

# Nutzen und Risiken der invasiven Blutdruckmessung via Arteria radialis

Thomas Hillermann  
Institut für Anästhesiologie, Spital Uster

## Quintessenz

- Die invasive, intraarterielle Blutdruckmessung ermöglicht die kontinuierliche, Beat-to-beat-Messung des Blutdrucks.
- Der Blutdruck repräsentiert nicht den Blutfluss: Über die Analyse der Blutdruckkurve ermöglicht die invasive Blutdruckmessung eine differenziertere Beurteilung der Hämodynamik bei kritisch kranken Patienten und ist für diese unverzichtbar.
- Der arterielle Zugangsweg ermöglicht es, jederzeit Blutgasanalysen durchzuführen, die für die Beurteilung der respiratorischen, metabolischen und hämodynamischen Situation von kritisch kranken Patienten essentiell sind.
- Komplikationen wie Blutung, lokales Hämatom oder Infekt sind – bei korrektem Vorgehen – praktisch nie mit einer Gefährdung des Patienten verbunden.
- Ischämische Komplikationen sind extrem selten, können aber die betroffene Extremität gefährden. Die Einleitung einer Therapie ohne Zeitverzug ist hier essentiell.

Zur Einschätzung der Kreislaufsituation eines Patienten ist die Messung des arteriellen Blutdrucks vermutlich eine der am häufigsten durchgeführten technischen Untersuchungen. Diese wird mittels Blutdruckmanschette und durch Beurteilung der Korotkow-Geräusche nach der Riva-Rocci-Methode durchgeführt, heute überwiegend mit automatischen, oszillometrischen Techniken. Diese indirekte, nichtinvasive Messung des Blutdrucks stösst an ihre Grenzen bei Patienten mit extrem hohem Blutdruck, bei ausgeprägten kardialen Arrhythmien, vor allem aber bei sehr hypotonen Patienten, zum Beispiel bei Schock. Zudem ist in hämodynamisch instabilen Situationen mit schnell wechselndem Blutdruck die indirekte Messung mittels Manschette zu langsam, und sehr kurze Messintervalle (z.B. <2 min) über längere Zeit könnten die Perfusion der Extremität, an der gemessen wird, gefährden. Auch können anatomische Verhältnisse, beispielsweise extreme Adipositas oder komplexe Verletzungen, zum Beispiel ausgedehnte Verbrennungen, eine korrekte indirekte Blutdruckmessung verunmöglichen.

In solchen Situationen kommt die invasive Blutdruckmessung mittels arteriellen Katheters zum Einsatz. Nach Kanülierung einer Arterie, vorzugsweise der A. radialis, wird die arterielle Druckwelle über einen Druckwandler (Transducer) und einen Verstärker auf einen Monitor übertragen. Somit ist eine kontinuierliche

Beat-to-beat-Messung des arteriellen Blutdrucks möglich.

## Vorteile der invasiven Blutdruckmessung

Die direkte arterielle Messung hat den Vorteil einer kontinuierlichen Registrierung des Blutdrucks, die es ermöglicht, Blutdruckschwankungen ohne Zeitverzug zu dokumentieren. Somit werden Auswirkungen von hämodynamisch relevanten Erkrankungen, Therapiemassnahmen oder von Herzrhythmusstörungen auf den Blutdruck unmittelbar sichtbar.

Neben der «Online»-Erfassung des Blutdrucks eröffnet die invasive Messung weitere Möglichkeiten bei der Überwachung von (instabilen) Patienten:

- Die Beurteilung der Druckanstiegsgeschwindigkeit ( $dp/dt_{max}$ ) der arteriellen Druckkurve erlaubt Rückschlüsse auf die Myokardkontraktilität.
- Zu jedem Zeitpunkt können arterielle Blutproben für Blutgasanalysen entnommen werden. Diese sind für die Beurteilung der metabolischen, respiratorischen und auch der hämodynamischen Situation (z.B. über die Messung des Laktatpiegels) unerlässlich bei kritisch Kranken.
- Die Beurteilung der arteriellen Druckkurve lässt Rückschlüsse auf den Volumenstatus zu, das heisst die intravasale Füllung des Gefässsystems (Schlagvolumenvariation [SSV], Pulse Pressure Variation [PPV]).
- Mittels Berechnung der Fläche unter der arteriellen Druckkurve (Pulsconturanalyse) können Schlagvolumen und – unter Einbezug der Herzfrequenz – das Herzzeitvolumen berechnet werden.

