Computergenerierte Stadtstrukturen

Wie kommt es in den Städten zu bestimmten Strukturbildungen und welche Kräfte spielen dabei eine Rolle?

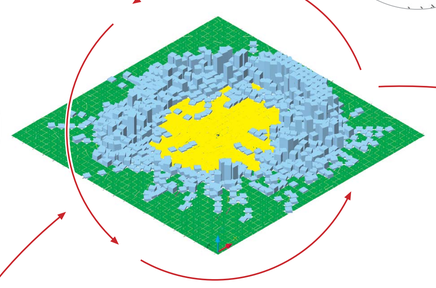
Auf welche Elemente lassen sich die Phänomene reduzieren, um die jeweiligen Kombinationsregeln zu finden?

Wie müssen allgemeingültige Prinzipien formuliert sein, um die urbanen Prozesse beschreiben zu können, damit unterschiedliche strukturelle Eigenschaften erzeugt werden können?

Unter Zuhilfenahme mathematischer Verfahren werden im Rahmen von vier Grundebenen Modelle im Computer erstellt, wodurch die Zusammenhänge zwischen den Elementen und den Regeln ihres Zusammenwirkens untersucht werden können. Daraus lassen sich Rückschlüsse auf die Funktionsweise von Entstehungsprozessen und die zukünftige Entwicklung von Städten ableiten.
Den direkten oder indirekten Nutzen der Arbeit sehen wir darin, zu erforschen, wie die Parameter, welche die bestehenden Stadtstrukturen erzeugt haben, in mathematische Steuerungsparameter für ein Programm übersetzt werden können, um daraus ein entsprechend neues Verständnis für die Stadtentwicklung zu erlangen. Die Ergebnisse stellen die Grundlage für ein Experimentieren mit den strukturellen Eigenschaften bereit. Ferner werden das einfache und effiziente Herstellen alternativer Lösungen ermöglicht und gültige rechnerische Modelle geschaffen, anhand derer sich Stadtentwicklungsprozesse simulieren, deuten und prognostizieren lassen.

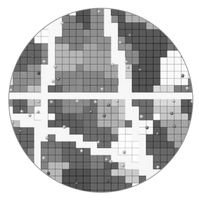
Informationsebene

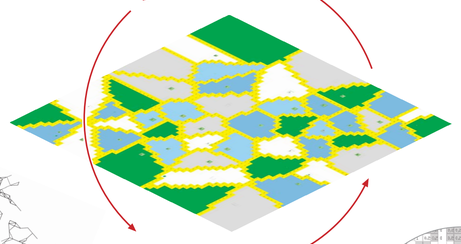
Die Informationsebene dient als Möglichkeit, jene Informationen zu verarbeiten, die sich einer Reduktion auf elementare Bestandteile entziehen und die wir als gegeben annehmen müssen. Hier findet sich die kontextuelle Grundlage, auf welche die Systeme der übergeordneten Ebenen wie auf eine Datenbank zurückgreifen können, um ihre Steuerungsparameter anzupassen.

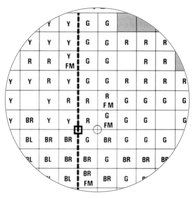


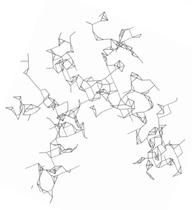
Erschließungsebene

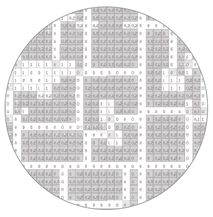
Eines der wesentlichen Strukturierungselemente einer Stadt stellt die Anlage des Straßensystems dar, welches wiederum eng mit der Parzellierung verbunden ist. In der Erschließungsebene beschäftigen wir uns mit diesen Elementen. Über die Steuerung von Anlagerungsprozessen lassen sich verschiedene Feldtypen generieren, durch deren Kombination alle Arten von Stadtstrukturen erzeugt werden können.

