

**Zeitschrift:** Anthos : Zeitschrift für Landschaftsarchitektur = Une revue pour le paysage  
**Herausgeber:** Bund Schweizer Landschaftsarchitekten und Landschaftsarchitektinnen  
**Band:** 35 (1996)  
**Heft:** 1: Erde bewegen - Gelände gestalten = Terrasser et modeler = Designing landform

**Artikel:** Manipulation digitaler Geländemodelle : ein Werkzeugprototyp = Manipulation de modèles numériques de terrains : un prototype d'outil = Sculpting DTMs : an example tool  
**Autor:** Westort, Caroline  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-137798>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Manipulation digitaler Geländemodelle: Ein Werkzeugprototyp

Caroline Westort, B. A., M. L. A. Landschaftsarchitektin, Geographisches Institut der Universität Zürich

---

Vorgestellt wird ein Werkzeugprototyp für die Manipulation digitaler Geländemodelle (DGM), der von der Metapher einer ganz gewöhnlichen Planierraupe ausgeht.

---

### Einleitung

Dieses Software-Werkzeug auf der Basis einer digitalen Planierraupe soll die Kontrolle über eine digitale Oberfläche verbessern. Damit ein digitales Geländemodell für die Landschaftsarchitektur am Computer von Nutzen ist, muss eine umfassende Bandbreite geometrischer Formen vorhanden sein. Mit dieser Studie wird versucht, die Möglichkeiten zur DGM-Manipulation durch Werkzeuge zu erweitern, die folgenden Kriterien entsprechen:

- a geometrische Kontrolle
- b leichte Handhabung
- c kurze Reaktionszeit
- d quantitative Genauigkeit.

Moderne, programmierbare CAD-Systeme wie *AutoCAD* bieten die geeignete Plattform, um derartige Werkzeuge zu entwickeln. Sofern Werkzeuge für die geometrische Manipulation digitaler Geländeformen überhaupt erhältlich sind, haben sie folgenden Inhalt:

- a Lokal: Veränderung eines Scheitelpunkts
  - b Verschiebung: geometrische, schrittweise Veränderung der Oberfläche (mehr als ein Scheitelpunkt)
  - c Übertragung: Kombination von mehreren Verschiebungen
  - d Global: globale Veränderung des Datensatzes (alle Scheitelpunkte).
- (Siehe Abb. 1)

Von diesen Punkten sind die beiden mittleren (Verschiebung, Übertragung) die interessantesten und kniffligsten.

### Virtuelle Planierraupe

Der hier vorgestellte Prototyp eines Geländemodellierungssystems arbeitet mit einer Sequenz von «Verschiebungen» und «Übertragungen» in Verbindung mit einer Bibliothek von Geländeformen und Kombinationsoperatoren. Dies ermöglicht dem Landschaftsarchitekten, lokale Bereiche auf einer digitalen Oberfläche stufenweise zu manipulieren. Diese «virtuelle Planierraupe» setzt sich aus drei Hauptteilen zusammen:

## Manipulation de modèles numériques de terrains: un prototype d'outil

Caroline Westort, B. A., M. L. A. Architecte paysagiste, Institut de Géographie de l'Université de Zurich.

---

Cet article présente un prototype d'outil pour la manipulation de modèles numériques de terrains (MNT) qui s'inspire métaphoriquement des niveleuses traditionnelles.

---

### Introduction

Cet outil logiciel inspiré d'une niveleuse numérique vise à améliorer le contrôle géométrique que l'on peut avoir sur une surface numérique. Pour qu'un modèle numérique de terrain soit utile sur un ordinateur utilisé en architecture paysagère, il faut pouvoir disposer d'un grand nombre de formes géométriques utiles pour le concepteur. La présente étude tente d'élargir les possibilités de manipulation de MNT par le biais d'outils répondant aux critères suivants:

- a contrôle géométrique
- b manipulation aisée
- c temps de réaction rapide
- d précision quantitative.

Les systèmes de CAO programmables modernes tels que *AutoCAD* offrent la plateforme voulue pour développer ce genre d'outils. Là où ils existent, les outils servant à la manipulation géométrique de formes de terrains numériques ont le contenu suivant:

- a localement: modification d'un sommet
  - b translation: modification géométrique progressive d'une surface (plus d'un sommet)
  - c transfert: combinaison de plusieurs translations
  - d globalement: modification globale du jeu de données (tous les sommets).
- (voir fig. 1).

Dans cette liste, les deux catégories centrales (b. translation, c. transfert) sont les plus intéressantes et les plus délicates.

### Niveleuse virtuelle

Le prototype de système de modelage de terrain que nous présentons ici utilise une succession de «translations» et de «transferts» en liaison avec une bibliothèque de primitives graphiques et d'opérateurs en combinaison qui permettent au concepteur de manipuler par étapes des zones locales sur une surface topographique numérique continue. Cette «niveleuse virtuelle» se compose de trois éléments principaux:

## Sculpting DTMs: An Example Tool

Caroline Westort, B. A., M. L. A. landscape architect, Geographisches Institut, Universität Zürich

---

An example tool for sculpting digital terrain models is presented using the metaphor of a common bulldozer.

