

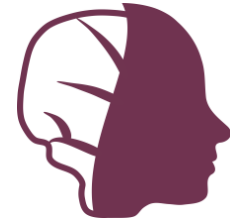
# DeepAnatomy – Segmentierung anatomischer Strukturen mit Deep Learning

Veranstalter: [AG Medical Image Computing](#)

Betreuer: Hans Meine, Elham Taghizadeh, Jennifer Nitsch

Starttermin: WiSe 2019

Masterprofile / -schwerpunkte: MC, KIKR



## Über die AG Medical Image Computing

Medical Image Computing

Die medizinische Bildverarbeitung ist ein Forschungsbereich, der durch die rasante Weiterentwicklung struktureller, funktionaler und metabolischer Bildgebungen in der Medizin kontinuierlich herausgefordert wird. Neueste Entwicklungen sorgen nicht nur dafür, dass Pathologien in immer früheren Stadien erkannt werden können, sondern unterstützen außerdem die genaue Klassifikation der Erkrankung, Beurteilung ihres Schweregrads und die patientenindividuelle Auswahl einer geeigneten Therapie. In unserer Arbeitsgruppe "Medical Image Computing" beschäftigen wir uns mit dem gesamten klinischen Workflow von der Diagnose bis zur Therapie. Gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Digitale Medizin MEVIS und vielen klinischen Partnern (z.B. Unikliniken in Deutschland, aber auch weltweit) bringen wir dieses besonders interessante, interdisziplinäre Forschungsfeld voran, unter Verwendung neuester Technologien aus Informatik, Medizin, Mathematik und Physik.

## Segmentierung anatomischer Strukturen in medizinischen Bildern

Es gibt eine Vielzahl verschiedener relevanter **Modalitäten** (Arten der medizinischen Bildgebung); die häufigsten sind bei uns die Computertomographie (CT), die mit Röntgenstrahlen arbeitet, und die strahlenfreie Magnetresonanztomographie (MRT).<sup>1</sup> Auch MRT ermöglicht dreidimensionale Einblicke in den menschlichen Körper und bietet dabei noch eine Vielzahl verschiedene Kontraste, die physikalische Eigenschaften messen und darstellen können.

Mit **Segmentierung** bezeichnen wir in der Bildverarbeitung den Analyseschritt, der aus Bildern die Geometrie bestimmter Strukturen extrahiert, z.B. ein wichtiges Objekt oder einen relevanten Teil eines Objekts von Interesse konturiert. Das Ergebnis können z.B. durch Maskenvolumen, Konturen oder Oberflächennetze beschriebene dreidimensionale Körper sein. In der medizinischen Bildverarbeitung segmentiert man häufig Organe (z.B. Lunge, Leber, Hirn, Niere, Blase), Knochen, Läsionen (z.B. Tumore, Zysten, Nekrosen) oder auch Implantate, Instrumente o.ä.

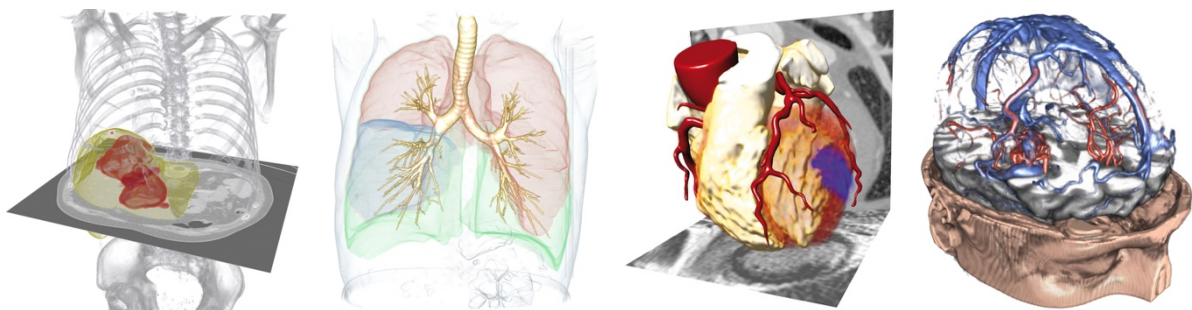


Abb.: Aus medizinischen Bilddaten mit MeVisLab segmentierte und visualisierte anatomische Strukturen, © Fraunhofer MEVIS