Die genannten Faktoren machen die invasive Blutdruckmessung zu einem unverzichtbaren Monitoringverfahren bei kritisch kranken Patienten.

Neben den geschilderten Limitationen der indirekten Blutdruckmessung mittels Manschette besteht die grundsätzliche Schwierigkeit, dass die Messung des Blutdrucks nur indirekte Informationen über den Blutfluss ermöglicht. Der Blutfluss determiniert die Organperfusion und damit die Sauerstoffversorgung der Gewebe. Er ist für die Überwachung von kritisch kranken Patienten eine wesentliche Kenngrösse. Der mittlere arterielle Druck (MAP) ist das Produkt aus Herzzeitvolumen (HZV) und totalem peripherem Widerstand (TPR). So kann bei sehr niedrigem HZV und sehr hohem TPR ein normaler MAP resultieren, ohne dass der resultierende Blutfluss für die Sauerstoffversorgung der Gewebe ausreicht.



Thomas Hillermann

Der Autor hat keine finanzielle Unterstützung und keine Interessenkonflikte im Zusammenhang mit diesem Beitrag deklariert.

Natürlich wird auch invasiv zunächst «nur» der Blutdruck gemessen, jedoch stehen durch die Interpretation der Blutdruckkurve mehr Informationen zur Verfügung, um die Hämodynamik bei einem Patienten einzuschätzen. Mit gewissen Limitationen können über eine Pulsconturanalyse sogar das Herzzeitvolumen und der periphere Widerstand als Mass für den Blutfluss berechnet werden.


## Indikationen

Eine klare Grenze, wann eine invasive Messung erforderlich ist und wann nicht, ist gar nicht einfach zu ziehen. «Die invasive Blutdruckmessung soll zum Einsatz kommen, wenn Vorerkrankungen des Patienten eine präzise Beat-to-beat-Messung erfordern, grosse Blutdruckschwankungen zu erwarten sind oder bei speziellen Operationen, zum Beispiel in der Erwartung grosser




Blutverluste.» Diese und ähnliche Formulierungen in Lehrbüchern und Stellungnahmen von Fachgesellschaften lassen einen weiten Interpretationsspielraum für die Notwendigkeit invasiven Monitorings zu.

Nach Einschätzung des Autors ist ein grosszügiger Einsatz der invasiven Blutdruckmessung sinnvoll beim Management von kritisch kranken oder instabilen Patienten in den Bereichen klinische Notfallmedizin (z.B. Schockraummanagement), Intensivmedizin und im perioperativen Bereich bei grossen Eingriffen, wenn ein relevanter Blutverlust zu erwarten ist oder bei kardio-pulmonal kompromittierten Patienten.

