

Entwicklung eines Geräts zur Detektion des venösen Zugangs auf Basis von Impedanzmessungen

Hintergrund

Bis zu 70 % aller Krankenhauspatienten erhalten während ihres Klinikaufenthalts einen peripheren intravenösen Katheter [1]. Trotz der häufigen Durchführung kommt es dabei oft zu weitgehenden Komplikationen, welche bis hin zu einer Venenentzündung oder einem Venenverschluss reichen können [2]. Zu den Einflussfaktoren auf einen erfolgreichen Verlauf zählen [1, 3]:

- Eigenschaften des verwendeten Katheters
- Fähigkeiten und Erfahrung der durchführenden Personen
- Individuellen Merkmale des Patienten

Zu den häufigsten Gründen für den Misserfolg gehören [2]:

- Vorbeistechen
- Durchstechen der Vene

Ziele

- Den möglich auftretenden Komplikationen beim Legen eines peripheren venösen Zugangs soll in Form einer Indikation des Punktionsvorgangs entgegengewirkt werden.
- Dabei fokussiert sich diese Arbeit auf eine Indikation des Einstichvorgangs auf Basis der unterschiedlichen elektrischen Eigenschaften von verschiedenen Gewebetypen.

Methoden

Die Konzeptentwicklung zur Entwicklung eines Gerätes zur Detektion des venösen Zugangs konzentrierte sich auf das technische Verfahren der Impedanzmessung. Die resultierende Gesamtlösung mit den entsprechenden Komponenten und des konstruierten Gehäuses sind in Abbildung 1 dargestellt. Zur Aufnahme eines Messsignals wurde eine bipolare Elektrodenadel hergestellt, welche in Abbildung 2 dargestellt ist und aus folgenden Komponenten aufgebaut wurde:

- Einmalkanüle 17 G
- Einmalkanüle 23 G
- PTFE Schrumpfschlauch

Zur Evaluierung des entwickelten Geräts sollten verschiedene Gewebephantome genutzt werden, welche die elektrischen Eigenschaften der durchdrungenen Gewebeschichten während des Punktionsvorgangs repräsentieren. Die genaue Zusammensetzung der einzelnen Phantome ist in Tabelle 1 dargestellt.

Entwickeltes Gesamtkonzept

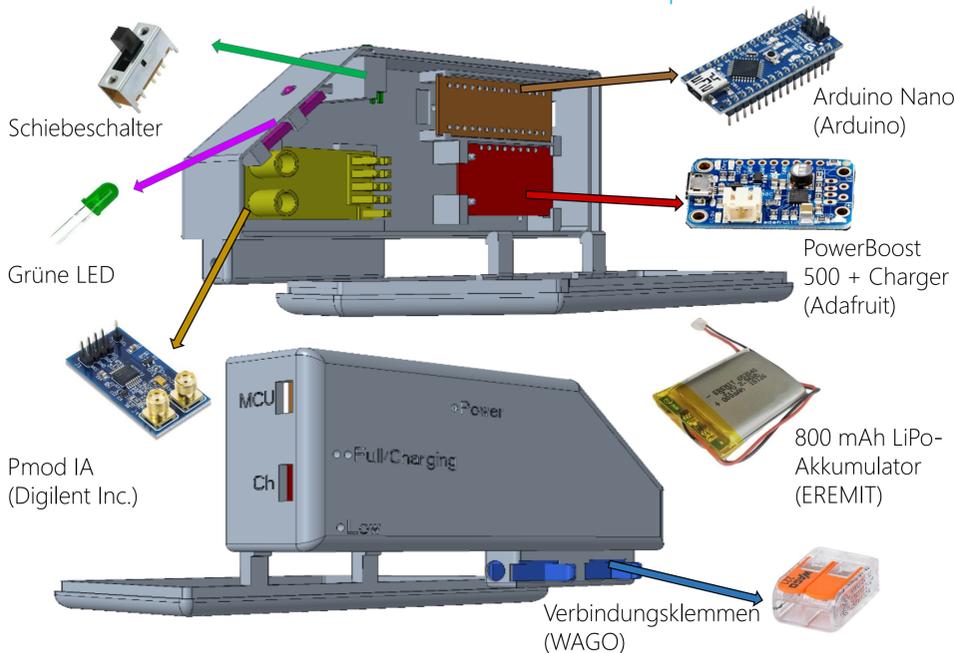


Abbildung 1: 3D Modell des entwickelten Geräts und darin integrierte Komponenten (IA: Impedanzanalysator, LiPo: Lithium-Polymer-Akkumulator).

Hergestellte bipolare Elektrodenadel

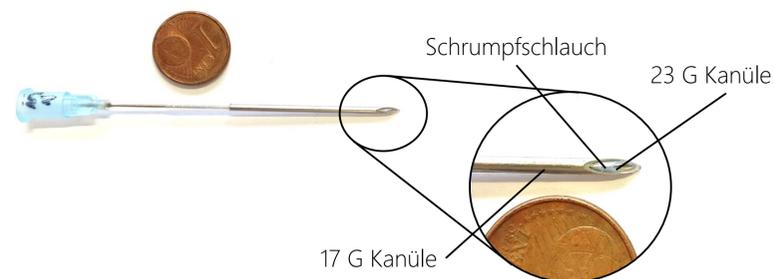


Abbildung 2: Selbstgebaute bipolare Elektrodenadel aus zwei Einmalkanülen (Größen 17 G und 23 G) und einem PTFE Schrumpfschlauch zur Isolierung.

