

# Energieeffizienz-Potenzial intelligenter Kernverdichtung des urbanen Raums (EPIKUR)

I. Pirstinger, M. Vuckovic,  
M. Majcen, M. Raudaschl,  
C. Tauber, A. Mahdavi,  
K. Kiesel, S. Glawischnig,  
A. Heiderer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

## 40/2017

**Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter  
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

# Energieeffizienz-Potenzial intelligenter Kernverdichtung des urbanen Raums (EPIKUR)

DI Dr.techn. Ida Pirstinger, DI Dr. techn. Milena Vuckovic,  
Bakk. techn. Dr. med. Martina Majcen,  
Bakk. techn. Matthias Raudaschl, B.Sc. Christian Tauber,  
Univ. Prof. DI Dr. techn. Ardeshir Mahdavi,  
DI Dr.techn. Kristina Kiesel, DI Dr.techn. Stefan Glawischnig,  
B.Sc. Alexandra Heiderer  
TU Wien / Abteilung Bauphysik und Bauökologie E259.3

Wels, Dezember 2016

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



# Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm Stadt der Zukunft des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm Haus der Zukunft auf und hat die Intention Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung von allen betroffenen Bereichen wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des bmvit publiziert und elektronisch über die Plattform [www.HAUSderZukunft.at](http://www.HAUSderZukunft.at) zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und AnwenderInnen eine interessante Lektüre.

DI Michael Paula  
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

---



# Inhaltsverzeichnis

1.1	Aufgabenstellung.....	17
1.1.1	Problemstellung.....	18
1.1.2	Projektziele.....	18
1.1.3	Innovation.....	19
1.2	Stand des Wissens / Stand der Recherche / Stand der Technik .....	21
1.2.1	Methoden und Werkzeuge zur Stadtanalyse und Stadttheorie .....	21
1.2.2	Methoden und Werkzeuge zur (typologiebezogenen) urbanen Nachverdichtung .....	23
1.2.3	Die Verallgemeinerbarkeit von städtebaulichen Regeln und Richtlinien / Der urbane Code.....	26
1.2.4	Evaluierung von Softwareprodukten .....	27
2.1.1	Generelle Vorgehensweise und allgemeine, projektbegleitende Methoden ..	29
2.1.2	Die Exklusion des urbanen Negativraumes als Grundkonzept.....	29
2.1.3	Übersetzung von städtebaulich relevanten Regeln in allgemeine Constraints.....	30
2.1.4	Zwei Use Cases als Testfelder .....	31
2.1.5	Stadtanalyse .....	34
2.1.6	Räumliche Test-Simulation in den Use Cases und Regelerprobung.....	38
2.1.7	Cafe EPIKUR: ExpertInnen-Workshop mit Stakeholdern der Stadt Graz.....	40
3.1	Stadtanalysen, typologische Analysen.....	44
3.2	Constraints: Regelinterpretation und Übersetzung in programmierbare Befehle: ...	45
3.2.1	Allgemeine Regelinterpretation und Constraints.....	45
3.2.2	Spezialfall Tageslichteintrag laut OIB Richtlinie 3 .....	47
3.3	Testsimulation und Testentwürfe als Referenzbeispiele.....	51
3.3.1	Testsimulation Use Case 2 – Siedlungsgebiet Triesterstraße.....	51
3.3.2	Testsimulation Use Case 1 – Herz Jesu Viertel.....	69
3.4	Die Bedeutung der Stadt- und Bautypologie für den Nachverdichtungsprozess.....	86
3.5	Handlungsreihenfolge der iterativen Raumexklusion .....	86
3.6	Prozessoptimierung und Automatisierung.....	88
3.6.1	Vorhandene Datenbestände.....	88
3.6.2	Softwareevaluierung und Testprogrammierung .....	88
3.6.3	Einbindung des Themas Stadtphysik.....	92
3.7	Cafe EPIKUR – ExpertInnen Workshop.....	93

3.8	Einordnung im Kontext zu den Programmzielen „ Stadt der Zukunft“ .....	96
3.9	Beitrag zu den Programmzielen .....	97
4.1	Fachliche Einschätzung der Ergebnisse .....	98
4.1.1	Stadtanalysen.....	98
4.1.2	Typologiebezogene Nachverdichtung:.....	99
4.1.3	Simulationstools für urbane Nachverdichtung.....	99
4.1.4	Softwareprogrammierung .....	100
4.1.5	Bauphysikalische Aspekte .....	101
4.1.6	Zielgruppen und Interessenten für die Projektergebnisse: .....	101
4.2	Disseminationsaktivitäten und Verwertungsmöglichkeiten .....	102
4.2.1	Immobilienwirtschaft und Kommunen .....	102
4.2.2	Stadtsimulation.....	102
4.2.3	Expertise für Dienstleitungen.....	103
4.2.4	Akademische Verbreitungsaktivitäten .....	103
6.1	Abbildungsverzeichnis .....	105
6.2	Tabellenverzeichnis .....	107
6.3	Literaturverzeichnis.....	107



## **Kurzfassung**

Das gegenständliche Forschungsvorhaben befasst sich mit den Möglichkeiten, Implikationen und Rückkopplungen welche sich durch „Stadterweiterung nach Innen“ mittels innerstädtischer urbaner Verdichtung ergeben: Dabei wurde „Nachverdichtung“ frei von vorgegebenen Paradigmen untersucht, das heißt nicht ausschließlich auf existierenden Vorschriften und Regulativen basierend, sondern auch anhand des „vernünftig Machbaren“. Zu diesem Zwecke wurde im Rahmen dieser Sondierung untersucht, wie bestehende Wohnquartiere einer architektonischen und stadtplanerischen Evaluierung mittels computergestützten Verfahren unterzogen werden können. Das urbane Entwicklungspotential wurde sowohl im Verhältnis zu den (üblichen) „erlaubten“ Verdichtungs-Maßnahmen untersucht, wie auch im Spiegel einiger, von Seiten der Verwaltung und Politik zwar gewünschten, aber rechtlich nicht unbedingt zulässigen Verdichtungsmöglichkeiten. Auf diese Weise können Potentiale der innerstädtischen Nachverdichtung als Instrument für eine zukünftige ganzheitliche Stadterweiterungspolitik identifiziert und verfügbar gemacht werden. Solche Potentiale können dann als ressourcenschonende und energiesparende Alternative bzw. Ergänzung zu Stadterweiterungsgebieten betrachtet werden und – im Rahmen raumplanerischer Prozesse weiterentwickelt und ausgestaltet werden.

## **Ausgangssituation/Motivation**

Die Stadt steht im 21. Jahrhundert - als ultimativer Ausdruck vieler zusammenlebender Menschen - vor zahlreichen komplexen Herausforderungen. Nachstehende Auflistung nennt einige dieser Herausforderungen:

- starke Migration in die Städte
- Ausuferung der Städte
- soziale und demographische Fragen
- Umweltverschmutzung
- infrastrukturelle Ver- und Entsorgung
- Verkehr und Mobilität

In diesem Kontext sind zahlreiche und komplexe Fragestellungen zu klären. Eine davon ist, wie Städte in der Zukunft wachsen sollen. Da gesetzliche und administrative Vorschriften oftmals inkonsistent zu einander sind, ist die Art und Weise wie Städte wachsen (in der Regel durch Stadterweiterungsgebiete) nicht unbedingt als optimal zu betrachten. Nachverdichtung ist eine Möglichkeit des städtischen Wachstums nach innen, wird jedoch aufgrund vieler offener Fragen (und möglicher Probleme) oftmals mit Skepsis betrachtet.

## **Inhalte und Zielsetzungen**

Das Sondierungsprojekt EPIKUR befasste sich mit urbaner Nachverdichtung. Ziel ist eine, die Möglichkeiten einer EDV-gestützte Methode zur geometrischen und numerischen

Darstellung von räumlichen Nachverdichtungspotentialen für unterschiedliche urbane Typologien auf Basis von bestehenden Stadtquartieren und unterschiedlichen Planungsprämissen zu entwickeln. Mit dieser Methode sollen Auswirkungen von unterschiedlichen räumlichen Eingriffen auf die Energieperformance eines Quartiers ermittelt werden und so zur Unterstützung von Planungs- und Entscheidungsprozessen in der Stadt- und Infrastrukturplanung beitragen.

## **Methodische Vorgehensweise**

Im Sondierungsprojekt EPIKUR wurde – anfangs losgelöst von bestehenden gesetzlichen und normativen Vorgaben – untersucht, welches Potential in urbaner Nachverdichtung schlummert. Hierzu wurden folgende methodischen Schritte unternommen:

- (1) Auswahl des repräsentativen Testfeldes und Definition eines Use-Cases (ein nachzuverdichtendes und zwei „Kontroll“-Quartiere) im innerstädtischen Gebiet der Stadt Graz (in kollaborativer Zusammenarbeit mit den Organen der Stadt Graz),
- (2) Analysieren und Evaluieren des Gebäudebestandes der ausgewählten Stadtquartiere auf mehreren Maßstabsebenen und nach verschiedenen städtebaulichen und architektonischen Grundregeln.
- (3) Parameterformulierung und Kriterien-Gliederung: Architektonische und städtebauliche, bauphysikalisch-energetische, technische, humanökologische, ökologische, ökonomische, sowie soziale und demographische Aspekte werden zur Evaluierung des Potentials -aus unterschiedlichen Blickwinkeln - herangezogen. Dadurch entsteht eine Liste aus räumlichen und rechtlichen Beschränkungen, zu der Variablen wie horizontale und vertikale Limits des räumlichen Wachstums (z.B.: Grundstücksgrenze, maximal erlaubte Gebäudehöhe, Bebauungsdichte, Tageslichtzugang) gehören.
- (4) Aufstellen von Regeln und Algorithmen: Das städtische Gebiet wird in Form von „positivem“ (bebautem) und „negativem“ (unbebautem) Raum repräsentiert. Innerhalb des negativen Raums werden nicht bebaubare Flächen – wie zum Beispiel jene die dem Straßenraum, öffentlichen Parks oder Plätzen zugeordnet sind – identifiziert und das verbleibende Volumen hinsichtlich der zuvor genannten Parameter und Beschränkungen untersucht. Dabei werden verschiedene Szenarien (vertikale und/oder horizontale Verdichtung) generiert und verglichen.

## **Ergebnisse und Schlussfolgerungen**

Im EPIKUR-Projekt wurde versucht, eine EDV-gestützte Methode zur geometrischen und numerischen Darstellung von räumlichen Nachverdichtungspotentialen für unterschiedliche urbane Typologien auf Basis von bestehenden Stadtquartieren und unterschiedlichen Planungsprämissen zu entwickeln. Diese Entwicklung erfordert grundsätzlich die Zusammenarbeit von Experten aus der Stadtplanung, der Bauinformatik und der energetischen bzw. gebäude-Performance bezogenen Simulation. Die geplanten Verdichtungsszenarien berücksichtigen sowohl Neubauten (auf noch leeren Baugrundstücken) als auch horizontale und vertikale Verdichtungen bereits bestehender

Gebäude. Die Rahmenbedingungen werden teilweise durch eine Reihe von räumlichen Beschränkungen wie horizontale und vertikale Grenzen der räumlichen Ausbreitung (z. B. Grundstücksgrenzen, bebaute Fläche, maximal zulässige Bauhöhe, Gebäudedichte, Tageslicht) vorgegeben. Diese Vorgaben werden basierend auf entsprechenden lokalen städtebaulichen Entwicklungskonzepten, lokalen Landnutzungs- und Bauvorschriften, sowie Normen und Gesetzen formuliert.

In der aktuellen Implementierung haben wir einen Ansatz verfolgt, der regelbasierte Argumentation und generative Algorithmen miteinander verbindet. Zu diesem Zweck wurden digitale Informationen der Stadt Graz, darunter 2D- und 3D-Mehrschicht-CAD-Darstellungen von Geometrie, Katasterplänen und Straßennetz zusammengetragen. Das ursprüngliche Modell der ausgesuchten Quartiere wurde in der CAD-basierten Modellierungsumgebung Rhinoceros 3D generiert und mit Hilfe der parametrischen Modellierung und der visuellen Programmierung des Plug-Ins Grasshopper weiter ausgebaut. In dem so erstellten ursprünglichen Umgebungsmodell werden im nächsten Schritt benutzerdefinierte Grasshopper (GH) Add-ons (in der Programmiersprache C#) für die Einbeziehung und kohärente Anwendung von räumlichen Zwängen innerhalb der bebaubaren Bereiche entwickelt. Diese Routinen für bedingungs-basierte räumliche Operationen wurden in unterschiedlichen Sequenzen arrangiert und ausgeführt, wobei das theoretische maximale bauliche Potential durch vertikale und horizontale Erweiterungen untersucht wurde. Die erzeugten alternativen städtebaulichen Verdichtungsszenarien werden anschließend evaluiert.

## **Ausblick**

Im EPIKUR-Projekt wurde ein Software-Environment geschaffen, welches die Erzeugung, Visualisierung und Bewertung alternativer Stadtverdichtungsszenarien unterstützen soll. Die Ergebnisse dieses Projekts zeigen die Möglichkeiten, aber auch die Probleme der vorgeschlagenen Methode auf. Das Ergebnis solcher parametrischer Analysen von städtischen Verdichtungsszenarien kann den Entscheidungsträgern ein wertvolles Feedback für eine nachhaltigere städtebauliche Entwicklung aufzeigen.

In einem nächsten Schritt wäre die Integration einer dynamischen Gebäudeperformance Simulation interessant. Die daraus resultierenden Ergebnisse hinsichtlich des Energieverbrauchs der gebauten Umwelt können helfen, Energieverbrauchsmuster mit Hilfe von stochastischen Belegungsmodellen zu erstellen. Diese Modelle ermöglichen eine bessere Beurteilung der möglichen Auswirkungen von Stadtentwicklungen in einem sehr frühen Stadium und stellt somit eine optimale Unterstützung für Planer und Entscheidungsträger dar.

## **Abstract**

The present research project focuses on the potentials, implications, and consequences of the "inwards urban expansion" through densification of the existing urban tissues. In this context, densification is investigated not only through known and common aspects of building regulations and guidelines, but also based on what is reasonably feasible. Towards this end, methods and computer-supported procedures for the evaluation of relevant architectural and urban planning aspects of an existing neighborhood will be investigated. Densification developments will not only be examined in view of the legal and possible scenarios, but also evaluated against desired administrative and political goals. Consequently, urban densification potential can be seen and treated as an instrument for a coherent future urban expansion politic, offering a resource-efficient and energy-saving alternative/complement option for urban expansion plans.

## **Starting point/Motivation**

The city of the 21st century as an expression of numerous cohabiting human beings is faced with many challenges, including:

- substantial migration towards cities
- urban sprawl
- social and demographical issues
- environment pollution
- infrastructural supply and disposal
- traffic and mobility

In this context, one of the complex issues in need of addressing is the question of the future expansion of cities. Due to common inconsistencies among legal and administrative guidelines, the manner in which a city expands (commonly through designated urban extension areas), is not considered optimal.

## **Contents and Objectives**

The exploratory study EPIKUR focuses on urban densification. The objective is to generate a computerized method for geometrical and numerical presentation of spatial densification measures on different urban typologies, based on existing urban districts and in regard to distinct planning assumptions. With this method effects of various spatial interventions on the energy performance of a district are determined and contribute to the planning and decision-making process in city and infrastructure planning.

## Methods

In the exploratory project EPIKUR, the potential of urban densification has been investigated, firstly independent of existing legal and normative requirements.

- (1) The selection of the representative study areas and definition of the use case (one essential and two "control" quarters) in the inner city area of the city of Graz, in collaborative cooperation with the institutions of the city of Graz.
- (2) Analyzing and evaluating the existing building stock of the selected city districts on different scales and according to urban and architectural principles.
- (3) Formulation of parameters and evaluation criteria: architectural and urban, energy-related, technical, ecological, economic, social and demographic aspects that are used to evaluate the densification potentials from different perspectives. This resulted in a distinct set of spatial and legal constraints, such as, horizontal and vertical limits of spatial growth (e.g., property boundaries, permitted building heights, building density, daylight access).
- (4) Definition of rules and algorithms: the urban domain is represented in terms of "positive" (built volumes) and "negative" (i.e., void) spaces. Within the negative space, irreclaimable parts – such as those allocated to streets, urban parks, plazas – are identified. The building potential of the remaining volume is examined with regard to the aforementioned parameters and constraints. Thereby, different spatial arrangements are generated, including vertical extensions and/or horizontal extension of existing buildings, given accessibility, insolation, and daylight feasibility.

## Results

In EPIKUR project, we aimed toward the development of a computational environment for the generation and evaluation of alternative urban densification scenarios. The respective developmental work required the collaboration of experts in urban planning, building informatics, and performance simulation. The envisioned densification scenarios considered measures such as new buildings on yet empty building lots as well as horizontal and vertical extension of existing buildings. The respective potential future developments are framed here in part by a set of spatial constraints such as horizontal and vertical limits of spatial growth (e.g., property boundaries, building footprints, maximum permitted building height, building density, daylight access). This specific class of constraints are informed by corresponding local urban development concepts, as well as land use and building regulations as per well-established national (Austrian) and local (i.e., relating to the city of Graz) standards and legislations.

In the current implementation, we adopted an approach that couples rule-based reasoning and generative algorithms. Toward this end, we utilised digital information provided by the city of Graz, including 2D and 3D multi-layered CAD representations of geometry, cadastral lots, and street network. The initial district model was generated in the CAD-based modelling environment Rhinoceros 3D and further enhanced with the aid of parametric modelling and visual programming plug-in Grasshopper. Once the initial district model is generated, custom

GH C# add-ons are developed for the inclusion and coherent application of spatial constraints within the buildable areas. The developed routines for constraint-based spatial operations were arranged and executed in terms of different sequences, exploring thus the theoretical maximum buildable potential by vertical and horizontal extensions. The generated alternative urban densification solutions are subsequently subjected to comparative assessment and ranked with regard to multiple evaluative indicators pertaining to net built volume gain, energy and environmental performance, cost factors.

## **Prospects / Suggestions for future research**

In EPIKUR project we introduced a computational environment, which is intended to support the generation, visualisation, and evaluation of alternative urban densification schemes. The implementation process demonstrated the capability of proposed tool to generate potential densification schemes, such as horizontal and vertical extension of the already existing buildings, while accommodating the consideration of spatial constraints defined, for instance, in building regulations and guidelines. The outcome of such parametric analyses of urban densification scenarios is expected to provide valuable feedback to the decision makers toward more sustainable urban environment design and practices.

Further activities will include the adaptation of a specific approach that incorporates full dynamic numeric simulation capability in the urban energy computing environment. The resulting urban energy computing environment can facilitate the generation of dynamic and realistic energy use patterns via incorporation of stochastic occupancy models, as well as pertinent (locally-adjusted) representation of external boundary (microclimatic) conditions. This environment can thus enable users to assess the energy and environmental implications of large-scale design and renovation proposals to support, amongst other things, policy making at the urban level.

# 1 Einleitung

Die Synergie- und Nachhaltigkeitseffekte dichter Siedlungszusammenhänge sind vielfach untersucht und belegt. Im Vergleich zum sogenannten Sprawl verbrauchen sie nicht nur weniger Fläche, sie gelten auch als effizienter hinsichtlich öffentlicher Infrastruktur, Energieverbrauch, Mobilität und bieten durch Dichte und Vielfalt höhere Lebensqualität. Mangelnde Dichte, das Fehlen ausreichender öffentlicher Räume und klassischer städtebaulicher Elemente im tradierten Sinn hingegen schränkt die „Brauchbarkeit“ und Aneignbarkeit urbaner Gebiete stark ein und damit letztendlich auch die Identifikation der BenutzerInnen mit ihrem Umfeld. Die Wiederverwendung, Transformation und Nachverdichtung bestehender Baustrukturen, das Bauen im Bestand zur möglichst langfristigen Nutzung bereits gebundener Energien und zum Erhalt des baukulturellen Erbes gelten als längst anerkannte Nachhaltigkeitsstrategien, werden bislang jedoch hauptsächlich auf Basis einzelner Parzellen und Gebäude angewandt, nicht aber in größeren Maßstäben auf Quartiers- oder Stadtteilebene. Die stadträumliche Überformung ganzer Siedlungszusammenhänge, Gebäudegruppen oder Stadtquartiere unter Erhalt der bestehenden Bausubstanz ist nicht nur ein probates Mittel zur Behebung urbaner Defizite und Verbesserung der Lebensumwelt, sie wird als Nachverdichtungsstrategie in Zukunft auch stark an Bedeutung gewinnen und ein wichtiger Bestandteil energieorientierter Stadtplanung zur Steigerung der Energieeffizienz und Ressourcenschonung werden, für das Visionen, Potenziale und Umsetzungsstrategien, wie auch Steuerungs- und Regelungssysteme ausgearbeitet werden müssen.

## 1.1 Aufgabenstellung

Auch wenn der Zusammenhang zwischen urbaner Dichte, Infrastrukturaufwand und Energiekonsum eine bekannte Tatsache ist, und von den mit Stadt- und Raumplanung befassten, gesetzgebenden, planenden und ausführenden Gruppen kaum angezweifelt wird, ist wenig bekannt über die konkreten Potenziale der Stadt- und Siedlungstypologien unterschiedlicher Baustile und Epochen im Zusammenhang mit Nachverdichtung. Damit fehlt detailliertes Wissen, das für eine zielführende Prioritätensetzung ebenso wichtig wäre, wie Methoden und Werkzeuge zur vereinfachten Ermittlung quantitativer Potenziale. Diese Aussage gilt sowohl für die räumlichen Zusammenhänge gebauter Stadtstruktur und ihrer Nachverdichtung wie auch für die in Abhängigkeit dazu stehenden Energieflüsse und Verbräuche. Mit diesem Themenfeld beschäftigte sich das gegenständliche Projekt.

Das Sondierungsprojekt EPIKUR machte sich zur Aufgabe, einen Weg für eine Methodenentwicklung zu finden, um die Evaluierungsprozesse zu Beginn städtebaulicher Nachverdichtungsprojekte, also die Phase der Analyse und Potenzialermittlung lange vor gestalterischen Formfindungsprozessen, klar zu vereinfachen, zu systematisieren, typisieren und allgemein gültige, übertragbare Parameter zu formulieren. Dazu sollen verstärkt Open

Government Daten und GIS-Systeme benutzt werden. Weiters sollen rechtliche Barrieren zur Umsetzung übergeordneter Agenden aufgezeigt werden.

### **1.1.1 Problemstellung**

Nachhaltige, lebenswerte „Stadt“ kann nur entstehen, wenn Reparatur- und Nachverdichtungsstrategien über die Technologieanwendung und Energieeinsparung hinaus die räumlich architektonische Gestaltung, aber auch soziale Zusammenhänge des Gemeinwesens Stadt als vorrangige Einfluss-Faktoren miteinbeziehen. Um urbane Qualität zu erreichen, müssen Stadträume ganzheitlich gestaltet werden und städtebauliche Elemente auf den Kontext ihres Umfeldes reagieren. Diese Gestaltungsnotwendigkeit bedeutet aber mehr als eine Abhandlung auf visueller Basis unter Einhaltung eines vorgegebenen behördlichen Regelwerks (vgl. Alexander et al. 1987, Angelil et al. 2013). Es ist im Idealfall ein interaktiver, hochkomplexer Prozess. Zu dessen Anfang stehen die Analyse des Vorhandenen und das Erfassen der harten, empirischen Fakten sowie die Ermittlung räumlich quantitativer Potenziale. Die bisher vorhandenen Planungsinstrumente und Softwaretools sind primär auf Außenentwicklung, also Neubau auf leeren Flächen ausgerichtet. Für die immer wichtiger werdende Innenentwicklung stehen bislang sehr eingeschränkt Instrumente und Methoden zur Verfügung, was in der Planungspraxis zu meist langwierigen, oft improvisierten und wenig systematisierten Abläufen führt. Zudem lassen sich in der städteplanerischen Praxis oft Widersprüchlichkeiten zwischen übergeordneten Zielen wie effizienterer Flächennutzung, Umweltschutz, und geltendem Planungsrecht orten.

Als wichtige zu quantifizierender (und auch qualifizierende) Faktoren wurden in dieser Sondierung der Faktor Energie und Fragen des urbanen Mikroklimas miteinbezogen. In der gängigen bisherigen Praxis wurden diese Fragestellungen überwiegend nur am einzelnen Objekt im Detail (in Form von numerischen Simulationen bzw. normativen Berechnungen wie Energieausweisen) behandelt oder aber auf sehr generalisierte Art und Weise in Form von statistisch auf das Stadtniveau angewandten Daten. Die Einbeziehung energetischer Betrachtungen auf einem Zwischenlevel zwischen diesen beiden Extremen, d.h. also unter Berücksichtigung von Parametern wie Stadtquartier-Morphologie und deren Metamorphose-Potential mit konkreteren Daten, findet sich in der etablierten Praxis kaum. Gerade deshalb spielt sie in dieser Sondierung eine wichtige Rolle, insbesondere die Möglichkeit zur Überlagerung und Inklusion vorhandener Forschungsergebnisse und Simulationstools der Stadtphysik mit der volumenorientierten Simulation urbaner Räume.

### **1.1.2 Projektziele**

Das Sondierungsprojekt EPIKUR beschäftigt sich mit der Frage, ob und unter welchen Voraussetzungen es möglich ist, eine EDV-gestützte Methode zu entwickeln, mit der räumliche Nachverdichtungsmöglichkeiten für unterschiedliche urbane Typologien auf Basis von bestehenden Stadtquartieren iterativ anhand unterschiedlicher Planungsprämissen dreidimensional geometrisch und numerisch dargestellt werden können. Gleichzeitig soll mithilfe dieser Methode ermittelt werden können, inwieweit die unterschiedlichen räumlichen Eingriffe sich auf die Energieperformance des Quartiers auswirken. Es soll also der

Zusammenhang zwischen urbaner Form, quantitativem räumlichem Nachverdichtungspotenzial und Energieperformance hergestellt werden.

Ziel ist nicht ein Hilfsprogramm zur architektonischen Formfindung, sondern zur quartiersbezogenen Potenzialabschätzung als Unterstützung von Planungs- und Entscheidungsprozessen in der Stadt- und Infrastrukturplanung.

Die grundsätzliche Komplexität urbaner Zusammenhänge und Vielfältigkeit möglicher und denkbarer Einflussparameter zur Erarbeitung dieses Tools erfordert im Vorfeld eine ausgedehnte Vorrecherche zur Klärung der Datenlage und Einflussfaktoren.

Folgenden Fragestellungen wurden im Sondierungsprojekt behandelt:

- Welcher „Wissensstand“ ist erforderlich, um das Projekt durchzuführen und ein funktionstüchtiges und anwendungsorientiertes Tool zu entwickeln?
- Wo sind Abgrenzungen erforderlich um die Einflussparameter bewältigbar zu erhalten ohne die Relevanz der Ergebnisse zu beschneiden?
- Welches Datenmaterial ist notwendig? Welches Material ist vorhanden? Welche erforderlichen Daten fehlen?
- Sind fehlende Datenstände kompensierbar? Wodurch?
- Welche bau- und planungsrechtlichen Einfluss-Faktoren und Widersprüchlichkeiten sind vorhanden?
- Wie lassen sich bisherige vorhandene Forschungsergebnisse und Simulationswerkzeuge insbesondere zum Kontextbereich Stadtphysik, Energieverbrauch und urbanes Mikroklima integrieren?

Geplantes Ziel war, zum Abschluss des Sondierungsprojekts Klarheit über die Durchführbarkeit eines möglichen nachfolgenden Forschungs- und Entwicklungsprojektes zu haben, insbesondere hinsichtlich folgender Einzelfragen:

- Aufschluss über Datenverfügbarkeit analog / digital
- Geometrie 2D/3D – Grundstücke, Gebäude
- Zusatzinformationen über Grundstücke und Gebäude / Eigenschaften
- Open Governance Data OGD – Entwicklungsstand Standardisierung
- Energieverbrauch
- Aufschluss über fehlende Daten
- Aufschluss über Komplexität und Bewältigbarkeit der Daten
- Aufschluss über Modalitäten der Datenweitergabe und Verfügungsrechte
- Aufschluss über bau- und planungsrechtliche Einflussfaktoren und Hindernisse

### **1.1.3 Innovation**

Der Innovationsgehalt der diesem Sondierungsprojekt zugrundeliegenden Projektidee liegt in der Entwicklung eines generischen, parametrischen Tools für die volumenorientierte räumliche Simulation unterschiedlicher Nachverdichtungsszenarien. Computergestützte

Werkzeuge zur räumlichen Stadtsimulation existieren zwar bereits jetzt zumindest im Bereich der Forschung, ansatzweise auch als kommerzielle Anwendungen, nicht jedoch ausgerichtet auf Stadtentwicklung innerhalb bestehender Strukturen.

Das Tool ist auch ein Ansatz um die Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis zu unterstützen. Die anschauliche Simulation unterschiedlicher möglicher Szenarien der Stadtentwicklung kann helfen, die Multidimensionalität urbaner Zusammenhänge besser zu bewältigen und Zielkonflikte zu vermeiden.

#### Simulationsprogramme für Energiefragen / Stadtphysik / Mikroklima - Verknüpfung

- Herstellung eines direkten Zusammenhanges zwischen urbaner Form/urbaner Typologie, Nachverdichtungspotenzial und Energieverbrauch
- Aufzeigen des Energieeinsparungspotenzials durch urbane Nachverdichtung bestehender Stadtquartiere in Abhängigkeit von der urbanen Typologie
- Entwicklung einer einfach anzuwendenden, auf neuen Medien basierenden Methode zur iterativen Eliminierung des urbanen Negativraumes / Darstellung und Quantifizierung des Maximalraumes für Urbane Nachverdichtung.
- Bearbeitung detaillierter Building-Performance-bezogener Fragestellungen wie beispielsweise den Einfluss auf Indikatoren wie den Tageslichtfaktoren

Das übergeordnete Ziel dieses Sondierungsprojekts, einen Weg zur Entwicklung strukturierter, typisierter und systematisierter, auf unterschiedliche urbane Typologien übertragbarer Analyse- und Evaluierungsmethoden zu finden, könnte der Stadt- und Architekturforschung in Zukunft ein umfassendes experimentelles Analysewerkzeug liefern und so helfen, die komplexen Zusammenhänge der Stadt und Potenziale des Stadtbbaus besser verstehen zu lernen. Fundiertes, übertragbares Wissen über die räumlichen Potenziale verbreiteter urbaner Muster und ihrer Energieperformance bzw. vereinfachte Methoden zur Ermittlung dieser, wären hilfreich, Planungsprozesse zumindest in der Anfangsphase der Grundlagenerarbeitung und Bestandsanalyse zu objektivieren und zu vereinfachen.

Aber auch für die praktische Planungstätigkeit und für Entscheidungsfindungsprozesse im Zusammenhang mit Entwicklungsstrategien für Städte könnten die Forschungsergebnisse nutzbar gemacht werden. Eine Weiterentwicklung in Richtung einer kommerziellen Software wäre sowohl als Evaluierungswerkzeug für den Bestand als auch für die Folgenabschätzung im Rahmen konkreter Planungen nützlich.

## **1.2 Stand des Wissens / Stand der Recherche / Stand der Technik**

Der in diesem Sondierungsprojekt thematisierte Konnex zwischen urbaner Nachverdichtung und Energieperformance bezogen auf unterschiedliche städtebauliche Typologien im Quartierszusammenhang ist ein in dieser Zusammenstellung bisher noch unzureichend behandeltes Feld. Vorliegende Forschungsergebnisse behandeln meist Einzelaspekte und isoliertere Fragestellungen, die jedoch als Basis und Referenz für das Projekt EPIKUR dienlich sein können (wie beispielsweise das UHI-Projekt, oder ECO-COM 60+).

Insbesondere die Evaluierung, Darstellung und Quantifizierung von räumlichen städtebaulichen Nachverdichtungspotenzialen ist derzeit noch fast vollständig Handarbeit. Automatisierte Systeme beschränken sich weitgehend auf dichte-basierte Abschätzung und Darstellung von numerischen Gesamtpotenzialen ohne die Rücksichtnahme auf bestehende Bauten. Dieses Projekt fokussiert sich auf die Fragestellung, wie die bestehende Stadt innerhalb vorhandener Strukturen weitergebaut werden kann und ob bzw. wie man dafür nützliche Evaluierungswerkzeuge entwickeln kann.

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden der Wissensstand und vorhandene Referenzbeispiele bzw. Produkte zu den zentralen Aspekten der wichtigsten Fragestellungen innerhalb des Projektes aufgezählt. Dem geht selbstverständlich eine umfassende Literaturrecherche voran. Die relevantesten benutzten Referenzen finden sich im Literaturverzeichnis.

### **1.2.1 Methoden und Werkzeuge zur Stadtanalyse und Stadttheorie**

Hier angeführt sind einige klassische und auch neuere, weitgehend allgemein bekannte und anerkannte Methoden der Stadtanalyse, die für dieses Projekt angewandt wurden bzw. zumindest in Erwägung gezogen wurden. Auf den ersten Blick erscheinen diese als sehr theoretisch und könnten am Schreibtisch abgehandelt werden. jedoch würde das nur ein sehr abstraktes Bild der Wirklichkeit wiedergeben. Folgerichtig sollte eine zielführende Stadtanalyse nicht nur auf dem Papier stattfinden, sondern auch der persönlichen, individuellen und durchaus subjektiven Wahrnehmung einen gleichwertigen Stellenwert zukommen lassen um Analysen stichhaltig zu machen und ein Gefühl für die räumliche und soziale Situation vor Ort zu bekommen. Dies erfolgt üblicherweise durch ausgiebige Vor-Ort-Begehungen der Referenzquartiere, Erfassung der Typen und Anlagen, Fotodokumentation, Zählung und Erhebung von auffälligen zählenswerten Fakten, etc. und wurde auch für EPIKUR angewandt. Allgemeines Vorbild ist die situationistische Stadtaufnahme bzw. psychogeografische Kartographie (vgl. Debord 1957).

#### Stadtbausteine

Die Stadt ist kein homogenes Konstrukt sondern eher mit einer von Menschen geschaffenen Landschaft assoziierbar. Sie setzt sich aus unterschiedlichsten Nutzungen, Funktionen, Strukturen, Bauformen und Aktionsräumen zusammen. Die sie nutzenden und belebenden Menschen agieren und interagieren in unterschiedlichen Teilgebieten der Stadt unterschiedlich je nach deren spezifischen Eigenschaften. Dieser Umstand wird bereits in

der Planung von Städten berücksichtigt und findet seinen Niederschlag in der Definition und Ausweisung einer Untergliederung der Stadtstruktur in kleinere Untereinheiten, die sogenannten Stadtbausteine. Diese und ihr Bezug zur Umgebung bzw. die dazugehörigen Begrifflichkeiten spielen damit auch eine bedeutende Rolle in der Stadtanalyse. Für die Definition der wichtigsten Bausteine als technische Fachbegriffe wie „Baufeld“, „Quartier“, etc. sei hier das von Städtebau-Institut der Universität Stuttgart herausgegebene Lehrbuch „Lehrbausteine Städtebau“ (Bott et al. 2014) genannt.

