Aus der II. Medizinischen Klinik der Charité in Berlin.
(Direktor: Geheimrat Kraus.)

Venenpuls und Herztöne.

Von Stabsarzt Dr. **R. Ohm**, Assistenten der Klinik.

In seinem Aufsatz „Vorhofpuls und Venenpuls“ in Nr. 22 dieser Wochenschrift geht Rautenberg auch auf meine photographische Registriermethode und auf meine Auffassung über den Venenpuls ein.

Da das, was Rautenberg darüber ausführt, sich in manchen Punkten mit meinen Veröffentlichungen nicht deckt, nehme ich Veranlassung zur Richtigstellung und komme zunächst kurz auf meine kombinierte Methodik zurück, an deren Gleichwertigkeit Rautenberg Zweifel äußert.

Die Gleichwertigkeit der Methoden hatte ich schon früher durch Stimmgabelversuche festgestellt. Ich habe mich ferner, um die Gleichwertigkeit der Methoden direkt am Menschen zu prüfen, folgenden Experiments bedient. Ich habe die Herztöne bei ein und demselben Menschen gleichzeitig mit meinem Venenpulszeichner und mit meinem Herzschallapparat aufgenommen.

Und zwar habe ich die Versuchsanordnung folgendermaßen gewählt: Das Stäbchenende des Venenpulszeichners, das sonst der Vene aufgelegt wird, wurde auf die Auskultationsstelle der Pulmonalis gelegt. Der Untersuchte befand sich dabei in Rückenlage. Gleich neben dem aufliegenden Stäbchenende wurde der Herzschallrezeptor aufgesetzt, von dem in der gewöhnlichen Weise durch einen Luftschlauch der Schall zu dem Registrierapparat geleitet wurde.

Die von den beiden Spiegelchen reflektierten und genau übereinander eingestellten Lichtstrahlen zeichnen nun die Kurven.

Die Aufnahme (s. Kurve 1) zeigt das Resultat. Es beginnen die mit den beiden verschiedenen Verfahren gezeichneten Herztöne gleichzeitig. Daraus geht hervor, daß in dem Herzschallapparat keine nachweisbare Verzögerung stattfindet. In der Kurve ist unten der Herzschall mit dem Venenpulszeichner geschrieben. Da hier ohne besondere Dämpfung registriert wurde, fallen die Schwingungen periodisch ab, was aber den Versuch an sich nicht stört.

Besondere Wichtigkeit habe ich ferner dem Umstande beigemessen, die Möglichkeit einer genauen Kontrollierung über die Ausrichtung der Bewegungsvorgänge dem Leser jederzeit an die Hand zu geben. Diese nachträgliche sehr exakte Kontrolle ist durch die von mir angegebene Apparataufstellung und Lichtführung gewährleistet.

Ich habe in Kurve 2 absichtlich eine falsche Einstellung, z. B. des Herzschalles und Arterienpulses dargestellt, um es zu demonstrieren. Die falsche Einstellung ist daran zu erkennen, daß die Schattenmarken in den beiden Aufzeichnungen nicht in die gemeinschaftliche Schattenlinie fallen, sondern etwas daneben. Bei richtiger Einstellung müssen die Schattenmarken mit den langen Schattenlinien zusammenfallen, wie die anderen Kurven zeigen. Eine solche exakte Ausrichtung der Kurven ist für ihr zuverlässiges Ablesen notwendig.

Wenn also mehrere Registrierorgane verschiedenen Systems ohne nachweisbare Latenz, d. h. gleichzeitig ansprechen, und ferner eine genaue Ausrichtung der Bewegungsvorgänge gewährleistet ist, d. h. darüber, daß sie genau senkrecht übereinander aufgenommen sind, so ist zu sagen, daß die Kurven miteinander verglichen werden können und daß nunmehr nur noch die im Kreislauf bestehende Wellenfortpflanzungszeit zu berücksichtigen ist.

