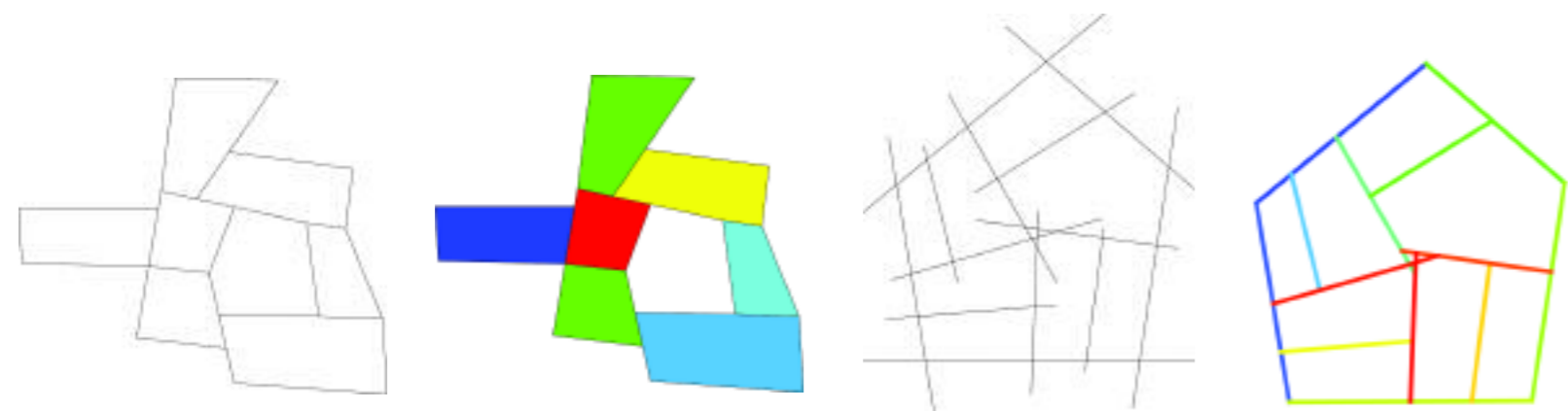


# Regelbasiertes Entwerfen: Pattern, Graphentheorie

## Space Matters

Anna Rose mit Christian Schwander,  
Claudia Czerkauer und Raluca Davidel



Räumliche Tiefe von verschiedenen Ausgangspunkten im System konvexer (links) und axialer (rechts) Raumkomponenten

Entwurf und Planung der gebauten Umwelt haben entscheidenden Einfluss auf die menschliche Aktivität. Diese einfache Erkenntnis bildet den Ausgangspunkt für Space Syntax, sich mit den Auswirkungen räumlicher Konfigurationen auf das Nutzerverhalten zu beschäftigen. Space Syntax setzt bei der Analyse topologische Netzwerk-Modelle ein, die Muster räumlicher Ordnungen widerspiegeln. Mit Hilfe dieser Techniken lässt sich räumliche Erreichbarkeit (Accessibility) in ihrer Ausprägung von Zentralität oder Isolation verstehen und quantifizieren. Dadurch können kollektive urbane Aktivitätsmuster unter Berücksichtigung ihrer sozioökonomischen Grundlagen mit hoher Genauigkeit simuliert werden. Interventionen auf Planungs- und Gestaltungsebene lassen sich so gezielt steuern. Diese Methoden haben sich bisher vor allem in großmaßstäblichen Planungen als hilfreiche Entwurfsinstrumente erwiesen.

Die Forschungsarbeit an Space Syntax begann in den 1970er Jahren an der Bartlett School of Architecture unter der Leitung von Bill Hillier. Ursprüngliche Zielsetzung war die systematische Überprüfung, inwieweit Entwurfskriterien eine Einflussgröße auf den rapiden sozialen Niedergang (und die Ghettoisierung) öffentlicher Wohnbauten der Nachkriegszeit in Großbritannien darstellen. Daraus entwickelte sich die Space-Syntax-Methode, die sich im Bereich der Entwurfsanalyse auf die räumlichen Eigenschaften von Architektur fokussiert. Traditionelle architektonische Fragestellungen wie Baustil, Tektonik, Materialität oder Textur sind von untergeordnetem Interesse. Vielmehr steht der Nachweis von Zusammenhängen zwischen urbaner räumlicher Konfiguration und weit gestreuten Faktoren wie Fußgängeraktivität, Immobilienwert, Sicherheitsgefühl und Kriminalitätsstatistik sowie soziale und ökonomische Isolation in empi-

