass man wohl von dieser oder ähnlicher Einrichtung des Apparates dauernd absehen wird. Zudem ist bei der einfachen Bedienung unseres Apparates eine wesentliche Störung der Untersuchung durch die erwähnten Momente bei uns nicht hervorgetreten. Die leichte Ablesung gestattete in zweifelhaften Fällen schnell eine Wiederholung und Kontrolle des Ausschlages, wodurch man ja jedenfalls erkennen wird, ob ein intraokularer Splitter oder eine zufällige Störung die Ablenkung der Nadel hervorgerufen hatte. Hatte sich aber die Nulllage der Nadel etwas verschoben, so genügte ein geringes Drehen der Lampe, um die nötige Korrektur in der Stellung des Fadenbildes schnell herbeizuführen.

Um eine genügende Rechenschaft über die Empfindlichkeit unseres Apparates zu geben, habe ich systematische Untersuchungen mit Splintern aus weichem Eisen, die frisch ausgeglüht waren, vorgenommen. Die durch die einzelnen Splitter unter verschiedenen Bedingungen erhaltenen Ausschläge sind in der Übersichtstabelle zusammengestellt.

Aus dieser Zusammenstellung geht zunächst hervor, dass wir Splitter sogar von $\frac{1}{10}$ Milligramm unter Umständen fast auf Augenachsenlänge (24 mm Entfernung von der Nadel) nachweisen konnten. Splitter von $\frac{2}{10}$ Milligramm gaben in 30 mm Abstand — also über mittlerer Augenachsenlänge — ganz deutliche Ausschläge. Nach einer Zusammenstellung von Asmus (1) dringen Splitter schon von 1 mg nur sehr selten tiefer in das Augeninnere vor — wir besitzen keine solchen Splitter in unserer Sammlung —, der Nachweis von Splintern unter $\frac{1}{2}$ mg, oder gar von nur $\frac{2}{10}$ mg auf Augenachsenlänge dürften demnach wohl die Leistungsfähigkeit unseres Apparates für alle vorkommenden Fälle der Praxis gewährleisten.

Ein etwas genauerer Einblick in die Tabelle dürfte aber nicht nur Aufschluss geben über die Empfindlichkeit unseres Apparates, sondern auch ganz allgemein einige weitere Anhaltspunkte bringen über die Verwendbarkeit einwandfrei erhaltener Sideroskopausschläge für

Tabelle.

Nr.	Gewicht in Milli- gramm	Masse in mm		Entfernung von der Nadel mm	Ausschlag bei hori- zontaler Lage des Splitters mm	Ausschlag bei vertikaler Lage mm	Ausschlag nach Magnetisierung bei horizontaler Lage mm
		Länge	Breite				
1.	0,1	0,5	0,25	20 30	6,5 0		
2.	0,1	1,1	0,125	20 24	9,5 5,0		
3.	0,2	1,2	0,35	30	5,0		
4.	0,2	1,8	0,1	30	7,0		
5.	0,4	0,75	0,32	20 20 30	15,0 4,0		4,50 bzw. 9,0
6.	0,5	0,72	0,6	20 30	27,0 4,0		
7.	0,7	4,18	0,25	30 30	72,0	5,0	
8.	0,9	0,95	0,25	25 25 30	20,0 12,0		56,0 „ 6,0
9.	1,0	1,25	0,7	30	14,0		
10.	1,1	1,4	0,6	30 30	16,0	4,0	
11.	2,0	1,9	0,3	30 30 30	52,0	5,0	105,0 „ 20,0
12.	3,8	2,5	0,75	30 30 40	68,0 24,0	12,0	
13.	8,6	1,5	1,25	30 30	42,0	25,0	

die wichtigen Fragen der genauen Lokalisation und etwaigen Grössenbestimmung der zur Untersuchung kommenden intraokularen Splitter.