## Punktionsort und Technik

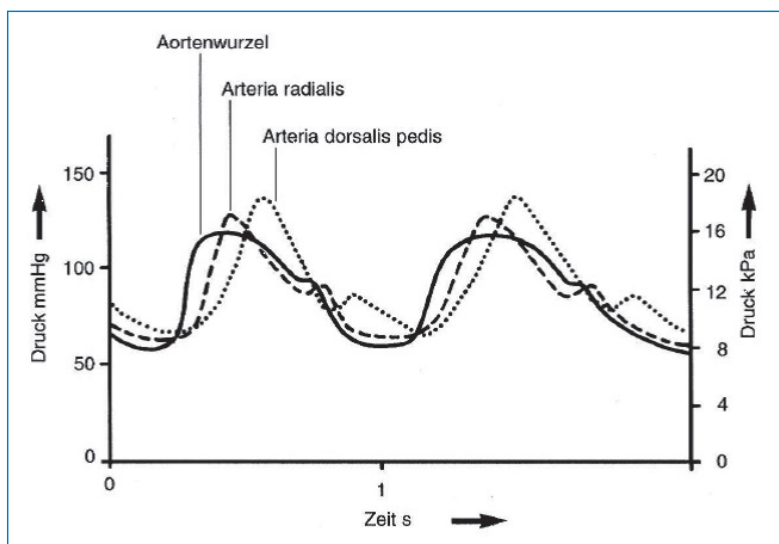
Weitaus am häufigsten wird die Arteria radialis für die arterielle Kanülierung verwendet, daher wird dieser Punktionsort hier exemplarisch – vor allem in Bezug auf die Risiken – behandelt. Die A. radialis ist gut palpabel und damit auch meistens gut zu punktieren. Durch den Kollateralkreislauf mit der A. ulnaris ist auch bei Komplikationen die Perfusion der Hand nur extrem selten gefährdet. In abnehmender Häufigkeit werden auch die A. femoralis, die häufig auch bei desolaten Kreislaufverhältnissen noch zu punktieren ist, die A. brachialis oder die A. dorsalis pedis zur Einlage von Arterienkathetern verwendet. Zu beachten ist, dass die Form der Druckkurve sich mit zunehmender Entfernung von der Aortenwurzel verändert (Abb. 1 ). Dies ist bedingt durch die Änderung des Gefässdurchmessers und die Elastizität der Gefässe. Beim stehenden Menschen ist der systolische Druck in der A. dorsalis pedis höher als in der A. radialis und dort wiederum höher als in der Aorta.

Die Industrie bietet ein breites Sortiment von Kanülen und Kathetern für den arteriellen Zugangsweg an. Für die A. radialis werden bei Erwachsenen meist 20-G-Katheter verwendet. Sie können – analog einer Venenverweilkanüle – über eine direkte Punktion oder mittels Seldinger-Technik eingebracht werden. Die Katheter müssen unter sterilen Kautelen eingebracht werden, insbesondere wenn, wie bei intensivmedizinischen Patienten, längere Verweildauern erforderlich sind.

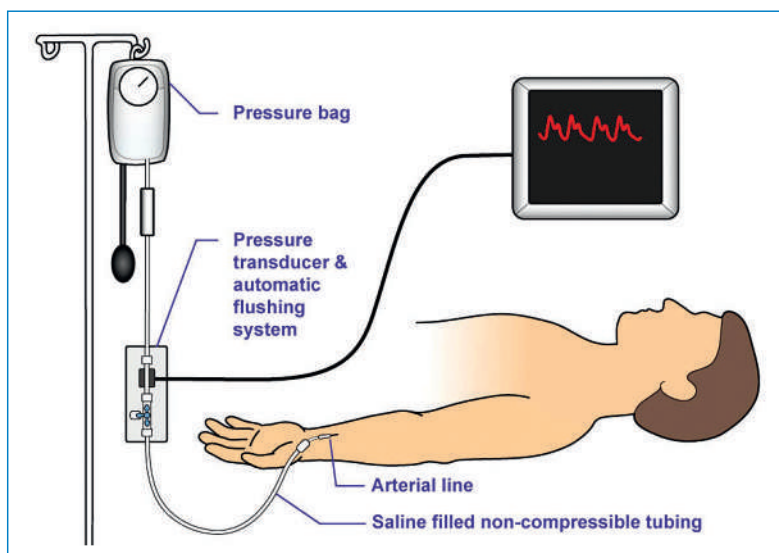
Die arterielle Kanüle wird über einen nicht kompressiblen Verbindungsschlauch mit dem Druckaufnehmer, dem Transducer, verbunden. Hier wird die Druckwelle über die Transducermembran übertragen, in ein elektrisches Signal umgewandelt und auf den Vitaldatenmonitor übertragen (Abb. 2  und 3 ). Auf dem Monitor wird die Blutdruckkurve angezeigt, und es werden der systolische, diastolische und der errechnete arterielle Mitteldruck in mm Hg angegeben (Abb. 4 .

