

# Über die direkte und indirekte Blutdruckmessung beim Menschen

Autor(en): **Müller, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften = Bulletin de l'Académie Suisse des Sciences Medicales = Bollettino dell' Accademia Svizzera delle Scienze Mediche**

Band (Jahr): **7 (1951)**

Heft 5-6

PDF erstellt am: **23.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-307026>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Über die direkte und indirekte Blutdruckmessung beim Menschen

Von A. Müller, Fribourg

Beim heutigen Stande der Manometrie kann der Blutdruck beim Menschen an allen Stellen gemessen werden, an denen eine Punktion der Arterien ohne Gefahr möglich ist. Der Blutdruck kann ferner an verschiedenen Stellen gleichzeitig gemessen werden, was für die Hämodynamik von besonderer Bedeutung ist. Trotzdem wird die indirekte Messung ihren Wert beibehalten. Dies um so mehr, wenn eine konstante Beziehung zwischen den direkt und indirekt gemessenen Werten nachweisbar wäre.

Wir haben uns diese Frage vor bereits 30 Jahren gestellt und gemeinsam mit Herrn Kollege *Merke* hier in Basel blutige und unblutige Messungen am Menschen durchgeführt. Als Resultat ergab sich, daß die mit der gewöhnlich angewandten, auskultatorischen Methode bei Benützung der Oberarmmanchette erhaltenen Drucke nicht den wirklichen Werten entsprachen. Insbesondere war der auskultatorisch gemessene systolische Druck zu hoch. Die oszillographische Methode ergab hingegen, in Form der energetischen Darstellung, die Möglichkeit einer annähernden Bestimmung des diastolischen und systolischen Druckes des ungestauten Pulses. Allerdings waren diese Untersuchungen nur an zwei Personen und mit nicht einwandfreien Manometern ausgeführt worden. In der Folgezeit kam ich durch zahlreiche oszillographische Messungen an normalen und pathologischen Fällen zur Auffassung, daß die aufgestellte Bestimmungsart nicht allgemein gelten könne und daß den Formänderungen der Oszillogramme größere Beobachtung geschenkt werden müsse, wie es übrigens *v. Recklinghausen* frühzeitig gefordert hatte. Aus diesem Grunde haben wir uns entschlossen, den Vergleich der auskultatorischen und oszillographischen Methode mit der direkten Messung erneut anzustellen. Die Untersuchungen sind von den Herren Prof. *Laszt* und Dr. *Pircher* ausgeführt worden.

Bevor die Resultate gegeben werden, sei folgendes über die Technik und Theorie der Blutdruckmessung erwähnt. Zur direkten Messung muß ein Manometer benützt werden, das bei der nötigen Empfindlichkeit

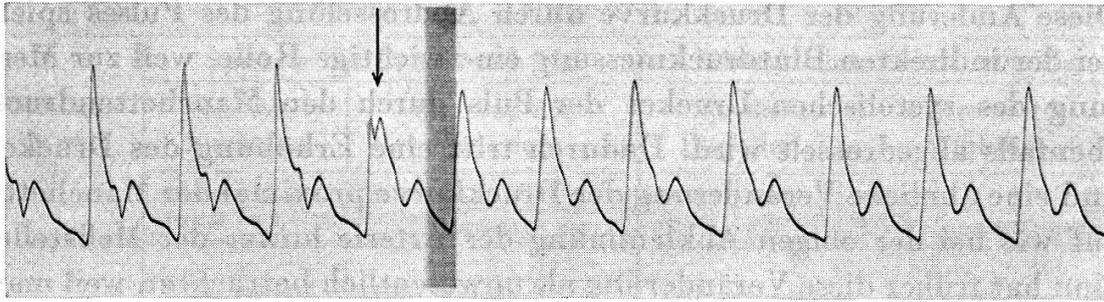


Abb. 1. Druckkurve, die mit dem in die Art. brachialis eingesetzten Manometer registriert wurde. Die Arterie war anfänglich 2 cm peripher der Einstichstelle mit dem Finger komprimiert. An der Stelle des Pfeiles wurde die Kompression aufgehoben.