Zunächst ist klar, dass auch bei unsern Messungen die Ausschläge für dieselben Splitter beträchtlich wuchsen mit der Verminderung der Entfernung von der Nadel. Ich habe aber, um auch Einflüsse von andern Faktoren auf die Ausschlagsgrösse — namentlich von Gewicht und Gestalt der Splitter — genauer festzustellen, die Entfernung für die meisten Untersuchungen gleich gewählt, und zwar 30 mm — also über Augenhachsenlänge. Die beiden kleinsten $\frac{1}{10}$ mg Splitter, welche bei 30 mm keinen Ausschlag erzielten, scheiden also aus den folgenden Betrachtungen, welche ich durch Kurven anschaulicher zu machen versuchte, aus.

Kurve I zeigt, dass wohl schwerere Splitter im ganzen grössere Ausschläge geben als leichtere, doch ist die Kurve sehr unregelmässig und hat nur ganz bedingte Gültigkeit. Denn wir sehen den grössten Ausschlag durchaus nicht beim schwersten Splitter, sondern bei einem relativ sehr leichten (0,7 mg), und der schwerste Splitter (8,6 mg) hat einen kleinern Ausschlag ergeben als der nur ungefähr die Hälfte (3,8 mg) wiegende, ja sogar einen kleinern als der 2 mg-Splitter. Ganz anders Kurve II. Hier sehen wir eine im ganzen

Kurve I.

steigende Zunahme des Ausschlages proportional der Länge der Splitter unabhängig vom Gewicht. Nur zwei Ausnahmen erleidet die Regelmässigkeit der Kurve (cf. die punktierten Linien), die Splitter von 1,2 und 1,8 mm Länge zeigen kleinere Ausschläge als ihre kürzern Nachbarn. Sehen wir aber genauer zu, so finden wir in ihnen die beiden leichtesten der in diese Betrachtungen aufgenommenen Splitter wieder — sie wogen je 0,2 mg. Es scheint mir darin die Erklärung für das Abweichen von der Kurve zu liegen. Vergleicht man nämlich dieses geringe Gewicht mit dem der Nachbarsplitter, so ist die Differenz — namentlich beim 1,8 mm langen Splitter — ganz

ausserordentlich gross (8,4 mg), dagegen ist die Differenz in der Länge zwischen ihnen und den Nachbarn nicht so sehr gross (ungefähr 0,3 mm): es konnte also der Einfluss der Form gegenüber dem des Gewichtes in diesen Fällen nicht aufkommen. Beide Splitter unter sich betrachtet zeigen, obgleich beide gleich schwer waren, eine Differenz von 2 mm in der Ausschlagsgrösse proportional ihrer Längendifferenz. Es ergeben also unsere Messungen, wie sehr die Ausschlagsgrösse gerade von der Länge der Splitter abhängig ist, in Bestätigung des ja von Volkmann (6) eingehender behandelten physika-

Kurve II.

lischen Gesetzes, dass das entscheidende für die Einwirkung von magnetischen Kraftwirkungen auf Eisensplitter im allgemeinen die Form und nicht das Gewicht ist.

Aus der Tabelle ergibt sich aber ferner, dass auch die Lage der Splitter zur Magnetnadel einen wichtigen Einfluss auf die Ausschlagsgrösse ausübt. Bei den bisherigen Betrachtungen waren alle Splitter horizontal und mit ihrer Längsachse senkrecht zur Nadel gestellt gewesen. Die Splitter 7, 10, 11, 12, 13 habe ich nun aber auch in vertikaler Stellung senkrecht der Nadel genähert und zwar so, dass

sie mit ihrer Mitte der Nadel am nächsten kamen. Vergleicht man die auf diese Weise erhaltenen Ausschläge mit denen aus der ersten Lage, so ist der enorme Abfall in der Ausschlagsgrösse bei Stellung II unverkennbar. Es liegt das daran, dass jetzt die Splitter ihrer Breite nach magnetisch orientiert sind und nicht ihrer Länge nach: die magnetischen Pole liegen also viel näher aneinander, wodurch ja die geringere Einwirkung auf die Nadel sofort erklärt ist. Es ergibt sich aus dem Vergleich der Werte für die Länge und Breite der Splitter und der Werte für die Ausschläge bei Breitstellung und

Kurve III.