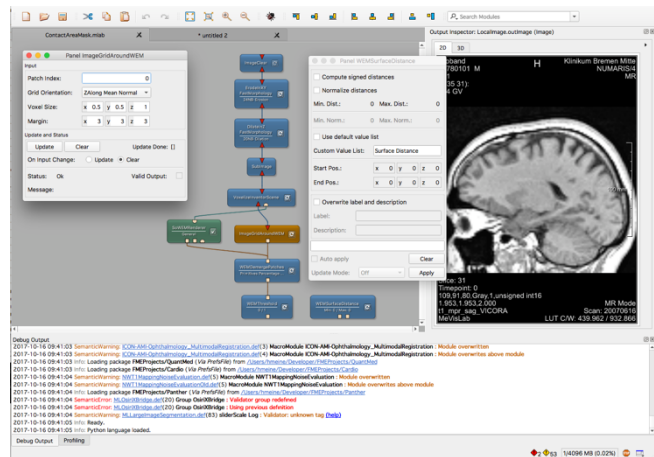
In den letzten Jahrzehnten wurden unzählige Segmentierungsverfahren vorgestellt, die fast alle auch in der Medizin Anwendung fanden und ihre Berechtigung haben. Speziell in den letzten Jahren hat der Erfolg von **Deep Learning**, hier mit Convolutional Neural Networks (CNN), revolutionäre Ergebnisse gebracht und

<sup>1</sup> Die Universität Bremen und Fraunhofer MEVIS betreiben gemeinsam einen MRT-Scanner, der z.B. zur Entwicklung verbesserter Bildkontraste oder schnellerer Bildgebung dient.

damit auch in der medizinischen Bildverarbeitung schnell viele andere Verfahren abgelöst. Gerade in der Segmentierung anatomischer Strukturen, die von (oft auch noch benachbarten) ähnlich aussehenden Strukturen nur schwer abgegrenzt werden können, sind CNN nicht mehr wegzudenken.

## Vorarbeiten und Infrastruktur

Viele unserer Softwareprototypen basieren auf der Entwicklungsplattform "MeVisLab", die in Kooperation mit Fraunhofer MEVIS zur Verfügung steht und effiziente, mächtige Bildverarbeitungs- und Visualisierungskomponenten bietet. MeVisLab bindet auch Open Source-Komponenten ein (ITK, VTK, Open Inventor, Python, NumPy, ...). Selbstverständlich können alle relevanten Bild- und Metadatenformate wie DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) importiert und exportiert werden. MeVisLab bietet eine grafische Programmierumgebung, in der Module visuell miteinander verknüpft und parametrisiert werden und der Datenfluss und die Auswirkungen verschiedener Parameter interaktiv exploriert werden können.



Außerdem besteht eine Hard- und Software-Infrastruktur für Deep Learning. Zu dieser gehören Annotationswerkzeuge, mit denen medizinische Bilddaten effizient manuell annotiert werden können, Komponenten für die Aufbereitung (Laden, Vorverarbeitung, Filterung) solcher Daten für das Training neuronaler Netze, sowie geeignete Modelldefinitionen und Trainings-Frontends. Nicht zuletzt betreiben wir einen Cluster mit einer größeren Anzahl GPUs, auf dem Trainings-Jobs abgesetzt werden können, die je nach Auslastung automatisch parallel oder der Reihe nach abgearbeitet werden.

Eine weitere wichtige Softwarekomponente, die für dieses Projekt relevant sein wird, ist eine (bis jetzt nur intern entwickelte) Validierungsplattform, die die systematische Evaluation und den Vergleich verschiedener Verfahren auf einer gegebenen Anzahl von Datensätzen unterstützt.

## Konkrete Aufgabenstellung

Das Projekt bietet einen hervorragenden Einblick in die Praxis der medizinischen Bildverarbeitung und damit in ein spannendes Anwendungsfeld für verschiedene Methoden der Informatik. Eine erste Aufgabe wird sein, eine **automatische Segmentierung** für relevante anatomische Strukturen zu entwickeln. Hierfür verwenden wir Deep Learning, konkret Convolutional Neural Networks (CNN), in diesem Fall geeignete 3D-Varianten. Trainingsdaten liegen in Form von 176 Knie-MRTs vor (je 2 Zeitpunkte von 88 Patienten), in denen relevante Knorpelstrukturen bereits segmentiert sind, so dass auf deren Basis geeignete Modelle trainiert und evaluiert werden können. Für die Hinzunahme weiterer Strukturen steht ein semiautomatisches Verfahren zur Verfügung, so dass das Segmentierungsverfahren in einem zweiten Schritt um für die Analyse ebenfalls notwendige Knochen erweitert wird. Wenn alle notwendigen Strukturen segmentiert sind, kann z.B. mit vorhandenen Softwarekomponenten die Knorpeldicke analysiert und geeignet visualisiert werden.

