

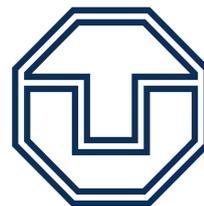
Automatic segmentation for dental operation planning



Diplomarbeit

Nguyen The Duy

24.02.2012



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

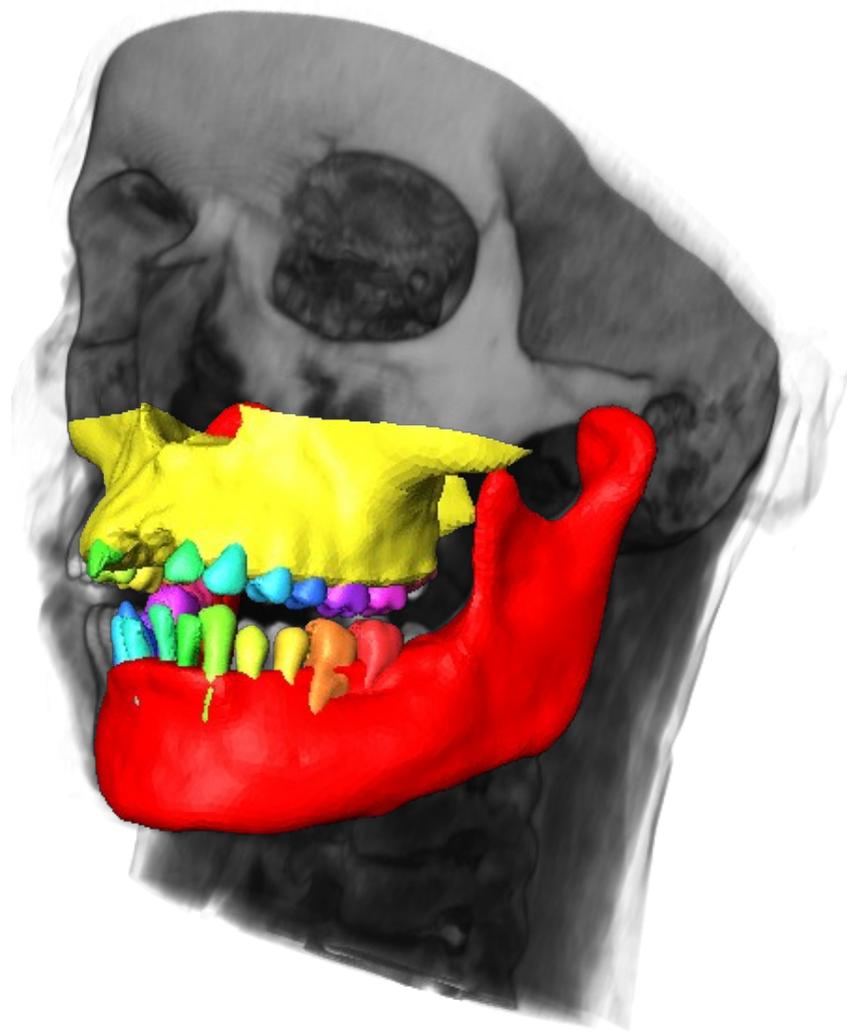


Motivation



Quelle: bestbudapestdentist.com





Aufgabenstellung

- Segmentierung des Oberkiefers (Maxilla)
- Detektion der oberen Zähne mit segmentierter Maxilla als Initialisierung für eine Zahnsegmentierung

Segmentierung der Maxilla

Literatur: Maxilla Segmentierung

- Kainmüller et al. (2009)
 - Mittelgesicht + Unterkiefer mit Statistischen Formmodellen (SSM)
-
- Problem: Segmentierung Zahnregion



Ausgangsbasis

- Kainmueller et al.[1]: Unterkiefersegmentierung mittels SSM
- Trainingsdaten (43 CT Datensätze + Segmentierung)
- Maxilla SSM
-

[1] D. Kainmueller, H. Lamecker, H. Seim, M. Zinser, S. Zachow: Automatic Extraction of Mandibular Nerve and Bone from Cone-Beam CT Data, Proc. Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI) (G.-Z. Yang et al., eds.). pp. 76-83, 2009

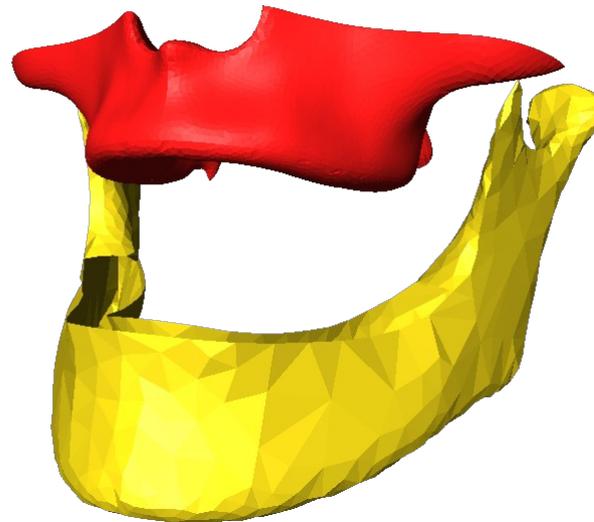
Segmentierung mit SSM

- Segmentierung = Optimierung von Transformation und Form
- Beispiel: Beckensegmentierung



Initialisierung SSM

- Aligniere Maxilla zu Mandibula
- Segmentiere Unterkiefer
- Verwende Transformation von Mandibula als Initialisierung



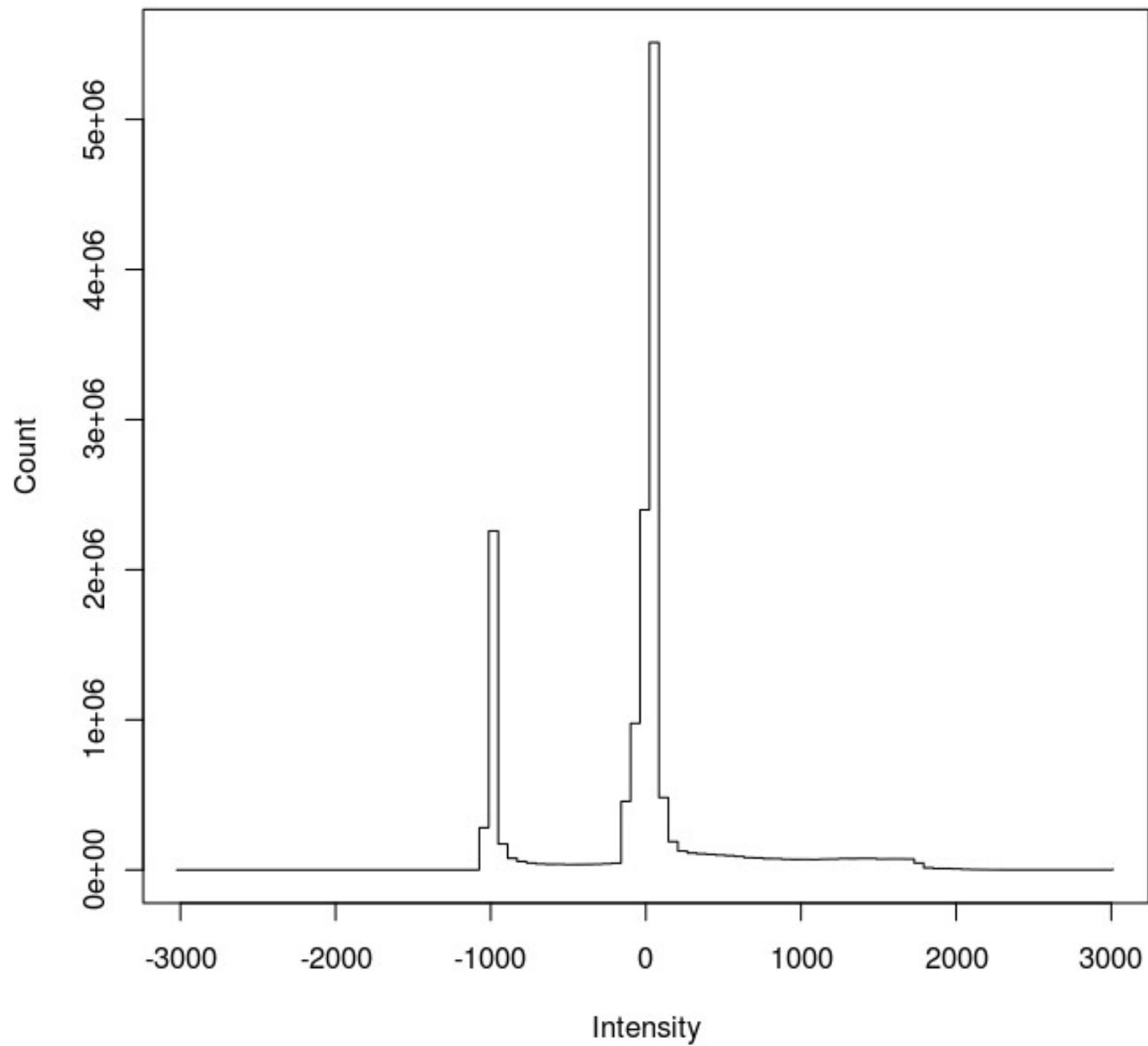
Automatische Bestimmung der Knochenintensität