Zusammensetzung Gewebephantome

Tabelle 1: Zusammensetzung der verschiedenen Gewebephantome.

Phantomtyp	Zutaten (% w/w)					
	Demineralisiertes Wasser	Natrium Chlorid (NaCl)	Agar	Gelatine	1,2-Propandiol	5 M NaCl Lösung
Haut	75,40	0,30	3,77	1,88	18,72	-
Fett	95,24	-	4,76	-	-	-
Blut	-	-	-	-	70,00	30,00

Charakterisierung Gewebephantome

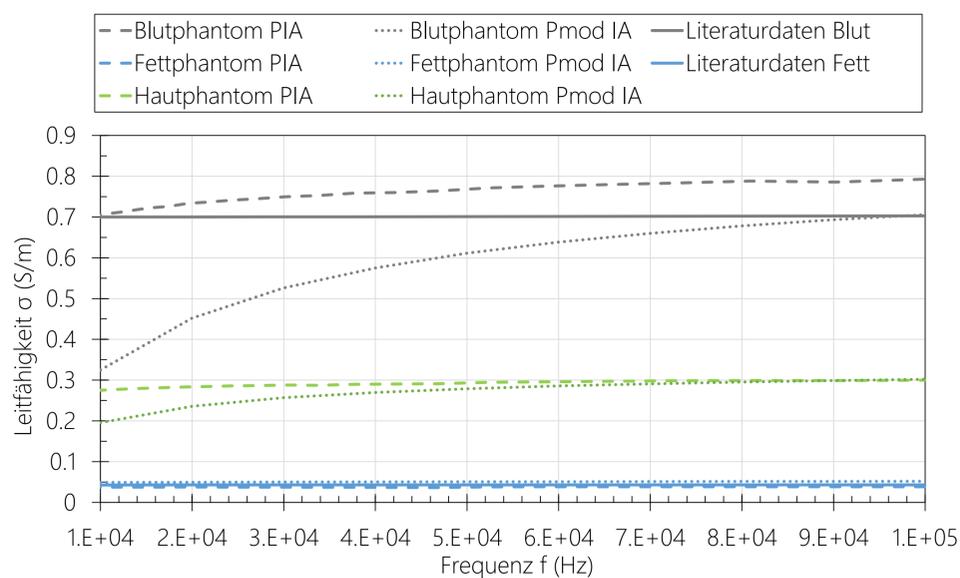


Abbildung 3: Leitfähigkeiten der verschiedenen Gewebephantome nach Messung unter Verwendung des Präzisions-Impedanzanalysators (PIA, 6500B, Wayne Kerr) und des Pmod Impedanzanalysators (Pmod IA) des entwickelten Geräts.

Ergebnisse

Abbildung 3 zeigt die ermittelten Leitfähigkeiten der drei hergestellten Gewebephantome unter Verwendung eines Präzisions-Impedanzanalysators (PIA) und des Pmod Impedanzanalysators (Pmod IA) des entwickelten Geräts, nachdem die Zellkonstante der selbstgebauten Nadelelektrode unter Verwendung von verschiedenen konzentrierten NaCl Lösungen mit bekannten Leitfähigkeiten bestimmt wurde. Die Ergebnisse des Pmod IA zeigen:

- Große Abweichungen vom PIA und den dargestellten Literaturdaten (Gabriel *et al.*) für das Blutphantom (niedriger Frequenzbereich).
- Übereinstimmung der Leitfähigkeiten bei einer Frequenz von 100 kHz, sodass bei dieser Frequenz die bestmögliche Unterscheidung der Strukturen erfolgen kann.

Fazit

- Das entwickelte Gerät konnte erfolgreich genutzt werden um verschiedenen Gewebephantome anhand ihrer Leitfähigkeiten eindeutig zu unterscheiden.
- Die Untersuchung von nativem Gewebe mit Hilfe des entwickelten Geräts steht noch aus.
- Verkleinerung des Elektrodenmessers, um mit Hinblick auf die Zielanwendung Schmerzen für den Patienten zu verhindern.

Literatur

- [1] C. M. Rickard *et al.*, "Routine versus clinically indicated replacement of peripheral intravenous catheters: a randomised controlled equivalence trial," *The Lancet*, Vol. 380, Nr. 9847, Seite 1066-1074, 2012.
 [2] J. Webster *et al.*, "Routine care of peripheral intravenous catheters versus clinically indicated replacement: randomised controlled trial," *BMJ*, Vol. 337, Seite a339, 2008.
 [3] R. E. Helm *et al.*, "Accepted but unacceptable: peripheral IV catheter failure," *Journal of Infusion Nursing*, Vol. 38, Nr. 3, Seite 189-203, 2015.
 [4] G. J. Schears, "Summary of Product Trials for 10, 164 Patients: Comparing an Intravenous Stabilizing Device to Tape," *Journal of Infusion Nursing*, Vol. 29, Nr. 4, Seite 225-231, 2006.
 [5] E. Simhi *et al.*, "A Vein Entry Indicator Device for Facilitating Peripheral Intravenous Cannulation in Children: A Prospective, Randomized, Controlled Trial," *Anesthesia & Analgesia*, Vol. 107, Nr. 5, Seite 1531-1535, 2008.