### Urban Morphologie - Stadtmorphologie

Stadtmorphologie ist eine international weitgehend etablierte Wissenschaft der Stadtanalyse, die jedoch im deutschen Sprachraum nicht sehr verbreitet ist. Im Zentrum stehen die physische Form von Stadt- und Siedlungsgrundrissen und ihre Entstehung, also auch Formungs- und Transformationsprozesse. Hauptaspekte dafür sind Geländetopografien und sonstige Entstehungsbedingungen im Kontext der Zeit, die sich als strukturformende Kräfte im materiellen Aufbau von Städten abbilden. Es gibt hierfür mehrere Denkschulen und Theorien. Die Theorie über Form und Grund (figure and ground) fokussiert auf das Verhältnis zwischen gebauter Form und verbleibendem Leerraum. Die Verknüpfungstheorie (linkage theory) befasst sich mit den durch Straßen, Wege und andere Verbindungselemente geformten Linien zwischen den gebauten und ungebauten Elementen der Stadt. Die Theorie des Ortes (place theory) arbeitet ua. mit dem Verhältnis zwischen einem konkreten Ort, seiner Funktion, Nutzung und Wirkung. Die englische Schule der Stadtplananalyse nach M.R.G. Conzen (1969) basiert auf drei Schlüsselaspekten – dem Stadtgrundriss selbst, den Gebäude- und Bautypen und der Parzellierung, wobei der Stadtgrundriss sich aus drei Elementen zusammensetzt: dem Wegenetz, den Parzellen, die Baufelder oder Blöcke bilden und den Gebäuden, die sich ebenso zu Blöcken fügen können. Hinzu kommen weitere, die Stadtentwicklung und –form beeinflussende Faktoren, zB historische, politische, soziologische usw.

Das International Seminar on Urban Form (ISUF) (<http://www.urbanform.org/>) pflegt den internationalen Diskurs auf diesem Gebiet. Bisher erscheint die Analyse historischer Stadtformen dominant. Die Anwendung auf neuere, unstrukturiertere und schwerer lesbare Stadtformen findet erst langsam Verbreitung. Urban Morphology nicht nur zur Bestandsanalyse, sondern zur Fehlervermeidung bzw. Ableitung von Strategien und Handlungsempfehlungen für zukünftige Entwicklungen aus dem bereits gesammelten Wissen abgesehen von streng bestandsorientierten Fortschreibungsmustern gewinnt erst langsam an Bedeutung.

### Multivariable Dichtedefinition - Spacematrix, Meta Berghauer Pont, Per Haupt

Spacematrix oder Spacemate von Meta Berghauer Pont und Per Haupt (2010) bringt das Spektrum klassischer quantitativer städtebaulicher Kennwerte wie Bebauungsgrad, Bebauungsintensität (entspricht der bei uns bekannten Bebauungsdichte = Verhältniszahl zwischen Bruttogeschoßflächen und Bauplatzflächen  $m^2/m^2$ ), Gebäudehöhe und Weiträumigkeit (zB Open Space Ratio OSR lt. New York Zoning Law = Unbebaute Flächen pro  $m^2$  Bruttogeschoßfläche), usw. in Verhältnis zueinander und ergänzt es um den Begriff

der Netzwerkdicke. Unter Netzwerkdicke versteht man den Anteil an Netzwerkflächen (Straßen und Wege) bezogen auf die Gesamtfläche eines städtebaulichen Areals, ausgedrückt in  $m/m^2$ . Subsummiert unter dem Begriff der multivariablen Dichte lassen alle diese statistischen Werte sich sowohl numerisch als auch in einem einzigen Diagramm darstellen. Selbstverständlich können die Eigenschaften eines Stadtquartiers nicht allein mit diesen Werten und Diagrammen vollumfänglich umschrieben werden. Aber wie schon Eberhard Tröger und Dietmar Eberle (2014) in „Dichte Atmosphäre“ aufzeigen, dass selbst so abstrakte statistische Werte wie die Bebauungsdichte durchaus Aufschluss über bestimmte dichteinduzierte Qualitäten innerhalb eines Stadtgefüges geben, allerdings ohne eindeutige Aussagekraft über das Erscheinungsbild einer Stadt sind, so erweitert Spacematrix das Spektrum der statistischen Werte und hilft dadurch, die Aussagekraft quantitativer Werte bezüglich urbaner Qualitäten in Stadtquartieren zu schärfen. Die multivariablen Dichtewerte stehen in eindeutigem Zusammenhang mit Bauformen und Siedlungstypologien und lassen wesentlich präzisere Rückschlüsse darauf zu.

### Spacesyntax

Space Syntax (<http://www.spacesyntax.com/>) ist eine seit den 1970er Jahren in Entwicklung befindliche Software, sowie die dahinter stehenden wissenschaftlichen Theorien und Methoden zur Analyse räumlicher Konfigurationen. Es ist ein Werkzeug zur Abschätzung der Auswirkungen konkreter Planungen auf das menschliche Verhalten und Bewegungsmuster und basiert auf der Annahme, dass Räume in Einzelkomponenten untergliedert sind und aus Netzwerken gebildet werden. Jede dieser Einzelkomponenten und Netzwerkknotten stellt die NutzerIn vor eine Auswahlmöglichkeit. Die ausschlaggebenden Einflussfaktoren sind der Sichtbereich von jedem beliebigen Punkt aus, die gerade Sichtachse und gleichzeitig mögliche Bewegungsachse und der sogenannte konvexe Raum, der den nutzbaren Freiraum beschreibt, innerhalb dessen jeder Punkt seines Umrisses von jedem anderen aus sichtbar ist. Im Wesentlichen ermittelt Space Syntax wie gut oder schlecht ein Punkt innerhalb eines Netzwerks bzw. Raumgefüges mit den anderen Punkten des Raumgefüges in Verbindung steht bzw. wie wahrscheinlich Menschen bestimmte Wege oder Aufenthaltsorte wählen würden. Auf diese Weise werden lassen sich zum Beispiel zu erwartende Verkehrsströme aber auch Menschenansammlungen für komplexe Raumgebilde abschätzen.

Space Syntax wurde für das Sondierungsprojekt EPIKUR nicht herangezogen, da es ein Evaluierungstool zur Überprüfung von Planungen ist, sich jedoch nicht als Planungstool verwenden lässt. Im Rahmen von Folgeprojekten könnte es jedoch einen interessanten Anknüpfungspunkt darstellen, sowohl für die Entwicklung von entsprechenden Anwendungsprogrammen unter Einbeziehung der Methoden von Space Syntax als auch zur Qualitätssicherung bei der Programmierung.

### **1.2.2 Methoden und Werkzeuge zur (typologiebezogenen) urbanen Nachverdichtung**

In der internationalen wissenschaftlichen Literatur gibt es einige methodische Ansätze zur urbanen Nachverdichtung. Der Großteil davon leitet sich aus Fallstudien ab und ist nur eingeschränkt verallgemeinerbar, wird daher hier nicht explizit angeführt.



### Metron Dichtebox, Metron AG

Die Metron Dichtebox wird von der herausgebenden Schweizer Metron AG als Methode zur Umsetzung der Verdichtung bestehender Siedlungsräume bezeichnet. Sie beschreibt sieben Werkzeuge und Instrumente als Anhaltspunkte für urbane Innenentwicklung und enthält zur Veranschaulichung des Zusammenwirkens der sieben Tools ein exemplarisches Musterquartier. Die Methode basiert auf der Annahme, dass der Verdichtungsprozess nur unter Berücksichtigung und im Zusammenspiel aller sieben Themenaspekte, die das komplexe Spannungsfeld urbanen Zusammenlebens umschreiben, gelingen kann und zu neuen positiven Qualitäten führen kann. Die sieben Auf konkrete Bautypologien wird nicht eingegangen, denn eine Grundprämisse der Dichtebox ist, dass Verdichtung immer planerisch- städtebauliches Handwerk vor Ort ist. Sie kann gute Anhaltspunkte für governance-orientierte Umsetzungsprojekte und Prozessentwicklung liefern.

### Sprawl Repair Manual, Galina Tachieva, 2010

Das Urban Sprawl Repair Manual orientiert sich stark an den Prinzipien des New Urbanism in den USA und steht hier als Publikation stellvertretend für die Entwicklungen und Strategien dieser Bewegung, insbesondere des Netzwerks um den Congress for the New Urbanism ([www.cnu.org](http://www.cnu.org)). Im Zentrum steht nicht explizit die Verdichtung bestehender urbaner Strukturen, sondern deren Reparatur. Jedoch wird Verdichtung als eine der zentralen und zielführendsten Strategien zur Qualitätsverbesserung des Urban Sprawl hervorgehoben, sowohl hinsichtlich Bauvolumen als auch hinsichtlich Nutzung, Durchmischung, sozialer Interaktion und Zentrumsbildung. Es werden sowohl konkrete als auch allgemeine Ansätze für die Verdichtung bestehender Siedlungsräume aufgezeigt. Auch wird konkret auf Umsetzungsmöglichkeiten, Prozesse und Strategien eingegangen, sowohl für PlanerInnen, Gemeinden aber auch für Politik und Gesetzgebung. Abstrahiert betrachtet ist das Manual durchaus auch als Handbuch für Stadtverdichtung außerhalb der USA sinnvoll zu verwenden ohne in die Formalismen des New Urbanism verfallen zu müssen. Die beschriebenen Typologien sind unseren zersiedelten Stadträndern zudem durchaus ähnlich, was es für Projekte in der sogenannten Zwischenstadt zu einer ausgesprochen wertvollen Referenz macht. Die unmittelbare Anwendbarkeit für das Sondierungsprojekt EPIKUR ist jedoch wie bei der Metron Dichtebox nur eingeschränkt gegeben, da der Fokus auf konkreter Umsetzung liegt.

### Gründerzeitstadt 2.1, Ida Pirstinger, 2014

Gründerzeitstadt 2.1 beschäftigt sich methodisch mit der block-, bzw. quartiersweisen Nachverdichtung von Blockrandbebauungen der Gründerzeit. Anhand städtebaulicher Analysen, typologischer Vergleiche und Testentwürfen werden Nachverdichtungsmöglichkeiten aufgezeigt, analysiert und evaluiert. Zu diesem Zweck wurde auf breiter Basis Literaturrecherche betrieben, wie auch bestehende Methoden studiert um sie in die Arbeit einzubinden. Einige davon wurden hier bereits gesondert angeführt. Die gewonnenen Erkenntnisse und die daraus abgeleiteten Methoden und Strategien lassen sich auf das Projekt EPIKUR übertragen. Das betrifft insbesondere die

angewandten Methoden zur vergleichenden typologischen Stadtanalyse, aber auch die Darstellung grundsätzlicher Nachverdichtungsstrategien und deren Aufgliederung in horizontale und vertikale Nachverdichtungsstrategien, wie auch die numerische Evaluierung von Potenzialen welche allgemein anwendbar und adaptierbar sind. Zudem konnten einige konkrete Ergebnisse und Methoden für den Use Case Herz Jesu Viertel direkt weiterverwertet werden, da die in Gründerzeitstadt 2.1 herangezogenen Referenzblöcke sich im selben Stadtquartier befinden. Auch der Use Case Triestersiedlung wurde in Gründerzeitstadt 2.1 bereits als Vergleichsobjekt städtebaulich eingeordnet, mit der Blocktypologie des Historismus verglichen und quantitativ bewertet. Die architekturhistorische und typologische Grundlagenaufbereitung der beiden Use Cases konnte daher für das Sondierungsprojekt stark verkürzt werden.

#### Urbane Ressourcen – aufstocken, verdichten - umnutzen, Petra Müller, 2015

Das Buch ist eine auf die deutsche Rechtslage abgestimmte Sammlung und Analyse von nachverdichtungsrelevanter Gesetzesmaterie und deren Anwendbarkeit samt Praxisbeispielen. Auch wenn das Werk weder direkt auf die österreichische Situation übertragbar ist, noch eine allgemein gültige Anleitung für Nachverdichtung liefert, so ist es doch nützlich um einen Überblick über raum- und stadtplanerisch relevante Kriterien und Parameter zu erhalten. Zudem liefert es einige interessante Strategieansätze für Bestandserweiterungen und kann so zur Überprüfung der eigenen Hypothesen hilfreich sein.

#### Sustainable Urban Patterns, Jan Halatsch, 2013

Jan Halatsch beschäftigte sich im Rahmen des Teilprogramms „Sustainable Urban Patterns“ mit der Entwicklung eines 3D Zonenplans. Dies ist ein interaktives Werkzeug zur Darstellung und Abbildung von Baugesetzen und Planungsrichtlinien und deren räumlichen Auswirkungen. Es soll dazu dienen, integrative Planungsprozesse zu unterstützen. Das Tool versteht sich als Plattform zur Überprüfung von Entwicklungsstudien

### **1.2.3 Die Verallgemeinerbarkeit von städtebaulichen Regeln und Richtlinien / Der urbane Code**

Für die Entwicklung parametrischer Methoden zur iterativen Exklusion des unbebaubaren urbanen Raumes sind allgemein gültige Regeln bzw. Grundalgorithmen erforderlich, die je nach individuellen lokalen Bedürfnissen angepasst werden können. Der Bezug in diesem Projekt ist vorerst die mitteleuropäische Stadt, da hier historisch und kulturell bedingt ähnliche urbane Formen vorzufinden sind, also ein ähnlicher urbaner Code zugrunde liegt. Dieser Code lässt sich direkt ableiten von den jeweils bestimmenden städtebaulichen und raumplanerischen Regeln und Richtlinien, basierend auf politischem Willen, gesellschaftlichem Hintergrund und Zeitgeschmack. Diese bilden ein Regulativ um Stadtentwicklungsstrategien lenken und umsetzen zu können. Sie regulieren die Nutzung von Land, also wo, wie und was unter welchen Voraussetzungen gebaut werden darf. Sie sind im Bild einer Stadt bzw. eines Stadtquartiers ablesbar. Der urbane Code ist also reziprok lesbar - sowohl in den gebauten Strukturen als auch in den Regulativen selbst. (Kropf, 2011) Dabei ist anzumerken, dass in der Stadtplanungspraxis Instrumente sehr

unterschiedlicher Detailschärfe und auf unterschiedlichen Maßstabsebenen gebräuchlich sind, die je nach Stadt verschieden angewandt werden.

Die meisten Regulative entstanden europaweit in der Zeit des größten städtischen Wachstums gegen Mitte bzw. Ende des 19. Jahrhunderts. Als Beispiele genannt seien der Umbau von Paris unter Baron de Haussmann und Louis Napoleon III., die Bebauungspläne für Berlin von James Hobrecht oder das Großprojekt Wiener Ringstraße in Wien sowie die nachfolgenden Stadterweiterungspläne von Otto Wagner. Zusätzlich etablierten sich zur selben Zeit städtebauliche Leitpläne, Bebauungspläne und Zonierungspläne, die heutigen Flächenwidmungspläne. Der Großteil dieser Regeln zielte auf eine Verbesserung der Wohnsituation und der hygienischen Zustände und resultierte in einer Begrenzung des Bauvolumens durch Höhenbeschränkungen, Mindestabstände, Mindestbelichtung etc. Diese Faktoren prägen in ähnlicher Form auch heute den Großteil vorhandener Bauregulative, auch wenn das Bild neu gebauter Stadtquartiere aufgrund der strikten, in der Moderne etablierten räumlichen Funktionstrennung der zuvor Nutzungsdurchmischten Städte sich stark verändert haben mag.

Stark vereinfachend lassen sich die üblichen Regulative abstrahieren auf zulässige Höhen und Volumina, Verhältnisse zwischen bebauten und unbebauten Flächen, gewünschte Bauweise (offen oder geschlossen) sowie Abstände zwischen Gebäuden, um ausreichend Licht und Frischluft in die Gebäude und Gebäudezwischenräume zu bringen. Ein weiteres Instrument ist die Vorgabe von Baufluchtlinien an die angebaut werden muss bzw. die nicht überschritten werden dürfen. Auf Basis dieser Grundannahmen soll EPIKUR aufgebaut werden und anhand der Referenzquartiere in Graz lokalspezifisch aber auch verallgemeinernd ausgetestet werden.

#### **1.2.4 Evaluierung von Softwareprodukten**

Obwohl die Bedeutung der städtischen Verdichtung und ihrer Potenziale weithin anerkannt wurden, ist dieser Ansatz noch kein fester Bestandteil regelmäßiger stadtplanerischer Evaluierungen. Daher gibt es auch wenige Applikationen die sich mit der Analyse und Verdichtung bestehender urbaner Strukturen beschäftigen.

Allerdings gibt es eine Reihe von wertvollen Tools, die sich mit der Analyse einzelner Optimierungen und Potentiale nach der Verdichtung beschäftigen z. B. Solarpotential, Überschattungseffekt, Energieverbrauch, etc.

Ein Beispiel dafür ist Umi (Umi 2016), eine Rhino-basierte Entwurfsumgebung für die Modellierung der Umweltleistung von Nachbarschaften und Städten. Das Tool bietet eine umfassende Analyse des Energieverbrauchs (via EnergyPlus 2016) und des Walkability- und Tageslichtpotentials (über Daysim / Radiance). Eine weitere Option ist DIVA-for-Rhino (Diva 2016), ein hochoptimiertes Tageslicht- und Energiemodell-Plug-In für den Rhino-Nurbs-Modellierer. DIVA ermöglicht es Benutzern, eine Reihe von Umweltverträglichkeitsbewertungen von einzelnen Gebäuden und städtischen Landschaften durchzuführen, darunter Strahlungskarten, fotorealistische Renderings, klimatisierte Tageslicht-Metriken, Jährliche und individuelle Zeitschritt-Blendungsanalyse, LEED und

CHPS Daylighting Compliance und Single Thermal Zone Energie Und Lastberechnungen. Es ist jedoch zu beachten, dass die oben erwähnten Werkzeuge in Bezug auf den Bereich der relevanten Aspekte, die sie berücksichtigen, eher begrenzt sind. Dennoch nutzen beide Softwarelösungen die Rhino-Umgebung als Basis und unterstreichen damit dieses Tool als vielversprechende Lösung für die jeweilige Entwicklungsarbeit des EPIKUR-Projekts.

## 2 Verwendete Methoden

### 2.1.1 Generelle Vorgehensweise und allgemeine, projektbegleitende Methoden

Basis für die Durchführung aller Arbeitspakete und Fragestellungen war eine fundierte Literatur- und Internetrecherche, insbesondere zur Grundlagenerarbeitung für Stadtanalyse und urbane Nachverdichtung. Dafür konnte zu weiten Teilen auf den Vorarbeiten aus Gründerzeitstadt 2.1 aufgebaut werden. Neben der laufenden teaminternen Kommunikation wurden regelmäßig Teambesprechungen und Workshops mit allen Mitgliedern des interdisziplinären Teams abgehalten um Fortschritte und weitere Vorgehensweisen transparent abzuklären und das fächerübergreifende Verständnis zu fördern.

Stakeholdergespräche, insbesondere mit den Planungsbehörden der Stadt Graz, aber auch dem Wohnungsamt, begleiteten die gesamte Projektlaufzeit. Diese wurden vor allem zu Beginn, also im Rahmen der Use Case Selektion, der Erhebung der vorhandenen Datenbestände und Konkretisierung der Fragestellungen, intensiv geführt. Auch gegen Ende der Projektlaufzeit als Feedback und zur Entwicklung weiterführender Strategien für die Zukunft wurde dieses Instrument genutzt. Solche Gespräche beinhalteten sowohl allgemeine Fragestellungen, Fragen zur Grundlagen- und vor Ort.

Eine besondere Stellung kommt dabei dem gemeinsamen Workshop mit VertreterInnen aus allen relevanten, der Stadtbaudirektion unterstellten Abteilungen, dem Wohnungsamt, Immobilienamt und der Gebäude- und Baumanagement Graz GmbH gegen Ende der Projektlaufzeit zu. Dieser wird in einem Ergebniskapitel gesondert behandelt.

### 2.1.2 Die Exklusion des urbanen Negativraumes als Grundkonzept

Zu Beginn des Projektes wurden in einem internen Workshop neben einer gemeinsamen Terminologie und einem Methodenabgleich allgemeine Ziele, Nutzen und potenzielle konkrete Anwendungsmöglichkeiten eines generischen Tools zur Ermittlung von urbanen Nachverdichtungspotenzialen diskutiert und als Vision formuliert. Das Ziel einer selektiven und iterativen Restraumsimulation zur Potenzialabschätzung sollte auf drei grundlegenden Möglichkeitsebenen stattfinden:

- (I) Faktische Potenziale - Aktualitäts- und praxisbezogen anhand geltender Richtlinien
- (II) Sinnvolle Potenziale - Unter Ausschaltung der geltenden Rechtslage aber Einbeziehung anerkannter räumlicher Notwendigkeiten;
- (III) Potenziell wünschenswerte Maximalvariante

Rasch kristallisierte sich dabei die Notwendigkeit heraus, den urbanen Raum und seine Potenziale hinsichtlich ihrer physischen Eigenschaften zu erfassen und Disziplinen übergreifend verständlich zu beschreiben, also eine Ontologie der Nachverdichtungspotenziale zu verfassen, um eine gemeinsame Sprache mit der Softwaretechnik zu finden. Dies sollte unter anderem über eine Matrix der Einschränkungen (Constraints) für urbane Nachverdichtung unter Berücksichtigung der Bestandsbauten erfolgen. Die Parameterformulierung und Kriterien-Gliederung zur Festlegung der Constraints wurden folgendermaßen angegangen:

- Primäre Exklusionsräume (zB. Straßen, Plätze, städtische Grünräume, ...)
- Funktionale Exklusionsräume (zB. erforderliche Minimalabstände zwischen urbanen Raumblocken/existierenden Bauwerken, bauphysikalisch bedingte Constraints bezogen auf erforderliche Besonnung, Tageslicht, sowie Sicherheitsanforderungen, etc.)
- Legistische (und damit hypothetisch veränderliche) Exklusionsräume entsprechend den geltenden Baugesetzen, Bebauungsrichtlinien und Flächenwidmungen
- Experimentelle und als Zukunftspotential zu behandelnde Exklusionsräume – städtebauliche Möglichkeitsräume.

Die ersten drei dieser Parameter wurden auf fünf Formalismen abstrahiert:

- nicht bebaubare Flächen und Räume (irreclaimable spaces)
- Tageslichteinfall (light)
- nicht anbaubare Flächen (non-attachable surfaces)
- Mindestabstände (minimum interspaces)
- Maximalhöhe - statisch ableitbar + rechtlich (height)

Energie- und Klimathemen ebenso wie Mobilitätsaspekte sollten nicht als Constraints einbezogen werden, sondern nach Ermittlung der räumlichen Potenziale in Folgeschritten evaluiert werden.

Die experimentellen Exklusions- und Möglichkeitsräume würden sich durch Variablensetzung innerhalb der anderen drei Grundkriterien und der fünf Formalismen bilden lassen.

### **2.1.3 Übersetzung von städtebaulich relevanten Regeln in allgemeine Constraints**

Die Strategie zur allgemeinen Ausformulierung der Constraints als Basis für die Softwareprogrammierung war es, jene Teile des urbanen Gesamttraumes zu identifizieren und eliminieren, die nicht bebaubar sind. Als konkrete Beispiele seien hier Wasserflächen, Wälder, Parks, Verkehrswege oder andere nicht als Bauland nutzbare Flächen wie Flächen vor Fenstern, etc. angeführt. Die meisten dieser Einschränkungen basieren auf technischen und/oder hygienischen Überlegungen sowie Raumordnungsaspekten und finden ihren Niederschlag in den einschlägigen Gesetzen und Richtlinien zur Raumplanung, in Stadtentwicklungskonzepten, Flächenwidmungsplänen bis hin zu den Bauordnungen. Auch wenn im Sondierungsprojekt der Fokus auf einem generischen, also allgemein anwendbaren Werkzeug lag, erwies es sich als zielführend, bestehende Rechtsmaterie einzubeziehen, da die Systematik der städtebaulich relevanten Gesetze zumindest innerhalb des mitteleuropäischen Kulturkreises nicht sehr stark variiert.

Da in Folge anhand zweier Use Cases in Graz sämtliche Hypothesen getestet und simuliert werden sollten, wurden die für Graz relevanten Gesetze, städtebaulichen Leitbilder und Rahmenplanungen herangezogen, um die Einschränkungen für urbane Nachverdichtung auszuformulieren. Konkret wurde zuerst die gesamte rechtsrelevante Materie recherchiert, einflussgebende Paragraphen exzerpiert, nach Einflussfaktoren bzw. den fünf Formalismen gruppiert und vereinfacht festgehalten (siehe Literaturliste Rechtsmaterie). Die fünf

Formalisten „nicht bebaubare Flächen und Räume“, „Tageslicheinfall“, „nicht anbaubare Flächen“, „Mindestabstände“ und „Maximalhöhe“ mussten um eine Gruppe von Einflussfaktoren ergänzt werden, definitionsabhängige Parameter, die jedoch fast in jedem städtebaulichen Rahmenplan vorkommen und gewisse Regeln implizieren. Als Beispiel genannt seien Grundgrenzen, Straßenfluchtlinien, Baufluchtlinien. Aus all diesen abstrahierten rechtlichen Bestimmungen wurden allgemeingültige Regeln formuliert. Die konkreten Größenordnungen innerhalb der lokalen Gesetze, wie zum Beispiel Mindestabstände oder Lichteinfallswinkel wurden so zu justierbaren Parametern umgedeutet und damit variabel gemacht um sie auch außerhalb des Einflussgebiets der in Graz gültigen Rechtsmaterie anwendbar zu machen.

In der praktischen Umsetzung trat allerdings eine nicht unbedeutende Unschärfe der Gesetzesmaterie zu Tage. Nicht immer ist eindeutig, wann und wie einzelne Paragraphen zu interpretieren und anzuwenden sind. Zudem gibt es zahlreiche Abhängigkeiten zu beachten, die die Deutung beeinflussen. Zu mehreren Detailfragen wurden daher Fachgespräche mit Behördenvertretern geführt beziehungsweise Rechtsauskünfte eingeholt, mit dem Ziel, die Hintergründe zu erläutern und Unklarheiten zu beseitigen. Unter anderen wurde mit folgenden ExpertInnen kommuniziert. Die Ergebnisse flossen in die weiteren Betrachtungen ein.

- Magistrat Graz, Bau- und Anlagenbehörde, Referat für Rechtsmittelangelegenheiten, Mag. Dr. LL.M. Bernhard Kante bezüglich Rechtshierarchien und Auslegung städtebaulich relevanter Paragraphen sowie baurechtlicher Detailfragen (15.3.2016)
- Magistrat Graz, Stadtplanungsamt, DI Bernhard Inninger, DI Klemens Klinar, bezüglich räumlichem Leitbild, FLÄWI (2016), STEK 4.0 (4.4.2016)
- Land Steiermark, Abteilung 13, Bau- und Raumordnung, Mag. Dr. Schwarzbeck bezüglich Detailfragen zum Steiermärkischen Baurecht (12.2.2016)
- Land Steiermark, Abteilung 14 Wasserwirtschaft, DI Urs Lesky bezüglich Freihaltezonen entlang von Gewässern und Hochwasserschutzzonen (23.2.2016)
- Land Steiermark, Landesstraßenverwaltung, Dr. Günter Kaspar bezüglich Bauverbotszonen entlang von Straßen (22.2.2016)
- Energie Steiermark bezüglich Nutzungsbeschränkungen entlang von Hochspannungsleitungen bzw. Abstandsermittlung (24.2.2016)
- Österreichisches Institut für Bautechnik, Referat für Bauphysik, DI Hubert Meszaros bezüglich oib-Richtlinie 3 – Tageslicheintrag (16.2., 2.8.-21.11.2016)
- Sachverständigenbeirat für bautechnische Richtlinien des OIB, HR Arch. DI Franz Vogler bezüglich oib-Richtlinie 3 – Tageslicheintrag (2.8.-21.11.2016)

#### **2.1.4 Zwei Use Cases als Testfelder**

Anhand eines exemplarischen Testfeldes aus zwei Stadtquartieren für Versuch und Gegenprobe wurden die inhaltlichen Aspekte des Projektes empirisch und explorativ durchexerziert und simuliert sowie veranschaulicht.

Die Auswahl dieses Testfeldes erfolgte in Zusammenarbeit mit der Stadtbaudirektion Graz und stand in engem Zusammenhang mit den Attributen der Quartiere. Weiteres wurde das Wohnungsamt der Stadt Graz in den Auswahlprozess einbezogen. Wichtige Kriterien waren beispielsweise die typologische Eignung und eine positive Prognose hinsichtlich räumlicher Nachverdichtungspotenziale. Zudem sollten sich die Quartiere nicht nur in zentraler urbaner Lage befinden, sondern für die Stadt von entwicklungsstrategischem Interesse sein. Zur Durchführbarkeit musste auch das Thema der Datenverfügbarkeit bei der Auswahl mit einfließen. Um Aussagen über die Auswirkung von Gebäude- und Stadttypus auf Nachverdichtungsstrategien und -potenziale generell, aber auch die damit in Verbindung stehenden Evaluierungs-, Analyse- und Programmierungsprozesse speziell treffen zu können, wurde Wert auf die Auswahl von zwei unterschiedlichen stadtmorphologischen Bautypen gelegt. Die gewählten Stadtquartiere sind:



Abbildung 1: Use Cases: Herz Jesu Viertel (links), Siedlungsgebiet Triesterstraße (rechts), © Google 2017.

### Use Case 1: Herz Jesu Viertel



Abbildung 2: Sparbersbachgasse, Fotomontage © I.Pirstinger

Das Herz Jesu Viertel ist ein traditionelles bürgerliches Wohnquartier aus dem Ende des 19. Jahrhundert mit geschlossenen Blockrandbebauungen wie sie für Graz typisch sind.

Aufgrund der weitgehend moderaten Gebäudehöhen und der weitgehend unbebauten Höfe sind Nachverdichtungspotenziale vorhanden.



Abbildung 3: Sparbersbachgasse, Foto: I. Pirstinger

Innerhalb der Grenzen des gewählten Quartiers befinden sich auch die in Gründerzeitstadt 2.1 (Pirstinger, 2014) im Detail bearbeiteten Referenzblöcke anhand derer mit empirischen sowie explorativen Methoden mögliche Nachverdichtungsstrategien und quantitative wie qualitative Potenziale aufgezeigt wurden. EPIKUR knüpft direkt an die Ergebnisse dieser Arbeit an und entwickelt die angewandten Methoden weiter. Laut Stadtentwicklungskonzept (STEK 4.0) soll das Gebiet unter Beibehaltung des Quartierscharakters nachverdichtet werden.

## Use Case 2: Siedlungsgebiet Triesterstraße



Abbildung 4: Reihersstadlgasse 1-15, Fotomontage M. Raudaschl

Das gewählte Siedlungsgebiet links und rechts der Triesterstraße umfasst heute mehrere Sozialsiedlungen, die von unterschiedlichen Wohnbaugenossenschaften verwaltet werden. Zum Teil stehen sie im Eigentum der Stadt Graz und umfassen Gemeindewohnungen für die niedrigsten Einkommensgruppen. Die ältesten beiden Siedlungsblöcke wurden von der Stadt

Graz errichtet um die Wohnungsnot nach dem ersten Weltkrieg zu lindern. (vgl. Rieser 1988). Es handelt sich dabei um von innen erschlossene Wohnhöfe.



Abbildung 5: Triesterstraße, Foto: I.Pirstinger

Die weiteren in das Projekt einbezogenen Siedlungsteile wurden während des zweiten Weltkriegs als Offizierswohnungen und Umsiedlerhäuser errichtet und folgen einem gemeinsamen Masterplan, auch wenn es sich um unterschiedliche Bauabschnitte, Bauträger und Haustypen handelt. Großteils handelt es sich bei den Bauformen um langgestreckte Riegel, die von den Straßen zurückgesetzt offen um Innenhöfe gruppiert wurden.

### 2.1.5 Stadtanalyse

Um räumliche Nachverdichtungspotenziale quantitativ festzustellen, wären stadträumliche Analysen nicht unbedingt erforderlich. Das würde allerdings zu rein technokratischen Lösungen führen und der Komplexität der Stadt nicht gerecht werden. Qualitätsvolles Weiterentwickeln bestehender Stadtquartiere auf Basis der bestehenden Bausubstanz erfordert jedoch eine sehr genaue Kenntnis der Charakteristik eben dieses Bestandes und seiner Interpretation. Auch für die Festlegung von Nachverdichtungsstrategien und um den Einfluss von Stadt- und Gebäudetypologien auf Nachverdichtungsszenarien war es essentiell, die gewählten Quartiere zu analysieren und morphologisch, typologisch und architektonisch einzuordnen und zu vergleichen. Dies erfolgte durch Anwendung eines Methodenbündels und differenzierte Betrachtungsweisen aus unterschiedlichen Blickwinkeln

auf mehreren Maßstabsebenen. Die Grundmerkmale der Methoden sind in den Unterkapiteln 1.2.1 und 1.2.2 grob umrissen.

- Stadtbausteine – die baulichen Elemente der Stadt (vgl. Schenk, 2013)
- Stadtmorphologie – historisch, gestalterisch, hinsichtlich Funktion + Komposition sowie Gegenüberstellung mit bauhistorischen Referenzbeispielen (= analytisches Verstehen) (vgl. Caniggia, Maffei, 2001)
- städtebaulichen Kennzahlen und multivariable Dichtedefinition (Berghauser Pont, Haupt, 2010)

Da der Großteil dieser Analysetätigkeiten nicht zu den eigentlichen Projektzielen von EPIKUR zählt, sondern Hilfsmittel und Grundlagen für die weitere Projektarbeit generiert, werden die Ergebnisse hier in diesem Unterkapitel zusammengefasst:

#### **2.1.5.1 Stadtbausteine und morphologische Analyse – Erkennen von städtebaulichen Mustern, Ordnungs- und Gestaltungsprinzipien:**

Die untersuchten Elemente der Stadt bilden innerhalb des Stadtgefüges eine Maßstabshierarchie. Die Untersuchung im Projekt erfolgt auf der Maßstabsebene des Stadtquartiers und seiner Unterelemente. Laut Schenk et al, 2013, S. 148 entspricht ein Quartier einer Nachbarschaft bzw. einem Stadtbaufeld, also einer Gruppe von Baufeldern, die in funktionalen oder gestalterischen Zusammenhang stehen. Während das Stadtbaufeld eindeutig räumlich, städtebaulich und architektonisch eingrenzbar ist, zumindest wenn man die Stadtentwicklung auch historisch verfolgt, so ist die Nachbarschaft (das Quartier) nicht unbedingt nur baulich determiniert sondern beschreibt auch ein soziales Gefüge. Da dieses soziale Gefüge oftmals stärker in Erscheinung tritt als typologische und städtebauliche Faktoren und Zugehörigkeit bzw. funktionelle und soziale Zusammengehörigkeit ausdrückt, muss ein Quartier nicht oder nicht nur in jedem Fall auf bautypologische Eigenschaften zurückzuführen sein. Zusammengehörigkeit oder Nutzungsabhängigkeiten sind hierbei oft bestimmender, zB. Nahversorgung, Haltestellen, urbane Infrastruktur, Parks, jegliche Brennpunkte von allgemeinem lokalem Interesse.