---

### Introduction

The goal of this blade and path tool is to maximize geometric control over a digital topographic surface. In order for a digital terrain model to be useful to a digital landscape designer, a large universe of geometric forms must be describable in terms meaningful to the designer, and reflective of real earthworks considerations. This research effort tries to extend DTM sculpting capabilities with tools which meet the following criteria:

- a geometric control
- b ease of handling
- c quick response time
- d quantitative accuracy.

Modern, programmable, user-extendible CAD systems, like *AutoCAD*, offer the platform from which to build such tools. Tools for geometric manipulation of DTMs, when available, have one of the following "scopes of action":

- a local: a change to one vertex
  - b move: an incremental geometric change to the surface (more than one vertex)
  - c pass: a collection of moves (more than 1 move)
  - d global: a global change to the dataset (all vertices).
- (See fig. 1)

Of these, the middle two ("regional" operators) are the most interesting and challenging.

### Virtual Bulldozer

The prototype landform design system presented here uses a sequence of "moves" and "passes" together with surface primitives, and combinatorial operators to enable the landform designer to incrementally manipulate local areas on a continuous digital topographic surface. This "virtual bulldozer" consists of three main parts:

1. an "extrude" tool, made of a "path" and a "blade"
2. a library of parameterized primitives
3. boolean and algebraic combinations between primitives and extrusions.

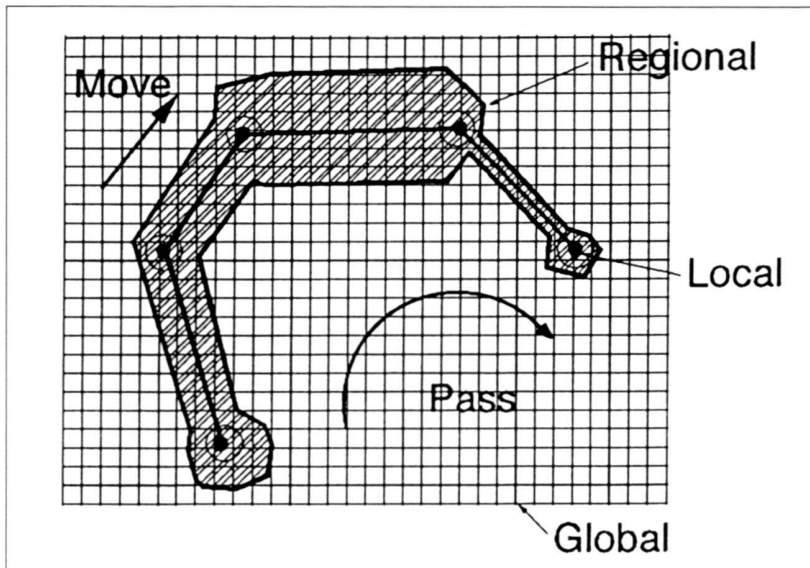


Abb. 1: Wirkungsbereiche des Werkzeugprototypen für eine «virtuelle Planierraupe».

Fig. 1: Domaines d'application du prototype de «niveleuse virtuelle».

Fig. 1: Scopes of Action of "Virtual Bulldozer" prototype tool.

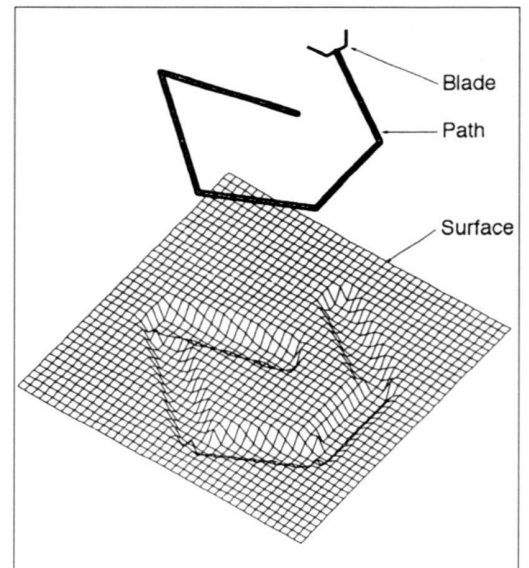


Abb. 2: Illustrationsdiagramm von Schild, Pfad und Oberfläche.

Fig. 2: Diagramme illustrant les notions de lame, de trajectoire et de surface.

Fig. 2: Illustrative Diagram of Blade, Path, and Surface.

1. einem «Modellierungswerkzeug», bestehend aus einem «Pfad» und einem «Planierschild»
2. einer Bibliothek parametrisierter, topographischer Formen
3. mathematischen Kombinationen zwischen dem Modellierungswerkzeug und der Bibliothek.

### Planierschild und Pfad

In der Realität bewegt sich eine Planierraupe entlang eines genau festgelegten Pfades über das Gelände, wobei der Planierschild Erdbewegungen vornimmt. Bei der virtuellen Planierraupe besteht der «Schild» aus einer anwenderdefinierbaren Anzahl von Punkten. Diese Punkte legen ein zweidimensionales Profil fest. Der «Pfad» stellt eine anwenderdefinierbare Anzahl Punkte in drei Dimensionen – einen dreidimensionalen Vektor – dar. Der Schild wird den Pfad entlang geführt oder «geschoben».