Kurve IV.

Längsstellung, dass die Längsausschläge 2 *n*mal grösser sind als die Breitausschläge, wenn die Länge *n*mal grösser ist als die Breite.

Kurve III bringt dann die Ausschlagsgrössen der vertikalgestellten Splitter und Kurve IV die Gewichtszahlen derselben Splitter, die beidemale nach ihrer Breite geordnet sind. Es ergibt sich sogleich eine grosse Ähnlichkeit im Verlaufe beider Kurven. Wir haben den kleinsten Ausschlag bei dem schmalsten Splitter, dieser ist aber auch zugleich der leichteste. Dann steigen beide Kurven im ganzen an; der breiteste Splitter hat den grössten Ausschlag, aber auch das grösste Gewicht. Es war also bei dieser Lage der Splitter eine

gewisse Übereinstimmung zwischen Ausschlagsgrösse und Gewicht unverkennbar.

In Kurve V und VI sind schliesslich noch der Vollständigkeit halber für dieselben Splitter (7, 10, 11, 12, 13) bei Längsstellung die Werte für die Ausschläge und das Gewicht eingezeichnet. Man sieht sofort an dem verschiedenen Verlauf der Kurven, dass auch hier die Länge für die Ausschläge massgebend war und nicht das Gewicht.

Kurve V.

Kurve VI.

An letzter Stelle finden sich in der Tabelle noch einige Zahlen, welche den grossen Einfluss zeigen, den in dem Splitter remanenter Magnetismus auf die Ausschlagsgrösse haben kann. Die Splitter wurden zuerst unmagnetisch angenähert und der Ausschlag bestimmt, dann magnetisiert der Nadel genähert. Die Differenzen in den Zahlen sprechen für sich selbst. Doch geht auch zugleich aus den Zahlen hervor, dass man je nachdem, ob die Splitter mit dem gleichnamigen oder ungleichnamigen Pol der Nadel genähert werden, die Werte sehr verschieden ausfallen können, es hängt das naturgemäss ab von der Stärke des remanenten Magnetismus des Splitters im Verhältnis zu seiner Form und Masse.

Wir sehen also aus all den Zahlen und den daraus gefolgerten Ableitungen, welche Differenzen in den Ausschlägen sich bei An-

wesenheit von Eisen im Auge finden können. Nicht nur die Entfernung von der Nadel, sondern auch die Form des Splitters und seine Lage zur Nadel, schliesslich auch remanenter Magnetismus können von grösstem Einfluss sein. Welches dieser Momente im Einzelfalle ausschlaggebend gewesen ist, dürfte oft gar nicht zu entscheiden sein, und ergeben sich daraus die grossen Schwierigkeiten der Orts- und Grössenbestimmung eines intraokularen Eisensplitters durch den Sideroskopausschlag, selbst unter Berücksichtigung der Wunde, der anamnestischen Daten usw. Es wird deshalb immer die Hauptaufgabe des Sideroskopes bleiben, in jedem Falle die Anwesenheit eines Eisensplitters entweder mit Sicherheit nachzuweisen oder auszuschliessen. Und dieser Aufgabe wird unser Apparat bei grösster Handlichkeit vollkommen gerecht.

Vielleicht aber lassen sich die Grenzen der diagnostischen Verwendbarkeit des Apparates noch viel weiter ziehen, insofern nämlich als ja die Magnetnadel bekanntlich nicht nur durch Eisen abgelenkt wird, sondern noch durch eine ganze Reihe anderer Metalle. Und zwar ist nach den Lehrbüchern der Physik eine doppelte Beeinflussung der Magnetnadel möglich: von einer Reihe von Körpern wird die Nadel angezogen, man nennt diese Körper paramagnetisch. Ihr Hauptrepräsentant mit der stärksten Anziehungskraft ist das Eisen. Ihnen gegenüber stehen die diamagnetischen Körper, sie stossen die Magnetnadel ab, und zwar ist diese abstossende Wirkung am stärksten beim Wismut.