Die ausgewählten Stadtausschnitte wurden zu typologisch bearbeitbaren Quartieren zurechtgestutzt. Im Fall von **Use Case 1** hätte man das Quartier auch um einige Blöcke größer oder kleiner wählen können, es wäre immer noch eine Nachbarschaft, bedingt durch einheitliche stadttypologische Ausprägung, Kirche, Läden, etc. Die für das Gründerzeitquartier typische Subdivision ist ein Baufeld (Bott et al., 2010, 150), der Block. Dieser stellt eine städtebauliche Grundform (Typus) dar. Dieser Stadtbaustein (vgl. Schenk, 2013, 103) wird gebildet aus dem charakteristischen Gebäudetypus des bürgerlichen Mietshauses, welches multipliziert und zu einer geschlossenen Großform aneinandergereiht wird. Ein weiteres Charakteristikum ist der Bezug dieser Gebäudegruppe zum Freiraum. Straßenseitig bilden die aneinandergereihten Fassaden eine klare und abrupte Abgrenzung zwischen dem öffentlichen Raum der Straße und den privaten Innenräumen der Häuser. Die dahinter liegenden Innenhöfe sind halböffentlich, das heißt nur der Hausgemeinschaft zugänglich.

**Use Case 2** – Siedlungsgebiet Triesterstraße wurde gegenüber dem ursprünglich vorausgewählten Stadtausschnitt ebenso verkleinert, nämlich auf die Baufelder mit besonders ähnlichen Bautypen, ein Stadtbaufeld. Die Nachbarschaft selbst könnte man auch weiter fassen. Innerhalb dieses Stadtbaufeldes lassen sich zwei grundsätzliche Bautypen identifizieren: die beiden Wohnhöfe aus der Zwischenkriegszeit als älteste Bauformen und Zeilenbebauungen. Erst auf den zweiten Blick erschließt sich der grundlegende Unterschied zwischen den Blockrandbebauungen des 19. Jahrhunderts und den Wohnhöfen von nach der Jahrhundertwende. Während der ältere Bautyp ein ausgesprochen urban zum öffentlichen Raum ausgerichtet ist, orientiert sich der Wohnhof nach innen und wird auch von da aus erschlossen. Die Abgrenzung zwischen öffentlichem Raum und privaten Bereichen verliert an Schärfe. Außerdem wird der Hof nicht durch die Aneinanderreihung ähnlicher sondern gleicher Häuser gebildet. Er ist nicht ein Gemeinschaftswerk vieler Bauten sondern ein Einzelwerk. Bei den jüngeren Zeilenbebauungen wird diese Entwicklung weitergeführt. Zwar gibt es auch hier unterschiedliche Häusertypen, sie spielen städtebaulich aber keine Rolle. Durch die Zurücksetzung der Gebäude von der Straße wird privater Grünraum zur bloßen Abstandsfläche, Die Grenze zwischen öffentlich und privat ist nur noch am Plan feststellbar.

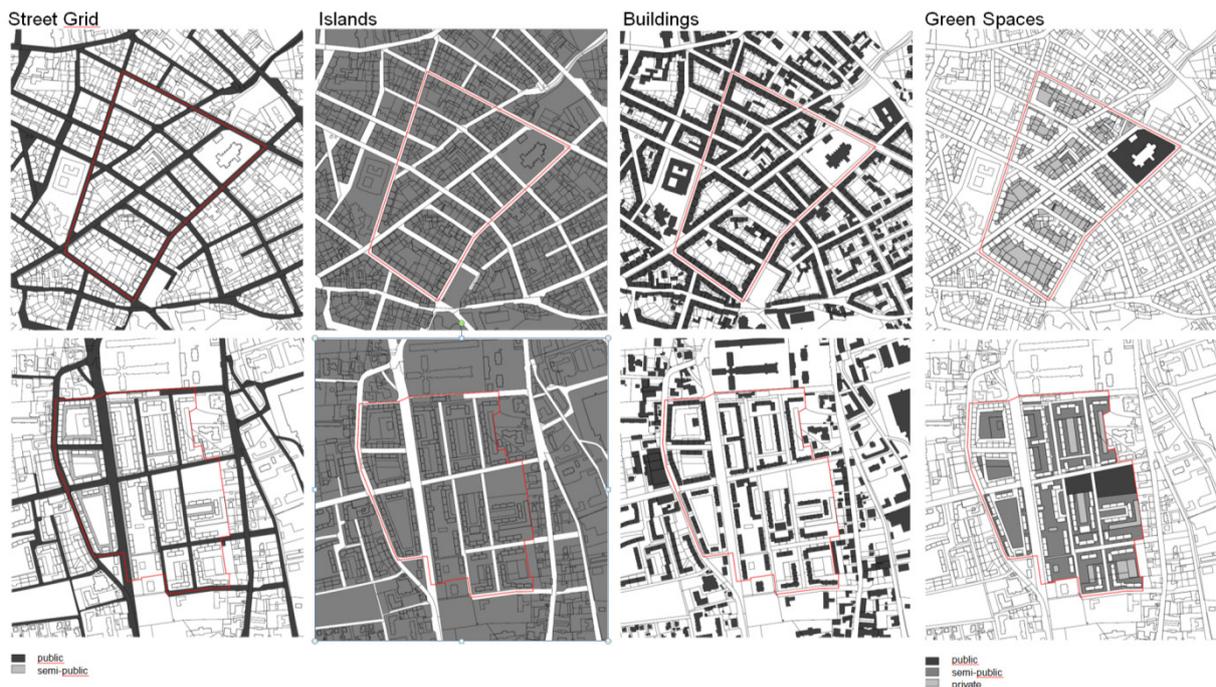


Abbildung 6: Stadtmorphologie, eigene Ausarbeitung: Pirstinger, Raudaschl

Obwohl beide Quartiere einander ähneln, zum Beispiel durch die hofbildenden Strukturen und grünen Innenhöfe, lassen sie sich typologisch und morphologisch klar unterscheiden, wie auch aus der Gegenüberstellung der morphologischen Grafiken hervorgeht. Die traditionelle Gründerzeitstadt baut sich auf einem Raster aus geraden Straßen auf. Die wenigen vorhandenen Krümmungen lassen sich auf die Eingliederung einiger älterer Baubestände zurückführen. Die Baufelder sind komplett vom öffentlichen Raum der Straßen umgeben und bilden so geschlossene Blöcke, hier konkret Blockrandbebauungen - Inseln.

Der Raster der Sozialsiedlung ist an einigen Stellen unterbrochen. Die Gebäudezeilen sind in hofbildenden Arrangements angeordnet, die Höfe sind jedoch offen und frei zugänglich. Eine Inselbildung erfolgt nicht.

Während die historistischen Blöcke sich streng zur Straße hin orientieren und auch direkt von dort erschlossen werden, sind die Zeilen selbstbezogen und von Abstandsflächen oder Innenhöfen aus erschlossen.

In beiden Nachbarschaften gibt es sowohl öffentliche als auch private Grünflächen. Der Unterschied bei den privaten Grünflächen liegt in der Zugänglichkeit.

### 2.1.5.2 Quantitative Analysemethoden / multivariable Dichteparameter nach Spacematrix (Berghauser Pont, Haupt, 2010)

Diese multivariablen Dichteparameter können selbstverständlich eine Stadt nicht umfassend beschreiben, sie drücken aber dennoch weit mehr aus, als die bei uns gebräuchlichste städtebauliche Kennzahl, die Bebauungsdichte. Die Buchstaben A bis H im Diagramm bezeichnen unterschiedliche Gruppen Niederländischer Siedlungen aus dem originalen Spacemate Diagramm. Die querlaufenden schwarzen Kurven wurden von Philipp Steadman (2014, 278) eingefügt, um die Ergebnisse aus den Niederlanden in Bezug zu den von Martin & March (aus: Steadman, 2014, 265) beschriebenen allgemeinen Bauformen Hof, Zeile und Einzelhaus (court, street, pavilion) zu bringen.

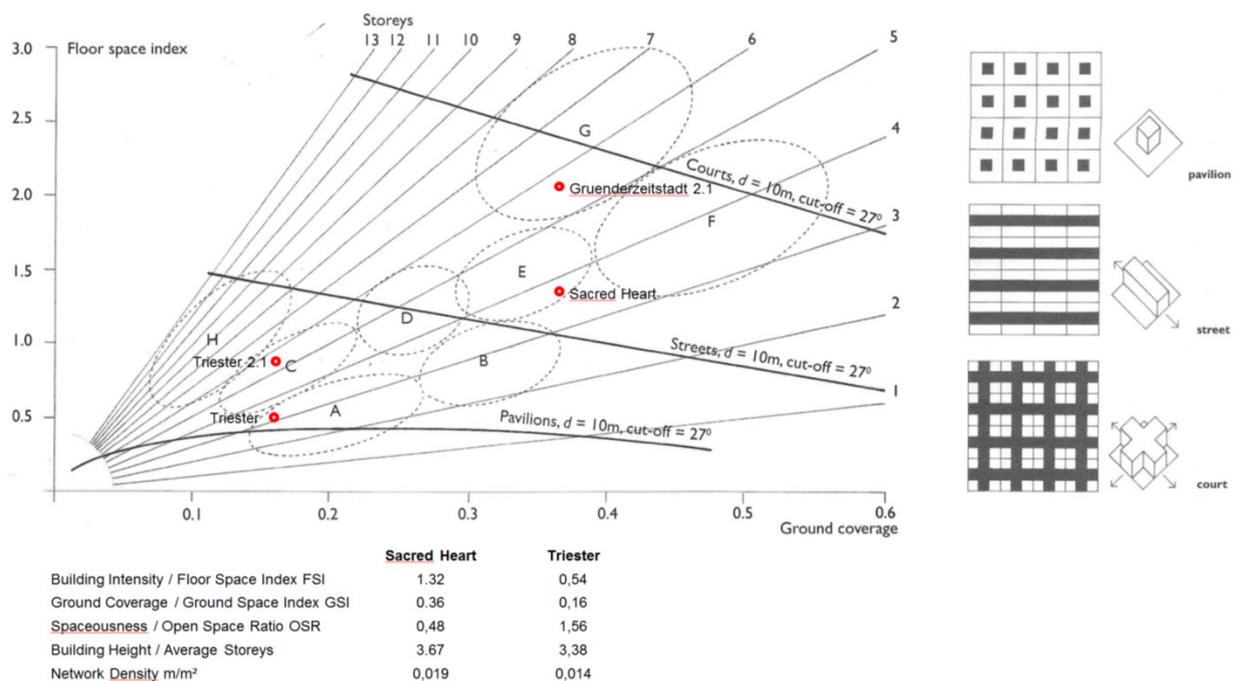


Abbildung 7: Spacemate & generische Bauformen, nach Berghauser-Pont & Haupt (2010) und Martin & March aus: Steadman (2014) ;eigene Bearbeitung I.Pirstinger

Die Triestersiedlung, obwohl ihre Erscheinung und Morphologie eindeutig zwischen Zeilentyp und Hoftyp einzuordnen ist, ist im Diagramm wegen der geringen Bebauungsdichte im Bereich Einzelhaus angesiedelt. Das Herz Jesu Viertel ist wesentlich dichter bebaut und

morphologisch zweifellos ein Blocktyp, verglichen mit anderen Blocktypen jedoch wesentlich weniger dicht, was die Positionierung im Bereich Zeilentyp im Diagramm erklärt. Die in Gründerzeitstadt angewandte Nachverdichtungsmethode, eine durchschnittliche Addition von zwei Vollgeschossen würde beide Quartiere im Diagramm näher an die Durchschnittsgraphen ihrer generischen Form bringen.

### **2.1.6 Räumliche Test-Simulation in den Use Cases und Regelerprobung**

Mögliche zukünftige Entwicklungen, insbesondere Potenziale zur urbanen Nachverdichtung, wurden sowohl theoretisch-empirisch „quantitativ“ nach geometrischen und räumlichen Maximalmöglichkeiten aber auch „qualitativ“ problem- und lösungsorientiert mit konkreten Testentwürfen evaluiert. Die Integration empirischer Methoden mit dem städtebaulich - architektonischen Entwurf ist eine in Architektur und Städtebau gebräuchliche Methode und die Methode erster Wahl, wenn die Überlagerung abstrakter Prinzipien des Erkenntnisgewinns mit der praktischen Anwendung von planungs- und gestaltungsrelevanten Gesichtspunkten auf konkrete Gegebenheiten und Notwendigkeiten erforderlich ist. Entwürfe lassen einen realitätsnahen Blick auf Machbarkeiten und Verträglichkeiten zu, bzw. dienen dazu, Hypothesen und Strategien auszutesten und abzusichern.

Ziel der manuellen Testsimulationen war es, die für die Entwicklung einer innovativen und intelligenten IKT-gestützten Methode zur Ermittlung jenes zur Nachverdichtung besonders geeigneten Segments des urbanen Negativraums und verfügbaren Ausbauraums (Negativraum + Ausbauraum kann gemeinsam als Nachverdichtungspotenzial verstanden werden), erforderlichen Schritte zu ermitteln und zu erproben. Dies sollte erreicht werden durch eine schrittweise Elimination des Negativraums.

Dabei wurde wie folgt vorgegangen:

Konkret wurde zuerst anhand des Testquartiers Siedlungsgebiet Triesterstraße mit klassischen Architektenmethoden versucht, den urbanen Negativraum genau in der Abfolge und nach den Abhängigkeiten aus dem vorhandenen gesamten Raumvolumen schrittweise zu eliminieren, wie das in Zukunft parametrisch per Computer gemacht werden sollte. Das erfolgte mithilfe des 3D CAD Programms Rhinoceros (Rhino 3D 2016). Dabei sollten genau die Abläufe, Befehlsabfolgen, Abhängigkeiten und Verknüpfungen nachvollziehbar gemacht werden, die auch für die Programmierung einer generischen Software erforderlich sein würden. Das erfolgte unter „Laborbedingungen“. Alle Schritte wurden vorab geplant und die Durchführung dokumentiert.

Dafür erfolgte zu Beginn eine linguistische Strategiefestlegung unter Vorgabe eines Grobkonzepts samt Festlegung der Hierarchien, Verknüpfungen und Beziehungen der einzelnen Schritte zur Raumelimination sowie deren Reihenfolge. Die Annahmen wurden laufend hinsichtlich ihrer Logik und Beständigkeit in Feedbackschleifen überprüft. Als eines der ersten internen Arbeitspapiere lag eine Mindmap als Flow-chart mit grobem Ablaufkonzept und erforderlichen Feedbackschleifen als Wegweiser vor.

Bereits dabei wurde deutlich, dass viele Schritte innerhalb des Prozesses wiederholt werden müssten um Abhängigkeiten zu bedienen und die Ergebnisse zu optimieren. Nahezu jede Aktion zieht Konsequenzen nach sich, die die Bedingungen innerhalb des Versuchfeldes

ändern und daher die neuerliche Anwendung unterschiedlicher bereits erfolgter Schritte erforderlich machen. Diese Feedbackschleifen sind zur Erlangung eines optimierten Ergebnisses unerlässlich. Die Schwierigkeiten liegen darin, die zugrundeliegenden Bedingungen genau zu formulieren und Endlosschleifen zu vermeiden.

Parallel fand ein ständiger Dialog zwischen den Teams Architektur/Stadtplanung und Softwareentwicklung/ Programmierung statt um eine gemeinsame Sprache zu entwickeln.

Constraints Table (siehe Anhang 1) und Mindmap erwiesen sich in Folge als fachlich zu spezifisch um als Roadmap für die Programmierung erhalten zu können. Als neue Übersetzungsstrategie wurde ein Storyboard mit Skizzen und abstrahierenden Beschreibungen der Schritte samt Beschreibung der Querverbindungen zu Abhängigkeiten (erforderliche Feedbackschleifen) hergestellt. Dieses Storyboard (siehe Anhang 3) erwies sich als Kommunikationsmittel zwischen den unterschiedlichen Disziplinen als wesentlich zielführender.

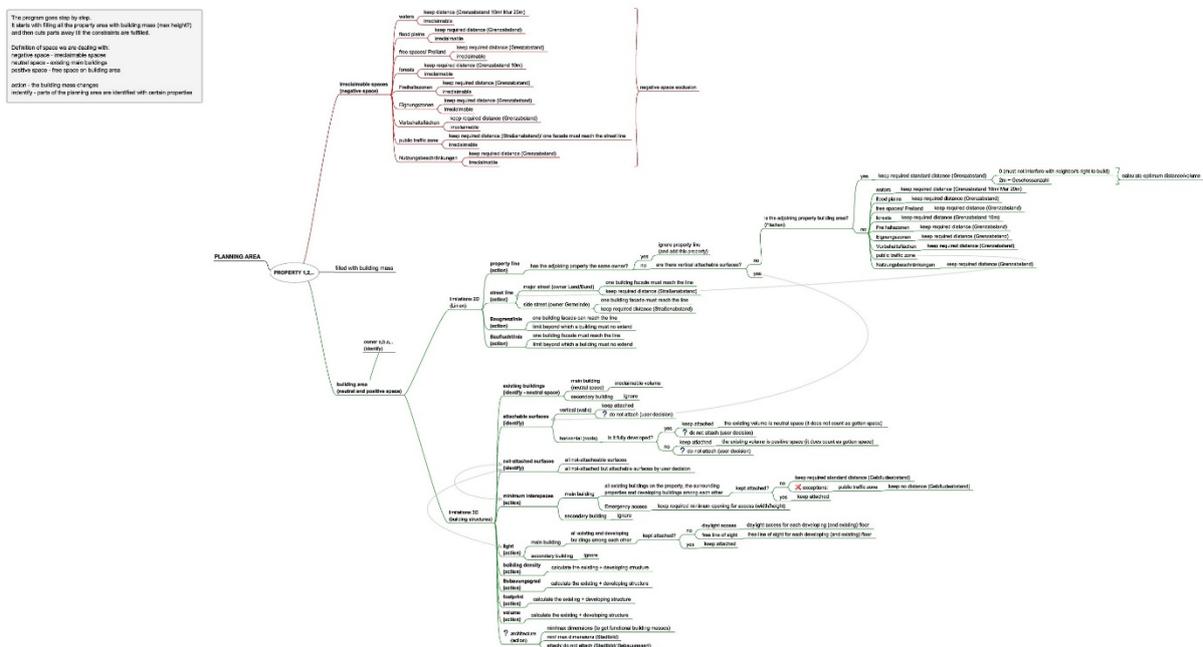


Abbildung 8: - Mindmap – Flowchart, eigene Ausarbeitung: Pirstinger, Majcen, Raudaschl

Nach erfolgter Testsimulation für ein Teilgebiet<sup>1</sup> des Siedlungsgebiets Triesterstraße anhand mehrerer unterschiedlicher Grundprämissen lagen unterschiedliche mögliche Maximalvolumen vor. In Testentwürfen wurde mithilfe von Grundrissen, Erschließungskonzepten und Höhenanalysen die „räumliche Machbarkeit“ innerhalb der zuvor ermittelten Maximalvolumen ermittelt um die Brauchbarkeit der ermittelten Volumen zu überprüfen.

Use Case 1, das Herz Jesu Viertel, diente zur Überprüfung und Absicherung der Annahmen. Auch hier wurde ein Teilgebiet zur Testsimulation ausgewählt, die einzelnen Schritte aus der

<sup>1</sup> Zur Bewältigung der Datenmengen wurde nicht das gesamte Quartier simuliert sondern je ein repräsentatives Teilgebiet herausgenommen, das alle relevanten Constraints enthält.

Testsimulation des Siedlungsgebiets Triesterstraße nachvollzogen und hinsichtlich ihrer Tauglichkeit für eine andere Stadt- und Gebäudetypologie überprüft. Auf Testentwürfe wurde verzichtet. Diesbezüglich wird auf Gründerzeitstadt 2.1 referenziert, wo Nachverdichtungsmöglichkeiten und konkrete Lösungsansätze detailliert besprochen sind.

### 2.1.7 Cafe EPIKUR: ExpertInnen-Workshop mit Stakeholdern der Stadt Graz

Stakeholder, mit denen zuvor einzeln oder in fachspezifischen Kleingruppen kommuniziert wurde, wurden für einen Nachmittag eingeladen um über urbane Nachverdichtung und ihre Wünsche und Erwartungen an ein Werkzeug wie EPIKUR zu diskutieren. Zur Vorbereitung des Workshops wurden mit allen eingeladenen AbteilungsleiterInnen persönliche Vorgespräche geführt, um individuelle Interessen und Zielvorstellungen konkret abzufragen. Diese sind in die Programmierung des Workshops eingeflossen. Die Zusammensetzung des Workshops wurde ausgesprochen interdisziplinär angelegt und deckte vielfältige Blickwinkel stadtplanungsrelevanter Aspekte ab.

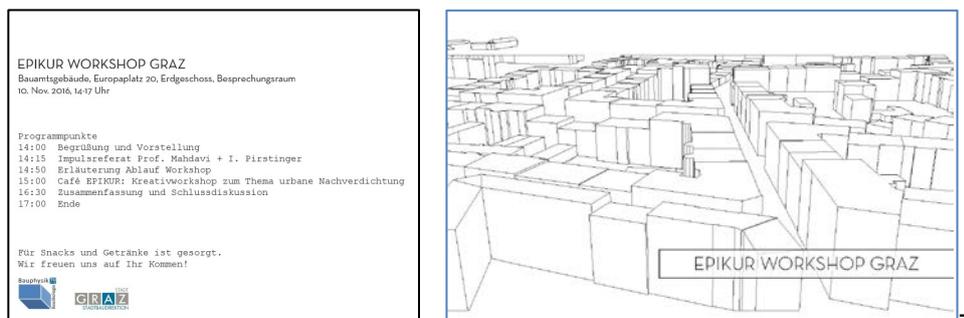


Abbildung 9: Einladungsflyer Cafe EPIKUR, eigene Ausarbeitung

#### Workshopthemen und Ziele:

- das Projekt und das gesamte Projektteam bei den AkteurInnen in Graz bekanntmachen (Bericht)
- Präsentation des Projektstatus und der bisherigen Erkenntnisse
- auftretende Herausforderungen und Lösungsmöglichkeiten interdisziplinär besprechen
- genauer als bisher erfahren, was die Planungsabteilungen brauchen bzw. sich wünschen aber auch worin über das Bekannte hinaus ihre Kompetenzen liegen
- Präzisierung der EPIKUR Fragestellungen für Nachfolgeprojekte: Einsatzmöglichkeiten, praxisrelevante Fragestellungen und Wege zur Umsetzung

Das Workshopformat wurde an die Methode des World-Cafe angelehnt. Diese Methode zielt auf eine effiziente aktive Einbindung großer Gruppen ab. Nach einer allgemeinen Themenpräsentation und Einführung werden in selbstgewählten Kleingruppen an cafehausartigen Tischen konkrete, von außen vorgegebene Fragen in entspannter Atmosphäre diskutiert. Nach Ablauf einer vorgegebenen Zeitspanne werden die Gruppenszusammenstellungen durch Wechsel der Tische verändert und die Frage vertieft

oder eine weiterführende Frage gestellt. Dazwischen gibt es Kurzzusammenfassungen der Besprochenen Inhalte und Ergebnisse vor dem gesamten Gremium. Ziel ist nicht die Ausarbeitung konkreter Ergebnisse sondern unkomplizierte ergebnisoffene inhaltliche Diskussion um ein möglichst umfangreiches Meinungsspektrum auszuloten.

Angefragt wurden folgende Ämter und Abteilungen der Stadt Graz, wobei die Einladungen direkt an die obersten Führungskräfte sowie die bisherigen AnsprechpartnerInnen im Projekt ergingen:

<b>Stadtbaudirektion</b>	Stadtbaudirektor DI Mag. Bertram Werle DI Kai-Uwe Hoffer
<b>Stadtplanungsamt</b>	DI Bernhard Inninger (Leiter) DI Elisabeth Mahr (Bebauungsplanung) DI Eva Maria Benedikt (Stadtentwicklung / Flächenwidmungsplanung) Mag. Oliver Konrad (Stadtentwicklung / Flächenwidmungsplanung) mit dem Wunsch nach Entsendung einer fachlich möglichst breit aufgestellten Gruppe
<b>Stadtvermessungsamt</b>	DI Elke Achleitner (Abteilungsleiterin) Wilfried Ganster Speziell interessante Fachrichtungen: 3d Stadtmodell, virtuelle Stadt, GIS, OGD
<b>Wohnen Graz</b>	Mag. Gerhard Uhlmann (Leiter) Dr. Silvia Schnepf
<b>Immobilien Graz</b>	Katharina Peer (Leiterin) Karl Roschitz
<b>GBG Gebäude- und Baumanagement Graz GmbH</b>	Mag. Günter Hirner (Leiter)

Die AdressatInnen wurden angehalten, nach eigenen Interessen zusätzliche Personen oder Abteilungen zu entsenden bzw. einzuladen.

Tatsächliche TeilnehmerInnen:

<b>Stadtbaudirektion</b>	DI Kai-Uwe Hoffer DI Bernd Schrunner Mag. Christian Nußmüller
<b>Stadtplanungsamt</b>	DI Elisabeth Mahr DI Eva Maria Benedikt Mag. Oliver Konrad
<b>Wohnen Graz</b>	DI Herbert Rauscher
<b>Immobilien Graz</b>	Karl Roschitz
<b>GBG Gebäude- und</b>	Mag Günter Hirner (Leiter)

Das Stadtvermessungsamt hat von einer Teilnahme Abstand genommen, da es seine Rolle als die eines Dienstleisters betrachtet und weniger als aktiven Mitdiskutanten und Akteur in stadtentwicklungsstrategischen Fragestellungen.

Von der Abteilung für Bauphysik und Bauökologie nahmen teil:

Prof. Ardeshir Mahdavi  
Glawischnig Stefan  
DI Dr. Kristina Kiesel  
BSc. Dr. med. Martina Majcen  
DI Dr. Ida Pirstinger (Workshopleitung)  
BSc. Matthias Raudaschl  
DI Dr. Milena Vukovic

Die Fragen lauteten:

1: Stellen Sie sich vor, die besten Softwareentwickler der Welt mit der größtmöglich verfügbaren Rechenleistung stehen uns für die Entwicklung von EPIKUR zur Verfügung. Lassen Sie Ihrer Phantasie freien Lauf. Welche Fragen würden Sie an das zu entwickelnde Programm stellen? Was möchten sie dargestellt / simuliert haben?

2: Mit welchen realpolitischen und/oder praktischen Schwierigkeiten ist zu rechnen?

3: Was wäre an Basiswissen bzw. zusätzlicher Expertise erforderlich um die erwünschten Ergebnisse möglich zu machen?

Tatsächlich liefen die Workshoprunden etwas anders als geplant ab, jedoch aus Sicht der VeranstalterInnen nicht zum Nachteil. Der Diskussionsprozess an den Tischen nahm eine eigendynamische Entwicklung. Nach Formulierung der ersten Frage gruppierten sich zwei fachlich gut durchmischte Tische und begannen sofort zu diskutieren. Der dritte blieb unbesetzt, was etwas größere Expertinnenrunden als vorgesehen ergab. Daraus resultierte ein breiteres Erfahrungs- und Meinungsspektrum mit entsprechend längerem und intensiverem Gesprächsbedarf. Die TeilnehmerInnen bevorzugten die Diskussion in größeren Runden. Auch auf die strikte Einhaltung des Zeitplans wurde in Folge verzichtet. Die Gespräche starteten an beiden Tischen mit Stellungnahmen zu den Hypothesen der Inputreferate und praktischen Problemen der Nachverdichtung. Allmählich begann man sich aber auf die konkrete Fragestellung zu fokussieren ohne jedoch den Praxisbezug aus den Augen zu verlieren. Die Diskussionen entwickelten sich ausgesprochen konstruktiv, vielschichtig und intensiv. Zusätzliche Aspekte und Themen zur anfänglichen Fragestellung ergaben sich wie von selbst. Die geplanten Folgefragen wurden ohne gestellt werden zu müssen weitgehend mit abgehandelt. Auch ohne Wechsel der Zusammensetzung der Diskussionsrunden war das Gesprächsthema so ergiebig, dass immer neue Aspekte aufgegriffen wurden. Die Tischdecken aus Papier wurden mit Notizen gefüllt. Ein Eingriff von außen hätte keine Vorteile gebracht sondern nur den Gesprächsfluss und die positive Dynamik gestört.

Gegen Ende der Veranstaltung versammelten sich alle verbliebenen DiskutantInnen um einen gemeinsamen Tisch, um sich über die Gesprächsthemen und Ergebnisse auszutauschen.

## 3 Ergebnisse

Die durchgeführten Untersuchungen, verschiedenen angewandten Methoden und ausgeführten Testsimulationen führten je nach Fragestellung und Zielsetzung zu unterschiedlich verwertbaren und interpretierbaren Ergebnissen. Der Versuch Wissenslücken zu füllen mündete nicht immer nur in konkreten Antworten sondern öffnete oftmals auch Perspektiven auf neue Fragestellungen und Betrachtungswinkel. Dies war im Sondierungsprojekt durchaus zu erwarten und erwünscht. Es ergibt sich daraus eine Fülle an Themen und Richtungsweisungen die in weiterführenden Projekten verwertet bzw. weiter verfolgt werden können und sollen.

### 3.1 Stadtanalysen, typologische Analysen

Eine Darstellung und Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse wurde bereits im vorigen Kapitel angestellt. Das daraus ableitbare allgemeine Fazit aus den nach einem Methodenbündel durchgeführten Bestandsanalysen der beiden Versuchsquartiere sieht wie folgt aus:

#### **Morphologie**

Je klarer ein urbaner Code zu lesen ist, je eindeutiger die Intention dahinter erkennbar und das räumliche Gefüge gegliedert und lesbar ist, desto einfacher und eindeutiger ist auch die Analyse. Gleichzeitig ergibt sich auch so etwas wie ein Selbstverständnis darüber, wie man ein Quartier bestandsgerecht weiterentwickeln könnte. Hinsichtlich der beiden Use cases erweist sich das Gründerzeitquartier Herz Jesu als das städtischere und leichter lesbare, also das mit dem klaren Code den man nahezu intuitiv erfassen kann und damit auch ein Grundverständnis über die Möglichkeiten zum bestandsgerechten Weiterbauen. Die städtebauliche Grundintention, alle Einzelteile parzellenübergreifend einem größeren Ganzen unterzuordnen und dadurch Räume eindeutig zu differenzieren und erfassbar zu machen ist hier deutlich spürbar. Die Häuser fügen sich zu Blöcken, die als Einheiten wirken. Die Fassaden der Häuser begrenzen den öffentlichen Raum. Privater Raum befindet sich hinter den Fassaden und in den Höfen. Im Gegensatz dazu ist die städtebauliche Grundintention des Siedlungsgebietes an der Triesterstraße weit weniger erfassbar. Die Gebäude begrenzen nur im Fall der ältesten beiden Höfe den öffentlichen Raum ansonsten nur den Innenraum. Die Grenzen zwischen öffentlich und privat erschließen sich nicht auf den ersten, aber auch nicht auf den zweiten Blick. Im Gegensatz zur Altstadt und Gründerzeitstadt weiß man hier nicht intuitiv, wie man sich zu verhalten hat und wo man freien Zutritt hat. Das Gefüge aus Gebäuden und Freiraum bildet eindeutig Siedlungsbau und nicht klassische Stadt. Die Freiräume bilden hauptsächlich Abstandsflächen und Zwischenräume. Tatsächlich fassbar sind sie nur dort, wo sie abgezaunt einer rein privaten Nutzung zugeführt wurden. Die modernistischen Ansätze zeigen sich auch in der Trennung der Funktionen. Während im Gründerzeitquartier Geschäftslokale und Gastronomie im Erdgeschoß der Wohngebäude angesiedelt sind, gibt es die wenigen solchen Funktionen bis auf einige Ausnahmen in den beiden ältesten Höfen nur in speziellen eigenen Gebäuden

entlang der internen Erschließungsstraße und in erdgeschoßigen Anbauten. Die Netzwerkdicke aus Wegen ist in der Gründerzeitstadt wesentlich durchgängiger, solange man nur die für morphologische Analysen ausschlaggebenden öffentlichen Wege heranzieht. Unter Einbeziehung der halböffentlichen und privaten Wegemöglichkeiten wäre die Zeilenbebauungen durchlässiger. Allerdings ist hier zu bedenken, dass es kein Nutzungsrecht für diese Wege gibt, sie also jederzeit verschwinden könnten.

### **Quantitative Analysen**

Das am konkretesten ablesbare Ergebnis aus den Analysen ergibt sich aus der Anwendung des Spacemate Diagramms in Überlagerung mit den generischen Bauformen. Hier zeigt sich ein typenspezifischer Mangel an Dichte in beiden Use Cases. Um tatsächlich zu urbanen Typen zu werden, müssten beide Nachbarschaften baulich verdichtet werden. Das derzeit gültige Stadtentwicklungskonzept sieht das auch vor, allerdings nicht im entsprechenden Ausmaß. Nun kann man natürlich infrage stellen, ob Stadtquartiere unbedingt im akademischen Sinn eindeutig einer typologischen Kategorisierung entsprechen müssen, immerhin sind aber aus dem Spacemate Diagramm Anhaltspunkte abzuleiten über Dichtereserven, um nicht den Begriff Dichtemängel zu strapazieren.

Räumlich visuell geben die Testsimulationen unter Punkt 3.3 Aufschluss über die unterschiedlichen Auswirkungen der Bautypologie auf die Nachverdichtungspotenziale. Ebenso finden sich dort Anhaltspunkte zur baulichen Machbarkeit der Restraumsimulationen sowie Berechnungsergebnisse zu Dichtekennzahlen für eine der Studien.

## **3.2 Constraints: Regelinterpretation und Übersetzung in programmierbare Befehle:**

### **3.2.1 Allgemeine Regelinterpretation und Constraints**

Die für die Grazer Use Cases anwendbaren konkreten rechtlichen Bestimmungen wurden wie schon im Kapitel 1.3 beschrieben einer geordneten Analyse unterzogen und abstrahiert. Dafür wurden städtebaulich relevante Regeln in fünf formale Gruppen eingeteilt. Die Begrifflichkeiten wurden teilweise in Englischer Sprache gewählt um Sprachdifferenzen innerhalb der bearbeitenden Gruppe zu überbrücken.