Eine Verspätung der Venenwellen gegen die Herzbewegung habe ich in einem ganz anderen Sinne gelegnet, als Rautenberg annimmt.

Daß eine zentral im Herzen erzeugte Welle eine gewisse Zeit braucht, um sich zur Peripherie fortzupflanzen, ist selbstverständlich.

Diese Tatsache, daß im Vergleich zum zentralen Puls wegen der Fortpflanzung der Wellen nicht absolut zeitlich identische Punkte der Kurven übereinanderfallen, die auch aus meinen Kurven deutlich hervorgeht, habe ich nicht als Gegenstand eines Einwandes erwartet.

So zeigt z. B. beistehende Kurve 3, daß die systolische Welle des Venenpulses oder auch Kammerklappenwelle genannt mit ihrem Fußpunkt zwar in den Bereich des ersten Tones fällt, aber ein deutlich wahrnehmbares Zeitteilchen hinter dem Beginn des ersten Tones liegt. So verhält es sich auch mit der Lage des Pulmonalklappenschlußäckchens z. zum zweiten Ton. So verhält es sich ferner, und zwar aus verschiedenen Gründen, mit der Lage des Fußpunktes des Radialpulses zum ersten Ton. Schon weil die Weglänge vom Herzen zur Radialarterie

besonders lang ist, fällt auch der Fußpunkt dieser Welle noch weiter hinter dem Beginn des ersten Tones als der Fußpunkt der schon erwähnten Kammerklappenwelle. Das alles ist aber keine Wellenverspätung, sondern es ist die bestimmten Bedingungen entsprechende Fortpflanzungszeit zentral erzeugter Wellen nach der Peripherie.

Eine Verspätung würde vorliegen, wenn z. B. eine bestimmte, durch ein und dasselbe Moment erzeugte Welle bei der einen Herzrevolution mehr Zeit braucht, um zur Registrierstelle zu gelangen, als bei der vorhergegangenen Herzperiode, oder wenn die einzelnen Wellen des Venenpulses überhaupt verschiedene Fortpflanzungsgeschwindigkeit

Kurve 1.

Kurve 2.

Kurve 3.

hätten. In diesem Sinne habe ich eine Wellenverspätung in Abrede gestellt.

Besondere Versuche, die ich über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Flüssigkeitswellen in einem mit Wasser gefüllten elastischen Schlauch angestellt habe, ergaben, daß z. B. auch die größere oder geringere Kraft, mit der die Wellen erzeugt wurden, wohl einen Einfluß auf ihre Größe, nicht aber auf ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit hat, daß vielmehr letztere völlig ungeändert bleibt. Die Weglänge, die bei diesen Versuchen die Welle zu durchlaufen hatte, betrug 1 m. Die Warnung Rautenbergs, den Venenpuls mit Vorsicht zu beurteilen, weil zwischen entsprechenden Wellen des linken Vorhofpulses und des Jugularvenenpulses zeitliche Unstimmigkeiten bestehen, halte ich für nicht berechtigt. Die pulsatorischen Vorgänge im linken Vorhof eignen sich schon deshalb nicht zu einem zeitlichen Vergleich mit denen in der Jugularvene, weil kein direkter Zusammenhang zwischen ihnen besteht.

Hervorheben möchte ich, daß ich bei der Registrierung des Venenpulses mit den Herztönen die Schwierigkeiten nicht habe, wie sie sich bei der Mitregistrierung des linken Vorhofpulses ergeben haben.

Was die Registrierung der Herztöne im allgemeinen betrifft, so gehe ich auf den Umstand, daß nach einigen neueren Untersuchungen die Beziehungen zwischen dem Elektrokardiogramm und der Tonkurve nicht ganz konstant gleichmäßig sein sollen, hier nicht näher ein. Ich habe mir vorgenommen, darüber Nachprüfungen anzustellen, zumal es ja leicht ist, neben den von mir registrierten Bewegungen auch noch das Elektrokardiogramm aufzunehmen.