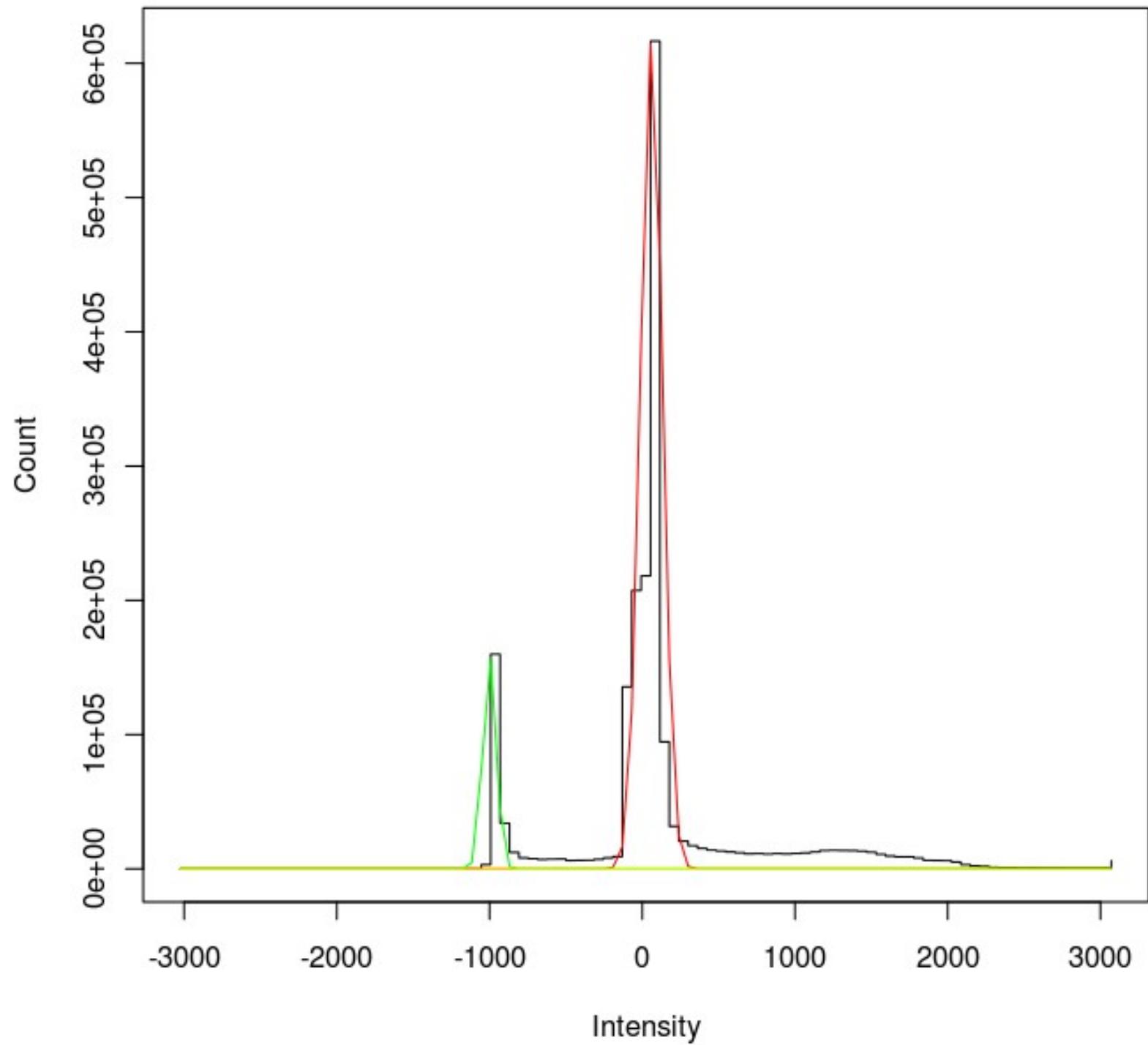
- Wissen über charakteristische Knochenintensität nötig
- Mandibula: manuell festgelegt
- Hohe Intensitätsvarianz zwischen Oberkiefern
- Idee: Automatische Bestimmung verbessert Robustheit