1. Irreclaimable Spaces (nicht bebaubare Flächen und Räume) beinhaltet all die Räume, die aufgrund von Nutzungszuweisung in Flächenwidmungsplänen, Zonenplänen oder aus anderen Gründen nicht oder nur eingeschränkt bebaubar sind. Dazu zählen zB. Verkehrsflächen, Parks, Wälder und das Freiland, aber auch Gewässer, Gefahrenzonen, Vorbehaltsflächen usw.
2. Light (Tageslichteinfall) beinhaltet Regeln zur natürlichen Belichtung bzw. Vermeidung von übermäßiger Beschattung und die freie Sicht nach außen.
3. Non-attachable surfaces (nicht anbaubare Flächen) befasst sich mit der Anbaubarkeit an bestehende Gebäude und beschreibt nicht anbaubare Flächen wie Fassaden mit



4. auch den Gegenpol – anbaubare Flächen – zu beschreiben. Hier sind alle Außenflächen ohne Öffnungen umschrieben, auch Dächer.
5. Minimum Interspaces (Mindestabstände) referenziert auf Regeln zur Abstandsfestlegung und Positionierung von Baukörpern auf dem Grundstück. Hierzu gehören auch Vorgaben zur Bauweise (zB. offene oder geschlossene Bebauung), Gebäude- und Grenzabstände.
6. Height (Maximalhöhe): Eine Verallgemeinerung von statisch ableitbaren Maximalhöhen für Gebäude ist nicht möglich. Sie wurden also hier nicht weiter behandelt sondern nur notiert. Beschreibbar innerhalb des Formalismus „Maximalhöhen“ bleiben höhenbestimmende Faktoren wie konkrete Höhenbeschränkungen in Flächenwidmungsplänen, Stadtentwicklungskonzepten, Bebauungsplänen, räumlichen Leitbildern, etc. Aber auch höhenbezogene Mindestabstände sind einzubeziehen. Ebenso wirken sich Vorgaben zu Bebauungsgraden und Bebauungsdichten oder Bauflächenbeschränkungen auf die mögliche Höhenentwicklung aus.

Zusätzlich zu den Constraints dieser 5 Formalismen wurde die Tabelle um „Definitions“, definitionsabhängige Parameter erweitert. Es handelt sich dabei um fachbegriffsimmanente Regeln, die in ähnlicher Form in städtebaulichen Regulativen und Rahmenplanungen international üblich sind. Konkret eingeflossen sind Grundgrenzen, Straßenfluchtlinien, Baufluchtlinien und Baugrenzlينien. Zusätzlich wurden auch Ausnahmeregelungen für Grenzüberschreitungen hier aufgenommen.

Das Ergebnis ist eine Tabelle von Constraints, die die Basis für ein verallgemeinerbares Regelset zur schrittweisen Elimination des urbanen Negativraumes / nicht bebaubaren Raumes bildet. Sie beschreibt Begrifflichkeiten, ihre Bedeutung und die damit verbundenen Einschränkungen auf einer allgemeinen Ebene und referenziert zusätzlich auf die lokalen Gesetze und die genaue Anwendbarkeit um sie im Sondierungsprojekt direkt für die Fallstudien einsetzen zu können. Die komplette Constraints Table befindet sich in voller Auflösung als Anhang 1 im Downloadbereich.

### **3.2.2 Spezialfall Tageslichteintrag laut OIB Richtlinie 3**

Im Zusammenhang mit sehr dichten baulichen Strukturen ist vor allem die Frage nach ausreichender natürlicher Belichtung der Innenräume essentiell. Sie ist ein Schlüsselfaktor für die urbane Nachverdichtung, da sie nicht nur eine rechtliche Festlegung betrifft sondern in höchstem Maß funktional bedingt ist. Ausreichendes Tageslicht betrifft unmittelbar Hygiene und Gesundheitsschutz und fällt damit unter die bauphysikalischen Grundbedingungen. Im Gegensatz zu einer Vielzahl rein legislatischer Regeln, die als potenziell veränderlich ansehbar sind, gibt es an den Gesundheitsschutz mehr oder weniger objektivierbare Mindestanforderungen. Zu wenig Tageslicht macht krank. Demgemäß ähneln sich Belichtungsregeln in geografisch ähnlichen Gebieten. Die in Österreich derzeit geltende OIB-Richtlinie 3 (09/15) für Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz legt sich in §9 die Regeln fest und erläutert sie ausführlich mit Beschreibungen und Illustrationen. Diese Richtlinie wurde für die Testsimulationen herangezogen. Ihre Bestimmungen sind geometrisch relativ komplex. Dieser Komplexitätsgrad kann sich bei komplexen Gebäudegeometrien

multiplizieren und schwer bewältigbar werden. Daher wurde versucht, die in der Richtlinie dreidimensional beschriebenen, verschwenkbaren Lichteinfallsprismen in zweidimensionale grundrissbezogene Freihaltebereiche zu übersetzen.

Die Belichtung ist von der Höhe des höheren Gebäudes abhängig. Bei mehr als vier Geschossen sollte man die Mindestabstände nach oib-Richtlinie berechnen, da der Mindestabstand lt. STMK. Baugesetz nicht ausreichend ist.

Zusammenfassend hier die wichtigsten Regelableitungen.

### 3.2.2.1 Grundregeln:

Die OIB Richtlinie 3 legt für die Mindestbelichtung ein freies Prisma zum unverbauten Himmel fest, das sich direkt vor dem Fenster im Winkel von 45° nach oben aufspannt. Es darf seitlich um 30° verschwenkt werden. Hinzu kommen Mindestangaben für freie Sicht nach außen von 2 Metern bzw. 6 m für einen Aufenthaltsraum pro Wohnung.

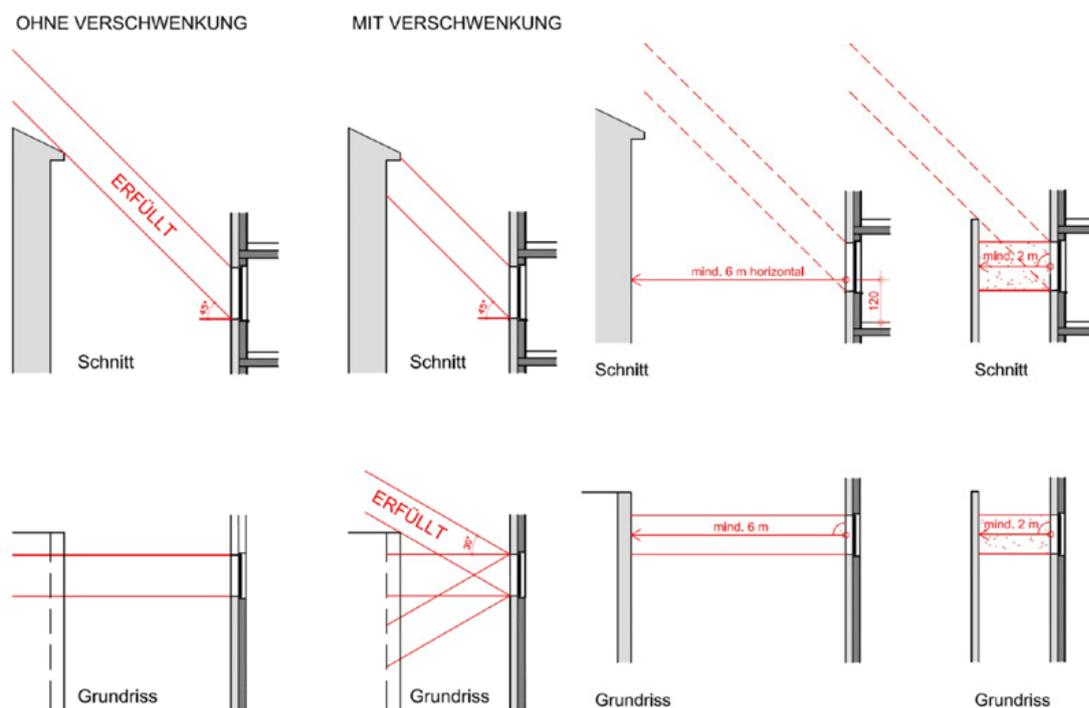


Abbildung 11: Lichteinfallsprisma (links) und freie Abstände für Sicht (rechts) lt. OIB3  
 Aus der Richtlinie lassen sich vereinfachte Mindestabstandsflächen (Freihalteflächen) für Gebäude ableiten.

### 3.2.2.2 45° Freihaltefläche ohne Verschwenkung:

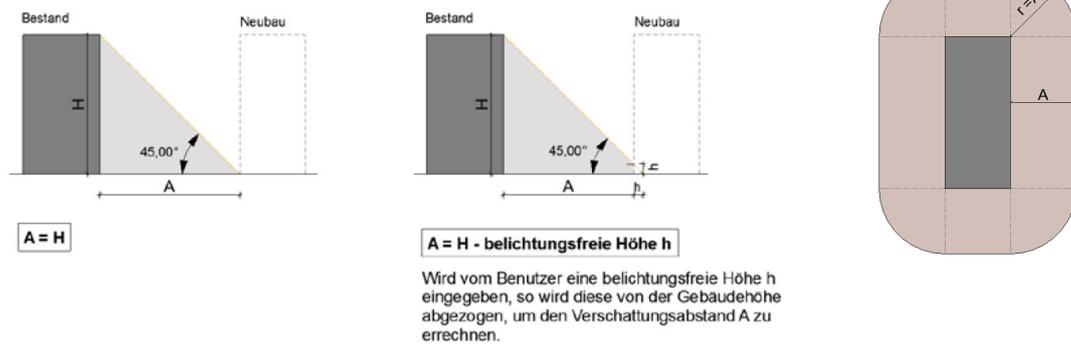


Abbildung 12: Belichtungsrelevante Abstandsfläche 45°, Schnitt und Grundriss, eigene Ausarbeitung: Pirstinger, Majcen, Raudaschl

Diese Fläche beschreibt den Abstand außerhalb dessen für jede neue Fassade ein freier Lichteinfall von 45° normal auf die Fassade gewährleistet ist. Der Abstand entspricht der Gebäudehöhe abzüglich einer eventuell vordefinierten belichtungsfreien Höhe h (im Allgemeinen der Parapethöhe im Erdgeschoss) oberhalb derer erst der freie Lichteinfall gewährleistet sein muss.

### Abstandsfläche bei 30° Verschwenkung:

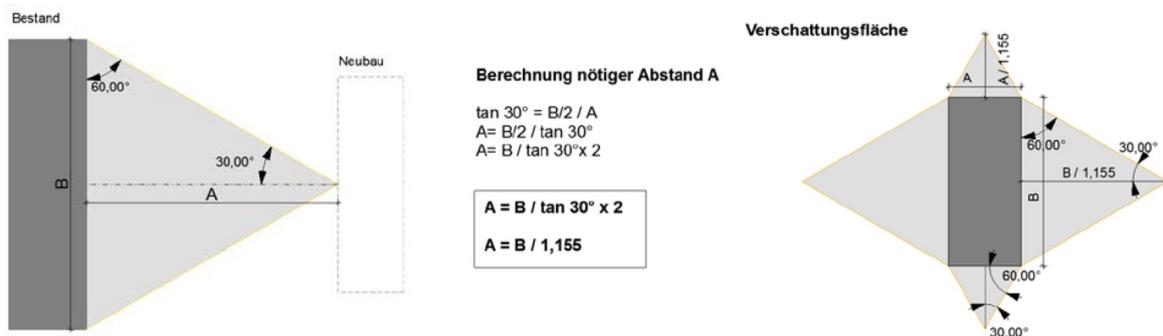


Abbildung 13: 30° Verschwenkung - resultierende Abstandsfläche, Ermittlung und Grundrissfigur, eigene Ausarbeitung: Pirstinger, Majcen, Raudaschl

Diese Fläche beschreibt den Abstand außerhalb dessen von jedem Punkt einer zugewandten Fassade unter einem maximalen Verschwenkungswinkel von 30° am Gebäude „vorbeigesehen“ werden kann. Dies ist insbesondere bei hohen, schlanken Gebäuden relevant, bei denen die 45 Grad Regel einen sehr weiten Abstand erfordern würde, während unter Ausnutzung der 30 Grad Verschwenkbarkeit des freien Lichteinfalles ein viel näherer Abstand möglich wird, da man leicht am Gebäude „vorbeisehen“ bzw. belichten kann. Der nötige Abstand ergibt sich dabei nach unten stehender Formel ausschließlich aus der Fassadenbreite des Gebäudes und ist unabhängig von der Gebäudehöhe. Die resultierende Verschattungsfläche ist allerdings für Fassaden, die in einem Winkel zwischen 30 und 60 Grad zu Bestandsfassaden angeordnet werden in Einzelfällen nicht ausreichend.

### 3.2.2.3 Optimierung und Kombination aus 45° Regel und 30° Verschwenkung:

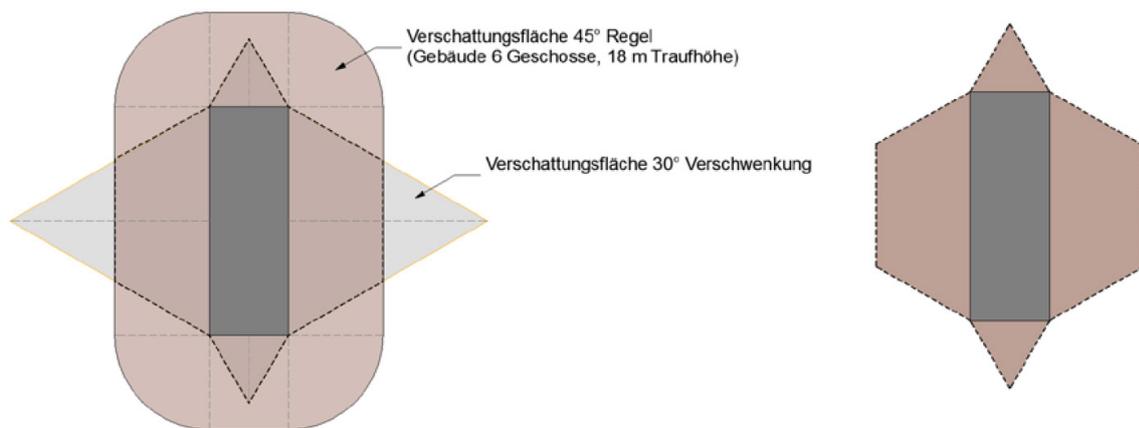


Abbildung 14: Verschneidung der Abstandsfiguren und resultierende optimierte Freihaltefläche (rechts), eigene Ausarbeitung: Pirstinger, Majcen, Raudaschl

Die beiden Basisfiguren bedingen oftmals relativ große Gebäudeabstände und lassen sich durch Überschneidung und Bildung einer Schnittmenge zu einer optimierten Freihaltefläche verkleinern. Relevant ist die jeweils engere Umrisslinie. Dennoch gibt die Einhaltung dieser Freihaltefläche noch keine absolute Garantie für ausreichenden Tageslichteintrag. Insbesondere im Fall dass Fassaden in einem Winkel zwischen 30 und 60 Grad zu Bestandsfassaden angeordnet werden, ist diese Figur in bestimmten Fällen nicht ausreichend (Abbildung 15: Problemfall spitzer Winkel). Gleichzeitig gibt es auch noch weitere Optimierungsmöglichkeiten durch Sonderfälle, denn Fassaden ohne Belichtungsbedarf dürfen in den Freihaltebereichen platziert werden, sofern sie nicht die Belichtung des Gegenübers beeinträchtigen.

Die genaue Analyse und Herleitung samt Illustrationen und Fallbeispielen kann in der Studie „Reader Belichtung und Abstandsflächen“ in Anhang 2 nachgelesen werden.

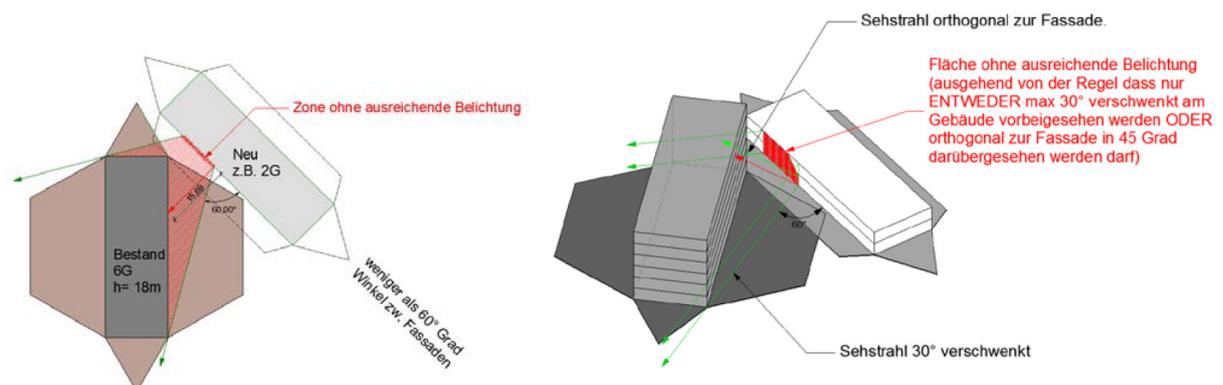


Abbildung 15: Problemfall spitzer Winkel zwischen 30° und 60°, eigene Ausarbeitung: Pirstinger, Majcen, Raudaschl

### 3.3 Testsimulation und Testentwürfe als Referenzbeispiele

Die „händisch“, also mit herkömmlichen architektonischen Methoden in einem 3D CAD Programm generierten Testsimulationen verschiedener Nachverdichtungsszenarien innerhalb der beiden Use Cases stellen eine umfangreiche Prozessdokumentation dar und zeigen auf anschauliche Weise auftretende Abhängigkeiten, Zielkonflikte und Einschränkungen auf. Sie untermauern, wie wichtig in einem generischen Werkzeug die Möglichkeit zur individuellen, auf die jeweilige Situation und stadtplanerische Strategien abgezielte Parametersetzung ist.

#### 3.3.1 Testsimulation Use Case 2 – Siedlungsgebiet Triesterstraße

Als Versuchsgebiet wurden die Grundstücke innerhalb der Verkehrsflächen Triester Straße, Auf der Tändelwiese und Hermann-Löns-Gasse gewählt.

Als Richtlinien für die neu entstandene Gebäudemasse dienen bei Variante A die derzeit gültigen Gesetze bezüglich Grenzabstand und Gebäudeabstand. Die Bestandsbebauung hält diese Gesetze teilweise nicht ein. Beispielsweise befinden sich Gebäude nicht direkt an der Grundstücksgrenze, halten aber auch nicht den somit erforderlichen Grenzabstand ein. Der zulässige Gebäudeabstand wird ebenfalls teilweise unterschritten. Die neu entstandene Gebäudemasse hält diese Mindestabstände jedoch ein. Eingeschossige Geschäftsanbauten im Planungsgebiet wurden nicht berücksichtigt.

##### 3.3.1.1 Verdichtungsvariante A – Gesetzeskonforme Grenzabstände und Gebäudeabstände

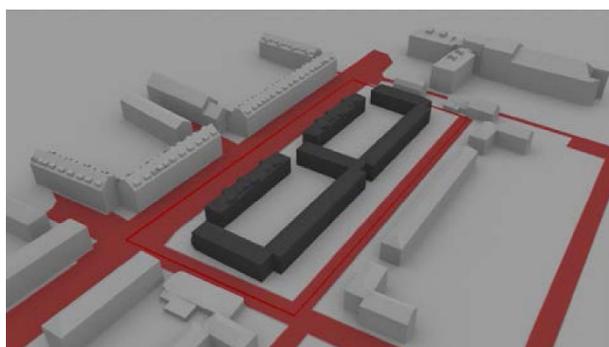


Abbildung 16: Testsimulation

Ausgangssituation:

Graue Grundflächen sind bebaubar, unbebaubare Flächen (irreclaimable spaces) rot. Die Grenze des Planungsgebiets ist die vertikale, rote Umrahmung. Dunkelgraue Gebäude sind Bestandsgebäude auf dem Planungsgebiet, Gebäude auf umliegenden Grundstücken sind hellgrau.

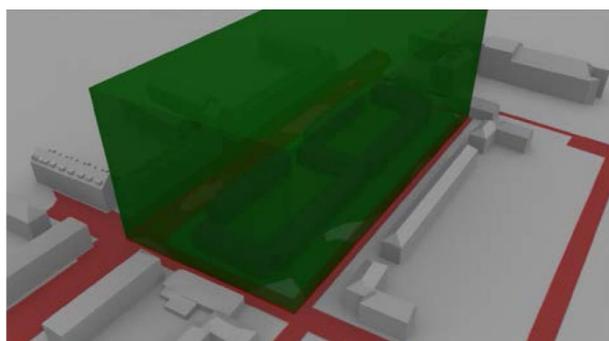


Abbildung 17: Testsimulation

Schritt 1 – Gesamtraum als potenzielle Baumasse:

Das gesamte Planungsgebiet wird mit Gebäudemasse gefüllt. (eine Maximalhöhe von ca. 80 Metern wurde angenommen)

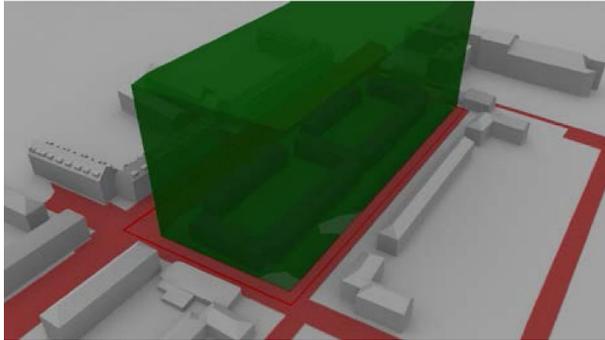


Abbildung 18: : Testsimulation

Schritt 2 - Exklusion der unbebaubaren Flächen:

Die nicht bebaubaren Flächen (in diesem Fall öffentliche Straßen) werden von der Gebäudemasse abgezogen.

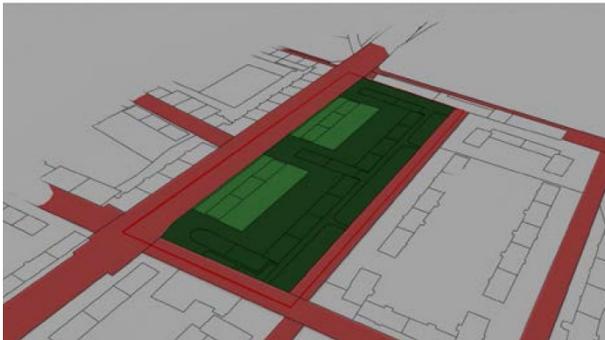


Abbildung 19: Testsimulation

Schritt 3 – Grundstücksanalyse:

Die bebaubaren Grundstücke werden analysiert, diejenigen mit dem gleichen Eigentümer zu einem zusammengefügt. Es entstehen 3 Grundstücke mit 2 unterschiedlichen Eigentümern.

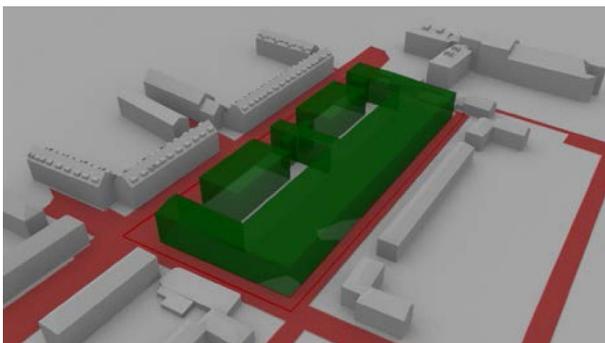


Abbildung 20: Testsimulation

Schritt 4 – Grenzabstand:

Der Grenzabstand zwischen den Grundstücken wird an den Fassadenflächen, an die nicht angebaut werden kann, eingehalten und das Volumen entfernt. An anbaubaren Flächen und an anbaubaren Grundgrenzen (öffentliche Straßen) bleibt angebaut. Als maximale Geschossanzahl wurden 6 gewählt. (= Willensentscheidung!) Somit ergibt sich ein Grenzabstand von 8 Metern.

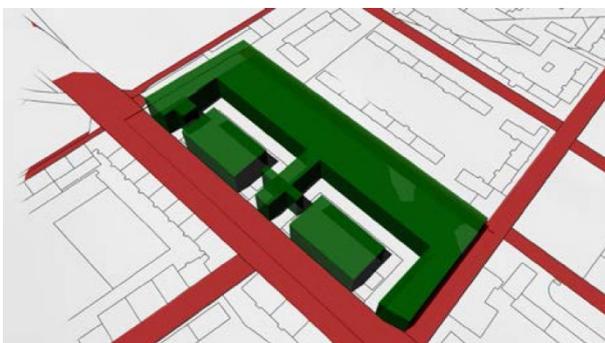


Abbildung 21: Testsimulation

*Anmerkung: 6 Geschosse ist die von der Stadt Graz vorgegeben Bebauungshöhe laut „Räumliches Leitbild 5.2.6“ in diesem Siedlungsgebiet. somit ergibt sich ein Grenzabstand von 8 Metern.*

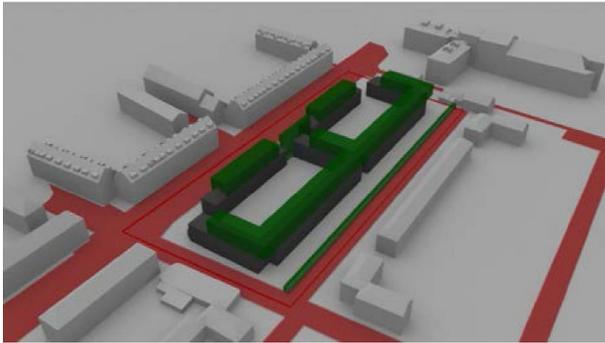


Abbildung 23: Testsimulation

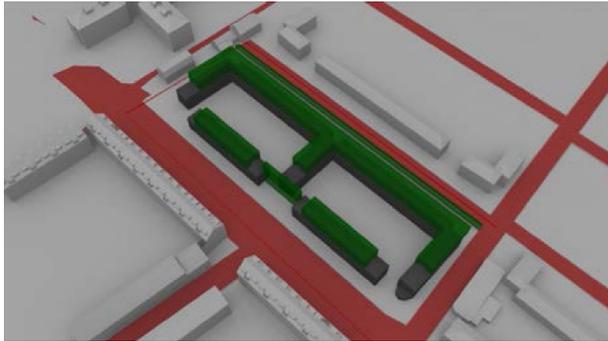


Abbildung 22: Testsimulation

*Anmerkung: Da die Bestandsbebauung nicht direkt an die Grundgrenze gebaut ist, müssen bei der Aufstockung Grenz- und Gebäudeabstände eingehalten werden.*

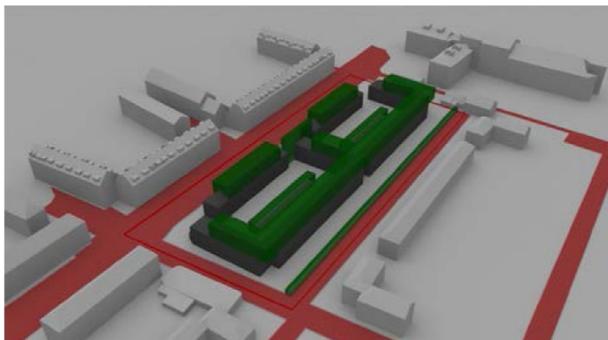


Abbildung 24: Testsimulation

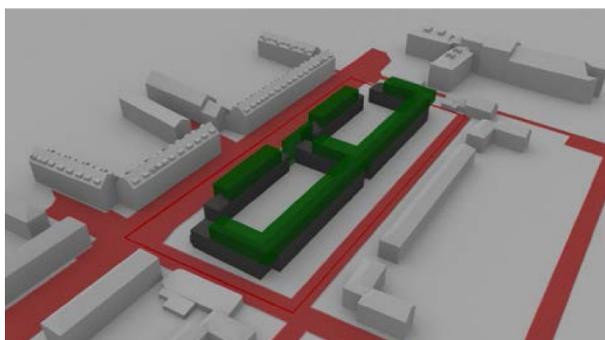


Abbildung 25: Testsimulation

#### Schritt 5 – Gebäudeabstand:

Der Gebäudeabstand wird von nicht anbaubaren Flächen aus gemessen eingehalten. Nahezu die gesamte Gebäudemasse, welche sich nicht auf den Bestandsgebäuden selbst befindet, wird durch den Gebäudeabstand eliminiert. Im selben Zug werden die Bestandsgebäude von der Gebäudemasse abgezogen. Der Grenzabstand kann je nach Nachbargrundstück mit 0 Metern, bzw. weniger als der Abstandsregel (2 Meter + Geschossanzahl) festgelegt werden. Die Abstandsregel 2 Meter + Geschossanzahl darf danach nicht doch noch zum Einsatz kommen und unnötig Gebäudemasse wegschneiden! (z.B. Aufstockung im Bestand)

#### Schritt 6 – Nachjustierung Grenzabstand:

Durch das Einhalten des Gebäudeabstands entstehen Freiräume in den Höfen, welche direkt an der Grundgrenze bebaut werden können. Offene Frage: *werden Nachbarrechte gestört?*

#### Schritt 7 – Lichteinfall:

Wird nun auch der Lichteinfall berücksichtigt, so müssen die Gebäudemassen an den Grundgrenzen entfernt werden.

Zur Beurteilung offene Fragen: Sind die Kubaturen sinnvoll nutzbar? Ist das Ergebnis ein gebietstypisches Erscheinungsbild im Sinne des Baugesetzes?

### 3.3.1.2 Variante B – Tageslichteinfall und freie Sicht lt. OIB 3

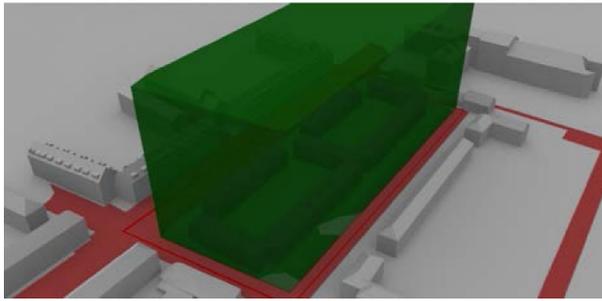


Abbildung 26: Testsimulation

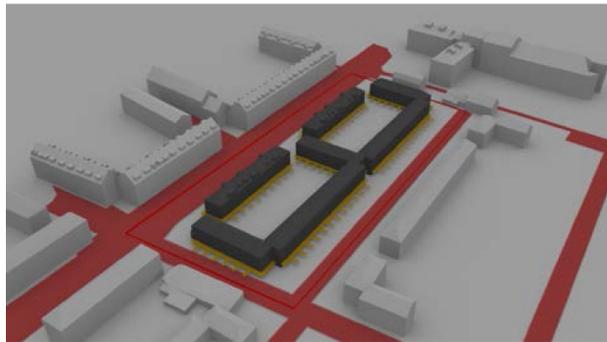


Abbildung 27: Testsimulation

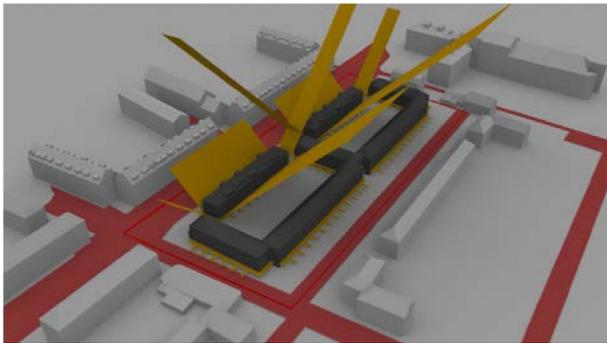


Abbildung 28: Testsimulation

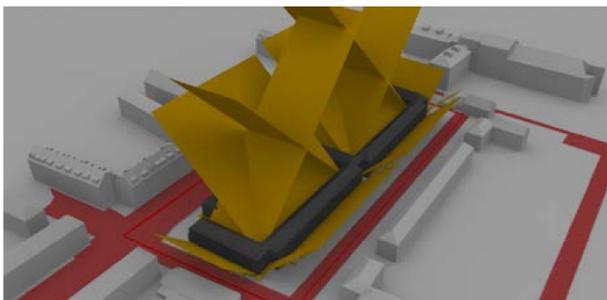


Abbildung 29: Testsimulation

Ausgangssituation:

Die Ausgangssituation entspricht Schritt 2 der Variante A. Nicht bebaubaren Flächen sind bereits abgezogen.

Schritt 1 – Freie Sicht:

Es sind 2 Meter Mindestabstand an Fassaden mit Fensterflächen und für 1 Fenster pro Wohneinheit 6 Meter Mindestabstand erforderlich. Gelbe Flächen sind die freizuhaltenden Zonen. *Anm.: Die Position der Öffnungen welche 6 Meter Ausblick benötigen, wurde angenähert anhand der Wohnungszahl und ist nicht exakt ermittelt.*

Schritt 2 – Lichtprismen:

Lichtprismen für den Bestand der freistehenden Zeilenbebauung auf Grundstück 1. Die Lichtprismen sind an Fassaden mit Fensterflächen, von der Parapetoberkante des untersten Geschosses (ca. 1.8m), mit 45 Grad anzunehmen um die Belichtung der bestehenden Bebauung zu Anmerkung: Da die Bestandsbebauung nicht direkt an die Grundgrenze gebaut ist, müssen bei der Aufstockung Grenz- und Gebäudeabstände eingehalten werden. gewährleisten.

Lichtprismen des Bestandes der C-förmigen Zeilenbebauung auf dem Grundstück 2.

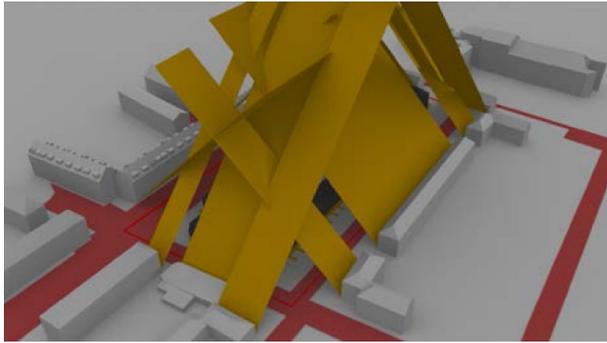


Abbildung 30: Testsimulation

Alle Lichtprismen der direkt umgebenden Bestandsbebauung  
 Ein ausreichendes Belichtungserfordernis für jedes Gebäude und alle Geschosse wird angenommen (keine Nutzungsdifferenzierung).

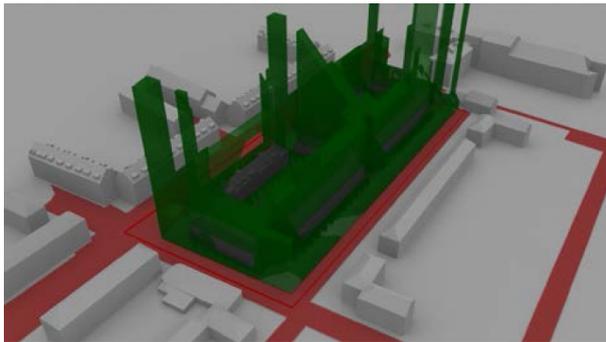


Abbildung 31: Testsimulation

Schritt 3 – Beschneiden der Gebäudemasse:  
 Die Lichtprismen und freien Sichtabstandsflächen werden vertikal extrudiert und beschneiden die Gebäudemasse. Es ergibt sich keinerlei Beschattung der Bestandsgebäude bei einem maximalen Volumen der neuen Gebäudemasse.

Wie sich allerdings im Systemschnitt herausstellt ist dieses Modell noch fehlerhaft da sich die einzelnen Körper gegenseitig beschatten. Siehe Schnittstudie.

