

# Beitrag zur Physiologie des venösen Vorherzens (Sinus und Hohlvenen) der Ringelnatter.

Von

**Dr. Ernst Kupelwieser,**

Assistent am Institute.

(Aus dem Physiologischen Institut der deutschen Universität in Prag. Vorstand:  
Prof. Dr. A. Tschermak.)

Mit 8 Textabbildungen.

*(Eingegangen am 16. Januar 1920.)*

## I. Problemstellung.

Aus den am Froschherzen ausgeführten Untersuchungen von Th. W. Engelmann<sup>1)</sup> geht hervor, daß sich nicht nur der Sinus venosus sondern auch die intraperikardialen Strecken der großen Herzvenen grundsätzlich anders als die übrigen Herzteile verhalten. Während Vorhöfe, Kammern (und Bulbus arteriosus) alle Kriterien von normalerweise in abhängiger Pulsation begriffenen Herzteilen aufweisen, fehlen diese dem venösen Vorherzen, unter welchem — von A. Tschermak vorgeschlagenem — Ausdrucke wir den Sinus venosus mit den intraperikardialen Anteilen der Ven. cav. sup. dextr. et sin. und der Ven. pulm. der Kürze und ihrer funktionellen Gleichwertigkeit halber zusammenfassen wollen.

Das Fehlen der kompensatorischen Pause nach einer Extrasystole, trotz des Besitzes einer die ganze Systole und einen Teil der Diastole umfassenden refraktären Phase, sowie die Abhängigkeit der Schlagfrequenz des venösen Vorherzens vom eigenen Zustand (z. B. bei Abkühlung oder Erwärmung hervortretend) können nach Engelmann nur mit der Annahme erklärt werden, daß die Orte der Reizentstehung hier mit jenen des Reizeffektes zusammenfallen, bzw. durch unsere Mittel örtlich nicht trennbar sind — mit anderen Worten, daß die zur Erregung des venösen Vorherzens führenden Ursachen in ihm selbst gegeben sind.

Im Gegensatz hierzu ist das Verhalten der übrigen Herzteile, deren Schlagfrequenz de norma vom Zustand der betreffenden Herz-

<sup>1)</sup> Th. W. Engelmann, Über den Ursprung der Herzbewegung und die physiologischen Eigenschaften der großen Herzvenen des Frosches. Arch. f. d. ges. Physiol. **65**, 109. 1897.

partie unabhängig ist und welche das Phänomen der kompensatorischen Pause zeigen, wie bekannt, ein solches, daß man die Ursachen für ihre normale Erregung außerhalb suchen muß und sie angesichts der für ihre normale Tätigkeit bestehenden Abhängigkeit vom Zusammenhang mit dem venösen Vorherzen (oder mit einem Teil desselben), sowie auf Grund der Abhängigkeit ihrer Schlagfrequenz von der des venösen Vorherzens in eben diesem findet. Wir haben also das in selbständiger Pulsation begriffene venöse Vorherz — zunächst als Ganzes — als den nomotopen Ort der Reizentstehung zu betrachten.

In der Frage, ob innerhalb des relativ ausgedehnten Gebietes des venösen Vorherzens des Frosches sich eine begrenzte Stelle finde, von welcher allein aus de norma die Herzreize ausgehen, oder ob verschiedene Ursprungsstätten für dieselben in Betracht kommen können, gelangte Engelmann im Prinzip zu folgender Vorstellung:

Alle Teile des venösen Vorherzens des Frosches sind funktionell gleichwertig und können als Ausgangsstätten der normalen Herzreize in Betracht kommen. Diejenige Stelle, an welcher der im ganzen venösen Vorherzen sich abspielende Prozeß der spontanen Reizbildung zuerst zu einer Erregung führt, wird im speziellen Fall zur führenden, von welcher aus sich die Erregung infolge ihrer allseitigen Ausbreitung den in ihrer Reizbildung nachhinkenden Stellen des venösen Vorherzens mitteilt. Von der Tatsache, daß der Ort des Erregungsbeginnes ein innerhalb des venösen Vorherzens wechselnder sein kann, überzeugt man sich nach dem Vorgange von Engelmann durch direkte Beobachtung an absterbenden Herzen, bei denen die Frequenz und Leitungsgeschwindigkeit der Erregung soweit herabgesetzt ist, daß man das Wandern der Kontraktionswelle über das venöse Vorherz mit dem Auge verfolgen kann, wobei man bemerkt, daß dieselbe während einer längeren Reihe von Herzschlägen in verschiedenen Fällen an verschiedenen Stellen des venösen Vorherzens beginnt. Am häufigsten sah Engelmann unter solchen Verhältnissen die Kontraktionswelle von der unteren Hohlvene ausgehen, von wo sie sich auf den Sinus und rückläufig auf die oberen Hohlvenen fortzupflanzen schien.

Da indessen die direkte Beobachtung des Fortschreitens der Kontraktionswelle eindeutig nur am geschädigten Herzen bei herabgesetzter Leitungsgeschwindigkeit möglich ist<sup>1)</sup>, bleibt die Frage nach dem Orte des Erregungsbeginnes im intakten Herzen insofern offen, als nicht gesagt werden kann:

1. Ob am intakten Herzen ein bestimmter Teil des venösen Vorherzens als Ausgangsstätte der Herzreize prädisponiert ist oder ob etwa mehrere Reizbildungsstellen gleichzeitig in Betracht kommen,

<sup>1)</sup> Vgl. die analogen Komplikationen (bei der Schildkröte) an den Suspensionskurven von W. E. Garrey, Amer. Journ. of physiol. 28, 330. 1911.

2. ob die Ausgangsstelle individuell wechseln kann,

3. ob — wie Engelmann dies theoretisch fordert — der Ausgangsort der Erregung auch bei einem normalen Individuum (in vivo) wechselt und jeweils von funktionellen Faktoren bestimmt wird.

Die Entscheidung zwischen diesen Möglichkeiten ist durch den obigen Versuch deshalb nicht möglich, da ja am geschädigten Herzen die Ausgangsstelle der Kontraktionswelle dadurch bestimmt und fixiert sein kann, daß die am wenigsten geschädigte Stelle zur führenden bzw. allein noch funktionierenden geworden ist.

Auch bei den klassischen graphischen Versuchen, welche Engelmann am Frosch angestellt hat, ergibt sich für die Beurteilung des Erregungsablaufes im intakten venösen Vorherzen dieselbe Schwierigkeit. Bei diesen Versuchen wurden die Kontraktionen des vom Vorhof abgetrennten Sinus venosus und einer mit dem Sinus in Zusammenhang gelassenen Vene in der Weise gleichzeitig zur Registrierung gebracht, daß die durch die Umschlagsfalte des Perikards an ihrer Eintrittsstelle in den Perikardialraum fixierte Vene hier als fester Punkt diente und die am Sinus angebrachte Suspension eine Kurve schrieb, welche in ihrer Form und Größe von der algebraischen Summe aller in der Richtung der Suspension wirkenden Komponenten der am Präparat vorkommenden Einzelbewegungen (des Sinus und der Vene) bestimmt sein mußte<sup>1)</sup>. Die am frischen Präparat auf diese Weise gewonnenen Kurven<sup>2)</sup> zeigen die Form von Sinuslinien, woraus auf eine (praktisch) gleichzeitige Kontraktion von Sinus und Vene geschlossen wird<sup>3)</sup>.

Erst wenn im Laufe des Absterbens oder einer sonstigen Schädigung des Präparates die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung abgenommen bzw. sich ein relativer Block zwischen Sinus und Vene ausgebildet hat, zeigen die Kurven ein Gipfelplateau bzw. Doppel-

<sup>1)</sup> Bei völlig intaktem Herzen gelang es Engelmann nicht, den Erregungsablauf durch direkte Beobachtung zu verfolgen. Venen und Sinus kontrahieren sich für die Beobachtung — wie er sagt — vollkommen synchron. A. Tschermak hat bei Frosch und Schlange (Ringelnatter) auch am frischen Präparat gelegentlich andeutungsweise zeitliche Differenzen zwischen Sinus und Venen beobachten können, wobei mitunter die Hohlvenen, speziell die linke obere (beim Frosch), eben merklich voranzugehen schienen. Diese Beobachtungen gaben A. Tschermak die Veranlassung, mich zu den hier mitgeteilten Versuchen anzuregen. Mir ist es bei einfacher Inspektion nicht gelungen diese Beobachtung mit jener Sicherheit zu wiederholen, die mir eine Aussage berechtigt erscheinen ließe.

<sup>2)</sup> Siehe Engelmann, a. a. O., Arch. f. d. ges. Physiol. 65, Tafel V, Abb. 6.

<sup>3)</sup> Hierzu sei bemerkt, daß bei dieser Art der Registrierung nicht ohne weiteres eine Anisochronie auch höheren Grades auszuschließen ist, da eine stetige, selbst einer Sinuslinie ähnliche Umhüllungskurve, auch bei sukzessiver Kontraktion der einzelnen Längselemente des längssuspendierten Sinusvenenpräparates resultieren kann, falls nur der Zuwachs an einzelnen Teilkomponenten, bzw. deren Abnahme stetig erfolgt.

gipfeligkeit, worin die Anisochronie von Sinus und Vene zum Ausdruck kommt und eine Verfolgung des Erregungsablaufes in bezug auf seine Richtung möglich wird.

Die Verhältnisse am völlig intakten Herzen entziehen sich somit auch bei dieser Methode der genauen Analyse, denn auch hier führen die am nicht geschädigten Objekte angestellten Beobachtungen zum Bilde einer Isochronie der gleichzeitig registrierten Teile des venösen Vorherzens, ohne daß man dabei zur Annahme einer wirklichen Isochronie berechtigt wäre (s. die vorige Anm.).

Das Vorkommen einer solchen lehnt auch Engelmann aus theoretischen Gründen ausdrücklich ab, da man ja nicht annehmen kann, daß in allen einzelnen Muskelzellen des venösen Vorherzens der spontane Reizbildungsprozeß im gleichen Augenblicke zur Erregung führt; und wenn Engelmann auch von Isochronie und Gleichzeitigkeit spricht, so ist damit ganz offensichtlich eine solche der Wahrnehmung bzw. der instrumentalen Aufzeichnung gemeint.