Ich habe nun zunächst eine Reihe von Versuchen angestellt mit paramagnetischen Metallen. Es kommen für unsere Zwecke hauptsächlich in Betracht Nickel, weniger wohl das sehr zähe Kobalt. Beide Metalle gaben selbst in ganz kleinen Splittern deutliche Ausschläge. Allerdings waren dieselben nicht so gross wie beim Eisen.

Ich fand an der Hand von einer grössern Zahl von Vergleichsmessungen, welche ich mit Nickel- und Eisensplittern von gleicher Ausdehnung vornahm, dass die Ausschläge durch Nickel etwa halb so gross waren als die durch Eisen. Auf Einzelheiten dieser Messungen nochmals einzugehen, dürfte sich wohl erübrigen, nur möchte ich erwähnen, dass auch bei den Nickelsplittern die Form der Splitter ausschlaggebend war für die Ausschlagsgrösse. Auf die Einwirkungen von Nickellegierungen auf die Nadel — namentlich durch das sog. Neusilber — komme ich später zurück.

Von diamagnetischen Metallen habe ich Versuche angestellt mit reinem Wismut, Zinn, Zink, Blei und Kupfer. Es gelang

prompt, durch diese Körper auch in kleinen Stückchen einen Ausschlag der Magnetnadel zu erzielen. Und zwar wurde die in Ruhe befindliche Nadel durch diese Metalle abgestossen, d. h. das Glühfadenbildchen wanderte auf dem Schirm gerade in entgegengesetzter Richtung als vorher bei den paramagnetischen Metallsplittern. Der Ausschlag wurde noch deutlicher, wenn man den diamagnetischen Splitter an die sich leicht bewegende Nadel heranbrachte. Naturgemäss muss man jetzt die Phase abpassen, in welcher sich die Nadel von der zur Untersuchung benutzten Seite abkehrt. Denn bringt man im Moment der beginnenden Abkehr die Splitterchen in die Nähe der Nadel, so kann sich die abstossende Kraft derselben viel besser geltend machen, weil sie auf die schon in gleicher Richtung in Bewegung befindliche Nadel trifft und nicht erst Kraft nötig ist, überhaupt eine Bewegung aus einer Ruhelage hervorzurufen. Die Vergrösserung der Amplitude der Abkehrphase gegenüber der frühern ist gleich der Ausschlagsgrösse. Bringt man die Splitter in der Annäherungsphase an die Nadel, so erzielt man eine Verringerung ihrer Amplitude durch die der Schwingung der Nadel entgegenwirkende abstossende Kraft. Doch ist diese „Hemmung“ meist nicht so eindeutig, wie die Verstärkung der Abkehr.

Die Grösse der Ausschläge war verschieden je nach dem Metall, welches zur Untersuchung kam. Die grössten Werte erhielt ich bei Wismut, die kleinsten bei Kupfer. Bei Splittern ein und desselben Metalles hing die Grösse der Ausschläge im wesentlichen ab von der Masse der Splitter. Einen so ausgesprochenen Einfluss der Form, wie wir ihn bei den paramagnetischen Splittern kennen lernten, konnte ich bei den diamagnetischen Metallen nicht finden; aufgefallen ist mir nur, dass lange und schmale Splitter den grössten Ausschlag gaben, wenn man dieselben horizontal und mit ihrer Längsachse parallel der Nadel näherte. Es scheint demnach darauf anzukommen, dass möglichst viel von der Nadel ausgehende magnetische Kraftlinien gleichzeitig das Metall treffen.