Transducer, Arterienkanüle und Verbindungsschlauch werden kontinuierlich mit einer Elektrolytlösung gespült, um eine Thrombosierung des Katheters zu vermeiden. Mittels Druckbeutel und Flussbegrenzer wird ein Fluss von ca. 3 ml/h zur Spülung des Systems generiert. Für den Bereich der Kinderanästhesie und -intensivmedizin sind Systeme mit kleineren Spülflussraten erhältlich.

Heparinzusatz zu dieser Spüllösung, wie er früher regelhaft verwendet wurde, ist nicht erforderlich und wird



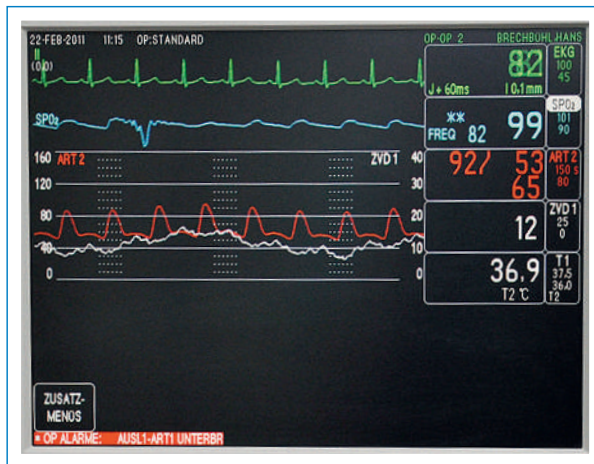
**Abbildung 1**  
Arterielle Druckkurve aus der Aorta, der Arteria radialis und der Arteria dorsalis pedis [4].



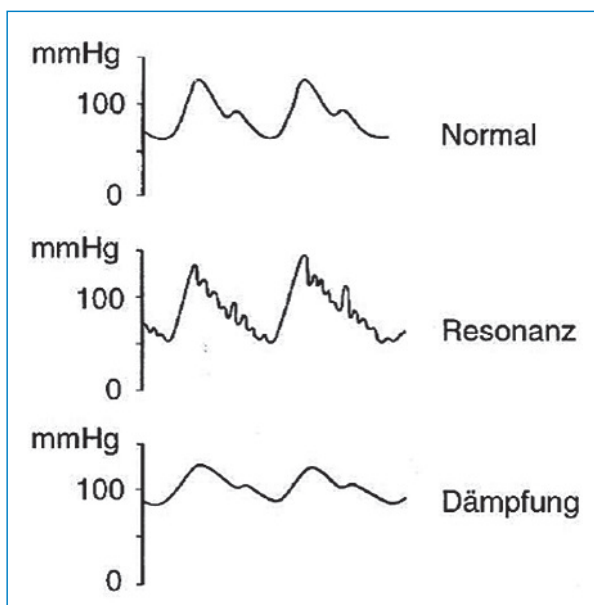
**Abbildung 2**  
Schema der arteriellen Druckmessung ([www.aic.cuhk.edu.hk/web8/art%20line.htm](http://www.aic.cuhk.edu.hk/web8/art%20line.htm)).



**Abbildung 3**  
Arterieller Katheter in der A. radialis, Dreivegehähe für arterielle Blutentnahmen, Druckleitung, Transducer (Foto: Spital Uster).



**Abbildung 4**  
Monitorbild; rot = Blutdruckkurve (Foto: Spital Uster).



**Abbildung 5**  
Effekte von Resonanz und Dämpfung auf die arterielle Druckkurve [4].

auch nicht mehr eingesetzt. Zum einen hat sich gezeigt, dass die Druckinfusion ausreicht, um eine Thrombosierung zu verhindern, zum anderen können die Risiken, die das Heparin birgt, eliminiert werden (z.B. Heparin-induzierte Thrombocytopenie, Blutungen bei Fehldosierungen).