Ausserdem räumt eine reale Planierraupe immer relativ zur vorhandenen Oberfläche ab, da ihre Fortbewegungsmöglichkeiten auf den Boden beschränkt sind. Im Falle unserer virtuellen Planierraupe jedoch können die Punkte einer Bahn entweder *relativ* zum bestehenden Gelände verlaufen, wenn der Grund-Z-Wert den Geländedaten entnommen wird, oder sie bilden – bei einem anwenderspezifizierten Z-Wert – eine *absolute* Bahn. Eine bestimmte Bahn kann sowohl relative als auch absolute Eigenschaften besitzen. Aufgrund der freien Wählbarkeit der Z-Koordinate der Bahn ist die virtuelle Planierraupe imstande, auf die topographischen Gegebenheiten eines Baugeländes einzugehen oder sie zu ignorieren. Mit anderen Worten: Sie kann innerhalb der Fähigkeiten ihres realen Vorbildes bleiben oder über diese «hinauswachsen».

### Geländegrundelemente

Eine Reihe von Geländeformen lässt sich durch die Teilung oder Vereinigung einfa-

1. un «outil d'extrusion», composé d'une «trajectoire» et d'une «lame»,
2. une bibliothèque de primitives topographiques paramétrisées,
3. une combinaison booléenne et algébrique entre les primitives graphiques et les extrusions.

### Lame et trajectoire

Dans la réalité, une niveleuse se déplace sur le terrain avec une lame ou une pelle qui déplace la terre au fur et à mesure de sa progression le long d'une trajectoire donnée. Dans le cas de la niveleuse virtuelle, la «lame» se compose d'un nombre de points (définissable par l'utilisateur lui-même) qui déterminent un profil bidimensionnel. La «trajectoire» représente en trois dimensions un nombre de points définissable par l'utilisateur. C'est une ligne polygonale tridimensionnelle. La lame est glissée ou poussée le long de la trajectoire. Par ailleurs, une niveleuse réelle intervient toujours relativement à la surface existante, puisque ses possibilités de déplacement sur le sol sont limitées. En revanche, dans le cas de notre niveleuse virtuelle, les points d'une trajectoire peuvent soit se déplacer *relativement* au terrain existant, si la valeur fondamentale Z provient des données du terrain, soit suivre une trajectoire *absolue*, si la valeur Z est spécifiée par l'utilisateur. Une même trajectoire peut présenter à la fois des caractéristiques relatives et absolues. Avec le libre choix des coordonnées Z de la trajectoire, la niveleuse virtuelle est en mesure soit de tenir compte des données topographiques d'un site, soit de les ignorer. En d'autres termes, elle peut reproduire les capacités de son modèle réel, ou bien aller au-delà.

### Primitives graphiques représentant des formes du terrain

Il est possible de créer toute une série de formes de terrains en recoupant ou en fusionnant des primitives géométriques fondamentales simples, par ex. cône

### Blade and Path

A real bulldozer moves over terrain with a blade, or shovel, which displaces earth as it moves along the length of a specified path. In the virtual bulldozer, a "blade" is defined as a user-definable number of points that define a 2D profile. A "path" is defined as a user-definable number of 3D points, a 3D polyline. The blade is swept, or "pushed", along the path.

Also, a real bulldozer always cuts relative to the existing surface, as its treads are confined to travelling on the ground. For this virtual bulldozer, the points of a path may cut either *relative* to the existing terrain, taking its base Z value from the terrain data, or it may cut along an *absolute* path if a Z value is user-specified. A single path may exhibit both relative and absolute characteristics. By making the Z-coordinate optional along the path, the virtual bulldozer has the ability to either accommodate or ignore existing topographic conditions of a site; to both mimic and go beyond the abilities of a real bulldozer.

### Landform Primitives

A variety of landform designs can be made up of the intersection or union of simple geometric primitives – truncated cones, half cylinders, etc. A number of these primitives can be constructed using the extrude tool (half cylinder, e.g.) but for compactness of representation, a library of topographic primitives, such as mound, berm, swale, torus, box, etc., each with their geometric properties parameterized, has been defined. (Please see<sup>1</sup> for further implementation details.)

### Combination Operations

Primitives and extrusions can be combined into a single landform, using algebraic operators such as +, –, max, min, average, etc. For example, in fig.3 a mound and a box created by extrusion

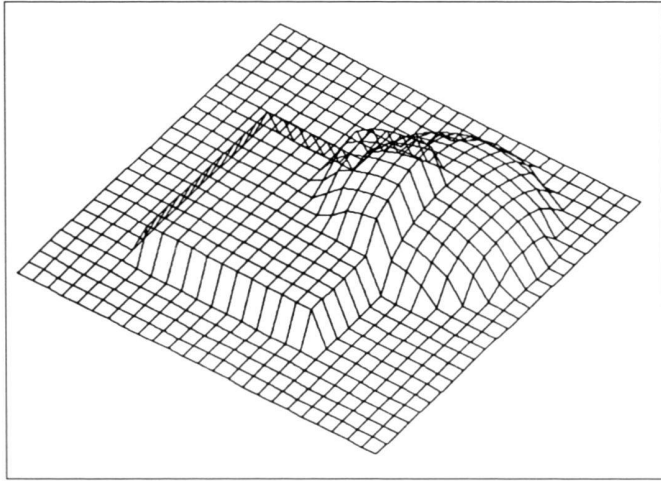


Abb. 3: Hügel- und Box-Grundelement addiert.

