

1/4

Neue Zürcher Zeitung

Mittwoch, 9. Juli 1980 Nr. 157 45

FORSCHUNG UND TECHNIK

Der Computer als Landschaftsmaler

Digitale Bildsynthese eröffnet neue Möglichkeiten

Von Heinz Hügli

Schon früh war der Computer in der Lage, graphische Erzeugnisse zu produzieren. Strichzeichnungen wie Diagramme, Pläne und Schemas sind heute das tägliche Brot aller Computer-Benützer. Die Computer-Graphik ist aber nicht bei dieser einfachsten Variante der bildlichen Darstellung stehengeblieben. Fortschritte auf dem Gebiet der Halbleitertechnologie, aber auch auf jenem der Darstellungsalgorithmen haben nun die Produktion von anspruchsvollen bildlichen Erzeugnissen möglich gemacht. So geht die Entwicklung von zweidimensionalen auf dreidimensionale Darstellungen, von statischen Bildern auf echt animierte Bildsequenzen und von den einfacheren «Eisendrahtdarstellungen» auf realistische Bilder über.

Für viele Anwendungen ist eine graphische Darstellung in der Form einer Linienzeichnung ungenügend. Es werden realistische Bilder benötigt, welche Objekte darstellen, so wie sie das Auge oder der Photoapparat sieht. Bemühungen, die dieses Ziel verfolgen, laufen unter dem Begriff *Bildsynthese*, deren genaue Aufgabe wie folgt formuliert wird: bildliche Darstellung von dreidimensionalen Objekten mit besonderer Betonung auf *Realismus* und *Plastizität*, das heisst auf Wirklichkeitsstreue und Raumwiedergabefähigkeit der Darstellung. Dass die Computer-Technik heute solchen Aufgaben gewachsen ist, zeigen einige Beispiele aus einer vor kurzem abgeschlossenen Arbeit über die Synthese realistischer Geländebilder.*

Geländemodelle und Schattenkarten

Die Bildsynthese geht von einer Welt von numerisch beschriebenen Objekten aus. In unserem Fall ein Geländemodell, das aus den im Computer gespeicherten Daten des Geländes, das heisst den Geländehöhen über einem regulären Grundraster, besteht. Aus dem rein numerischen Geländemodell soll dann eine Ansicht geschaffen werden, die die effektive Sicht eines Beobachters wiedergibt. Die Gewinnung eines Geländemodells ist eine anspruchsvolle Arbeit. Zurzeit gibt es von der Schweiz zwei wichtige Modelle. Das ältere hat eine *Rasterweite von 250 m* und bedeckt die ganze Schweiz. Das neuere weist eine feinere Rasterweite von *50 m* auf und bedeckt bis jetzt erst den westlichen Drittel der Schweiz.

Die einfachste Art, die Geländehöhen bildlich darzustellen, besteht wohl darin, jede Höhe ihrem Wert entsprechend durch eine *Helligkeit* im Bild abzubilden. Abbildung 1 zeigt, dass sich eine solche Darstellung als praktisch unbrauchbar erweist. Erst nach der *Schattierung* wirkt das Relief plastisch und realistisch, wie in Abbildung 2 dargestellt. Der Vorgang der Schattierung ist eine im Computer durchgeführte Nachahmung der natürlichen Lichtreflexion auf einer Oberfläche. Das Gelände wird als gekrümmte Oberfläche betrachtet und von einer Lichtquelle beleuchtet. Dargestellt wird dann die von einem Beobachter sichtbare Helligkeit der Oberfläche, welche durch das Reflexionsgesetz bestimmt wird. Beliebige Beleuchtungsbedingungen können auf diese Art simuliert werden, also sowohl natürliche als auch für ein Gelände unmögliche Beleuchtungsrichtungen. Durch verschiedene Reflexionsgesetze können unterschiedliche Oberflächenqualitäten berücksichtigt werden. Weiter können noch die Schlagschatten den Realismus der Darstellung verbessern. Abbildung 2 simuliert die Sonnenbeleuchtung bei Tag und Nachtgleiche um 15 Uhr. Die Reflexion ist rein diffus, und die Schlagschatten wurden hier nicht berücksichtigt.