- Histogrammanalyse im Bereich des initialisiereren Formmodells

-

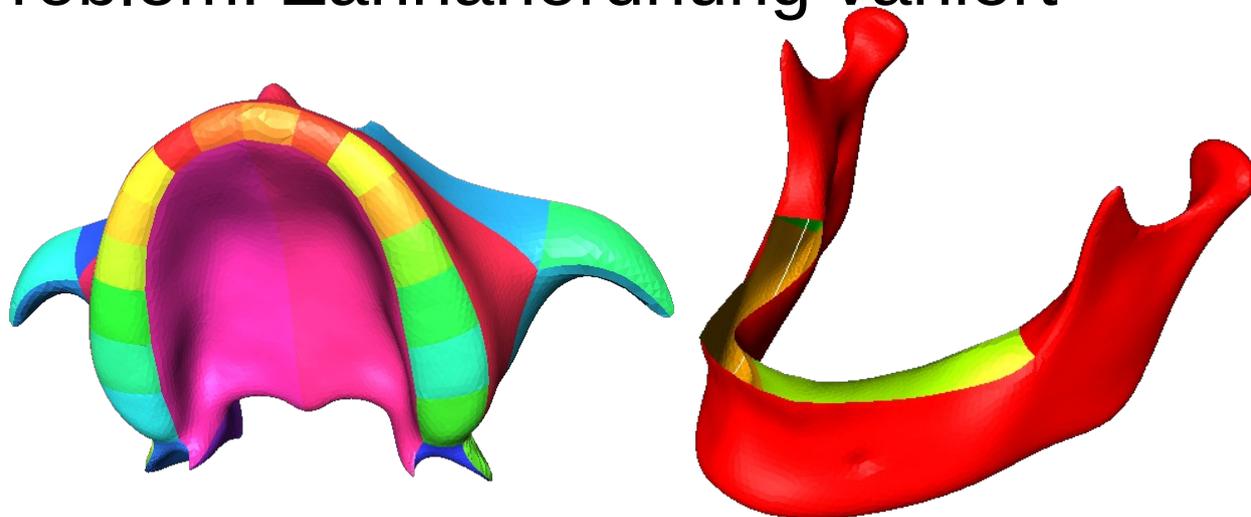




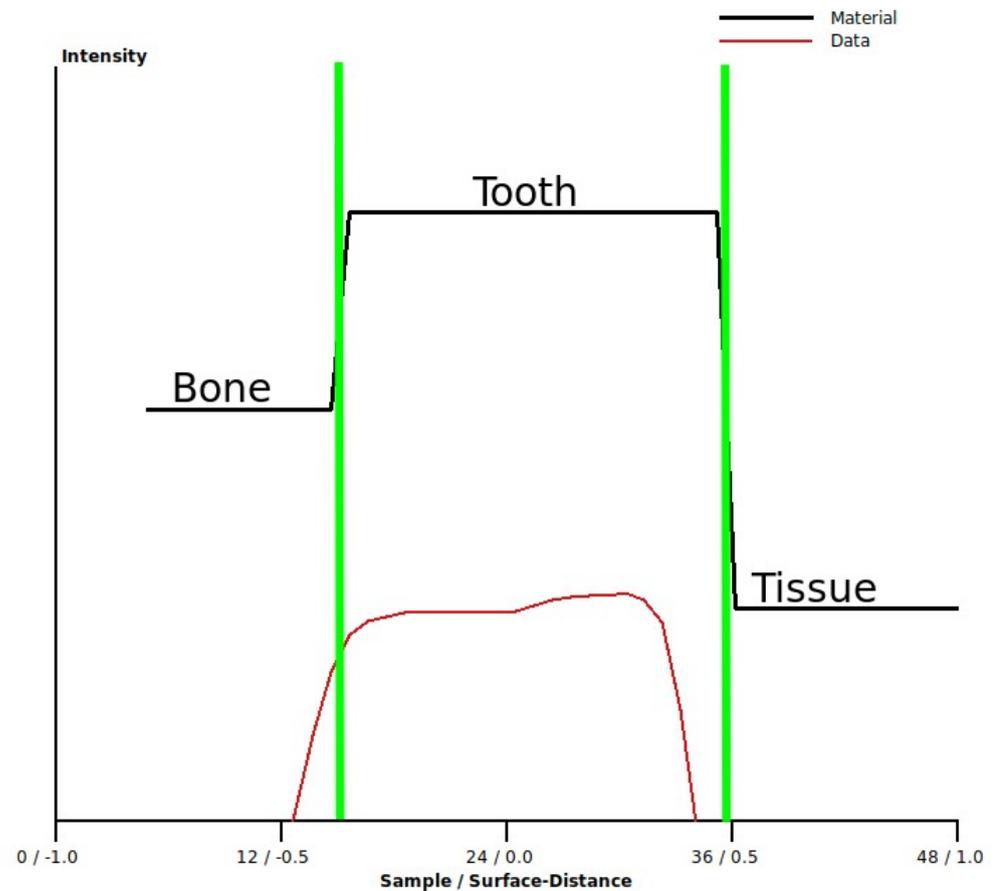


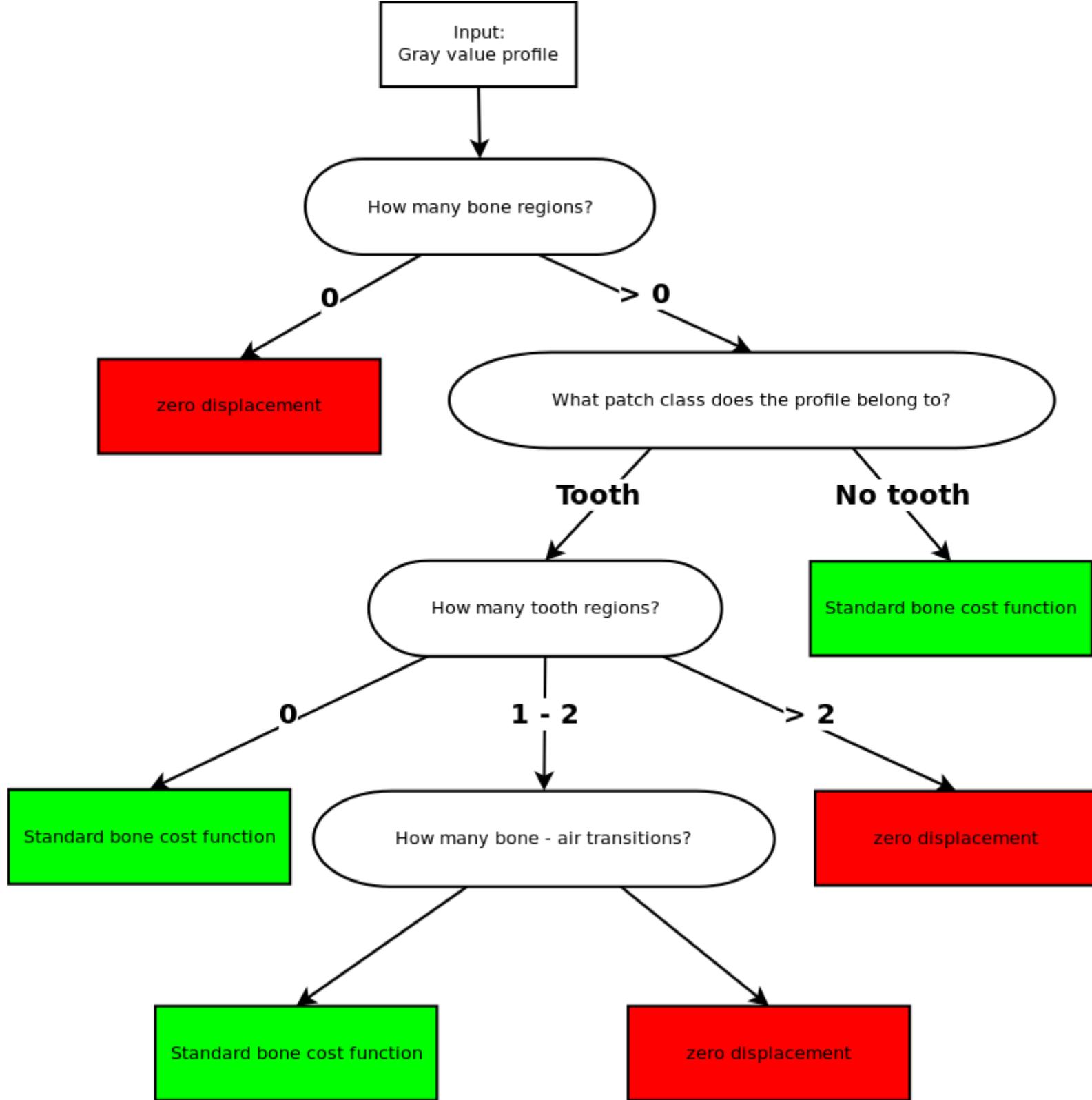
Segmentierung Zahnregion

- Ziel: Segmentierung des Knochens in Zahnzwischenräumen
 - Genaue Grenze nur lokalisierbar in Zahnzwischenräumen
 - Rest interpolieren
 - Problem: Zahnanordnung variiert