Fig. 3: Primitives de dôme et de caisse additionnées.

Fig. 3: Mound and Box primitive added.

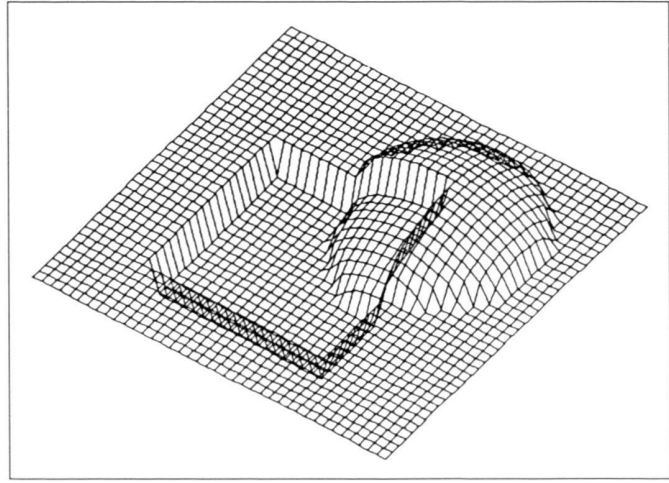


Abb. 4: Hügel- mit Box-Grundelement subtrahiert.

Fig. 4: Primitives de dôme et de caisse soustraites.

Fig. 4: Mound and Box primitive subtracted.

cher geometrischer Grundelemente herstellen, wie etwa Kegelstumpf, Halbzylinder usw. Zwar können verschiedene Grundelemente (z. B. Halbzylinder) unter Verwendung des Geländemodellierungswerkzeuges konstruiert werden, aber aus Gründen der Darstellungskomplexität legen wir eine Bibliothek topographischer Grundelemente wie Hügel, Berme, Senke, Torus, Box usw. an, deren geometrische Eigenschaften parametrisiert wurden. (Weitere Implementierungsdetails entnehmen man <sup>1</sup>.)

### Kombinationsoperatoren

Durch die Anwendung algebraischer Operatoren wie plus, minus, maximal, minimal, Durchschnitt usw. können Grundelemente und Geländemodellierungen zu einer einzigen Geländeform kombiniert werden. So werden beispielsweise in Abb. 3 ein Hügel und eine durch das Geländemodellierungswerkzeug geschaffene Box addiert, während in Abb. 4 die Box vom Hügel subtrahiert wird (bei feinerer Auflösung).

### Schlusswort

Aufgrund der Schild- und Pfad-(Bahn-) Metapher versetzt die virtuelle Planier-

tronqué, demi-cylindre etc. Certaines de ces primitives (par ex. demi-cylindre) peuvent être construites à l'aide de l'outil de modelage, mais pour assurer une représentation compacte, nous utilisons une bibliothèque de primitives topographiques fondamentales tels que dômes, bermes, pentes, tores, caisses etc. dont les propriétés géométriques ont été paramétrisées. (Pour de plus amples détails de mise en œuvre, voir <sup>1</sup>.)

### Opérations en combinaison

En utilisant des opérateurs algébriques tels que plus, moins, maximum, minimum, moyenne etc., on peut combiner des primitives et des extrusions pour n'en faire qu'une seule forme de terrain. Par exemple, la fig. 3 additionne un dôme et une caisse créée par extrusion, alors qu'à la fig. 4, la caisse est soustraite du dôme (et présentée avec résolution plus fine).

### Conclusion

Utilisant métaphoriquement lames et trajectoires, la niveleuse virtuelle permet aux architectes paysagistes, à l'aide des outils numériques, d'imiter les processus traditionnels analogiques d'aménagement du terrain, mais aussi de les dépasser.

are added; in fig. 4 the box is subtracted from the mound (and the display is shown at a finer resolution.)

### Conclusion

The virtual bulldozer, through the blade and path metaphor enables the landscape designer in the digital medium to both mimic and go beyond traditional analog landform design processes. For example, fig. 5 shows a fanciful design for a "ziggurat"; a spiral path subtracted from the surface of a regular hemispherical mound. fig. 6 shows a replication of a well-known earthworks park<sup>2</sup> created in a digital environment using primitives and operators, and rendered with surface lighting and textures.

The prototype virtual bulldozer at present "knows" only about the instructions given by the designer in the form of blade(s), path(s), and primitives; but surely could "know" more about geophysical constraints and respond to other site conditions (hydrology, vegetation) where appropriate. Modelling processes of land formation – whether natural or synthetic – is an appealing approach to topographic design as it involves a dynamic rather than static conception of the medium.