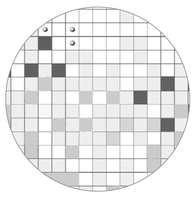


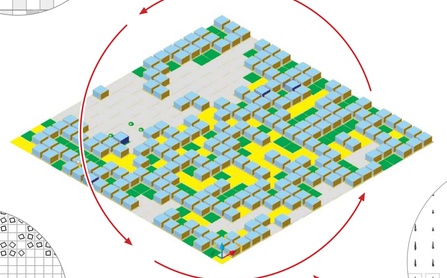


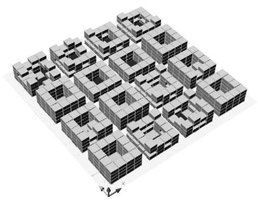


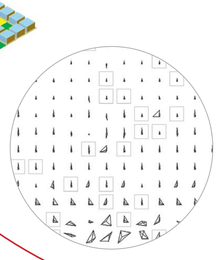


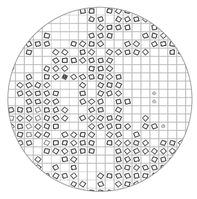


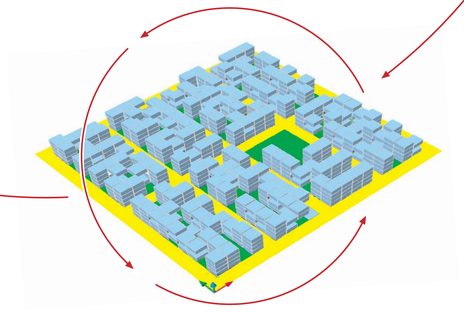


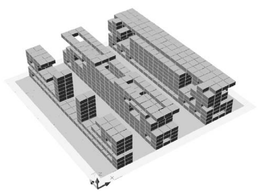






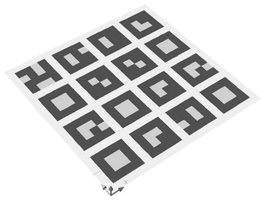






Optimierungsebene

Diese Ebene behandelt Methoden, die es erlauben, gegebene Strukturen hinsichtlich bestimmter Kriterien umzubauen. Dies können Vorgaben wie Flächennutzungen, Sonneneinstrahlung, Durchlüftung, rationale Parzelierung, Verringerung der Erschließungswege und andere sein.



Bebauungsebene

Im Rahmen dieser Ebene entwickeln wir einige Experimente, wie sich innerhalb eines vorgegebenen Straßenrasters verschiedene dreidimensionale Bebauungsstrukturen generieren lassen, um anschließend die Eigenschaften der verwendeten Automaten, die sie für weitere architektonische Anwendungen interessant machen, näher zu beleuchten.

Anwendungs- und Entwicklungsmöglichkeiten

Erste These
Große Bauprojekte werden primär von privaten Investoren entwickelt. Die öffentliche Hand zieht sich weitgehend aus ihrer Verantwortung zurück. Das führt dazu, dass wirtschaftliche Gesichtspunkte im Vordergrund stehen und gesellschaftliche Interessen, wie städtebauliche Qualitäten, nachrangig behandelt werden.

- ⇨ Wir benötigen eine Strategie, um den Investoreninteressen gerecht zu werden und dennoch architektonische Qualitäten zu fördern, die der Allgemeinheit zugute kommen.
- ⇨ Eine ökonomisch optimale Ausnutzung des Grundstücks muss gewährleistet werden. D.h. größtmögliche Nutzflächen in Abhängigkeit von GRZ und BGF, als Grundlage für eine profitable Bebauung.
- ⇨ Dafür können wir ein Computerprogramm entwickeln, dass diese Vorgaben erfüllt und gleichzeitig diese Anforderungen als strategische Basis für die Herleitung qualitativ hochwertiger räumlicher Konfigurationen verwendet - also die eintönigen Standartlösungen nicht mit ästhetischen, sondern mit ökonomischen Argumenten zu überwinden sucht.
- ⇨ Das umgekehrte Argument, dass sich die Architekten dadurch selbst überflüssig machen, kann aufgrund der zu Beginn des Kapitels ausgeführten Gedanken zu den allgemeinen Konsequenzen der Technisierung nicht gelten und darüber hinaus hat sich die Architektenschaft durch die Antiquiertheit ihres Denkens bereits selbst aus diesen Tätigkeitsbereichen weitgehend verabschiedet und die Entscheidungskompetenz den Projektentwicklern und Generalübernehmern überlassen.

Zweite These
Aus den ökonomischen Zwängen ergibt sich eine Verkürzung der Planungszeiträume für die Projektentwicklung. Dies führt dazu, dass bei einem herkömmlichen Entwurfsprozess meist auf standardisierte Lösungsmuster zurückgegriffen wird, anstatt nach einer optimalen und anspruchsvollen Konzeption zu suchen. Die Qualitätsoptimierung über Wettbewerbe bleibt bei privaten Investoren die Ausnahme.