- Profilabschnitte über Intensität nach Material klassifizieren

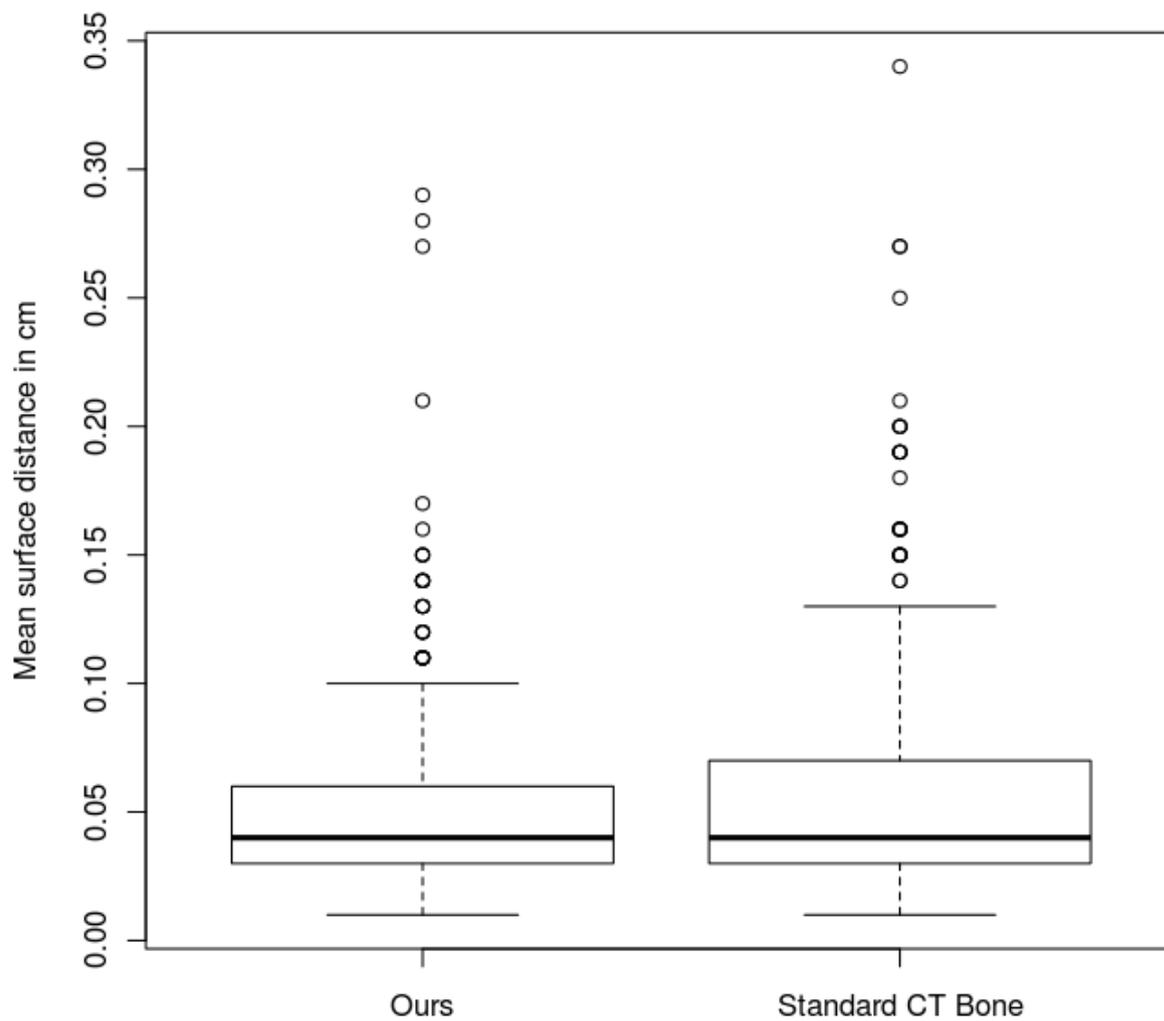




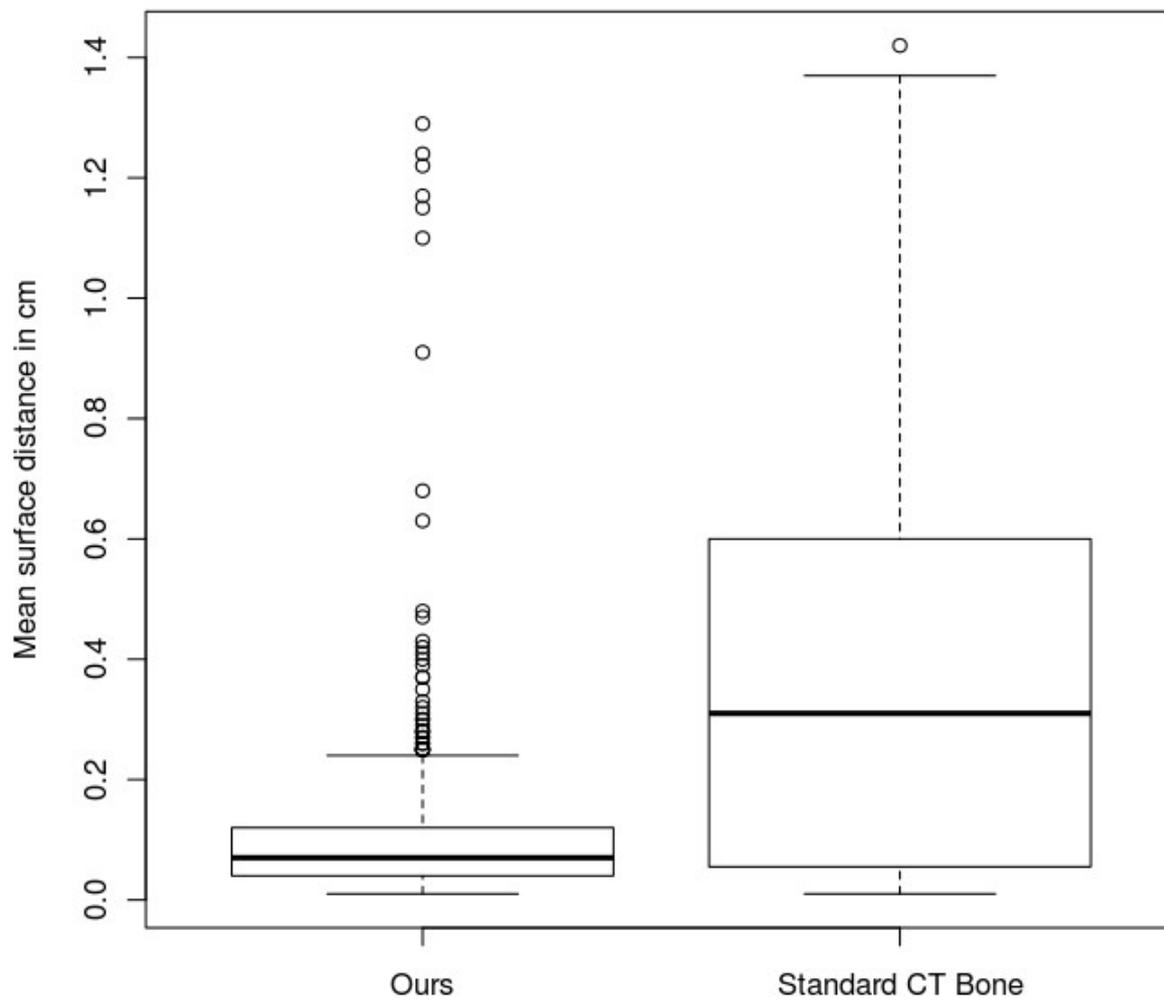
Experimente

- Wie gut funktionieren Erweiterungen im Vergleich zur Vorarbeit?
 - Leave-one-out Test
 - Qualitätsmaß: mittlerer Abstand zur Ground-truth Oberfläche
 - Getrennte Auswertung von Zahnregion und Rest

Comparison of mean surface distances (non-tooth patches)

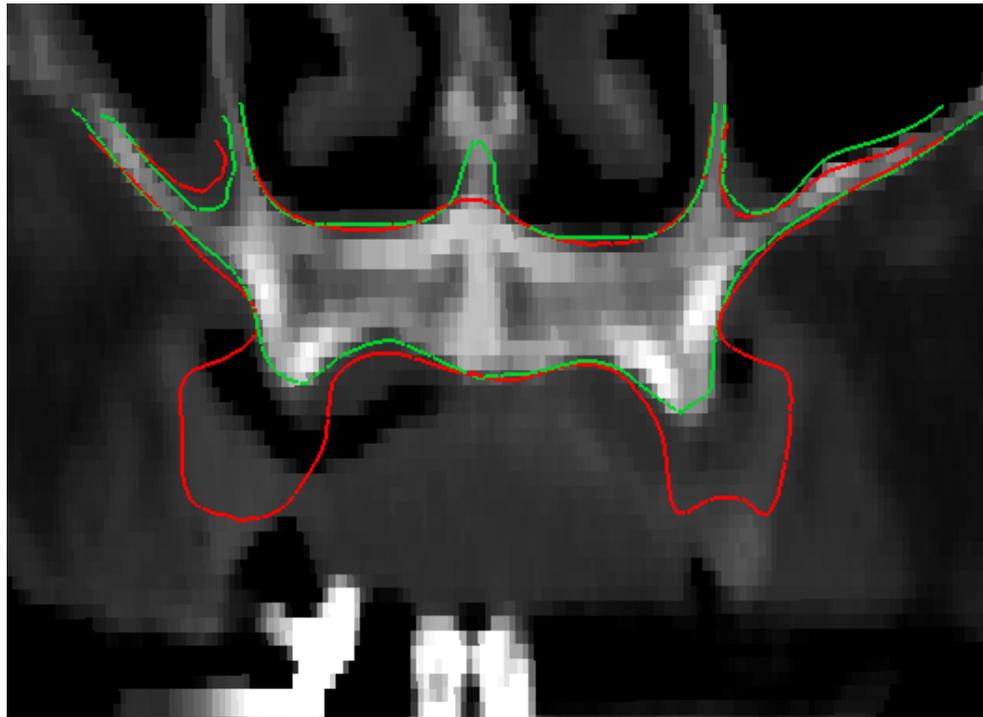


Comparison of mean surface distances (tooth patches)



