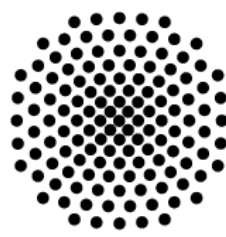


Modellierung und Simulation bioelektrischer Impedanzmessungen mit unterschiedlichen Nadelelektroden



Universität Stuttgart

L. Hauser¹, J. Liu¹, P. P. Pott¹

¹Institut für Medizingerätetechnik, Universität Stuttgart, Deutschland

Institut für Medizingerätetechnik



Hintergrund

Das Verfahren der peripheren intravenösen Katheterisierung ist eine der häufigsten Prozeduren in Krankenhäusern. Genauer gesagt wird bei 70% der stationär aufgenommenen erwachsenen Patienten ein solcher Eingriff durchgeführt und bei bis zu 69% dieser Kanülierungen kommt es zu vorzeitigem Versagen aufgrund von Komplikationen [1, 2]. Zu einer erfolgreichen Venenpunktion gehören die Einflussfaktoren [3]:

- Fachpersonal und dessen Expertise
- Eigenschaften des verwendeten Katheters
- Beschaffenheit und Reaktion des Körpers auf den Eingriff

Zu den häufigsten Misserfolgen gehören das Durchstechen und Vorbeistechen der Vene [4].

Ziele

Um diesen Misserfolgen entgegenzuwirken, ist es wichtig die Lage der Nadelspitze im Gewebe zu kennen. Ein Ansatz zur Bestimmung der Lage der Nadelspitze im Gewebe bietet die elektrische Impedanzmessung. In dieser Arbeit werden elektrische Impedanzmessungen anhand geeigneter Modelle simuliert. Dabei sind die Ziele:

- Verschiedene Elektrodenkonfigurationen zu untersuchen mit dem Ziel eine lokale Messung zu erhalten.
- Einen geeigneten Frequenzbereich zu finden, mit dem die Gewebeunterscheidung eindeutig ist.

Ergebnisse

- Bei den beiden monopolen Nadeln verlaufen die Stromlinien nicht lokal und die Impedanzdifferenzen zeigen, dass keine Gewebeunterscheidung möglich ist (vgl. Abb. 4a).
- Bei der bipolaren Nadel 1 verlaufen die Stromlinien lokaler als bei den monopolen Nadeln und die Impedanzdifferenzen zeigen, dass Dermis, Fett und Muskel voneinander unterschieden werden können (vgl. Abb. 4b).
- Bei der bipolaren Nadel 2 verlaufen die Stromlinien am lokalsten und die Impedanzdifferenzen zeigen, dass alle Gewebe bis auf Venenwand und Blut voneinander unterschieden werden können (vgl. Abb. 4c).

Modellierte Nadeln



Abbildung 1: (a) Monopolare solide Nadel; (b) Monopolare Hohnadel; (c) Bipolare Nadel 1; (d) Bipolare Nadel 2

Gewebemodelle

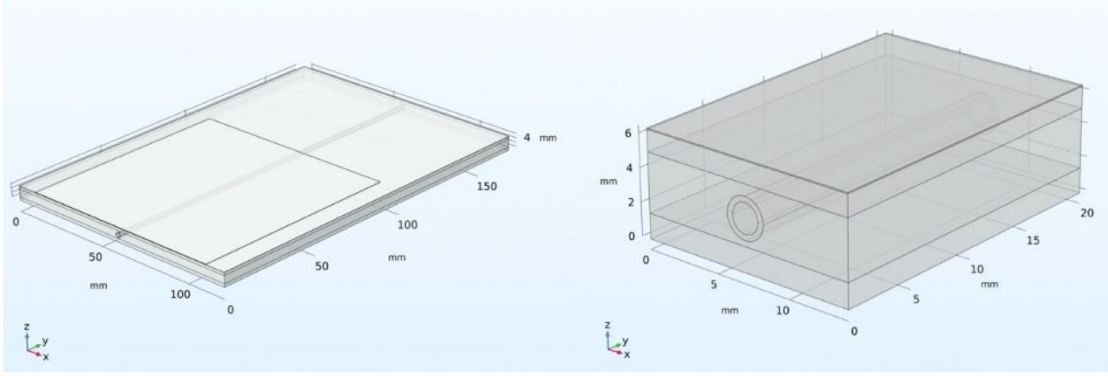


Abbildung 2: (a) Gewebemodell für die monopolen Nadeln; (b) Gewebemodell für die bipolaren Nadeln