- ⇨ Die Anwendung des Computers als kreatives Planungsinstrument kann bei richtiger Anwendung neben der Qualität auch die Rationalität von Entwurfsprozessen verbessern.
- ⇨ Sind einmal die Regeln (Genotypen) für eine Struktur gefunden, die sich auch in der Praxis als tauglich herausgestellt hat, können diese Regeln für weitere Planungen verwendet werden. Die Entwicklung des Entwurfs hängt allerdings von der Umwelt ab, so dass sich das Ergebnis (Phänotyp) jedes Mal unterscheiden wird.
- ⇨ Dadurch wird es möglich, auf erprobte Lösungsmuster zurückzugreifen, ohne sich in platten Kopien zu erschöpfen. Es werden lediglich die Wesensmerkmale eines Entwurfes übernommen.
- ⇨ Durch die Strategien der Kreuzung und Selektion können mehrere erfolgreiche Regelsätze miteinander kombiniert werden, um zu weiter optimierten Lösungen zu gelangen.

Dritte These
Das Instrumentarium des Bebauungsplanes kann die Nutzungsart und -verteilung festschreiben und rudimentäre Vorgaben für eine räumliche Gestaltung über Baugrenzen und -linien und den Ausnutzungskennziffern machen. Der Bebauungsplan wird im besten Fall von einem im Vorfeld stattgefundenem städtebaulichen Wettbewerb abgeleitet.

- ⇨ Die strukturellen Regeln für einen Bebauungsplan können über die Parameter des von uns vorgeschlagenen Programms bestimmt
  werden, wodurch die Möglichkeiten der Bebaubarkeit festlegt werden. (Genotypen und Phänotypen)
- ⇨ Abstandsflächen und Baugrenzen können weit flexibler gelöst werden, wenn man die Parameter voneinander abhängig macht und den primären Sinn dieser Regelungen direkt z.B. über die Berechnung der Belichtung ableitet und gleichzeitig die daraus entstehenden Bebauungsmöglichkeiten ersichtlich werden. Ein gutes Beispiel ist Watanabe Sun Good City.
- ⇨ Der Energieaufwand für die Erstellung und Benutzung eines Wegesystems oder einer Gebäudestruktur kann berechnet und optimiert werden.

Vierte These
Die sozialen Auswirkungen stellen sich erst nach der Realisierung der Projekte heraus. Die sozial-utopischen Ansätze der klassischen Moderne haben nach ihrer Umsetzung vor allem im Wohnungs- und Siedlungsbau ihre Schwächen sichtbar werden lassen.

- ⇨ Die von uns entwickelten Modelle lassen sich um soziale Komponenten erweitern, wodurch gesellschaftliche Prozesse, sofern sie statistisch erfassbar sind, in die Simulationen mit einfließen können.
- ⇨ Dies eröffnet die Möglichkeit, den Gedanken der partizipativen Planung von einer anderen Seite zu betrachten. Es ist nicht mehr notwendig, die Wünsche und Bedürfnisse der zukünftigen Nutzer im Einzelnen zu erfassen, was aufgrund der Tatsache, dass diese zum Zeitpunkt der Planung meist nicht bekannt sind, oftmals zum scheitern solcher Projekte führt. Die stochastischen Prozesse sozialer Dynamiken können mittels Agentensystemen simuliert werden.
- ⇨ Dadurch können die räumlichen Planungen auf ihre sozialen Auswirkungen hin überprüft werden und umgekehrt dient die Modellierung sozialer Prozesse als Grundlage für die räumlichen Planungen.

Fünfte These
Da nur die großen Metropolen mit einer ständigen Bevölkerungszunahme zu rechnen haben, werden, neben den Neuplanungen städtischer Gebiete, zukünftig zunehmend Strategien für den Umbau und die Neustrukturierung bestehender Stadtstrukturen bis hin zu deren Rückbau erforderlich werden. Dies bedeutet, dass innerhalb des komplexen, städtischen Gefüges zu operiert ist und vielfältige Entwicklungsmöglichkeiten aufgezeigt werden müssen.