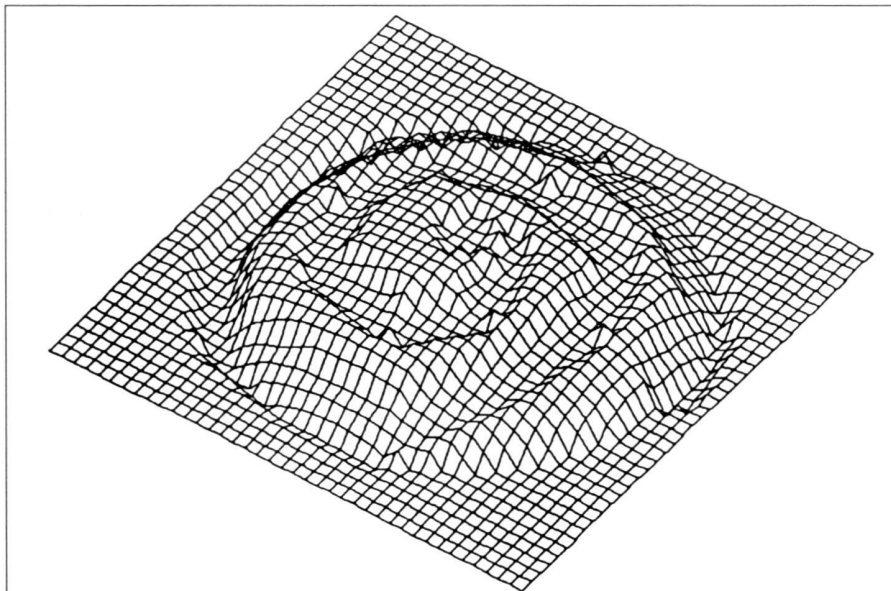


Abb. 5: Komplexe dreidimensionale Form, geschaffen durch einen spiralförmigen Fussweg auf einem Hügel-Grundelement.

Fig. 5: Forme tridimensionnelle complexe, créée par une trajectoire en spirale sur une primitive de dôme.

Fig. 5: A complex three-dimensional form created by a spiral path on a mound primitive.

raupe den Landschaftsarchitekten in die Lage, innerhalb des digitalen Mediums herkömmliche analoge Geländegestaltungsprozesse sowohl nachzuahmen als auch über sie hinauszugehen. Abb. 5 zeigt zum Beispiel den Entwurf für einen «spiralförmigen Hügel». Es ist ein spiralförmiger, von der Oberfläche eines regelmässigen halbkugeligen Hügels subtrahierter Fussweg. In Abb. 6 ist die Replikation eines bekannten Landart Parks<sup>2</sup> zu sehen, die in digitaler Umgebung mit Hilfe der Bibliothek topographischer Formen und Operatoren geschaffen – und mit Schattierungen und Texturen dargestellt wird.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt «kennt» der Prototyp der virtuellen Planierdraupe nur die Anweisungen, die ihm der Landschaftsarchitekt in Form von Schildern, Bahnen und der Bibliothek topographischer Formen erteilt, doch könnte er sicher mehr über geophysische Kriterien «wissen» und auf andere Gelände Voraussetzungen (Hydrologie, Vegetation) eingehen. Geländegestaltungsprozesse zu modellieren ist – ob in der Natur oder im synthetischen Raum – eine faszinierende Variante topographischer Formgebung, da es eine dynamische anstatt eine statische Auffassung dieses Mediums voraussetzt.

ser. La fig. 5 présente par exemple un projet imaginaire en forme de «ziggurat». C'est une trajectoire en spirale, soustraite de la surface d'un dôme hémisphérique régulier. A la fig. 6, on trouve la reproduction d'un célèbre parc paysager<sup>2</sup> qui a été créé dans un environnement numérique à l'aide de primitives et d'opérateurs, ici représenté avec hachures et textures. Actuellement, le prototype de la niveluse virtuelle ne «connaît» que les instructions que lui donne l'architecte paysagiste sous forme de lames, de trajectoires et de primitives, mais il pourrait certainement en «apprendre» davantage sur les critères géophysiques et réagir le cas échéant à d'autres données du terrain (hydrologie, végétation). Modeler les processus d'aménagement du terrain, que cela soit dans la nature ou dans un espace synthétique, offre un angle fascinant pour aborder la conception topographique, en faisant appel à une approche plus dynamique que statique.

Le contenu du présent article provient en partie de la thèse de doctorat écrite par l'auteur à l'Institut de Géographie de l'Université de Zurich et soutenue par l'office européen de recherche de l'US Army. L'auteur se réjouirait de pouvoir connaître les réactions de ses lecteurs et collaborer à des projets de conception topographique par voie numérique.

## References

<sup>1</sup> Ervin, Stephen M.; Westort, Caroline Y.: "Procedural Terrain; A Virtual Bulldozer"; Proceedings – CAAD Futures '95; Singapore, September, 1995.

<sup>2</sup> Beardsley, John, 1984: *Earthworks and beyond: contemporary art in the landscape*, New York, Abbeville Press

<sup>3</sup> Li, Xian, 1993: Doctoral Dissertation, Institute for Simulation and Training, University of Central Florida.

Material presented in this paper is part of the author's dissertation research conducted at the Geographisches Institut, Universität Zürich, and is supported by the US Army European Research Office. The author welcomes response from readers, and opportunities to collaborate on projects involving design of digital topography.

