

Geländemodellierung

landscapingSMART

3D-Maschinensteuerung

Regenwassermanagement



Geländemodellierung

landscapingSMART

3D-Maschinensteuerung

Regenwassermanagement

Peter Petschek

Mit einem Vorwort von Peter Walker

2., erweiterte und überarbeitete Ausgabe

Herausgegeben von
HSR Hochschule für Technik Rapperswil
Studiengang Landschaftsarchitektur

Birkhäuser
Basel

Die Fotos zu Beginn jedes Kapitels gehören zur Bilderserie «caminos» von André Lehner, Fotograf, Zürich.
Die Straßenlandschaften stammen aus der Schweiz, Südamerika und Kap Verde.

Lektorat, Redaktion und Projektkoordination: Véronique Hilfiker Durand, Basel
Layout, Covergestaltung und Satz: Manuel Aurelio Ramírez Pérez, Campanillas / Málaga
Umschlagsfoto: André Lehner, Zürich
Korrektorat: Sabine Rochlitz, Riehen
Satzkorrektur: Véronique Hilfiker Durand, Manuel Aurelio Ramírez Pérez

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechts.

Dieses Buch ist ebenfalls als enhanced E-Book (e-Pub 3.0) erhältlich, ISBN 978-3-03821-665-0.

Die Erstausgabe ist 2008 unter dem Titel *Geländemodellierung für Landschaftsarchitekten und Architekten*, ISBN 978-3-7643-8501-9, erschienen.

Dieses Buch ist auch in englischer Sprache erschienen:
Grading, landscapingSMART, 3D Machine Control Systems, Stormwater Management (ISBN 978-3-03821-508-0).

© 2014 Peter Petschek, publiziert von Birkhäuser Verlag GmbH, Basel
Dieses Buch ist als Open-Access-Publikation verfügbar über www.degruyter.com.

Postfach 44, 4009 Basel, Schweiz
Ein Unternehmen von De Gruyter

Gedruckt auf säurefreiem Papier, hergestellt aus chlorfrei gebleichtem Zellstoff. TCF ∞

ISBN 978-3-03821-509-7



Dieses Werk ist lizenziert unter der Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Lizenz. Weitere Informationen finden Sie unter <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.

Printed in Germany

9 8 7 6 5 4 3 2 1

Der Autor bedankt sich bei folgenden Personen und Institutionen für die finanzielle und fachliche Unterstützung



Besuchen Sie die [Videovortagsreihe](#) der HSR, Studiengang Landschaftsarchitektur.

Sponsoren:

HSR Hochschule für Technik Rapperswil
Studiengang Landschaftsarchitektur
ILF Institut für Landschaft und Freiraum
Grün Stadt Zürich
A. Tschümperlin AG
REHAU

Fachliche Unterstützung:

Prof. Sadik Artunc
Prof. Hannes Böhi
Michael Fluß
Peter Geitz
Ulrike Nohlen
Thomas Putscher
Marco Riva
Toni Sacchetti
Christian Tack

Projektmanagement, Lektorat:

Véronique Hilfiker Durand

Inhalt

8	Vorwort von Peter Walker	108	Geländesicherung
12	Einführung	109	Boden
18	Geschichte der Geländemodellierung	112	Erosion und Rutschung
19	Entwicklungen in der Plandarstellung	114	Böschungswinkel und Bautechniken
25	Ausgewählte Projekte	115	Überblick zu Bautechniken für die Böschungssicherung
26	Die Pueblo Grande Ballarena	116	Ingenieurbioologische Bauverfahren
29	Die Pyramiden des Branitzer Landschaftsparks	117	Deckbauweisen
35	Der «Garten des Poeten» auf der G 59 in Zürich	118	Stabilbauweisen
39	Der Olympiapark München	120	Kalk- und/oder Zementstabilisierung
45	Der Irchelpark Zürich	122	Bewehrte Erde
50	Die Landform vor der Schottischen Nationalgalerie in Edinburgh	124	Geotextilwand
58	Geländeformen	125	Stützmauern
68	Einmaleins der Geländemodellierung	125	Winkelstützmauern
69	Kleine und große Maßstäbe	125	Schergewichtsmauern
71	Gefälle	128	Gabionen
71	Gefälle in Prozent	130	Steinblockmauern
72	Verhältniszahl	130	Fertigelementmauern
72	Neigungswinkel	130	Natursteinmauern
73	Gefälleausbildung	132	Geländemodellierung und Straßen, Parkplätze
75	Interpolation	133	Geländemodellierung und Straßen
77	Höhenpunkte	133	Technisches Basiswissen
78	Höhenlinien	139	Geländemodellierung und Parkplätze
84	Böschung	139	Begriffe
85	Profile	140	Anordnung und Dimensionen
87	Erdmassenberechnung	140	Horizontales Layout
87	Erdmassenberechnung aus Profilen	141	Vertikales Layout
88	Erdmassenberechnung aus Höhenlinien	142	Einfassung
88	Erdmassenberechnung aus Dreiecksprimen	142	Bepflanzung
90	Aufgaben und Techniken der Geländemodellierung	143	Behindertengerechter Parkplatz
90	Aufgaben der Geländemodellierung	143	Das Thema Parkplatz im Überblick: Tabellen, Berechnungsgrundlagen, Layouts
94	Wichtige Geländemodellierungskriterien	152	Geländemodellierung und Regenwassermanagement
95	Minimale und maximale Gefälle	153	Grundlagen des Regenwassermanagements
95	Geländemodellierung und Architektur	160	Workflow und Berechnungen für das Regenwassermanagement
96	Herangangsweise an eine Geländemodellierung	160	1. Optimierungsmöglichkeiten
102	Höhen- und Absteckplan		

- 161 2. In folgenden Fällen ist eine Versickerung nicht möglich
- 162 3. Bestimmung des Regenwasserabflusses
- 163 4. Dimensionierung von Schlammsammlern, Kastenrinnen, Einstiegsschächten und Leitungen
- 168 5. Versickerungsversuch zur Ermittlung der spezifischen Sickerleistung S_{spez}
- 170 6. Dimensionierung des Versickerungssystems
- 177 7. Berechnung des erforderlichen Volumens

