

Algorithmen in Stein

Klaus Becker

1. Einleitung

Dieser Katalog erscheint zu der Ausstellung einiger meiner Steinskulpturen im Beiprogramm des Internationalen Mathematiker Kongresses 1998 in Berlin.

Die Texte sind eine überarbeitete Fassung eines Vortrags, den ich im Juni 1997 in der Universität Hamburg vor Mathematikstudenten und Professoren gehalten habe. Ich hatte ein Menge Fragen an die Mathematiker, und viele sind inzwischen beantwortet worden. Auf diese Weise konnte ich Begriffe klären und meine Arbeiten weiterentwickeln.

Im ersten Teil des Kataloges geht es um Veränderung und Entwicklung. Sich verändernde, in immer neuen Erscheinungen auftretende Strukturen fielen mir zuerst bei der Beobachtung des Wachstums von Kristallen auf. In Erstaunen versetzten mich dabei verzweigte, pflanzenähnliche Formen.

Die rythmischen Bewegungen von Ebbe und Flut entstehen durch die Kreisbewegung des Mondes um die Erde. Diese Wiederholungen sind Symmetrien in der Zeit. Spuren von zeitlichen Symmetrien fand ich später als Ornamente in den Abrollungen der Muster von den Kugeloberflächen.

Die Skulpturen von 1980 bis 1986 befassen sich mit Wiederholungen und Symmetrien. Daraus entstanden die Arbeiten an den Steinkugeln. Diese präzisieren meine Erfahrungen: ich betreibe Bildhauerei jetzt als ein regelhaftes, algorithmisches Vorgehen. Wieder tauchen als Ergebnis verzweigte Strukturen auf.

Durch meine Bemühungen diese Regeln genauer zu formulieren, befand ich mich inmitten mathematischer Fragestellungen: Begriffe wie Algorithmus, Diskretheit, fraktale Strukturen, Graphen, usw. mußten geklärt werden, und ich fand zu meinem Erstaunen, daß selbst "Baum" ein mathematischer Begriff sein kann. Ich merkte: Andere befassen sich mit ähnlichen Fragen, und was ich schon instinktiv gespürt hatte, wurde deutlicher: meine mittelalterliche Arbeitsweise mit Stein, Hammer und Meißel hat durchaus aktuelle Seiten.

Der zweite Teil des Kataloges zeigt die Steine und Ornamente in Innen- und Außenräumen und wie ich die gefundenen Formen verwende um Skulpturen und Architekturen zu entwickeln.

2. Kristalle

1978 hielt ich als Student an der Kunsthochschule einen Vortrag über Kristalle. Ich hatte Kristalle gezüchtet, sie durch ein Mikroskop beobachtet, fotografiert und gezeichnet. Bei diesen Naturstudien ging es mir nicht nur darum, die schönen Endzustände der Kristallisationen zu bewundern oder zu dokumentieren, sondern vor allen Dingen auch um die Beobachtung der Entstehung von Formen. Ich konnte sehen, wie die Kristalle sich bildeten, wieder auflösten, sich in anderen Erscheinungsformen neu zeigten. Aus der gleichen Substanz, z.B. Kaliumdichromat, wuchsen unter ähnlichen Bedingungen sehr verschiedene Formen. Manchmal entstand ein großer, symmetrischer Einkristall, an anderer Stelle bildeten sich gestörte Formen: verzweigte Strukturen mit pflanzenartigem Charakter.

Diese Formen versuchte ich mir mit der Wirkung von Kräften zu erklären. Im Inneren eines Kristalls herrschen Kräfte zwischen den Ionen, die je nach Form der Ionen zu den klaren, symmetrischen Einkristallen führen, wenn sie nicht von Kräften gestört werden, die von Außen, aus der Umgebung, störend auf den Kristallisationsprozess einwirken. Eine dieser Störungen war die zunehmende Kristallisationsgeschwindigkeit: verdunstete das Wasser, in dem die Salze gelöst waren, schneller, mußte auch die Kristallisation schneller vor sich gehen und mit den ruhigen, fehlerlosen Kristallen war es vorbei. Es entstanden die verzweigten Strukturen. Diese Verzweigungen nahm ich zur Kenntnis, aber sie irritierten mich. Als

Bildhauer interessierten mich damals mehr die monolithischen Formen. Das hat sich geändert: heute bin ich fasziniert von den Verzeigungen.

3. Gezeiten

In einem Fluss mit einem großen Höhenunterschied zwischen Ebbe und Flut hatte ich vier kleine Pfähle in den Schlick gerammt. An den Pfählen waren längere Stäbe flexibel befestigt. Bei Ebbe lagen diese Stäbe auf dem Schlick, schwammen mit steigendem Wasserspiegel auf und bewegten sich mit der Strömung. Die Fotografien auf dieser Seite schildern eine ungefähr sechsstündige Zeitspanne.