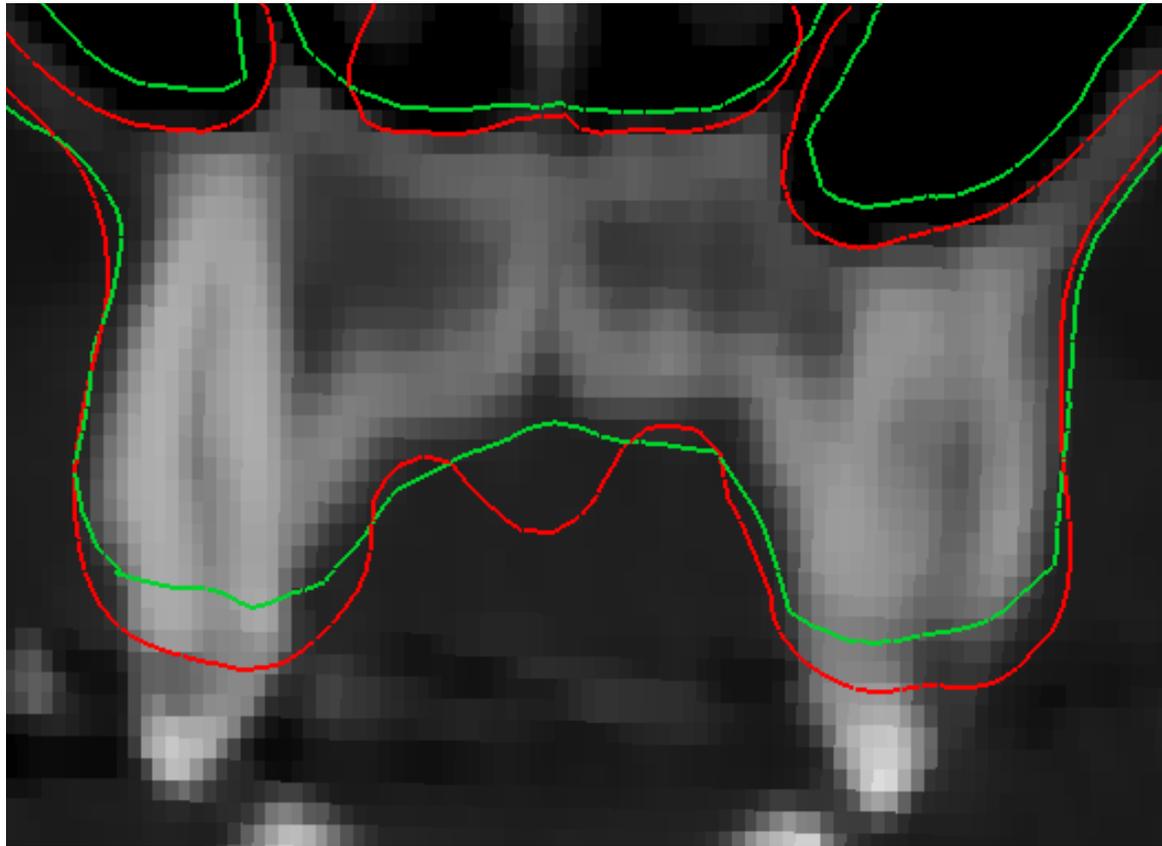
Künstliches Gebiss

- Intensität der “Zähne” ähnlich hoch wie der Knochen



Partialvolumeneffekt

- Intensität der Zahnkrone niedrig



Zahndetektion

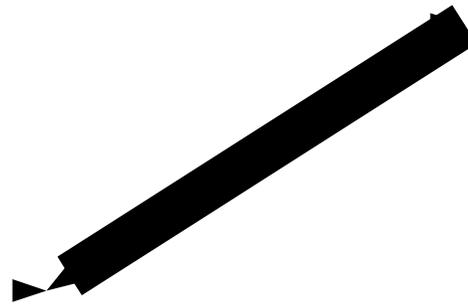
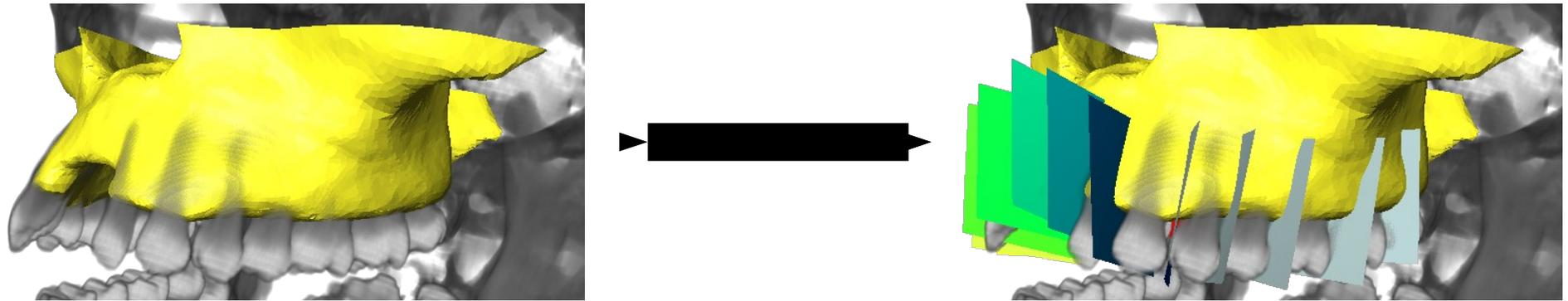
Literatur: Zahndetektion

- Trennung -> Klassifikation -> (Korrektur)



- Klassifikation: Features
 - Mahoor et al. (2005), Lin et al. (2010): Form
 - Nassar et al. (2008): Bild der Region
- Problem:
 - Abhängigkeiten der Komponenten
 - Meist in 2D oder erfordert Segmentierung

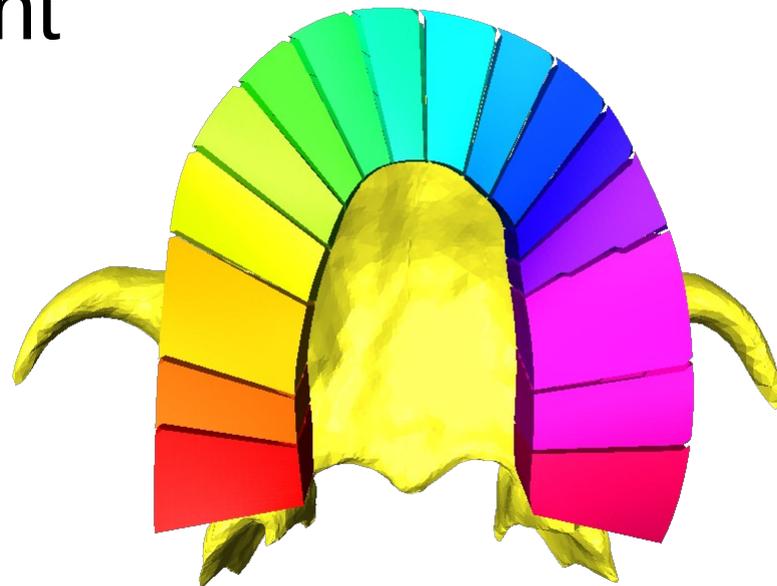
Schema



18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x

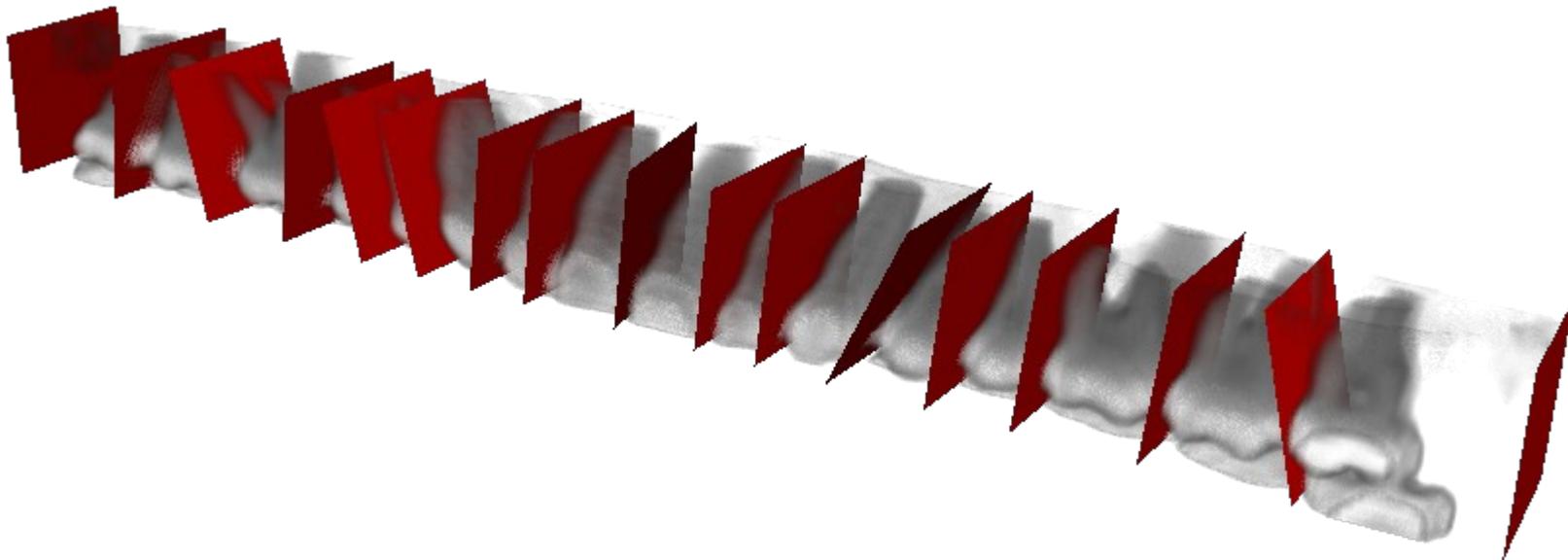
Zahntrennung

- Unterteile Zahnbogen in 16 Subregionen
- Korrespondenz: Region – Zahntyp
- Annahme: Zähne bewegen sich nicht signifikant



