

e-David: Wissenschaftlicher Versuch und malendes Monstrum

Oliver Deussen, Thomas Lindemeier
AG Computergrafik und Medieninformatik
Universität Konstanz

Was macht der Mensch eigentlich beim Herstellen einer Zeichnung oder eines Gemäldes? Nach welchen Prinzipien wählt er figürliche Elemente aus und verbindet sie zum fertigen Bild? Kann man dies mathematisch beschreiben? Solche Fragen stellt man sich in der Computergrafik, die nicht nur versucht, fotorealistische Bilder herzustellen, sondern die sich auch mit der automatischen zeichnerischen Abstraktion von Objekten beschäftigt.

Die Motivation kommt aus einer Reihe von Anwendungen: in der Architektur und Landschaftsplanung sollen Zeichnungen ausdrücken, was sie sind: Planungen und nicht die Realität. Deshalb möchte man die Objekte möglichst nicht realistisch darstellen, sondern abstrakt. In Computerspielen und -animationen werden zunehmend verschiedene Darstellungsstile nachgefragt, um den Produkten eine eigene Ästhetik zu verleihen. Die wissenschaftliche Illustration hat eine lange Tradition in der Abstraktion, da hier wichtige Details ebenso dargestellt werden sollen wie auch die wesentlichen Aspekte eines Objektes.

Seit vielen Jahren gibt es daher Verfahren, um die wesentlichen Elemente einer Zeichnung per Computer zu ermitteln, die Ergebnisse wurden bisher aber nur als Pixelbilder berechnet und dann ausgedruckt. Mit e-David wollten wir den gesamten Herstellungsprozess eines Gemäldes automatisieren und auf diese Weise untersuchen, bis zu welchem Grad sich der Malprozess an sich automatisieren lässt. Nebenbei ist der Versuchsaufbau auch ein hervorragendes Trainingsfeld in der Ausbildung, weil die Studenten hier mit einer realen Maschine konfrontiert sind, die Fehler und Toleranzen hat und bei der Laufzeiten und verschiedene konstruktive Begrenzungen zu bedenken sind.

Wir verwenden einen Industrieroboter der Firma Reis, der eigentlich zum Schweißen von Autokarosserien gedacht ist. Dieser Roboter ist mit einer Kamera und einem Steuerrechner gekoppelt. Staffelei, Farbenmagazin und diverse Malwerkzeuge samt Waschstation wurden in den letzten Jahren von den Studenten entwickelt, um der Maschine das Malen auf richtiger Leinwand zu ermöglichen.

Wichtig für e-David ist der Mechanismus der visuellen Rückkoppelung. Die Maschine überwacht sich selbst und erzeugt selbständig Pinselstriche, die für die Herstellung eines Bildes notwendig sind. Damit ist e-David mehr als nur eine Art Drucker, der statt Pixeln Pinselstriche druckt, es handelt sich vielmehr um

ein aktives rückgekoppeltes System, welches ein Bild über ein Optimierungsverfahren herstellt.

Hierfür wird dem Steuerrechner ein Bild oder eine 3D-Szene vorgegeben, auch abstrakte Daten können verwendet werden. Mit einem Programm wird dann berechnet, welche Pinselstriche der Roboter durchführen soll. Die Kamera nimmt in regelmäßigen Abständen Bilder von der Leinwand auf und vergleicht diese mit den vorgegebenen Daten. An den Stellen, wo die Abweichung hinreichend groß ist, werden neue Pinselstriche berechnet und ausgeführt.

Durch diese fortwährende Beobachtung und Rückkoppelung können Fehler korrigiert werden, mit der Zeit nähern sich die Pinselstriche auf der Leinwand dem vorgegebenen Bild an. Auch kann das im Rechner verwendete Simulationsmodell zum Berechnen der Pinselstriche hierdurch relativ einfach sein, weil einmal gemachte Fehler im nächsten Schritt jeweils wieder korrigiert werden können.