- ⇨ Über die Informationsebene lassen sich alle relevanten Daten bestehender Strukturen erfassen.
- ⇨ Diese dienen als Grundlage für die Umstrukturierung nach neuen Zielkriterien mittels der Optimierungsebene womit ein Um- oder Rückbau ermöglicht wird.
- ⇨ Wie in der vierten These beschrieben, lassen sich die Veränderungen auf ihre sozialen Auswirkungen hin überprüfen.

Neben der nüchternen Analyse der pragmatischen Anwendungen ist es uns ein besonderes Anliegen, mit der vorgeschlagenen Methode zu neuartiger räumlicher Konfigurationen zu gelangen, um den städtischen Raum wieder aufregender zu machen.

Strukturelemente

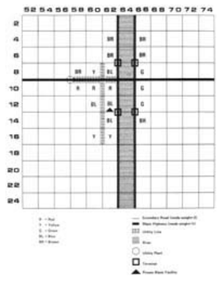
Erschließung
Es lassen sich folgende elementare Prinzipien der Bebauung ableiten:
- Der allseitig von Straßen umgebene Blockbau mit einer geschlossenen Randbebauung, die den öffentlichen Straßenraum klar von dem weitgehend privaten Blockinneren trennt; sein extremes Gegenstück ist.
- Der streng parallele Zeilenbau, durch Wohnwege entlang der Zeilen erschlossen,
die in die quer zu den Zeilen verlaufende Erschließungsstraße einmünden. Eine Variante bietet die Erschließung zweier benachbarter Zeilen aus einem gemeinsamen Hofraum, während die anschließenden Zeilenzwischenräume als Grünflächen eher privaten Charakters ausgebildet sind.
- Übergangsformen zwischen diesen beiden Grundmodellen, meist auf räumliche Wirkung hin konzipiert, häufig auch mit unterschiedlichen Höhen der Baukörper.
- Eine Gruppierung von rein freiplastisch konzipierten Baukörpern, in der Regel Punkthäuser, die allerdings in der Zahl begrenzt sein müssen, wenn ihre gestalterische
Wirkung nicht verloren gehen soll; ihre extreme Ausbildung ist.
- Der auf freiplastische Wirkung konzipierte Großbaukörper mit einer bis zu dreistelligen Anzahl von Wohnungen.

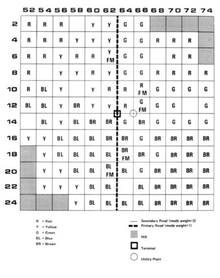
Parzellierung
Entspricht der Einteilung einer Fläche in Bereiche, deren Bebauung durch bestimmte
Regeln festgeschrieben ist.

Baukörper
Die Baukörper, die auf dem zu bebauenden Feld zu platzieren sind, bestehen aus einzelnen Elementen die sich miteinander zu größeren Kombinationen verbinden
können. Es können auch komplexere Elemente zu ‚Spielsteinen' zusammengesetzt
werden.

Abstandsflächen (lokale Freiflächen)
Maßgebendes Kriterium für die Festsetzung von Obergrenzen der Ausnutzung war und ist die Belichtung und Belüftung der Wohnungen.

Informationsebene



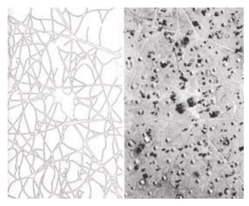


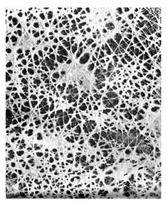
Datenbank

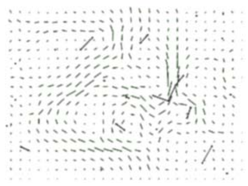
Die Umsetzung einiger konkreter Kontexte besteht beispielsweise in der Erfassung der topographischen Gegebenheiten. Dazu können wir den Teilflächen, welche das Zellenraster bilden und als Grundlage der meisten Generierungssysteme dienen, einen Kennwert zuweisen, der die Ebenheit der Fläche ausdrückt, um steile Hänge und ebene Grundstücke zu unterscheiden. Über diese Werte lassen sich natürlich alle weiteren Informationen speichern – Vegetation, Bodenbeschaffenheit, Flüsse und Seen, Niederschlag und Windverhältnisse. Bei einem Bezug zu vorhandenen Strukturen eignet sich dieses Feld zur Erfassung der statistischen Werte – Kriminalität, Hygiene, Sozialstruktur und vieles mehr. Diese Informationen können vor allem für die Steuerung der Optimierungsprozesse dienen.