Nach Engelmann wären es also quantitative Unterschiede in der Erregungsleitung, welche das eine Mal den Ablauf der Kontraktionswelle zu beobachten gestatten, am intakten Herzen ihn aber der Beobachtung entziehen, indem bei nicht geminderter Erregungsleitung das sukzessive Geschehen zum Bilde der Gleichzeitigkeit verschmilzt.

Auf Anregung von Prof. A. Tschermak, der mir auf Grund der oben erwähnten Beobachtungen und gewisser Bedenken gegenüber den vorliegenden literarischen Daten die Physiologie des venösen Vorherzens als ein keineswegs erschöpftes Gebiet bezeichnete, habe ich die im folgenden beschriebenen Versuche unternommen. Dieselben sollten die Frage behandeln, ob die im Prinzip wohl auch am intakten venösen Vorherzen anzunehmende Anisochronie sich durch ein besonderes Suspensionsverfahren doch etwa nachweisen läßt; ob ferner innerhalb des venösen Vorherzens des Frosches und speziell der Ringelnatter de norma eine bestimmte und ob immer dieselbe Stelle Ausgangsort der Erregung sei oder ob diese Stelle wechseln könne.

In zweiter Linie stand die Frage nach den zeitlichen Verhältnissen der zu beobachtenden Erscheinungen.

Der vorliegende Beitrag beschränkt sich auf die mechanographische Bearbeitung des Problems. Die Weiterführung der Versuche, speziell die elektrographische Untersuchung ist seitens des hiesigen Institutes beabsichtigt.

## II. Versuchsmethodik:

Bei der beabsichtigten mechanischen Registrierung durch Suspension mußten in Hinblick auf die Fragestellung folgende Anforderungen an die anzuwendende Methode gestellt werden:

1. Gleichzeitige, getrennte Registrierung zweier Stellen des venösen Vorherzens (spez. einer Vene und des Sinus).

2. Isolierung der suspendierten Stellen gegen mechanische Einflüsse von seiten der übrigen pulsierenden Herzteile, besonders gegen den Vorhof, und gegeneinander.

3. Anwendbarkeit bei erhaltenem Kreislauf und möglichst unversehrtem Herzen.

Nachdem in den am Frosch angestellten Vorversuchen, bei welchen der Sinus und die eine obere Hohlvene<sup>1)</sup> nach Abtragung der gleichseitigen Aorta und Umklappen des Herzens auf die Gegenseite suspendiert worden waren, die mechanische Isolierung gegen den Vorhof große Schwierigkeiten bereitet hatte und nur ganz ausnahmsweise gelungen war, ergab sich in der Schlange mit ihrer langgestreckten Herzanlage ein geeigneteres Versuchsobjekt<sup>2)</sup>. Verwendet wurde die Ringelnatter (*Tropidonotus natrix*), die in der hiesigen Gegend verhältnismäßig leicht zu beschaffen war.

Das Versuchstier wurde, nachdem das Zentralnervensystem — ausgehend von einem nur die Wirbelsäule umgreifenden Schnitt in der Nackengegend — unter minimalem Blutverlust bis weit unter das Operationsfeld zerstört worden war, am Rücken liegend auf einer entsprechenden Leiste aus weichem Holz fixiert. Hierauf wurde die Herzgegend durch einen 5—6 cm langen medianen Hautschnitt freigelegt, die beiden freien Hautränder nach rechts und links über die Kanten der Leiste gespannt und an deren Seitenflächen mittels Reißnägeln befestigt, wodurch eine gute Fixierung des Versuchsfeldes zustande kam. Ebenso wurden die Thoraxhälften mit kurzen Nadeln auf der Unterlage fixiert, was das Herz auch von der Seite zugänglich machte. Vor dem Weiterführen der Präparation wurde nun nahe dem kranialen Wundwinkel die Trachea eröffnet und mittels einer bis nahe an die Lunge reichenden Glaskanüle von ungefähr halbem Tracheadurchmesser eine kontinuierliche Sauerstoffdurchlüftung eingeführt (Methode von Volhard<sup>3)</sup>). Hierauf legte eine mediane Eröffnung des Perikards Vorhöfe und Kammern, sowie die in ihrem distalen Teile nicht von den Kammern überlagerte untere Hohlvene frei. Zieht man nun den rechten Schnittrand des Perikards nach der rechten Seite, so wird auch der bisher bedeckte Teil der unteren Hohlvene, sowie der Sinus und die rechte obere Hohlvene zur Ansicht gebracht, indem dabei das Herz nach links sinkt. Das so gespannte Perikard wird am besten in der erwünschten Lage festgehalten, indem man es mit seinem freien Rand an die von der Innenfläche der Haut gebildeten Unterlage antrocknen läßt.

Beobachtet man nun die Bewegungen der sichtbaren Teile des venösen Vorherzens speziell des Sinus und der intraperikardialen Strecke der unteren Hohlvene (die obere Hohlvene eignet sich wegen ihrer Kürze weder zur Beobachtung noch zur Suspension) so sieht man an denselben zwei Arten von Bewegungen:

1. Die sehr kräftigen Eigenkontraktionen, die sehr deutlich vor dem Beginn der Vorhofs- und dementsprechend noch mehr vor dem der Kammersystole einsetzen.

2. Neben dieser Eigenbewegung vollführt der Sinus eine synchron mit der Vorhofsystole beginnende passive Mitbewegung im Sinne einer seitlichen Verschiebung gegen den Vorhof hin.

<sup>1)</sup> Auch die Versuche mit Suspension des Sinus und der unteren Hohlvene mißlingen aus dem gleichen Grunde.

<sup>2)</sup> Dieses Objekt wird seit Jahren von Prof. A. Tschermak zur Demonstration der Automatie der isolierten Hohlvenen benützt, da hier die intraperikardiale Strecke, speziell der Vena cava inferior, besonders lang ist. Beim Kaninchen scheint nach den Erfahrungen des Genannten ein bestimmter Füllungs- bzw. Wanddehnungsgrad eine absolute Bedingung für die Äußerung der Befähigung der Hohlvenen zur automatischen Rhythmik darzustellen.

<sup>3)</sup> Rhythmische künstliche Atmung mußte wegen der Mitbewegung des Versuchsfeldes vermieden werden.

Ebenso macht die untere Hohlvene bei jeder Kammersystole eine Mitbewegung mit der Kammer, welche dadurch verursacht wird, daß die Hinterfläche der Kammer mit der unteren Hohlvene bindegewebig verbunden ist. Selbstverständlich greifen diese von Kammer und Vorhof herrührenden Mitbewegungen wechselseitig auf Sinus und Vene über, solange kein *Punctum fixum* zwischen diesen beiden Teilen des venösen Vorherzens geschaffen ist.

Um die Eigenbewegungen dieser in Betracht kommenden Abschnitte des venösen Vorherzens ohne störende Einmischung dieser passiven Mitbewegungen registrieren zu können, wurde in folgender Weise vorgegangen: Zwischen die beiden Lamellen, welche die Kammer mit der Vene bindegewebig verbinden, wurde eine sehr feine Schere mit der einen Spitze eingeführt und, unter Ausnützung der durch die Kammersystole erzeugten Spannung der Membranen, zuerst die der einen, dann die der anderen Seite sukzessive abgetragen. Mit der nötigen Vorsicht gelingt es, die Vene ohne Beschädigung bis an ihre Einmündungsstelle in den Sinus von der Kammer zu lösen, wodurch die von der Kammer herrührenden Mitbewegungen ausgeschaltet werden.

Zur Isolierung des Sinus gegen den Vorhof diente ein Faden (in Abb. 1 mit I bezeichnet), der von links her unter den Aorten durchgeführt und über die Sinusvorhofgrenze gelegt wurde. Dieser Faden wurde an der Dorsalseite des Herzens (immer auf der Sinusvorhofgrenze liegend) wieder nach links zurückgeleitet, jedoch nicht (wie bei der ersten Stannius'schen Ligatur) zu einer vollständigen Schlinge geschlossen; sondern es wurden die beiden freien Fadenenden an der linken Lattenseite mit Reißnägeln so befestigt, daß ein ganz leichter Druck auf die Sinusvorhofgrenze ausgeübt wurde. Die Spannung des Fadens kann so abgestuft werden, daß sie genügt, den Sinus von den Bewegungen des Vorhofs weitgehend unabhängig zu machen ohne den Blutstrom merklich zu beeinträchtigen. Es kontrahieren sich nun der Sinus einerseits, andererseits der Vorhof gegen den Faden als *Punctum fixum* hin.

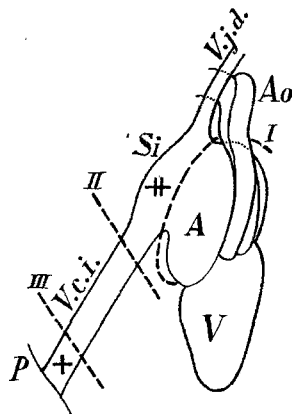


Abb. 1. Herz der Ringelnatter, von rechts gesehen.

Eine vollkommene Abisolierung gelingt jedoch nur unter besonders günstigen Umständen<sup>1)</sup>; der meist noch bestehende Rest an passiver Mitbewegung des Sinus mit dem Vorhof ist aber aus dem Grunde weniger störend, weil die Überleitungszeit vom Sinus zum Vorhof von solcher Dauer ist, daß die Störung sich erst im abfallenden Teil des Sinusdiagramms geltend macht<sup>2)</sup>, während es sich ja bei den vorliegenden Versuchen um Erfassung des Kurvenbeginnes handelt.

Bevor zu der beabsichtigten gleichzeitigen Suspension des Sinus und einer möglichst weit von demselben abliegenden Stelle der Vena cava inf. geschritten werden konnte, war es notwendig zwischen Sinus und dem angrenzenden Teil der unteren Hohlvene einerseits, andererseits zwischen diesem und dem distalen Teil der Vene je ein *Punctum fixum* zu schaffen, um die Eigenbewegungen der betreffenden Stellen, welche registriert werden sollten, von evtl. seitens der angrenzenden Stellen bewirkten passiven Mitbewegungen zu trennen. (Solche wurden auch

<sup>1)</sup> Siehe Abb. 4 bzw. Kurve B.