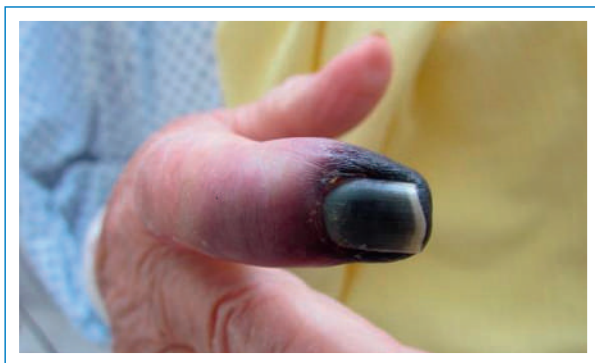
Beträgt die Resonanzfrequenz des beschriebenen Messsystems weniger als 40 Hz, fällt sie in den Frequenzbereich der Blutdruckwelle. Oszillationen an der Resonanzfrequenz erzeugen eine Sinuswelle, welche die Blutdruckwelle überlagert und zu Störungen führen kann (Abb. 5 [4]). Tritt das Problem der Resonanz auf, kann es durch Einsatz kürzerer und steiferer Verbindungsschläuche behoben werden. Bei Behinderungen der Übertragung des Blutdrucks auf die Druckwandlermembran, zum Beispiel durch Luftblasen im System, kann es zur Dämpfung der Kurve und damit zu Fehlmessungen kommen. Eine sorgfältige Spülung des Systems mit Elektrolytlösung vor dem Einsatz ist daher auch für den Erhalt korrekter Messwerte von grosser Bedeutung.

## Risiken und Komplikationen

Jedes invasive Verfahren birgt Risiken und Komplikationsmöglichkeiten. Zu den Risiken der arterielle Kanülierung zählen zunächst, wie bei jeder Katheteranlage, Infekte: In älteren Arbeiten wurden bis zu 4% Sepsisfälle bei länger liegenden Arterienkathetern beschrieben. In einer grossen Übersicht berechnet Scheer 0,13% Sepsisfälle und 0,72% lokale Infekte nach 19617 Radialis-Kanülierungen [1]. Interessanterweise wurden Sepsisfälle nur in drei der 27 hier beurteilten Arbeiten zur Radialis-Kanülierung gefunden. Lokale Hämatome sind mit 14,4% recht häufig, während Blutungen in 0,53–2,6% der Fälle erwartet werden müssen. Bei vasculären Komplikationen sind temporäre Okklusionen der A. radialis häufig, Scheer gibt sie in seiner Arbeit mit 19,7% an [1]. Kritische Durchblutungsstörungen, die zu Funktionsverlust oder Amputation führen, scheinen hingegen sehr selten zu sein und werden in der gleichen Arbeit mit 0,09% beziffert.

Dennoch sind dies derart schwere Komplikationen, dass sie grössere Aufmerksamkeit verdienen (Abb. 6 [4]). Es ist bislang nicht gelungen, unabhängige Risikofaktoren zu identifizieren, geschweige denn solche, die modifizierbar wären. Nebst anderen werden Arteriosklerose, Diabetes und gehäufte thromboembolische Ereignisse in der Anamnese genannt. Natürlich sind vorbestehende anatomische Veränderungen des Gefässsystems ein Risiko; in der Regel sind diese aber nicht bekannt. Auch längere Hypotensionen, Vasopressortherapie und lokale Hämatome werden als Risikofaktoren angegeben. Eine ausführliche Diskussion der patienten- und verfahrensseitigen Risikofaktoren findet sich in der Übersicht von Brzezinski [2].

Die Aussagekraft von klinischen oder auch radiologischen Tests zur Identifikation von Patienten mit erhöhtem Risikoprofil ist ebenfalls enttäuschend. So gilt der Allen-Test, der die Durchgängigkeit des arteriellen Hohlhandbogens überprüfen soll, als unzuverlässig (ausführliche Beschreibung und Bewertung des Allen-Tests in



**Abbildung 6**

Fingerischämie nach Kanülierung der A. radialis (aus: Pasternak et al. *Anästhesie*. 2013;62:193–6, mit freundlicher Genehmigung der Autoren).