178 **landscapingSMART und die digitale Geländemodellierung**

- 181 Datengrundlagen und Datenbeschaffung
- 184 Kleinräumige Datenaufnahme und Absteckung
- 186 Holzpflocke und Lattenprofile
- 188 Digitale Geländemodelle
- 193 Cloud Services
- 195 Analoge Modelle
- 195 Geschichte
- 195 Sandmodelle
- 197 Digitaler Modellbau
- 197 Echtzeitmodelle

200 **Geländemodellierung und 3D-Maschinensteuerung**

- 201 GNSS und DGPS
- 203 Funktionsweise der 3D-Maschinensteuerung
- 208 DGM-Aufbereitung für die 3D-Maschinensteuerung
- 209 Welche Anforderungen muss ein DGM erfüllen, damit es von der Baufirma eingesetzt werden kann?
- 209 Geländeaufnahmen / Grundlagendaten
- 209 Austauschformat
- 209 Orientierung
- 209 DGM «Deckbelag»
- 209 DGM «Planum»
- 210 Randsteine
- 210 Straßenbauprojekte
- 210 Kunstbauten
- 211 Aushubarbeiten
- 211 Leitungen

212 **Geländemodellierung und Baumaschinen**

- 215 Baumaschinen zum Lösen und Laden
- 219 Baumaschinen zum Transportieren
- 221 Baumaschinen zum Verdichten von Boden
- 222 Baumaschinen für das «Rainbowing»

224 **Geländemodellierung in der Praxis**

- 226 Sohlgleite Ertingen-Binzwanen, Geitz und Partner GbR Landschaftsarchitekten
- 230 Erlentor Stadthof, Basel, Westpol Landschaftsarchitekten
- 232 Swiss Cottage Open Space, London, Gustafson Porter
- 236 Northumberlandia, Cramlington, Charles Jencks and the Banks Group
- 240 SGI/Google Corporate Headquarters, Mountain View, SWA
- 242 Desert Ridge Marriot, Phoenix, SWA
- 244 2500 Hollywood Way, Burbank, SWA
- 246 Qiaoyuan Wetland Park, Tianjin, Turenscape Landscape Architects
- 248 Victorian Desalination Project, Victoria, ASPECT Studios
- 250 Millenium Parklands, Sydney, PWP Landscape Architecture

252 **Anhang**

- 253 Übungen zur Geländemodellierung
- 275 Glossar
- 281 Literatur / Quellen
- 284 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis
- 285 Biografien



Vorwort von Peter Walker

Es ist mir eine große Freude, die Einleitung zu *Geländemodellierung, landscaping SMART, 3D-Maschinensteuerung, Regenwassermanagement* schreiben zu dürfen. Denn die Bedeutung der Geländemodellierung ist für unseren Berufsstand nicht zu unterschätzen.

In meinem ersten Auftrag der öffentlichen Hand, als junger Landschaftsarchitekt 1960, bestimmte die Geländemodellierung nicht nur den Entwurf, sondern gab dem autofreien Campus einen menschlichen Maßstab. Foothill College in Los Altos Hills, in der Nähe von Palo Alto und der Stanford University gelegen, war eine der ersten Ausbildungsstätten der Nachkriegszeit, die im Rahmen des ehrgeizigen Masterplans zur Entwicklung des Hochschulwesens des Staates Kalifornien gebaut wurde. Ursprünglich gab es auf dem Gelände nur zwei kleine, aber steile Hügel mit einem schönen Eichen- und Mammutbaum-Bestand. Diese alten Bäume wollten wir auch erhalten. Der vorgeschlagene Gebäudekomplex war aber zu groß, um ihn nur auf einem der beiden Hügel unterzubringen. Daher teilte das Planerteam das Raumprogramm auf. Der Studienkomplex wurde auf dem nördlichen und die Sportanlagen auf dem südlichen Hügel vorgesehen. Eine Holzbrücke diente als Verbindung. Leider war auf beiden Erhöhungen immer noch zu wenig ebene Fläche für die Gebäude vorhanden. Wir entschieden uns deshalb, die Kuppen der Hügel abzuflachen. Mit einer ästhetisch ansprechenden Geländemodellierung, geschwungenen Wegen und wellenförmigen Rasenflächen entstand, ohne Verlust der wertvollen Bäume, eine attraktive, mit Preisen bedachte Campus-Landschaftsarchitektur.

Während Tausenden von Jahren wurden Erdbewegungen manuell ausgeführt. Gebäude und Straßen, Bauernhäuser und Felder passte man der Neigung einer Landschaft an. Das natürliche Gelände wurde kaum modifiziert. Erdbewegungen waren so teuer, dass nur Könige und Kaiser sich solche Vorhaben leisten konnten. Die berühmten Kaiserlichen Gärten außerhalb von Peking sind hierfür ein Beispiel.

Die Technisierung im frühen 20. Jahrhundert brachte mit der Entwicklung von Baumaschinen eine erste Kostenreduktion bei Erdbewegungen im Straßen- und Tagebau mit sich. Nach dem Zweiten Weltkrieg kam es zu einem weiteren Innovationsschub mit noch größeren Maschinen. Sie führten zu weiteren Kosten- und Zeiteinsparungen.

Mit dem US-amerikanischen Bauboom in den späten 40er-Jahren des letzten Jahrhunderts entstanden immer mehr Straßen und neue Vororte. Es war mittlerweile billiger, Gelände zu verschieben, als Gebäudegrundrisse und Fundamente der natürlichen Oberflächenform der Landschaft anzupassen.