Je nach Anzahl der Teilnehmer können weitere Aufgaben hinzugenommen werden, oder wichtige Teile vertieft werden. So ist z.B. eine wissenschaftlich saubere Auswertung des erzeugten Verfahrens in diesem Anwendungsfeld wichtig für die Akzeptanz und die weitere Arbeit mit klinischen Partnern. Eine andere Stoßrichtung ist die Anwendung auf (bis zu Tausenden) weiteren MRTs aus dem gleichen Datensatz, was systematische Auswertungen einer ganzen Patientenpopulation ermöglicht.

Viele Möglichkeiten der Erweiterung können auch in der Folge im Rahmen eines **Masterprojekts** verfolgt werden, zum Beispiel hinsichtlich weiterer Analyseparameter, der Fusion verschiedener Datenquellen oder verbesserter Benutzungsschnittstellen und Visualisierungen. Da die Anwendung von KI-Methoden in der Medizin auf besondere Anforderungen stößt, ist auch die Untersuchung der Erklärbarkeit oder Unsicherheit der Ergebnisse neuronaler Netze ein heißes Thema. Für klinische Forschung und Entscheidungsunter-

stützung für Ärzte ist es auch notwendig, Ergebnisse aus der Bildanalyse zum Beispiel mit Patienteninformationen (Alter, Gewicht, Ernährung, Vorerkrankungen, ...) zu korrelieren. Für die gewählte Anwendung liegt ein öffentlich verfügbarer, unglaublich reichhaltiger Datensatz vor, in dem nicht nur Bilddaten tausender Patienten über viele Jahre, sondern auch hunderte relevanter weiterer Parameter gesammelt wurden.

## Organisatorisches

Das Projekt ist als *zweisemestriges* Bachelorprojekt konzipiert, wobei ein (ebenfalls wieder zweisemestriges) Folgeprojekt als Teil des Masterstudiums sowie die Möglichkeit von Abschlußarbeiten Ziel der Betreuer ist. Je nach Teilnehmerzahl lassen sich diverse Projektteilgruppen definieren, die zusammen einen größeren Teil des Workflows bearbeiten und voneinander profitieren können.

## Empfohlene/begleitende Lehrveranstaltungen

Das Projekt passt in den neuen MC-Schwerpunkt und das KIKR-Profil. Durch die interdisziplinäre Aufgabenstellung ist es möglich, vielseitige Kenntnisse und Interessen einzubringen, von KI / ML über geometrische Modellierung, numerische Optimierung bis hin zu intuitiven Interfaces, um nur einige Beispiele zu nennen.

Wie stehen die folgenden Veranstaltungen unserer AG mit diesem Projekt in Zusammenhang?

- Seminar „Deep Learning für die Medizinische Bildverarbeitung“ (jedes WiSe) – In diesem Seminar beschäftigen wir uns besonders intensiv mit Anwendungen von DL in der medizinischen BV
- Blockkurs „Einführung in die Medizinische Bildverarbeitung“ (SoSe 2019, VL-freie Zeit) – systematische Einführung in den Bereich anhand von Vorlesungen und Übungen
- Blockkurs „Anatomie für Informatiker“ (jedes Semester, in VL-freier Zeit) – Wie erschließt man sich die menschliche Anatomie? Wie ist der menschliche Körper aufgebaut und warum? (Engineering-Ansatz)
- Seminar „Medizinische Bildverarbeitung“ (SoSe 2019) – Hier beschäftigen wir uns mit interessanten Beispiel-Anwendungen der Medizinischen Bildverarbeitung: Welche medizinischen Fragestellungen werden mit welchen Methoden der Informatik adressiert?
- Vorlesung „Medizinische Bildverarbeitung“ (geplant ab SoSe 2020 als Nachfolge des o.g. Blockkurses)
- Ringvorlesung „Healthcare IT“ (ab SoSe 2019) – breiterer Blick auf die IT-Strukturen, Anforderungen, Abläufe und Problemstellungen in Krankenhäusern und medizinischen Versorgungseinheiten

## Literaturhinweise und weiterführende Links

Grand Challenges in Biomedical Image Analysis: [https://grand-challenge.org/All\\_Challenges/](https://grand-challenge.org/All_Challenges/)

OpenAnatomy (interaktive online-Atlanten): <https://www.openanatomy.org>

OAI: <https://oai.epi-ucsf.org/datarelease/DataSummary.asp>