Den Darstellungsmöglichkeiten sind selbstverständlich Grenzen gesetzt. Nur diejenige Information kann sichtbar gemacht werden, die auch bereits im Geländemodell enthalten ist. Die räumliche Quantisierung des gröberen Geländemodells mit 250 m Maschenweite kommt bald zum Ausdruck, wenn ein kleineres Gebiet unter die Lupe genommen wird. So kommen in der vergrösserten Schattenkarte von Abbildung 3 die 250 x 250 m grossen quadratischen Flächen zum Ausdruck. Es gibt zwar Interpolationsmethoden, um die plastische Wirkung dieser Karte etwas zu verbessern, aber trotzdem kann eine detailreichere Karte nur mit Hilfe eines feineren Geländemodells erreicht werden. So wurde Abbildung 4 aus dem Geländemodell mit 50 m Maschenweite synthetisiert. Abbildung 3 und 4 zeigen das gleiche Gebiet mit identischer Beleuchtung, demonstrieren aber die unterschiedliche Aussagekraft von Geländemodellen mit verschiedener Auflösung — je feiner das Geländemodell, desto realistischer die Darstellung.

* H. Hügli: La synthèse d'images appliquée aux maquettes de terrain numériques. Diss. ETHZ, Nr. 6615, 1980.

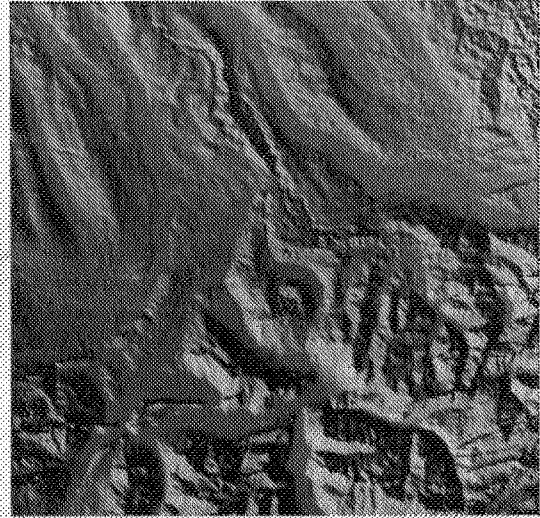


Abb. 1 und 2: Höhenkarte mit direkter Darstellung der Geländehöhe als Helligkeit und Schattenkarte mit Darstellung der im Computer künstlich schattierten Geländeoberfläche. Karte der Zentralschweiz (64 km x 64 km), vom Zürichsee (oben) bis zum Vierwaldstättersee (unten). Erst nach der Schattierung wirkt das Relief plastisch und realistisch.

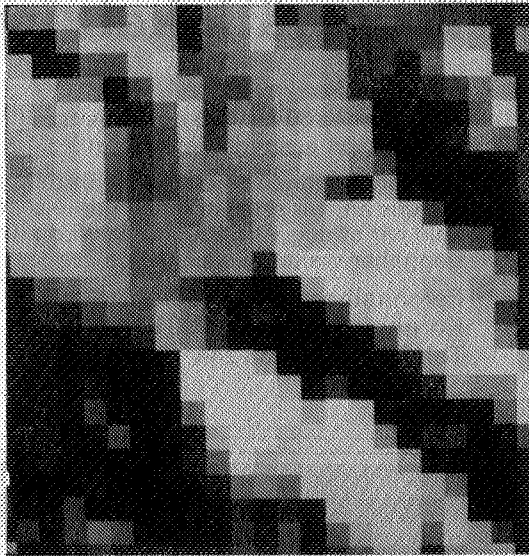


Abb. 3 und 4: Schattenkarte aus dem Geländemodell mit 250 m Maschenweite und Schattenkarte aus dem Geländemodell mit 50 m Maschenweite. Abgebildet ist die Gegend von Grindelwald (5,75 km x 5,75 km). Grindelwald liegt in der Mitte, oben das Faulhorn und unten, von links nach rechts, der Mittellegigrat, das Schreckhorn, das Lauteraarhorn sowie das Wetterhorn. Beleuchtung von Südwesten.

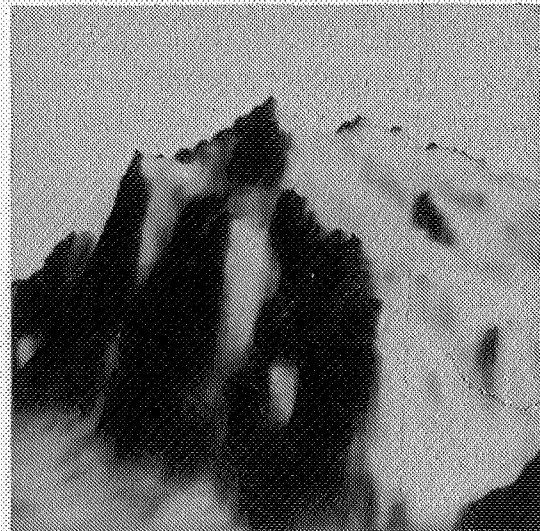


Abb. 5 und 6: Perspektivisches Schattenbild aus dem Geländemodell mit 250 m Maschenweite sowie perspektivisches Schattenbild aus dem Geländemodell mit 50 m Maschenweite. Vom Computer synthetisierte Ansicht des Wetterhorns, von Grindelwald aus gesehen. Die Beleuchtungsbedingungen sind jene eines Märztes um 13 Uhr.