### 3.3.1.3 Lichtstudie und Schnitte durch Höfe

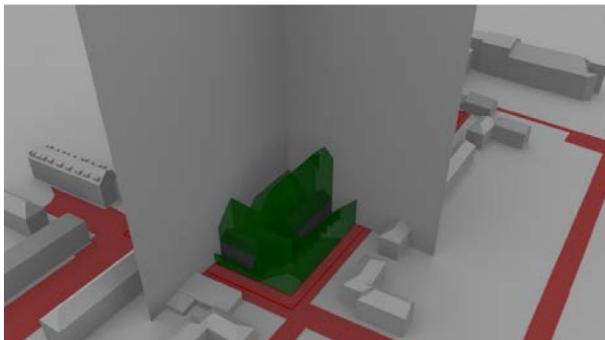


Abbildung 32: Testsimulation

Ausgangssituation:  
 Die Gebäudemasse wurde durch die Lichtprismen und Free Line of Sight beschnitten. Quer- und Längsschnitt (die grauen horizontalen Flächen) durch das Planungsgebiet zeigen:

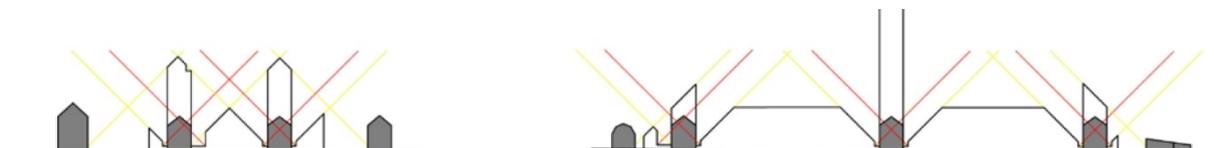


Abbildung 33: Testsimulation

Dargestellt werden nur geschnittene Baukörper, dahinterliegende Ansichten werden nicht dargestellt. Die vertikalen Achsen beschränken das Planungsgebiet. Bestehende Gebäude werden nicht beschattet (gelbe Linien), die neue Gebäudemasse wird jedoch vom Bestand beschattet (rote Linien) und beschattet sich gegenseitig.

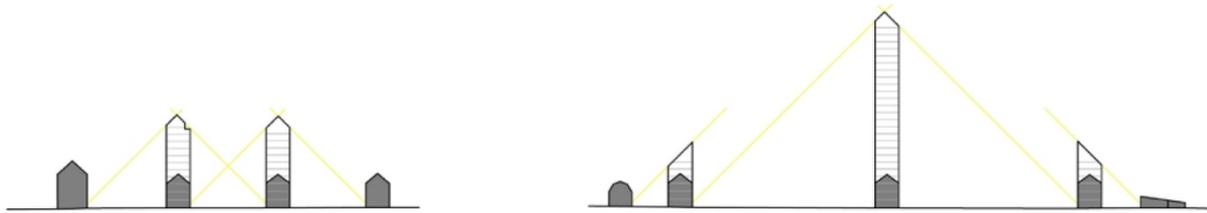


Abbildung 34: Testsimulation

Lösungsvariante 1:

Aufstockung so hoch wie möglich. Eine Hofbebauung ist nicht mehr möglich.

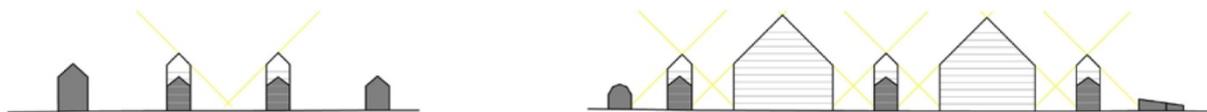


Abbildung 35: Testsimulation

Lösungsvariante 2:

Aufstockung um 3 Geschosse, insgesamt 6 Geschosse. (laut *Räumliches Leitbild 5.2.6*) Im Längsschnitt wäre eine Hofbebauung möglich, der Querschnitt zeigt aber, dass eine ausreichende Belichtung frühestens ab dem ersten Obergeschoss möglich ist. *Zu hinterfragen bleibt, ob eine 3-geschossige Aufstockung statisch überhaupt möglich ist.*

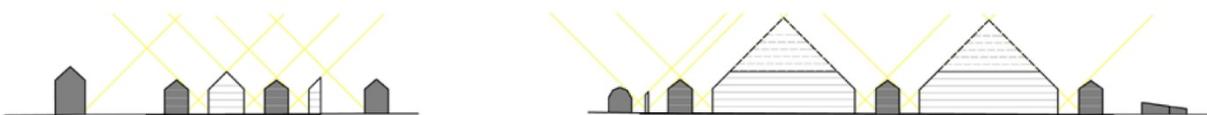


Abbildung 36: Testsimulation

Lösungsvariante 3:

Keine Aufstockung, maximale Hofbebauung. In Längsrichtung wären mehr Geschosse möglich. Möglich wären 2 Längsbaukörper im Hof und ein durchgehender Längsbaukörper entlang der Straße.

Fazit:

Neben qualitativen Fragen wäre zu ermitteln, welche der drei Lösungsvarianten quantitativ zu den ergiebigsten Ergebnissen führt, oder ob nicht Zwischenlösungen zwischen Variante 2 und 3 am zielführendsten wären.

### 3.3.1.4 Lichtstudie und Schnitte Ecksituationen

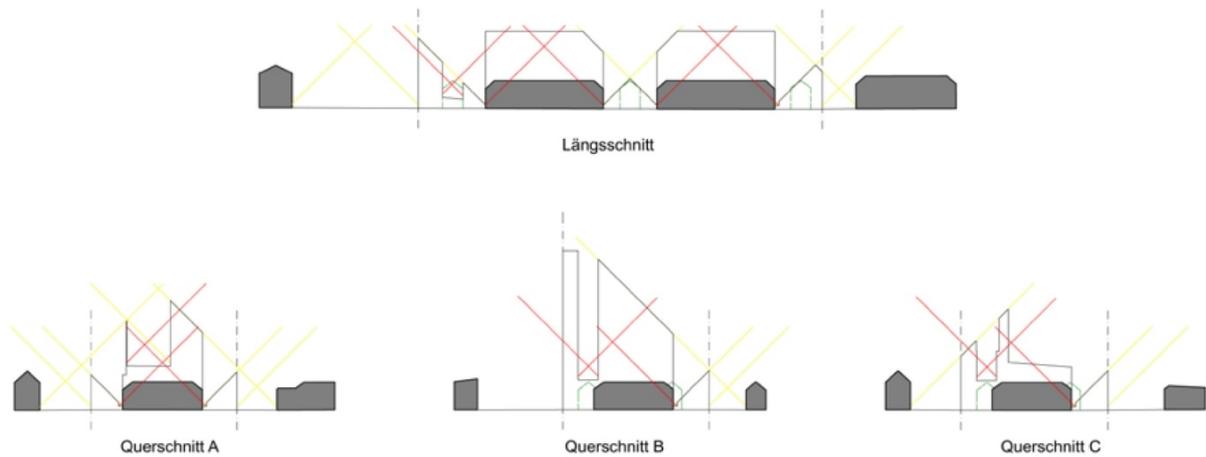


Abbildung 37: Testsimulation

Ausgangssituation:

Dargestellt werden geschnittene Baukörper, direkt dahinterliegende Bestandsbauten sind grün strichliert. Die hinter der Schnittebene liegende neu entstandene Baumasse wird nicht dargestellt. Bestehende Gebäude werden nicht beschattet (gelbe Linien), die neue Gebäudemasse wird jedoch vom Bestand beschattet (rote Linien) und beschattet sich selbst. Die vertikalen Achsen beschränken das Planungsgebiet.

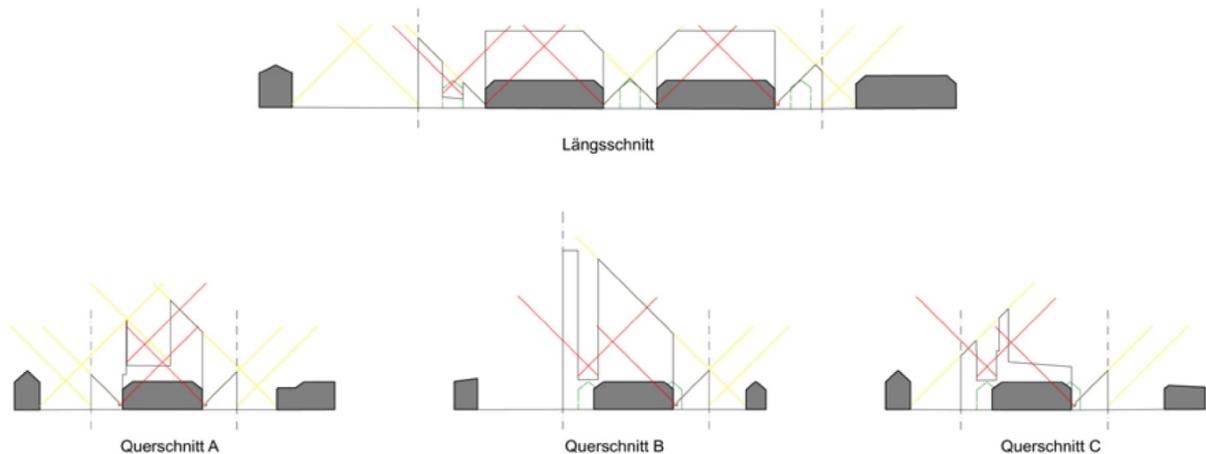


Abbildung 38: Testsimulation

Lösungsvariante 1:

Aufstockung so hoch wie möglich. Eine Hofbebauung ist nicht mehr möglich.

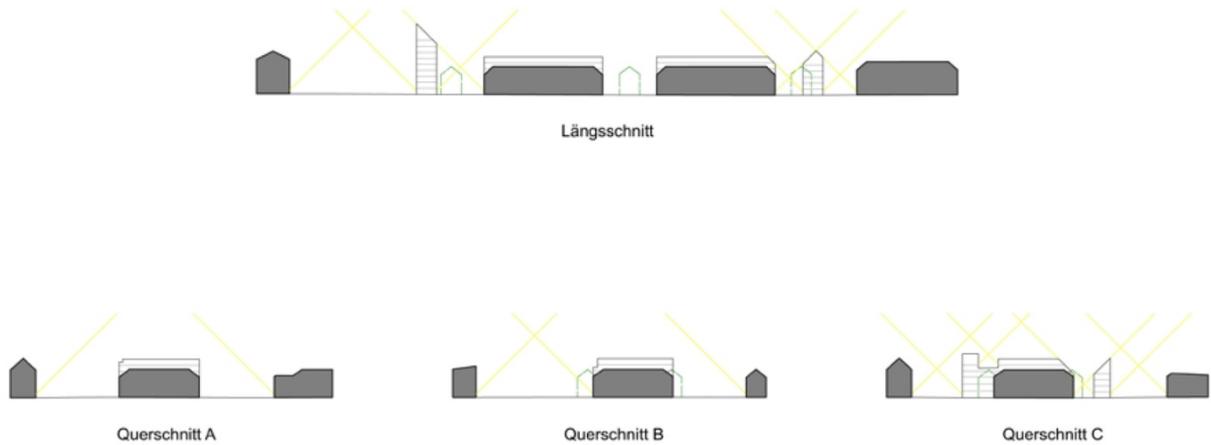


Abbildung 39: Testsimulation

Lösungsvariante 2:

Aufstockung um 3 Geschosse, insgesamt 6 Geschosse. (laut Räumliches Leitbild 5.2.6) Eine Bebauung neben dem Bestand ist teilweise möglich. Zu hinterfragen wäre ob eine 3-geschossige Aufstockung statisch überhaupt möglich ist.

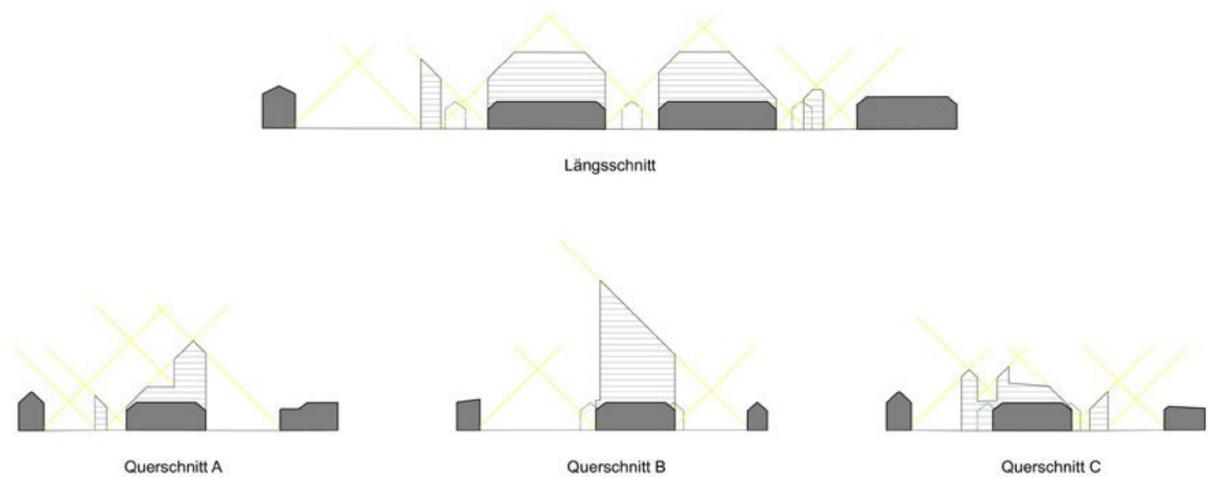


Abbildung 40: Testsimulation

Lösungsvariante 3:

Eine Kombination der zwei vorangehenden Lösungsvarianten.

### 3.3.1.5 Lichtstudie 3D Baukörper Ergebnisse

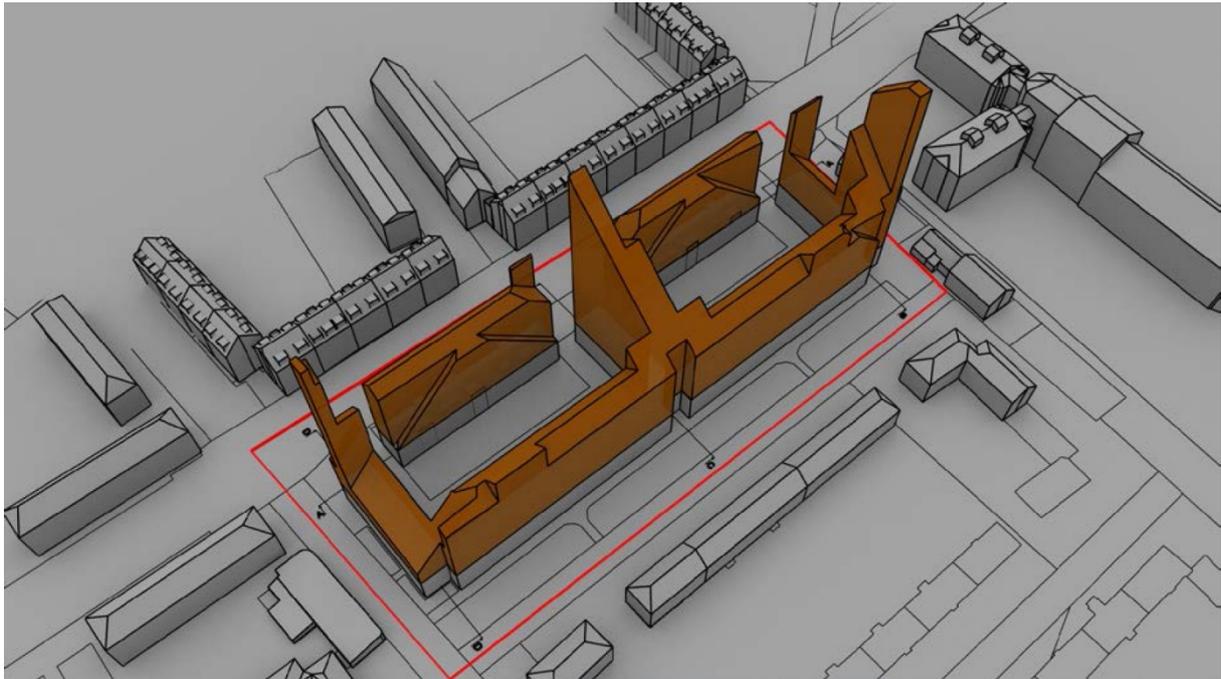


Abbildung 41: Testsimulation

Lösungsvariante 1:

Aufstockung so hoch wie möglich. Eine Hofbebauung ist nicht mehr möglich. Neubau und Bestand wird nicht beschattet.

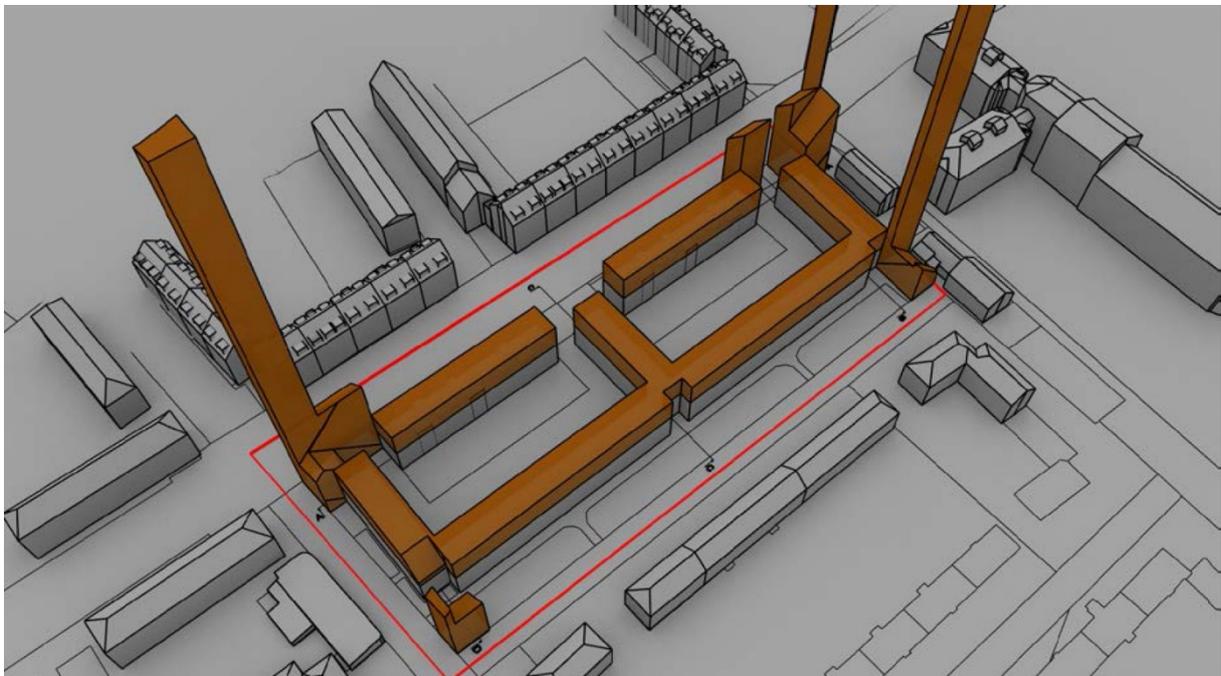


Abbildung 42: Testsimulation

Lösungsvariante 2:

a) Aufstockung um 3 Geschosse, insgesamt 6 Geschosse. (laut Räumliches Leitbild 5.2.6) zusätzliche Neubauten befinden sich in den Ecken des Planungsgebiets. Sie könnten theoretisch unendlich hoch sein.

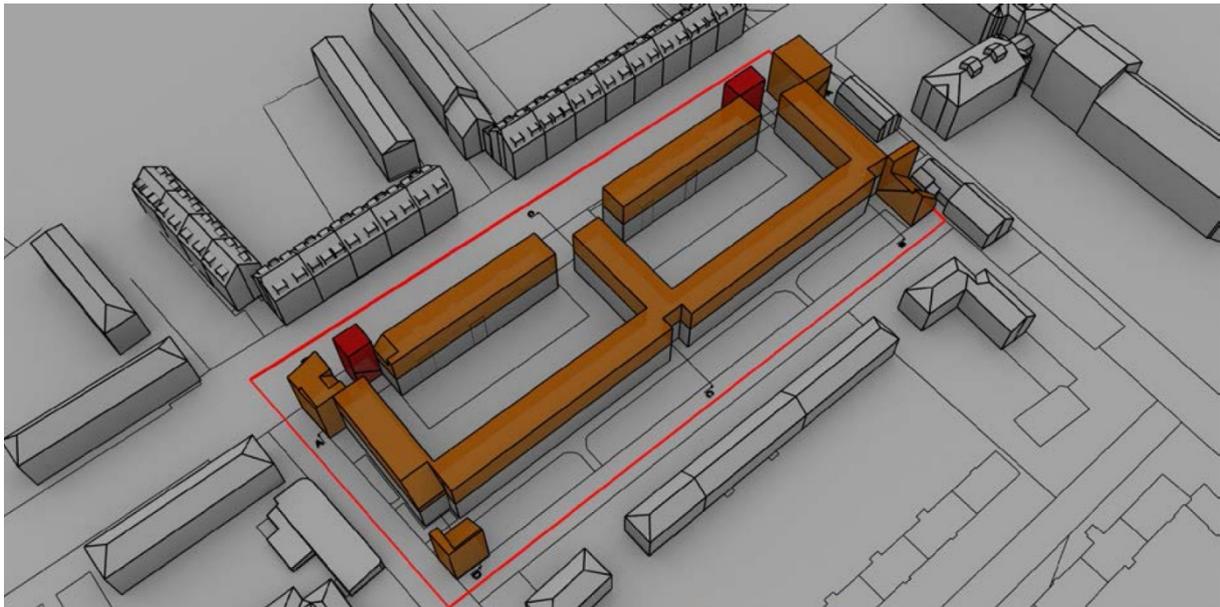


Abbildung 44: Testsimulation

b) Beibehaltung der Maximalhöhe von 6 Geschosse auf dem gesamten Planungsgebiet. Diese Bebauung wäre aufgrund der geringen Dimensionen der roten Baukörper grundsätzlich möglich. Um ausreichenden Lichteinfall an allen Fassaden der neu entstandenen Gebäudemasse zu gewährleisten, müssten diese Baukörper entfernt werden (rot). Es wäre zu überprüfen, ob Belichtungsöffnungen tatsächlich an allen Fassaden erforderlich sind.

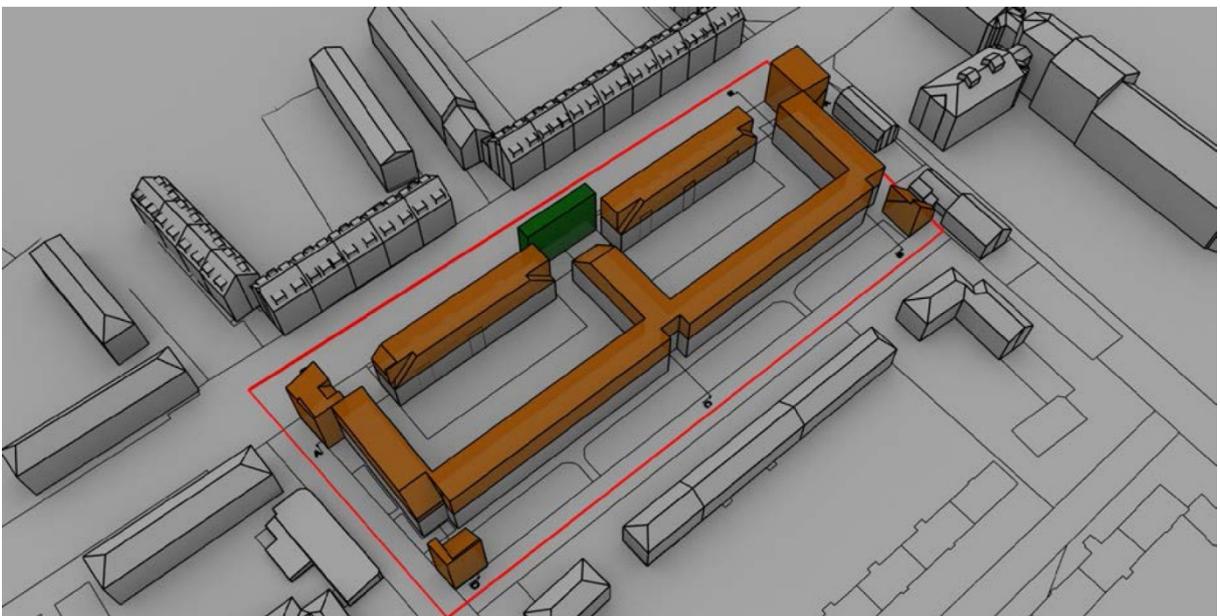


Abbildung 43: Testsimulation

c) Insgesamt 6 Geschosse auf dem gesamten Planungsgebiet - Sicherheitsvariante.

Keine Beschattung des Bestands oder Neubaus. Durch eine abgeschrägte Aufstockung ist ein weiterer Baukörper möglich (grün).

Dies wäre auch auf der gegenüberliegenden Seite möglich, wurde jedoch wegen zu geringer Grundflächen nicht durchgeführt.

Lösungsvariante 3:

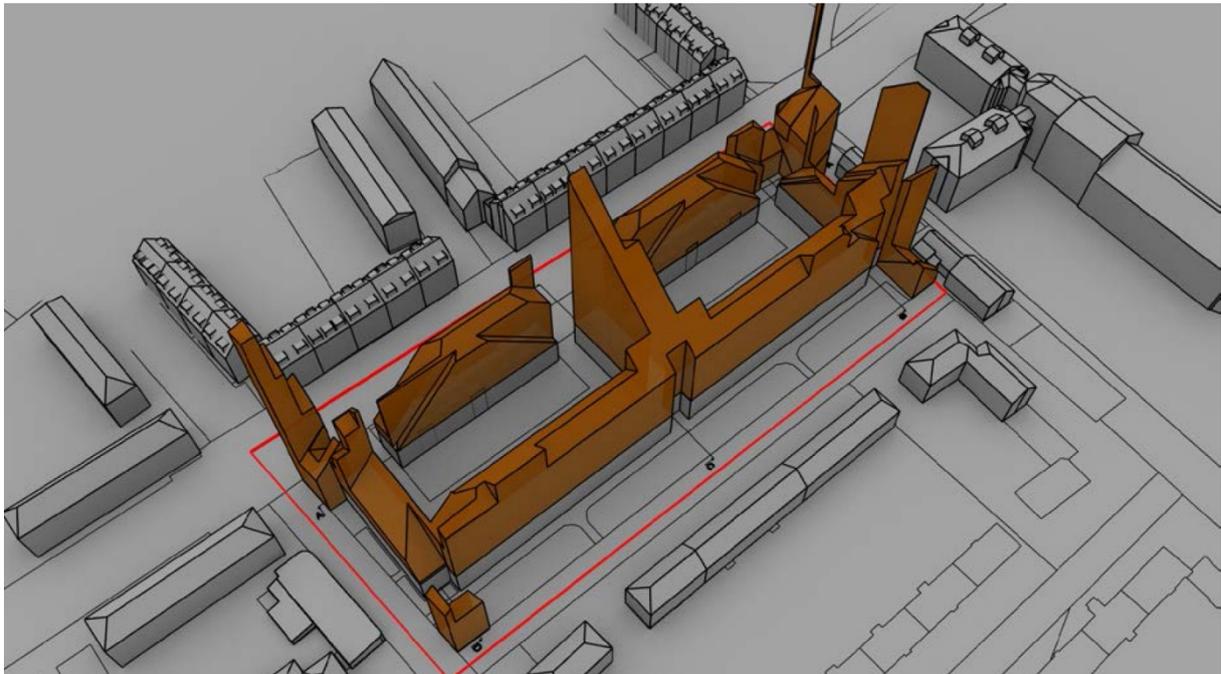


Abbildung 45: Testsimulation

a) Eine Kombination der zwei vorangehenden Lösungsvarianten.

Maximale Baumasse bei keinerlei Verschattung.

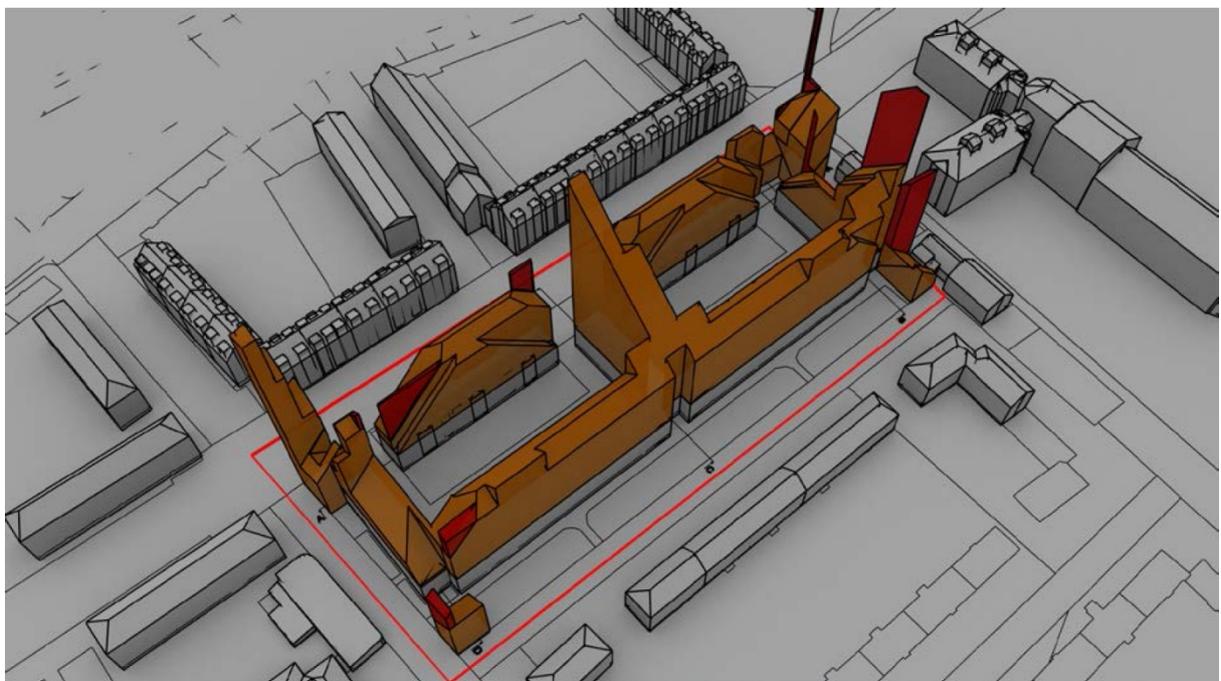


Abbildung 46: Testsimulation

a) Nicht nutzbare Gebäudemasse (rot)

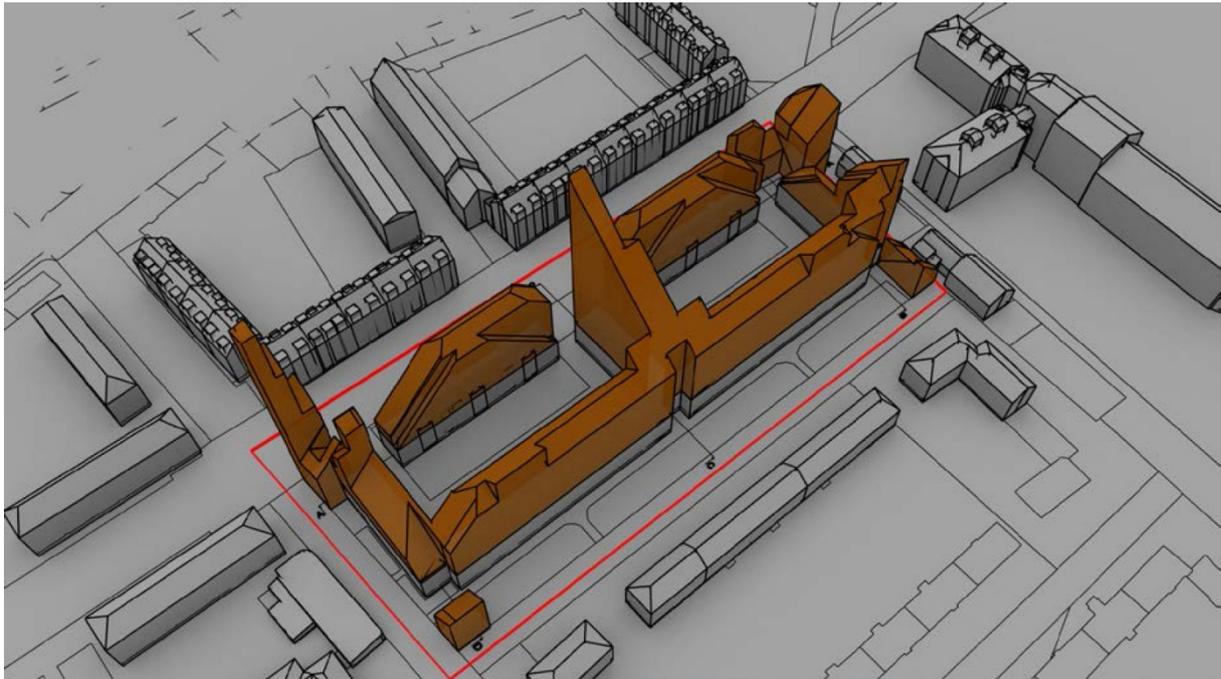


Abbildung 47: Testsimulation

Die nicht nutzbare Gebäudemasse wurde entfernt.