Es muß aber daran festgehalten werden, daß die Tonkurve präzise die Phasen der Herzrevolution markiert.

In letzter Zeit haben Weber¹⁾ und Wirth im Tierversuch den Nachweis erbracht, daß der Beginn des Druckanstiegs im rechten Ventrikel, also der Beginn der Systole, zeitlich genau übereinstimmt mit dem Beginn des ersten Herztons.¹⁾ Die beiden Autoren weisen darauf hin, daß auch der zweite Ton zeitlich genau übereinstimmt mit der Inzisur der Aortendruckkurve, die, wie O. Frank nachgewiesen hat, das Ende der Systole anzeigt.²⁾ Daraus geht hervor, daß sich die Dauer der Systole, d. h. die Zeit, während der die Ventrikel sich in Kontraktion befinden (verstanden ist hierunter die Anspannungszeit + Austreibungszeit bis zum Beginn der Erschlaffung), präzise aus der Tonkurve ablesen läßt. Sie entspricht der Zeit vom Beginn des ersten bis zum Beginn des zweiten Herztones.

Die Tonkurve bietet nun auch Gelegenheit, alle Punkte der Venenpulscurve mit den Tönen zeitlich zu vergleichen. Zahlreiche Ausmessungen meiner Kurven haben ergeben, daß zwischen Herztönen und Venenpuls keine Ungleichmäßigkeiten bestehen, daß vielmehr Venenpuls und Herztöne etwas durchaus Konstantes, Gleichmäßiges darstellen.

Bei der Ausmessung der Kurven muß man in bestimmter Weise vorgehen und folgendem Umstande Rechnung tragen. Die verschiedenen Herzrevolutionen sind bei ein und demselben Menschen nicht ganz genau gleich lang. Diese Ungleichmäßigkeiten liegen an der nicht ganz gleichen Länge der Diastole. Die Systole dagegen verhält sich gleichmäßig.

So zeigt z. B. Kurve 3 die Systole in drei verschiedenen Phasen gemessen völlig gleich lang (vgl. die Stimmgabelkurve in Kurve 3 einer 100 mal in der Sekunde schwingenden Stimmgabel).

Um nun die einzelnen Wellen des Venenpulses in ihrem zeitlichen Verhalten zu den Tönen miteinander zu vergleichen, gehe ich z. B. folgendermaßen vor (vgl. Kurve 3):

Ich nehme die Entfernung vom Beginn eines ersten Tons bis zum Beginn des nächstfolgenden ersten Tons und weiter in derselben Weise die Entfernung dieses ersten Tons wieder zum nächstfolgenden ersten Ton. Diese beiden Entfernungen sind in Kurve 3 durch die punktierten Linien a und b markiert. Als Beginn der Töne markiere ich mir z. B. die erste nach unten gerichtete scharfe Zacke so, wie es die die Systole und Diastole markierenden Horizontalstriche andeuten. Vergleicht man Phase a mit b, so ergibt sich aus der Stimmgabelkurve, daß b $\frac{4}{100}$ Sekunden länger dauert als a, d. h., daß, da die Systolen gleich sind, die Diastolen um $\frac{4}{100}$ Sekunden differieren. Vergleicht man nun die Entfernung zwischen dem Fußpunkt der Welle s und dem Beginn des nächsten ersten Tons Ia in Phase a mit der Entfernung zwischen dem Fußpunkt der Welle s₁ und dem Beginn des nächsten ersten Tons Ib in Phase b, so ergibt sich dieselbe Differenz wie in den beiden genannten Phasen, nämlich $\frac{4}{100}$ Sekunden.

Genau dieselbe Differenz ergibt sich, wenn man die Entfernung zwischen dem Fußpunkt der Welle d und dem Beginn des nächsten ersten Tons Ia vergleicht mit der Entfernung von d₁ und dem nächsten ersten Ton Ib. Dasselbe ergibt der in der gleichen Weise vorgenommene Vergleich des Zäckchens z mit z₁ und so fort.