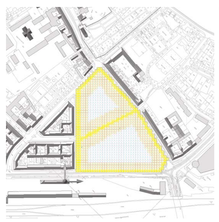
Vektorfeld

Speziell über das Vektorfeld lassen sich Systeme steuern, die beispielsweise Trampelpfade entstehen lassen. Bewegt sich ein Agent über ein solches Feld, so wird er von dem Vektor abgelenkt, der das Resultat vorangehender Bewegungsmuster ist, beeinflusst aber seinerseits auch den Vektor in Betrag und Ausrichtung durch die eigene Bewegung.









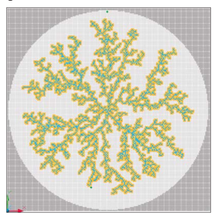
Versuchsfeld

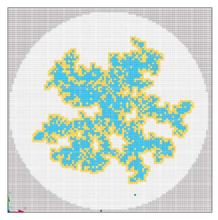
Am Beispiel eines Entwurfsgebiets in München, im so genannten „Franzosenviertel", zwischen dem Ostbahnhof und dem am Isarhochufer gelegenen Alt-Haidhausen, werden die entwickelten Methoden versuchsweise angewandt.

Erschließungsebene

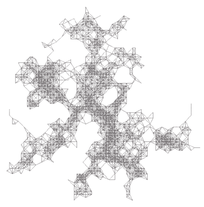
Wegesystem

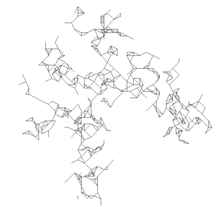
Zur Generierung des Erschließungssystems untersuchen wir im ersten Schritt das Verhalten von Anlagerungssystemen im Allgemeinen um die Steuerungsparameter zu finden, die zu verschiedenen Strukturei-genschaften führen.



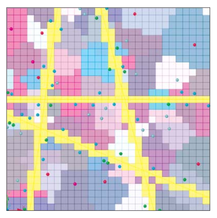


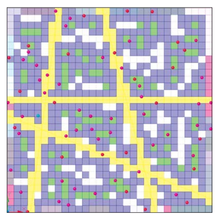
Die so erzeugten Systeme werden in Wegestrukturen übersetzt wobei die Anforderungen an das System erweitert werden, was sich beispielsweise in der Beschaffenheit der Knoten ausdrückt.



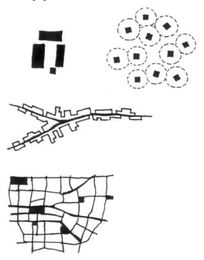


Die Einführung verschiedener Agententypen, welche verschiedene Anlagerungseigenschaften besitzen, führt uns zu den sechs Feldtypen von Klaus Humpert, mittels derer sich das gesamte Spektrum an Stadtstrukturen erzeugen lässt.





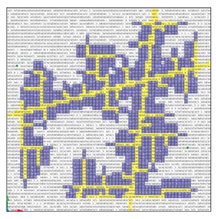
Feldtypen

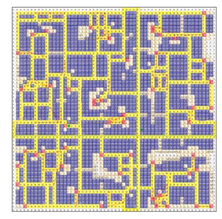


Die sechs Feldtypen:
Nukleus, Cluster,
Wegelagerer, Ausleger,
Vernetzer. Plan

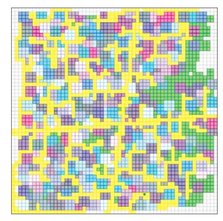
Flächenaufteilung

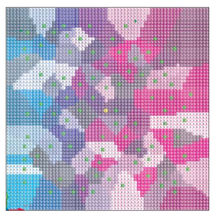
Die folgenden Abbildungen zeigen eine Auswahl an Feldtypen, die mit den entsprechenden computertechnischen Methoden generiert wurden.

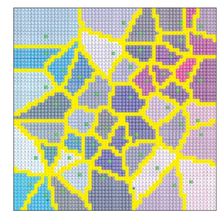




Im laufe der Untersuchungen stellt sich eine enge Verbindung zwischen dem Wegesystem und der Parzellierungsstruktur heraus.