Simulationspositionen

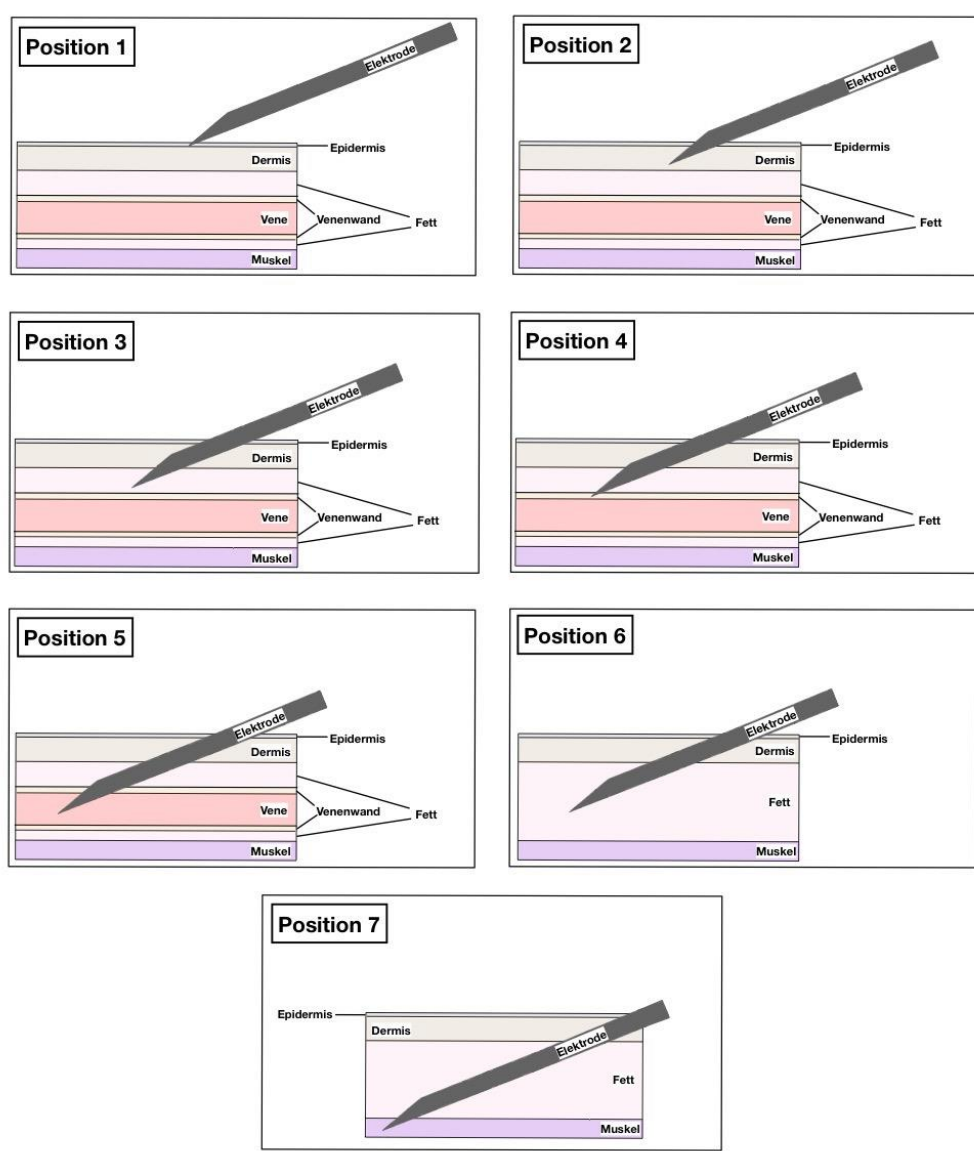


Abbildung 3: Simulationspositionen der Nadelspitze.