<sup>2)</sup> Siehe Abb. 3 und 6 bzw. Kurve A und D.

gelegentlich beim Fehlen der *Puncta fixa* beobachtet.) Zu diesem Zwecke wurde ein Faden über die Sinusvenengrenze gebrückt (Abb. 1, Faden II); ein weiterer solcher Faden (III) wurde über die untere Hohlvene in einer Entfernung von einigen Millimetern kardialwärts von ihrer Eintrittsstelle ins Perikard gebrückt, so daß zwischen dieser Stelle und dem Faden (Abb. 1, Faden III) ein deutlich pulsierender Anteil von der übrigen Vene abgegrenzt wurde. (A. Tschermak hatte in seinen Vorbeobachtungen zu ähnlichem Zwecke kleine Klemmen an Bleistreifen verwendet, welche die seitliche Venenwand ganz leicht faßten.)

Den beiden Fäden wurde, indem sie beiderseits mit Reißnägeln an der Latte befestigt wurden, eine ganz geringe Spannung gegeben, welche die Strömung in der Vene nicht behinderte und doch die beiden registrierten Stellen gut voneinander isolierte. (Hatte z. B. eine der Vene aufgelegte Wattefaser neben der transversalen eine longitudinale Komponente in ihrer Bewegung gezeigt, so verschwand diese nach Anbringung der Fäden sofort; oft genügte deren Gewicht ohne Spannung derselben.)

Nunmehr wurde am Sinus (Abb. 1 bei ++ ) und am distalen Stück der unteren Hohlvene (Abb. 1 bei + ) je eine Suspension angebracht. Zur Suspension wurden die von W. Wiechowski in dieser Verwendung angegebenen Klettenhäkchen (Involucrumblätter von *Lappa vulgaris*) mit großem Vorteil benützt, welche mittels angeklebter Kokonfäden ihre Bewegung auf die Schreibhebel übertragen.

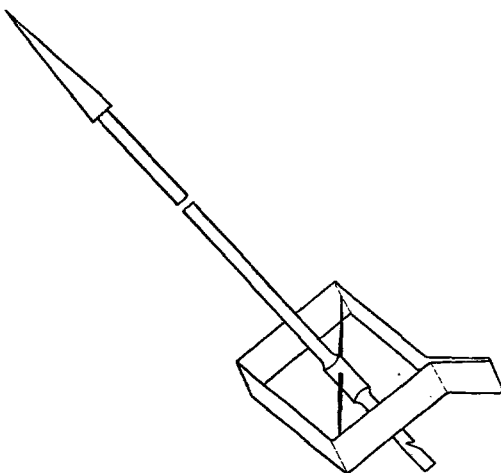


Abb. 2. Form der verwendeten Schreibhebel.

Die zweiarmligen Hebel (Abb. 2), mit denen geschrieben wurde, waren in folgender Weise hergestellt: Ein Strohalm mittlerer Stärke wurde, mit Ausnahme einer gegen das eine Ende zu gelegenen Stelle, soweit gespalten, daß beiderseits der erwähnten Stelle ein nur etwa 2 mm breiter Spahn stehen blieb. An der Stelle, wo der Strohalm in voller Zirkumferenz erhalten geblieben war, wurde ein beiderseits zuge-schliffenes Stück einer Näh-nadel als Achse angebracht und mittels Magnusschem Kitt befestigt. Am kurzen Hebelarm diente eine Kerbe zur Aufnahme des Suspensionsfadens, am langen wurde als Schreiber ein schmaler Streifen aus Zigarettenpapier (wobei dieses in seiner ganzen Länge benützt wurde) befestigt, welches ein Schreiben mit sehr geringer Reibung ermöglichte. Das Gewicht solcher Hebel betrug samt der Achse 0,17–0,18 g.

Als Lager diente ein oben von einer Klemme festgehaltener Rhombus aus federndem Papier, in welchen der Achsenstift eingeklemmt wurde (s. Abb. 2). Der Lagerdruck konnte durch Verschieben der den Rhombus haltenden Klemme variiert und so die Reibung auf das zum Festhalten der Achse eben nötige Maß reduziert werden.

Die Abmessungen der Hebelarme betrugen 140:12 mm, so daß mit einer nicht ganz 12fachen Vergrößerung geschrieben wurde.

Um die Fußpunkte der Kurven schärfer hervortreten zu lassen, wurden beide Hebel unter ca.  $45^\circ$  schräg nach abwärts gerichtet.

Da die Herstellung der Ordinatenkoinzidenz der beiden Schreibspitzen schwer gelang, wurde auf eine solche verzichtet und nach den bei ruhender Trommel angebrachten Koinzidenzmarken bei der Ausmessung der Kurven eine entsprechende Korrektur angebracht, wie aus den Tafelabbildungen und aus deren Beschreibung zu ersehen ist.

Es kam vor, daß die Schreibspitzen während des Versuches — offenbar durch ihre Hygroskopie — ihre Krümmung änderten; darum wurden die am Anfang und am Ende jedes Trommelumlaufes angebrachten Koinzidenzmarken miteinander verglichen und nur solche Aufnahmen zur Messung verwendet, bei welchen dieselben ihre gegenseitige Lage nicht geändert hatten.

Zur Aufnahme diente ein Ludwig-Baltzarsches Kymographion; die Zeitmarkierung besorgte ein auf  $\frac{1}{6}$  Sekunden gestellter Chronograph von Jaquet; die Geschwindigkeit betrug rund 37 mm pro Sekunde.

Während seiner ganzen Verwendung wurde das Präparat mit Ringerscher Lösung feucht gehalten.

### III. Versuchsergebnisse.

Die Ausmessung der mit der oben beschriebenen Methode gewonnenen Kurven ergab ein wechselndes Verhalten und zwar sowohl in bezug auf den Sinn der Sukzession der beiden registrierten Stellen (Sinus venosus und distaler Anteil der intraperikardialen Strecke der Vena cava inferior), als auch betreffs der zeitlichen Verhältnisse.

Dieses wechselnde Verhalten sei an der Hand eines im Detail wiedergegebenen Versuchsprotokolles und einiger typischer Kurvenauschnitte aufgezeigt. Der Versuch wurde (wie die anderen) so angestellt, daß innerhalb eines Zeitraumes von mehreren Stunden eine Anzahl je fünf bis sechs Perioden (entsprechend einem Trommelumlauf) umfassende Aufnahmen gemacht wurden. Die erste Aufnahme erfolgte sobald als möglich nach dem Präparationsbeginn. In den größeren Zwischenpausen wurden, um Schädigungen der Gefäßwand durch zu lange Dauer des zwar geringen Druckes zu vermeiden, welchen die der Schaffung der *Puncta fixa* dienenden Fäden ausübten, diese entspannt und die Suspensionshäkchen ausgehängt. (Deshalb bei einigen Aufnahmen die Differenzen in der Entfernung der suspendierten Stellen, weil beim Wiedereinhängen, speziell am Sinus, nicht immer wieder genau dieselbe Stelle getroffen wurde!)

#### Versuchsprotokoll:

Versuch vom 17. VI. 1919 (Nr. 17).

Mittelgroße Ringelnatter. Präparation wie in der Beschreibung der Methodik angegeben. Suspension des Sinus venosus und des distalen Anteiles der intraperikardialen Strecke der Vena cava inferior.

Zimmertemperatur  $+20^\circ$ . Rückenmark zerstört  $4^h 16'$ ; Tracheotomie, Beginn der  $O_2$ -Durchlüftung  $4^h 26'$ ; Eröffnung des Perikards  $4^h 32'$ ; Beginn der Registrierung  $4^h 58'$ .



Aufnahme um 4<sup>h</sup> 58'. Durchschnittliche Dauer einer Periode: 1,5 Sek. Entfernung der suspendierten Stellen: 11,5 mm. Kontraktionsfolge: Sinus vor Vena cava inferior.

Tabelle I.

Nr.	Intervall Si <sub>s</sub> —Ve <sub>s</sub> in Sek.	Entspräche einer Erregungsleitung von mm/Sek.
1	0,05	230
2	0,05	230
3	0,05	230
4	< 0,004	> 2875
5	0,004	2875
6	0,05	230

Aufnahme um 5<sup>h</sup> 15'. Durchschnittliche Dauer einer Periode: 1,4 Sek. Entfernung der suspendierten Stellen: 11,5 mm. Kontraktionsfolge: Sinus vor Vena cava inferior.

Tabelle III.

Nr.	Intervall Si <sub>s</sub> —Ve <sub>s</sub> in Sek.	Entspräche einer Erregungsleitung von mm/Sek.
1	0,04	287
2	0,04	287
3	0,03	383
4	0,04	287
5	0,04	287
6	0,045	255

Aufnahme um 6<sup>h</sup> 30'. Durchschnittliche Dauer einer Periode: 1,5 Sek. Entfernung der suspendierten Stellen: 15 mm. Kontraktionsfolge: Sinus vor Vena cava inferior.

Tabelle V.

Nr.	Intervall Si <sub>s</sub> —Ve <sub>s</sub> in Sek.	Entspräche einer Erregungsleitung von mm/Sek.
1	0,006	2500
2	0,01	1500
3	< 0,01	> 1500
4	0,007	2143
5	0,02	750
6	0,009	1666

Aufnahme um 4<sup>h</sup> 59'. Durchschnittl. Dauer einer Periode: 1,5 Sek. Entfernung der suspendierten Stellen unverändert. Kontraktionsfolge: Sinus vor Vena cava inferior.

Tabelle II.

Nr.	Intervall Si <sub>s</sub> —Ve <sub>s</sub> in Sek.	Entspräche einer Erregungsleitung von mm/Sek.
1	0,04	287
2	0,02	575
3	0,01	1150
4	0,015	767
5	0,02	575
6 <sup>1)</sup>	0,02	575
7	0,01	1150

Aufnahme um 5<sup>h</sup> 43'. Durchschnittliche Dauer einer Periode: 1,4 Sek. Entfernung der suspendierten Stellen: 13,6 mm. Kontraktionsfolge: Sinus nach Vena cava inferior.

Tabelle IV.

Nr.	Intervall Ve <sub>s</sub> —Si <sub>s</sub> in Sek.	Entspräche einer Erregungsleitung von mm/Sek.
1	Abhebungspunkte unscharf, doch Si nicht vor Ve.	
2	0,01	1360
3	0,015	906
4	0,01	1360
5	0,01	1360
6 <sup>2)</sup>	0,02	680
7	0,02	680

Aufnahme um 6<sup>h</sup> 40'. Durchschnittliche Dauer einer Periode: 1,5 Sek. Entfernung der suspendierten Stellen: 15 mm. Kontraktionsfolge: Sinus vor Vena cava inferior.

Tabelle VI.

