

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Breslau.)

## Ueber die Leistungen des Tonographen.

Von

**K. Hürthle.**

---

(Mit 1 Textfigur.)

---

Auf dem internationalen Physiologen-Congress zu Cambridge (August 1898) hat Herr Kronecker über Versuche von Ludmilla Schilina berichtet, welche einen Vergleich zwischen den Angaben des Quecksilber- und Federmanometers zum Inhalt hatten und zu dem Ergebniss führten, „dass der Tonograph sowohl den mittleren Blutdruck unrichtig angeben als auch die Pulsformen verunstalten kann“<sup>1)</sup>. Dieser Mittheilung folgte etwa ein Jahr darauf die Abhandlung Schilina's<sup>2)</sup>, auf welche ich eine kurze Erwiderung geben muss, da die beiden von Schilina beanstandeten Eigenschaften meines Tonographen theils von mir selbst, theils von Tschuewsky mit dem entgegengesetzten Ergebniss geprüft worden sind; es fragt sich daher, welches Urtheil zu Recht besteht.

Die erste Frage, ob der Tonograph die Form der arteriellen Druckcurven (die Pulsform) richtig zeichnet oder nicht, kann meines Erachtens experimentell in einwandfreier Weise beantwortet werden, wenn man den Tonographen eine Druckschwankung von **bekannter** Form zeichnen lässt und untersucht, ob diese richtig wiedergegeben wird. Eine solche Prüfung habe ich nun in einer früheren Abhandlung<sup>3)</sup> durchgeführt, indem die Druckschwankung von bekannter Form nach einem von Donders herrührenden Verfahren erzeugt wurde. Dabei hat sich ergeben, dass der Tonograph 180 Pulse in der Minute, jeden von mehr als 100 mm Quecksilber

---

1) Siehe den Bericht in the Journ. of Physiol. t. 23 Suppl. p. 13.

2) Ludmilla Schilina, Vergleich von Ludwig's Kymographen mit Hürthle's Tonographen. Zeitschr. f. Biol. Bd. 38 S. 433.

3) Siehe dieses Archiv Bd. 55 S. 319.

Druckschwankung mit je zwei Nebenwellen, mit aller Treue wiederzugeben vermag (s. Fig. 3 der Tafel der Abhandlung), eine Leistung, die den meisten Anforderungen genügen dürfte.

Es ist aber selbstverständlich, dass, wenn man die Anforderungen an den Tonographen über das erwähnte Maass hinaus steigert, man an eine (mir noch nicht bekannte) Grenze kommt, jenseits deren der Tonograph die Anforderungen nicht mehr erfüllt, und eine solche Prüfung wäre recht erwünscht. Nun hat aber Schilina zur Prüfung durchaus keine einwandfreie Methode benutzt, vielmehr lässt sie Druckschwankungen von **unbekannter** Form, wie Vaguspulse und Druckschwankungen in Kautschukschläuchen, durch Compression der selben hervorgebracht, vom Tonographen registriren und beurtheilt diese nach Gutdünken.

Eine Discussion der Ergebnisse solcher Versuche führt zu keinem Ziel, da eben der Maassstab fehlt, an welchem die Leistungen des Instrumentes beurtheilt werden können, nämlich die Kenntniss der Curvenform, welche der Tonograph registriren soll.

Ich kann daher an die erste Frage nur noch die technische Bemerkung knüpfen, dass eine „äussere Dämpfung“ des Federmanometers durch Vermehrung der „Reibung des Schreibhebels an der berussten Fläche“ (Schilina S. 469) aus verschiedenen Gründen unzulässig ist; denn 1. liegt die Ursache der Hebelschleuderung nicht oder nur zum kleinsten Theil in der Trägheit des Schreibhebels, sondern in der der bewegten Flüssigkeit, wie ich schon früher gezeigt habe<sup>1)</sup>; 2. ist die Reibung zwischen Hebel und Papier eine ungleichmässige, da das Papier der Schreibtrommel keine genaue Cylinderfläche bildet, und 3. wird der Hebel bei starkem Druck durch die Bewegung der Schreibtrommel in seiner Lage beeinflusst, welche natürlich nur vom Druck in der Tonographenkapsel abhängen darf.

Die zweite Frage, ob der Tonograph den mittleren Blutdruck richtig angibt, ist Gegenstand einer Untersuchung von J. A. Tschuewsky gewesen, dessen Abhandlung<sup>2)</sup> einige Wochen nach der Mittheilung Kronecker's, also lange vor der Abhandlung Schilina's erschienen ist.

Zur Entscheidung dieser Frage hat Tschuewsky die Curven des frei schwingenden Tonographen mit denen des gedämpften Queck-

1) Dieses Archiv Bd. 47 S. 9.