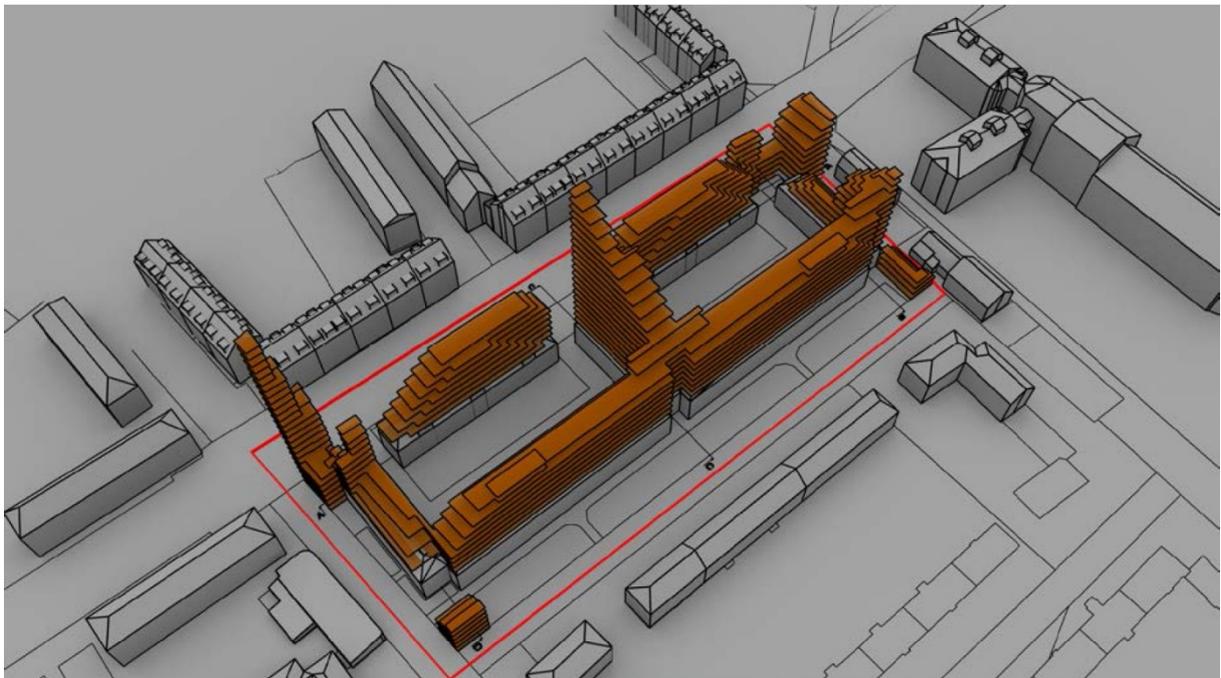


Abbildung 48: Testsimulation

Untersucht wurde nun die tatsächlich nutzbare Bruttogeschossfläche (Raumhöhe >1,5m). Es ergibt sich eine neue Bruttogeschossfläche von rund 37.700m<sup>2</sup> bei einem Verlust von rd. 1.185m<sup>2</sup> durch Abbruch der ausgebauten Dachgeschosse auf den beiden freistehenden Gebäudezeilen.

### 3.3.1.6 Lichtstudie optimierter 3D Baukörper mit 30° Verschwenkung der Lichtprismen

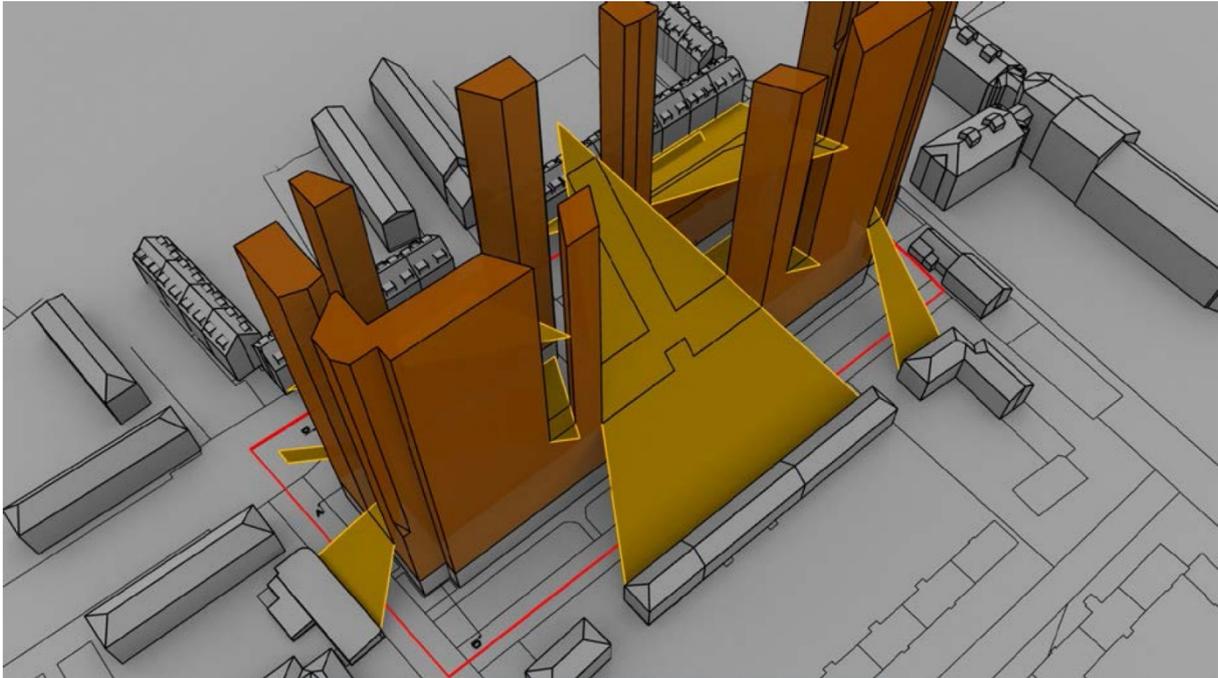


Abbildung 49: Testsimulation

Für den erforderlichen Lichteinfall je Fassade wird die erlaubte 30° Verschwenkung angewendet. Von jeder mit Licht zu versorgenden Fassade aus, wird in einem 90° Winkel horizontal und einem 45° Höhenwinkel vertikal jede Verschneidung mit der Gebäudemasse berechnet. An der entferntesten Verschneidung ist mindestens eine Lichteinfallsbreite von einem Fenster nötig, um einen ausreichenden Lichteinfall zu gewährleisten. Der Verschwenkungswinkel darf jedoch maximal 30° betragen (einer Verschneidung kann somit auch ausgewichen werden). Es wurde eine Mindestfensterbreite von 1,5 Metern gewählt. Aufgrund geringer Dimensionen müssen nicht alle neu entstehenden Fassaden belichtet werden. Diese Fassaden werden wie Brandwände behandelt. Anmerkung: Um eine bessere Lesbarkeit zu gewährleisten sind nicht alle zur Verschneidung herangezogenen Lichtprismen dargestellt.

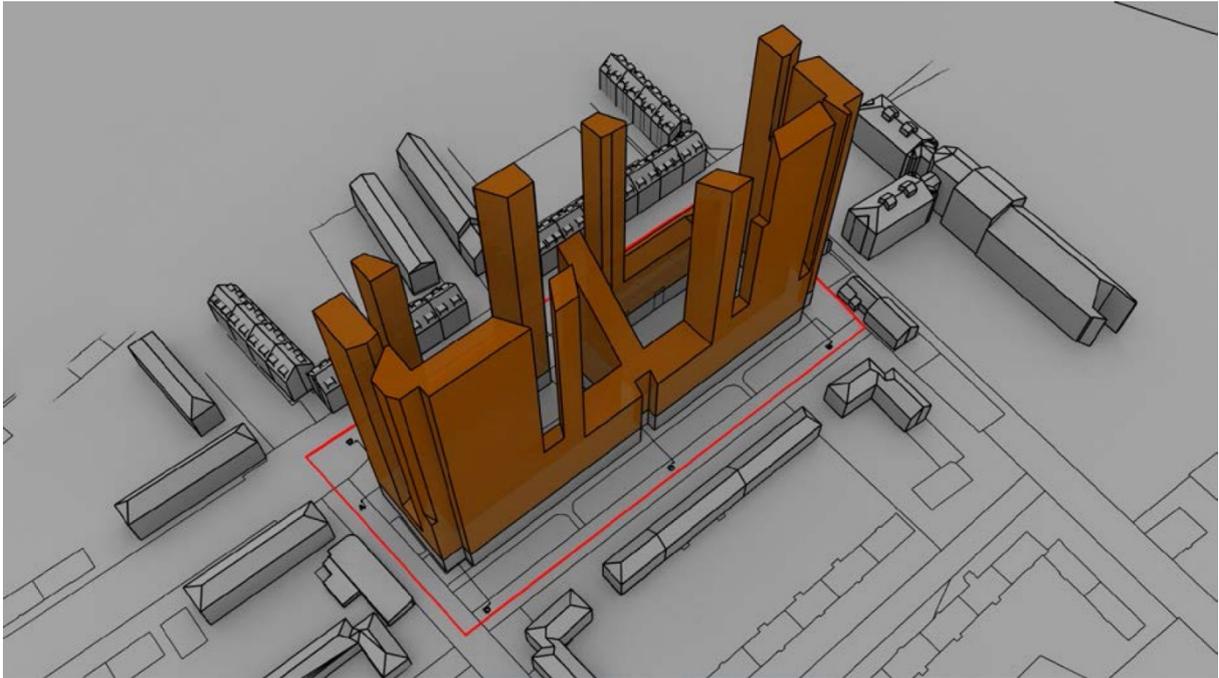


Abbildung 50: Testsimulation

#### Lösungsvariante 1

So viel Aufstockung wie möglich. Es entsteht eine Gebäudemasse ohne Beschattung des Bestandes, mit einer frei angenommenen Maximalhöhe von 118 Metern. Die neu entstandene Gebäudemasse beschattet sich teilweise selbst. Diese Fassaden können aber in einem weiteren Schritt als Feuerwände deklariert werden, da die turmartigen Volumen auch von zwei oder drei Seiten aus ausreichend belichtet werden.

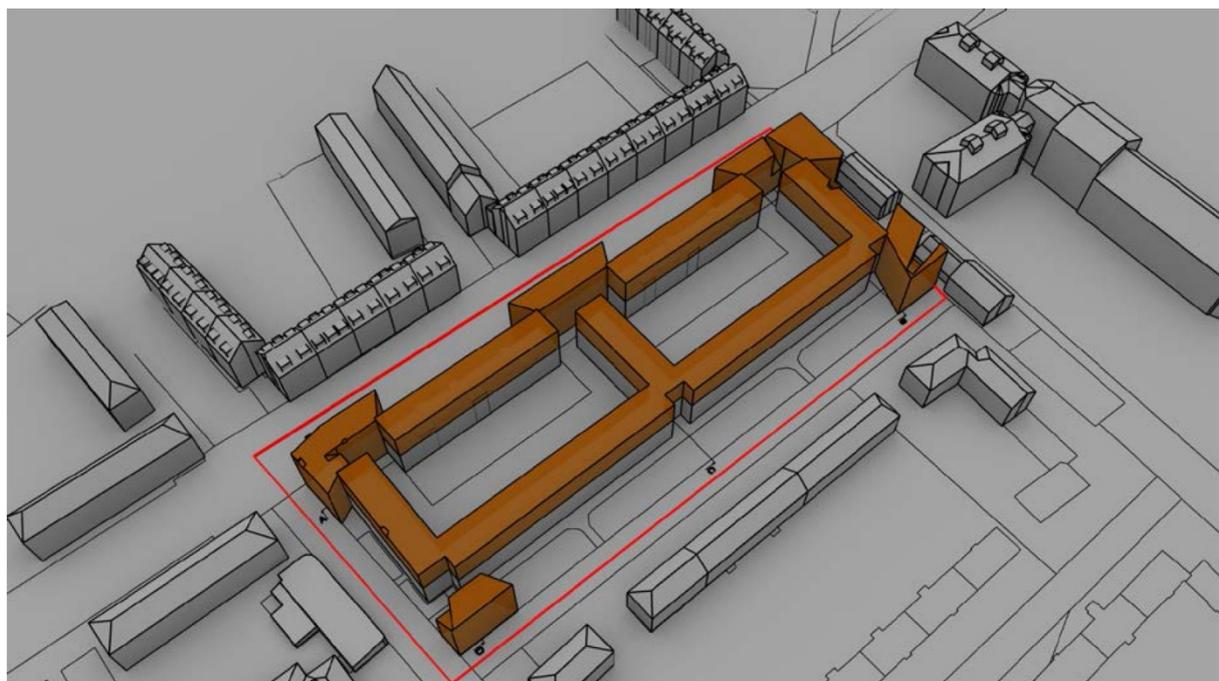


Abbildung 51: Testsimulation

#### Lösungsvariante 2

Aufstockung um 3 Geschosse, insgesamt 6 Geschosse. (laut Räumliches Leitbild 5.2.6)

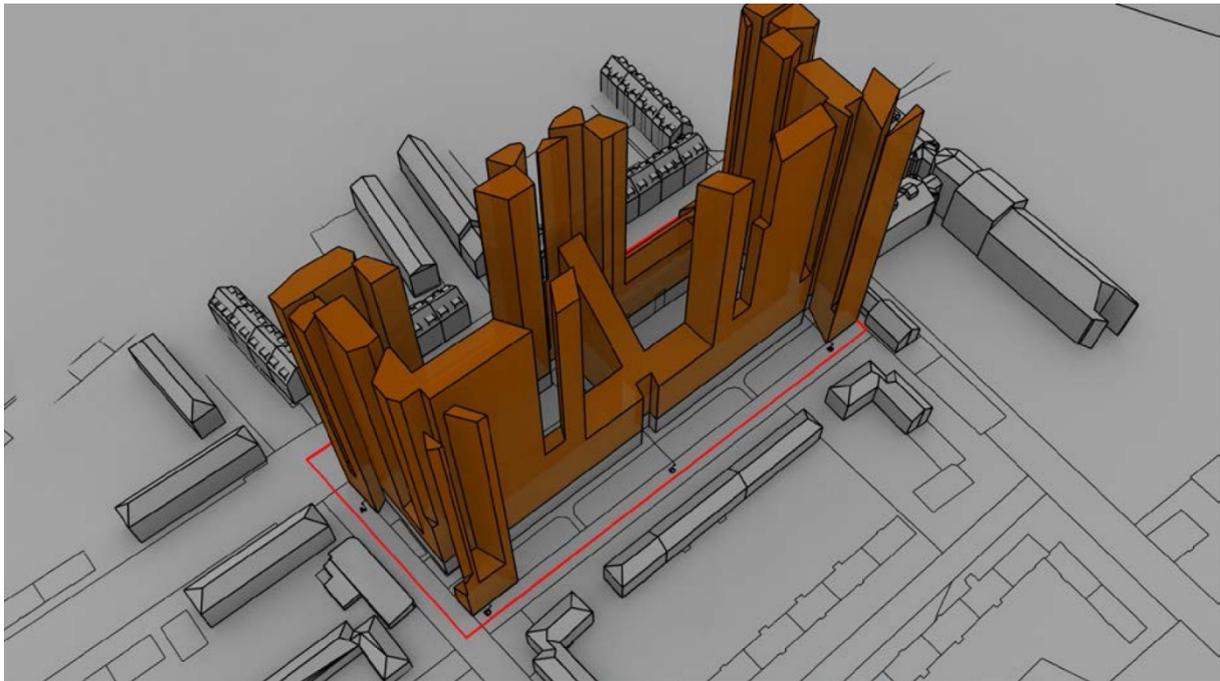


Abbildung 52: Testsimulation

### Lösungsvariante 3

Eine Kombination der zwei vorangehenden Lösungsvarianten. Maximale Gebäudemasse durch Aufstockung und Neubauten.

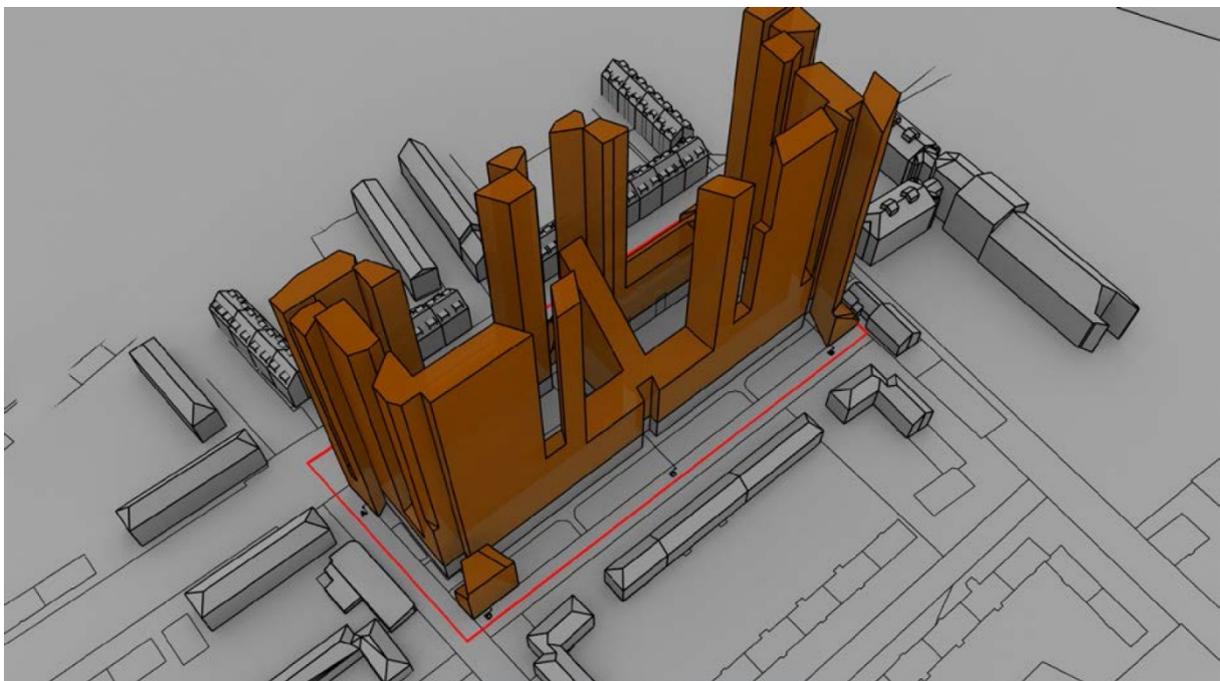


Abbildung 53: Testsimulation

Die nicht nutzbare Gebäudemasse wurde entfernt.

### 3.3.1.7 Brauchbarkeit des generierten Gebäudevolumens nach Testentwürfen und Rechenwerte

Um Aussagen über die tatsächliche Machbarkeit der entstehenden Maximalvolumina treffen zu können wurden Testentwürfe angefertigt. Prioritär wurden Erschließungssysteme in den bestehenden und addierten Baukörpern betrachtet und hinsichtlich ihrer Tauglichkeit und Sinnhaftigkeit überprüft. Weiters wurden versuchsweise für exemplarische Geschosse Wohnungsgrundrisse nach zeitgemäßen Ansprüchen entworfen um die Eignung für Wohnnutzung nachzuweisen. Diese werden hier nicht grafisch dargestellt, wohl aber in m<sup>2</sup> Nutzflächen. Die Frage nach dem Wieviel steht immer mit im Zentrum aller Nachverdichtungsgedanken. Die hier dargestellten Varianten beinhalten daher auch Quantitäten in Form von Kennzahlen.

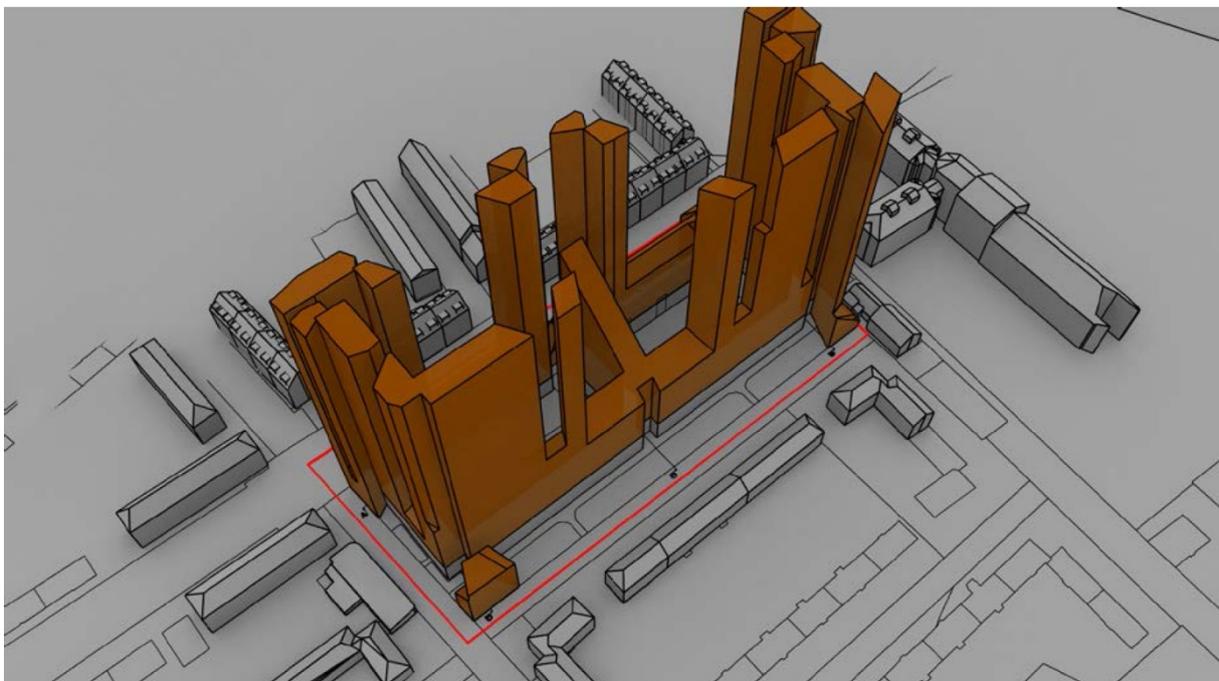


Abbildung 54: Testsimulation

Ausgangssituation:

Maximale Gebäudemasse durch Aufstockung und Neubauten bei einer 30° Verschwenkung der Lichtprismen:

Es ergibt sich eine Bruttogeschoßfläche (BGF) Neu von 122.301,21m<sup>2</sup> bei einer Höhe von 121m und 40 Geschossen. Die BGF Bestand beträgt 11.746,44m<sup>2</sup> bei 3 Geschossen. Die Aufstockung verursacht einen Bestandsverlust von 1.185,79m<sup>2</sup> da der ausgebaute Dachraum auf den freistehenden Längskörpern entfernt werden muss.

Grundstücksfläche: 14.553,70m<sup>2</sup>

Bebauungsdichte Bestand: 0,8    Bebauungsdichte Gesamt: 9,2

Bebauungsgrad Bestand: 0,27    Bebauungsgrad Gesamt: 0,33

Inkl. öff. Raum: Grundstücksfläche 18.580,80m<sup>2</sup>

Bebauungsdichte Bestand: 0,6    Bebauungsdichte Gesamt: 7,2

Bebauungsgrad Bestand: 0,21    Bebauungsgrad Gesamt: 0,25

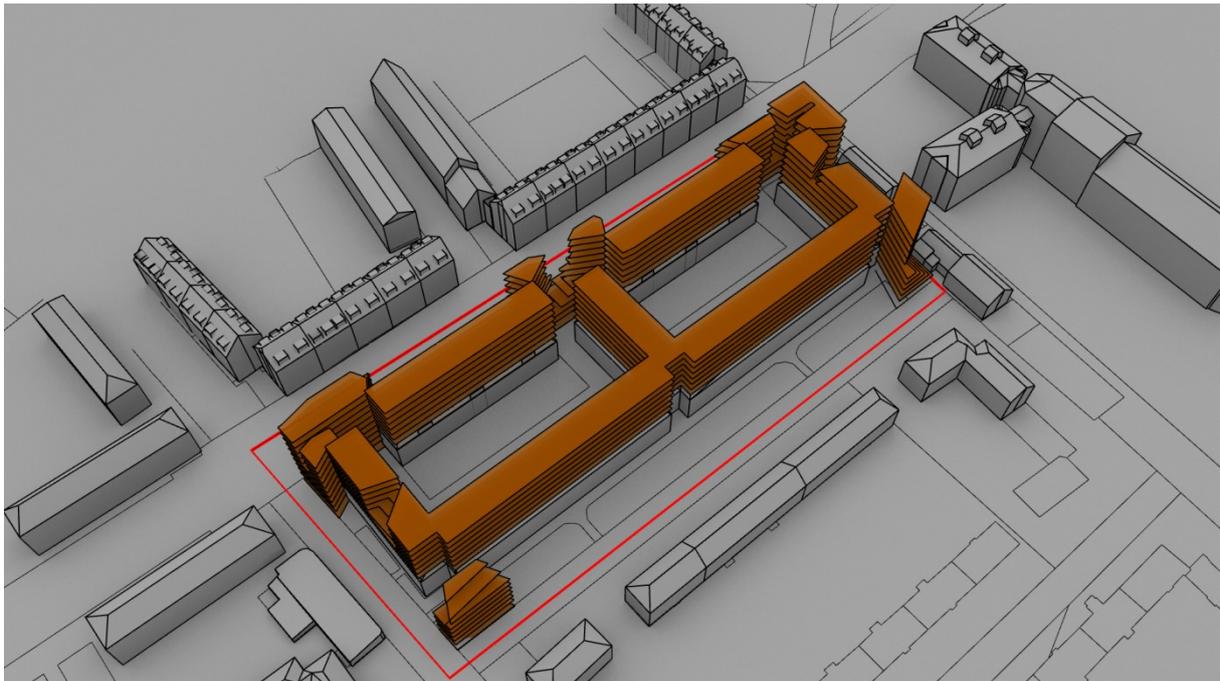


Abbildung 55: Testsimulation Maximalvariante 11 Geschöße

Begrenzung der Aufstockung und des Neubaus bis maximal 32m Höhe Fluchtniveau – zur einfacheren Vertikalerschließung der einzelnen Baukörper und Geschosse. Bei höheren Gebäuden werden zusätzliche Aufzüge und Fluchtstiegenhäuser obligatorisch. Schlanke Türme sind damit nicht wirtschaftlich erschließbar.

Das ergibt eine Geschossanzahl von 11 und eine BGF neu von 44.335,69m<sup>2</sup>.

Grundstücksfläche: 14.553,70m<sup>2</sup>

Bebauungsdichte Bestand: 0,8 Bebauungsdichte Gesamt: 3,8

Inkl. öffentl. Raum:

Grundstücksfläche: 18.580,80m<sup>2</sup>

Bebauungsdichte Bestand: 0,6

Bebauungsdichte Gesamt: 3,0

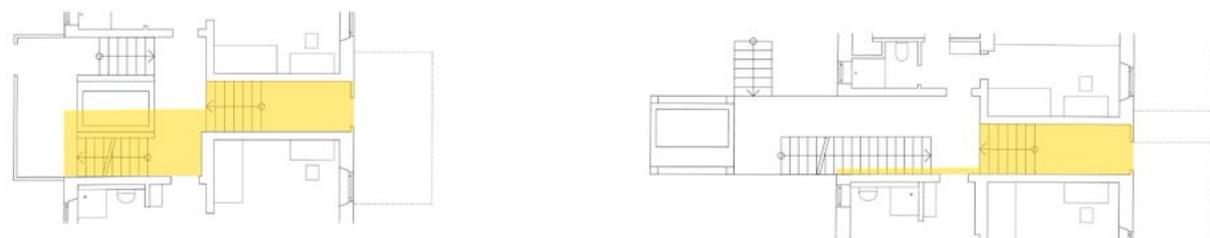


Abbildung 56: Stiegenhausumbauten Bestand

Um eine ausreichende Erschließung der Aufstockung zu gewährleisten müssen einzelne bestehende Stiegenhäuser erweitert und Wohnungen verkleinert werden (Abbruch gelb). Weiters wird im Erdgeschoss eine Wohnung entfernt und die übrig gebliebenen Flächen zu den danebenliegenden Wohnungen hinzugeschlagen um einen Durchgang zum Hof zu bilden. Es gibt einen Verlust von 167,43m<sup>2</sup>. Die für die Erschließung benötigte Fläche vor den Gebäuden beträgt für alle Geschosse 3.408,12m<sup>2</sup>.

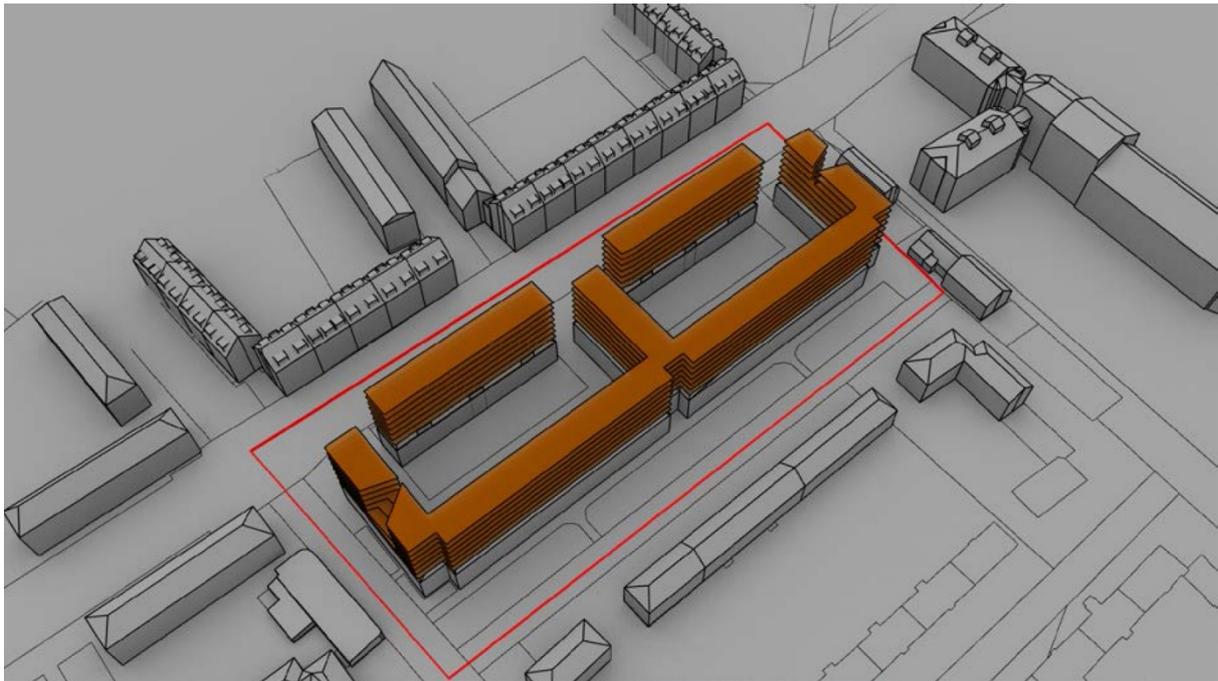


Abbildung 57: Testsimulation Aufstockung auf 11 Geschöße

Die Nettogeschoßfläche (NGF) im Bestand im Erdgeschoss beträgt 2.525,19m<sup>2</sup> bei 51 Wohnungen.

Die NGF in der Aufstockung im 11.Obergeschoss beträgt 2.699,33m<sup>2</sup> bei 31 Wohnungen.

Grundstücksfläche: 14.553,70m<sup>2</sup>

Bebauungsdichte Bestand: 0,8    Bebauungsdichte Gesamt: 2,8

Bebauungsgrad Bestand: 0,27    Bebauungsgrad Gesamt: 0,27

Inkl. öffentlicher Raum: 18.580,80m<sup>2</sup>

Bebauungsdichte Bestand: 0,6    Bebauungsdichte Gesamt: 2,2

Bebauungsgrad Bestand: 0,21    Bebauungsgrad Gesamt: 0,21

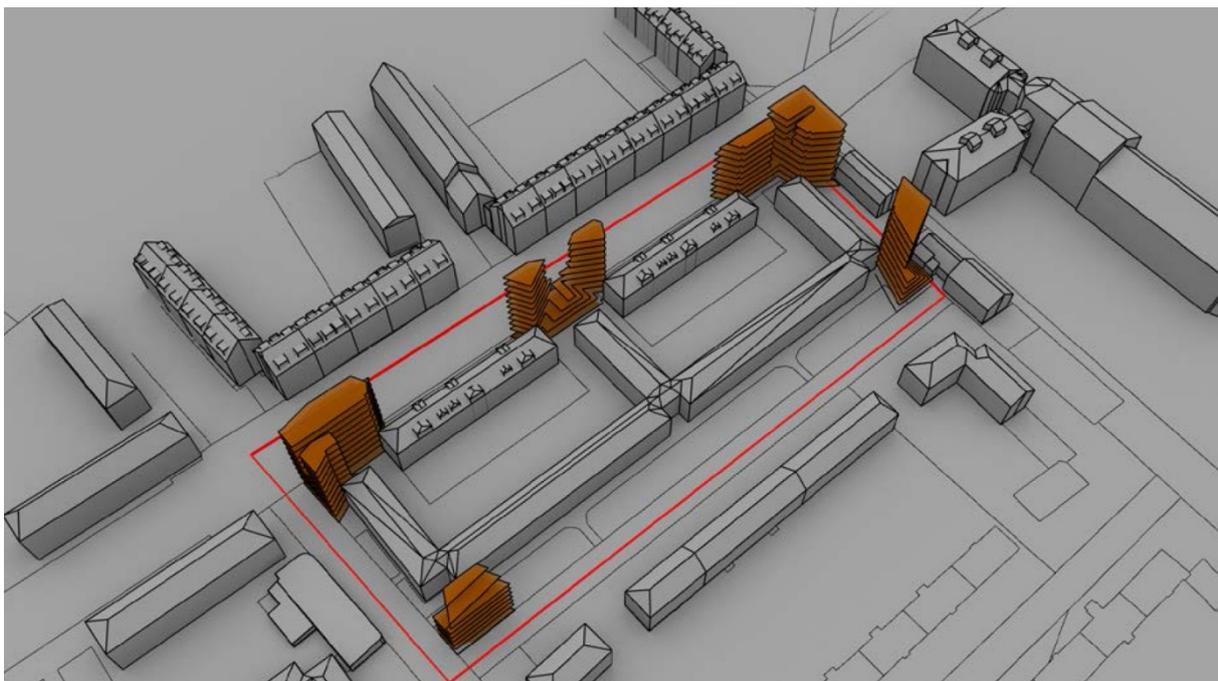


Abbildung 58: Testsimulation Zubauten 11 Geschöße

Die NGF im Neubau im Erdgeschoss beträgt 1.177,66m<sup>2</sup> bei gemischter Nutzung.

Die NGF im Neubau im 11.Obergeschoss beträgt 649,18m<sup>2</sup> bei 11 Wohnungen.

Grundstücksfläche: 14.553,70m<sup>2</sup>

Bebauungsdichte Bestand: 0,8    Bebauungsdichte Gesamt: 1,7

Bebauungsgrad Bestand: 0,27    Bebauungsgrad Gesamt: 0,33

Inkl. öffentlicher Raum: 18.580,80m<sup>2</sup>

Bebauungsdichte Bestand: 0,6    Bebauungsdichte Gesamt: 1,3

Bebauungsgrad Bestand: 0,21    Bebauungsgrad Gesamt: 0,25

### **3.3.2    Testsimulation Use Case 1 – Herz Jesu Viertel**

Als Versuchsgebiet wurden die Grundstücke innerhalb der Verkehrsflächen Rechbauerstraße, Morellenfeldgasse, Naglergasse und Nibelungengasse gewählt. Als Richtlinien für die neu entstandene Gebäudemasse dienen bei A die derzeit gültigen Gesetze bezüglich der Gebäudeabstände. Die Grundstücksteilungen innerhalb der Blöcke blieben unberücksichtigt, da sich bei Einhaltung der erforderlichen Grenzabstände ansonsten keinerlei Möglichkeit für eine sinnvolle Hofbebauung ergeben hätte.