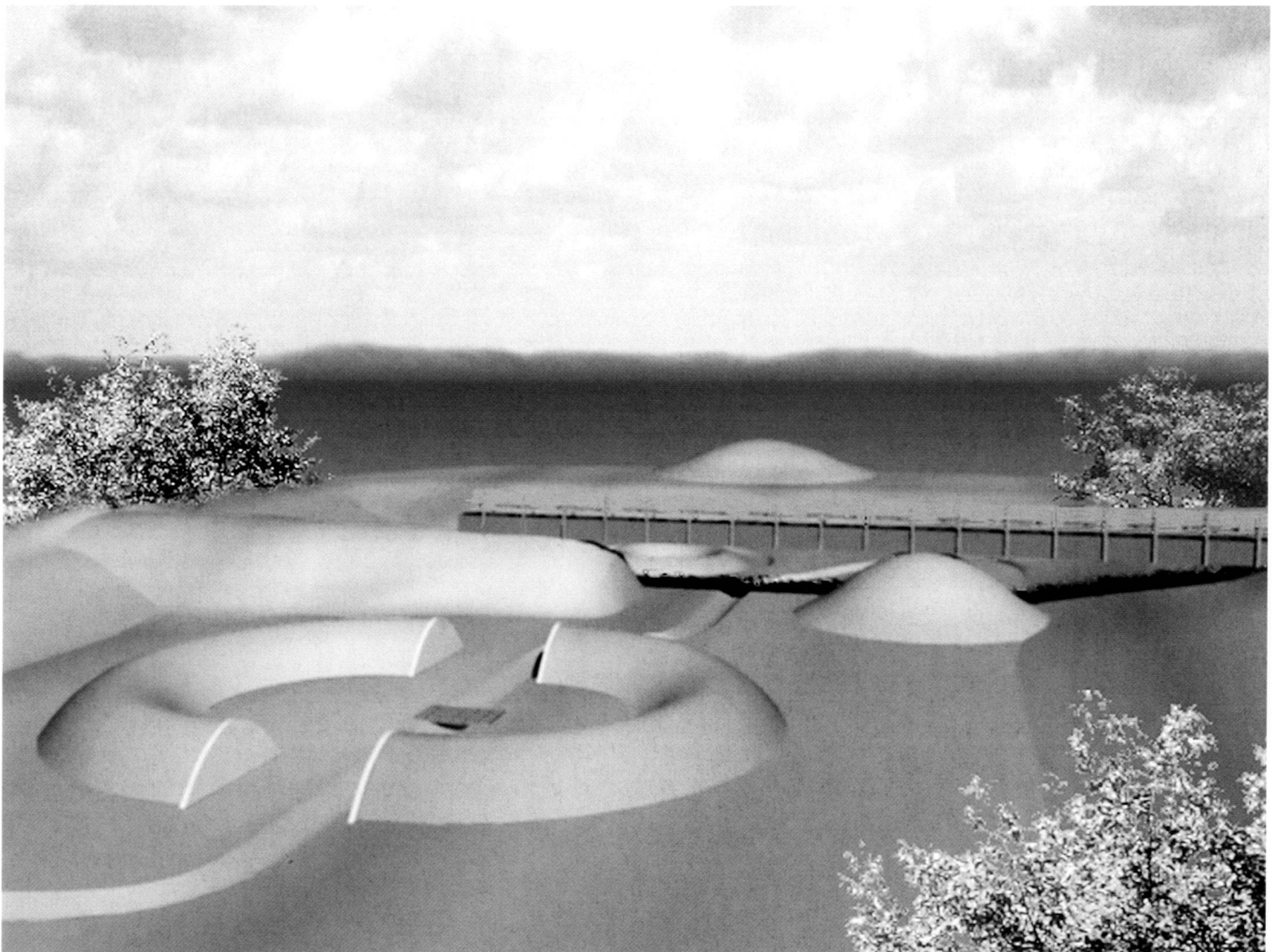


Abb. 6: Digitale Replikation von H. Bayers Mill Creek Canyon Park.

Fig. 6: Reproduction numérique du Mill Creek Canyon Park de H. Bayer.

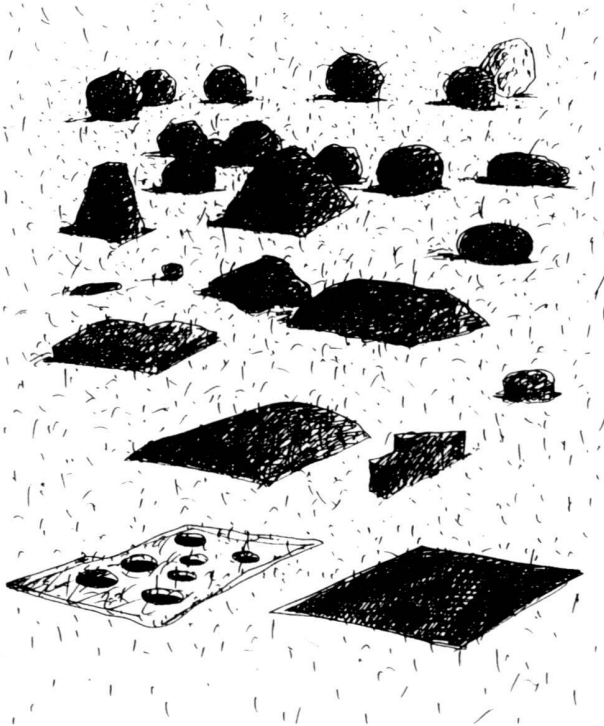
Fig. 6: A digital re-creation of H. Bayer's Mill Creek Canyon Park.