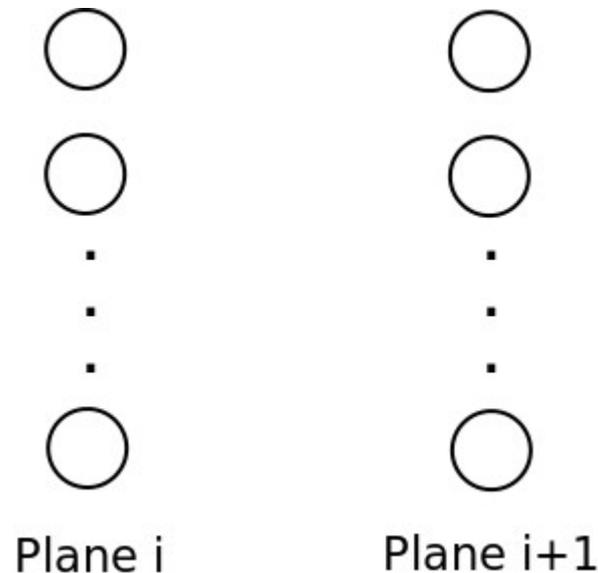
Optimierungsproblem

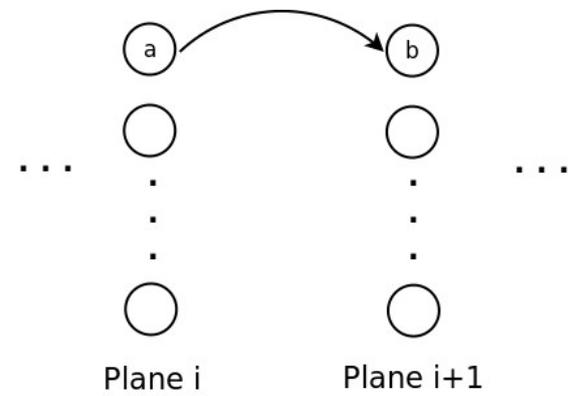
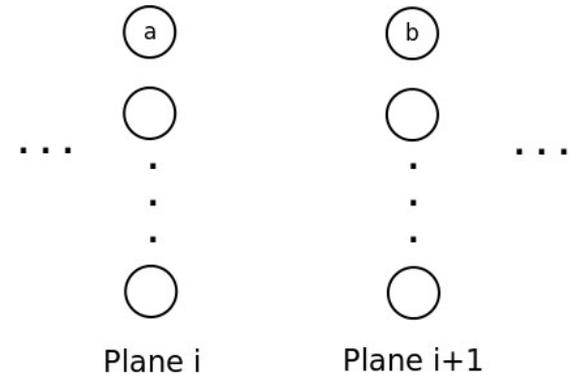
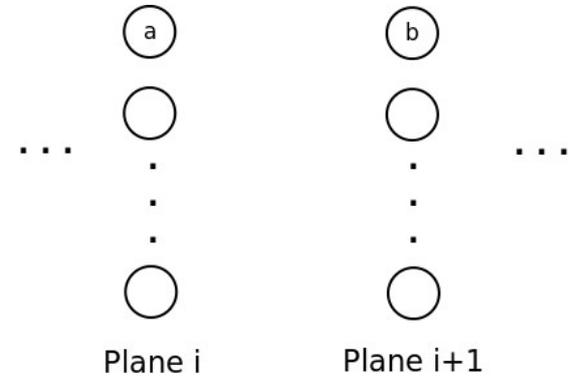
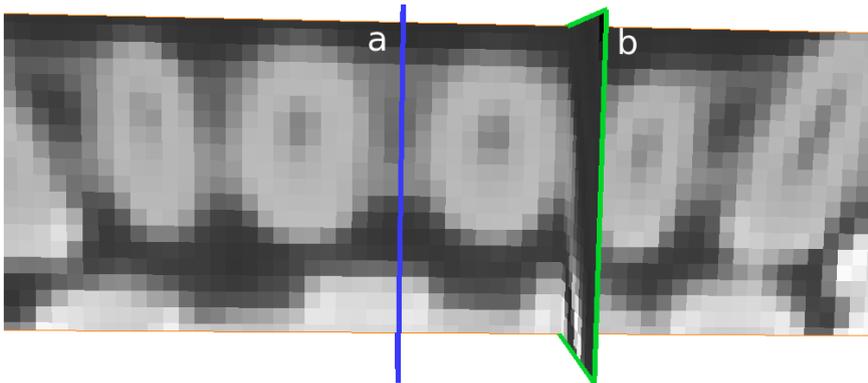
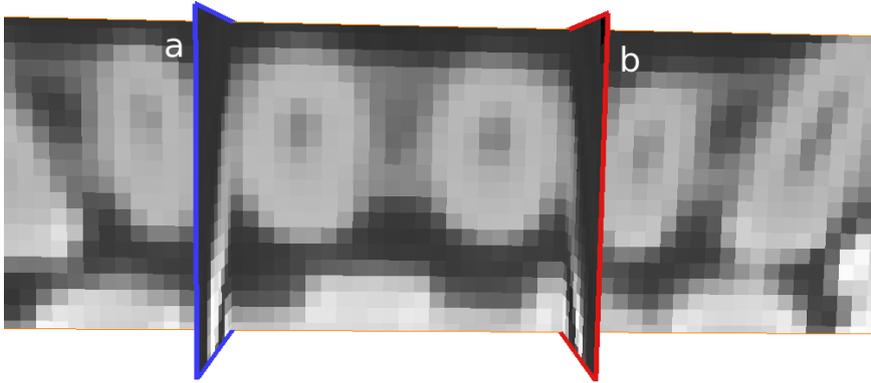
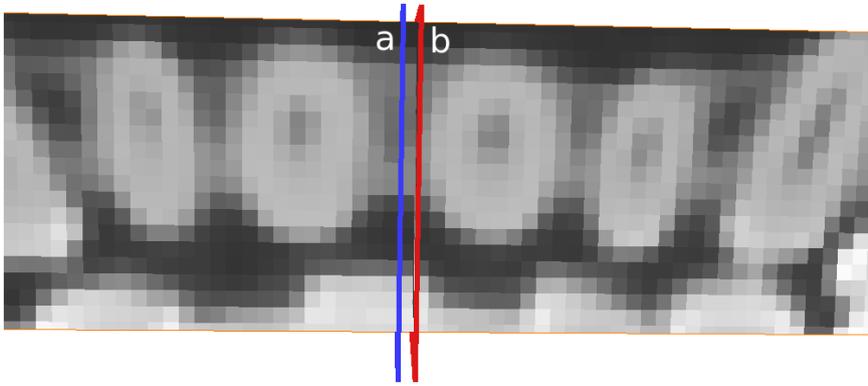
- Suche Trennebenen mit guter Trennqualität bezüglich Bilddaten
- Eingeschränkte Abstände zwischen Trennebenen (Distanzconstraints) unterstützen Annahme



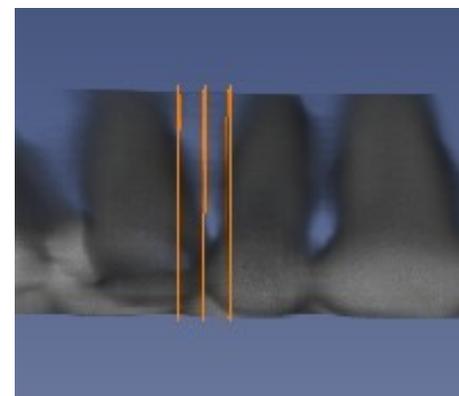
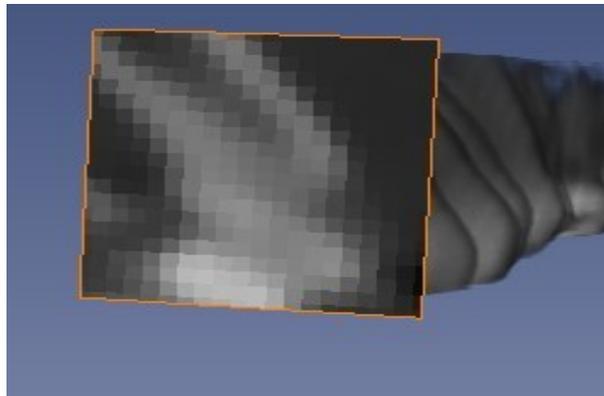
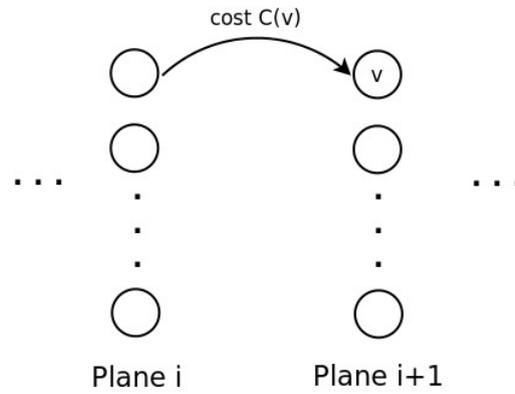
Zahntrennung als Graphenproblem

- Implementierung von Distanzconstraints
- globale Optimierung mittels Dijkstra
- Knoten repräsentieren mögliche Ebenen

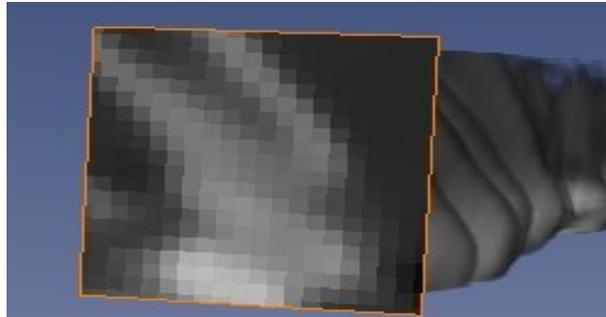




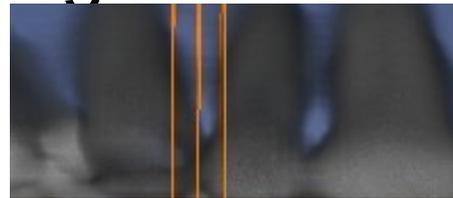
Kostenfunktion



- C_{AVG} / C_{STD} : Trennebene geht nicht durch den Zahn



- $C_{Gradient}$: Trennebene liegt nah am Zahn (Distanzconstraints)