Weiter erhält man die gleiche Differenz, wenn man vom Fußpunkt der dem Ton I vorangehenden, zu ihm gehörigen Vorhofwelle pr bis zum Beginn des Tones Ia mißt und damit die Entfernung vergleicht vom Fußpunkt der Welle pr₁ mit dem Beginn des Tones Ib. Mit anderen Worten, hält eine Herzrevolution länger an, so nimmt auch gesetzmäßig der Venenpuls daran teil.

Die Gesetzmäßigkeit, mit welcher der Venenpuls den ihn

erzeugenden Momenten der Herzrevolution folgt und die bis auf $\frac{1}{100}$ Sekunde nachweislich genau ist, läßt es auch nicht zu, ihn als ein schlechtes Manometer aufzufassen. Die Jugularvene erscheint vielmehr als durchaus brauchbares Manometer. Seine Leistung ist bemerkenswert, wenn man bedenkt, daß es nicht ohne Trägheit ist. Letztere beeinträchtigt also die Manometerwirkung der Jugularvene praktisch nicht; und die Frage, ob die Jugularis als Manometer brauchbar sei, ist, wie die Ausmessungen ergeben, durchaus zu bejahen. Die manometrische Wirkung des in respiratorischem Stillstande gezeichneten Jugularvenenpulses muß direkt auf das Herz bezogen werden. Denn die Druckschwankungen, die er im Atemstillstand anzeigt, können durch keine anderen Komponenten modifiziert werden, wie das z. B. beim arteriellen Puls der Fall ist. Hier beeinflussen verschiedene Faktoren die Pulsform, z. B. Tonus, Kontraktionszustand, Dicke und Rigidität der Wandung. Das alles fällt praktisch bei der elastischen Venenwand fort. Auch in dieser Beziehung besitzt die Vene die Eigenschaften eines gebrauchsfähigen Manometers für das rechte Herz. Wenn nun meine Methode diese Manometerwirkung besser erkennen läßt, wie ich glaube, als andere Methoden, so dürfte das nicht nur an der größeren Empfindlichkeit liegen, sondern vor allen Dingen daran, daß bei meiner Methode die Druckschwankungen sehr getreu zur Verzeichnung kommen.

Andere Methoden der Venenpulszeichnung, auch die empfindlicheren unter ihnen, vermögen deshalb nicht Druckschwankungen in dieser Weise darzustellen, weil sie alle die Luftübertragung haben, die ich gerade beim Venenpuls für ungeeignet halte. Es kann bei diesen Methoden, wie z. B. bei der Franksehen, die mit der Schreibvorrichtung versehene, theoretisch durchgerechnete Membran an sich vollkommen einwandfrei sein; das Ungeeignete bei der Venenpulszeichnung liegt lediglich in der Luftübertragung. Diese gewährleistet keine durchaus feste Lage des Rezipienten, was bei der Jugularis um so mehr in Betracht kommt, da ihr eine geeignete feste Unterlage fehlt, gegen die sie angedrückt werden könnte. Bei der Registrierung der benachbarten Carotis macht das deswegen viel weniger Schwierigkeit, weil diese als kräftiges Rohr überhaupt einen stärkeren Druck verträgt, der den zarten Venenpuls unter Umständen zur Unterdrückung, d. h. zum Verschwinden bringen würde. Auch hat die Carotis an sich selbst einen größeren Halt. Die bei der Luftübertragung gebräuchlichen Rezipienten können auch nicht so beschaffen sein, daß sie überhaupt ohne zu großen Druck der Venenwand appliziert werden können. Soweit bei den Lufttransmissionsverfahren die Pulsabnehmer Membranen sind, hat der überaus zarte Venenpuls gegen die Spannung der Membran anzuarbeiten, was einer zu starken Gewichtsbelastung gleichkommt. Hierdurch aber entsteht die Gefahr, daß, im Verhältnis zum Innendruck in der Vene der Außendruck zu stark wird. So ließe sich noch vieles gegen die Luftübertragung anführen. Ich gedenke, in einer besonderen Arbeit diese Dinge zusammenhängend zu besprechen. Insbesondere habe ich mir vorgenommen, über die praktisch wichtigsten Formen des Venenpulses bei den verschiedenen Stauungsgraden im rechten Herzen zu berichten. Soviel steht schon jetzt fest, daß sich mir diese Methode als Funktionsprüfung über die mechanische Arbeitsleistung des rechten Herzens durchaus bewährt hat.