# Erdbewegung

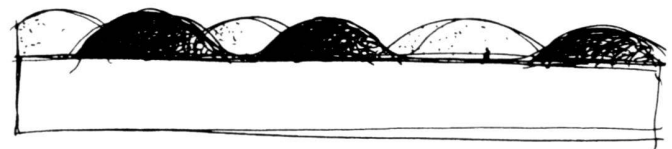
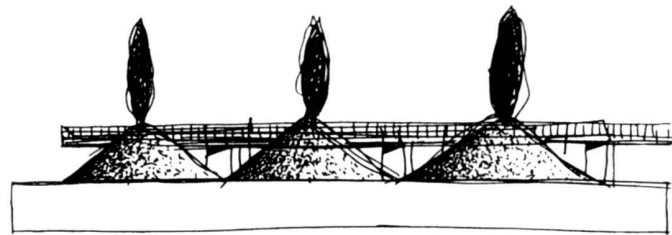
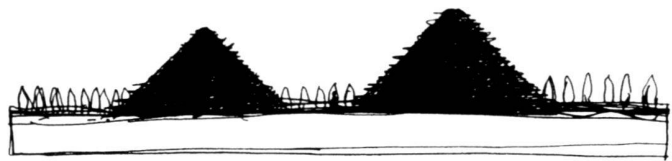
Hans Dieter Schaal, Dipl. Ing. Architekt, Attenweiler

Erde ist die Grundkomponente der Landschaftsarchitektur. Aus ihr werden die Hügel und Täler geformt, aus ihr heraus wachsen Gras und Bäume.

Earth is the basic component of landscape architecture. Hills and valleys are formed from it, grass and trees grow out of it.



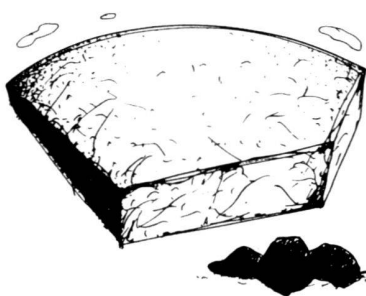
Erdhügelreihungen. Rund, eckig, Richtung Kugel, Richtung Kegel. Erde nackt belassen, rau, ruppig oder mit einer Lehm-schicht glattgestrichen, mit Gras eingesät oder von Spontan-vegetation überzogen. Mit Bäumen bepflanzt oder von einem Baum (Pappel, Zypresse) gekrönt.



Sequences of mounds of earth. Round, with corners, tending towards the sphere, tending towards the cone. Earth left bare, raw, rough or smoothed over with a layer of clay, sown with grass or covered with spontaneous vegetation. Planted with trees or topped with a single tree (poplar, cypress).

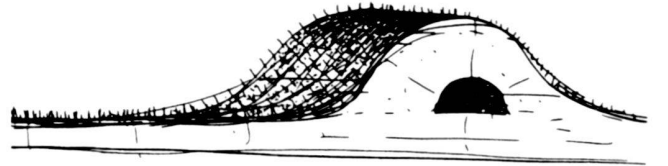
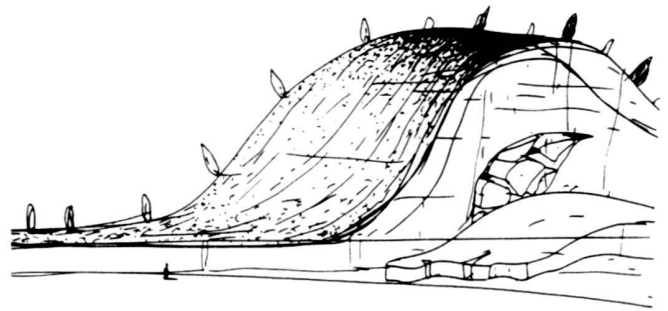
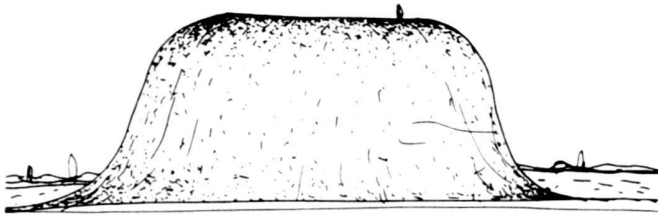
Die nackte, nasse oder trockene Erde als Teil der Erdoberfläche gibt es ohne Vegetation nur in Steppen- und Wüstengebieten, überall sonst ist sie überzogen von Gras, Stauden, Büschen oder Bäumen. Körperlich gesehen ist die Erde die Muskulatur der Landschaft, ihr Fleisch. Die Vegetation zieht sich darüber wie eine Haut mit Haaren.

Bare, wet or dry earth as part of the surface of the globe exists without vegetation only in steppe and desert conditions, otherwise it is covered with grass, shrubs, bushes or trees. Physically speaking earth is the muscles of the landscape, its flesh. Vegetation covers it like a skin with hair.