Nr.	Intervall Si <sub>s</sub> —Ve <sub>s</sub> in Sek.	Entspräche einer Erregungsleitung von mm/Sek.
1 <sup>3)</sup>	—	—
2	0,007	2143
3 <sup>3)</sup>	—	—
4	0,02	750
5	0,01	1500
6 <sup>3)</sup>	—	—

<sup>1)</sup> Siehe Abb. 3, Kurve A.

<sup>2)</sup> Siehe Abb. 4, Kurve B.

<sup>3)</sup> Abhebungspunkte unscharf.

Aufnahme um 6<sup>h</sup> 51'. Durchschnittliche Dauer einer Periode: 1,7 Sek. Entfernung der suspendierten Stellen: 15 mm. Kontraktionsfolge: Sinus vor Vena cava inferior.

Tabelle VII.

Nr.	Intervall Si—Ve <sub>s</sub> in Sek.	Entspräche einer Erregungsleitung von mm/Sek.
1	0,025	600
2	0,01	1500
3	0,02	750
4 <sup>1)</sup>	0,007	2143
5	0,006	2500

Aufnahme um 7<sup>h</sup> 25'. Durchschnittliche Dauer einer Periode: 1,7 Sek. Entfernung der suspendierten Stellen: 15 mm. Kontraktionsfolge: Sinus vor Vena cava inferior.

Tabelle VIII.

Nr.	Intervall Si—Ve <sub>s</sub> in Sek.	Entspräche einer Erregungsleitung von mm/Sek.
1	Abhebungs- punkte unscharf	—
2	0,02	750
3	0,015	1000
4	0,015	1000
5 <sup>2)</sup>	0,004	3750
6 <sup>3)</sup>	0,02	750

### Allgemeine Vorbemerkungen:

Die Originalkurven erwiesen sich leider als zu fein für direkte Reproduktion; es mußte daher zu relativ großen Umzeichnungen gegriffen werden.

In allen wiedergegebenen Kurven werden bezeichnet mit *S* der registrierte Abhebungspunkt der Sinuskurve, mit der nachträglich eingefügten Marke *C* der um den Betrag des Koinzidenzfehlers verschobene Abhebungspunkt der Sinuskurve und mit *V* der registrierte Abhebungspunkt der Venenkurve, bzw. die Projektion dieser Punkte auf die Zeitmarkierung. Die Kurven sind von links nach rechts zu lesen.

Kurve A: ad Versuch vom 17. VI. 1919 (Nr. 17), Tabelle II, Nr. 6. Aufnahme um 4<sup>h</sup> 59'. Oben Sinus, unten Vena cava inferior; Zeit in

0,2 Sek. Isolierung des Sinus gegen den Vorhof unvollkommen, kenntlich an dem protrahierten Abfall der Sinuskurve. Vene praktisch vollkommen isoliert. — Koinzidenz bei Rückverschiebung der Sinuskurve um den Betrag *SC*. Beginn der Sinus-systole um den Betrag *CV* vor der Venensystole ( $\diamond$ ). Messung und Berechnung: 0,2 Sek. = 7,35 mm, *CV* = 0,75 mm, ergibt eine Dauer des Intervalls *Si—Ve* von 0,02 Sek. Entfernung der suspendierten Stellen: 11,5 mm. Daher Wert  $c = \frac{l}{t}$ , scheinbare Leitungsgeschwindigkeit 575 mm pro Sek.

Kurve B: ad Versuch vom 17. VI. 1919 (Nr. 17), Tabelle IV, Nr. 6. Aufnahme um 5<sup>h</sup> 43'. Oben Sinus, unten Vena cava inferior; Zeit in 0,2 Sek. Die Isolierung des Sinus gegen den Vorhof ist eine praktisch vollkommene. Im abfallenden Teil der

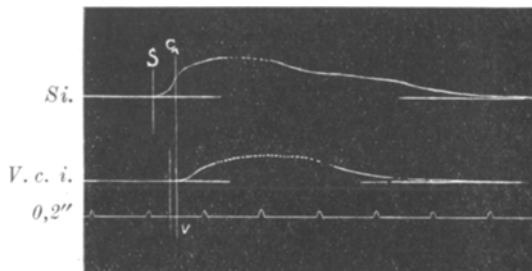


Abb. 3. Kurve A.

<sup>1)</sup> Siehe Abb. 5, Kurve C.

<sup>2)</sup> Siehe Abb. 6, Kurve D.

<sup>3)</sup> Siehe Abb. 7, Kurve E.

Venenkurve bemerkt man unweit vor dem Erreichen der Nulllinie eine Unregelmäßigkeit, die offenbar von einer Erschütterung durch die (zwar durch die Präparation von der Vene getrennte, aber) in nächster Nachbarschaft schlagende Kammer herrührt. Koinzidenz bei Rückverschiebung der Sinuskurve um den Betrag  $SC$ . Beginn der Venensystole um den Betrag  $VC$  vor der Sinussystole (Umkehrung der Schlagfolge gegenüber Kurve A!). Messung und Berechnung: 0,2 Sek. 7,7 mm,  $VC$  0,75 mm, ergibt eine Dauer des Intervalls  $Ve - Si$  von 0,02 Sek. Entfernung der suspendierten Stellen: 13,6 mm.

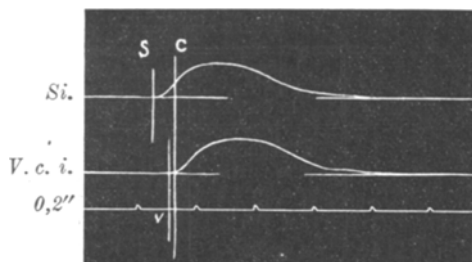


Abb. 4. Kurve B.

Daher Wert  $c = \frac{l}{t}$ , scheinbare Leitungsgeschwindigkeit 680 mm pro Sek.

Kurve C: ad Versuch vom 17. VI. 1919 (Nr. 17), Tabelle VII, Nr. 4. Aufnahme um 6<sup>h</sup> 51'. Oben Sinus, unten Vena cava inferior; Zeit in 0,2 Sek. Isolierung sehr weitgehend. Koinzidenz bei Rückverschiebung der Sinuskurve um den Betrag  $SC$ . Beginn der Sinussystole um den Betrag  $CV$  vor der Venensystole (neuerliche Umkehrung der Schlagfolge gegenüber Kurve B, analog Kurve A!). Messung und Berechnung: 0,2 Sek. = 7,52 mm,  $CV = 0,25$  mm, ergibt eine Dauer des

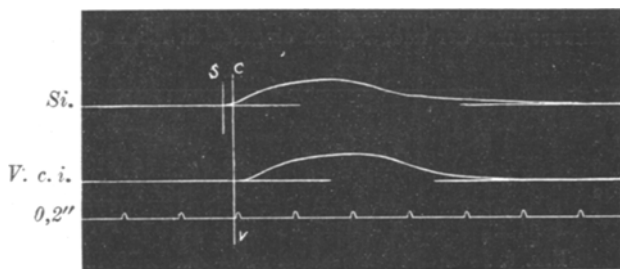


Abb. 5. Kurve C.

Intervalls  $Si - Ve$  von 0,007 Sek. Entfernung der suspendierten Stellen: 15 mm. Daher Wert  $c = \frac{l}{t}$ , scheinbare Leitungsgeschwindigkeit 2143 mm pro Sek.

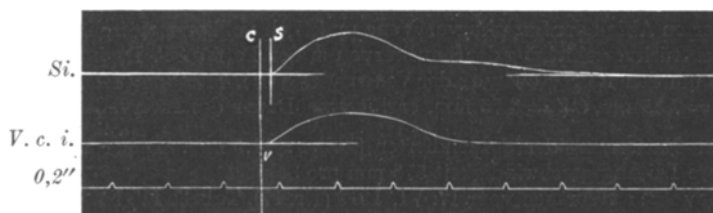


Abb. 6. Kurve D.

Kurve D: ad Versuch vom 17. VI. 1919 (Nr. 17), Tabelle VIII, Nr. 5. Aufnahme um 7<sup>h</sup> 25'. Oben Sinus, unten Vena cava inferior; Zeit in 0,2 Sek. Isolierung des Sinus gegen den Vorhof unvollkommen. Koinzidenz bei Vorverschiebung der Sinus-

kurve um den Betrag  $SC$ . Beginn der Sinussystole um den Betrag  $CV$  vor der Venensystole. Messung und Berechnung:  $0,2 \text{ Sek.} = 7,3 \text{ mm}$ ,  $CV = 0,15 \text{ mm}$ , ergibt eine Dauer des Intervalls  $Si - Ve$  von  $0,004 \text{ Sek.}$  Entfernung der suspendierten Stellen  $15 \text{ mm}$ . Daher Wert  $c = \frac{l}{t}$ , scheinbare Leitungsgeschwindigkeit  $3750 \text{ mm pro Sek.}$

Kurve E: ad Versuch vom 17. VI. 1919 (Nr. 17), Tabelle VIII, Nr. 6. Aufnahme um  $7^h 25'$ . Oben Sinus, unten Vena cava inferior; Zeit in  $0,2 \text{ Sek.}$  Isolierung des Sinus gegen den Vorhof unvollkommen. Koinzidenz bei Vorverschiebung der Sinuskurve um den Betrag  $SC$ . Beginn der Sinussystole um den Betrag  $CV$  vor der Venensystole. Messung und Berechnung:  $0,2 \text{ Sek.} = 7,2 \text{ mm}$ ,  $CV = 0,7 \text{ mm}$ , ergibt eine Dauer des Intervalls  $Si - Ve$  von  $0,02 \text{ Sek.}$  Entfernung der suspendierten Stellen  $15 \text{ mm}$ . Daher Wert  $c = \frac{l}{t}$ , scheinbare Leitungsgeschwindigkeit  $750 \text{ mm pro Sek.}$

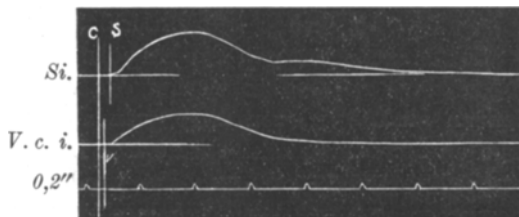


Abb. 7. Kurve E.