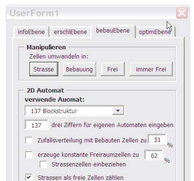


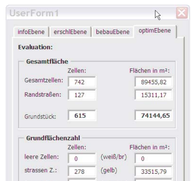
Versuchsfeld

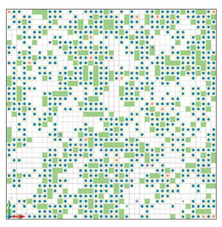
Optimierungsebene

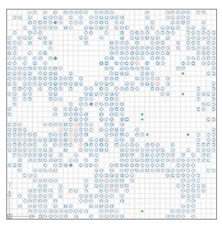
Evaluation

Bevor wir eine Struktur hinsichtlich bestimmter Kriterien optimieren oder verändern können, benötigen wir die charakteristischen Kennwerte des Systems. Die entsprechenden Werte lassen sich leicht aus den generierten Strukturen auslesen und als Berechnungsgrundlage verwenden. So kann aus der Relation der bebauten zur freien Fläche die bauliche Dichte berechnet werden. Unter Einbeziehung der Verkehrsflächen lässt sich ein Kennwert für den Erschließungsaufwand ableiten, aus dem sich mit Hilfe graphentheoretischer Berechnungen die Erreichbarkeit verschiedener Punkte untereinander ableiten lässt. Wir können die erfassten Werte verändern, um sie als Grundlage eines neuen Generierungsprozesses zu verwenden. Dies bedeutet, dass der Prozess so lange wiederholt wird, bis ein zufrieden stellendes Ergebnis erreicht ist. Oder wir verwenden die angepassten Werte, um die bestehende Struktur mittels eines Optimierungsalgorithmus umzugestalten.







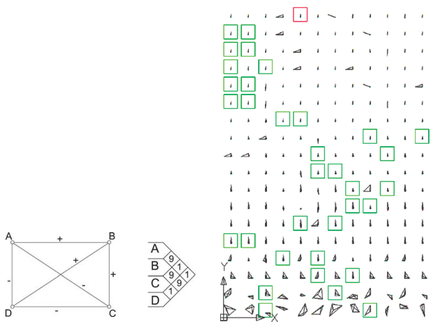


Umbau

Die Systeme, welche zur Generierung der Strukturen verwendet wurden, hatten alle die Eigenschaft, die verwendeten Elemente nach vorgegebenen Regeln miteinander zu kombinieren. Dies geschieht in einem additiven Ausbau eines Anfangszustandes, wobei das Zellenraster über die Prüfung der Nachbarschaft als kontrollierende Instanz fungiert. Mit diesen Methoden können wir allerdings keine sich gegenseitig widersprechenden Kriterien angeben, da durch die parallele Prüfung der Zellennachbarn entweder die vorgegebenen Regeln erfüllt werden oder nicht. Der Vorteil besteht darin, dass die Bedingungen innerhalb der gesamten Struktur erfüllt sind. Die Einführung der Optimierungsmethoden erlaubt es uns, Anforderungen an das System zu stellen, von denen wir wissen, dass sie zum einen nicht vollständig erfüllt werden können und zum anderen nicht gleichzeitig herstellbar sind, sondern schrittweise umgesetzt werden müssen, wobei sich der Zustand des Gesamtsystems erst einmal vom Optimum entfernen kann. Zuerst untersuchen wir dazu die Termitensysteme. Diese bestehen aus Agenten, die ihre Umgebung in einer definierten Reichweite analysieren und daran bestimmte Änderungen vornehmen können. So lässt sich eine Struktur beispielsweise an manchen Stellen nachverdichten oder auflockern. Die Agenten nehmen dafür Teile der Struktur weg, um sie an anderen Plätzen wieder hinzuzufügen oder sie löschen die entsprechenden Elemente, wenn deren Anzahl nicht zu erhalten werden braucht.

Nutzungsverteilung

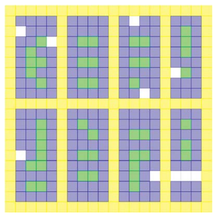
Die Verteilung der Nutzungen ist hauptsächlich Abhängig von den Relationen der Funktionen untereinander. Diese Verhältnisse lassen sich tabellarisch erfassen. Mit den Zahlenrelationen können die gewünschten Entfernungen untereinander ausgedrückt werden. Bei der Definition der Beziehungen werden sich einige Anforderungen gegenseitig widersprechen, weshalb meist nicht alle zugleich erfüllt werden können. Es lässt sich dennoch eine optimale Lösung mit den geringsten Abweichungen suchen. Dafür gibt es immer mehrere mögliche Nutzungsverteilungen, welche dieses Optimum erreichen. Um die Verteilungsmuster zu finden, verwenden wir einen genetischen Algorithmus.