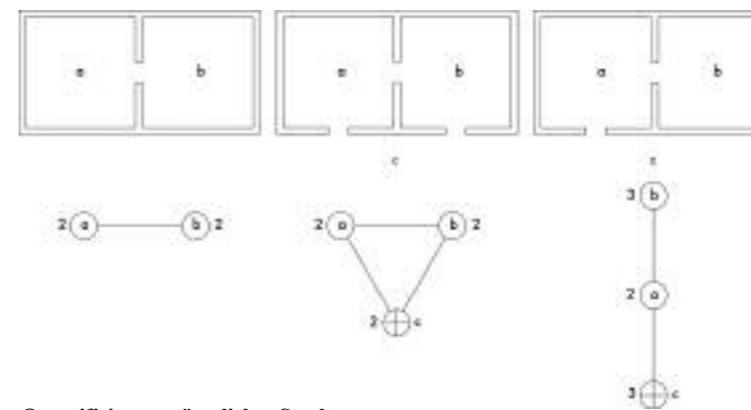
rischen Studien im Vordergrund. In der Gebäude-Simulation hilft die Space-Syntax-Theorie dabei, Kommunikations- und Bewegungsmuster zu verstehen und zu optimieren. Aufgrund der relativ einfachen Datenerstellung (ein sorgfältig aufbereiteter Plan ist meist ausreichend) besteht ein günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis, was die kommerzielle Anwendung der Methode bei existierenden Projekten und in der Entwurfssimulation möglich macht. Als evidenzbasiertes, statistisches Grundmodell kann die Analyse mit vielfältigsten sozioökonomischen Daten verknüpft werden, um Planungs- und Kommunikationsprozesse positiv zu unterstützen. Die Besonderheit von Space-Syntax-Modellen besteht darin, dass sie die Einmaligkeit urbaner Orte, öffentlicher Räume sowie komplexer Gebäude mitsamt ihrer positiven und negativen Eigenschaften objektiv zu beschreiben vermögen und Entwurfs-szenarien simulieren können.

## Methodologie

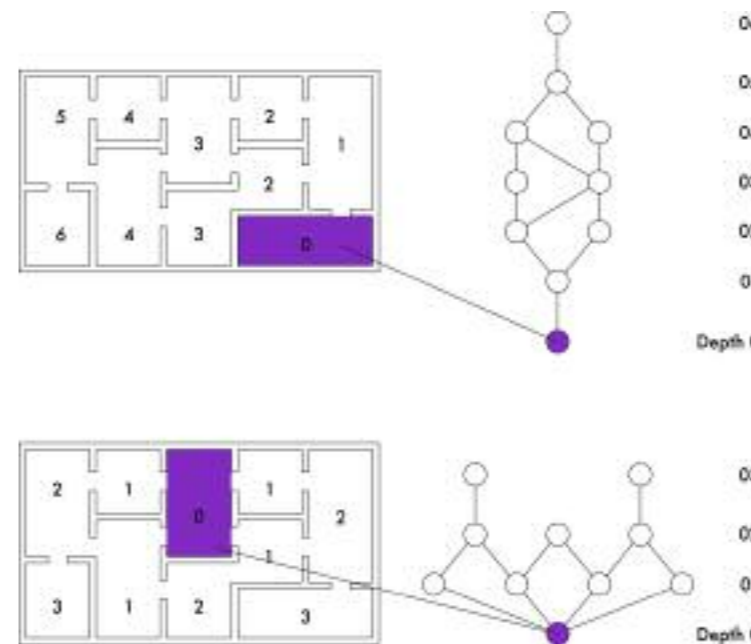
Der erste Schritt der Analyse besteht darin, den Raum in eine Serie von aneinandergereihten Komponenten zu abstrahieren. Der Graph des räumlichen Netzwerks veranschaulicht die räumliche Tiefe der unterschiedlichen Komponenten vom Ausgangspunkt gesehen.

Raum ist beziehungsreich. Mathematische Modelle der Graphentheorie, wie wir sie vor allem aus der Analyse sozialer Netzwerke kennen, beschreiben die relative Zentralität oder Isolation der einzelnen Komponenten. Die Graphen zeigen, wie das gleiche System von verschiedenen Ausgangspunkten aus räumlich unterschiedlich erfahren wird.

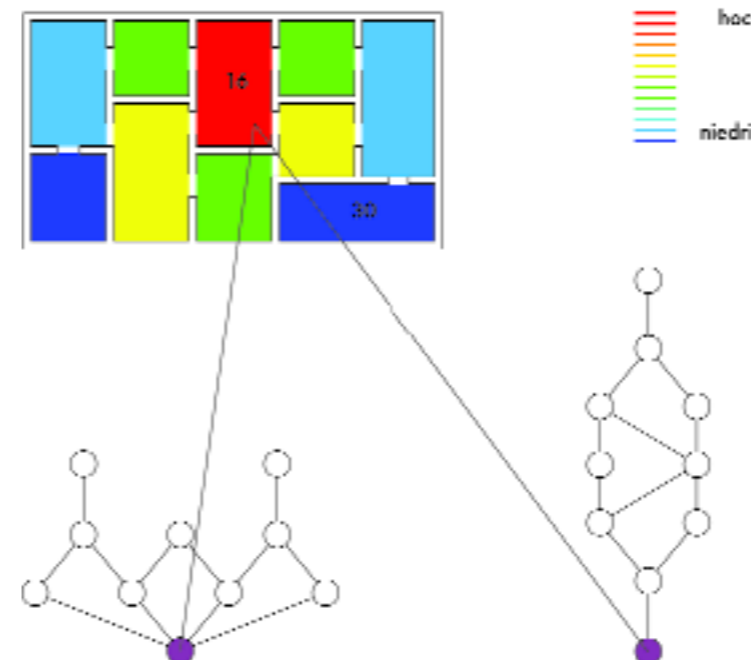
Space Syntax unterscheidet zwischen axialen Raumkomponenten (lineare Abstraktion des urbanen Bewegungsraums) und konvexen Raumkomponenten (Abstraktion von Räumen in Gebäuden oder öffentlichen Plätzen).