Perspektivische Schattenbilder

Alles ist mit der Synthese von orthographischen Karten noch nicht getan. Eine gewöhnliche Ansicht eines Geländes entspricht einer *zentralperspektivischen Projektion* des dreidimensionalen Geländes auf die zweidimensionale Bildebene. Auch dieser Schritt wird vom Computer gemeistert. Dieser Synthesevorgang ist allerdings aufwendiger und verläuft wie folgt: Wieder ausgehend vom Geländemodell, wird zuerst die Schattierung durchgeführt. Die Geländeoberfläche wird dann in Elementarflächen oder *Facetten* unterteilt, die den Betrachtungsbedingungen entsprechend geometrisch transformiert werden. Es muss dann noch das Problem der verdeckten Facetten gelöst werden, so dass schliesslich die Bildebene mit den sichtbaren Facetten aufgefüllt werden kann. Diese Technik ermöglicht, beliebige Ansichten eines gegebenen Geländes zu synthetisieren. Beobachtungsort sowie Blickrichtung und Öffnungswinkel der Sichtpyramide sind frei wählbar. So ist zum Beispiel Abbildung 5 entstanden. Das berücksichtigte Gelände ist jenes aus Abbildung 3. Der Beobachter fliegt über Grindelwald auf 1900 m Meereshöhe und schaut nach Osten in Richtung Wetterhorn mit einem Öffnungswinkel von 15 Grad. Das Bild gibt einen groben Eindruck der Geländeform. Die einzelnen Facetten des 250 m weiten Rasters sind gut sichtbar.

Echte Details werden jedoch erst in Abbildung 6 ersichtlich, die aus dem Geländemodell mit 50 m Maschenweite stammt und dieselbe Ansicht wie soeben beschrieben zeigt. Die Darstellung wirkt nun sehr realistisch. Ortskundige haben es leicht, die Landschaft zu erkennen. Dies ist also ein typisches Beispiel für die Qualität realistischer und perspektivischer Geländebilder, wie sie auf Grund bestehender Geländemodelle erreicht werden kann.

Anwendungen und Zukunft

Die gegenwärtigen Bemühungen auf dem Gebiet der Bildsynthese gehen in zahlreiche Richtungen: Far-

bige und pseudofarbige Darstellungen, mehr Realismus durch Hinzufügen von natürlichen oder künstlichen, periodischen oder zufälligen Texturen, Gebrauch von speziellen Tiefeneffekten, animierte Sequenzen gefilmt oder in Echtzeit, Stereodarstellungen usw. Aber nicht nur neue Möglichkeiten werden erforscht. Grosse Anstrengungen werden heute für die Entwicklung von praktischen Systemen gemacht. Neue Computer, Parallelprozessoren werden eingesetzt, neue Algorithmen werden entwickelt, um den Syntheseaufwand zu reduzieren beziehungsweise die Bildqualität zu verbessern.

Operationelle Systeme für die Synthese realistischer Bilder werden bereits eingesetzt für spezielle Effekte bei der *Filmproduktion*, für die visuelle Unterstützung bei *Flugsimulatoren* und für die Projektierung grosser *Bauplanungen*. Andere Anwendungen sind zum Beispiel die Darstellung komplizierter dreidimensionaler Objekte wie Makromoleküle oder komplexer Organe und die visuelle Simulation von sonst nicht sichtbaren Prozessen wie Schwingungen und mechanische Spannungen in einem Objekt. Als Anwendungsbeispiel synthetisierter *Geländebilder* seien die morphologische Geländeanalyse und die visuelle Unterstützung von Helikopter- und Geländefahrzeugsimulatoren erwähnt. Die *Schattenkarten* finden Anwendung in der Kartographie und können ferner für die verbesserte Interpretation von Flug- und Satellitenbildern eingesetzt werden.

Zusammenfassend kann die Computer-Synthese realistischer Bilder als anwendungsreif bezeichnet werden. Gegenwärtige Anwendungen beschränken sich noch auf spezielle Gebiete. Die rasche Entwicklung neuer und wirtschaftlicher Synthesysteme wird in den nächsten Jahren jedoch eine Vielfalt von neuen Anwendungen hervorrufen.

Adresse des Verfassers: University of Southern California, Medical Imaging Science Group, 4676 Admiralty Way, Marina del Rey, CA 90291, USA.