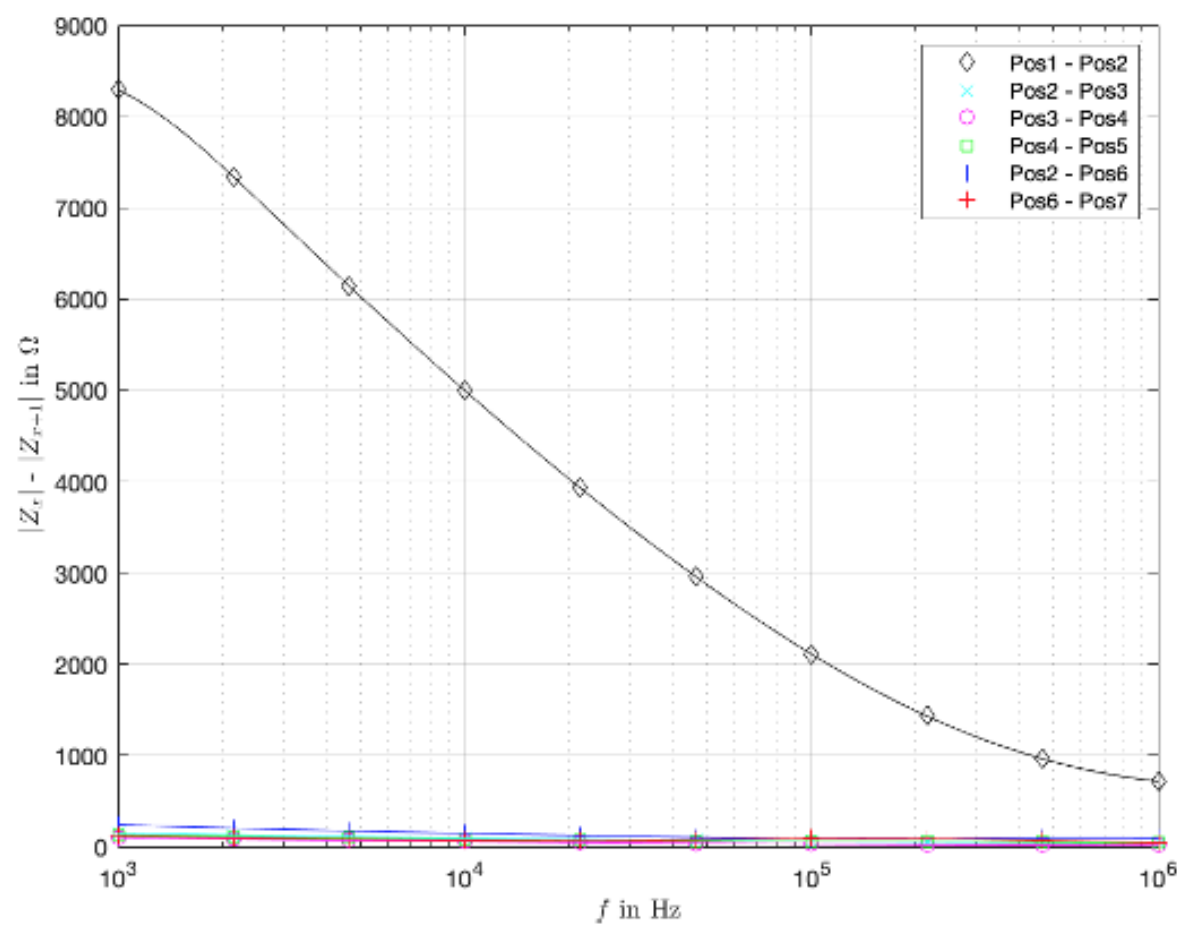