2) Dieses Archiv Bd. 72 S. 585.

silbermanometers verglichen; letzteres wurde in gedämpftem Zustand verwendet, weil v. Kries nachgewiesen hatte<sup>1)</sup>, dass das freischwingende Quecksilbermanometer den Mitteldruck nicht richtig angibt, wohl aber das gedämpfte.

Aus den Curven des Federmanometers hat Tschuewsky den Mitteldruck durch photographische Vergrösserung und Wägung der ausgeschnittenen Curven aufs Sorgfältigste bestimmt, wobei er die Wichtigkeit der Art der Aichung der Manometer — der dynamischen Aichung — feststellte. Bei diesem Verfahren fand Tschuewsky, dass die Mittelwerthe der beiden Instrumente bis auf einen Fehler von 1 mm Quecksilber übereinstimmen (Tabelle X der Abhandlung).

Dagegen kommt Schilina zu dem Ergebniss, „dass der Tonograph einen bis zu 57 mm höheren mittleren Druck angibt als der Kymograph. Nur in einem Falle ergab die Zeichnung des Tonographen einen um 10 mm niedrigeren Druck als der Kymograph. In diesem Falle waren aber die wiedergegebenen Pulse absonderlich gestaltet: ohne Anfangsspitzen“ (S. 474).

Diese ausserordentliche Differenz zwischen den Ergebnissen Tschuewsky's und Schilina's erklärt sich aber aus folgenden Verschiedenheiten in der Druckbestimmung:

1. Schilina hat ihren Messungen nicht die dynamische, sondern die statische Aichung des Tonographen zu Grunde gelegt. Dieser Fehler erklärt aber die Abweichung nur zum kleinsten Theil; denn in den Versuchen von Tschuewsky (Tabelle X) beträgt der grösste, durch die statische Aichung veranlasste Fehler 8,5 mm Quecksilber, während Schilina Fehler von 57 mm findet.

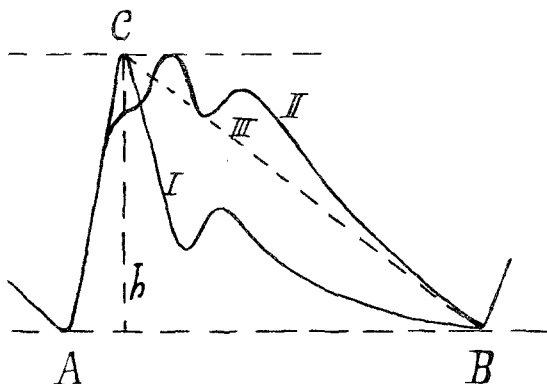
2. Schilina bestimmt den Mitteldruck aus dem arithmetischen Mittel der kleinsten und grössten Ordinate eines Pulsschlages.

Nun wird aber der während einer bestimmten Zeit herrschende Mitteldruck thatsächlich, wie ich als bekannt voraussetzen darf, durch das arithmetische Mittel aller dieser Zeit entsprechenden Ordinatenwerthe oder durch den Quotienten: Flächeninhalt der Curve dividirt durch die Abscisse bestimmt, da zwei Curven von gleicher Grundlinie und gleicher Höhe einen sehr verschiedenen Inhalt haben

---

1) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1878 S. 419.

können, wie das untenstehende Schema eines Pulsus celer (I) und tardus (II) zeigt. Es ist mir daher unverständlich, was Schilina zur Rechtfertigung ihres Verfahrens vorbringt (S. 471): „Die Grösse des Pulses, nicht die Dauer, ist innerhalb gewisser Grenzen maassgebend für ihren Nutzeffect. Die secundären oder tertiären Elevationen (dikrot, trikot) sind physiologisch unerheblich für den Effect der Impulse, werden aber bei geometrischer Verwerthung sehr einflussreich. Aus diesen Gründen habe ich als Mitteldruck der Pulsquelle das arithmetische Mittel zwischen Maximum und Minimum der Zeichnung des ungedämpften Tonographenschreibhebels bestimmt.“



Dass dieser Fehler die wesentliche Ursache der Abweichungen zwischen Feder- und Quecksilbermanometer bei Schilina ist, ergibt sich aus ihren Angaben in unverkennbarer Weise:

a) In dem vereinzeltten Falle, in welchem der Tonograph „einen um 10 mm niedrigeren Druck als der Kymograph“ angab und die Pulse „absonderlich, ohne Anfangsspitzen“ waren, lag, wie Fig. 20 bei Schilina zeigt, ein Pulsus tardus vor. In diesem Falle aber ist der Inhalt der Curve (II des Schemas) grösser als das Product  $\frac{1}{2} (AB \cdot h)$ , welches Schilina ihren Messungen zu Grunde legt, und welches durch das Dreieck  $ABC$  repräsentirt wird. Die zur Bestimmung des Mitteldrucks verwendete mittlere Ordinate ist also zu klein, und desswegen macht der Tonograph in diesem Falle niedrigere Angaben als der Kymograph.