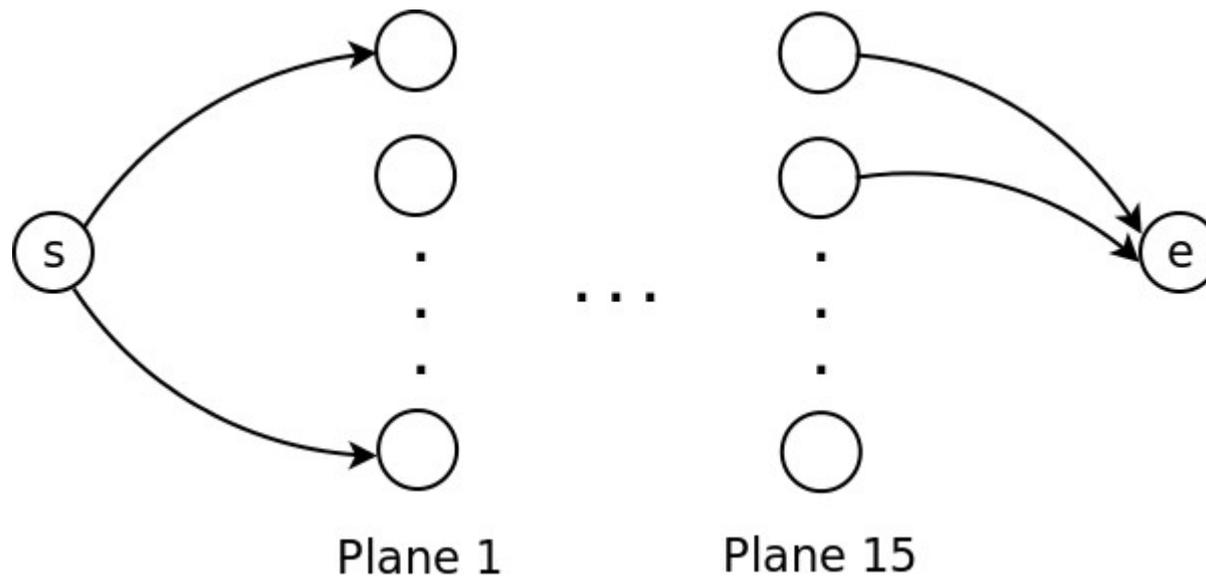


- C_{Pose} : Regularisierung



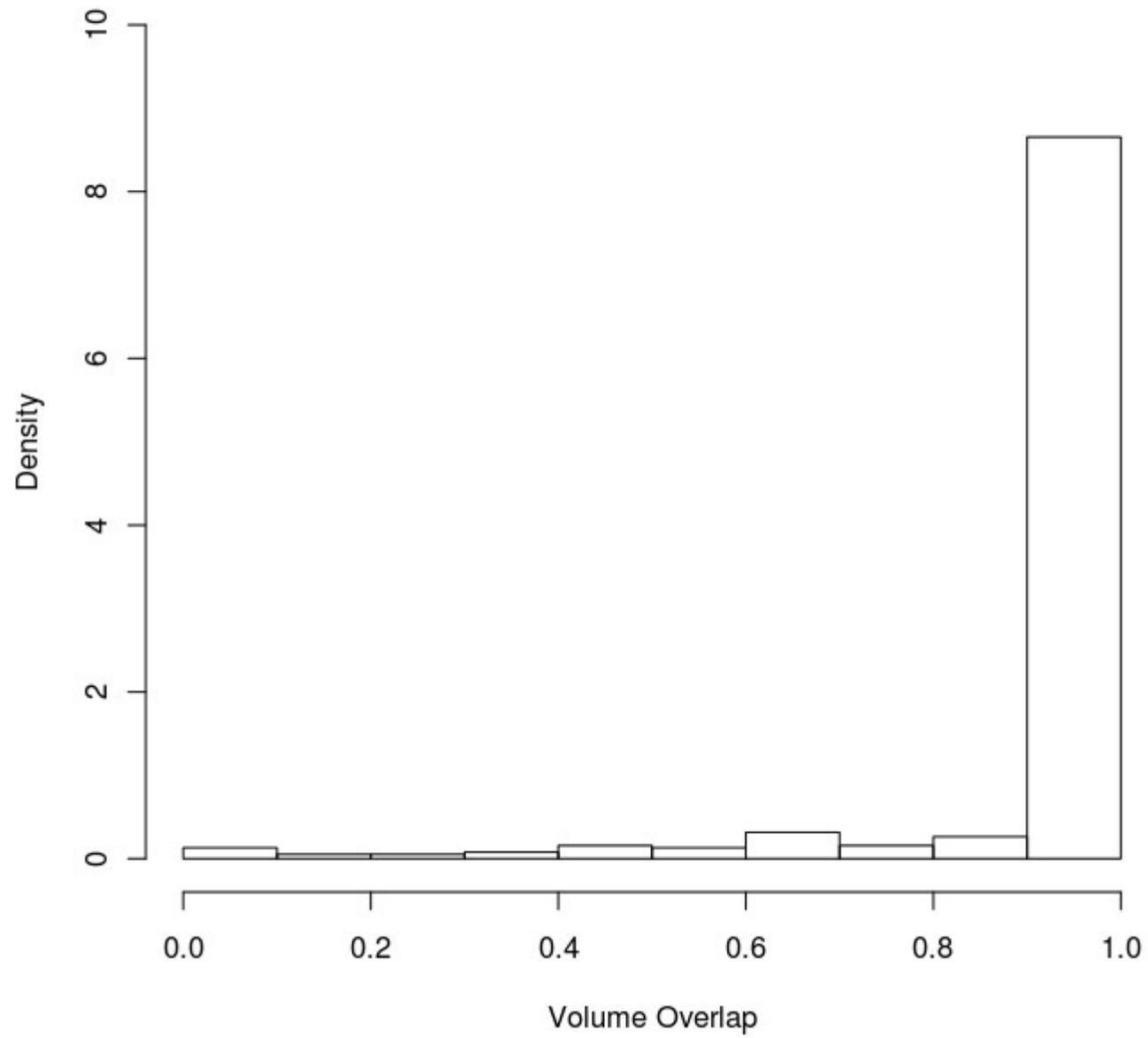
Optimierung

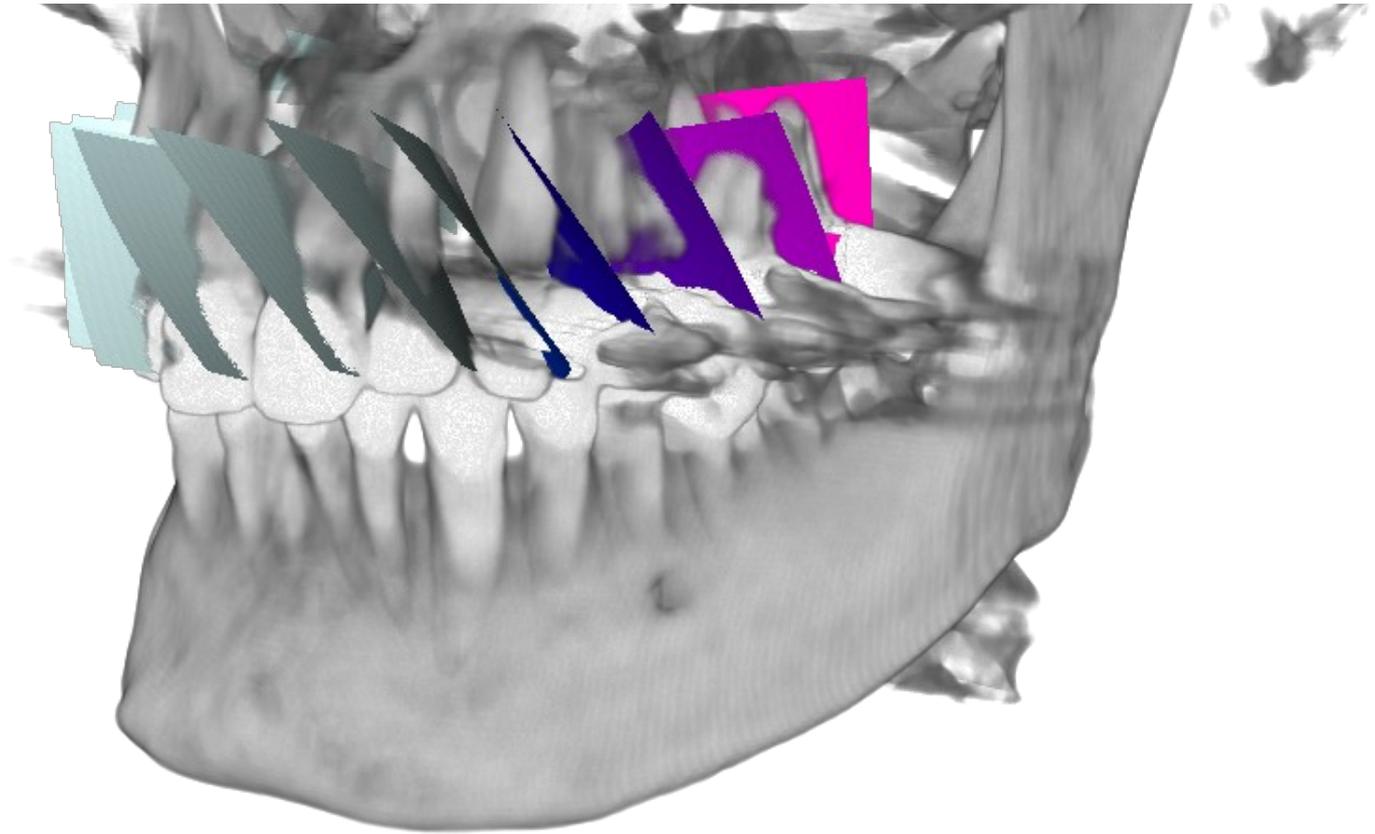
- Kürzester Pfad im Graph = kombination der Ebenen mit kleinster Kostensumme
- Optimierbar mit Dijkstra

