

Föderiertes Lernen: Gemeinsame KI-Entwicklung über Klinikgrenzen hinweg

Künstliche Intelligenz (KI) kann bei der Analyse medizinischer Bilder und der Planung von Strahlentherapien unterstützen. Für das Training leistungsfähiger KI-Modelle braucht es jedoch große Mengen sensibler Patientinnen- und Patientendaten. Forschende des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) haben untersucht, wie Krankenhäuser gemeinsam KI-Modelle für Anwendungen in der Strahlentherapie entwickeln können, ohne diese Daten auszutauschen. Dafür nutzen sie das Föderierte Lernen, bei dem ein Modell dezentral trainiert wird, während die Daten vor Ort bleiben. Die Ergebnisse zeigen nicht nur die technische Machbarkeit, sondern auch eine sichere, nachhaltigere und zugängliche Nutzung.

Der Austausch medizinischer Daten zwischen Kliniken ist häufig durch Datenschutzvorgaben und organisatorische Hürden eingeschränkt. Das erschwert die Entwicklung robuster KI-Anwendungen. Beim Föderierten Lernen (Federated Learning) verbleiben die Patientinnen- und Patientendaten in den jeweiligen Krankenhäusern. Die beteiligten Einrichtungen trainieren ihre Modelle vor Ort und tauschen lediglich Informationen über die Modellanpassungen aus. So lässt sich Wissen aus mehreren Kliniken bündeln, ohne sensible Gesundheitsdaten zentral zu speichern oder weiterzugeben. Der Ansatz ist im Gesundheitswesen nicht neu. Forschende des KIT haben ihn jetzt gezielt für Anwendungen in der Strahlentherapie weiterentwickelt.

Für die Planung einer Strahlentherapie sind verschiedene bildgebende Verfahren wie MRT, CT oder CBCT notwendig. Jedes dieser Verfahren liefert unterschiedliche Informationen: Während CT-Aufnahmen unter anderem für die Berechnung der Strahlendosis erforderlich sind, stellen MRT-Bilder Organgewebe besonders kontrastreich dar. CBCT-Aufnahmen ermöglichen es, Patientinnen und Patienten während der Behandlung präzise zu positionieren. KI-Modelle können dabei helfen, aus vorhandenen Aufnahmen synthetische CT-Bilder zu erzeugen.

„Diese Bilder könnten künftig in bestimmten Anwendungsfällen zusätzliche CT-Aufnahmen ersetzen und damit die Belastung durch weitere Röntgenstrahlung reduzieren. Außerdem entfällt der aufwendige Abgleich zwischen verschiedenen Bilddatensätzen, der zu Ungenauigkeiten führen kann“, erklärt Ciro Benito Raggio, Wissenschaftler in der von Professorin Maria Francesca Spadea geleiteten Forschungsgruppe Medizinische Bildgebung für Modellierung und Simulation am Institut für Biomedizinische Technik des KIT.

Technische Machbarkeit in mehreren Kliniken nachgewiesen

Die Forschenden entwickelten und testeten föderierte Lernverfahren für die Erzeugung synthetischer CT-Bilder im Kopf-Hals-Bereich. Die Ergebnisse zeigen, dass sich entsprechende KI-Modelle klinikübergreifend trainieren lassen, ohne sensible Daten von Patientinnen und Patienten auszutauschen. Die Forschenden sehen darin einen wichtigen Schritt auf dem Weg zu klinisch nutzbaren KI-Anwendungen für die Strahlentherapie.

Sicherheit von Anfang an mitgedacht

Zusätzlich untersuchte die Forschungsgruppe mögliche Sicherheitsrisiken föderierter KI-Systeme. So prüften sie, ob sich aus einem trainierten KI-Modell Bilddaten einzelner Patientinnen und Patienten rekonstruieren lassen. Sie konnten zeigen, dass sich föderierte KI-Systeme bereits mit vergleichsweise kleinen Anpassungen wirksam gegen bekannte Angriffe auf die Datensicherheit absichern lassen. „Datenschutz allein reicht nicht aus. Wenn föderierte KI-Systeme künftig in der medizinischen Praxis eingesetzt werden sollen, müssen wir potenzielle Sicherheitsrisiken von Beginn an berücksichtigen“, sagt Raggio.

Weniger Rechenaufwand, geringerer CO₂-Ausstoß

Neben Datenschutz und Sicherheit berücksichtigten die Forschenden auch die Nachhaltigkeit der KI-Systeme. „Je nach

Modellarchitektur konnten wir den Rechenaufwand und die CO₂-Emissionen um 9 bis 23 Prozent reduzieren, ohne die Qualität der synthetischen Bilder zu beeinträchtigen. Besonders kleine Kliniken könnten von solchen Optimierungen profitieren, da sie oft nicht über umfangreiche Rechenressourcen verfügen“, sagt Raggio.

Die Ergebnisse zeigen, dass Föderiertes Lernen die Entwicklung datenschutzfreundlicher KI-Anwendungen für die Strahlentherapie unterstützen und auch kleineren Einrichtungen den Zugang zu leistungsfähigen Modellen eröffnen kann. Damit könnte die Technologie dazu beitragen, innovative Ansätze breiter in die klinische Praxis und medizinische Versorgung zu bringen.

Publikationen:

Raggio, C.B. et al. FedSynthCT-Brain: A federated learning framework for multi-institutional brain MRI-to-CT synthesis. *Comput Biol Med* 192(A), 110160 (2025). DOI: 10.1016/j.combiomed.2025.110160

Raggio, C.B. et al. A privacy-preserving federated learning framework for generalizable CBCT to synthetic CT translation in head and neck. *Front. Digit. Health* 8, 1812254 (2026). DOI: 10.3389/fgdth.2026.1812254

Raggio, C.B., Bucher, L. et al. Security Analysis of a Federated Learning Framework for Medical Image-to-Image Translation. *J Med Syst* 50, 108 (2026). DOI: 10.1007/s10916-026-02436-8

Raggio, C.B. et al. Energy-efficient federated learning via adaptive encoder freezing for MRI-to-CT conversion: A Green AI-guided research. *Sustain Comput Inform Syst* 51, 101433 (2026). DOI: 10.1016/j.suscom.2026.101433

Pressemitteilung

13.10.2026

Quelle: Karlsruher Institut für Technologie

Weitere Informationen

► [Karlsruher Institut für Technologie](#)