[2]). Wir führen ihn daher nicht routinemässig durch. Aufwendige radiologische Untersuchungen sind selbst bei hochselektiver Indikationsstellung im Alltag kaum zu rechtfertigen.

Möglicherweise kann eine ultraschallgesteuerte Einlage die Prozedur vereinfachen und die Zahl der erforderlichen Punktionen reduzieren. Ob dies effektiv zu einer Reduktion der Komplikationen führt, ist noch unklar und wird sich in den kommenden Jahren mit zunehmendem Einsatz des Ultraschalls für Gefässpunktionen zeigen.

Wenn eine Ischämie auftritt, sind frühes Erkennen der Komplikation, umgehende Entfernung der Kanüle, schnelle Diagnostik (allenfalls invasiv via Angiographie) und zügiger Therapiebeginn essentiell. Häufig ist die Ursache für eine Ischämie distal einer arteriellen Kanüle thrombo-embolischen Ursprungs; daher sind Ergebnisse chirurgischer Interventionen oft enttäuschend.

Bei nachgewiesener, langstreckiger Thrombosierung scheint die Thrombektomie sinnvoll, sie wird häufig durch eine Patch-Plastik ergänzt und sollte innerhalb der 6-Stunden-Grenze erfolgen. Die wissenschaftliche Evidenz für die Überlegenheit über die rein medikamentöse Therapie fehlt aber. Eine Überlegenheit wird sich aufgrund des seltenen Vorkommens auch kaum beweisen lassen. Häufig wird ein kombiniertes Vorgehen

gewählt: Falls eine Thrombektomie möglich erscheint, erfolgt die chirurgische Intervention kombiniert mit medikamentöser Therapie. Eingesetzt werden Nitrate, Prostazyklinderivate, Calciumantagonisten, Heparin, Lysetherapie etc. Verschiedene Substanzen (z.B. Phentolamin, Lokalanästhetika) wurden auch intraarteriell eingesetzt. Es findet sich in der Literatur kein Hinweis für die Überlegenheit eines bestimmten Vorgehens.

Zur Risikominimierung sollte man bei Radialis-Kanülierungen nicht die dominante Hand wählen, mehrfache Punktionen vermeiden und die Indikation immer kritisch überprüfen. Diese Empfehlungen sind zwar einleuchtend, aber im Alltag nicht unbedingt hilfreich.

Die geschilderten Risiken dürfen ein korrektes Blutdruckmonitoring bei kritisch kranken oder instabilen Patienten nicht verhindern. Jede arterielle Kanülierung braucht aber eine Indikation, die nach sorgfältigem Abwägen gestellt wird.

---

#### Korrespondenz:

Dr. med. Thomas Hillermann  
 Institut für Anästhesiologie  
 Spital Uster  
 Brunnenstrasse 42  
 CH-8610 Uster  
[thomas.hillermann\[at\]spitaluster.ch](mailto:thomas.hillermann[at]spitaluster.ch)

---

#### Literatur

- 1 Scheer BV, Perel A, Pfeiffer UJ. Clinical review; complications and risk factors of peripheral arterial catheters used for haemodynamic monitoring in anaesthesia and intensive care medicine. *Crit Care*. 2002; 6:198–204.
- 2 Brzezinski M, Luisett T, London MJ. Radial artery cannulation: a comprehensive review of recent anatomic and physiologic investigations. *Anesth Analg*. 2009;109(6):1763–81.
- 3 Morgan GE, et al (2005). *Clinical Anesthesiology*. Fourth edition, Lange Medical Books / McGraw-Hill Medical Publishing Division, New York.
- 4 Parbrook GD, Davis PD, Parbrook EO (1997). *Physik und Messtechnik in der Anästhesie*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart.
- 5 Larsen R (2002). *Anästhesie*. 7. Auflage, Urban & Fischer Verlag München, Jena.

Eine Liste mit weiterführender Literatur finden Sie unter [www.medicalforum.ch](http://www.medicalforum.ch).