Diese Testsimulation dient der Verifizierung und Gegenprobe der Erkenntnisse aus Use Case 2. Die Anwendung der gleichen Vorgehensweise wie in Use Case 2 führte quantitativ zu keinen besonders ergiebigen zusätzlichen Volumina. Auch im Vergleich zu Gründerzeitstadt 2.1 ergeben sich durch Aufstockung wesentlich geringere Potentiale. Das ist darauf zurückzuführen, dass in Gründerzeitstadt 2.1 davon ausgegangen wurde, dass die Erdgeschoßzonen nicht unbedingt in vollem Umfang natürlich belichtet werden müssten. In EPIKUR wurde bis ins Erdgeschoß natürlich belichtet. Allein dieser Vergleich illustriert, wie wichtig die Festlegung der Rahmenbedingungen, Ziele und Parametersetzung für die Ergebnisse sind.

In Folge wurde eine abgewandelte Variante der Restraumexklusion angewandt, die formal zu wesentlich fragmentierteren Ergebnissen führte.

### 3.3.2.1 Verdichtungsvariante A – Gesetzeskonforme Grenzabstände und Gebäudeabstände

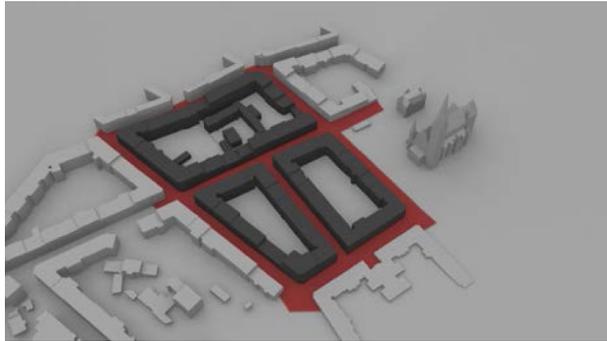


Abbildung 59: Testsimulation

Ausgangssituation:

Das Planungsgebiet umfasst drei Blocks. Dunkelgraue Gebäude sind Bestandsgebäude auf dem Planungsgebiet, unbebaubare Räume (Strassenräume) sind rot dargestellt. Das Gelände und damit die Strassenniveaus wurden auf der Grundlage der Daten der Stadt Graz modelliert, die Innenhöfe wurden eben auf der angegebenen Durchschnittshöhe angenommen. Die Bestandsgebäude auf umliegenden Grundstücken sind hellgrau.

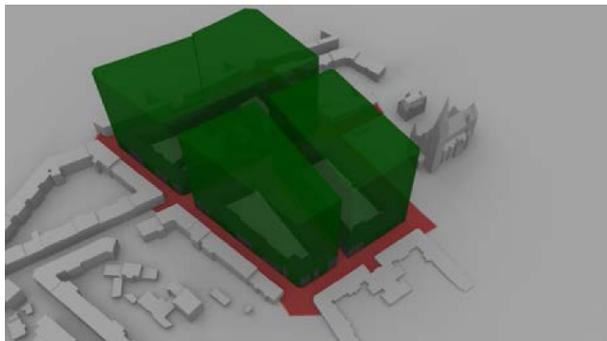


Abbildung 60: Testsimulation

Schritt 1 - Gesamttraum als potenzielle Baumasse:

Das gesamte Planungsgebiet abzüglich der unbebaubaren Flächen wird mit Gebäudemasse gefüllt. Eine Maximalhöhe von ca. 90 Metern wurde willkürlich angenommen.

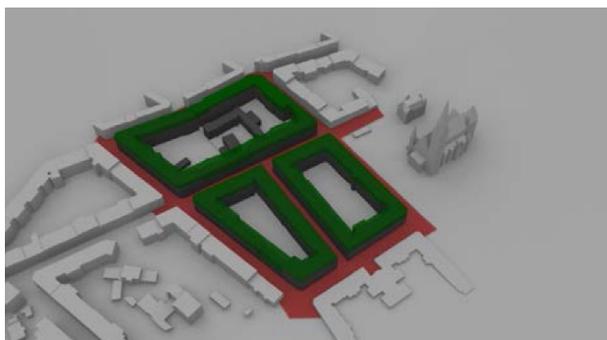


Abbildung 61: Testsimulation

Schritt 2 – Gebäudeabstände 1 – Höhe Bestand durch Aufstockung vereinheitlicht. Um mit den Gebäudeabständen zu arbeiten muss für den Bestand eine gewisse Höhe (bzw. Geschossanzahl) festgelegt werden, um die durch Abstandsregeln verbleibende zusätzlich verbaubare Fläche in den Höfen zu analysieren. Hier wurde so vorgegangen, dass zuerst der unterschiedliche Höhen aufweisende Bestand auf einheitliche 22,5m (entspricht 7 Geschossen x 3m + 1,5m Toleranz) vom Hof aus gemessen aufgestockt wurde. Diese Höhe wurde gewählt, da dieser Höhenbereich in vergleichbaren Gründerzeitquartieren (wie etwa in Berlin – Prenzlauer Berg mit 22m) als zulässige Traufhöhe festgelegt wurde.

### Schritt 3 - Gebäudeabstände 2 – Abstandsanalyse

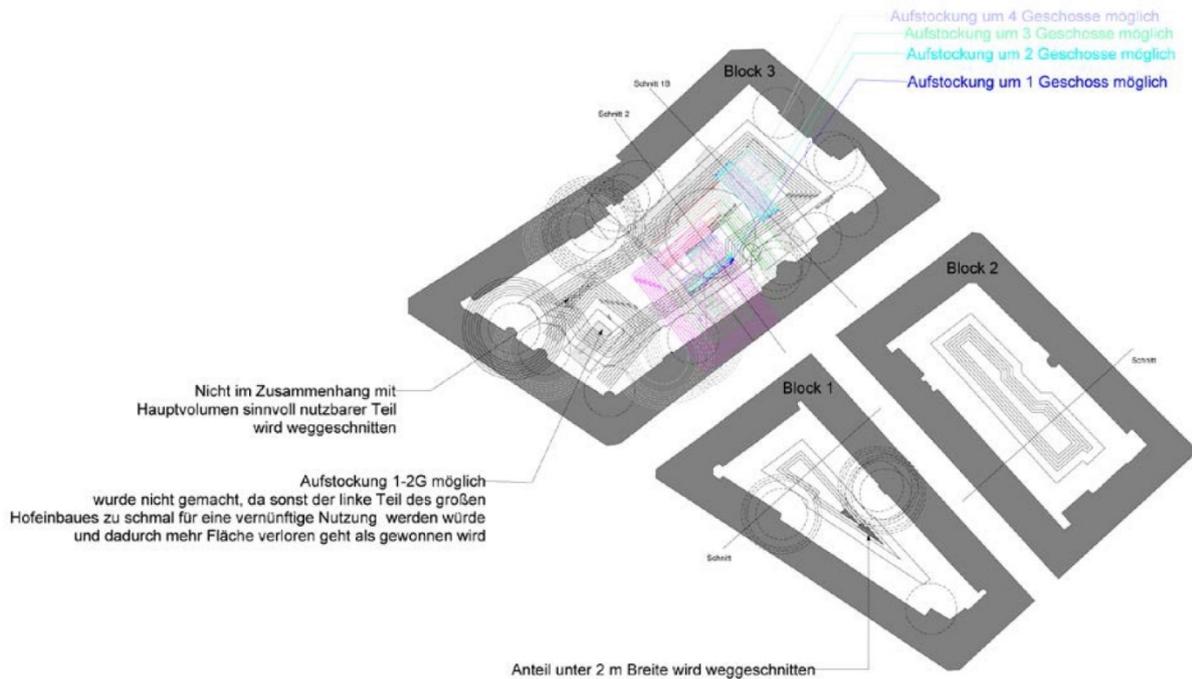


Abbildung 62: Testsimulation

Ausgehend vom aufgestockten Bestand bzw. den bestehenden Hofeinbauten, welche nicht aufgestockt wurden, wurden nun die entsprechenden Abstandslinien gezogen, die eine Bebauung zwischen ein und maximal sieben Geschossen zulassen würden. Flächen, die unter 2m Breite aufweisen wurden exkludiert, da sie nicht für eine sinnvolle Bebauung geeignet erscheinen. Wenn zwei mögliche Bebauungen oder Aufstockungen sich in ihrer möglichen Geschossigkeit gegenseitig beeinflussen, wurde der Lösung mit dem größtmöglichen Gewinn an BGF der Vorzug gegeben. Das bedeutet, dass gemeinhin immer das Gebäude mit der größeren Grundfläche höher bebaut bzw. aufgestockt wird. Die Komplexität der sich gegenseitig beeinflussenden Abstandslinien birgt dabei ein wesentliches Automatisierungspotential durch eine Software wie im Sondierungsprojekt angedacht.

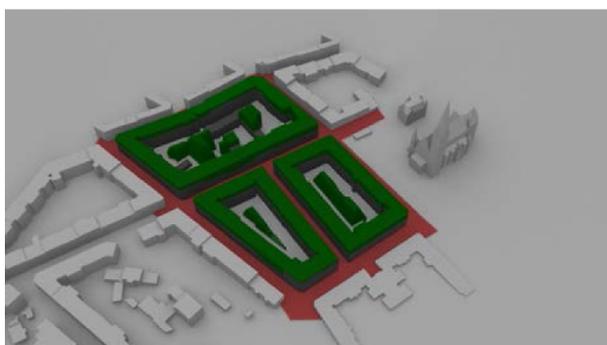


Abbildung 63: Testsimulation

### Schritt 4 – Gebäudeabstände 3 – Aufstockung und Hofbebauung nach Abstandsanalyse

Die Ergebnisse von Schritt 3 werden grafisch dargestellt. Da als Zielparameter ein möglichst großer Zuwachs an BGF galt, wurden die Aufstockungen und Einbauten in den Höfen geschossweise versetzt gestaffelt, um die Abstandsregeln möglichst auszureizen.

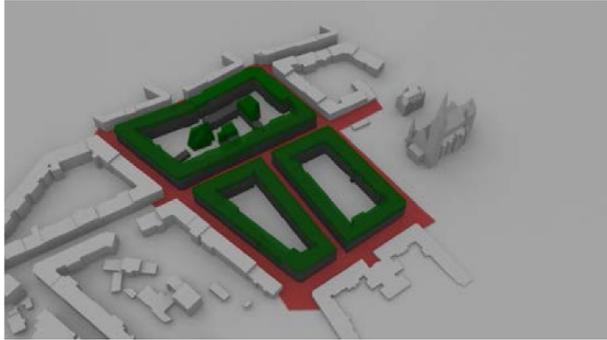


Abbildung 64: Testsimulation

#### Schritt 5 – Lichteinfall

Wird der Lichteinfall berücksichtigt, so müssen einige der Hofbebauungen wieder entfernt werden.

### 3.3.2.2 Variante B – Tageslicheinfall und freie Sicht lt. OIB 3

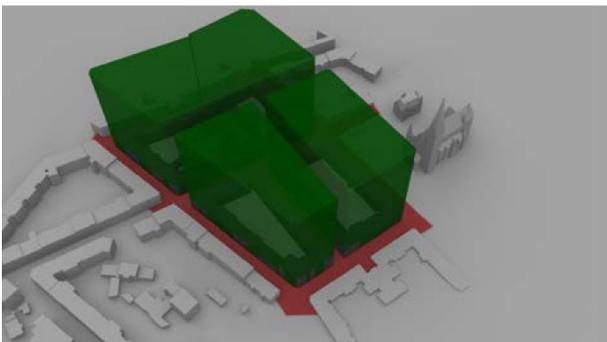


Abbildung 66: Testsimulation

Ausgangssituation:

Entspricht Schritt 1 von Variante A. Die Gebäudemasse ohne unbebaubare Flächen wird als Ausgangssituation herangezogen.

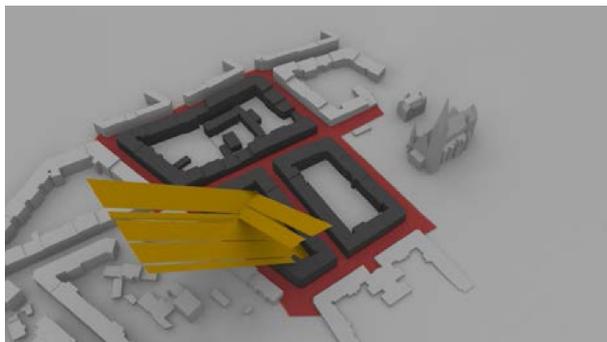


Abbildung 65: Testsimulation

Schritt 1 – Lichtprismen 1:

Die Lichtprismen stehen senkrecht zur Fassade und sind  $45^\circ$  nach oben geneigt. In der nebenstehenden Abbildung sind einige der Prismenunterflächen exemplarisch dargestellt. Die Lichtprismen sind an Fassaden mit Fensterflächen von der Parapetoberkante des untersten Geschosses anzunehmen um die Belichtung des Bestandes zu gewährleisten. Im vorliegenden Beispielquartier wurden die Parapethöhen strassenseitig mit 2m und hofseitig mit 1m angenommen, wobei das Hofniveau im Allgemeinen tiefer liegt als das Straßenniveau. In der linken unteren Ecke des Blocks ist bereits zu erkennen, dass auch der Bestand die 45 Grad Regel des freien Lichteinfalltes teilweise nicht berücksichtigt, da die Prismenfläche den Bestand schneidet.

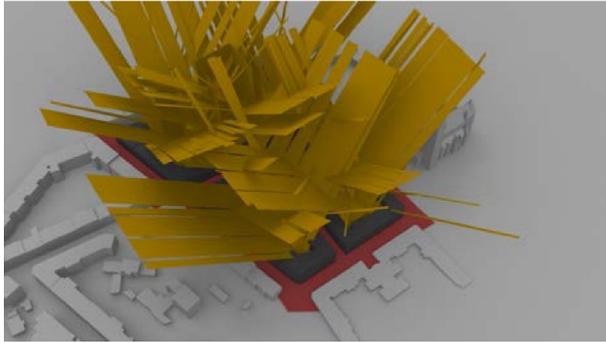


Abbildung 68: Testsimulation

#### Schritt 2 – Lichtprismen 2

Hier werden alle Lichtprismen-Unterflächen dargestellt, die ausgehend von Fassaden der analysierten Blöcke die building mass beschneiden.

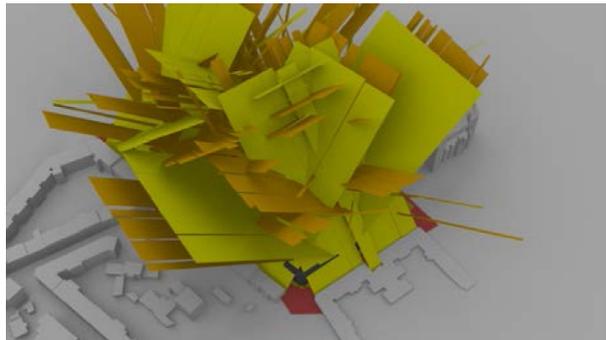


Abbildung 67: Testsimulation

#### Schritt 3 – Lichtprismen 3:

Zusätzlich werden in diesem Bild alle Lichtprismenflächen gezeigt (helleres Gelb), die vom umgebenden Bestand aus die neue Baumasse beschneiden. Die Komplexität der Geometrie wird deutlich.

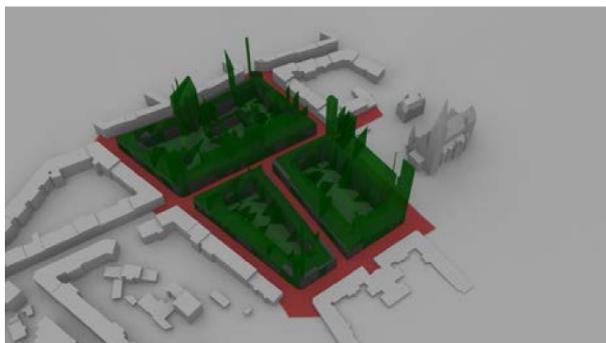


Abbildung 70: Testsimulation

#### Schritt 4 – Gebäudemasse wird mit Lichtprismen beschnitten

Die oben dargestellten Lichtprismenflächen wurden vertikal extrudiert und beschneiden die Gebäudemasse.

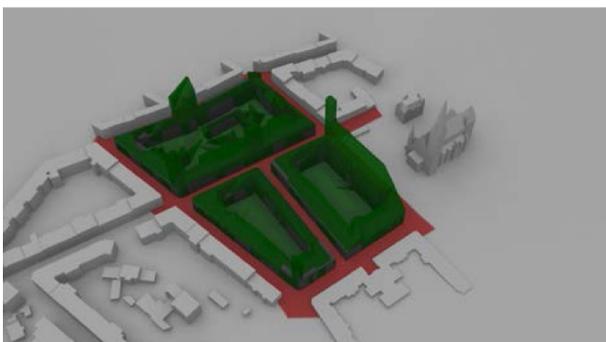


Abbildung 69: Testsimulation

#### Schritt 5 – Bereinigung der

verbleibenden Gebäudemasse

Sämtliche unbrauchbaren Restvolumina unter einer Tiefe von 2m werden von der verbleibenden Gebäudemasse entfernt.

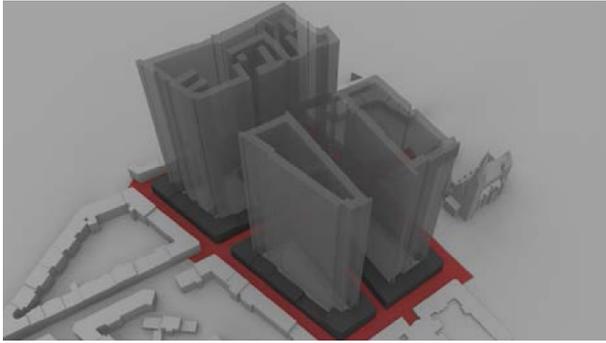


Abbildung 72: Testsimulation

#### Schritt 6 – Freies Sichtfeld

Für die erforderliche Sichtverbindung nach außen gilt ein Mindestabstand von 2m normal auf die Fensterebene vor jedem Fenster und ein Mindestabstand von 6m in der Horizontalen gemessen vor mindestens einem Fenster eines Aufenthaltsraumes jeder Wohnung. Da im vorliegenden Quartier die Lage der einzelnen Wohnungen bzw. Aufenthaltsräume nicht genau bekannt ist wurde generell ein Abstand 6m von allen Fenster aufweisenden Fassaden eingehalten. Die entsprechenden Abstandsblöcke, die aus der Gebäudemasse herausgeschnitten werden müssen, sind hier hellgrau dargestellt

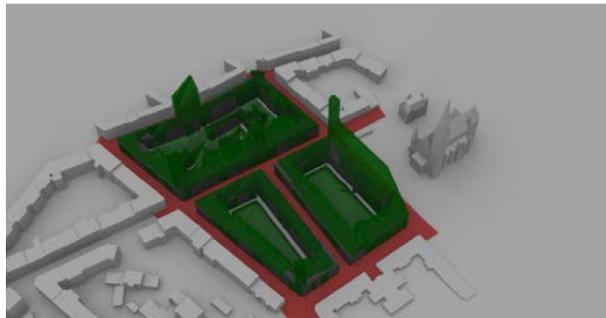


Abbildung 71: Testsimulation

#### Schritt 7 – Beschneidung der Gebäudemasse

Die Abstandsblöcke für das freie Sichtfeld beschneiden die Gebäudemasse. Bei dieser Vorgangsweise ergibt sich durch das entstehende Verdichtungsvolumen keinerlei Beschattung der Bestandsgebäude bei einem maximalen Volumen der neuen Gebäudemasse.

Allerdings zeigen die anschließenden Schnittstudien, dass die neuen Gebäudevolumina sowohl vom Bestand beschattet werden als auch sich gegenseitig selbst beschatten! (s. unten) Das bedeutet, dass dieser Vorgangsweise weitere Schritte nachgeschaltet werden müssen um zu einer Lösung mit ausreichender Belichtung für alle Volumina zu gelangen

### 3.3.2.3 Lichtstudie: Generieren von brauchbarer Gebäudemasse

#### a) Schnittkurven bei Berücksichtigung nur des Gebäudeabstandes

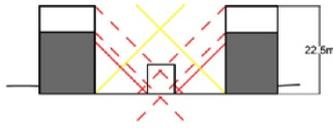


Abbildung 73: Testsimulation



Abbildung 74: Testsimulation



Abbildung 75: Testsimulation



Abbildung 76: Testsimulation

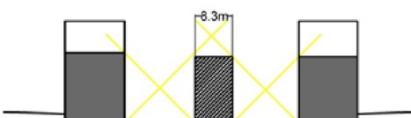


Abbildung 77: Testsimulation

Block 1:

Aufstockung auf 22,5m und Hofverbauung 2G nach Abstandsregeln: Belichtung der Hofbebauung NICHT gewährleistet (durchgezogene rote Linien). Auch nicht wenn nicht aufgestockt wird. An der 45° Strichlinie ist zu erkennen, dass bei dieser Aufstockung eine Hofbebauung mit ausreichender Belichtung generell nicht mehr möglich ist.

Analyse Belichtung:

Selbst wenn nicht aufgestockt wird ist aufgrund der Enge des Blockes eine Bebauung mit ausreichender Belichtung unter 45 Grad Lichteinfallswinkel nicht möglich

Block 2:

Aufstockung auf 22,5m und Hofverbauung 2G nach Abstandsregeln: Belichtung der Hofbebauung NICHT gewährleistet. Auch nicht wenn nicht aufgestockt wird. An der 45° Strichlinie ist zu erkennen dass bei dieser Aufstockung eine Hofbebauung mit ausreichender Belichtung generell nicht mehr möglich ist.

Aufstockung auf 22,5m und Hofverbauung 3G nach Abstandsregeln: Belichtung der Hofbebauung NICHT gewährleistet. Auch nicht wenn nicht aufgestockt wird. An der 45° Strichlinie ist zu erkennen dass bei dieser Aufstockung eine Hofbebauung mit ausreichender Belichtung generell nicht mehr möglich ist.

Block 2:

Analyse Belichtung: Wenn nicht aufgestockt wird ist eine schmale Hofbebauung mit ausreichender Belichtung möglich (schraffiert dargestellt)

Lösungsvariante 1: Verzicht auf Hofeinbau, Umlaufende Aufstockung des Bestandes auf 22.5m (7G) vom Hof aus.



Abbildung 78: Testsimulation

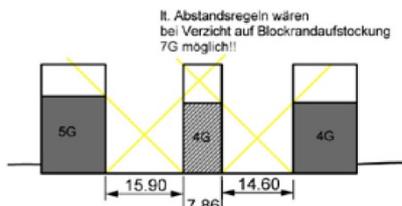


Abbildung 79: Testsimulation

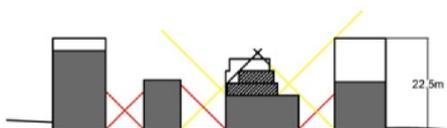


Abbildung 80: Testsimulation

Block 2 Lösungsvariante 2:

Verzicht auf Aufstockung, Hofeinbau nach Belichtungsregeln. Der Verzicht auf die Hofbebauung und eine umlaufende Aufstockung des Bestandes um 2G bringt jedoch deutlich mehr Zuwachs an BGF!

Block 3 Schnitt 2: Aufstockung auf 22,5m und nach Abstandsregeln mögliche Aufstockung der bestehenden Hofbebauung. Die bestehende Hofbebauung ist bereits so ausgerichtet, dass nur mehr die Hauptfassaden nach der 45 Grad Regel belichtet werden.

Die dem Blockrand zugewandten Seiten sind Nebenfassaden bzw. sogar fensterlos. Bei Berücksichtigung der Hauptfassaden ist nur mehr eine kleine gestaffelte Aufstockung der Hofbebauung sowie die Aufstockung der ursprünglichen Blockrandbebauung möglich.

b) Schnittkurven bei Berücksichtigung rein der Belichtung 45° Regel und freies Sichtfeld 6m OHNE Abstandsregeln

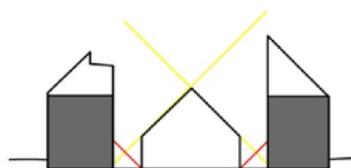


Abbildung 81: Testsimulation

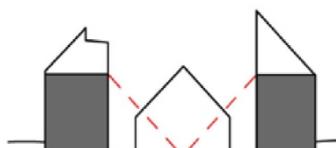


Abbildung 82: Testsimulation

Block 1

Aufstockungs - und Hofeinbauvolumen nach Anwendung der 45 Grad Regel. Hier zeigt sich wieder die Problematik dass bei der Methode der Gebäudemassenbeschneidung mittels Lichtprismen vom Bestand aus die Belichtung des sich ergebenden Restvolumens selbst NICHT berücksichtigt ist.

Wie bereits bei der Analyse der Gebäudeabstände gezeigt kann hier nur erneut festgestellt werden dass selbst wenn nicht aufgestockt wird aufgrund der Enge des Blockes eine Bebauung mit ausreichender Belichtung unter 45 Grad Lichteinfallswinkel nicht möglich ist.

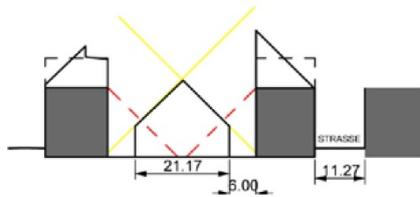


Abbildung 83: Testsimulation

Vergleich Ergebnis Belichtung und Ergebnis Gebäudeabstand.

BEIDE Bedingungen müssen erfüllt sein!

Für gerade Aufstockung wurden 22,5m ab Hof (7 G) willkürlich gewählt. Nimmt man nur den Hof als Abstandsbestimmend an, wären lt. Gesetz noch höhere Aufstockungen möglich. Allerdings sind die umgebenden Straßenräume zum Teil nur etwa 12 m breit, was eine Geschossanzahl von 8 für beide an die Straße angrenzenden Gebäude ZUSAMMEN ergeben würde ( $8 \times 4\text{m} = 12\text{m}$ ) dieser wird oft bereits vom Bestand überschritten sodass von Seiten des Gebäudeabstandes her eine Aufstockung in Fassadenebene straßenseitig gar nicht möglich wäre.

Die Belichtungsstudie zeigt ebenso, dass unter Berücksichtigung des  $45^\circ$  Lichteinfall es straßenseitig eine Aufstockung in Fassadenebene praktisch nicht mehr möglich ist. Hofseitig ist sie zum Teil möglich. Ein Hofeinbau ist unmöglich.

## Alternative Lösungsvorschläge

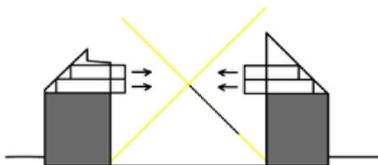


Abbildung 84: Testsimulation

Block 1

Auskrägung der Aufstockung in Richtung Hof: Probleme können sich durch die Belichtung der unter der Auskrägung gelegenen Räume ergeben. Diese ist abhängig von der Größe der bestehenden Fensterflächen und Räume.

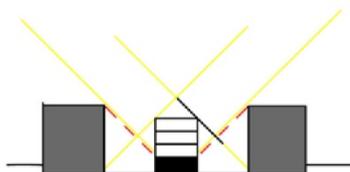


Abbildung 85: Testsimulation

Hofeinbau mit nicht belichtungsrelevanten Funktionen im unteren Bereich:

Im unteren Bereich können z.B. Garage, Abstellräume, Partyräume etc. untergebracht werden, deren Fenster nicht der  $45^\circ$  freien Lichteinfallregel unterliegen.

### 3.3.2.4 Lichtstudie: optimierter 3D Baukörper mit 30° Verschwenkung der Lichtprismen

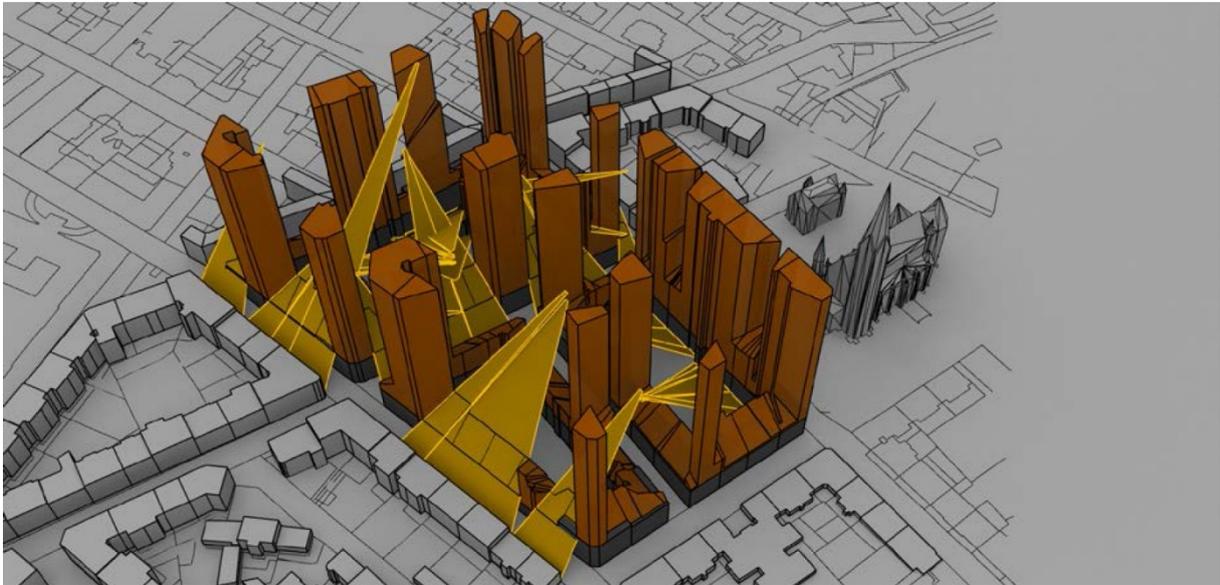


Abbildung 86: Testsimulation

Für den erforderlichen Lichteinfall je Fassade wird die erlaubte 30° Verschwenkung angewendet. Von jeder mit Licht zu versorgenden Fassade aus, wird in einem 90° Winkel horizontal und einem 45° Höhenwinkel vertikal jede Verschneidung mit der Gebäudemasse berechnet. An der entferntesten Verschneidung ist mindestens eine Lichteinfallsbreite von einem Fenster nötig, um einen ausreichenden Lichteinfall zu gewährleisten. Zur Vereinfachung wird je gerader Fassade nur ein Lichtprisma erstellt. Der Verschwenkungswinkel darf maximal 30° betragen (einer Verschneidung kann somit auch ausgewichen werden). Es wurde eine Mindestfensterbreite von 1,5 Metern gewählt. Aufgrund geringer Dimensionen müssen nicht alle neu entstandene Fassaden belichtet werden. Diese Fassaden werden wie Brandwände behandelt.

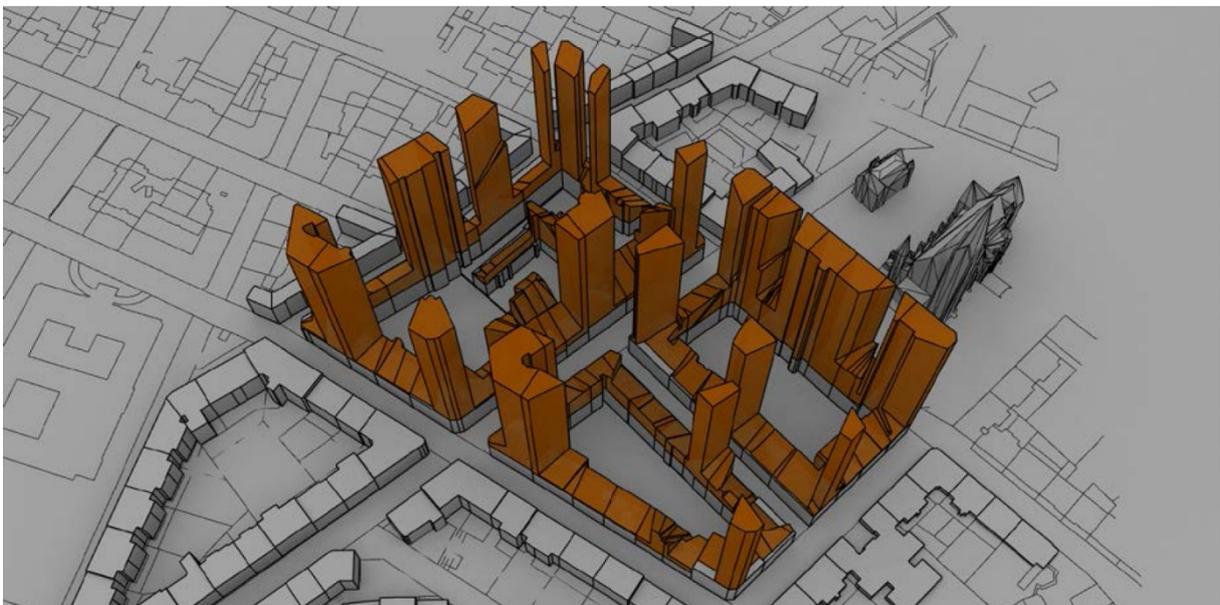


Abbildung 87: Testsimulation

Lösungsvariante 1:

So viel Aufstockung wie möglich.

Es entsteht eine Gebäudemasse ohne Beschattung des Bestandes, mit einer frei angenommenen Maximalhöhe von 105 Metern. Die neu entstandene Gebäudemasse beschattet sich teilweise selbst. Diese Fassaden können aber in einem weiteren Schritt als Feuerwände deklariert werden, da die turmartigen Volumen auch von zwei oder drei Seiten aus ausreichend belichtet werden. In diesem dichten Gefüge ist es nötig eine fixe Maximalhöhe anzugeben da sonst zu viel Gebäudemasse verloren geht um eine ausreichende Belichtung zu ermöglichen. Das über die neue Gebäudemasse „darüber sehen“ um den Lichteinfall zu gewährleisten ist in dieser dichten Bebauung sehr wichtig.

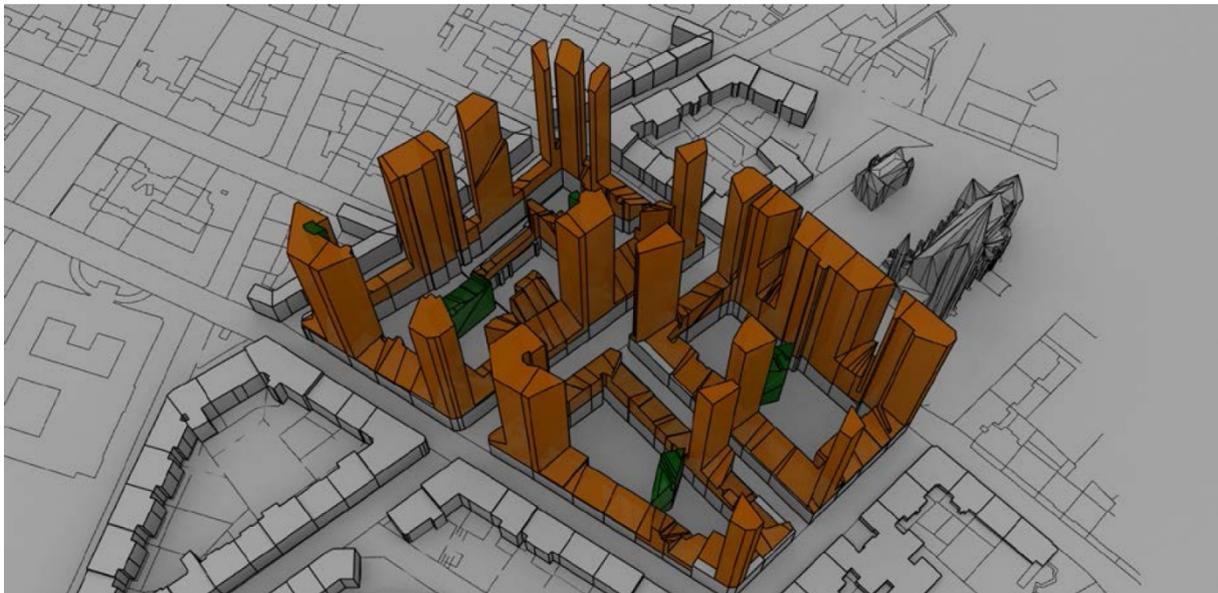


Abbildung 88: Testsimulation

So viel Aufstockung wie möglich inklusive Hofbebauung (grün).

