



**Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg**  
**Medizinische Fakultät Mannheim**  
**Dissertations-Kurzfassung**

**Cone-Beam-CT gesteuerte Sondenplatzierung: Ein Vergleich von  
visuell-geführter versus roboter-assistierter Navigation**

Autor: Philipp Jan Lautenschläger  
Institut / Klinik: Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin  
Doktorvater: Prof. Dr. S. Diehl

In der vorliegenden Arbeit wurden ein kommerziell verfügbares lasergestütztes System (LGS) und ein neuartiges robotisches Assistenzsystem (RAS) zur Sondenplatzierung durch Testpersonen ohne interventionelle Vorerfahrung verglichen.

Die Testpersonen waren 20 Medizinstudierende, jeweils 10 pro Versuchsgruppe, welche keinerlei Erfahrung mit Sondenplatzierungen hatten. Jede Testperson führte an drei Versuchstagen jeweils sechs Punktionen durch. Vor der ersten Sondenplatzierung erhielt jede Testperson eine 90-minütige Einführung. Die erfassten Parameter wurden in 3 Kategorien zusammengefasst:

**Präzision**

Mittels der CBCT-Scans, die während der Platzierung erfolgten, wurde die Abweichung der Sondenspitze vom geplanten Zielpunkt und die Winkelabweichung erhoben. Zusätzlich wurde die Anzahl an Iterationen (Korrekturen) während der Versuche dokumentiert.

**Interventionsdauer**

Anhand von Videoaufzeichnungen erfolgte eine Messung der Dauer der gesamten Intervention und die Dauer des Sondenvorschubes.

**Prozedurale Sicherheit der Testpersonen**

Mittels eines Protokolls erfolgte eine Erhebung der Selbstständigkeit in Form einer Checkliste (extern beurteilt) und der Confidence in Form eines Fragebogens (von der Testperson selbst beurteilt).

Zusätzlich wurde die Entwicklung der einzelnen Parameter im zeitlichen Verlauf analysiert, um Lernkurven zu beurteilen.

Die Auswertung erfolgte auf Basis von 349 Sondenplatzierungen, 11 der 360 geplanten Sondenplatzierungen mussten aufgrund von technischen Fehlern ausgeschlossen werden.

Die Testpersonen beider Versuchsgruppen erreichten an allen Tagen eine mit anderen Studien vergleichbare Präzision. Die Abweichung der Sondenspitze vom geplanten Ziel lag bei wenigen Millimetern und die Winkelabweichung betrug wenige Grad, wie es für mögliche klinische Anwendungen erforderlich ist.

Die Gesamtdauer war in der RAS-Versuchsgruppe statistisch signifikant kürzer, jedoch ohne klinische Relevanz. Ein relevanter Zeitunterschied zeigte sich hingegen bei dem Sondenvorschub. Auch hier war die RAS-Versuchsgruppe schneller und benötigte mit durchschnittlich 2:40 min nur rund die Hälfte der Zeit der LGS-Versuchsgruppe. Insbesondere bei der Platzierung mehrerer Sonden während einer Intervention würde sich dieser Wert multiplizieren.

Hinsichtlich der Selbstständigkeit konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Beide Versuchsgruppen erreichten bereits an Versuchstag 1 Mittelwerte über 90 % der jeweiligen Maximalpunktzahl. Die Testpersonen der RAS-Versuchsgruppe gaben eine höhere Confidence an, am ehesten bedingt durch den standardisierten Ablauf und eine geringe Iterationsrate.

Die Testpersonen beider Versuchsgruppen zeigten eine steile Lernkurve bezogen auf die meisten gemessenen Parameter mit gleichbleibendem Leistungsniveau, spätestens nach Versuchstag 2. Lediglich die Confidence verbesserte sich als einziger Parameter fortlaufend bis Versuchstag 3.

Zusammenfassend sind beide Systeme praktikabel für die Sondenplatzierung durch bisher unerfahrene Anwender\*innen. Sie ermöglichen nach einer kurzen Einarbeitungsphase mit steiler Lernkurve präzise und schnell die Sonde zu platzieren, sowohl bei in-plane als auch bei off-plane Platzierungen. Vorteil des RAS ist die hohe Standardisierung und Automatisierung der Sondenplatzierung, die sich in einer geringeren Rate an Iterationen, einer kürzeren Dauer des Sondenvorschubes und einer höheren Selbstständigkeit der Testpersonen äußerte. Zudem ist das System weitestgehend herstellerunabhängig vom klinisch verwendeten C-Arm-System. Damit kann das RAS helfen, den

steigenden Bedarf an perkutanen Interventionen zu decken, welcher sich beispielsweise durch die personalisierte Onkologie oder durch den zunehmenden Einsatz minimalinvasiver Therapieverfahren (z.B. Thermoablation oder Irreversible Elektroporation) ergibt.