Aus dem angeführten Beispiele wird ersichtlich, daß bei spontan schlagenden, in situ belassenen Schlangenhertzen die Schlagfolge von Vena cava inferior und Sinus venosus wechseln kann. Während einer Beobachtungsdauer von nicht ganz zweieinhalb Stunden sehen wir im Anfange des Versuches die Systole des Sinus venosus vor der des suspendierten Abschnittes der Vena cava inferior beginnen (Tabelle I bis III und Abb. 3, Kurve A), dann kommt es zur Umkehr der Schlagfolge (Tabelle IV und Abb. 4, Kurve B), welche später durch neuerlichen Wechsel zum Anfangstypus zurückkehrt (Tabelle V—VIII und Abb 5—7, Kurve C—E). Damit in Übereinstimmung stehen auch die Resultate der übrigen angestellten Versuche, welche zum Teil ebenfalls einen Wechsel der Schlagfolge zeigten, teils den einen oder den anderen Typus erkennen ließen. Daß im Durchschnitt eine größere Anzahl von Fällen zur Beobachtung kam, in denen der Sinus vorausging, scheint mir nicht ohne weiteres zu einem Schluß auf das häufigere Vorkommen dieser Schlagfolge zu berechtigen, da es von der Versuchsdauer und dem zufälligen zeitlichen Zusammentreffen der Aufnahmen mit der einen oder anderen eben herrschenden Schlagfolge abhängen kann, welche von beiden häufiger angetroffen wurde. Damit hängt es offenbar auch zusammen, daß bei einigen Versuchen kein Wechsel in der Schlagfolge beobachtet wurde, sei es, daß ein solcher während der ganzen Versuchsdauer nicht stattgefunden hat oder daß sich ein zweimaliger Wechsel in den Pausen zwischen je zwei Aufnahmen abspielte.

Aus den vorliegenden Resultaten geht also hervor, daß innerhalb des *in situ* belassenen, blutdurchströmten Vorherzens der Ringelnatter keine wahre Isochronie der einzelnen Anteile des venösen Vorherzens, vielmehr nachweisbare Anisochronie herrscht, und daß die Schlagfolge oder Metachronie der registrierten Teile desselben wechseln kann, was die Annahme eines unveränderlich lokalisierten Erregungsbeginnes ausschließt.

Somit sind die gegen die Engelmannschen Beobachtungen bzw. gegen deren Anwendbarkeit auf das intakte Herz vorgebrachten Bedenken hinfällig. Denn diese gründeten sich auf den Umstand, daß jene an Herzen mit herabgesetzter Leitungsgeschwindigkeit, also an geschädigten Objekten, gemacht worden waren, und da bei unseren Versuchen, bei welchen keine merkliche Schädigung vorhanden war, der von Engelmann postulierte Wechsel in der Schlagfolge sich einstellte, wird die von diesem Autor begründete Anschauung in dem Sinne bestätigt, daß sich innerhalb des venösen Vorherzens der Ringelnatter und wohl auch des Frosches keine Stelle findet, welche als stabiler, *nomotoper* Ort des Erregungsbeginnes anzusprechen wäre.

Das oben Gesagte gilt — wie nachdrücklich hervorgehoben sei — nur für die am venösen Vorherzen der Schlange und wohl auch des Frosches herrschenden Verhältnisse, während für Säugetier sowie Mensch eine reguläre Führung durch den Keith-Flackschen Knoten bzw. das Wenkebachsche Winkelstück nicht zu bezweifeln ist<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Siehe speziell den Nachweis mit der Methode lokaler Kühlung seitens H. Adam, Experimentelle Untersuchungen über den Ausgangspunkt der automatischen Herzreize beim Warmblüter. *Ach. f. d. ges. Physiol.* **111**, 607. 1906; K. Brandenburg und P. Hoffmann, Über die Folgen der Abkühlung des Sinusknotens und des Vorhofsknotens am isolierten Warmblüterherzen. *Zentralbl. f. Physiol.* **25**, 916. 1911; G. Ganter und A. Zahn, Experimentelle Untersuchungen am Säugerherzen über Reizbildung und Reizleitung in ihrer Beziehung zum spezifischen Muskelgewebe. *Arch. f. d. ges. Physiol.* **145**, 335, vgl. auch ebenda **151**, 247. 1912; **154**, 492. 1913 und *Dtsch. Arch. f. klin. Med.* **129**, 137. 1919 — im Anschlusse an Wybauw und Lewis für eine normale Führung durch den Sinusknoten gegenüber M. Flack. Diese Autoren grenzten das Gebiet zwischen Sulcus terminalis des Herzohrcaavinkels und Mitte zwischen den Einmündungsstellen der beiden oberen Hohlvenen als Stelle der „Ausgangsreize“ ab. — Vgl. ferner L. Frédericq, Sur les pulsations de la veine cave supérieure et les oreillettes du cœur chez le chien. *Bull. acad. de Belgique* 1901, p. 126; K. F. Wenkebach, Über die Dauer der kompensatorischen Pause nach Reizung der Vorkammer des Säugetierherzens. *Arch. f. (Anat. u.) Physiol.* 1903, S. 57; vgl. auch 1906, S. 297; H. E. Hering, Verhandlungen der D. pathol. Ges. 1910, S. 39 und Die Reizbildungsstellen der supraventrikulären Abschnitte des Säugetierherzens und des menschlichen Herzens. *Arch. f. d. ges. Physiol.* **148**, 169. 1912; S. Garten, Über die Verwendung der Differentialelektroden am Säugetierherzen. *Skand. Arch. f. Physiol.* **29**, 114. 1913; W. Sulze, Ein Beitrag zur Kenntnis des Erregungsablaufes im Säugetier-

Bereits für die Schildkröte wird von Meek (mit Eyster und Schlomovitz) ein bestimmter Teil des venösen Vorherzens, und zwar eine Stelle des Sinus-Vorhofringes als regulärer Schrittmacher betrachtet, obwohl auch hier wie beim Säugerherzen (H. E. Hering<sup>1</sup>), Ganter und Zahn, Meek und Eyster) eventuell mit einer gewissen Wanderung der reiz erzeugenden Stellen zu rechnen sein dürfte; hingegen gibt Garrey<sup>2</sup>) für die Schildkröte ein Vorgehen der rechten Hohlvenen vor dem Sinus, ein Nachfolgen der linken Cava superior an, welche isoliert deutlich langsamer pulsiert.

Vor der Behandlung des zweiten Punktes unserer Fragestellung (nach den zeitlichen Verhältnissen bei der Sukzession von Sinus und unterer Hohlvene) möchte ich ausdrücklich betonen, daß meine diesbezüglichen Daten keinen Anspruch auf ziffernmäßige Gültigkeit machen können, sondern lediglich einen Schluß auf die Größenordnung der gefundenen Werte gestatten. Denn erstens kann — zumal bei der technisch beschränkten Trommelgeschwindigkeit — die manchmal erhebliche Unschärfe der Abhebungspunkte zur Fehlerquelle werden, zweitens noch mehr der Umstand, daß ja nicht nur die unmittelbar suspendierte Stelle, sondern auch die ihr näher benachbarten auf den Hebel bewegend einwirken. Aus diesem Grunde muß die der Berechnung der Leitungsgeschwindigkeit zugrunde gelegte Entfernung der suspendierten Stellen nicht mit dem Abstand jener Stellen vollkommen zusammenfallen, welche den Hebeln die erste Bewegung erteilen.

Doch wenn man auch — unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen — lediglich die Größenordnung der aus dem Intervall zwischen Beginn der Sinus- und Venensystole und dem Abstände der suspendierten Stellen errechneten scheinbaren Leitungsgeschwindigkeiten betrachtet, muß einerseits der sehr erhebliche Wechsel, andererseits die Höhe mancher Werte auffallen. (Hierzu siehe Tabelle I Nr. 4 und 5, II Nr. 3 und 7, IV Nr. 2, 4 und 5, V Nr. 1—4 und 6, VI Nr. 2 und 5, VII Nr. 2, 4 und 5, VIII Nr. 3—5, von denen Nr. 4 der Tabelle VII

herzen. Zeitschr. f. Biol. **60**, 495. 1913; endlich J. A. E. Eyster und W. T. Meek, Heart **5**, 119, 134, 227. 1914 und Amer. Journ. of Physiol. **34**, 368. 1914. — Betreffe Vogelherz vgl. E. Mangold und T. Kato, Über den Erregungsursprung im Vogelherzen. Arch. f. d. ges. Physiol. **157**, 1. 1914; vgl. auch **160**, 91. 1914 und **175**, 327. 1919 sowie M. Flack, Arch. internat. de physiol. **11**, 120. 1911 und P. Firket, Ibidem **12**, 22. 1912.

<sup>1</sup>) H. E. Hering, Arch. f. d. ges. Physiol. **82**, 24. 1900 u. Zentralbl. f. Physiol. **19**, 129. 1905.

<sup>2</sup>) W. J. Meek, Proc. soc. exp. biol. **11**, 100. 1914; Amer. Journ. of Physiol. **37**, 177. 1915 (mit J. A. E. Eyster und B. H. Schlomovitz); **39**, 291. 1916 (mit I. A. E. Eyster); B. H. Schlomovitz und C. S. Chase, Ibid. **41**, 112. 1918; W. E. Garrey, Rhythmicity in the turtles heart and comparison of action of the two vagus nerves. Amer. Journ. of Physiol. **28**, 336. 1911.

und Nr. 5 der Tabelle VIII in der Abb. 5 und 6 bzw. Kurve C und D als Beispiele besonders hoher Werte bzw. kurzer Intervalle abgebildet sind.)

Wenn auch länger dauernde Zeiten von ziemlicher Konstanz von Sinn und Größe des Sinus-Hohlvenenintervalls vorkommen, so ist doch ein Umschlag des Sinnes oder ein Wechsel von hohen mit relativ niederen Werten häufig und regellos. Diese sprunghafte Zu- und Abnahme, welche wir einer angenommenen Leitungsgeschwindigkeit zumessen müßten, kann nicht mit dem von Engelmann nachgewiesenen negativ dromotropen Einflusse der Systole auf die Leitungsgeschwindigkeit der Erregung im venösen Vorherzen erklärt werden, da es sich bei der von Engelmann erwiesenen Erscheinung um eine konstante Folge der Systole handelt, bei welcher eine gesetzmäßige Beziehung mit der seit der letzten Systole verflossenen Zeit besteht. Dabei ist die dromotrope Hemmungswirkung unmittelbar nach der Systole maximal, um von da an abzunehmen, so daß die geringen Schwankungen, welchen die Dauer der spontanen Perioden während der nur 5—7 Perioden umfassenden Zeit einer Aufnahme unterworfen war, nicht zur Erklärung der dabei auftretenden sprunghaften Änderungen der „Leitungszeiten“ von einer in die andere Größenordnung herangezogen werden können, zumal „Leitungsgeschwindigkeit“ und Dauer der Periode sich ebensooft in gleichem, wie in entgegengesetztem Sinne änderten. Diese aus den Tabellen I—VIII<sup>1)</sup> ersichtlichen regellosen, sprunghaften Schwankungen des Sinus-Hohlvenenintervalls zeigten sich bei allen Versuchen (mit einer einzigen, gleich anzuführenden Ausnahme) — gleichgültig, ob ein Vorangehen des Sinus oder der Vene oder ein Wechsel in der Schlagfolge zur Beobachtung gelangte.