Sich aufbäumende Erde. Erd-Brandung. Geologische Formationen. Die Bewegungen zeigen, den Schmerz hörbar machen. Übertragungen aus dem Inneren der Erde: das Brodeln der Lava, ihr Eingesperrtsein, ihr Kochen, ihre Wut.

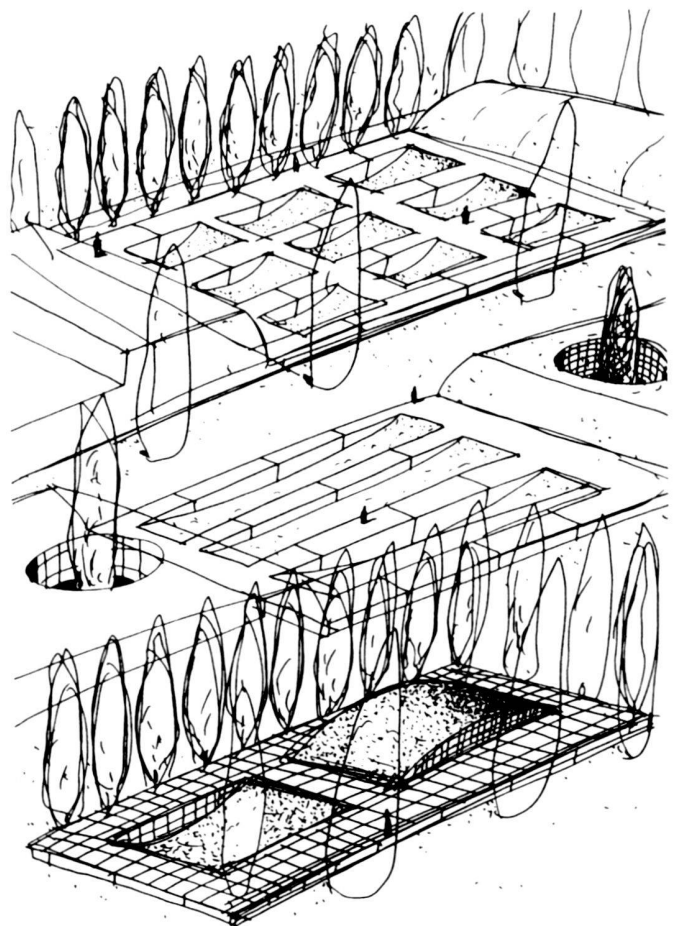
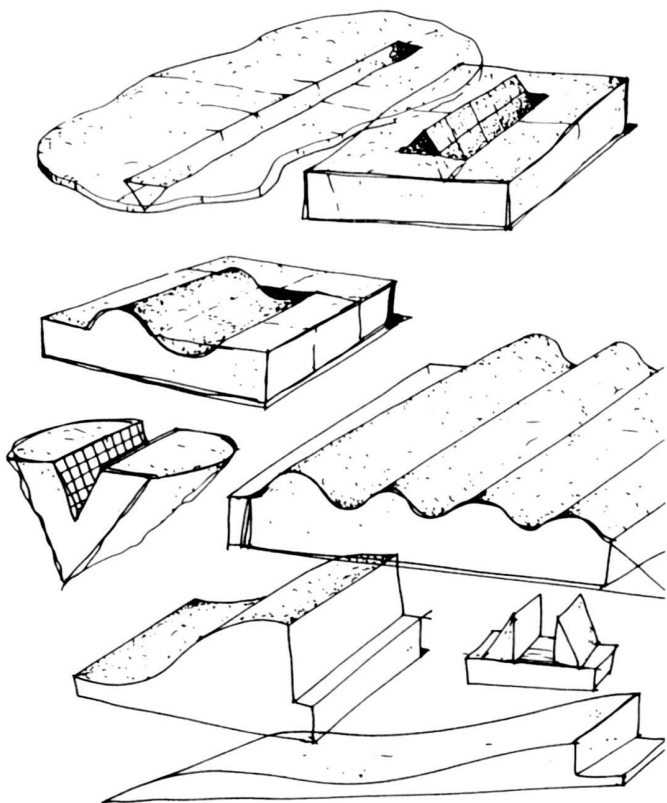
Earth towering up. Earth-surf. Geological formations. Showing the movements, making the pain audible. Communications from the centre of the earth: seething lava, its trapped nature, its boiling, its fury.



Die Vorgänge und Motive der Landwirtschaft aufgreifen: Linien ziehen, Kerben schneiden, kleine Täler anlegen, gerade und krumme Verläufe, kurvige und gezackte. Mulden graben, die Erde zu kleinen Hügeln aufschütten, dieses Motiv mehrfach wiederholen, kleine Landschaften aus Berg und Tal formen. Wellen.

Erdhügel, Erdmulden. Mischungen von verschlossenen und offenen Bodenbereichen.

Mounds of earth. Troughs in the earth. Mixtures of closed and open ground areas.



Picking up the processes and motifs of agriculture: drawing lines, dutting notches, making little valleys, straight and crooked courses, curved and zig-zag ones. Digging ditches, piling up little hills with the earth you dig out, repeating this motif a number of times, making little landscapes of mountain and valley. Waves.

Ausschnitte aus dem Buch «Neue Landschaftsarchitektur», erschienen 1994, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH, Berlin.