Für ophthalmologische Zwecke dürfte praktische Bedeutung wohl nur der Nachweis von Blei und Kupfer haben, abgesehen vielleicht von Zink, das in einigen Industriegegenden möglicherweise mal in Frage kommen könnte. Ich habe mit Blei viele Messungen angestellt und gefunden, dass dasselbe in jeglicher Splitterform nachweisbar ist. Versuche, die ich speziell mit Schrotkörnern anstellte, zeigten, dass man Schrote kleinsten Kalibers noch nachweisen kann. So erhielt ich durch ein aus einem Auge entferntes Schrotkorn, welches

etwas deformiert war und 100 mg wog, in 8 mm Entfernung von der Nadel einen Skalenausschlag von 20 mm bei 9 mm Skalenabstand.

Auch mit Kupfer habe ich eine ganze Reihe von Messungen vorgenommen und mich überzeugt, dass Splitter von chemisch reinem Kupfer sich je nach ihrer Grösse ebenfalls durch den Magnetnadel-ausschlag erkennen lassen. Das kleinste Splitterchen, welches in 5 mm von der Nadel noch einen Ausschlag von 4 bis 6 mm gab, war ein Stückchen dünnes Kupferblech von 17 mg Gewicht.

Weitere Untersuchungen mit Kupfersplittern — namentlich auch mit denen aus unserer Fremdkörpersammlung — zeigten mir aber, dass Kupfer durchaus nicht immer diamagnetischen Ausschlag gab, sondern sehr oft paramagnetischen. Auf Erkundigungen erfuhr ich dann, dass das gewöhnliche „Handelskupfer“ stets mehr oder weniger Eisen enthalte, chemisch reines Kupfer dagegen nur in einigen bestimmten Industriezweigen zur Verwendung komme, z. B. bei Herstellung von elektrophysikalischen Apparaten, bestimmten elektrischen Leitungen u. dgl. Proben, welche ich mir aus verschiedenen Fabriken von unbearbeitetem Handelskupfer kommen liess, ferner Blechstücke aus verschiedenen Kupferschmieden und verwandten Betrieben erwiesen sich denn auch mehr oder weniger eisenhaltig. Von diesem Eisengehalt wird naturgemäss die Art und Grösse der Ablenkung der Magnetnadel, welche durch derartige Kupferstückchen erzielt wird, stark beeinflusst.

Ist wenig Eisen im Kupfer (z. B. in einigen Schablonenblechen u. dgl.), so erhält man bei Annäherung an die ruhende Nadel zunächst eine Abstossung, und erst nach Umkehr der Nadel zeigt sich die Eisenwirkung, indem der Annäherungsausschlag nicht wie bei reiner Kupferwirkung verkleinert, sondern vergrössert ist. Es ist die Nadel durch das inzwischen magnetisch gerichtete Eisen angezogen worden. Ist mehr Eisen im Kupfer (z. B. gewöhnliche Kupferbleche der Kupferschmiede, Kupfer zu Dichtungsringen, Geschossringen usw.), so kann der Eisenausschlag sich schon nach kurzem „Zögern“ der Nadel kenntlich machen. Die Nadel rückt vielleicht eine Spur nach der abgekehrten Seite hin, wird aber dann schnell angezogen, wie bei Eisen. Schliesslich kann bei noch stärkerem Eisengehalt auch diese kleine Zögerung fehlen, es kann direkt ein Eisenausschlag eintreten.

Die bei den Augenverletzungen eine so wichtige Rolle spielenden Zündhütchen enthalten — nach dem mir zur Prüfung vorgelegten Material aus verschiedenen Fabriken — alle Eisen; die in

unserer Sammlung von extrahierten Fremdkörpern enthaltenen Zündhütchenstückchen konnte ich je nach Grösse in verschiedenen Entfernungen von der Nadel fast alle durch Ausschlag an der Skala nachweisen, und zwar erhielten wir meist erst eine kleine Abstossungserscheinung und dann eine einwandsfreie Anziehung der Nadel. Das Gewicht der Zündhütchenstückchen hielt sich in den Grenzen von 21 bis 54 mg. Ein kleineres Stückchen — 6 mg schwer — erzielte keinen Ausschlag.