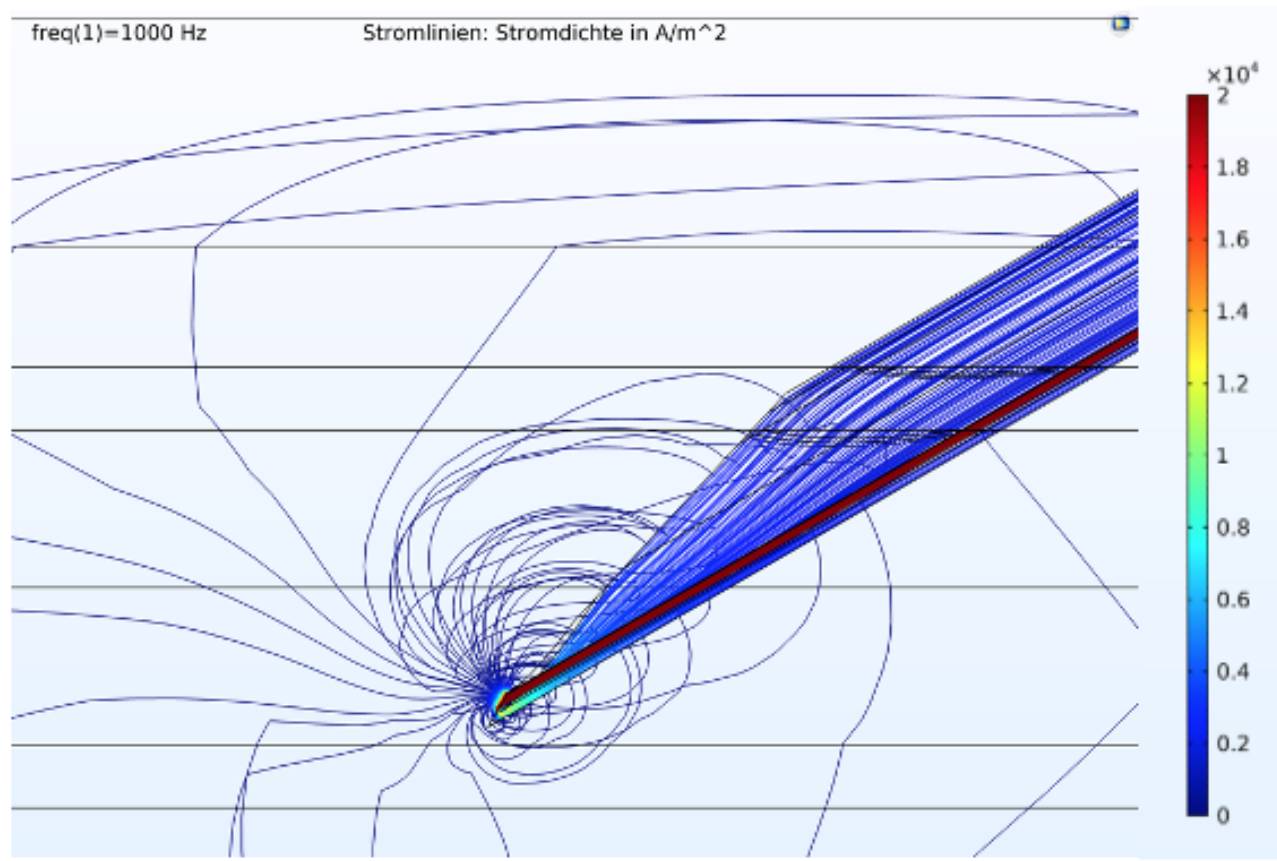