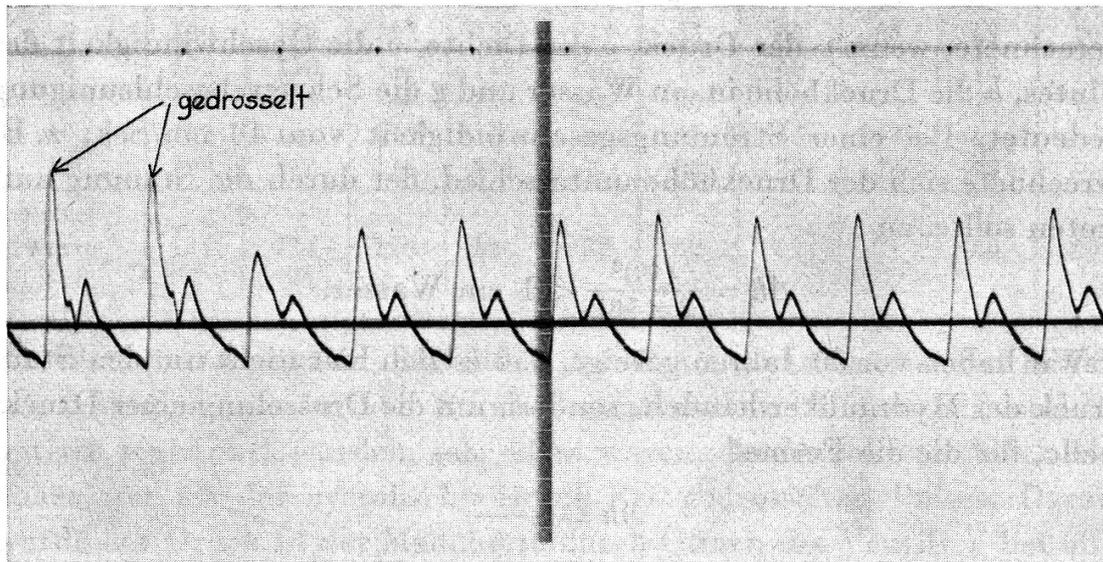


Abb. 2. Direkt registrierte Druckkurve der Art. brachialis bei gedrosselter und ungedrosselter Pulsweite.

(minimal 2 cm Ausschlag für 100 mm Hg bei scharf markiertem Lichtpunkte) eine Frequenz von mindestens 60 pro Sekunde mit angesetzter Punktionsnadel besitzt. Die Dämpfung soll dabei groß, aber nicht aperiodisch gewählt werden. Die 0-Linie muß konstant und die Druckabhängigkeit linear sein. Zur Punktion soll eine Nadel benützt werden, deren äußerer Durchmesser maximal  $\frac{1}{3}$  des Innendurchmessers des zur Messung benützten Gefäßes besitzt. Die Nadel soll nach der Punktion einige mm parallel zur Gefäßachse gegen die Blutstromrichtung vorgeschoben werden. Man überzeuge sich, daß durch die Punktion keine Kontraktion des Gefäßes aufgetreten ist, was an der Entstellung der Druckkurve erkannt werden kann.

Die normale Druckkurve der Arteria brachialis sieht gewöhnlich einfach aus (vgl. hierzu Abb. 1 und 2). Wird die Arteria peripher der Meßstelle verschlossen, dann ändert die Druckkurve in ihrer Form und Größe (vgl. die Druckkurven des gedrosselten Pulses in Abb. 1 und 2).

Diese Änderung der Druckkurve durch Abdrosselung des Pulses spielt bei der indirekten Blutdruckmessung eine wichtige Rolle, weil zur Messung des systolischen Druckes der Puls durch den Manchettedruck ebenfalls abgedrosselt wird. Dadurch tritt eine Erhöhung des Druckes und eine ähnliche Veränderung der Druckkurve proximal der Manchette auf wie bei der obigen Abklemmung der Arterie hinter der Meßstelle. Man hat früher diese Veränderung als unwesentlich betrachtet, weil man die Druckerhöhung als Staudruck auffaßte und infolgedessen nach der Formel

$$\Delta p = \frac{\rho}{2} v^2 \quad \text{resp.} \quad \Delta h = \frac{v^2}{2g}$$

berechnete, wenn  $p$  der Druck,  $\rho$  die Dichte,  $v$  die Geschwindigkeit des Blutes,  $h$  die Druckhöhe in cm Wasser und  $g$  die Schwerebeschleunigung bedeutet. Bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 40 cm/Sek. z. B. errechnete sich der Druckhöhenunterschied, der durch die Stauung auftreten sollte, zu