Besonders geeignet halte ich sie für jene Fälle, in denen Zweifel über die gute Funktion des rechten Herzens bestehen. Ausnahmen möchte ich schwer Herzkranke, die in horizontaler Rückenlage und respiratorischem Stillstande nicht untersucht werden können. Auch Menschen mit sehr stark erregter Herzaktivität eignen sich nicht besonders für diese Untersuchung.

Ebenso lege ich keinen besonderen Wert auf die Untersuchung der Arrhythmien mit Hilfe des Venenpulses, abgesehen von gewissen Formen, z. B. den Ueberleitungsstörungen.

Wenn ich nun nach Rautenbergs Ansicht „irrtümlich“ die dritte Welle des Venenpulses, von mir als d bezeichnet, als diastolisch auffasse, so geht das als objektiver Befund klar und deutlich aus meinen, wie ich zeigen konnte, zuverlässigen Kurven hervor.

So zeigt z. B. die in respiratorischem Stillstande gezeich-

¹⁾ Deutsches Archiv für klinische Medizin 1912, Bd. 105.

²⁾ Zeitschrift für Biologie 1905, Bd. 28, S. 524.

nete Kurve 3, daß der Fußpunkt des Anstiegs bei d in den Beginn der Diastole fällt, und zwar ein geringes Zeitteilchen hinter den Beginn des zweiten Tons. Wohl verzeichne ich eine in das Ende der Systole fallende kleine Schwankung, die infolge Anfüllung des Vorhofs als Rückstauung aufgefaßt werden muß (s. in Kurve III bei sr). Diese Schwankung dürfte identisch sein mit dem nach anderen Autoren noch in die Systole fallenden Anteile der dritten Welle des Venenpulses. Sie ist, wie meine sämtlichen Kurven klar zeigen, deutlich vom Beginn der diastolischen Welle d getrennt.

Was nun die Atembewegungen betrifft, so liegt der Grund dafür, daß ich diese vollkommen ausmerzen kann in meiner Methodik. Es lassen sich in meinen Kurven selbst die allergeringsten Atemschwankungen erkennen. Denn das mit der Venenwand verbundene Stäbchen hebt und senkt sich auch mit leisester Atmung, wobei der Lichtstrahl auf und nieder geht. Man sieht in Kurve 4, die bei geringer Atmung

Kurve 4.

registriert ist, deutlich die groben Atemschwankungen. Der Umstand, daß ich die geringsten Atemschwankungen erkennen kann, gibt mir auch die Möglichkeit, mich vor Irrtümern zu schützen. Viel unzuverlässiger als bei meiner Methode lassen sich die Atemschwankungen bei allen anderen bisher gebrauchten Methoden wahrnehmen, bei denen die Venenpulsation durch einen Luftschlauch auf eine Kapsel übertragen wird. Denn durch den biegsamen Schlauch können sich die Atemschwankungen teilweise ausgleichen, sodaß sie in der Kurve als lange Erhebungen und Senkungen, wie sie der Rhythmus der Atmung bedingt, verwischt sein können. Auf diese Weise werden die durch Luftübertragung gewonnenen Kurven unzuverlässiger, weil der Einfluß der Atmung z. B. auf die Größe und den Abfall einzelner Wellen erhalten sein kann, ohne daß man Atemsenkungen und -erhebungen in der Kurve wahrnimmt. Auch in dieser Beziehung halte ich die direkte Übertragung, des Venenpulses, wie ich sie benutze, anderen Methoden überlegen.¹⁾