



Doctoral Thesis

## Elastic deformable contour and surface models for 2-D and 3-D image segmentation

**Author(s):**

Neuenschwander, Walter Martin

**Publication Date:**

1995

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001513360> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 11274

# Elastic Deformable Contour and Surface Models for 2-D and 3-D Image Segmentation

A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
ZURICH

for the degree of  
Doctor of Technical Sciences

presented by  
WALTER MARTIN NEUENSCHWANDER  
Dipl. Math. ETH  
born March 7, 1967  
citizen of Widnau, St. Gallen and Langnau i.E., Bern

accepted on the recommendation of  
Prof. Dr. Olaf Kübler, examiner  
Dr. Pascal Fua, Dr. Gábor Székely, co-examiners

1995



---

---

## Abstract

---

The image segmentation problem is one of the central and still open issues discussed in Computer Vision. The segmentation is one of the most important tasks and one of the first operations carried out on an image. The quality of its performance is crucial to the success of further high level processes taking the segmented image as input.

This task of segmenting an image can either be tackled by fully automatic processes or by complete manual segmentation. The automatic methods usually lack of their applicability to more general other problems. Whereas the results got from manual segmentation are non-objective and therefore become irreproducible. Hence, neither the automatic nor the manual segmentation yield satisfactory results.

The class of semi-automatic segmentation methods bridges the gap between the two strategies and unifies different aspects of them. The framework of *Elastic Deformable Models* provides an excellent tool for interactive and semi-automated 2-D and 3-D image segmentation. A paradigm of deformable model is given that states three classes of forces governing the model's deformation. These physics-based techniques have emerged as a major trend in computer vision and related fields because of their effectiveness in object representation, motion analysis and especially image segmentation. The division of the broad class of deformable models into three distinctive groups is presented and a summary of the different approaches is given.

The outlining of objects performed by a deformable model is commonly an iterative process. The model's initial state is successively refined until an optimal configuration is reached. The model's initial state which can be supplied manually or be generated automatically, has great influence on the quality of the segmentation. The issue of initializing deformable models, however, has received comparatively little attention even though it is often key to the implementation of a truly useful segmentation system.

In order to lessen the difficulty of providing a good initial estimate we develop a new less arduous and more intuitive initialization method. The user has to supply only a set of discrete points through which the eventual model shall pass. As a result, it becomes possible to instantiate the model using these points alone by initially ignoring the data term and then propagating constraints along the model by progressively taking the image data into account. The implementation of this strategy is given in 2-D as well as in 3-D yielding special types of active contour and surface models.

Applications of the developed methods to aerial imagery and to 2-D as well as 3-D medical images are shown.

---

---

# Zusammenfassung =

Das Problem der Bildsegmentierung ist eine zentrale, noch offene und oft diskutierte Frage im Gebiet der digitalen Bildverarbeitung. Die Segmentierung ist eine der wichtigsten Aufgaben und eine der ersten Operationen, welche auf ein Bild angewendet wird. Alle weiteren Verarbeitungsschritte, bauen auf dem segmentierten Bild auf. Daher ist die Güte der Segmentierung entscheidend für den erfolgreichen Ausgang der nachfolgenden Verarbeitung.

Die Aufgabe, ein Bild zu segmentieren kann auf zweierlei Arten angepackt werden. Zum einen kann dies vollkommen automatisch geschehen. Solche rein automatischen Verfahren haben den Nachteil, dass sie in der Regel nicht auf allgemeinere Probleme angewendet werden können. Sind sie doch meistens auf ein spezifisches Problemfeld zugeschnitten. Zum anderen kann das Auszeichnen von Objekten alleine von Hand gemacht werden. Dies wiederum hat den Nachteil, dass die Resultate sehr subjektiv sind und zumeist durch einen anderen Operateur nicht reproduziert werden können.

Die Klasse der halbautomatischen Segmentierungsverfahren schliesst die Lücke zwischen den beiden vorher genannten Methoden und vereinigt deren verschiedene Aspekte. Die *elastisch deformierbaren Modelle* stellen ideale Werkzeuge für die interaktive, halbautomatische Segmentierung von 2-D und 3-D Bilder dar. Unser Paradigma der deformierbaren Modelle legt drei Klassen treibender Kräfte fest, welche die eigentliche Deformation des Modelles bedingen. Die Verwendung solcher mathematisch-physikalischer Methoden gewinnt zunehmend an Bedeutung in der Computer Vision. Unter anderem deswegen, weil diese Modelle auf eine effiziente Art und Weise Bildobjekte beschreiben können. Sie finden auch vermehrt Verwendung bei der Analyse von zeitlichen Bildsequenzen und nicht zuletzt auch bei der Segmentierung von Bildern. Die ausgedehnte Klasse der deformierbaren Modelle teilen wir in drei, voneinander wesentlich verschiedene Gruppen ein. Zudem wird ein breiter Überblick über die verschiedensten Verfahren gegeben.

Das Auszeichnen von Bildobjekten unter Verwendung deformierbarer Modelle ist im allgemeinen ein iterativer Vorgang. Ausgehend von einem Anfangszustand wird die Position und die äussere Form des Modelles fortlaufend verfeinert. Dies geschieht solange bis eine optimale Konfiguration gefunden wird. Der Ausgangszustand des Modells, welcher manuell eingegeben oder automatisch erzeugt werden kann, hat einen sehr grossen Einfluss auf die Qualität der Segmentierung. Umso mehr erstaunt es, dass der Initialisierung deformierbarer Modelle bis anhin nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Ist doch eine gute Initialisierung einer der Grundsteine zum Aufbau eines brauchbaren Segmentierungsverfahrens.

Wir entwickeln eine neue Methode, die es einem erlaubt auf intuitive Art und Weise einen guten Anfangszustand des Modells zu erzeugen. Der Benützer hat lediglich die Aufgabe ein paar diskrete Punkte einzugeben, die dann als Fixpunkte des

Modelles betrachtet werden. Dies ermöglicht dem Computer einen Initialzustand des Modells einzig aus den eingegebenen Punkten zu berechnen. Dabei wird anfänglich nicht auf die Bilddaten zugegriffen. Ausgehend von den Fixpunkten, werden die Bilddaten dann während der Optimierung fortlaufend mit in Betracht gezogen. Wir zeigen die Implementierung dieser Strategie, welche zu speziellen Typen von aktiven Konturmodellen und deformierbaren Oberflächen führt.

Die entwickelten Verfahren kommen zur Anwendung auf Luftbildern sowie auf medizinischen 2-D und 3-D Bilddaten.