$$\Delta h = \frac{(40)^2}{2 \times 981} < 1 \text{ cm Wasser.}$$

Wir haben vor 30 Jahren gezeigt, daß es sich hier nicht um den Staudruck der Hydrauliker handelt, sondern um die Drosselung einer Druckwelle, für die die Formel

$$\Delta h = k \frac{v \cdot c}{g}$$

gilt.  $c$  bedeutet die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Druckwelle,  $k$  ist  $\leq 1$ . Setzen wir  $v$  wiederum 40,  $c = 600$  cm/Sek. und  $k = 1$ , so ergibt sich

$$\Delta h = \frac{40 \times 600}{981} = 24 \text{ cm Wasser,}$$

also eine sehr merkliche Druckerhöhung. Bei unseren Messungen schwankte diese Druckerhöhung in Übereinstimmung mit der Theorie, zwischen 12 und 30 cm Wasser (vgl. Tabelle 1).

Die indirekte Messung erfolgte oszillographisch und auskultatorisch an beiden Armen. Die gleichzeitige indirekte Messung am zweiten Arme erlaubte die fortlaufende Beobachtung des Blutdruckes vor, während und nach der direkten und indirekten Messung am ersten Arme. Als Manchette wurde unsere leicht anschmiegbare, 11 cm breite Manchette mit einheitlichem Gummikissen verwendet. Die Manchette konnte durch ein mit ihr kommunizierendes Druckluftreservoir R (vgl. Abb. 3) sehr rasch auf einen bestimmten, an einem elastischen Manometer M abzulesenden Druck aufgeblasen und dadurch der Puls ohne merkliche Stauung im Vorderarme unterbrochen werden. Dieser Druck war durch

Tabelle 1

Versuchs- person Nr.	Systolischer Druck, mm Hg					Diastolischer Druck, mm Hg				
	vor der Punktion		während der Punktion			vor der Punktion		während der Punktion		
	auskulta- torisch	oszillo- graphisch	indirekt oszillogr.	direkt		auskulta- torisch	oszillo- graphisch	indirekt oszillogr.	direkt	
				ungestaut	gestaut				ungestaut	gestaut
1	130	105	105	106	124	80	65	65	66	62
2	125	105	110	110	119	85	65	63	60	61
3	135	130	150	148	—	85	80	85	85	—
4	125	112	135	137	146	80	75	80	81	85
5	120	105	102	103	119	82	—	—	47	49
6	145	127	127	128	144	90	70	70	69	70
7	130	122	122	125	147	65	68	68	69	70
8	130	110	—	119	138	70	60	—	75	78
9	140	120	—	150	168	80	70	—	77	76
10	130	112	115	113	—	75	65	67	64	—
11	128	110	115	118	—	88	70	70	70	—
Mittel- werte	131	114	120	123	138	80	69	71	69	69

Vorversuche so gewählt, daß die in der Manchette entstehenden Druckschwankungen, die mit der Frank-Broemser'schen Differentialkapsel Dk optisch registriert wurden, sehr klein waren, der Manchettendruck also höher war als der systolische Druck des gedrosselten Pulses. Darauf wurde der Druck in der Manchette durch Öffnen des Ventils V bei offenem Quetschhahn Qh stufenweise (gewöhnlich um je 5 mm Hg) verkleinert und die auftretenden Druckänderungen durch Schließen des Hahnes Qh registriert. Man erhielt dabei die bekannten, treppenförmigen Oszillogramme. Bei der gleichen Untersuchung wurden auch kontinuierliche Oszillogramme aufgenommen, bei denen die Drucksenkung im Reservoir gleichmäßig erfolgte. Hiezu wurde der die beiden Kammern der Segmentkapsel verbindende Kanal K geöffnet und der Hahn Qh verschlossen. Bei passender Regulierung fielen auf einen Druckabfall von 10 mm Hg jeweils 4–5 Pulscurven. Es ist klar, daß die optische durch die elektrische Transmission ersetzt werden kann. Damit würden gewisse Vorteile erreicht.