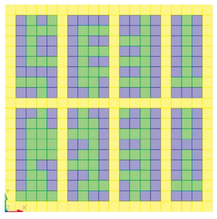


Bebauungsebene

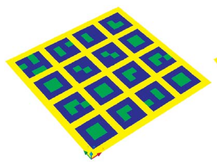
Flächenaufteilung

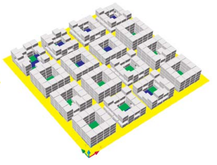
Für die Generierung der dreidimensionalen Gebäudestruktur verwenden wir zelluläre Automaten. Im ersten Schritt werden die bebaubaren Zellen (blau) einer Parzellenfläche in Abhängigkeit von den freien Nachbarn (grün) festgelegt. Die Parzellengröße, welche sich aus dem Wegesystem (gelb) ergibt, spielt dabei eine wesentliche Rolle.

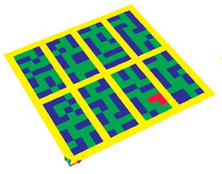


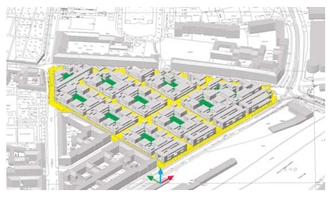


Auf der Grundlage der Parzellenstrukturierung wird mittels eines dreidimensionalen zellulären Automaten der Charakter der flächigen Vorgabe in eine räumliche Struktur übersetzt. Dabei werden geschlossene Blockbebauungen und freie Organisationsformen unterschieden.



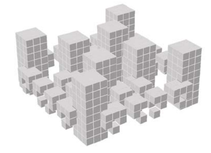


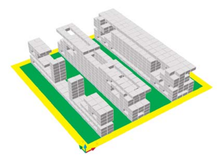


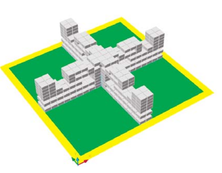


Gebäudestrukturen

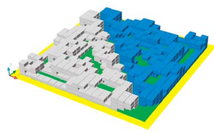
Des Weiteren werden dreidimensionale zelluläre Automaten untersucht, die sich frei im Raum entwickeln können und nur vom Strassenraum und den freizuhaltenden Zellen (rot) eingeschränkt werden.

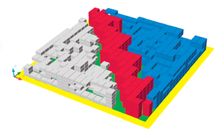




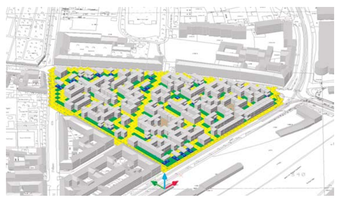


Im letzten Schritt werden Systeme für Abstandsflächen betrachtet. Dabei werden statische Felder verwendet oder dynamische Zellen (rot) eingeführt, die dort entstehen, wo sich zwei Bebauungsstrukturen einander annähern.





Versuchsfeld

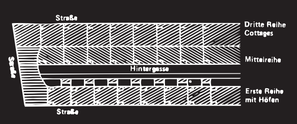


vollständige Publikation: www.entwurfsforschung.de
Reinhard König, Christian Bauriedel: www.koenig-bauriedel.de

Geschichtliche Differenzierung stadtgenerierender Faktoren

Industrielle Revolution

Die Peripherie bestand nicht aus wohldurchdachten, im voraus geplanten Stadt-erweiterungen, sondern aus einem zunächst unbebauten Gebiet, das durch eine Vielzahl unabhängig voneinander durchgeführter Initiativen mit den verschiedenartigsten Bauwerken überzogen wurde. So entstand ein ungeordnetes Nebeneinander von Stadtteilen mit Luxusbauten, Armenvierteln, Fabriken, Lagerhäusern und technischen Anlagen. Die Größe des Abstandes zum nächstliegenden Ge-bäude wurde zu Gradmesser für den sozialen Status.



Zwei Detailskizzen der neuen Stadtviertel von Manchester, die Friedrich Engels seiner Abhandlung beifügte.