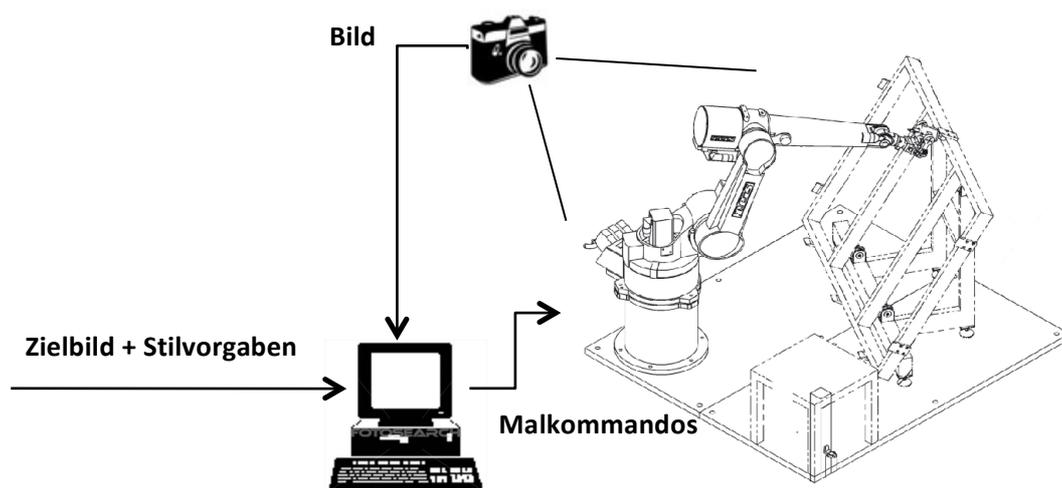


Bild 1: Aufbau des Malroboters

Ein Beispiel soll dies verdeutlichen: Die Vorgabe ist hier ein Bild eines Vogels (Bild 2, oben links), der Roboter kann mit Pinselstrichen verschiedener Länge und Breite arbeiten und soll das Bild auf der Leinwand nachbilden. Er verwendet hierzu verdünnte Tusche und kann somit die Schwärzung auf der Leinwand durch Übermalen kontinuierlich erhöhen. Vom Resultat wird ein Foto gemacht und die Schwärzung des Leinwandbildes wird von der Schwärzung des Zielbildes abgezogen. Wieder werden die dunkelsten verbleibenden Stellen mit einer Anzahl Pinselstriche nachgebildet und diese dem Roboter übergeben. Dieses wird fortgeführt, bis keine Pinselstriche mehr gesetzt werden können, also die Schwärzung auf der Leinwand der des Eingabebildes entspricht.