Die Theorie der oscillographischen und auskultatorischen Blutdruckbestimmung kann hier nicht eingehend behandelt werden. Die Überhöhung des Druckes infolge Reflexion der Druckwelle an der durch den Manchettendruck komprimierten Arterie, die Deformation der Arterienwand und des umliegenden Gewebes sind Faktoren die den Blutdruck, erhöhen, sich also zum eigentlichen Arteriendrucke addieren. Demgegenüber wirken sich die Trägheit des in das komprimierte Arterienstück

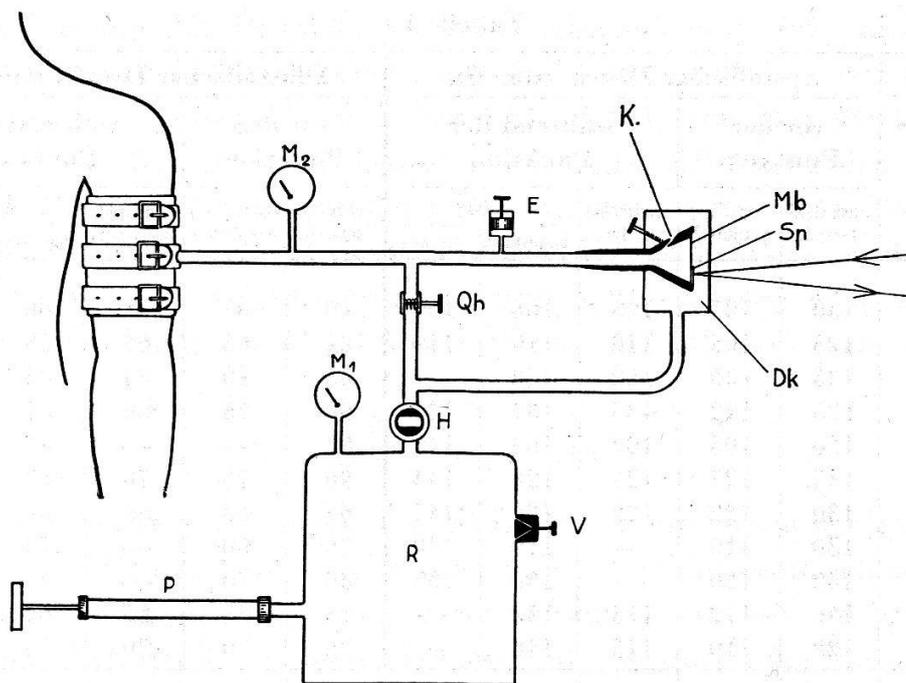


Abb. 3. Schematische Darstellung der oszillographischen Blutdruckmessmethode. R ist ein relativ großes Reservoir, in dem mittels der Pumpe P ein bestimmter, am Manometer  $M_1$  ablesbarer Überdruck hergestellt werden kann. Durch Drehen des Hahnes H wird dieser Überdruck mit geringem Abfalle im ganzen System hergestellt. Da in der Innen- und Außenkammer der Differentialkapsel Dk, die durch die dünne Gummimembran Mb getrennt sind, gleicher Druck herrscht, sind keine Ausschläge zu bemerken. Drückt man hingegen auf den Quetschhahn Qh, womit der Verbindungsschlauch geschlossen wird, so bleibt der Außendruck von Dk gleich dem Drucke in R, während der Innendruck durch die Druckschwankungen in der Manchette verändert wird. Der auf die Gummimembran der Differentialkapsel aufgeklebte Spiegel Sp führt dabei drehende Bewegungen aus, womit der Lichtstrahl abgelenkt und dessen Bewegungen registriert werden. Nach freigelassenem Hahn Qh wird der Druck in R durch das Ventil V um 5 mm Hg oder mehr herabgelassen und die Registrierung auf die gleiche Art wiederholt. Bei dieser Methode der treppenförmigen Oszillogramme bleibt der Kanal K der Differentialkapsel geschlossen. Das Oszillogramm kann aber auch kontinuierlich registriert werden. Hierzu wird der Kanal K geöffnet und V so reguliert, daß der Druck in R gleichmäßig fällt. Der Quetschhahn Qh bleibt dabei dauernd geöffnet. Mit der Spritze E wird das Luftvolumen des Registrierraumes um ein bestimmtes Volumen (hier  $\frac{1}{2}$  cm<sup>3</sup>) verkleinert. Damit kann das Oszillogramm quantitativ verwertet werden.

gepreßten Blutes und der damit verknüpften Reibung als Faktoren aus, die einen Druckverlust bedeuten. Genaue Berechnungen dieser positiven und negativen Druckwerte sind nicht möglich. Aus Modellversuchen geht hervor, daß sich die Deformation der Muskulatur auf einer Strecke von ungefähr 1,5 cm, vom Manchettenrande entfernt, in der Randzone geltend macht. Der Deformationsdruck der Arterienwand hängt außer vom Wandmaterial vom Deformationsgrade ab. Über die Geschwindigkeitsänderung des Blutes des im Bereiche der Manchette liegenden Arterienstückes lassen sich nur annähernde Berechnungen anstellen.

