

## Genau es Gehör gefragt

Der Blutdruck lässt sich mit einer Reihe nicht-invasiver Messverfahren überwachen. Die zuverlässigsten Werte liefert nach wie vor eine Methode, die über hundert Jahre alt ist.

Denise Müller-Dum und Jens Kube



Unser Herz schlägt etwa 60- bis 140-mal pro Minute – bei körperlicher Aktivität auch schneller. Während der Kontraktionsphase (Systole) pumpt die linke Herzkammer sauerstoffreiches Blut in die Arterien, welches Organe und Muskeln versorgt. Gleichzeitig schickt die rechte Herzkammer das sauerstoffarme Blut aus den Venen zur Lunge. Auf die Kontraktion folgt die Entspannung (Diastole): Der Herzmuskel erschlafft, und die Kammern werden neu befüllt.

Jeder Herzschlag ist Ausgangspunkt einer Druckwelle, die durch das Gefäßsystem läuft. Die elastischen Gefäßwände können einen Großteil der Energie dieser Pulswelle speichern. Dies gewährleistet, dass auch während der Entspannungsphase des Herzens Blut durch die Adern fließt. Dann zieht sich die Hauptschlagader durch Rückstellkräfte wieder zusammen und treibt so das Blut durch den Kreislauf. Weil an Verästelungen im Gefäßsystem Reflexionen auftreten können, enthält die Welle Anteile unterschiedlicher Frequenzen. Die ge-

naue Form hängt unter anderem von der Stelle ab, an der im Körper gemessen wird, sowie von der Elastizität der Gefäße und ihrem Durchmesser.

### Zwei Werte gesucht

Am höchsten ist der Blutdruck in den Arterien, am niedrigsten in den Venen – man spricht vom Hoch- und ein Niederdrucksystem. Wenn im klinischen Zusammenhang vom Blutdruck die Rede ist, geht es meist um den arteriellen Blutdruck, den zwei Werte beschreiben. Der größere, der systolische Wert, gibt das Maximum der Pulswelle an; das Minimum heißt diastolischer Wert. Traditionell wird der Druck in der veralteten Einheit mmHg (Millimeter-Quecksilbersäule) angegeben. Der typische Mittelwert von 100 mmHg (Tab.) entspricht 133 hPa. Das Blut aus einer Arterie erreicht bei einem systolischen Druck von 130 mmHg eine Höhe von 1,77 Metern und kann entsprechend hoch aus einer verletzten Arterie spritzen!

Der Blutdruck stellt einen wichtigen messbaren Indikator unseres Gesundheitszustands dar. Eine invasive („blutige“) Messung – etwa in der Notfall- oder Intensivmedizin – wertet aus, wie sich das Volumen einer in die Arterie eingeführten Kanüle ändert. Die bekannteste nicht-invasive Methode geht auf den Italiener Scipione Riva-Rocci zurück, der sie 1896 vorstellte. Dabei drückt eine Manschette am Oberarm die dortige Arterie so stark zusammen, dass kein Blut mehr hindurchkommt. Beim Ablassen des Drucks aus der Manschette gilt es zu beobachten, wann der Puls wieder tastbar wird: Dann ist der Druck in der Manschette unter den systolischen Blutdruck gefallen. Wenn ein Manometer den Druck in der Manschette erfasst, lässt sich so der systolische Blutdruck bestimmen – der diastolische Wert allerdings nicht.

Anfang des 20. Jahrhunderts verbesserte der russische Arzt Nikolai Korotkoff die Methode, indem er ein Stethoskop hinzunahm (Abb. 1). Er hatte bemerkt, dass bei der Rückkehr des Pulses in die abgedrückte Arterie besondere Geräusche auftreten, die heute nach ihm benannt sind. Sie lassen sich in fünf Phasen unterteilen, wovon zwei klinische Bedeutung besitzen. Ein lautes Klopfen zeigt die Rückkehr des Pulses und gehört zum systolischen Blutdruck. Sobald die Geräusche verschwinden, kann das Blut wieder ungehindert fließen und der diastolische Wert ist erreicht. Beim Messen des Blutdrucks mit Manschette und Stethoskop geht es um die Suche nach diesen akustischen Hinweisen: Hierbei handelt es sich also um eine auskultatorische Messung.



Hier finden Sie eine Audiodatei mit den typischen Korotkoff-Geräuschen, aufgenommen von Rachel Sequeira.

Nicht medizinisch ausgebildete Personen nutzen hingegen in der Regel ein elektronisches Gerät, das die Manschette vollautomatisch aufpumpt bzw. die Luft wieder ablässt; ein Display zeigt die Blutdruckwerte an. Manche dieser Geräte bestimmen den Blutdruck nach der Korotkoff-Methode mithilfe eines in die Manschette integrierten Mikrofons. Die meisten basieren aber auf einer oszillometrischen Messung. Dabei zeichnet ein Sensor in der Manschette die Druckschwankungen in der abgedrückten Arterie auf. Diese gehen auf Schwingungen der Gefäßwand zurück, die bei der Rückkehr des Pulses in die Arterie auftreten. Die Amplitude steigt bei weiterer Deflation der Manschette zunächst an und nimmt dann langsam wieder ab. Der Punkt, an dem die Amplitude der Oszillationen maximal ist, entspricht dem mittleren arteriellen Druck. Daraus lassen sich mithilfe empirischer Formeln der darüberliegende systolische und der darunterliegende diastolische Blutdruckwert berechnen.