Ein einziger Versuch (V. 14a) zeigte — abweichend von allen anderen — weitgehende Konstanz des Sinus-Hohlvenenintervalls unter ständigem Voraufgehen des Sinus, obzwar die Beobachtungsdauer etwa 1½ Stunden betrug. Die in den fünf dabei gemachten Reihenaufnahmen auftretenden Schwankungen sind — im Gegensatze zu den bei allen übrigen Versuchen gefundenen sprunghaften Änderungen — so gering, daß sie sogar einfach auf Mängel der Methodik bezogen werden könnten. Ein Auszug aus dem Versuchsprotokolle mag das eben Gesagte ergänzen.

Versuch vom 11. VI. 1919 (Nr. 14 a).

Mitteltgroße Ringelnatter; Zimmertemperatur + 21,5°; Rückenmark zerstört 3h 15'; Tracheotomie, Beginn der O<sub>2</sub>-Durchlüftung 3h 24'; Eröffnung des Perikards 3h 35'.

Bis gegen 4h 30' Suspensionsversuche an der unteren Hohlvene allein zum Ausprobieren verschiedener Isolierungsarten. Dann unter Anwendung der eingangs beschriebenen Methodik Suspension des Sinus venosus und des distalen Anteiles der intraperikardialen Strecke der Vena cava inferior:

<sup>1)</sup> Vgl. auch die beiden aufeinanderfolgenden Kurven D und E.

1. Aufnahme um 4<sup>h</sup> 50'. Durchschnittliche Dauer einer Periode: 1,06 Sek. Entfernung der suspendierten Stellen: 11,3 mm. Kontraktionsfolge: Sinus **vor** Vena cava inferior.

Tabelle IX.

Nr.	Intervall Si <sub>s</sub> —Ve <sub>s</sub> in Sek.	Entspräche einer Erregungsleitung von mm/Sek.
1	0,06	188
2	0,075	151
3	0,075	151
4	0,065	174
5	0,075	151
	Mittel	<b>163</b>

5. Aufnahme um 6<sup>h</sup> 26'. Durchschnittliche Dauer einer Periode 1,06 Sek. Entfernung der suspendierten Stellen 11,3 mm. Kontraktionsfolge: Sinus **vor** Vena cava inferior.

Tabelle X.

*Nr.	Intervall Si <sub>s</sub> —V <sub>s</sub> in Sek.	Entspräche einer Erregungsleitung von mm/Sek.
1	0,07	161
2 <sup>1)</sup>	—	—
3	0,065	174
4	0,07	161
5	0,06	188
6	0,08	141
7 <sup>2)</sup>	0,08	141
8 <sup>2)</sup>	0,07	161
	Mittel	<b>161</b>

Die dazwischen liegenden Aufnahmen um 5<sup>h</sup> 15, 5<sup>h</sup> 43, 5<sup>h</sup> 54 und 6<sup>h</sup> 26 ergeben durchaus gleiche Resultate, so daß zur Illustration der relativen Konstanz der für die Leitungsgeschwindigkeit errechneten Werte nur die erste und die letzte Aufnahme detailliert wiedergegeben wurde.

Kurve F und F': ad Versuch vom 11. VI. 1919 (Nr. 14a), Tabelle X, Nr. 7 und 8. Aufnahme um 6<sup>h</sup> 26'. Oben Sinus, unten Vena cava inferior; Zeit in 0,2 Sek.

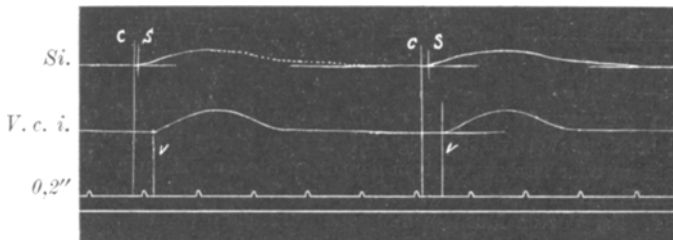


Abb. 8. Kurve F und F'.

Isolierung des Sinus gegen den Vorhof unvollkommen. Koinzidenz bei Vorverschiebung der Sinuskurve um den Betrag  $CS$ . Beginn der Sinussystole um den Betrag  $CV$  (bei F und F' nicht gleich) vorder Venensystole. Messung und Berechnung: 0,2 Sek. = 7,25 mm, für F:  $CV = 3,00$  mm ergibt eine Dauer des Intervalls  $Si - Ve$  von 0,08 Sek.; für F':  $CV = 2,6$  mm ergibt eine Dauer des Intervalls  $Si - Ve$  von 0,07 Sek. Entfernung der suspendierten Stellen 11,3 mm. Daher Wert  $c = \frac{l}{t}$ , falls anscheinend echte Leitungsgeschwindigkeit für F 141 mm pro Sek.; für F' 161 mm pro Sek.

<sup>1)</sup> Abhebungspunkt unscharf.

<sup>2)</sup> Siehe Abb. 8 bzw. Kurve F und F'.



Es bleibt die Frage zu behandeln, ob die Größenordnung der gefundenen Werte des Sinus-Venenintervalls eine solche ist, daß sie — bei Berechnung auf den Abstand der suspendierten Stellen — auf Leitung innerhalb des venösen Vorherzens bezogen werden können. Die Geschwindigkeit der Erregungsausbreitung ist zwar an einem nur auf zugeführte natürliche oder künstliche Reize tätigen Gebilde ohne weiteres zu bestimmen, wenn nur der Reiz möglichst punktuell einwirkt (beispielsweise wenn bei künstlicher, und zwar elektrischer Reizung die Stromfäden der reizenden Kathode an beschränkter Stelle relativ hohe Dichte besitzen) und wenn die Länge des funktionell benutzten Verbindungsweges zwischen den beiden verglichenen Punkten feststellbar ist<sup>1)</sup>. Nicht so aber an einem in selbständiger Rhythmik begriffenen Organe, wie es normalerweise das venöse Vorherz ist. Nur in den Tätigkeitspausen wäre — die Möglichkeit punktueller Reizung vorausgesetzt — eine reinliche Bestimmung möglich; allerdings dürften die in dieser Zustandslage ermittelten Werte infolge postsystolischer Depression<sup>2)</sup> (Gaskell 1883, Engelmann 1894, 1897, 1903, Bethe 1903) andere sein als während der spontanen Tätigkeit. Zweifellos in noch höherem Maße abweichend sind die Werte, welche bei Stillstehen der spontanen Pulsation infolge von Vagusreizung oder von Absterben ermittelt werden. Für die während der normalen Rhythmik des venösen Vorherzens in Betracht kommende Leitungsgeschwindigkeit lassen sich demgemäß — von wahrscheinlich anomalen Ausnahmefällen abgesehen (vgl. oben) — wohl nur Schätzwerte aufstellen.

<sup>1)</sup> Beim geradegestreckten, parallelfaserigen Skelettmuskel entspricht der funktionell benutzte Verbindungsweg einfach dem geometrischen Abstand beider auf Kontraktion oder Erregungsstrom geprüften Stellen. Beim Nerven mit wellig verlaufenden Fasern ist der funktionell benutzte Verbindungsweg etwas länger als der Abstand. Bei glatten Muskeln mit ganz kurzen individualisierten Elementen und verbindendem Nervenplexus ist ein Verhältnis von funktionell benutztem Verbindungsweg und geometrischem Abstand der verglichenen Stellen nicht angebbar; die errechnete Leitungsgeschwindigkeit hat hier nur die Bedeutung eines grob empirischen, nicht analysierbaren Bruttowertes. Aber auch beim Herzen mit der komplizierten Bündelung seiner Muskulatur (von der heute zwar sehr unwahrscheinlich gewordenen Eventualität einer nervösen Erregungsleitung im Herzen ganz abgesehen!) ist die Identifizierung von funktionell benutztem Verbindungsweg und geometrischem Abstand einigermaßen problematisch. Die künstliche Herstellung eines Zickzackstreifens aus der Kammer (A. Fick 1874, Engelmann 1875) oder dem Vorhofe (Gaskell 1883) schafft zwar schematisch einfachere Verhältnisse, verändert jedoch zweifellos den Wert der Leitungsgeschwindigkeit gegenüber der Norm; so fand Engelmann (Arch. f. d. ges. Physiol. **11**, 465, speziell 480. 1875) am Kammerstreifen des Froschherzens Werte von 10–30 mm pro Sekunde.

<sup>2)</sup> Siehe F. B. Hofmann, Allgemeine Physiologie des Herzens. Handb. der Physiol., herausgegeben von W. A. Nagel, Bd. I (1), S. 251, 252, 259. Braunschweig 1905.

Die Leitungsgeschwindigkeit — sei sie bei Ausbreitung der natürlichen Erregung oder bei künstlicher Reizung myographisch oder elektrographisch bestimmt — erweist sich für die einzelnen Herzmuskelanteile, speziell für die in abhängiger Pulsation begriffenen Herzabschnitte, als sichtlich verschieden. Mit den eben angedeuteten Vorbehalten seien folgende Werte verzeichnet (vgl. Tabelle XI).

Tabelle XI<sup>1)</sup>.