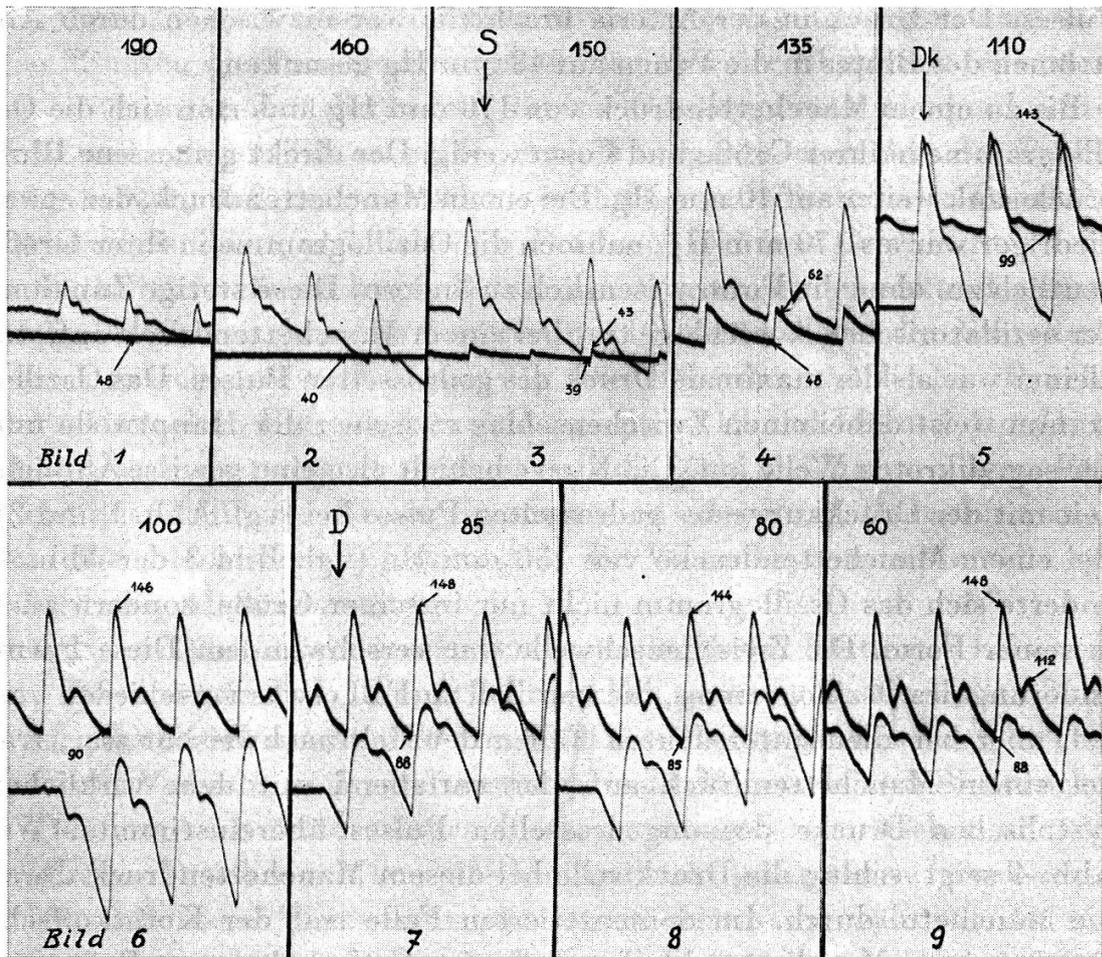


Abb. 4. Aufnahme eines Oszillogrammes bei gleichzeitig gemessenem Drucke in der Art. brachialis peripher der Manschette. Nähere Beschreibung im Text.