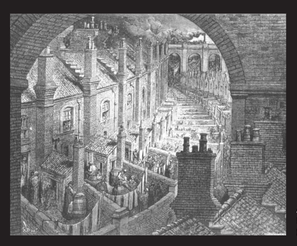
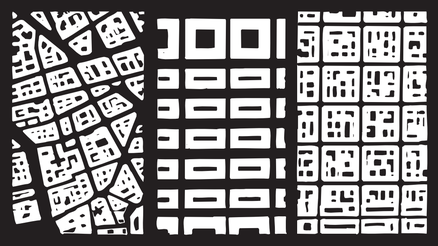


Abbildung aus BENEVOLO (03), S. 792: Ein zwischen Eisenbahnbrücken gelegenes Arbeiterviertel in London (Stich von Gustave Doré aus dem Jahre 1872).

Post-liberale Stadt des 19. Jahrhunderts

Bauweise für innerstädtische Gebiete:
Der Entwurf der Wohnung wurde in das Muster der Straßenzüge und Baulinien eingeordnet, das durch die Planung vorgegeben war. Es entstand eine Blockrandbebauung mit ent-sprechender Parzellierung die sich wiederum an den wirtschaftlichen Bedingungen orientierten.

Abbildung aus BENEVOLO, S. 814: Zwei Zeichnungen von Le Corbusier: der „Straßenkorridor" (oben) und drei Stadttypen, die nach dem Muster dieser „Straßenkorridore" angelegt wurden (Paris, New York und Buenos Aires)



Zwei Bauweisen für die Vorstadt
- eine Bebauung von geringer Dichte, d. h. das Errichten einer kleinen Zahl von Häusern bzw. Villen für die wohlhabenderen Schichten
- eine Bebauung mit hoher Dichte, mit weniger kostspieligen, mehrstöckigen Reihenhäusern für die unteren Schichten.

Abbildung aus BENEVOLO, S. 818: Beispiel für die Siedlungen an der Peripherie englischer Städte, die gemäß den 1875 erlassenen Bestimmungen angelegt worden sind: Das Bestreben, trotz dieser Verordnungen möglichst profi table Häuser zu bauen, führte zu einer extremen Uniformität dieser Siedlungen.

Nachkriegsentwicklung

Aus den vielschichtigen Entwicklungen seit dem 2. Weltkrieg greifen wir hier lediglich einige Punkte heraus.
Die Großprojekte der 60er Jahre konnten durch öffentliches Engagement entwickelt werden, da die Verwaltungen über große Flächen verfügen konnten, wodurch es möglich war, einheitliche Planungen umzusetzen, ohne auf Besitzrechte Rücksicht nehmen zu müssen. Es war somit nicht nötig sich an den Parzellengrößen zu orientieren.
Die Verkehrswege wurden nach ihren Funktionen getrennt voneinander angelegt und zum Teil auf verschiedenen Ebenen organisiert:
- Der Öffentlicher Personen Nahverkehr wurde zumindest im Bereich der Innenstädte unterirdisch konzipiert.
- Die Straßen für den Automobilverkehr mit den zugehörigen Stellflächen wurden ebenerdig abgewickelt.
- Die Wege für die Fußgänger und Fahrradfahrer befanden sich eine Ebene erhöht, abgehoben von dem motorisierten Verkehr.
Dadurch verlor das Erdgeschoss seine bisherige Funktion als Raum für das städtische Leben und wurde mehr zu einer Abstell- und Nebenfläche.

Abbildung aus ALBERS, S. 40: Bebauungsschema Dulsberg, Hamburg, 1919

Abbildung aus ALBERS, S. 41: Bebauungsschema Römerstadt, Frankfurt, 1926.

Moderne Stadt

Die gründliche Beschäftigung mit dem Wohngrundriss, seiner Orientierung, seiner funktionalen Gliederung führte zu neuen Modellen für Gebäudestellung und Straßenführung – zur Anordnung paralleler Zeilen, die zur Kostenersparnis durch senkrecht zur Fahrstraße verlaufende Wohnwege erschlossen wurden oder zu frei im Raum komponierten Anordnung größerer Baukörper, die von Grünflächen umspült werden; sowie zu Konzepten des Superblocks und später der Nachbarschaftseinheit – eine Gruppierung von Wohnungen um die für ihre unmittelbare Versorgung erforderliche Gemeinbedarfseinrichtungen wie Läden und Grundschule, frei von Durchgangsverkehr und durch Grünflächen begrenzt.

Abbildung aus ALBERS, S. 214: Gesamtplan von Chandigarh, 1951.

Abbildung aus ALBERS, S. 234: Terrassenartige Gruppierung im Olympischen Dorf, München, 1968.