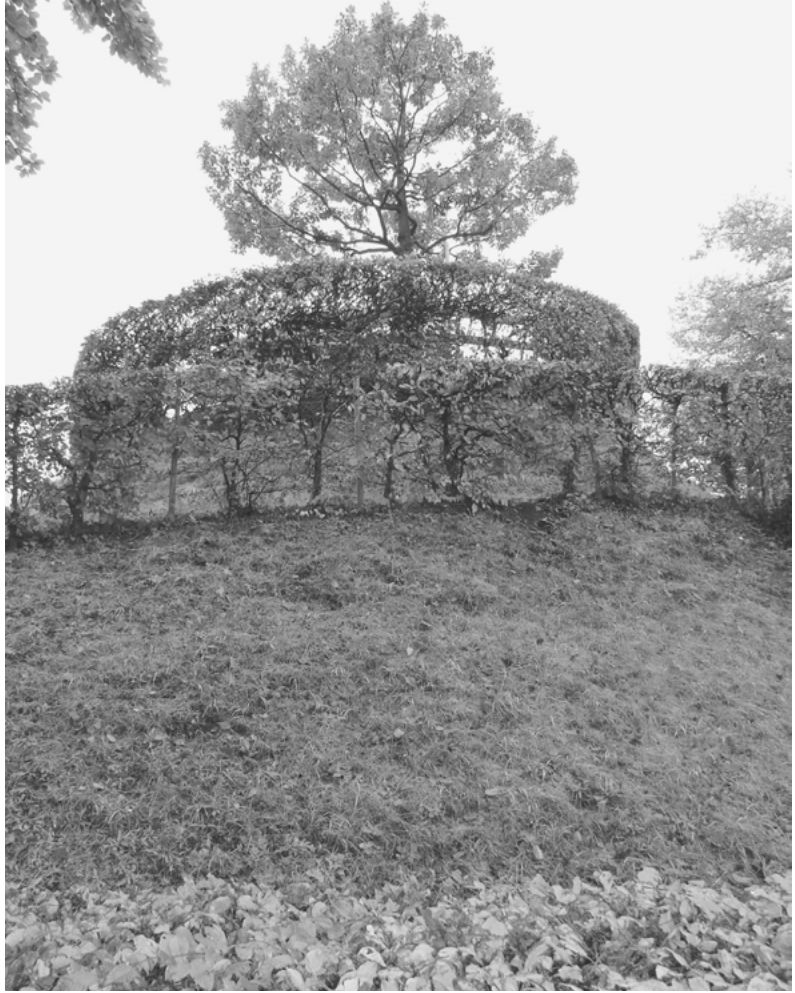
Peter Walker während seines Vortrags am 17. November 2005 am Studiengang Landschaftsarchitektur der HSR Hochschule für Technik Rapperswil.

Die über Jahrhunderte bewährten alten Bautechniken, die sich mit dem Umgang von Fundamenten, Verdichtung, Entwässerung und Wasserrückhaltung befasst hatten, verloren mit den großen Erdverschiebungen an Bedeutung. Die neuen Bautechniken waren die Domäne von Ingenieuren und Bauunternehmern. Nur eine kleine Gruppe von Landschaftsarchitekten und Landschaftsbauern erkannte das ästhetische Potenzial der Modellierung der Erde. Entwurf, Darstellung und Berechnung waren im Übrigen ingenieurtechnisch orientiert. «Entwurf» bedeutete in diesem Zusammenhang Erdmassenausgleich. Oft bestand eine «Visualisierung» der geplanten Erdmodellierung nur aus einer Reihe von Querschnitten mit Ab- und Auftrag. Die Bodenanalyse war auf die Untersuchung der Durchlässigkeit und des Verdichtungsgrades begrenzt. Gelegentlich trug man den Oberboden ab, damit man ihn später wieder einbauen konnte, aber meist wurde dies gemacht, um die Erde zu entfernen, die sich nur schwer oder gar nicht verdichten ließ und somit als Baugrund ungeeignet war.

Im Gegensatz dazu arbeiten Landschaftsarchitekten seit dem späten 18. Jahrhundert mit Plänen, die auf Höhenlinien basieren. Sie ermöglichen dem geübten Betrachter einen Blick auf das zu formende Terrain, welches nicht nur zur Landnutzung, sondern auch als dreidimensionale Gestalt mit ästhetischen Qualitäten ausgebildet werden soll. So bauen Landschaftsarchitekten auch Modelle zur dreidimensionalen Visualisierung.

In den 1970er-Jahren rückten Umweltbelange wie Wassernutzung, Wasserrückhalt und der Schutz von Feuchtgebieten in das Bewusstsein der Öffentlichkeit. Themen wie Erosion und Lebensraumverkleinerung führten damals zu negativen Reaktionen gegenüber Geländemodellierungen. In den Jahren darauf ermöglichte das wachsende Wissen über Böden, Hydrologie, Ingenieurbiologie den Landschaftsarchitekten die Entwicklung von Gelände- und Bepflanzungskonzepten auf allen Maßstabsebenen.

Dieses neue Umweltbewusstsein bewirkte auch die Reparatur von Landschaftsschäden, die aus den zerstörerischen Arbeiten im Tagebau resultierten und einen großen Teil der Erdbewegungen im 20. Jahrhundert charakterisieren.



Der Raumbedarf für Parkplätze hat in den letzten 50 Jahren stark zugenommen. Wenn man die Zufahrtsstraßen hinzuzählt, ergeben sich daraus fast 50 Prozent der zu entwerfenden Flächennutzung. Parkplätze benötigen grundsätzlich ebene Flächen. Dazu sind eine Geländemodellierung und Entwässerungsplanung notwendig. Zusammen mit den heutigen Forderungen nach nachhaltigem Regenwassermanagement und dem sorgsamem Umgang mit Fläche, kommt dem Thema Parkplatz eine sehr große Bedeutung zu. Es macht daher Sinn, beides gemeinsam zu betrachten.

Während des Baubooms der US-amerikanischen Nachkriegszeit spielten Erdarbeiten eine Hauptrolle bei der Veränderung von Landschaft, zum Guten wie zum Schlechten. Millionen von Bäumen wurden gefällt und zahllose Kubikmeter Oberboden gingen verloren. Vielerorts wurden Entwässerung und Grundwassererneuerung außer Acht gelassen, was Überschwemmungen und Erdbeben verursachte. Positiv ist zu erwähnen, dass später auf ehemaligen Tagebauflächen mittels Geländemodellierungen elegante Parks, Erholungsgebiete und rekultivierte Landschaften entstanden. Der Unterschied zwischen diesen Gegensätzen liegt in dem Wissen, der Vision und den Fertigkeiten derer, die unsere Umwelt gestalten. *Geländemodellierung* ist ein wichtiges Werkzeug für alle, die sich tiefgehendes Wissen zum Thema aneignen wollen.

Frühjahr 2014



Einführung

Die Geländemodellierung spielt in der Landschaftsarchitektur eine der Hauptrollen. Obwohl das berufliche Aufgabenspektrum sehr weit ist und Terraingestaltung nicht Teil aller Projekte ist, handelt es sich bei dem vom Landschaftsarchitekten zu gestaltenden Gegenstand immer um einen Ausschnitt der Erdoberfläche.

