



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

The Skin Classification Project: How can an artificial intelligence-based algorithm for image-based melanoma detection be successfully implemented in clinical practice?

Autor: Sarah Haggemüller
Institut / Klinik: Klinik für Dermatologie, Venerologie und Allergologie
Doktorvater: Prof. Dr. J. Utikal

Ziel der vorliegenden Dissertation ist die Durchführung einer Machbarkeitsstudie zum Einsatz von auf künstlicher Intelligenz (KI)-basierenden Systemen in der Hautkrebsdiagnostik, um die Forschungsfrage „Wie kann ein KI-basierter Algorithmus zur bildbasierten Melanomerkennung erfolgreich in der klinischen Praxis implementiert werden?“ zu untersuchen.

Publikation 1 analysiert systematisch den aktuellen Stand der KI-Forschung im Bereich der Hautkrebsdiagnostik und untersucht die potenzielle klinische Relevanz von Studien, welche die KI-Leistung direkt mit menschlichen Experten vergleichen. Alle 19 einbezogenen Vergleichsstudien zeigten eine überlegene oder gleichwertige Leistung von KI. Um jedoch die Zuverlässigkeit sowie die Generalisierbarkeit dieser Ergebnisse zu erhöhen, fordert **Publikation 1** weniger künstliche Bedingungen und plädiert für die Verwendung von externen Testdaten bei der Evaluierung von Klassifikatoren.

Publikation 2 präsentiert die Ergebnisse einer prospektiven multizentrischen Umfragestudie, die eine adaptive entscheidungsbasierte Conjoint-Analyse (*adaptive-choice based conjoint*) einsetzt, um die Kriterien zu untersuchen, die für Patient*innen und Dermatolog*innen erforderlich sind, um KI-Systeme in der Hautkrebsdiagnostik zu akzeptieren. Insgesamt hebt **Publikation 2** hervor, dass die zukünftige KI-Forschung in der Dermatologie über reine Leistungssteigerungen hinausgehen und sich verstärkt auf ein höheres Maß an Erklärbarkeit konzentrieren muss. Darüber hinaus sind KI-Systeme erforderlich, die sowohl für Patient*innen als auch für Kliniker*innen nachvollziehbar sind und zwischen verschiedenen Hauterkrankungen in einem Mehrklassen-Kontext unterscheiden können, um KI-Systeme zu entwickeln, die auf die Bedürfnisse der Patient*innen und Dermatolog*innen zugeschnitten sind und somit letztendlich die Akzeptanz in der klinischen Praxis erhöhen.

Publikation 3 entwickelt ein auf föderiertem Lernen (*federated learning*) basierendes Modell zur Klassifizierung von Melanomen und Nävi unter Verwendung von prospektiv gesammelten digitalisierten Gewebeschnitten (*whole-slide images*) und vergleicht dessen diagnostische Leistung mit klassischen Ansätzen des zentralisierten Lernens (d.h. Einzelmodell sowie Ensemble). Insgesamt zeigt **Publikation 3**, dass föderiertes Lernen (*federated learning*) eine verlässliche Alternative bietet, welche eine mindestens vergleichbare Leistung zu zentralisiert trainierten Modellen erzielt und gleichzeitig eine leichter zugängliche und datenschutzfreundliche Option darstellt. Folglich kann föderiertes Lernen (*federated learning*) Institutionen dazu befähigen, selbst mit begrenzten Datensätzen oder strengen Datenschutzvorschriften zur Entwicklung von KI-Modellen beizutragen und so die Zusammenarbeit zwischen Institutionen und Ländern fördern.

Die **ergänzenden Publikationen 1 bis 3** untersuchen verschiedene technische Ansätze für die Entwicklung von potenziell robusteren Diagnosealgorithmen mit verbesserten Generalisierungsfähigkeiten. In diesem Zusammenhang haben sich insbesondere *model soups* (d.h. die Mittelung der Gewichte mehrerer Modelle zu einem einzigen Modell) sowie die Bereitstellung von mehreren realen Bildern (d.h. in der Klinik aufgenommene Bildaufnahmen) derselben Läsion für die Klassifizierungsentscheidung als effiziente Methoden erwiesen, die sich positiv auf die Generalisierbarkeit und Robustheit der KI-basierten Melanomerkennung auswirken und gleichzeitig kostengünstig und einfach zu implementieren sind. Insgesamt erfordert die erfolgreiche Umsetzung von KI-Systemen für die Hautkrebsdiagnostik einen ganzheitlichen Ansatz, der technologische Fortschritte, ethische Gesichtspunkte und die praktischen Bedürfnisse von Patient*innen und Dermatolog*innen gleichermaßen berücksichtigt.