Quantifizierung räumlicher Strukturen unter Anwendung von Graphentheorie



Räumliche Tiefe betrachtet von verschiedenen Ausgangspunkten im System



Simultane Darstellung relativer Zentralität

## Analyse von komplexen Gebäuden

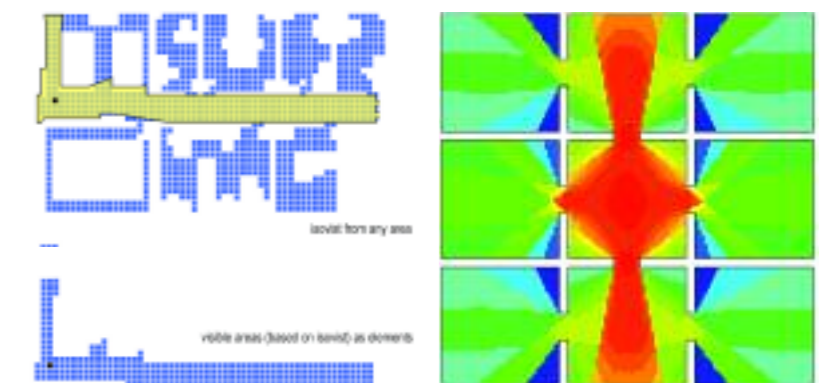
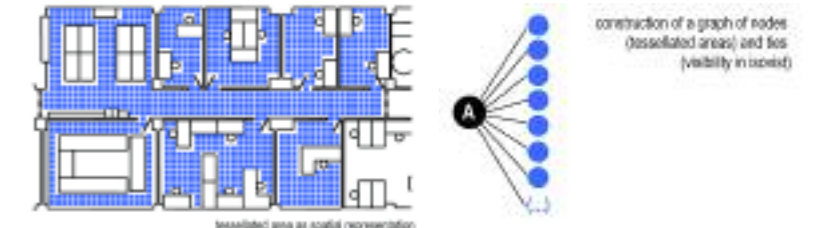
Space Syntax verbindet räumliche Eigenschaften von Gebäuden mit den Aktivitäts- und Kommunikationsmustern der Nutzer. Die zukünftige Performance komplexer Gebäude kann so bereits im Entwurfsprozess simuliert und optimiert werden, um das Risiko von Fehlplanungen zu minimieren.

Die Bewegungsmuster in einem Gebäude haben direkte Auswirkungen auf die Kommunikationsmöglichkeiten der Nutzer untereinander. Die wissensbasierte Arbeitswelt von heute wird im weiteren Sinne von Kommunikation und Wissensaustausch bestimmt, vor allem in kreativen und innovativen Sektoren. Darum ist die Qualität der menschlichen Interaktion in ihren verschiedenen Ausprägungen ein entscheidender Faktor des Erfolgs eines Unternehmens. Sie spielt auch eine Rolle bei der Genesung von Patienten in einem Krankenhaus sowie beim Lernverhalten von Schülern in einer Bildungseinrichtung.

Wenn z.B. ein Einkaufszentrum eine unverständliche Erschließung hat, kommen die Kunden, wenn sie die

Wahl haben, nicht wieder. In einem überkomplexen, schwer zu überblickenden Krankenhaus haben Patienten weniger Möglichkeiten, zu sozialisieren und brauchen gegebenenfalls länger, um zu genesen. Unternehmen, die keine angemessenen Räumlichkeiten zum spontanen und informellen Wissensaustausch bereitstellen, schöpfen das Potenzial ihrer Mitarbeiter nicht voll aus.

Eine der wichtigsten Analysemethoden in Gebäuden ist die so genannte strategische Sichtbarkeitsanalyse. Sie misst das Potenzial der verschiedenen Orte innerhalb eines Gebäudes in Bezug auf Zentralität, Orientierung und visuelle Kontrolle. Wie in einem Wärmebild werden zentrale Orte im Gefüge des Raumsystems als Orte intensiver Aktivität in rot angezeigt und segregierte Orte in blau. So können auf einen Blick immaterielle Qualitäten des Raumes und wahrscheinliche Auswirkungen auf menschliche Aktivitäten erfasst werden. Dass die Zentralität eines Raumes tatsächlich mit den Aktivitäts- und Kommunikationsmustern innerhalb eines Gebäudes oder einer Organisation zusammenhängt, lässt sich in empirischen Studien nachweisen.