b) In den gewöhnlichen Fällen dagegen, wo Schilina ihren Messungen Curven mit Anfangsspitzen zu Grunde legte, also offenbar das Schema I der Pulseurve vor sich hatte, mussten aus analogen Gründen die Angaben des Tonographen zu hoch ausfallen.

c) Der in Rede stehende Fehler fällt aus leicht ersichtlichen Gründen um so weniger in's Gewicht, je kleiner die Pulse im Verhältniss zum Druckminimum sind. Dies tritt aber ein bei sehr frequenten Pulsen. Thatsächlich findet denn auch Schilina in diesem Falle eine ziemlich gute Uebereinstimmung (S. 474): „Während sehr frequenter Pulsation (nach Durchschneidung der Vagi) ergab sich der durch den Tonographen bestimmte mittlere Druck ziemlich gleich dem aus den Kymographschwingungen berechneten (Kymograph 151 mm, Tonograph 153 mm, Kymograph 173 mm, Tonograph 177 mm).“ Zur geringen Differenz dieser Messungen Schilina's dürfte ausserdem das Quecksilbermanometer insofern beitragen, als seine Schwankungen bei hoher Pulsfrequenz relativ klein und die Pulse sehr gleichmässig sind (cf. 3).

3) Schilina bestimmt den Mitteldruck des Quecksilbermanometers aus der Curve des frei schwingenden Manometers. Nachdem aber von Kries (l. c.) nachgewiesen hat, dass das Manometer bei diesem Gebrauch keine richtigen Werthe gibt, halte ich es für geboten, entweder dieses Ergebniss anzuerkennen oder seine Unrichtigkeit zu erweisen.

Von diesem Standpunkt abgesehen ist aber derjenige Vergleich, auf welchen Schilina das Hauptgewicht zu legen scheint, wegen der Widersprüche ihrer eigenen Angaben hinfällig, wie die folgenden Sätze zeigen werden (S. 475):

„Den sichersten Vergleich zwischen den Angaben des Kymographen und des Tonographen ermöglicht aber der Druckabfall während des Herzstillstandes in Folge von Vagusreizung.“

„Da wir kein besseres Mittel besitzen, um den hydrostatischen Druck zu messen, als das Quecksilbermanometer, so ist kein Grund einzusehen, wesshalb die Angaben der kaum bewegten Quecksilbersäule (während des Druckabfalls bei Vagusreizung! H.) fehlerhaft sein sollten. Es fragt sich also nur, wesshalb der Tonograph abweichende Grössen angibt?“

Der Fehler, welcher hier in der Gleichstellung der Begriffe „hydrostatischer Druck“ und „kaum bewegte Quecksilbersäule“ besteht, wird durch die vorausgehenden Sätze noch wesentlich erhöht (S. 465): „Im Manometer, das mit der Karotis des Hundes verbunden war, sah ich, während der Vagusreizung, eine oder auch zwei, den grossen Vaguspulsen folgende Nachschwingungen von etwa 1,1 Secunde

Schwingungsdauer. Es leistet also das erschlaffte Aortensystem des Hundes der schwankenden Quecksilbersäule wenig Widerstand.“

In der von Schilina zum Vergleich von Kymograph und Tonograph benutzten Curve (Fig. 27) zeigt aber die „kaum bewegte Quecksilbersäule“ nicht weniger als 4 solcher Nachschwingungen. Ferner S. 471: „Es ist schon oben ausführlich behandelt worden, dass die bewegte Quecksilbersäule in Ludwig's Kymographen in viel grösserem Maasse Eigenschwingungen vollführt als der Tonographenschreibhebel. Da aber diese pendelartigen Schwingungen durch die nachgiebigen Arterienwände wenig gedämpft werden, so ist es erlaubt, die Wellenamplituden zur Berechnung des mittleren Blutdruckes zu verwerthen — ausser, wenn plötzliche Aenderungen in der Spannung der Gefässwände, wie z. B. bei Unterbrechung der Herzthätigkeit oder Aderlass in benachbarten Gefässgebieten, den Widerstand gegen die fallende Quecksilbersäule plötzlich sehr vermindern.“ Nach dieser Angabe ist es mir nicht verständlich, aus welchen Gründen Schilina den Druckabfall während des Herzstillstandes als den sichersten Vergleich zwischen den Angaben des Kymographen und des Tonographen bezeichnet.

Da nun die unter 1—3 aufgeführten Punkte die groben Differenzen zwischen den Ergebnissen Tschuewsky's und Schilina's vollkommen erklären und in allen Punkten Fehler auf Seiten Schilinas vorhanden sind, kann ihren Ergebnissen eine Bedeutung nicht beigemessen werden.

---