Grundsätzlich bildet das Zusammenwirken von Gestaltung und Ökologie mit technisch-wirtschaftlichem Denken das Fundament guter Landschaftsarchitektur. Für die Geländemodellierung gilt dieser Grundsatz ebenfalls.

Die Geländemodellierung zählt neben der Vegetation zu den wichtigsten Gestaltungselementen, mit denen Landschaftsarchitekten arbeiten. Architektonische Ordnungsprinzipien wie Hierarchie, Symmetrie und Asymmetrie oder Rhythmus und Wiederholungen lassen sich auch auf die Terrainmodellierung anwenden. Ein künstlich geschaffener Hügel im Englischen Garten in München übt auf die Besucher eine große Anziehungskraft aus: Der Spaziergänger will wissen, was von dort oben aus noch sichtbar ist. Die Terrassen der italienischen Renaissancegärten, durch Ebenen, Böschungen und Mauern definiert, bilden geometrisch strenge, übersichtliche Räume, die meistens die Aussichten auf die umgebende Landschaft als einen Teil der Gestaltung verstehen. Dagegen überrascht die poetische Miniaturlandschaft des Katsura Rikyu-Gartens in Kyoto den Besucher mit immer neuen Blickpunkten auf den in der Anlage befindlichen See und das Gebäude. Nach einigen Schritten im Garten wird die Blickachse plötzlich mit einer Bodenwelle unterbrochen und gleichzeitig durch eine neue Szene abgelöst. Für die Rauminszenierung mittels Geländemodellierung ist die Wegführung ein ideales Instrument. Die englischen Landschaftsgärtner des 18. Jahrhunderts waren Meister der effektvollen Erschließung mittels Terrainmanipulation. Wenn ein Weg den Blick in die Ferne störte, brachten sie ihn durch eine leichte Absenkung zum Verschwinden. Weidetiere hielten sie durch ein Ha-Ha von Plätzen und Wegen ab. Die mit einfachsten Werkzeugen erstellten Gräben ermöglichten zaunlose Sichtachsen in eine Landschaft mit Kühen und Schafen als passende Staffage.



Der Monopteros ist ein bekannter Aussichtshügel und Anziehungspunkt im Englischen Garten, München. Friedrich Ludwig von Sckell, der Begründer des Landschaftsgartens in Deutschland, entwarf den Park zu Beginn des 19. Jahrhunderts.

Der Boden ist das grundlegende Material für den Naturhaushalt und der Baustoff für Geländegestaltungen. Auf der Baustelle geht man mit dem Boden manchmal recht nachlässig um. Gründe dafür sind wohl die hierzulande häufig auftretenden Regenfälle und langen Kälteperioden sowie der auf dem Bau allgegenwärtige Dreck. Erklärt man den Bauarbeitern im trocknen und warmen Vorlesungssaal, dass es sich um ein für den Naturhaushalt lebenswichtiges Material handelt, erntet man auch von den Praktikern Zustimmung. Verwittertes Gesteinsmaterial, durchsetzt mit abgestorbener und umgewandelter organischer Substanz, bildet zusammen mit Luft und Wasser das Produkt Boden. Rund tausend Jahre dauert es, bis ein paar Zentimeter Oberboden entstehen. Boden ist nicht vermehrbar und darf daher nicht vergeudet werden. Normen und Richtlinien regeln mittlerweile in vielen Ländern den Bodenschutz auf der Baustelle.

Boden ist neben Licht und Wasser bekanntlich die Grundvoraussetzung für pflanzliches Leben. Die bedeutende Rolle der Vegetation im ökologischen System sollte eigentlich allen Lesern klar sein. Hier nur eine paar Stichpunkte:

- Pflanzen sind Sauerstoffproduzenten,
- Pflanzen dienen als Nahrungsgrundlage,
- Pflanzen schützen den Boden,
- Pflanzen tragen zur Luftbefeuchtung bei.

Im Kontext der Geländemodellierung muss darauf hingewiesen werden, dass mit einer sensiblen Modellierung Wälder, Bäume und schützenswerte Vegetationseinheiten bewahrt werden. Auch für ökologisch orientierte Planer stellt die Geländemodellierung ein wichtiges Instrument dar.

Katsura Rikyu wurde zwischen 1620 und 1645 gebaut. Es handelt sich um den ersten begehbaren Garten der Edo-Periode und einen Klassiker der japanischen Gartenkunst.



Wiederholungen in Form von Geländemodellierungen. Marina Linear Park in San Diego, USA von Martha Schwartz Partner.



Ein Ha-Ha vor der Heaton Hall im Heaton Park, Manchester. Die Geländemodellierung ermöglicht den Blick in die Ferne.





Ein Bodenprofil liefert Aussagen zu wichtigen Bodenparametern.

«Wasser weg vom Bau» ist ein alter technischer Grundsatz. Er ist nur mit einer funktionierenden Geländemodellierung durchzusetzen. Schon die Römer der Antike bauten ihre Straßen auf Erddämmen, die sie einen Meter höher als das gewachsene Terrain schütteten. Darauf wurde dann erst der Oberbau gesetzt. Ob das Wort «Highway» daher stammt? Technisches Wissen über Belagaufbauten, Gefälleausbildungen, Geotechnik, horizontale und vertikale Straßenführung und Regenwassermanagement ist die Basis einer guten Terraingestaltung.

Ökonomische Überlegungen führen leider oft auch zu negativen Veränderungen des Orts- und Landschaftsbildes. Bei Gärten beispielsweise, die auf Wunsch der Kunden bis fast zur Grundstücksgrenze ebenerdig verlaufen sollen, sichern begrünte Betonböschungselemente den steilen Hang. Diese hässlichen Böschungssituationen, welche häufig in Neubaugebieten zu sehen sind, tragen zur Austauschbarkeit von Orten bei. Straßen, die ganze Hügel und Berge durchschneiden, nur weil sie damit eine schnellere Führung ermöglichen, verursachen kleinmaßstäblich negative Auswirkungen auf das Landschaftsbild.

Die Aufgabe einer engagierten, verantwortungsvollen Landschaftsarchitektur ist die Suche nach sinnvollen Varianten unter Berücksichtigung von Gestaltung, Ökologie, Technik und Ökonomie. Dazu sind Kenntnisse der Geländemodellierung unabdingbare Voraussetzung.