Vom architektonischen Grundriss zur Visibility Graph Analysis (Zentralität) Graphik von Kerstin Sailer



# Regelbasiertes Entwerfen: Pattern, Graphentheorie

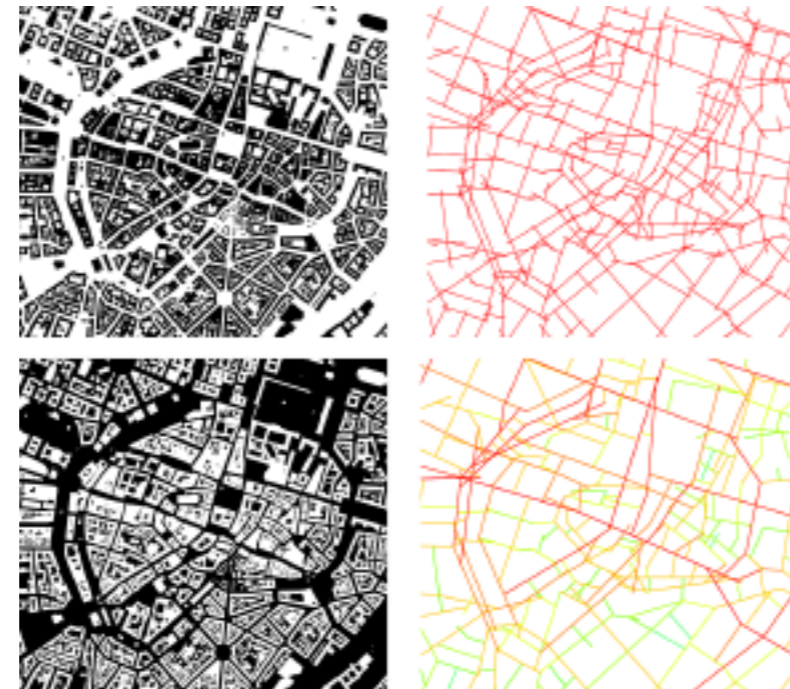
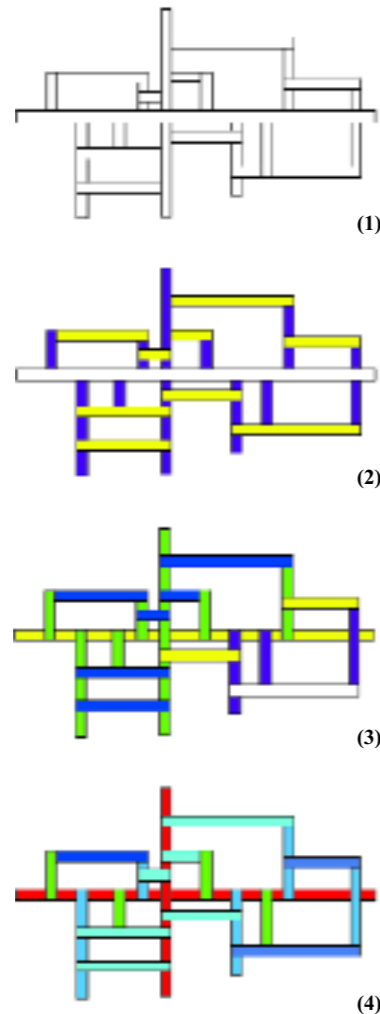
## Analyse urbaner Systeme

Städte bilden den Kontext, in dem sich der Austausch von Gütern und Ideen auf engem Raum verdichtet. In gewachsenen Städten entstehen typischerweise Netzwerke von hoch aktiven, kommerziell dominierten Korridoren. An den Überschneidungspunkten dieser Korridore bilden sich Knotenpunkte mit erhöhter Nutzungsdichte, -vielfalt und -intensität. Im Hintergrund dieses Netzwerks liegen die ruhigeren, eher monofunktionalen Wohnstraßen. Zum Erfolg einer Nachbarschaft trägt die räumliche Beziehung dieser zwei Systeme zueinander erheblich bei. Unter Verwendung von Space-Syntax-Modellen und empirischen Fußgängerstudien können Aktivitätspotenziale urbaner Systeme präzise simuliert werden. Topologische (Anzahl der Netzwerkknoten zwischen den Segmenten), geometrische (Winkelveränderungen zwischen den Segmenten) und metrische (Maßstabsdefinition des Einzugsbereichs eines jeden Segments) Eigenschaften werden berücksichtigt, ebenso qualitative Aspekte der Umwelt (z. B. die Schnittstelle zwischen öffentlichem Raum und Gebäudebegrenzung). Die Modelle werden zur strategischen Entwurfsberatung eingesetzt und können dabei helfen, verschiedene Optionen zu vergleichen und zu optimieren. Damit lässt sich die nachhaltige Entwicklung eines Projektes steuern und das Risiko einer Fehlplanung im Vorfeld minimieren.