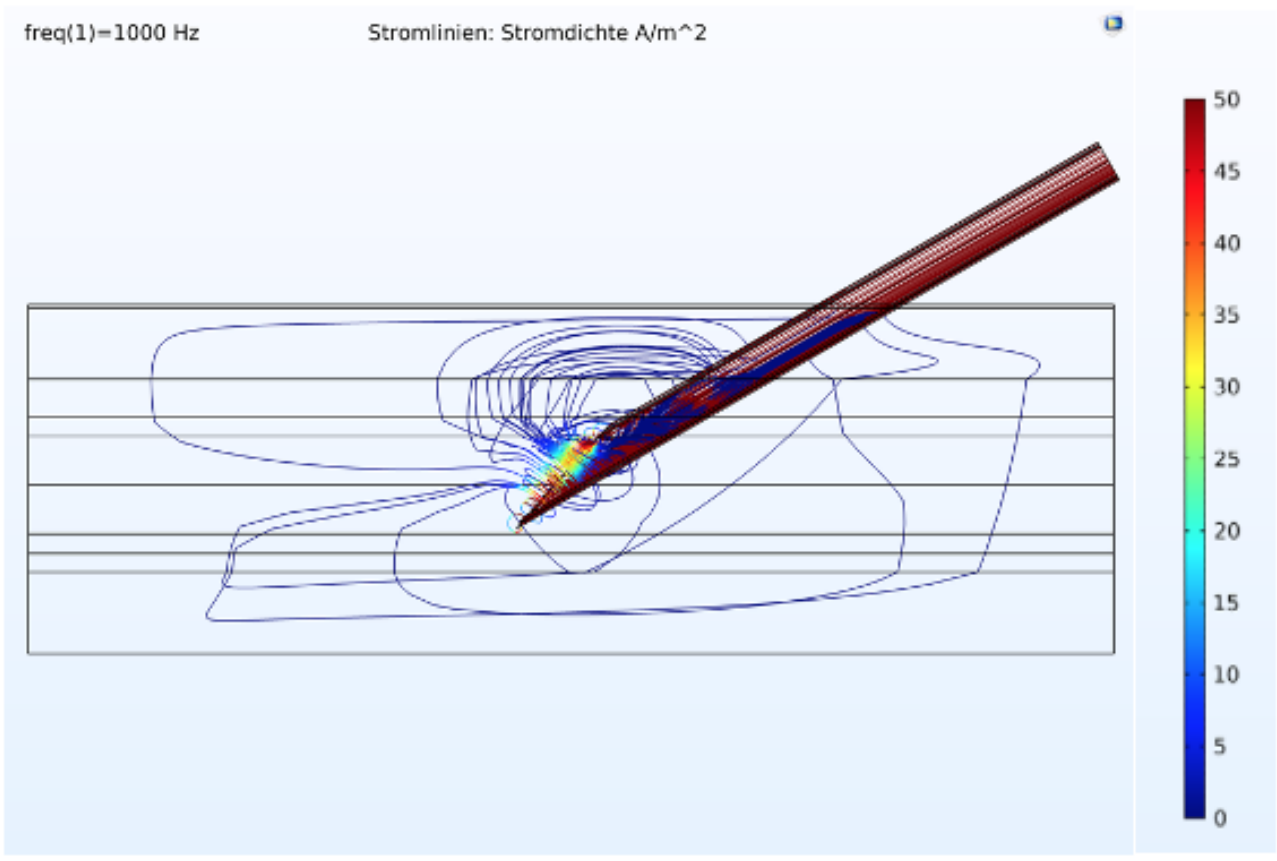