Zuerst liegen die Stäbe auf dem Schlick, so wie sie der Ebbstrom hinterlassen hat. Im einsetzenden Flutstrom drehen sich die Stäbe um 180° und richten sich mit dem steigendem Wasserspiegel auf. Der Flutstrom dauert ca. sechs Stunden. Dann setzt das Stauwasser ein, für eine Viertelstunde herrscht entspannte Ruhe. Mit einsetzendem Ebbstrom drehen sich die Stäbe wieder in die andere Richtung. Sechs Stunden später liegen sie dann wie am Anfang auf dem Schlick.

Dies ist eine zeitliche Symmetrie, die Stäbe neigen sich für ca. sechs Stunden nach der linken und dann für ca. sechs Stunden nach der rechten Seite. Nach einem zwölfstündigen Ablauf ist das System wieder in der Anfangsposition, wie eine Uhr, eine Monduhr sozusagen. Danach beginnt alles wieder von vorn. Sind nicht alle periodische Erscheinungen unseres Alltags auf die Kreisbewegungen unseres Planeten zurückzuführen? Tag und Nacht, die Jahreszeiten? Es scheint mir, als könnten wir den Begriff "Zeit" in unserer Sprache durch den der "Bewegung" ersetzen. Auch unsere "Zeitmessung" geschieht ja mit Hilfe einer Kreisbewegung gegen eine feste Skala.

4. Skulpturen aus der Zeit zwischen 1980-86

Die Skulpturen, die in den folgenden Jahren entstanden, setzten sich mit bilateralen und translativen Symmetrien auseinander, und mit Formen und Figuren, die diese Strukturen in den verschiedenen Kulturen hervorgebracht haben. Nach und nach wurden meine Skulpturen immer geometrischer, die Figuren verschwanden ganz. Ich beschäftigte mich nur noch mit Maßen, Proportionen, Symmetrien und Wiederholungen.

Für mich begann die Steinzeit. Ich haute Säulen aus Stein in verschiedenen Proportionen. Die Säulen waren viereckig, achteckig, sechzehn-eckig, zweiunddreißigeckig, und dann waren sie rund. Eines Tages sagte ich mir: warum machst du das immer nur in Richtung der x-Achse, machs doch auch mal in Richtung der y- und z-Achsen. So entstand die erste Kugel. Nun war es nicht mehr weit zu der Frage: wie sehen die Körper aus, die entstehen, wenn man an den regelmäßigen Polyedern in Wiederholung die Ecken und Kanten bricht, so daß die Inkugeln entstehen? Neugierig nahm ich Hammer und Meißel und machte mich an die Beantwortung dieser Frage.

5. Der Algorithmus

Der Algorithmus, den ich anwende lautet: Breche die Ecken und Kanten eines regelmäßigen Polyeders, so daß die neu entstehenden Flächen die Inkugel des Polyeders tangieren.

Es treten auf: Fäustel und Spitzeisen, Sprengisen, Holzknüpfel und Schlageisen, Steinbeil, Winkel, Handfeger, Reißnadel und natürlich der Maßstab. Seit dem Mittelalter hat sich da nicht viel verändert.

Ich beginne mit der Grundform, z.B. einem Würfel. Zuerst zeichne ich auf dem Papier einen Schnitt durch den Körper, trage den Inkreis ein und ermittle die Tangenten an den Kreis. So erhalte ich mit Hilfe einer zweidimensionalen Zeichnung die Maße zur Ecken und Kantenbrechung, die ich dann auf den Steinkörper übertrage. Alle weiteren Maße ergeben sich direkt auf dem Stein.

Jetzt drehe ich den Stein so, daß eine Kante oben liegt, zeichne die Maße ein und fange an. Zuerst nehme ich das Sprengeisen, mit diesem Werkzeug schlägt man die großen Stücke ab. Mit dem Spitzeisen erarbeite ich danach die nächst feinere Oberfläche. Dann werden mit dem Schlageisen die Kanten gerade behauen. Jetzt greife ich zu meinem Liebling, dem Steinbeil. Zuerst wird mit der gezackten, dann mit der scharfen, glatten Seite gearbeitet. Damit bin ich am Ende der Bearbeitung, die erste, neue Fläche ist fertig. Dieser Vorgang wiederholt sich nun in einem tagelangen, wochenlangen Rythmus:

Stein drehen, Kante oben. Anzeichnen. Sprengeisen, Spitzeisen, Schlageisen, Steinbeil, Schluß. Zweite Kante ab. Stein drehen, Kante oben. Anzeichnen. Sprengeisen, Spitzeisen, Schlageisen, Steinbeil, Schluß. Dritte Kante ab. Stein drehen, Kante oben. Anzeichnen. Sprengeisen, Spitzeisen, Schlageisen, Steinbeil, Schluß. Vierte Kante ab.

Habe ich mit einem Würfel begonnen, liegt jetzt ein achteckiger Körper vor mir, die Drehung um die x-Achse ist beendet. Jetzt beginnt die Drehung um die y-Achse, dann die Drehung um die z-Achse. Danach wäre der Vorgang in der ersten Generation beendet. Dann beginne ich das Spiel in der zweiten Generation, dann in der dritten usw. Irgendwann setzt das Material Grenzen, die Flächen werden dann so klein, daß sie sich auflösen.