Leitungsgeschwindigkeit pro Sek.	Frosch	Schildkröte	Warmblüter
A. im Vorhof	200—100 mm (durchblutet) 177 <sup>2</sup> —38 mm (ausgeschnitten) 17,7—6,4 mm (insultiert) [Engelmann <sup>2)</sup> ]	120 mm (bei 12° C — Gotch)	640—1260 mm (Herzohr) am Hund (Th. Lewis)
B. im atrio-ventrikularen Verbindungssystem	12—1,5 mm (bei 0,25—2,0'' A <sub>s</sub> —V <sub>s</sub> und 3 mm Systemlänge) 40—29 mm (und zwar 40 bis 35 mm ausgeschnitten, 12—16° C, myographisch; 40—29 mm elektrograph.), auf 50 mm geschätzt für intakten Zustand (Engelmann)		500—1000 mm geschätzt (bei 0,13 bis 0,24'' A <sub>s</sub> —V <sub>s</sub> und etwa 50 mm Systemlänge b. Menschen; Schätzung von Tschermak)
C. in der Kammer	100 mm (Burdon-Sanderson u. Page) 320 mm (Clement <sup>3)</sup> ) [25 mm bei Bdellostoma Dombeyi — Carlson])	90 mm. (bei 12° C — Gotch)	3000 mm (Bayliß u. Starling) 1000—3000 mm am Kaninchen (Gotch) 2000—4000 mm (Schlüter) 300—8000 mm (Reid)

<sup>1)</sup> Vgl. die älteren Zusammenstellungen bei Th. W. Engelmann, Arch. f. d. ges. Physiol. **56**, 193. 1894 und Dtsch. Klinik **4**, 233. 1903; H. E. Hering, Arch. f. d. ges. Physiol. **86**, 568. 1901; A. Bethe, Allgemeine Anatomie und Physiologie des Nervensystems. S. 436ff. Leipzig 1903. — Über den Einfluß der Temperatur auf die Geschwindigkeit der Erregungsleitung im Froschherzen vgl. C. Amsler und E. P. Pick, Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol. **84**, 234. 1918.

<sup>2)</sup> a. a. O. In besonderen Versuchen hat der Autor den Nachweis erbracht, daß die Leitungsgeschwindigkeit innerhalb des Vorhofs und der Kammer bei positiv- oder negativ-inotroper Nervenwirkung unverändert bleibt. (Die Unabhängigkeit der inotropen Nervenwirkungen von der Leitungsfähigkeit des Herzens für motorische Reize. Arch. f. [Anat. u.] Physiol. 1902, S. 102.)

<sup>3)</sup> E. Clement, Über eine neue Methode zur Untersuchung der Fortleitung des Erregungsvorganges im Herzen. Zeitschr. f. Biol. **58**, 110. 1912 findet bei Untersuchung mit Differentialelektroden bei natürlicher Tätigkeit fast gleichzeitige Erregung an allen Punkten der Kammeroberfläche (Frosch, Schildkröte; für den Warmblüter vgl. W. Erfmann, Zeitschr. f. Biol. **61**, 155. 1913), hingegen bei künstlicher Reizung obigen Wert (Frosch).

Diesen Werten zufolge steht anscheinend der Vorhof (mit etwa 200 mm optimal, Frosch) der Kammer (mit etwa 100 mm, nach Clement 320 mm optimal, Frosch) an Leitungsvermögen um etwa das zweifache voran. Hingegen steht das AV-System anscheinend bedeutend (mit höchstens ein Viertel der Vorhofsleitungsgeschwindigkeit) hinter beiden zurück<sup>1)</sup>. Will man auf diese Werte eine Schätzung des Leitungsvermögens im venösen Vorherzen gründen, so könnte man entweder entsprechend dem höheren Automatiegrade noch über den Vorhofswert auf etwa 200—1000 mm hinaufgehen oder in Analogie zum AV-System auf etwa 50—100 mm heruntergehen. Die in dem Ausnahmefall (Versuch 14a Tabelle IX und X, Abb. 8, Kurve F und F') ermittelten Werte von 141—188 mm — Mittel um 160 — entsprechen der Größenordnung der Vorhofswerte. Hingegen gehen die rechnerischen Werte von anderen Versuchen wie Nr. 17 mit einem Maximum von 3750 mm über die erstere Möglichkeit noch hinaus, so daß es wohl sehr unwahrscheinlich ist, daß sie einer einfachen einsinnigen Erregungsausbreitung oder Überleitung von der einen suspendierten Stelle zur anderen entsprechen.

Übrigens scheint das Leitungsvermögen mit dem Grade der Befähigung zu automatischer Rhythmik und mit der Schlagfrequenz (bei selbständigem Rhythmus) nicht einfach parallel zu gehen — wenigstens rangiert das AV-System an subsidiärer Automatie vor dem Vorhof, für den hinwiederum oben höhere Leitungswerte angegeben wurden. Ebenso muß es dahin gestellt bleiben, ob zwischen Leitungsvermögen und Differenzierungshöhe bzw. Fibrillenzahl ein glatter Parallelismus besteht. Jedenfalls wäre es unberechtigt, aus der höchstgradigen Automatiebefähigung und aus der raschesten Schlagfolge des venösen Vorherzens schon auf das Bestehen maximaler Leitungsgeschwindigkeit daselbst schließen zu wollen.

Aber selbst wenn dies zutreffen sollte, so wäre die Annahme einer bald sehr hohen, bald relativ niedrigen oder sprunghaft in hohem Grade wechselnden Leitungsgeschwindigkeit im venösen Vorherzen sehr fragwürdig zu nennen.

Im Hinblick auf diese Konsequenz einerseits, andererseits in Anbetracht der auffallenden Größenordnung, die wir einer „Leitungsgeschwindigkeit“ häufig zumessen müßten, scheint es nicht möglich, die in den meisten Versuchen gewonnenen Resultate unter der Voraussetzung, daß die registrierten  $S_i - V_e$  Intervalle (bzw.  $V_e - S_i$  Intervalle) als einfache, einsinnige Überleitungszeiten aufzufassen seien, befriedigend zu erklären. Nur in dem einen Ausnahmefall mit konstantem Vorgehen des Sinus und besonderer Größe wie angenäherter Konstanz des Sinushohlvenenintervalls ist die Annahme einer einfachen Überleitung von dem einen Suspensionspunkte zum anderen, also die Vorstellung, daß die führende Stelle des venösen Vorherzens mit der Sinusmitte zusammenfiel oder gar noch jenseits dieser gegen den Vorhof zu gelegen war, recht annehmbar und wahrscheinlich. Für diesen Fall ergibt sich eine Leitungsgeschwindigkeit im venösen Vorherzen von etwa 160 mm — also von der Größenordnung der für den durchbluteten Vorhof von Kaltblütern ermittelten Werte. Allerdings ist dieser Fall — wenigstens was die

<sup>1)</sup> Als Überleitungszeit von Sinus auf Vorhof geben C. Billard, A. Mougeot und E. Merle (Compt. rend. de la soc. de biol. **77**, 65. 1914) für Ringelnatter, Viper und Schildkröte 0,27'', von Vorhof auf Kammer 0,5'', als Sinus-Kammer-Systolenintervall 0,66'' an.

Lage der führenden Stelle anbelangt — wohl als abnorm zu betrachten; er wurde nämlich bei einem Versuchstiere beobachtet, dessen Vene vorher zur Erprobung verschiedener Isolierungsmethoden benützt worden war. Daher ist es wahrscheinlich, daß eine Schädigung der Vene erfolgt war, welche erst infolgedessen in eine stabile Abhängigkeit vom Sinus geriet, bzw. daß bis auf eine konstant führend-gebliebene Stelle des Sinus das übrige venöse Vorherz in seiner Reizbildung beeinträchtigt war.

Für alle anderen „normalen“ Versuche mit wechselnder Folge des Kontraktionsbeginnes und relativ kurzem sowie sprunghaft wechselndem Intervall ist eine Erklärungsmöglichkeit wohl nur in der Anschauung gegeben, daß es sich um Differenzerscheinungen besonderer Art handelt. Solche könnten auf zweierlei Art zustande kommen.

1. Unter Beibehaltung der Engelmannschen Vorstellung, daß die Erregung an einer einzigen, wenn auch wechselnden Stelle des venösen Vorherzens beginnt und von dieser aus die anderen zwar auch im Sinne von spontaner Reizerzeugung befähigten, aber in diesem Augenblicke noch nicht in Tätigkeit getretenen Stellen durch Leitung miterregt werden, könnte man sich vorstellen, daß in jenen Fällen, in denen man bei Annahme einer Erregungsleitung in einer Richtung zu jenen hohen Werten gelangt, der zuerst erregte Punkt zwischen die beiden suspendierten Stellen zu liegen kam. Die Größe des Intervalles ( $t$ ) zwischen dem Kontraktionsbeginn der beiden suspendierten Stellen wäre unter dieser Annahme, bei gleichbleibender Leitungsgeschwindigkeit ( $c$ ), lediglich abhängig von der Lage des Ortes des Erregungsbeginnes gegen die beiden suspendierten Stellen (voneinander um  $l$  entfernt, von diesem Orte um  $m$  bzw.  $n$  abstehend) und sowohl die Veränderlichkeit des Intervalles, wie der Wechsel der Schlagfolge wäre mit dem Wandern der durch ihren früheren Erregungsbeginn führend werden Stelle zu erklären. Dabei wären die Intervalle, wenn die führende Stelle in die Zwischenstrecke zu liegen kommt, als Differenzen der Leitungszeiten in der einen ( $m$ ) und in der anderen Teilstrecke ( $n$ ) zu betrachten. Nur im Grenzfalle, daß die führende Stelle mit einem der beiden suspendierten Punkte zusammentrifft oder außerhalb der Zwischenstrecke fällt, würden die Intervalle einfachen Überleitungszeiten entsprechen. In diesem Falle ist die Leitungsgeschwindigkeit nach der Formel  $c = \frac{l}{t}$  zu berechnen; im ersteren Falle entspricht das

Intervall  $t$  der Formel  $\frac{m-n}{c'}$ , wobei  $l = m + n$ ,  $m > n$  ist. Man ersieht

ohne weiteres, daß für  $c'$  alle Werte zwischen  $c$  (bei  $n = 0$ ,  $m = l$ ) und Null (bei  $m = n$ ) möglich sind, jedoch der im Einzelfalle zutreffende aus dem Intervallwert  $t$  und der Strecke  $l$  ohne Kenntnis der Lage der führenden Stelle, d. h. ohne Kenntnis der Länge der Teilstrecke  $m$

(oder  $n$ ) nicht bestimmbar ist<sup>1)</sup>. Setzt man den abgerundeten Mittelwert 160 mm aus Tabelle IX und X (Versuch 14a vom 11. VI. 1919) auch für  $c'$  in Versuch 17 (vom 17. VI. 1919) bzw. Tabelle I—VIII als gültig an, so ergibt sich folgende Lage der führenden Stelle (Tabelle XII).