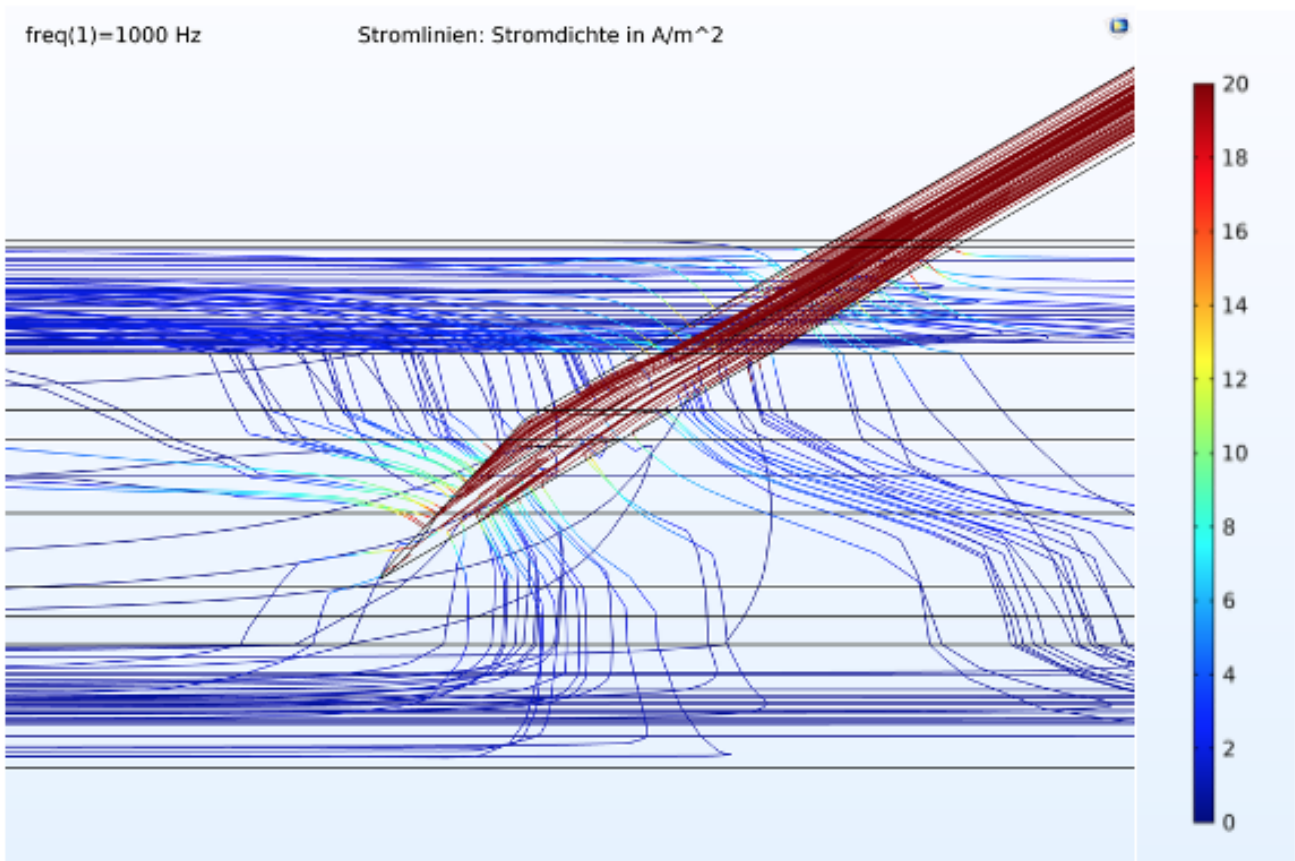
Methoden