Bei dieser Arbeit zeigt die Zeit ein anderes Gesicht als ein sich wiederholendes, zyklisches Geschehen: obwohl auch hier Wiederholung das wesentliche ist, verändert sich der Gegenstand mit jedem Schritt irreversibel, der Vorgang ist nicht umkehrbar. Wie ein Zeitpfeil, der sich ins Unendliche fortbewegt.

6. Ecken, Kanten und Netze

Nach der staubigen, praktischen Seite der Arbeit möchte ich nun die zeichnerische, theoretische Seite genauer betrachten und will versuchen, den Algorithmus noch präziser zu formulieren. Die Zeichnungen auf dieser Seite zeigen die Entwicklung der Dodekaederkugel. Die Erste zeigt ein Dodekaeder als Anfangszustand. Auf der Zweiten ist der Mittelpunkt markiert und die Kantenbrechung in der ersten Ebene eingetragen. Die folgenden Zeichnungen verdeutlichen, wie sich durch die fortschreitende Bedienung aller Ebenen das Netz aus Ecken und Kanten immer weiter verdichtet.

Algorithmus Kantenbrechung: "Verbinde die Mitte der Kante eines regelmäßigen Polyeders mit dem Mittelpunkt des Polyeders. Lege durch den Punkt, in dem diese Strecke die Inkugel des Polyeders schneidet, eine tangentielle Fläche. Wiederhole dies an allen Kanten des Polyeders. Ende Kantenbrechung."

Algorithmus Eckenbrechung: " Verbinde die Ecke eines regelmäßigen Polyeders mit dem Mittelpunkt des Polyeders. Lege durch den Punkt, in dem diese Strecke die Inkugel des Polyeders schneidet, eine tangentielle Fläche. Wiederhole dies an allen Ecken des Polyeders. Ende Eckenbrechung." Ende Ecken- und Kantenbrechung in der ersten Generation.

In der zweiten Generation beginnt das Spiel von Vorne. Und es folgt die dritte, vierte und fünfte Generation und so weiter.

Theoretisch könnte dies ein unendlich wiederholbarer Vorgang sein, mit der Kugel als Grenzform. In der Praxis setzt das Material, hier also der Stein, Grenzen. Auch zeichnerisch kann man das Ganze nicht ewig treiben, aber wie ist es rechnerisch? Gibt es da auch irgendwann eine Grenze durch Rundungsfehler, die sich summieren? Was würde dann passieren ?

Steinabreibungen und Verzweigungen

Eine wichtige Entdeckung bei der Arbeit an der ersten Kugel waren die geometrischen Muster, die auf der Oberfläche des Steines entstanden, während ich den Algorithmus abarbeitete. Bei der Arbeit an der nächsten Kugel nahm ich diese Muster als Frottagen von den Oberflächen ab, d.h. ich legte Papierstreifen auf den Stein und zeichnete mit Graphit-

stiften die Strukturen durch. So entstanden Steinabreibungen, auf denen die Ornamente eines jeden Zustandes "gespeichert" waren. Diese Streifen wurden mit Hilfe von Fotografien verkleinert, um dann in Collagetechnik die vollständigen Abwicklungen daraus rekonstruieren zu können.

Das Ergebnis sieht so aus, als hätte ich die Polyeder entlang ihrer Kanten aufgetrennt und dann die Flächen in die Ebene entfaltet. Dieses Auftrennen der Polyederformen entlang der Kanten und das Entfalten der Flächen in die Ebene erscheint als ein selbst verständlicher Vorgang, weil er aus der Natur vertraut ist. Geschieht nicht etwas Ähnliches, wenn sich aus einer Knospe eine Blüte oder ein Blatt inden Raum entfaltet ?

Es ist ein Phänomen des Raumes, daß wir einen Würfel entlang seiner Kanten auftrennen, und dann die Flächen ins Zweidimensionale umklappen können. Aus einer Ecke und drei Kanten entsteht nach der Auftrennung der Kanten eine Verzweigung. So zeigt sich mir eine Verzweigung als eine wesentliche Eigenschaft des Raumes, als ein Phänomen, welches ich schon bei den Kristallen beobachtete, und mir mit der Wirkung von Kräften zu erklären versuchte.

Nachdem ich aber nach der Anwendung einer rein mathematischen Regel zu ähnlichen pflanzenartigen, verzweigten Strukturen komme, erscheint es mir, daß der Raum an sich schon eine verzweigte Struktur vorgibt, in der die Kräfte wirken. Genauso, wie die Pflanzen ihre Wachstumskräfte entlang dieser Strukturen entfalten, hangele ich mich an meinem roten Faden entlang dieser räumlichen und zeitlichen Strukturen , wenn ich nach meinen Regeln die Steine behaue.