

Motivation

Stroke is the most common neurological disease, the third common cause of death and the leading cause of disability in developed countries globally [1]. An infarction in the brain of stroke victims expands over time to its final size in the course of several days. Understanding this process is still a central topic in stroke research and has been studied using laser speckle imaging [2].

A spontaneous depolarization called *cortical spreading depression* (CSD), spreads across the cerebral cortex, either in a radial manner starting at the ischaemic lesions or cycling around it through the cerebral cortex. CSDs can be detected by means of waves of bloodflow, which depolarise the brain tissue cells. This process can be made visible using speckle contrast imaging. Because of noise, the quality of speckle contrast images can be low, therefore making it difficult to detect waves. Moreover, a wave can only be reliably identified by its motion, which makes a manual segmentation of waves from still images problematic. Therefore, an automatic method for segmentation of bloodflow waves corresponding to CSDs would be very helpful for further interpretation and description of the waves properties, such as size, speed and direction.

Stroke studies are often limited to animal models, e.g. involving rats. It is, however, not obvious how to apply these results to the human brain since stroke is a phenomenon also influenced by the age of the subject: the lifespan of a rat and a human are vastly different and it is not necessarily clear how the effects of ageing compare in both species. Therefore, studies are performed to measure the development of rat brains under various circumstances [3], [4], [5], [6], using MRI and other imaging techniques to give insights on how to correlate the age of rats and humans.

These studies require to measure the volume of various brain regions. Performing manual segmentations of dozens of animals and MRI acquisitions is very time intensive and potentially introduces an observer-specific bias. Thus, a technique which can perform segmentations automatically based on information learned from manually segmented examples is highly desirable.

Aim of this Thesis

In this thesis, we will discuss a method for segmenting MRI studies of rat brains and bloodflow waves in series of laser speckle images. The segmentation is based on *logistic regression*, a supervised learning technique which can be used to learn posterior probabilities $p(C_k|v)$ that one voxel or pixel v belongs to one class or region C_k augment the individual pixels and voxels and enhance the quality of learned probability distribution, a *feature vector* of miscellaneous image features is calculated and used during learning. The nature of this preprocessing differs for both use cases.

These probabilities will be in *Markov random fields* to incorporate constraint on neighboring pixels and voxels into the segmentation. This way, smoother, less noisy segmentations should be achieved. The optimal solution for the Markov random fields is deduced using a combinatorial method called *graph cuts*.

The quality of the segmentation results generated by this methods will be evaluated on MRI and speckle contrast studies of rats. We have also had access to early speckle image data in human studies.

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, eine Methode zum automatischen Detektieren von Regions of Interest (ROI) bzw. Volumes of Interest (VOI) in unimodalen und multimodalen anatomischen und funktionalen Bildern des Gehirns zu entwickeln. Die Methode soll implementiert und an zwei unterschiedlichen aktuellen neurologischen Fragestellungen auf ihre Eignung hin untersucht werden.

Es soll eine Segmentierung der Bilder in die interessanten Regionen (Vordergrund) und den Rest des Bildes (Hintergrund) durchgeführt werden. Dabei sind typischerweise mehrere Vordergrundregionen zu unterscheiden. Eine algorithmische Lösung muss robust gegenüber dem teils starken Rauschen in den Bilddaten sein und ähnliche Intensitätsverteilungen benachbarter und ineinander übergehender Regionen verarbeiten können. Dafür muss das Framework die Integration von möglichst viel A-Priori-Information in die Segmentierung erlauben. Da häufig größere Datensätze segmentiert werden müssen, ist es wichtig, dass für eine erfolgreiche Segmentierung so wenig manuelle Vor- und Nachbearbeitung wie möglich durchgeführt werden muss. Die Methode soll sich auf einen auf Markov-Zufallsfeldern basierenden Ansatz zur Segmentierung stützen. Die dafür notwendige Energiefunktion wird aus Vorinformationen über die zu segmentierenden Regionen gelernt und kann über mehrere gleichartige Segmentierungen hinweg mittels Belief Propagation verfeinert werden.

Das Verfahren soll für die Segmentierung von MRT-Bildern des Gehirns heranwachsender und ausgewachsener Ratten eingesetzt werden. Im Rahmen einer Langzeitstudie müssen Volumina bestimmter Hirnregionen in den Bildern vermessen werden, was eine vorhergehende Markierung der Regionen erfordert. Die Markierung dieser Regionen sollte weitestgehend automatisch erfolgen.

Die zweite Anwendung betrifft Blutflusswellen, die in Zeitreihen von Speckle Contrast-Bildern automatisch erkannt und markiert werden sollen. Aufgrund des schlechten SignalRausch-Verhältnisses der Speckle Contrast-Bilder ist eine exakte Definition der Wellenränder schwierig. Wegen der Länge der Zeitreihen ist aber bereits ein automatisches Erkennen, ob Wellen in einem Bild vorhanden sind oder nicht, interessant. Die für die Segmentierung nötige Information ergibt sich nicht aus einzelnen Bildern, sondern vor allem aus der räumlichen Veränderung der Bilder über die Zeit. Daher ist eine der Segmentierung vorhergehende Analyse des optischen Flusses nötig.