- Die elektrische Impedanz von Gewebe kann mit verschiedenen Anordnungen von Elektroden gemessen werden. In dieser Arbeit wurden zwei monopolare und zwei bipolare Konfigurationen modelliert und simuliert (vgl. Abb. 1).
- Für die monopolen Nadeln wird eine Patchelektrode benötigt und für die bipolaren Nadeln nicht. Daher wurden zwei verschiedene Gewebemodelle erstellt (vgl. Abb. 2).
- Es werden jeweils sieben verschiedene Positionen simuliert (vgl. Abb. 3).

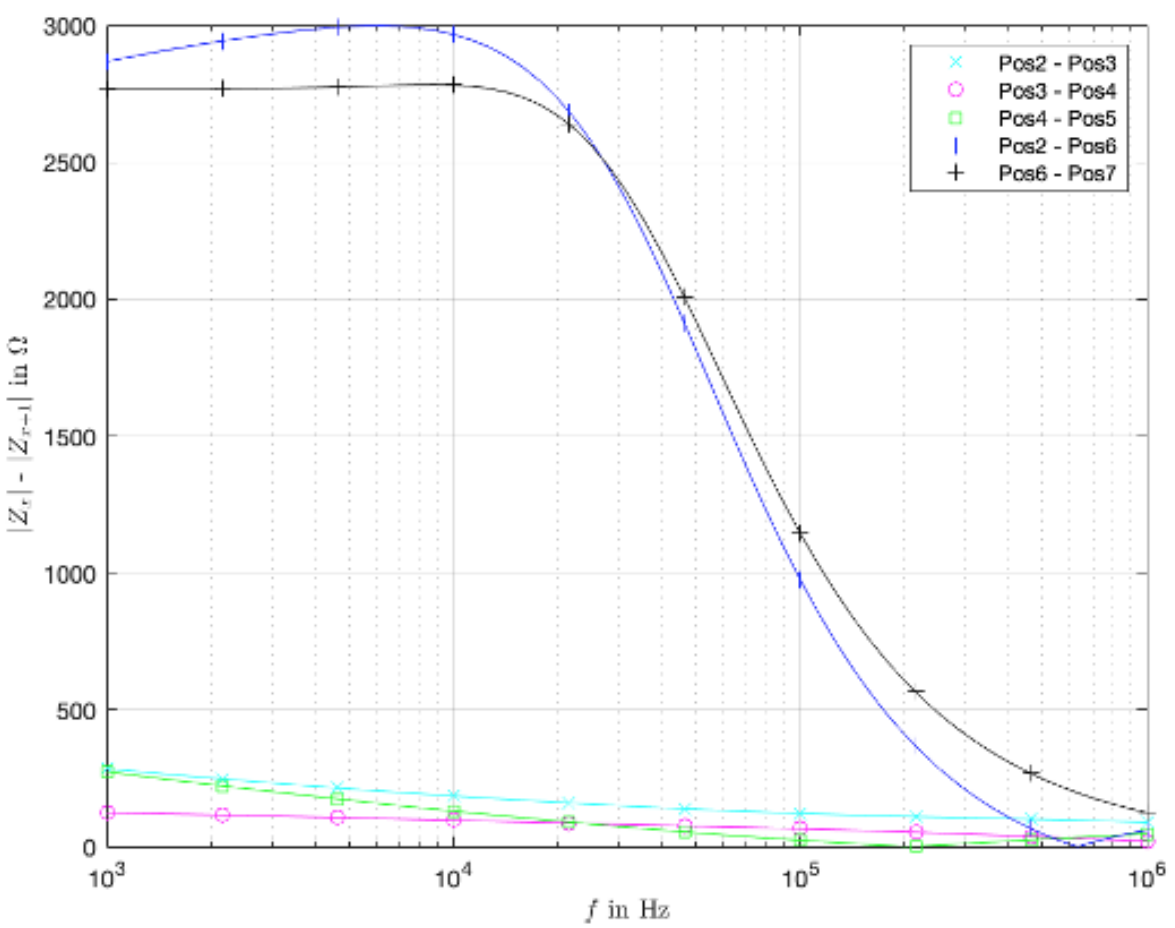
Fazit

- Bei den monopolen Nadeln werden Überlagerungsimpedanzen gemessen und bei der bipolaren Nadel 1 kann nur das Vorbeistechen der Venen detektiert werden, weswegen sich diese Nadeln nicht zur Gewebeunterscheidung eignen.
- Von allen untersuchten Nadeln liefert die bipolare Nadel 2 die besten Ergebnisse zur Gewebeunterscheidung.