Dieser kurze Hinweis mag genügen, um verständlich zu machen, daß das Oszillogramm in Größe und Form von der Änderung des Manschettendruckes abhängig sein muß. Ein Versuchsergebnis soll diesen Vorgang demonstrieren (vgl. Abb. 4).

In Abbildung 4 sind einige Ausschnitte aus einem treppenförmigen Oszillogramm gegeben, das gleichzeitig mit der direkten Blutdruckmessung am gleichen Arme aufgenommen wurde. Das erste Bild zeigt den direkt gemessenen Blutdruck und das Oszillogramm bei einem Manschettendruck von 190 mm Hg.

In Wirklichkeit war der Manschettendruck bei diesem Versuche innerhalb 2 Sekunden auf 220 mm Hg gebracht worden. Im Manometer, das 2 cm peripher der Manschette in die Arterie eingesetzt war und vorher eine Druckkurve wie diejenige des letzten Bildes der Abb. 4 mit dem Maximaldruck = 151 mm und dem Minimaldruck = 86 mm Hg registrierte, fiel während dieser Zeit der Druck auf 80 mm Hg. Darauf wurde der Manschettendruck auf 210, 200 und 190 mm Hg verkleinert und jedesmal die Oszillationen registriert.

Beim Manschettendruck von 190 mm Hg war das Oszillogramm klein und zeigte eine gewisse Ähnlichkeit mit der Druckkurve des gedrosselten

Pulses. Der Druck in der Arteria brachialis war inzwischen durch Abströmen des Blutes in die Venen auf 48 mm Hg gesunken.

Bis zu einem Manchettdruck von 170 mm Hg änderten sich die Oszillogramme in ihrer Größe und Form wenig. Der direkt gemessene Blutdruck sank weiter auf 40 mm Hg. Bei einem Manchettdruck, der etwas niedriger war als 170 mm Hg, nahmen die Oszillogramme in ihrer Größe deutlich zu, ohne die Form wesentlich zu ändern. Diese stetige Zunahme der oszillatorischen Ausschläge trat bei einem Manchettdruck auf, der kleiner war als der maximale Druck des gedrosselten Pulses. Das Oszillogramm weist dabei einen Zwischenschlag zwischen der Hauptwelle und der sog. dikroten Welle auf. Die Kurve behielt also eine gewisse Ähnlichkeit mit der Druckkurve des gedrosselten Pulses bei (vgl. Abb. 1 und 2). Bei einem Manchettdrucke von 150 mm Hg (vgl. Bild 3 der Abb. 4) änderte sich das Oszillogramm nicht nur in seiner Größe, sondern auch in seiner Form. Die Zwischenschwelle war verschwunden. Diese Formänderung des Oszillogramms, die von Fall zu Fall etwas verschieden verlief, aber bei allen untersuchten Fällen deutlich nachweisbar war, trat bei einem Manchettdruck auf, der auffallend mit dem wirklichen systolischen Drucke des ungedrosselten Pulses übereinstimmte. Wie Abb. 4 zeigt, schlug die Druckwelle bei diesem Manchettdruck durch die Manchette durch. Im demonstrierten Falle trat der Korotkoffsche Ton bei einem Manchettdruck auf, der 5 mm Hg höher war. Bei weiter fallendem Manchettdruck trat die Druckwelle immer stärker im Manometer auf und nahm allmählich ihre normale Form und Größe an (vgl. die Bilder 6, 7, 8, 9). Das Oszillogramm veränderte sich dabei weiter in seiner Form und Größe. Die dikrote Welle wanderte immer höher zum Gipfel der Hauptwelle empor, um beim diastolischen Druck die maximale Höhe zu erreichen. Bei diesem Manchettdruck wurde das Oszillogramm plötzlich kleiner. Bei weiterer Abnahme des Manchettdruckes blieb das Oszillogramm annähernd gleich (vgl. Bilder 7, 8, 9). Aus dieser Betrachtung geht hervor, daß sich der systolische und diastolische Druck in der Brachialarterie oszillographisch mit einer großen Genauigkeit bestimmen ließ.