Vielfältige Studien belegen einen direkten Zusammenhang zwischen räumlicher Konfiguration und Aktivitätsmustern der Nutzer und somit mit den Entwicklungspotenzialen eines Ortes. Um diese mathematisch zu beschreiben, haben sich zwei Konzepte durchgesetzt, welche auch miteinander kombinierbar sind: *Integration* oder *Zentralität* sowie *Choice* oder *Durchgangspotenzial*. Während *Integration* das Zentrum mit seinen zentralen Einrichtungen in einem stadtweiten oder lokalen Einzugsbereich hervorhebt, gibt *Choice* Korridore mit dem höchsten Durchgangspotenzial wieder.

### 1. Integration: Zentralität

Der Integrationsgrad misst die topologische Entfernung jedes Segments zu allen anderen oder innerhalb eines festgelegten Radius (zum Beispiel 800 Meter gleich 10 Minuten Fußweg) unter Berücksichtigung des Winkels zwischen den Segmenten. Der Zentralitätsgrad spiegelt die „relative Erreichbarkeit“ wider und ist somit zum Beispiel hilfreich bei der Platzierung von Einzelhandel in einer Nachbarschaft oder bei der Definition von Zentren.



Axial Map und Zentralitätsanalyse des Münchener Stadtzentrums

- (1) Räumliche Netzwerke wie dieses abstrahierte Straßennetz werden von verschiedenen Positionen aus unterschiedlich wahrgenommen.
- (2) Von der zentralen Hauptstraße aus (weiß) sind alle Straßen entweder direkt (lila) oder indirekt (gelb) angebunden. Das System hat eine geringe „Tiefe“.
- (3) Die Nebenstraße rechts unten im Diagramm (weiß) ist mit nur drei Straßen direkt verbunden (lila), die wiederum an drei weitere angebunden sind (gelb).
- (4) Die Beispiele (2) und (3) haben jeweils eine andere Beziehung zum Gesamtsystem. Diese Unterschiede kann man mathematisch beschreiben und die Werte farblich kodieren. Rot visualisiert die zentralste Straße und Blau die segregierteste im System. In (4) besitzt die Hauptstraße den höchsten Zentralitätswert.



Globale Durchgangspotenzialanalyse für München, Choice RN

## Stadtanalyse München

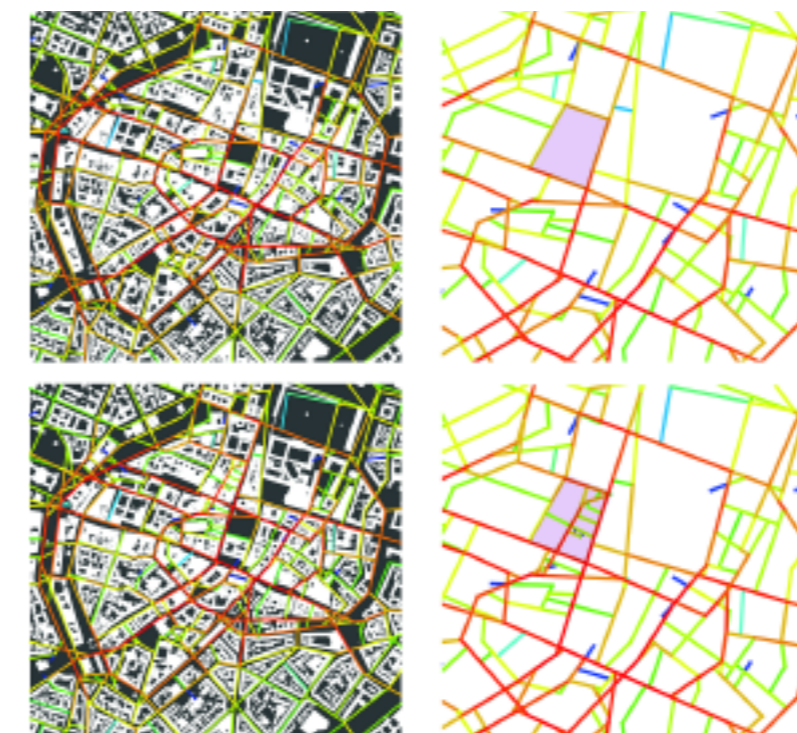
Anlässlich der 850-Jahr-Feier der Stadt München 2008 hat Space Syntax in Zusammenarbeit mit dem Stadtplanungsamt und dem städtischen Vermessungsamt ein räumliches Modell der Stadt erstellt. Es umfasst das gesamte Straßennetz innerhalb des Autobahnringes A99. An diesem Modell wurden verschiedene Analyseverfahren durchgeführt, um die Struktur des Stadtgrundrisses zu verstehen.