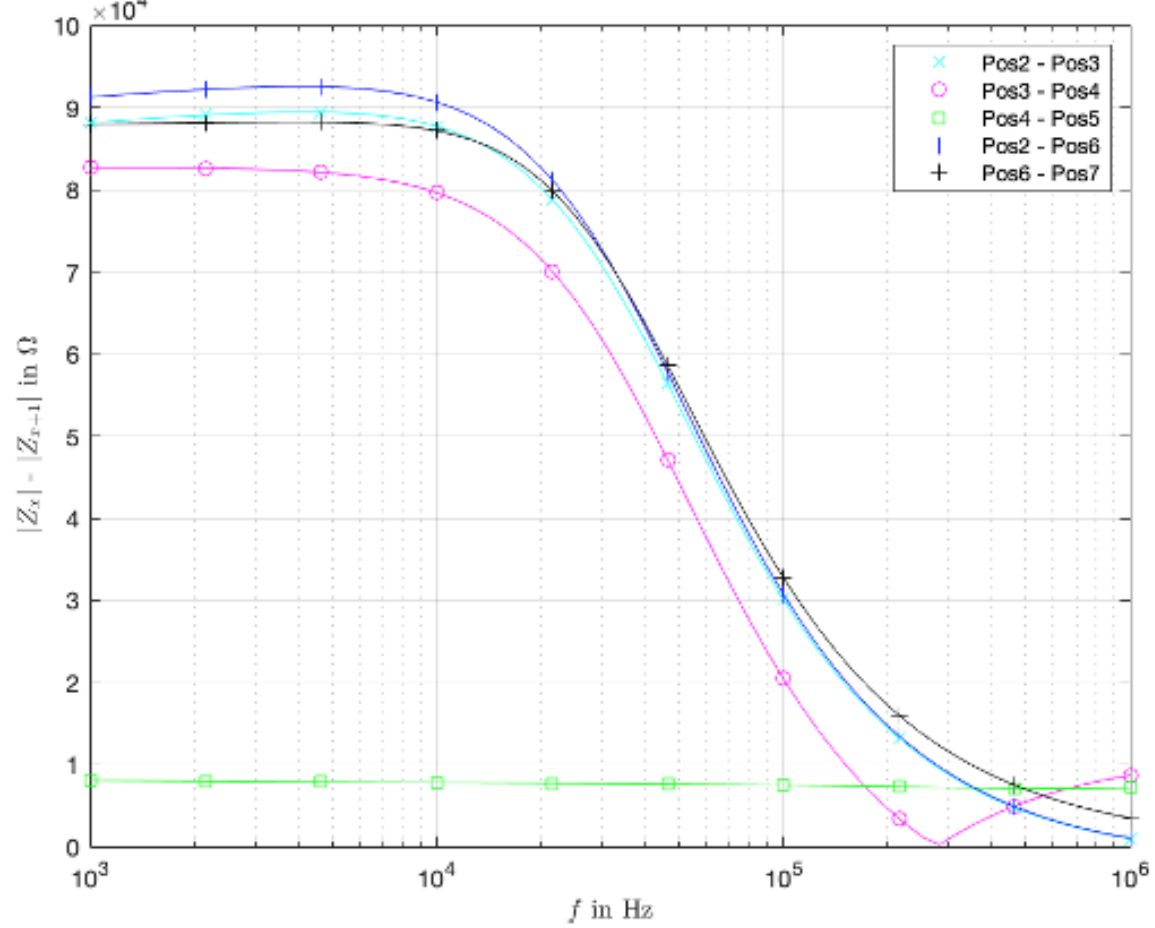
Simulationsergebnisse



(a)



(b)



(c)

Abbildung 4 : erste Zeile: Stromlinienverläufe der Position 5 bei 1 kHz; zweite Zeile: Impedanzdifferenzen der benachbarten Gewebeschichten (a) Monopolare solide Nadel; (b) Bipolare Nadel 1; (c) Bipolare Nadel 2

Literatur

1. Z. Cheng et al., "A hand-held robotic device for peripheral intravenous catheterization", Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine, Jg. 231, S. 1165–1177, 2017.
2. G. Ray-Barruel et al., "Implementing the I-DECIDED clinical decision-making tool for peripheral intravenous catheter assessment and safe removal: Protocol for an interrupted time-series study", BMJ Open, Jg. 8, S. 1–10, 2018.
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. Z. Cheng et al., "A New Venous Entry Detection Method Based on Electrical Bio-impedance Sensing," Annals of Biomedical Engineering, journal article Vol. 46, Nr. 10, Seite 1558–1567, 2018.