Geländemodellierung ist nur durch intensives Üben erlernbar.

«Die Höhenlinie ist die einzige exakte Darstellungsmöglichkeit freier, natürlicher Formung des Geländes im Grundriss; eignen Sie sich also dieses Instrument an!» (Loidl 1990, S. 34). Hans Loidl, Landschaftsarchitekt und Professor, formulierte diesen Satz in seinem Skriptum zur Objektplanung. Die Aussage stimmt, aber wo und wie erlerne ich diese Kenntnisse am besten?

In den USA gehört *Grading* (Geländemodellierung) zu den Kernkursen eines jeden akkreditierten Hochschulprogramms. Studierende an den meisten Europäischen Ausbildungsstätten lernen die Geländemodellierung als Teil der Vermessung. Die Wichtigkeit der Vermittlung von Kenntnissen zur messtechnischen Höhen- und Lageaufnahme ist unbestritten. Sie bildet eine wesentliche Grundlage für jede Terrainmodellierung, besonders seit dem Einzug der digitalen Geländemodellierung und einfach nutzbarer Tachymeter mit Schnittstellen zu CAD-Programmen. Trotzdem liegen die Stärken der Landschaftsarchitekten auf dem Gebiet der Gestaltung von Gelände. Sie müssen in der Lage sein, mit Höhenlinien zu entwerfen, schnell Alternativen zu entwickeln und Varianten bezüglich Gestaltung, Ökologie, Ökonomie und Technik zu prüfen. Das kann man nur durch intensives Arbeiten mit Höhenlinien in einem eigenständigen Geländemodellierungskurs erlernen.



Geschichte der Geländemodellierung

Entwicklungen in der Plandarstellung

Die Entwicklung von Höhenlinienplänen ist eng mit der Kartografie verbunden, da die Übertragung von Geländeformen auf Landkarten zu einem wichtigen Betätigungsfeld des Kartografen zählt. Vor allem Seekarten besaßen früher höchste strategische Bedeutung und wurden unter größter Geheimhaltung verwaltet und nachgeführt. Im Zeitalter von Google Earth™-Kartenservice und GPS Mobile-Geräten kann man sich nur noch schwer vorstellen, was ein Leben ohne Geoinformationen bedeutete.

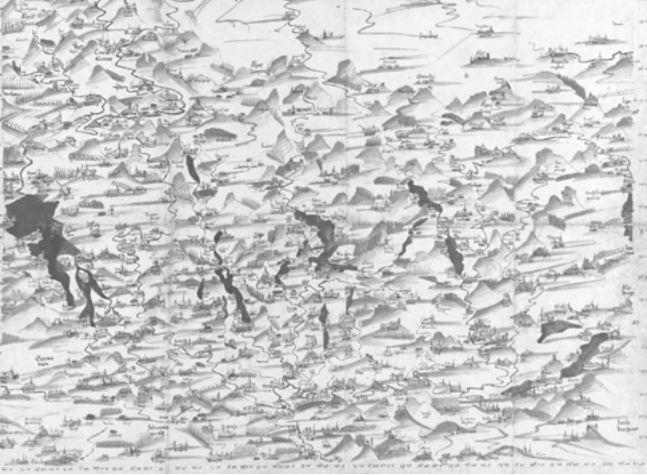
Die ersten Formen von Reliefdarstellungen sind profilorientierte Wiedergaben der Wirklichkeit. Der berühmte Schweizer Kartograf Eduard Imhof (1895–1986) bezeichnete die Bergsymbole als Maulwurfshügel (vgl. Imhof 1965). An dieser Geländepräsentation hielt man, zwar verfeinert, aber immer in Profilform, über Jahrhunderte fest. Karten ähnelten damals zweidimensionalen Bildern mit Städten, Burgen, Klöstern, Wäldern und Bergen.

Eine Innovation der Renaissancekunst ist die Entdeckung der Perspektive. Sie führte zu realistischeren Geländeformen. Die Karten der Toskana, die Leonardo da Vinci zwischen 1502 und 1503 zeichnete, sind gute Beispiele für die neue Technik. Einzelne charakteristische Hügel und die für die Region typischen Türme der oft verfeindeten Familien sind gut identifizierbar. Diese Blätter gelten als frühe Zeugnisse der perspektivischen Landschaftsdarstellung.

Der Übergang zur Karte in isometrischer Darstellung fand im 17. Jahrhundert statt. Das Militär verlangte für den Einsatz neuer Waffentechniken übersichtlichere Terrainmodelle. Kavalier- oder Militärperspektiven ersetzten endgültig die Profilsicht. Ein «Kavalier» ist ein hochgelegener Wall einer Festungsbaute. Von dort ist das Gelände in Halbperspektive überblickbar. Zu den bekanntesten Darstellungen dieser Epoche zählen die Städtebilder von Matthäus Merian (1593–1650). In seinen Kupferstichen und Radierungen kommt die Beleuchtung immer schräg von links. Der damit verbundene Schattenwurf ermöglicht eine sehr gute räumliche Wirkung.

Ende des 18. Jahrhunderts verdrängte die Vogelperspektive die Kavalierperspektive. Der Standpunkt des Betrachters rückt höher.

Im 19. Jahrhundert folgt die Draufsicht. Man setzt verschiedene Schraffen- und Schummerungstypen für die Topografie ein, die das Lesen und Verstehen erheblich erleichtern. Böschungsschraffen sind in die Richtung des stärksten Gefälles gezeichnete Linien. Bei intensiver bewegten Reliefformen verwenden die Kartografen Schattenschraffen. Die Dufourkarte (1844–1864) des eidgenössischen Generalstabschefs



Konrad Türst's Karte der Eidgenossenschaft von 1495/97. Sie ist die älteste Karte der Schweiz. Auch Türst verwendete damals noch die Maulwurfhügeltechnik für die Bergdarstellung.



Leonardo da Vinci: Codex Madrid. Mehrere Blätter der bis 1965 verschollenen Bände I und II befassten sich mit Landkarten der Toskana.



Kavalierperspektive Zürichs von Matthäus Merian, Topographia Helvetiae, Rhaetiae et Valesiae, 1654.

Rechte Seite: Dufourkarte (1844–1864), Ausschnitt Matterhorn.