Die Stadtteilzentren werden durch die Analyse der lokalen Erreichbarkeit (Local Choice) am besten abgebildet. Dabei zeigt sich der Unterschied zwischen historisch gewachsenen Zentren wie Haidhausen und Neuhausen, die in das Netz des öffentlichen Raumes integriert sind, und geplanten Zentren (OEZ, Neuperlach), die abseits der Hauptbewegungsachsen liegen.

Die Analyse der globalen Erreichbarkeit (Global Choice) zeigt das Hauptstraßennetz, in dem sich der Durchgangsverkehr konzentriert.

Die Analyse der Blockstruktur hebt die Konzentration kleiner Blöcke in der Altstadt und den historischen Dorfkernen hervor, während die planmäßige Stadterweiterung (Maxvorstadt) größere Blöcke aufweist. Die größten Blöcke bilden Industrie- und Bahnanlagen, die deutliche Barrieren im Stadtgrundriss darstellen.

Die Analyse der Orientierung des Stadtgrundrisses zeigt eine deutliche Dominanz eines Nord-Süd-Rasters



Lokale Durchgangspotenzialanalyse für München – Choice 2000, Impact Analyse 5 Höfe

(dargestellt in Rot). Ausnahmen bilden der Südwesten der Stadt um die Lindwurmstraße, der sich der Richtung der Isar anpasst, und der südliche Teil der Maxvorstadt, der im bewussten Kontrast zur historischen Stadtstruktur angelegt wurde (dargestellt in Blau).

**Space Syntax** Space Syntax ist ein interdisziplinärer Forschungsansatz, der auf die Arbeit von Bill Hillier und Julienne Hanson zurückgeht. Dabei werden graphmetrische Werte räumlicher Verknüpfung sozial gedeutet. Graphen fungieren in diesem Kontext als ein wissenschaftliches Modell, mit denen räumliche Segregation und Integration gemessen werden. Die theoretische Grundannahme dabei ist, dass räumliche Verknüpfung und Segregation wesentlich zur Konstruktion sozialer Solidarität und Differenz beiträgt. Graphen sind sozial aussagekräftig, weil sie räumliche und soziale Konfiguration in einem Modell vereinen. Neben den Zugangsgraphen spielen in Space Syntax auch Graphen der visuellen Verknüpfung von Räumen eine wichtige Rolle. Auf Grundlage rein morphologischer Analyse ist es mit der „Visibility Graph Analysis“ (VGA) möglich, zuverlässige Vorhersagen über Bewegungsmuster von Passanten in öffentlichen Räumen zu machen. Dies kann als wissenschaftlicher Nachweis dafür betrachtet werden, dass sich soziale Qualitäten von Räumen auf rein morphologischer Basis analytisch und damit nicht-diskursiv beschreiben lassen. G. Tausch

Lokale Erreichbarkeit - Choice R2000

Globale Erreichbarkeit - Choice RN

Blockgröße

Hauptrichtungen



# Regelbasiertes Entwerfen: Pattern, Graphentheorie

## Neugestaltung des Trafalgar Square

### Hintergrund

Das Netzwerk der öffentlichen Räume prägt den Londoner Regierungsbezirk und ist zugleich identitätsstiftend für das Zentrum ganz Londons. Zur Verbesserung der Qualität der öffentlichen Räume, die trotz ihrer historischen Bedeutung allgemein negativ und vom Verkehr dominiert wahrgenommen werden, schrieb der Westminster City Council und die Greater London Authority 1996 einen Wettbewerb aus.

### Space-Syntax-Analyse

Space Syntax hat durch eine Bestandsanalyse der Aktivitätsmuster der Benutzer Folgendes festgestellt: Londoner vermieden den zentralen Bereich des Platzes und Besucher der Stadt benutzten den Platz nicht als die an sich natürliche Verbindung mit White Hall und dem Parliament Square. Diese zwei Feststellungen waren ausschlaggebend für den Wettbewerbsbeitrag von Foster und Partner.

Die räumliche Analyse half die Ursachen für die Probleme innerhalb des räumlichen Gefüges zu diagnostizieren und mögliche Lösungen zu finden. Folgende Maßnahmen

wurden vorgeschlagen: eine große, zentrale Treppe in der nördlichen Balustrade, selektive Verkehrsberuhigung der umgebenden Straßen und Verbesserung der Fußgängeranbindungen und -übergänge zwischen dem Platz und White Hall/Parliament Square. Aufgrund der historischen Bausubstanz erforderten diese Entwurfsvor-

schläge eine überzeugende und sachliche Argumentation. Die evidenzbasierten Modelle von Space Syntax halfen bei der Argumentation und der vollständigen Umsetzung des Projektes.