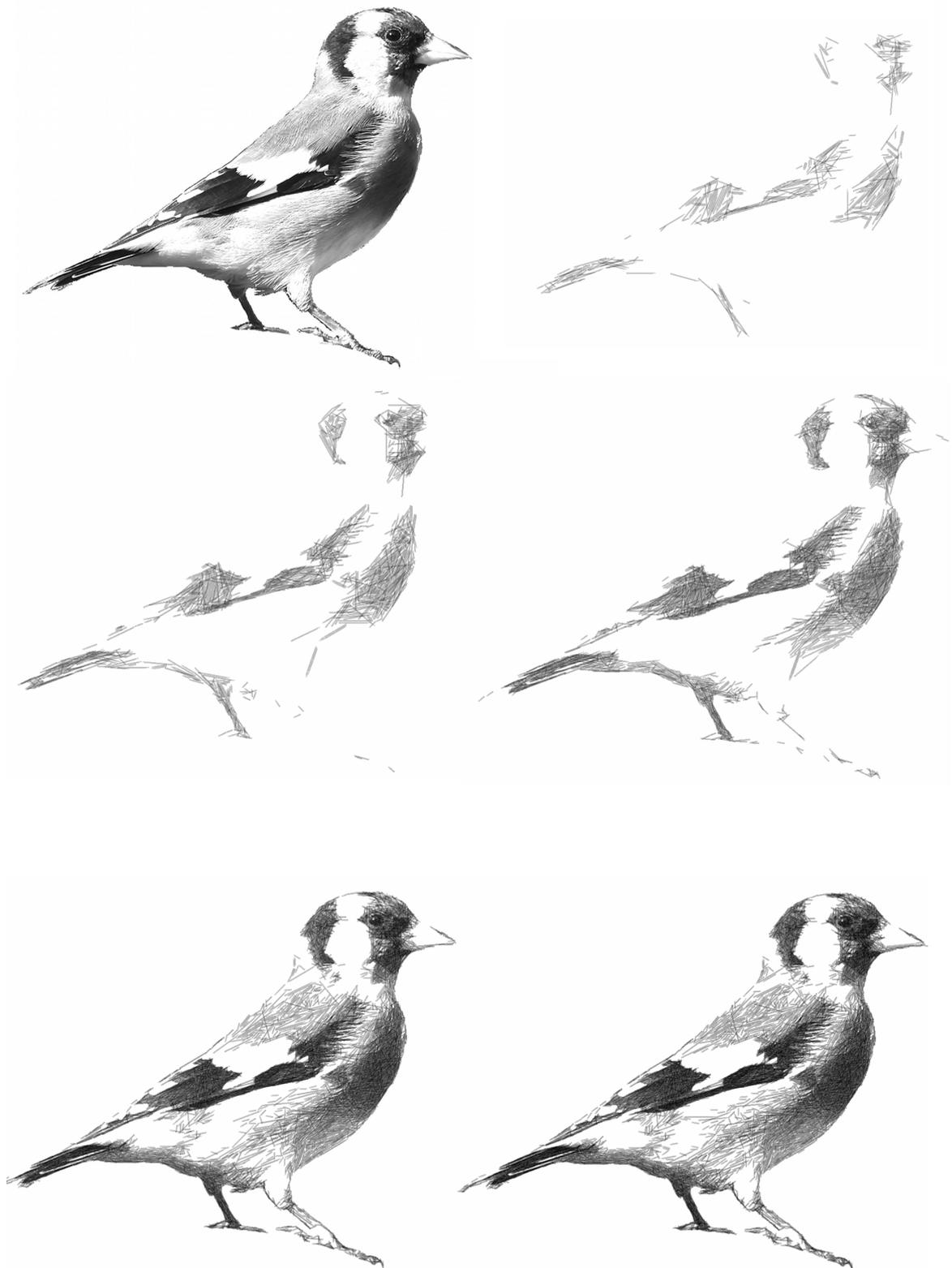


Bild 2: Schrittweise Erzeugung eines Bildes mit Tuschepinsel

Ausgehend von diesem grundsätzlichen Verfahren stellen sich nun eine Reihe spannender Fragen. Welches ist die beste Strategie, um ein Bild möglichst schnell herzustellen, wie können die wichtigsten Elemente bestimmt werden,

um sie zuerst (wie bei einer Skizze) auszuführen? Braucht man komplexere Optimierungsverfahren für bestimmte Maltechniken? Wie lassen sich verschiedene Malstile mit dieser Technik beschreiben?

Hier möchten wir auf die letzte Frage eingehen und zwei Malstile vorstellen, die wir näher untersucht haben. Im ersten Verfahren wird das Bild über eine Menge relativ kurzer Pinselstriche angenähert, wir nennen diese Striche „Stroxel“ (Stroke Elements) in Anlehnung an Pixel (Picture Elements), da Länge, Orientierung und Art der Pinselstriche das Aussehen des Bildes maßgeblich beeinflussen. Im zweiten Verfahren werden die Pinselstriche entlang der Konturen der Objekte ausgerichtet. Hiermit erzielen wir wesentlich längere Pinselstriche, die auch eine andere Ästhetik besitzen.

Die Verfahren eignen sich für unterschiedliche Motive. Während man mit den konturbasierten Verfahren sehr gut natürliche Objekte darstellen kann, scheinen die Stroxels eher für technische Objekte geeignet zu sein (Bild 3a und b).¹



Bild 3a: Baum, gemalt mit Stroxeln (links) und konturbasierten Strichen

¹ Die Einzelheiten zu den Techniken sind in folgender Publikation zu finden: T. Lindemeier, S. Pirk, O. Deussen: Image Stylization with a Painting Machine Using Semantic Hints, Computers & Graphics 2013, Elsevier-Verlag, doi: 10.1016/j.cag.2013.01.005