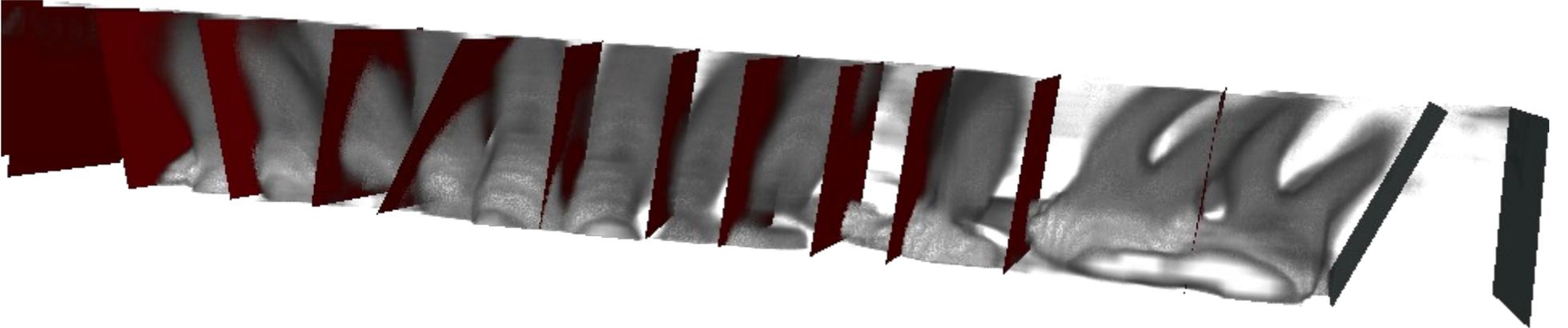


Experimente: Zahntrennung

- Wie gut trennt die Zahntrennung?
 - Ausgangsbasis: Ground-truth Oberkiefer
 - Qualitätsmaß: Volume overlap
 - Festgelegte Parameter:
 - Alle Kostenterme mit 1 gewichtet



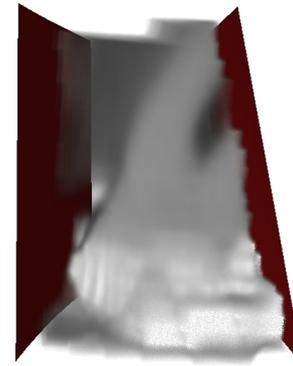




Robustheit der Parameter

- 60 Parameterkombinationen
- 39% - 96% Volume overlap
- Entscheidend: Regularisierung

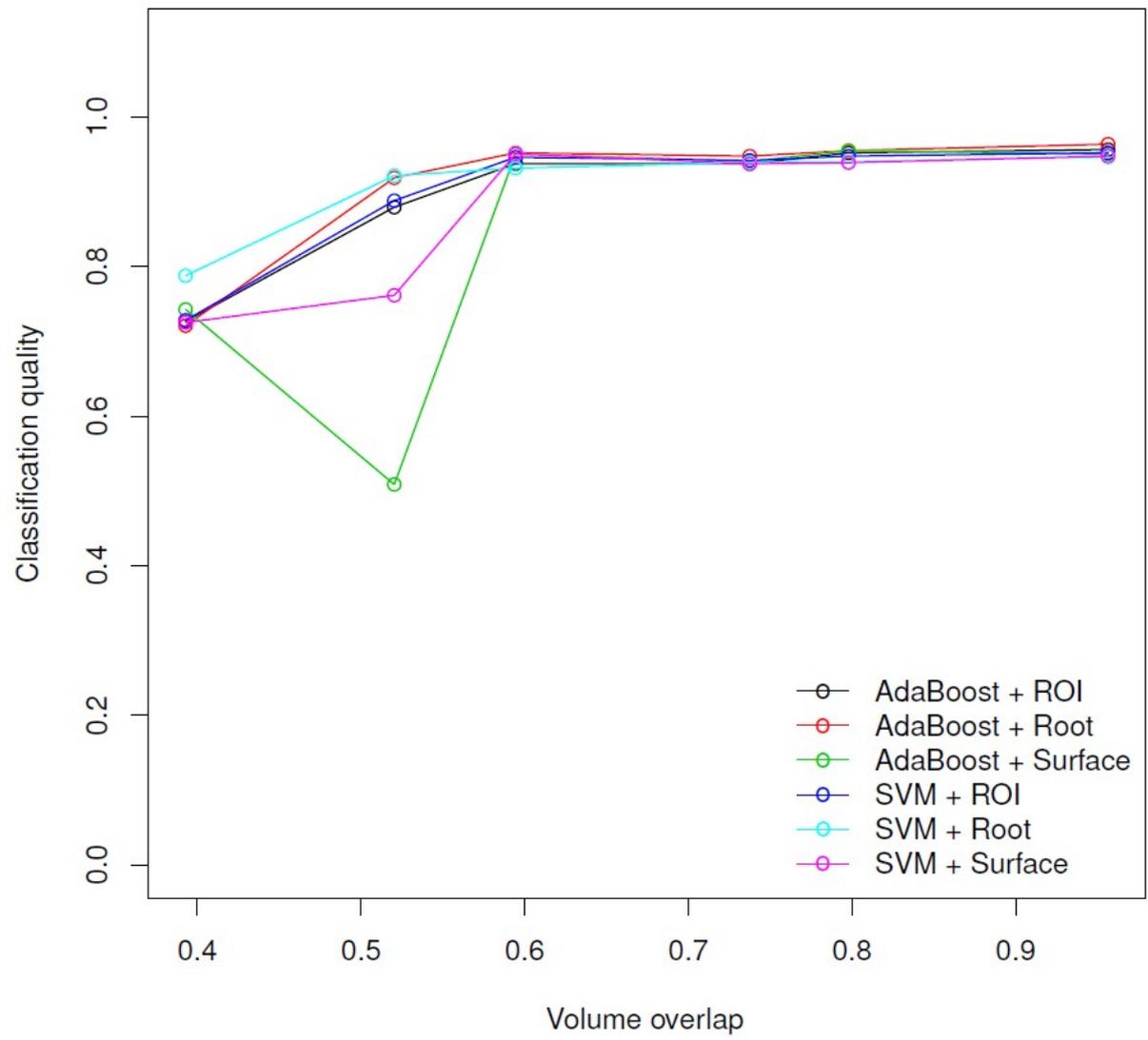
Zahnklassifikation



- Histogramme als Features
 - Zähne erkennbar an hoher Intensität
- Klassifikationsproblem
 - AdaBoost
 - Support Vector Machine

Experimente Zahnklassifikation

- Wie hängt Klassifikationsrate von Trennungsqualität ab?
 - 10 fold cross-validation
 - Klassifikator aus “Ground-truth” Regionen von Trainingsdatensätzen gelernt
 - Anwenden auf berechneten Regionen
-



Zusammenfassung & Ausblick

Maxilla Segmentierung

- Zahnstrategie verbessert Segmentierung
- Strategie anfällig gegen Artefakte
- globaler Threshold modelliert nicht lokale Varianz des Maxilla Knochen – besser lokal berechnen

Zahndetektion

- Zahndetektion funktioniert wenn Zähne nicht verschoben (bei fast allen Testdatensätzen)
- Keine Segmentierung nötig
- Kostenfunktion nicht robust gegenüber Parameterwahl

Danksagung

- Dr. Stefan Zachow
- Prof. Stefan Gumhold
- Dr. Hans Lamecker
- Dagmar Kainmueller
- Heiko Ramm
- Studentische Kollegen

Fragen?