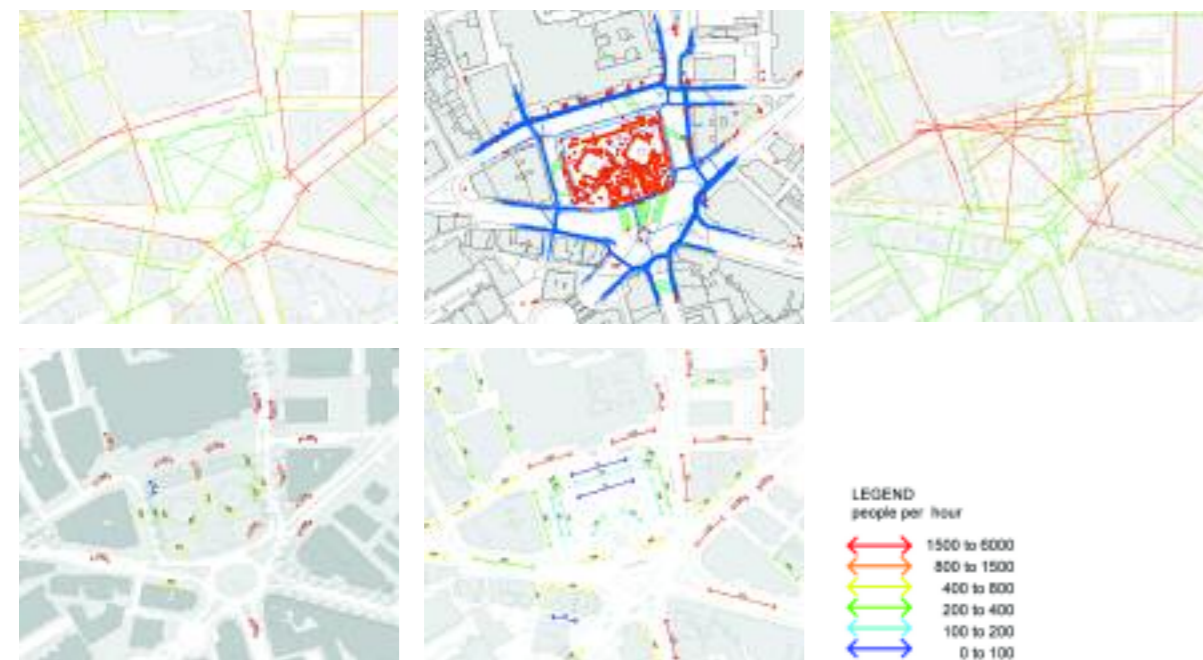
### Das Resultat

Der Trafalgar Square wurde als erster und bisher einziger Teil eines um-

fassenden Masterplans zur Restrukturierung der öffentlichen Plätze Londons („World Squares for All“) umgesetzt und 2003 fertiggestellt. Das Aktivitätsvolumen innerhalb des Platzes stieg um das 13-fache und der Platz wird von Londonern genauso wie von Besuchern als Teil des öffentlichen Raumsystems im Zentrum angenommen.



Trafalgar Square nach der Umgestaltung durch Foster + Partners  
(Foto: Nigel Young und Foster + Partners)



LEGEND  
people per hour  
1500 to 6000  
800 to 1500  
400 to 800  
200 to 400  
100 to 200  
0 to 100

PEDESTRIAN MOVEMENT  
ALL  
12:00 to 14:00 - WEEKDAY

Räumliche Analyse des bestehenden Platzes und Simulation des Entwurfsvorschlages. Kartierung von Fußgängerbewegungsströmen sowie stationäre Aktivitäten, Fußgängerzählungen

## Projekt Partnership Smartinska

### Projektbeteiligte:

Hosoya Schaefer Architects, Zürich  
Space Syntax, London  
Wüest & Partner, Zürich

Die Aufgabenstellung des gewonnenen Wettbewerbs Partnership Smartinska lag in der Erarbeitung eines Masterplans für ein 230 Hektar großes Areal in Ljubljana. Das strategisch bedeutende Gebiet erstreckt sich vom Hauptbahnhof bis zum äußeren Autobahnring und beinhaltet mit BTC City eines der größten Shoppingzentren Europas.

Ljubljana hat erheblich vom friedlichen Übergang Sloweniens in die Unabhängigkeit sowie vom EU-Beitritt profitiert. Das anhaltende, starke Wirtschaftswachstum bietet eine günstige Basis, einen langfristigen und nachhaltigen städtebaulichen Entwicklungsprozess zu starten. Das Projekt basiert auf einem räumlich-zeitlich gegliederten Prozess der städtebaulichen Erneuerung, unterstützt durch ein verbessertes räumliches Layout und die Integration einer nachhaltigen multimodalen Infrastruktur.

### Räumliche Struktur

Die räumliche Struktur spielt eine wichtige Rolle in vitalen Stadtgebieten, wo Leute gerne leben, arbeiten und ihre Freizeit verbringen. Durchgangsverkehr aller Art ist die wichtigste Komponente urbaner Aktivität, daher ist in den meisten erfolgreichen Stadtgebieten eine sehr gute Anbindung an die Umgebung vorhanden.