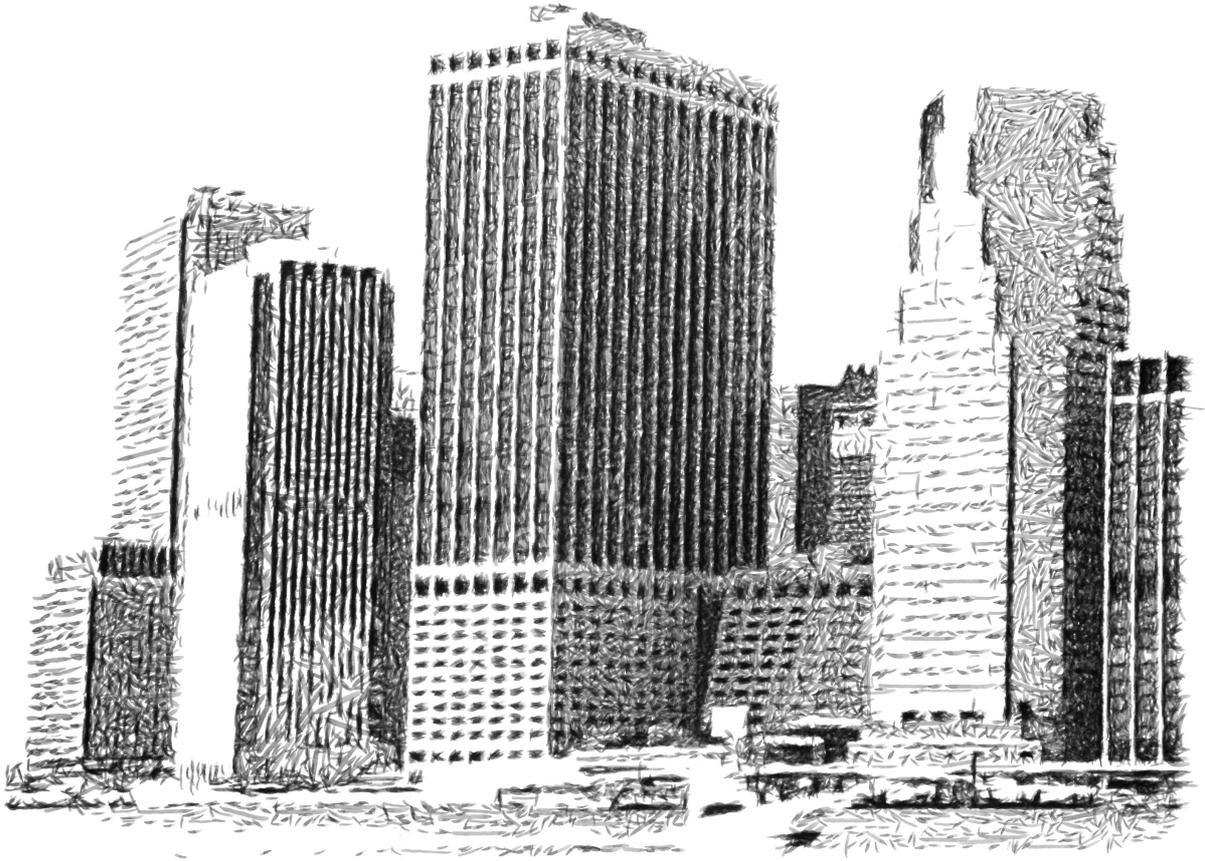


Bild 3b: Skyline, gemalt mit Stroxeln (oben) und mit konturbasierten Strichen.

In Zukunft wollen wir weitere Techniken hinzufügen und insbesondere auch auf die zu malenden Objekte eingehen. Wir wollen aktuelle Forschungsergebnisse aus der Bildanalyse nutzen, um automatisch die wichtigen Objekte im Bild zu erkennen und entsprechend darzustellen. Eine Person oder ein technisches Objekt wird anders gemalt als beispielsweise ein Baum, der Hintergrund anders als der Vordergrund. E-David soll zumindest grundsätzlich einen Bildaufbau durchführen können und wichtige Objekte eigenständig erkennen lernen.

Ein weiterer wichtiger Schritt ist die Kombination von menschlichem Eingreifen und maschinell Malen. So könnte der Mensch die groben Strukturen und gewünschten Farben im Bild vorgeben, der Roboter dies aufgreifen und die Details ergänzen. So läge die kreative Gestaltung beim Menschen, die zeitraubende Ausführung aber bei der Maschine. e-David wäre dann eine Art intelligenter Pinsel für den Maler.