Tabelle 1 gibt die Untersuchungsergebnisse von gesunden Studenten im Alter von 20–22 Jahren wieder. Nach 10 Minuten Ruhe in horizontaler Lage wurde der Blutdruck an beiden Armen auskultatorisch bestimmt und je ein Oszillogramm aufgenommen. In der Tabelle sind nur die Werte des punktierten Armes vermerkt. Die am andern Arme erhaltenen Werte, welche gewöhnlich etwas verschieden waren, dienten der Kontrolle der zeitlichen Blutdruckänderung. Nach dieser Ruhepause wurde die Gegend, an der die Arteria brachialis punktiert werden sollte,

mit einer 2%igen, adrenalinfreien Novocainlösung umspritzt, nach einigen Minuten die Punktion vorgenommen und der Blutdruck registriert. In bestimmten Zeitabständen wurden Oszillogramme am punktierten Arm und gelegentlich an beiden Armen aufgenommen. Aus der Tabelle geht hervor, daß der wirkliche systolische und diastolische Druck bei kreislaufgesunden, gleichaltrigen Personen gleichen Geschlechtes recht beträchtlich variieren kann. Bei unseren Personen schwankte der systolische Druck zwischen den Grenzwerten 103 und 150 und der diastolische Druck zwischen 47 und 85 mm Hg. Die Höhe des systolischen Druckes des gedrosselten Pulses schwankte zwischen 119 und 168 mm Hg. Hierzu muß allerdings bemerkt werden, daß die Zahl der untersuchten Fälle nicht ausreicht, um diesem Ergebnis eine allgemeine Bedeutung zuzuschreiben, außerdem befanden sich die Versuchspersonen in sehr verschiedenen Allgemeinzuständen.

Aus der Tabelle geht ferner hervor, daß sich der Blutdruck bei einzelnen Personen nach der Punktion merklich änderte. In den Fällen 3 und 4 stieg der Druck um rund 20 mm Hg. Diese Beobachtung mahnt zu einer gewissen Vorsicht in der Verwertung des direkt gemessenen Blutdruckes.

Der Vergleich des oszillographisch gemessenen, systolischen und diastolischen Druckes mit den gleichzeitig direkt gemessenen Druckwerten zeigt, daß diese Werte sehr gut übereinstimmten, während die auskultatorisch erhaltenen Drucke wesentlich davon abweichen konnten. Dieses Ergebnis verdient beachtet zu werden. Es ist klar, daß diese Übereinstimmung nur für den normalen Kreislauf nachgewiesen ist und daß eine Überprüfung an pathologischen Fällen, bei denen die Verhältnisse anders sein können, notwendig ist.

Eine ausführliche Literatur über diese Frage gibt *H. v. Recklinghausen* in «Blutdruckmessung und Kreislauf», Kreislaufbücherei Bd. 4, 1940.

### *Zusammenfassung*

Bei gesunden Studenten im Alter von 20–22 Jahren wurde gleichzeitig der Blutdruck in der Arteria brachialis durch Punktion direkt und mit der Manchettenmethode am gleichen und am andern Arm oszillographisch und auskultatorisch gemessen. Es zeigte sich, daß die oszillographische Methode die Bestimmung des wirklichen systolischen und diastolischen Druckes mit großer Genauigkeit erlaubte, während die auskultatorische Methode merklich abweichende Werte ergeben konnte.

### *Résumé*

Chez des étudiants en bonne santé, âgés de 20–22 ans, on a mesuré la pression artérielle dans l'artère brachiale par ponction directe et avec

la manchette sphygmographique, et en même temps à l'autre bras par l'oscillographie et par auscultation. On a trouvé ainsi que, contrairement à l'auscultation qui ne donne que des résultats incertains et inégaux, la méthode oscillographique donne avec une grande exactitude les valeurs réelles de la pression systolique et diastolique.

#### *Riassunto*

In studenti sani dell'età di 20 fino a 22 anni, l'A. ha misurata la pressione arteriosa contemporaneamente nell'arteria brachiale con punzione ed a tutte due le braccia con manicotto a registrazione oscillografica ed all'ascoltazione. I risultati ottenuti mostrano che solo il metodo oscillografico permette la determinazione esatta della pressione sistolica e diastolica reale, mentre il metodo dell'ascoltazione dà valori nettamente differenti.

#### *Summary*

In healthy students of 20–22 years of age, the blood pressure was measured simultaneously in the arteria brachialis by direct puncture and by the Manchette method on the same arm and on the other arm by oscillograph and by auscultation. It was found that the oscillographic method gives a greater accuracy in determining the true systolic and diastolic pressure, while the auscultatory method may give distinctly varying results.