Tabelle XII.

Einzel- beobachtung	$t$	$l$	$\frac{l}{t}$	Ber. Abstand der führenden Stelle	
				vom Sinussus- pensionspunkt $m$ mm	vom Hohlvenen- suspensions- punkt $n$ mm
Tab.	Nr.	Sek.	mm	mm/Sek.	
I	1, 2, 3, 6	0,05	11,5	230	1,75 < 9,75
	5	0,004	11,5	2875	5,43 < 6,07
$\delta = 3,68$ mm					
II	1	0,04	11,5	287	2,55 < 8,95
	2, 5, 6	0,02	11,5	575	4,15 < 7,35
	3, 7	0,01	11,5	1150	4,95 < 6,55
	4	0,015	11,5	767	4,55 < 6,95
$\delta$ bis 2,4 mm					
IV	2, 4, 5	0,01	13,6	1360	7,6 > 6,0
	3	0,015	13,6	906	8,0 > 5,6
	6, 7	0,02	13,6	680	8,4 > 5,2
$\delta$ bis 0,8 mm					
V	1	0,006	15,0	2500	7,02 < 7,98
	2	0,01	15,0	1500	6,7 < 8,3
	5	0,02	15,0	750	5,9 < 9,1
$\delta$ bis 1,12 mm					
VI	2	0,007	15,0	2143	6,94 < 8,06
	4	0,02	15,0	750	5,9 < 9,1
	5	0,01	15,0	1500	6,7 < 8,3
$\delta$ bis 1,04 mm					
VII	1	0,025	15,0	600	5,5 < 9,5
	5	0,006	15,0	2500	7,02 < 7,98
$\delta = 1,52$ mm					
VIII	2, 6	0,02	15,0	750	5,9 < 9,1
	3, 4	0,015	15,0	1000	6,3 < 8,7
	5	0,004	15,0	3750	7,18 < 7,82
$\delta$ bis 1,28 mm					

Aus der vorstehenden Übersicht ergibt sich, daß schon ein mäßiges Hin- und Herschwanken oder Wandern der führenden Stelle zwischen dem suspendierten Sinuspunkte und dem suspendierten Hohlvenenpunkte genügen würde, um bei gleichbleibender Leitungsgeschwindig-

<sup>1)</sup> Unter der Voraussetzung, daß  $c'$  eine bei gleicher Zustandslage konstante Größe ist, welche dem oben Gesagtem zufolge nur gleich oder kleiner als  $c$  sein kann, gibt die kleinste für  $c$  gefundene Zahl die obere Grenze der für  $c'$  möglichen Werte an. Die kleinsten bei allen normalen Versuchen für  $c$  ermittelten Werte liegen nahe an 200; es kann also auch in Unkenntnis der relativen Lage der führenden Stelle zu den Suspensionsstellen ausgesagt werden, daß  $c'$  wohl kleiner, nicht aber erheblich größer als 200 mm/Sek. sein kann.

keit recht verschiedene Differenzwerte an den beiden myographisch verglichenen Stellen hervortreten zu lassen. So könnte eine Wanderung der führenden Stelle in Versuch 17 Tabelle I um etwa 3,68 mm gegen den Hohlvenenpunkt hin den Wert von  $\frac{l}{t}$  fast auf das 13fache steigern, in Versuch 17 Tabelle IV von 0,78 mm in umgekehrter Richtung auf die Hälfte mindern<sup>1)</sup>. Die relativ hohen Werte scheinbarer Leitungsgeschwindigkeit wären auf ein mäßig weiteres Abliegen der führenden Stelle von dem einen suspendierten Punkte gegen die Streckenmitte zu, die relativ niedrigen Werte auf eine Annäherung der führenden Stelle an einen der suspendierten Punkte zu beziehen. Nach dieser Auffassungsmöglichkeit würde im venösen Vorherzen der Ringelnatter nur eine führende Stelle in Betracht kommen und zwischen Sinusmitte und Cava inferior-Winkel, unweit der Sinus-Hohlvenengrenze, um ein bis mehrere Millimeter schwankend zu liegen kommen. Von dieser von Zeit zu Zeit, ja eventuell von Herzperiode zu Herzperiode wechselnden Stelle aus würde die Ausbreitung der Erregung einerseits rechtläufig nach der Sinusmitte hin, andererseits rückläufig entlang der intra-perikardialen Hohlvenenstrecke erfolgen, so daß bald die Sinusmitte, bald der Cava inferior-Winkel mehr oder weniger früher von der Erregungswelle erreicht würde.

2. Doch darf eine zweite, allerdings kompliziertere Auffassungsmöglichkeit nicht übersehen werden, auf welche mich Professor A. Tschermak — ohne sich selbst darauf festlegen zu wollen — hingewiesen hat. Es könnte nämlich der Erregungsbeginn im venösen Vorherzen (unter normalen Verhältnissen) ein multipler, nicht wahrhaft isochroner, aber auch nicht erheblich anisochroner sein. Es würden an verschiedenen Stellen des venösen Vorherzens die parallel laufenden „Prozesse der spontanen Reizbildung“ (im Sinne von Engelmann) unabhängig voneinander zum Abschlusse kommen bzw. zur Erregung der betreffenden Stellen führen können, ohne daß jede zufällig früher in Erregung geratene jede noch unerregte Stelle mit einem Leitungsreiz treffen müßte, bevor diese selbst in Erregung geraten wäre, was besonders bei weiter voneinander abgelegenen Stellen zutreffen würde. Nach dieser Vorstellung würde also die von einer zuerst in Erregung geratenen Stelle allseitig

<sup>1)</sup> Nimmt man einen anderen für  $c'$  möglichen Wert an, als den der Tabelle XII zugrunde gelegten, so ergibt sich für den Wanderungsbereich der führenden Stelle ein anderer Umfang ( $\delta$ ); zufolge der Beziehung  $\delta = \frac{d}{2} c'$  muß sich  $\delta$  in gleichem Sinne und linear mit  $c'$  ändern, um die beobachteten Verschiedenheiten ( $d$ ) der Werte von  $t$  erklären zu können.

sich ausbreitende Erregung gewisse andere Stellen erst zu einer Zeit erreichen, wo sie schon selbständig erregt und daher für die zugeleitete Erregung refraktär sind. Daneben wird natürlich bei solchen Stellen, die in ihrer Reizbildung stärker nachhinken oder die nahe an einer früher in Erregung geratenen liegen, Miterregung durch Leitung stattfinden. Wir hätten uns also ein kompliziertes Zusammenspiel multipler Erregungsherde vorzustellen, welche von Abhängigkeitszonen umgeben sind, wobei die Zahl und Lage der ersteren und die Ausdehnung der letzteren von dem Verhältnisse der gegenseitigen Entfernung zur Größe der zeitlichen Differenz im Erregungsbeginne der einzelnen Stellen, sowie von der Leitungsgeschwindigkeit abhängig sein werden. Es ergibt sich von selbst, daß bei dieser Vorstellung die zwischen dem Kontraktionsbeginne zweier Stellen gefundenen Intervalle nicht als Leitungszeiten aufgefaßt werden dürfen, sondern als Differenzeffekte mehrörtlicher Automaten von nicht strikter Isochronie, von denen eine interferentiell zur Dominanz gelangt (A. Tschermak). Eine Entscheidung zwischen den beiden im vorstehenden erörterten Erklärungsmöglichkeiten müssen erst zu unternehmende Versuche bringen mit gleichzeitiger myographischer Registrierung von mehr als zwei Stellen des venösen Vorherzens, mit Schaffung eines Leitungblockes zwischen den registrierten Stellen sowie mit elektrographischer Methodik, speziell mit Hilfe der von Garten und Clement<sup>1)</sup> ausgearbeiteten Methode der Differentialelektroden.

Doch abgesehen von der Frage, wie die Differenzerscheinungen zu erklären sind, scheint mir aus den Versuchsergebnissen hervorzugehen, daß wir ohne die Annahme von solchen für die Erklärung der am venösen Vorherzen der Schlange beobachteten Erscheinungen nicht auskommen.

### Zusammenfassung.

1. Es wurde an der Ringelnatter eine Methode ausgearbeitet, welche es erlaubt bei erhaltenem Kreislauf die Bewegungen des Sinus venosus und der Vena cava inferior gleichzeitig unter besonderer Isolierung der einzelnen Abschnitte mittels Suspension zu registrieren.

2. Die angestellten Versuche ergeben eine nachweisbare Anisochronie im Kontraktionsbeginne der einzelnen Anteile des venösen Vorherzens bzw. des Sinus venosus und des distalen Anteiles der intra-perikardialen Strecke der unteren Hohlvene.

3. Die Schlagfolge der beiden suspendierten Anteile des venösen

<sup>1)</sup> E. Clement, Über eine neue Methode zur Untersuchung der Fortleitung des Erregungsvorganges im Herzen. Zeitschr. f. Biol. 58, 110. 1912; S. Garten, Über Verwendung der Differentialelektroden am Säugetierherzen. Skand. Arch. f. Physiol. 29, 114. 1913.

Vorherzens ist eine wechselnde, was die Annahme eines unveränderlich lokalisierten Erregungsbeginnes bei der Ringelnatter ausschließt.

4. Die zeitlichen Verhältnisse in der Sukzession sind — allgemein gesprochen — solche, die es wahrscheinlich machen, daß die Intervalle zwischen dem Kontraktionsbeginne der registrierten Stellen nicht einfachen Überleitungszeiten gleichgesetzt werden können, sondern als Differenzerscheinungen aufzufassen sind. Solche ergeben sich entweder daraus, daß die führende Stelle zwischen den beiden suspendierten Punkten, unweit der Hohlvenen-Sinusgrenze, jedoch um ein bis mehrere Millimeter schwankend zu liegen kommt — oder daraus, daß die Erregung an mehreren Stellen, jedoch nicht vollkommen gleichzeitig beginnt und eine von diesen interferentiell zur Dominanz gelangt (Tschermak).

5. In einem Spezialfalle ergab sich ein anscheinend reiner Wert von 160 mm für die Leitungsgeschwindigkeit im venösen Vorherzen, der Ringelnatter.

Zum Schlusse erlaube ich mir Herrn Prof. A. Tschermak für die Überlassung des ihn seit langem beschäftigenden Themas sowie für seine Mithilfe bei dessen Bearbeitung den ergebensten Dank auszusprechen.

---