Guillaume-Henri Dufour im Maßstab 1:100 000 ist ein vorbildliches Beispiel für eine plastische Geländedarstellung. Schummerungen werden heute in Kombination mit Höhenlinien auf topografischen Karten für die Geländewiedergabe verwendet. In den meisten Karten kommt die Beleuchtung von Nordwesten, da damit die Reliefform am besten erkennbar ist.

Parallel zu den sehr effektvollen Reliefpräsentationstechniken gewinnt die Höhenlinie als Darstellungsform im 19. Jahrhundert langsam an Bedeutung. Die Ermittlung von Höhenzahlen (Koten), und damit die Erstellung von Höhenlinien, war erst durch die Einführung eines internationalen Metersystems und gesicherter Nullflächen möglich. Bei Höhenlinien handelt es sich um Linien, die Punkte gleicher Höhe oberhalb einer Bezugsfläche (Meeresspiegel) verbinden. Ihre Aufgabe ist die Abbildung des Reliefs einer Landschaft. Ihr Vorteil liegt in der Vermittlung quantitativer Informationen über das Gelände. Weitere Bezeichnungen sind: Höhengichtlinien, Schichtlinien, Höhenkurven,





Der höchste Punkt der Schweiz (4634 m ü. M.) wurde zu Ehren des Generals und Kartografen Guillaume-Henri Dufour Dufourspitze benannt. Bei der Spitze handelt es sich um den dunkleren, kleinen Felshang in der Mitte.

Niveaulinien oder Isohypsen. Linien unter einem Nullhorizont bezeichnet man als Tiefenkurven, Tiefenlinien oder Isobathen.

Die früheste Verwendung von Höhenlinien stammt vom holländischen Vermesser Nicolaas Cruquius: 1730 zeichnete er eine Karte des Flusses Merwede. Mittels Tiefenlotungen maß er die Untiefen des Gewässers und dokumentierte sie in Form von Höhenlinien. Heutzutage gibt es die Linien nicht nur auf Seekarten, sondern auch im Freizeitbereich (Wanderkarten).

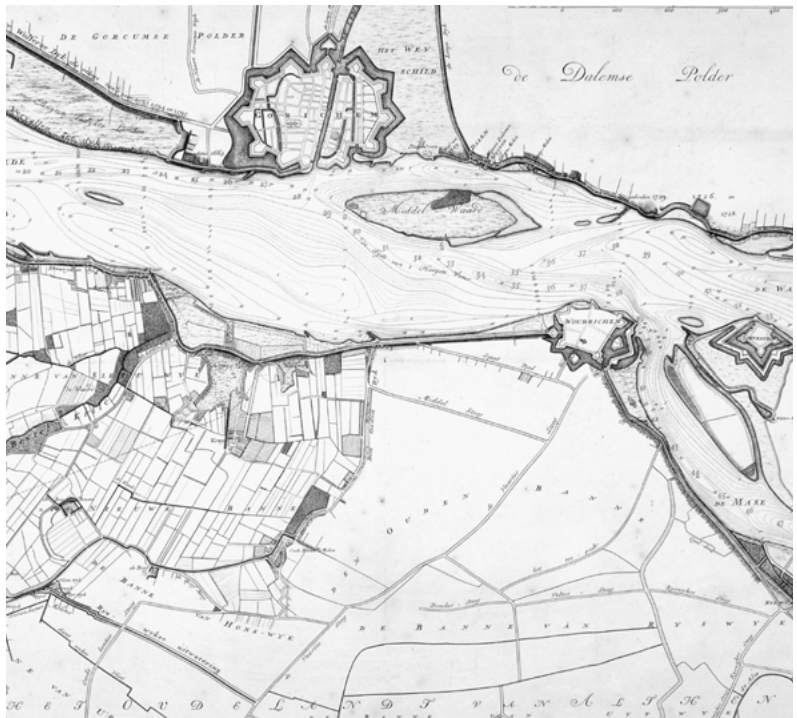
Höhenlinien gelten als die kartografische Darstellungsform von Gelände. Da sie einen grafischen Eindruck von Form, Neigung und Erhebung des Geländes vermitteln, verwenden Landschaftsarchitekten sie zur Darstellung von geplanten Erdbewegungen. Mit den Veränderungen der Computertechnologie entwickelten sich neue Arbeits- und Präsentationstechniken in der Kartografie und in der Planung.

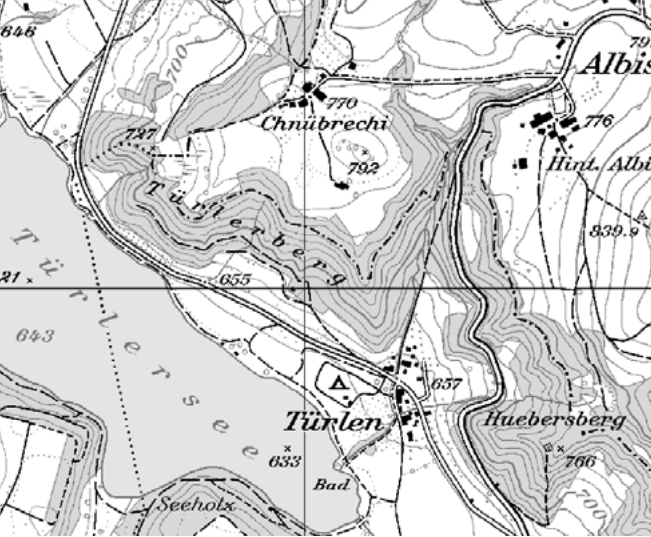
Eine der ersten Forschungsarbeiten zu digitalen Höhenmodellen führten C. L. Miller und R. A. Laflamme im Photogrammetrie-Labor des Civil Engineering Department am Massachusetts Institut of Technology M.I.T. in den späten 1950er-Jahren durch (Miller, Laflamme 1958). In den 1960er- und 1970er-Jahren war die Leistung von teuren Mainframe-Computern, VAX, McDonald Douglas- und Intergraph-Rechnern für die Erstellung von Geländemodellen notwendig. Nur Universitäten und große Firmen konnten sich diese Technologien leisten.

Das westliche Blatt
«De Boven-Merwede» von
Nicolaas Cruquius, 1730.



Das östliche Blatt
«De Boven-Merwede».
Beide Kupferstiche zählen
zu den frühesten Höhenlinien-
plänen.