Ähnlich wie das Handelskupfer verhalten sich nun auch verschiedene Legierungen von Kupfer mit andern Metallen. Zunächst gibt Messing (drei Teile Kupfer und ein Teil Zink) — soweit mir Proben zu Gebote standen — stets Eisenausschlag. Etwas weniger eindeutig waren Versuche, welche ich mit verschiedenen Bronzearten anstellte. So erhielt ich mit Phosphorbronze (Phosphor, Kupfer, Zinn) einen reinen Kupferausschlag, dagegen gab Kanonenbronze (90 % Kupfer, 10 % Zinn) Eisenausschlag, Manganbronze (sogenanntes Kupromangan) gab Kupferausschlag.

Neusilber schliesslich — Legierung von Kupfer 50 %, Nickel 25 % und 25 % Zink — gab stets Eisenausschlag.

Bei allen diesen Legierungen, zu denen wir ja wegen seines Eisengehaltes auch gewissermassen das Handelskupfer rechnen können, war ein Einfluss der Gestalt — ähnlich wie bei den diamagnetischen Splittern — nur insofern zu sehen, als die Ablenkung um so grösser war, je grössere Flächen die Richtung der magnetischen Kraftlinien durchschnitten. Es erzielten also auch hier längliche Splitter die grössten Ausschläge bei parallelhorizontaler Lage. Eine Normierung der Ausschlagsgrösse — wie man sie vielleicht bei Eisensplittern versuchen kann — war nicht gut durchführbar, weil eben der Eisengehalt sehr schwankte. Im allgemeinen aber ist zu sagen, dass die Ausschläge in kleinen Entfernungen von der Nadel — bis zu 6 bis 10 mm — selbst bei kleinen Splitterchen ganz deutlich waren.

Wenn wir demnach auch in der Magnetonadel für Splitter aus rein diamagnetischen Metallen und aus diamagnetischen und paramagnetischen Gemischen wegen der geringen Ablenkungen niemals einen so präzisen Indikator besitzen, wie bei rein paramagnetischen Splittern, so dürften doch die gegebenen Auseinandersetzungen und vorläufigen Versuche immerhin dazu ermutigen, allgemein bei Fällen, in denen Verdacht auf intraokulare Metallsplitter besteht, das Sideoskop — oder besser dann vielleicht das Magnetoskop —, das allerdings mindestens die gleiche Empfindlichkeit haben müsste, wie

das bei unsern Messungen benutzte, zu diagnostischen Zwecken mit heranzuziehen. Weitere Versuche und vor allem die Praxis werden zeigen, ob die Methode empfindlich genug ist, oder vielleicht noch weiter verbessert werden kann, um positive Werte zur Lokalisation der intraokularen Fremdkörper überhaupt beizutragen.

Den Eisengehalt in den Legierungssplittern (das Handelskupfer eingerechnet) auch zu Extraktionsversuchen aus dem Auge zu benutzen, ist uns nicht gelungen — selbst mit dem stärksten zur Verfügung stehenden Riesenmagneten konnte auch nicht eine Spur von Ortsveränderung von Splittern, welche im Gewebe festsaßen, erzielt werden.

Literaturverzeichnis.

- 1) Asmus, Das Sideroskop. v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. Bd. XL. 1. S. 280.
 - 2) Asmus, Das Sideroskop und seine Anwendung. Wiesbaden 1898.
 - 3) Asmus, Meine Erfahrungen mit dem Sideroskop seit Einführung der elektrischen Strassenbahn in Düsseldorf. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. XXXIX. 1. S. 423.
 - 4) Bjerke, Eine veränderte Form des Sideroskopes von Dr. Asmus. v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. Bd. L. 3. S. 461.
 - 5) Hirschberg, Vereinfachtes Sideroskop. Centralbl. f. Augenheilk. 1899. S. 245.
 - 6) Axenfeld, Eine kleine Verbesserung am Asmusschen Sideroskop. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. 1899. S. 343.
-