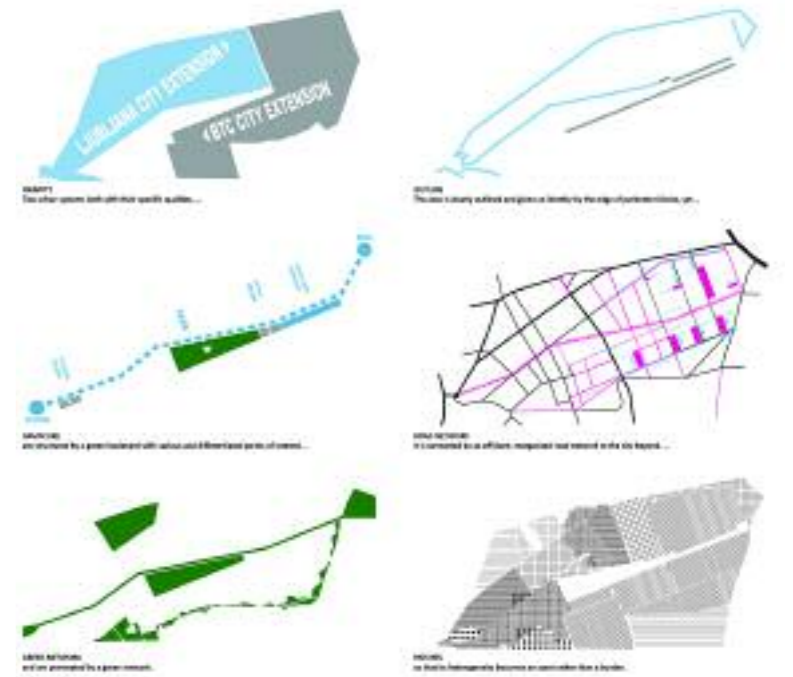
Die Space-Syntax-Analyse des Smartinska-Gebiets zeigt deutlich die schlechte Anbindung an die Innenstadt und an die umgebenden Gebiete. Die vollständige Ausrichtung auf den individuellen Nahverkehr von der Umgehungsstraße aus ist daher keine Überraschung. Diese einseitige Erschließung führt allerdings zu Staus an den Gebietseingangspunkten, zu einem unausgelasteten öffentlichen Nahverkehr und Mangel an Parkplätzen.

Der Entwurf ergänzt das räumliche Netzwerk und optimiert die Anschlusspunkte an die nähere Umgebung und an das Stadtzentrum erheblich. Dadurch wird die Erreichbarkeit des Gebietes erhöht und eine nachhaltigere Entwicklung ermöglicht.

Das Herz des Projektes bildet ein 7,4 Hektar großer, dreieckig geformter Central Park. An seiner nördlichen Seite verläuft ein Boulevard, der sich durch das gesamte Areal erstreckt. Dieser bildet das infrastrukturelle Rückgrat und Organisationselement des Entwicklungsgebietes und verbindet es mit dem Hauptbahnhof und dem Stadtzentrum. Da die Distanz für Fußgänger über das gesamte Areal zu lang ist, sind einzelne Gebiete spezifisch auf den Fußgängerverkehr zugeschnitten: Der BTC Boulevard ist die neue Fußgänger-Achse für das BTC City Shopping Areal mit der BTC Plaza als zentralem Fokus. Der Central Park ist das grüne Herz, und der Kolinska Platz bildet den neuen Zugang zum Quartier und dient als kultureller und kommerzieller Attraktor, der die Besucher sowohl aus dem Zentrum als auch aus den angrenzenden Nachbarschaften anziehen soll. Längere Distanzen können mit der Tram zurückgelegt werden, die auf dem Boulevard vom Hauptbahnhof bis zum äußeren Ring verläuft.

Der Entwurf kombiniert die Potenziale von zwei unterschiedlichen städtebaulichen Strukturen und den mit ihnen assoziierten Funktionen. Zum einen erweitert er die Struktur des Stadtzentrums mit einer flexiblen Nutzungsmischung und der nachhaltigen Typologie der Blockrandbebauung nach außen, zum anderen ergänzt er die Struktur des BTC City Areal mit seinen großzügigen offenen Räumen und Gebäudestrukturen, die kürzere Lebenszyklen und hohe kommerzielle Erträge aufweisen, in Richtung Zentrum. Das Projekt zielt auf die Stärkung der bestehenden Qualitäten der beiden Strukturen und ermöglicht die Entwicklung von Urbanität.

Prinzipien der nachhaltigen städtebaulichen Entwicklung wurden sowohl beim räumlichen Layout als auch bei der Infrastruktur- und Gebäudeplanung berücksichtigt. Die stufenweise räumlich-zeitliche Entwicklung sieht die Realisierung der strategischen Elemente als Erstes vor. Aufgrund der Flexibilität der Typologien sind verschiedene Szenarien möglich. Der Plan kann auch wirksam werden, wenn nur Teile ausgeführt werden, solange das städtebauliche Netzwerk und das neue Rückgrat implementiert werden.



Komponenten des Masterplans



Räumliche Analyse Bestand und Entwurf



Smartinska Partnership Masterplan