Pixelkarte 1:25 000 (Originalmaßstab) aus dem LK25 Kartenblatt 1111 Albis, Swisstopo.



Höhenlinienplan (Handzeichnung) des Golfplatzarchitekten Peter Harradine.

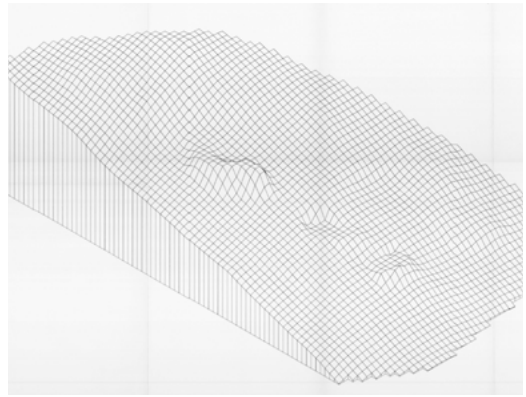
Die kommerzielle Einführung von Personal Computern zu Beginn der 1980er-Jahre verursachte die IT (Information Technology) Revolution und führte dazu, dass auch mittlere und kleine Firmen Computertechnologie erwerben konnten. Ein Programm der ersten Stunde auf PC-Basis für technische Zeichnungen war AutoCAD (Version 1.0 – 1982). Aufbauend auf AutoCAD programmierte Mitte der 1980er-Jahre der Mathematiker und Software-Entwickler Kevin Lynch das Programm AutoMap. Es konnte Polylinien automatisch aus x-, y-, z-Punkten interpolieren und war wahrscheinlich die erste PC-Terrain-Software.

Dieses Programm weckte 1986 das Interesse von David Arnold, David Paine und Terry Bennet des kleinen, 1985 gegründeten Ingenieurbüros mit dem Namen DCA. Sie wollten sich mithilfe der Informationstechnologie eine Nische erarbeiten und starteten mit zwei IBM-PCs, einem Calcomp 1098-Plotter und zwei Kopien der AutoCAD Version 1.5. Da das CAD-Programm nicht für Arbeiten im Bauwesen angelegt war, entwickelte DCA Vermessungsroutinen und Symbolbibliotheken, die es bald an andere lokale Firmen verkaufen konnte.

Gemeinsam mit einer von Lynch freigegebenen Version von AutoMap brachten sie 1987 die DCA Engineering Software auf den Markt. 1989 kaufte DCA Engineering Software die Lizenzrechte an AutoMap und war in den 1990er-Jahren unter dem Namen Softdesk als Softwareproduzent im Straßen- und Tiefbau bekannt. 1997 kaufte Autodesk die Firma und gemeinsam entwickelte man das heute weltweit am meisten genutzte Tiefbau- und Geländemodellierungsprogramm Civil 3D.



CAD-Arbeitsplatz in einem Landschaftsarchitekturbüro 1988 mit PC (16 Mhz, 8 MB RAM, MS-Dos Betriebssystem, AutoCAD Version 9), Digitalisiertisch und Stifteplotter.



DCA-Geländemodell des Autors von einem Golfplatz, 1991.

Ausgewählte Projekte

Soll das Terrain als Gestaltungsmittel eingesetzt werden, dann lohnt sich ein kurzer Blick in die Geschichte. Die Auswahl der in diesem Kapitel beschriebenen Projekte erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Auswahlkriterium waren die besondere Geländeform und das Vorhandensein von Informationen zum Bau.

Die Geländemodellierung ist natürlich viel älter als die Landschaftsarchitektur. Runde oder ovale Arenen, oft stufenartig in das Gelände gelegt, dienten in der Antike als Aufführungsstätten von Wettkämpfen und Theaterstücken. Aber nicht nur die alten Griechen und Römer nutzten die Terraingestaltung für Freizeitanlagen.



Adobe-Siedlung im Südwesten der USA.

Die Pueblo Grande Ballarena

Die Hohokam waren Indianer, die bis zum 16. Jahrhundert in Arizona und im Norden Mexikos vom Mais-, Bohnen-, Tabak- und Baumwollanbau lebten. Pueblo Grande ist eine Ausgrabungsstätte dieser Kultur und liegt am Stadtrand von Phoenix in Arizona, USA. Zusammen mit dem angegliederten Museum dokumentiert der archäologische Park das Leben des ausgestorbenen Stammes.

Aus Sicht der Geländemodellierung ist der «Fußballplatz» in Pueblo Grande sehr spannend. Laut Museumsdokumentation gibt es in jeder Hohokam-Siedlung mehrere dieser Plätze. Anlagen für Ballspiele finden sich zwar auch in anderen Ausgrabungsstätten in Mittel- und Nordamerika, allerdings spielte dort die Terrainmodellierung keine Rolle. Die «Arena» der Hohokam ist länglich oval (25 bis 35 Meter), etwa 15 Meter breit und leicht in den Boden versenkt. Das Erdmaterial des Aushubs ist seitlich zu einem bis zu drei Meter hohen Damm angeböscht und fasst den vertieften Platz ein. Wie in modernen Sportarenen diente er als Sitzgelegenheit für die Zuschauer. Die größte ausgegrabene Hohokam-Arena, außerhalb von Phoenix gelegen, besitzt Erdwälle mit einem Zuschauerfassungsvermögen von rund 500 Personen. Die Spielfläche der Ballarena ist durch Kalkstabilisierung glatt und wannenartig ausgebildet. An beiden Enden des Platzes befinden sich kleine Öffnungen, die als Tore gedacht sind. Ähnlich wie beim Fußball versuchten die Spieler den Ball in das gegnerische Tor zu befördern. Steinmarkierungen im Boden vor den Toren und in der Mitte des Platzes deuten auf Spielzonen hin. Leider ist vom Spiel nicht mehr überliefert, da die Indianer es nicht mehr praktizierten, als die spanischen Eroberer Mitte des 16. Jahrhunderts in Arizona ankamen (Andrews, Bostwick 2000, S. 26). Wer zufällig einmal auf dem Flughafen von Phoenix landet und sich für Terraingestaltung interessiert, sollte unbedingt das in der Nähe gelegene Pueblo Grande besuchen!

Erdarena für Ballspiele der Hohokam-Indianer in Arizona.