### Verschiedene Wege zum Ziel

Um den Blutdruck genau zu messen, sind eine passende Manschette und ein gutes Messgerät nötig, aber auch die richtige Vorgehensweise. So sollte die Messung zum Beispiel in Ruhe und auf Herzhöhe erfolgen. Wenn sich die Blutgefäße unterhalb vom Herz befinden, kommt der hydrostatische Druck der Blutsäule hinzu und verändert die Werte. Ob der Arm horizontal oder vertikal positioniert ist, kann einen Unterschied von bis zu 6 mmHg machen. Bei manchen

oszillometrischen Blutdruckmessgeräten sitzt die Manschette am Handgelenk und nicht am Oberarm. Dann gilt es, das Handgelenk auf Herzhöhe zu halten.

Oszillometrische Messungen dürften im Allgemeinen weniger genau ausfallen als Messungen mit der Korotkoff-Methode. Eine Reihe von Vorerkrankungen, wie Parkinson, verfälschen die Messergebnisse; Kinder und Schwangere sollten die Geräte nur nach einer speziellen Validierung nutzen. Ihre einfache Anwendung sorgt aber trotzdem für eine weite Verbreitung. Außerdem vermeiden die Messungen zu Hause den sogenannten Weißkitteleffekt: In einer ärztlichen Praxis lässt dieser den Blutdruck ungewollt ansteigen.

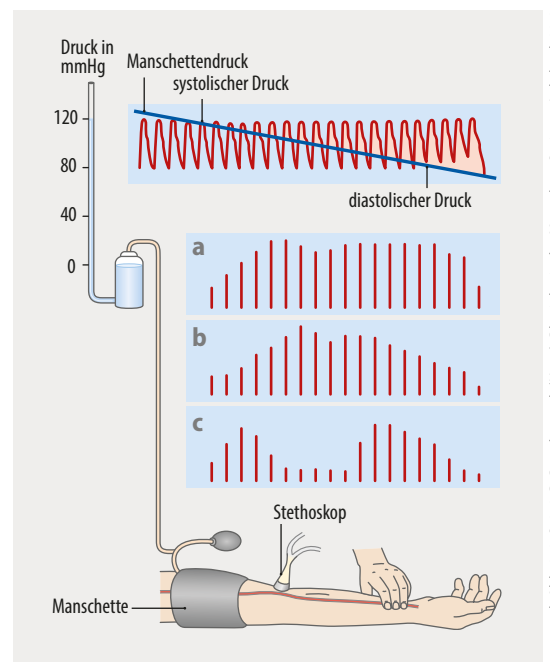
Vollautomatische oszillometrische Geräte kommen auch bei Langzeitmessungen zum Einsatz. Dabei führt ein entsprechend programmiertes Gerät regelmäßig eine Messung durch, zum Beispiel 24 Stunden lang alle 15 Minuten. Solche Datenreihen erlauben die Diagnose von Bluthochdruck. Das häufige Aufpumpen der Manschette empfinden viele allerdings als lästig – vor allem nachts.

Eine alternative Methode nutzt daher keine Manschette an Oberarm oder Handgelenk, sondern am Finger, und basiert auf einer Erfindung des tschechischen Physiologen Jan Peňáz: Infrarotlicht-Sensoren (Photoplethysmographen) erfassen, wie sich das Blutvolumen im Finger ändert. Eine an das Messergebnis gekoppelte Steuerung passt den Druck in der Fingermanschette an, um den Blutfluss konstant zu halten. Da Blutgefäße nicht komplett abgedrückt werden,

### Definition und Klassifikation von Blutdruckwerten

	Systolischer Blutdruck (mmHg)	Diastolischer Blutdruck (mmHg)
optimal / niedrig	< 120	< 80
normal	120 – 129	80 – 84
erhöht	130 – 139	85 – 89
Grad-1-Hypertonie (Bluthochdruck)	140 – 159	90 – 99
Grad-2-Hypertonie (Bluthochdruck)	160 – 179	100 – 109
Grad-3-Hypertonie (Bluthochdruck)	≥ 180	≥ 110
isolierte systolische Hypertonie	≥ 140	< 90

**Tab.** Die Angaben der Deutschen Hochdruckliga entsprechen der Einteilung der Blutdruck-Normalwerte laut ESC/ESH (European Society of Cardiology / European Society of Hypertension)



**Abb. 1** Während der Abnahme des äußeren Drucks durch die Manschette auf die Arterie treten bei Werten zwischen dem systolischen und diastolischen Blutdruck die Korotkoff-Geräusche auf. Die Lautstärke (Balkenlänge) schwankt, sodass es einer gewissen Übung bedarf, um im richtigen Moment die Blutdruckwerte abzulesen.

empfinden viele Menschen die Methode als angenehmer. Außerdem lässt sich so der Blutdruck kontinuierlich bestimmen. Ohne Korotkoff kommen aber auch diese Messgeräte nicht aus, weil eine Kalibrierung nötig ist.

Den Blutvolumenstrom mit optischen Sensoren zu messen, ist auch die Grundlage der Herz-Kreislauf-Überwachung mit Smartwatches. Hierbei wird die gesamte Form der Pulswelle inklusive reflektierter Anteile interpretiert und daraus der Blutdruck berechnet. Die Pulswellenanalyse dient in der klinischen Diagnostik auch dazu, über die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Pulswellen auf die Elastizität der Gefäße zu schließen. Neuere Messmethoden bestimmen den Blutvolumenstrom und damit den Blutdruck mithilfe von Ultraschall, sind kommerziell aber noch nicht erhältlich. Daher wird die Messung nach Korotkoff wohl noch einige Zeit der klinische Standard bleiben.

### Die Autor:innen

**Dr. Denise Müller-Dum** und **Dr. Jens Kube**, awk/jk – Agentur für Wissenschaftskommunikation, awkjk.de