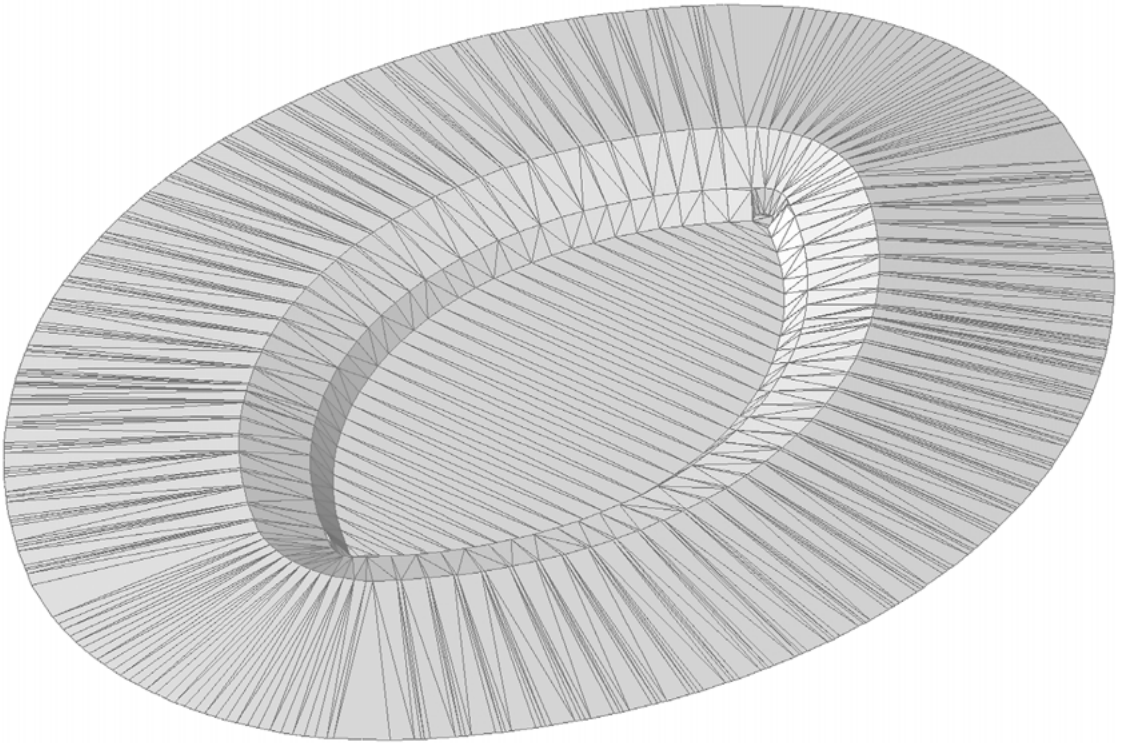


Ein Stein in der Mitte als Spielfeldmarkierung, das Tor im Hintergrund.

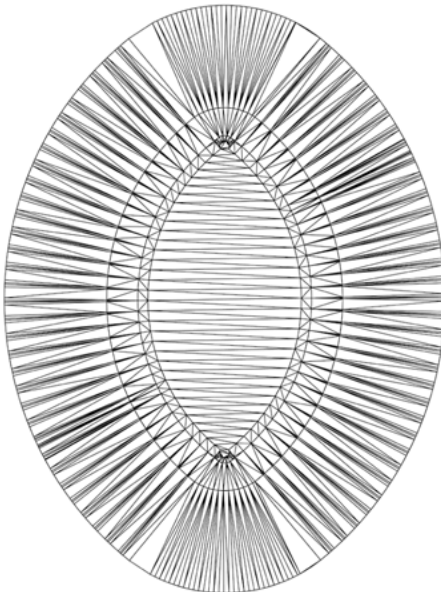


Der Belag ist wannenartig an den Seiten nach oben gezogen und glatt.





Isometrie der schattierten
Dreiecksvermaschung.



Plan (Dreiecksvermaschung)
der Ballarena von Pueblo Gran-
de. Die innere Fläche besitzt
eine Länge von 30 und eine
Breite von 15 Metern.



Der Treppenaufgang zur Landpyramide.



Blick von der Landpyramide auf die Seepyramide.

Die Pyramiden des Branitzer Landschaftsparks

Hermann Fürst von Pückler-Muskau (1785–1871) war Gartenkünstler, vielgereister Schriftsteller, exzentrischer Lebemann und Gourmet. «Sehr regelmäßig ist mein Tag von 24 Stunden in vier Theile getheilt, ein Viertel ist den Anlagen, ein anderes dem Schreiben und Lesen, die zwei übrigen Schlaf und Essen gewidmet» (Lauer 1996, S. 28). Begeistert von den englischen Landschaftsgärten schuf Fürst Pückler in Deutschland zwei bedeutende Gartenanlagen des 19. Jahrhunderts. Das Hauptwerk bildet der Garten des Familienguts Muskau. In *Andeutungen über Landschaftsgärtnerei* legt er seine Gestaltungsgrundsätze dar. Aufgrund seines aufwendigen Lebensstils und seiner Unermüdlichkeit, den Garten zu perfektionieren, musste Pückler allerdings den Wohnsitz Muskau hoch verschuldet aufgeben.

1845 siedelte er in das kleinere Erbgut Branitz bei Cottbus um, das sich etwa zwölf Kilometer entfernt von Muskau befindet. Dort schuf er, von ständigen Geldsorgen geplagt, sein zweites großes Gartenwerk. Ab 1846 bis zu seinem Tod legte er den Branitzer Landschaftspark in mehreren Etappen an. Die Geländemodellierung spielte in diesem Park eine dominante Rolle.

Der Branitzer Park weist zwei Erdpyramiden auf: eine See- und eine Landpyramide. Die Seepyramide, 1856/57 erbaut, sollte als seine Grabstätte dienen. «Man öffne mir den Weg zum Tumulus» waren seine letzten Worte (Lauer 1996, S. 9). Die Landpyramide dagegen war für seine Frau vorgesehen und wurde 1863 fertiggestellt. Auf deren Spitze ließ Pückler folgenden Spruch anbringen: «Gräber sind die Bergspitzen einer fernen neuen Welt». Die Pückler-Pyramiden lehnen sich in Funktion und Proportion eng an die altägyptischen Grabbauten an. Für das Motiv der Wasserpypamide könnte die Pyramide bei