Es entsteht eine Gebäudemasse ohne Beschattung des Bestandes. Neu entstandene Gebäudemasse beschattet sich teilweise selbst, kann aber dennoch ausreichend belichtet werden.



Abbildung 89: Testsimulation

Lösungsvariante 2 –Aufstockung bis 32m Fluchtniveau.

Das ergibt eine Maximalhöhe von 35 Metern. Durch die verringerte Maximalhöhe entstehen schlankere Lichteinfallsprismen und mehr turmartige Aufstockungen. Es entsteht eine Gebäudemasse ohne Beschattung des Bestandes. Neu entstandene Gebäudemasse beschattet sich teilweise selbst, kann aber dennoch ausreichend belichtet werden.



Abbildung 90: Testsimulation

Aufstockung und Hofbebauung (grün) bis 32m Fluchtniveau. Das ergibt eine Maximalhöhe von 35 Metern. Es entsteht eine Gebäudemasse ohne Beschattung des Bestandes. Neu entstandene Gebäudemasse beschattet sich teilweise selbst, kann aber dennoch ausreichend belichtet werden. Die neu entstandene Hofbebauung weist teilweise sehr geringe Dimensionen auf, könnte jedoch als Nebengebäude genutzt werden.

### 3.3.2.5 Lichtstudie: 3D Baukörper mit 30° Verschwenkung und Unterteilung der Lichtprismen

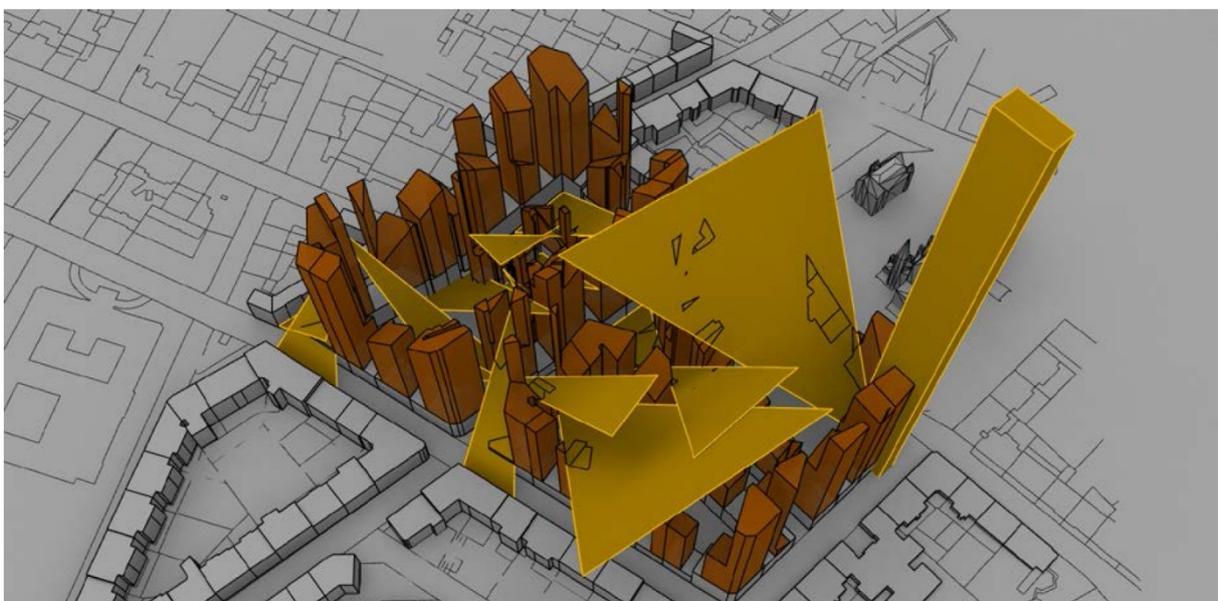
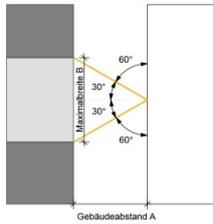


Abbildung 91: Testsimulation

## Strategie:

### Punkförmige Aufstockung unter Ausnutzung 30° Verschwenkbarkeit der freien Sicht.

GRUNDRISS



Die Maximalbreite der Aufstockung ergibt sich aus dem Abstand des nächstliegenden Gebäudeblockes (Gebäudeabstand A) zum aufzustockenden Gebäude. Sie wird aufgrund des maximalen Verschwenkungswinkels der Sichtlinien von 30 Grad errechnet. **Position und Höhe der Aufstockung ist dabei beliebig.**

#### Berechnung B:

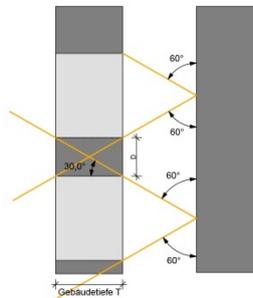
$$\begin{aligned} \cos 30^\circ &= \text{Gebäudeabstand}/B \\ B &= \text{Gebäudeabstand} / \cos 30^\circ \\ B &= \text{Gebäudeabstand} / 0,866 \\ B &= \text{Gebäudeabstand} \times (1 / 0,866) \end{aligned}$$

$$B = \text{Gebäudeabstand A} \times 1,155$$

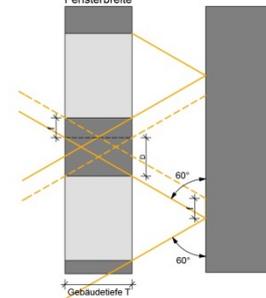
### Serielle Aufstockung

GRUNDRISS

Mindestabstand D der Aufstockungen



Erweiterung der Sehstrahlen durch Fensterbreite



Mindestabstand zwischen Aufbauten abhängig von der Gebäudetiefe sowie der Fensterbreite f.

Berechnung D:

$$\begin{aligned} \tan 30^\circ &= D / \text{Gebäudetiefe} \\ D &= \tan 30^\circ \times \text{Gebäudetiefe} \end{aligned}$$

D ist um die Fensterbreite zu erweitern, das ergibt den nötigen Abstand zwischen den Aufbauten.

$$D = 0,577 \times \text{Gebäudetiefe}$$

$$\text{Mindestabstand Aufstockungen} = D + f$$

Abbildung 93: Testsimulation

In den Studien zum freien Lichteinfall wurde das hier dargestellte Modell erarbeitet, das eine Aufstockung in unbegrenzter Höhe erlaubt ohne den freien Lichteinfall zu behindern. Dabei wird die 30 Grad Verschwenkungsregel voll ausgenutzt und die Aufstockungstürme werden so aneinandergereiht dass unter Ausnutzung der 30 Grad Verschwenkung von allen Teilen der zu belichtenden Fassade aus zwischen den Türmen hindurchgesehen werden kann.

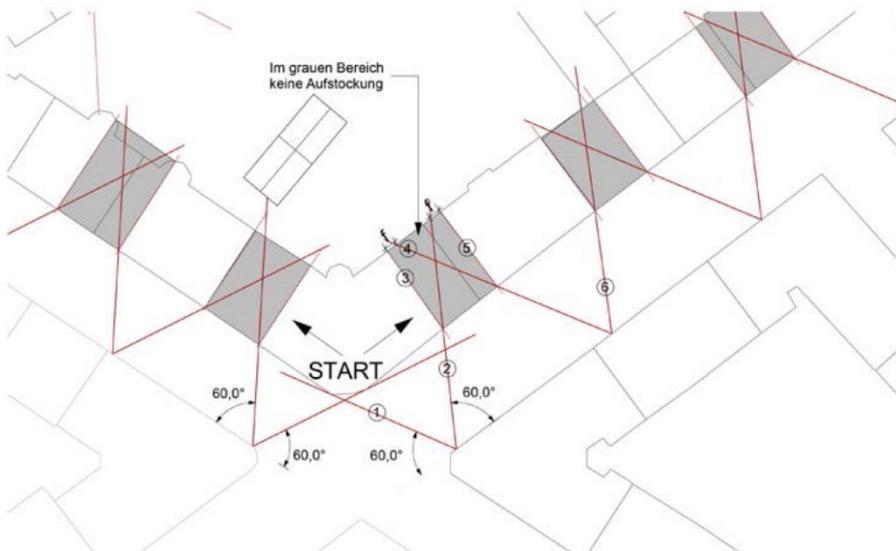


Abbildung 92: : Testsimulation

Diese Lösung ist nach Bestimmung eines Startpunktes bei zwei gegenüberliegenden geraden Baukörpern eindeutig definiert, bei der Anwendung in der Blockrandbebauung des Herz-Jesu-Viertels treten jedoch mehrere Fragestellungen auf, die individuell zu lösen sind. Die entsprechenden Strategien sind im folgenden Abschnitt dargestellt. Die Zahlen an den Linien bezeichnen exemplarisch die Konstruktionsreihenfolge für einen regulären Einschnitt der Aufstockung.

## 1. Der Startpunkt, Beginn bei der nächstliegenden Gebäudemasse

Die Bestimmung des Startpunktes für die serielle Aufstockung ist essentiell, um möglichst viel Gebäudemasse zu erhalten. Dabei wurde so vorgegangen, dass an den Ecken der Blockrandbebauung möglichst viel stehen gelassen wurde. Dabei muss bei einer vierseitigen Blockrandbebauung eine Ecke als Startpunkt definiert werden. Vom Rand wurde soweit hineingegangen, wie die 60° Verschwenkung gerade noch erlaubt, bevor der erste Einschnitt gesetzt wurde. Danach wurde mit der Beschneidung gemäß der seriellen Aufstockung fortgefahren. Wenn die Restvolumina an der folgenden Ecke zu klein wurden, wurde versucht das Ergebnis durch kleinere Einschnitte in der Mitte des Blocks händisch zu optimieren.

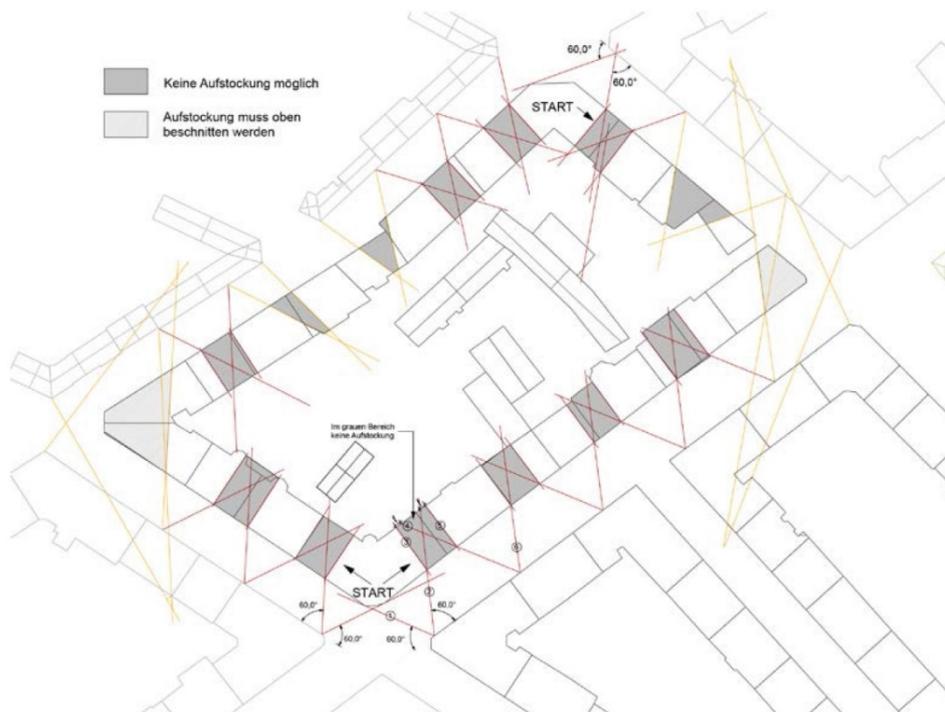


Abbildung 94: Testsimulation

## 2. Einschnitte in die Aufstockung außerhalb der Regel

Da es sich nicht um 2 parallele Gebäude handelt wie im oben dargestellten Regelfall ergeben sich zahlreiche Punkte an denen ein streng regelkonformes Vorgehen zu völlig unbrauchbaren Aufstockungsvolumina führen würden. Alle Sichtlinienkonstruktionen die nicht der Standardregel entsprechen sind in der Abbildung gelb dargestellt. Die regulären sind rot. Startet man mit der Konstruktion an einem Startpunkt, so ergeben sich am Ende des Blockes häufig Restvolumina, die keinen praktikablen Grundriss mehr zulassen. Hier wurde entschieden, die Eckgebäude im belichtungsrelevanten Bereich einfach im 45 Grad Winkel nach oben von der zu belichtenden Fassade aus zu beschneiden, um doch noch in Teilbereichen eine (niedrige, aber großflächigere) Aufstockung zu ermöglichen. Bei drei weiteren irregulären dreiecksförmigen Einschnitten in die Gebäudemasse wurde aufgrund der Sondersituationen entschieden die Einschnittform zu wählen, die sich lediglich noch auf Fensterbreite verjüngt, um die aufstockbaren Flächen zu maximieren. Nähere Darstellungen zu den zwei verschiedenen Einschnittformen finden sich am Ende dieses Dokumentes.



Abbildung 95: Testsimulation

### 3. Beschneidung der weiter hinten liegenden Gebäudemassen

Die serielle Aufstockung wurde immer von dem Block aus berechnet, der der zu beschneidenden Gebäudemasse am nächsten liegt. Im Allgemeinen entspricht dies dem straßenseitig gegenüberliegenden Block. Danach wurden die entsprechenden Lichtprismen durch die entstandenen Einschnitte im Grundriss gezeichnet, nach oben extrudiert und mit der 45 Grad nach oben zeigenden Lichtebeine vom Parapet aus verschritten, um so die Beschneidungsvolumina für die weiter hinten liegenden Gebäudemassen zu erhalten. Wie weit diese Ebene zur Beschneidung nach hinten gezeichnet wird hängt dabei von der Höhe der hinten liegenden Gebäude ab. Diese müssen so weit nach hinten beschnitten werden bis schließlich die freie Sicht zum Himmel erreicht ist.

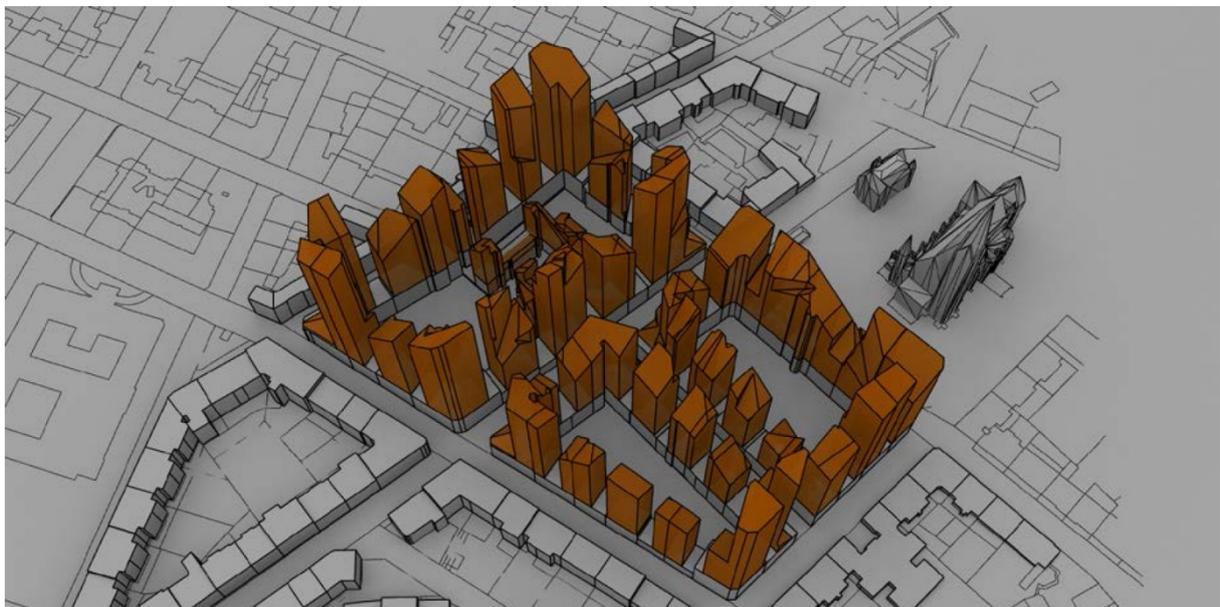


Abbildung 96: Testsimulation

### 3D-Darstellung der Lösungsvariante

Dies zeigt die Lösung, bei der die oben beschriebene Strategie angewendet wurde. Die maximale Höhe wurde experimentell mit 105 Metern beschränkt. Es wurde ausschließlich die Belichtung berücksichtigt (keine Abstandsregeln) und die Möglichkeit der 30° Verschwenkung der Lichtprismen wurde möglichst ausgenutzt. Der Bestand wird dabei nicht beschattet, auch nicht die Hofgebäude. Die Aufstockungen beschatten sich an den Fassaden zu den Aufstockungslücken hin zum Teil selbst, jedoch ist der freie Lichteinfall an den innen zum Hof und außen zur Straße gelegenen Fassaden analog zum darunterliegenden Bestand immer gewährleistet. Daher wird von einer ausreichenden Belichtung der Aufenthaltsräume ausgegangen.

### Strategie Alternativen

#### Variationen Ausschnitt

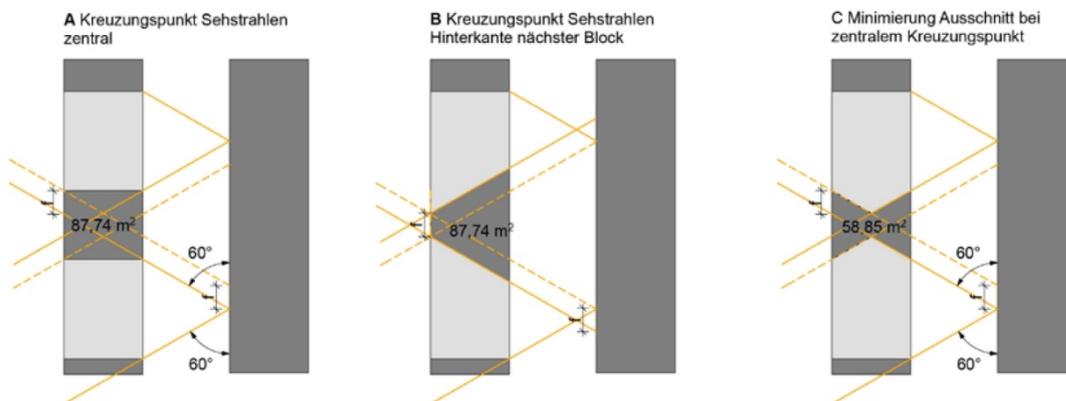


Abbildung 97: Testsimulation

In einer nachfolgenden Studie wurde noch analysiert, inwiefern die Wahl des Kreuzungspunktes der Sichtlinien auf das rechnerische Maximalvolumen das stehen bleiben kann Einfluss hat. Dazu folgende Ergebnisse:

Bezüglich der Fläche (bzw. damit auch des Volumens) die zwischen den Aufstockungen herausgeschnitten werden muss, ergibt sich kein Unterschied, ob man den Kreuzungspunkt in die Mitte (A) oder an die Hinterkante (B) des nächstliegenden Blockes legt. Es wäre allerdings möglich noch mehr Volumen stehen zu lassen, wenn man am Kreuzungspunkt der Variante A den Einschnitt noch bis auf Fensterbreite verengt (C).

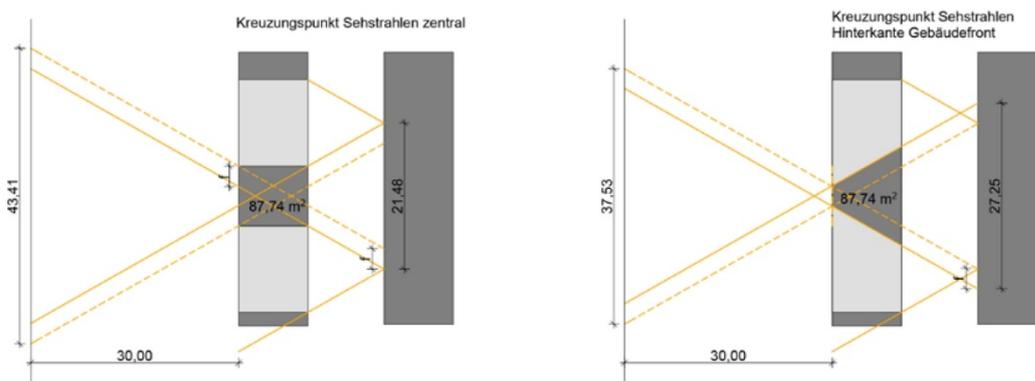


Abbildung 98: Testsimulation

Betrachtet man jedoch die weiteren Auswirkungen dieser beiden Varianten so ist anzumerken dass durch die Verlagerung des Kreuzungspunktes an die Gebäudehinterkante einerseits die Länge der durch diesen einen Ausschnitt belichtbaren Gebäudefront zunimmt (in unserem Beispiel 27,25 statt 21,48m), andererseits auch die Breite des Lichtprismas, mit dem weiter hinten liegende Gebäude im 45 Grad aufsteigenden Winkel beschnitten werden müssen abnimmt (im Beispiel in 30 m Distanz eine Prismenbreite von 37,53 versus 43,41m). Beide Vorteile spielen jedoch nur unter bestimmten Voraussetzungen eine Rolle: der Vorteil des längeren belichtbaren Fassadenanteiles wird dann relevant, wenn man sich dadurch auf die Gesamtlänge des Blockes einen Belichtungseinschnitt ersparen kann. Die Verschmälerung des Beschneidungsprismas für weiter hinten liegende Gebäude spielt nur dann eine Rolle, wenn diese auch eine entsprechende Höhe haben, die noch beschnitten werden muss, um im 45 Grad Winkel darüberzusehen.

### 3.3.2.6 Lichtstudie Triestertstraße: 3D Baukörper mit 30° Verschwenkung und Unterteilung der Lichtprismen

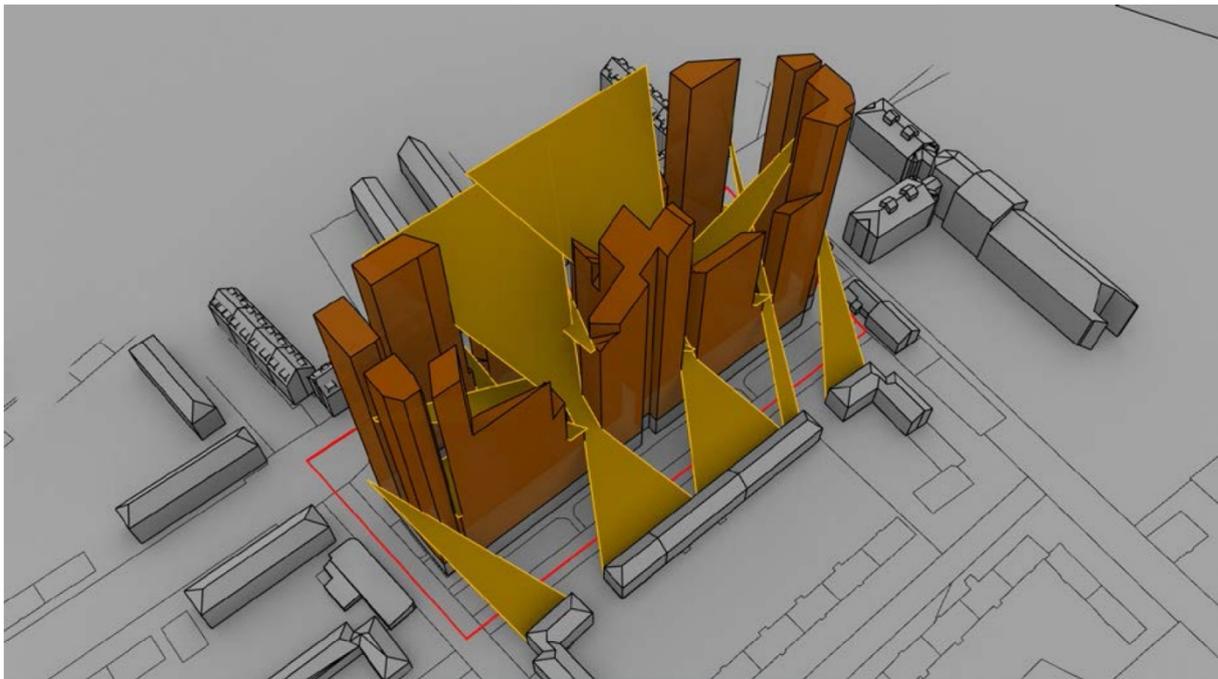


Abbildung 99: Testsimulation

Zum Vergleich:

Wie zuvor erläutert wird in einem 60° Winkel von der Fassade aus nach vorne geschnitten. So kommt es je nach Fassadenlänge und Abstand zum Neubau zu mehreren Prismen pro Fassade. Zusätzlich wird in diesem Fall versucht den ersten Baukörper auf den getroffen wird so wenig wie möglich zu beschneiden. Die Lichteinfallsprismen sind Sanduhr-förmig: vor und nach dem ersten Baukörper weit und im Baukörper selbst so schmal wie möglich. Die Lichteinfallslinien kreuzen sich in dem ersten Baukörper und werden als Prisma ins Unendliche erweitert. Wo es möglich ist, wird einer Beschneidung der Baukörper ausgewichen.

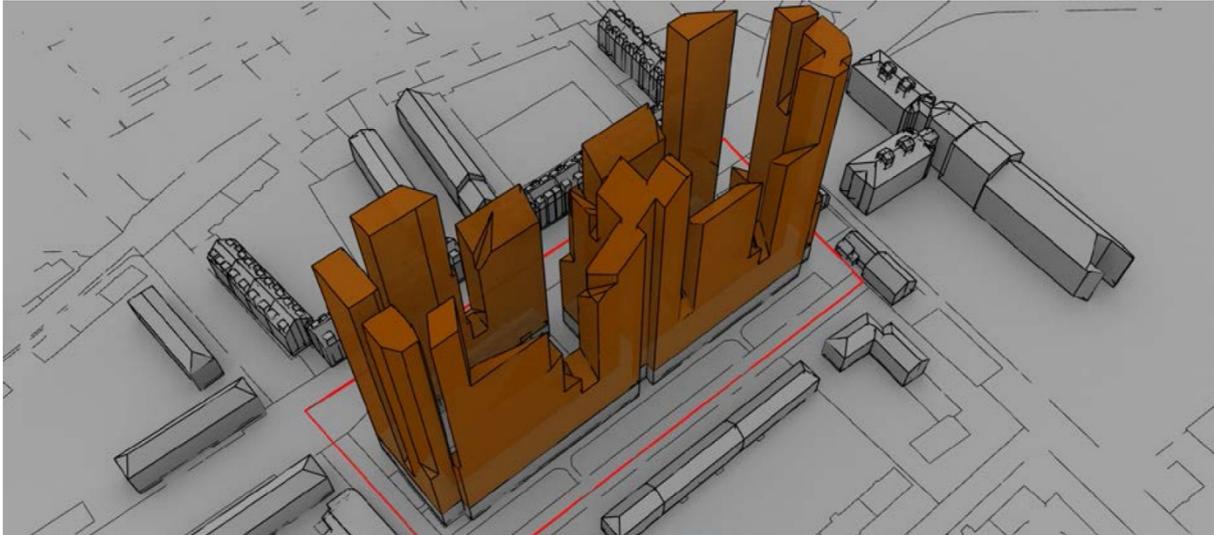


Abbildung 100: Testsimulation

Lösungsvariante:

So viel Aufstockung wie möglich bei einer frei angenommenen Maximalhöhe von 118 Metern.

### **3.4 Die Bedeutung der Stadt- und Bautypologie für den Nachverdichtungsprozess**

Wie der Vergleich der Testsimulationen deutlich zeigt, haben Stadt- und Bautypologie nicht unbeträchtlichen Einfluss auf Nachverdichtungspotenziale und die Art und Weise, wie diese sich optimiert ermitteln lassen. Mit Sicherheit sind tradierte Stadtformen und Morphologien hinsichtlich ihrer Charakteristik leichter zu interpretieren und zu verallgemeinern als moderne und postmoderne, wo sich nie ein allgemeiner urbaner „Code“ etabliert hat bzw. Entwicklungen mehr auf Gebäude bezogen als auf den Stadtraum bezogen erfolgt sind. Weitere Grundlagenforschung und praxisnahe Evaluierung wäre dringend erforderlich.

### **3.5 Handlungsreihenfolge der iterativen Raumexklusion**

Als linguistisches Hilfsmittel zur Überwindung fachlicher und sprachlicher Differenzen zwischen ArchitektInnen/StadtplanerInnen und ProgrammiererInnen wurde ein Storyboard verfasst (siehe Anhang 3). Es handelt sich dabei um einen mit Skizzen und Beschreibungen unterlegten Handlungsablauf. Entstanden ist er aus den davor angestellten Versuchen, Regeln und Parameter in eine allgemein verständliche Sprache und Handlungsanleitung zu übersetzen, deren erstes Produkt die Tabelle der Constraints war, gefolgt von einer Mindmap zu Funktionen, Abläufen und erforderlichen Feedbackschleifen. Das Storyboard wurde begleitend zur mit herkömmlichen architektonischen Mitteln generierten Testsimulation erstellt und ständig verifiziert. Die tatsächliche Programmierung erfolgte mit Hilfe des Storyboards, befolgte aber nicht strikt alle Handlungsweisen und Reihenfolgen sondern bevorzugte zum Teil eigene Konzepte der Umsetzung. Die Idee des Kommunikationsmittels erwies sich aber als richtig.

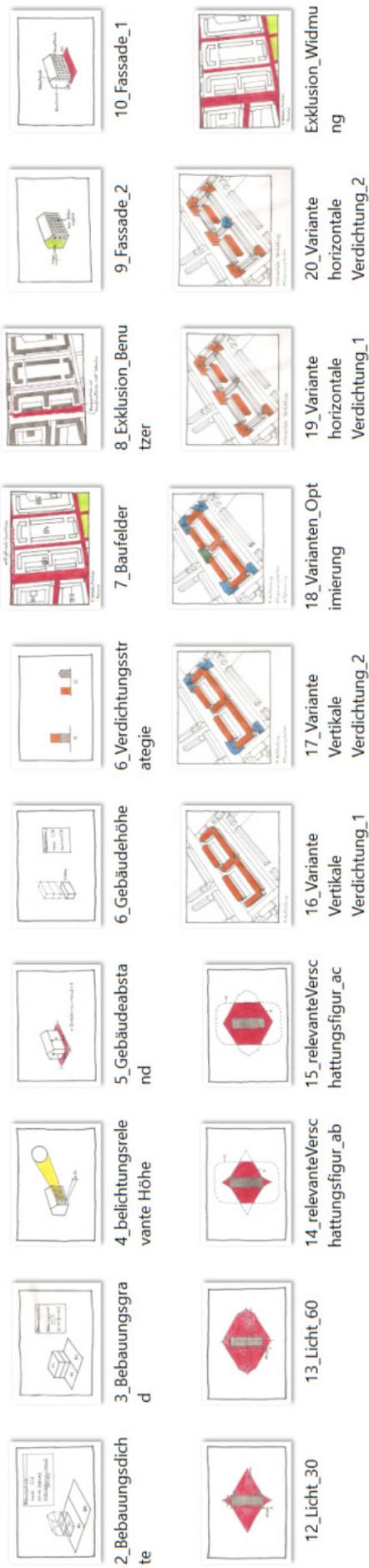


Abbildung 101: Storyboard Illustrationen, eigene Ausarbeitung: Pirstinger, Majcen, Raudaschl

## **3.6 Prozessoptimierung und Automatisierung**

### **3.6.1 Vorhandene Datenbestände**

Die von der Stadt Graz zur Verfügung gestellten digitalen Informationen beinhalten eine detaillierte Darstellung der Gebäudegeometrie (d. H. Gebäudeabdruck), Kataster und Straßennetz. Die Daten wurden in Form von Shape-files (2D) bereitgestellt, die mit der GIS-Software (Geographic Information System) kompatibel sind. Die 2D-GIS-Daten wurden zu ebenenbasierten .dwg-Dateien verarbeitet (kompatibel mit AutoCAD-Software, AutoCAD 2016). Diese Struktur der Darstellung ermöglicht die Unterscheidung zwischen bebaubaren und nicht bebaubaren Bereichen. Zusätzlich wurde im CAD-Format eine dreidimensionale Mesh-Dachgeometrie bereitgestellt. Hochauflösende PDF-Dateien, die die Landnutzung und die Zonierung (FLÄWI 2016) darstellen, wurden zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus wurden hochauflösende Orthophotos im TIFF-Format bereitgestellt.

### **3.6.2 Softwareevaluierung und Testprogrammierung**

Um das in der Forschungsphase identifizierte Potenzial von Software und Werkzeugen zu untersuchen, nutzten wir die von der Stadt Graz zur Verfügung gestellten digitalen Informationen, um das ausgewählte Rechenumfeld zu testen. In der aktuellen Implementierung wird das erste Distriktmodell zunächst in der CAD-basierten Modellierungsumgebung AutoCAD generiert und später in Rhinoceros 3D (2016) importiert. Zu diesem Zweck nutzten wir städtische Geometrien, die als eine Sammlung von geschlossenen Polygonen (wie zB Straßensegmente, Gebäudeabdrücke, Grünflächen, Kataster und Stadtblöcke) und als dreidimensionales Mesh-Gebäudemodell zur Verfügung gestellt werden. Allerdings war die Verknüpfung von 2D-Gebäudegeometrien und 3D-Dachformen erwartungsgemäß fehleranfällig und erforderte viel manuelle Nachbearbeitung. Dabei musste das importierte Geometrie-Modell mit Hilfe der parametrischen Modellierung und der visuellen Plug-in Grasshopper verbessert werden. Zu diesem Zweck nutzten wir eine Reihe von eingebauten Algorithmen (wie z.B. Delaunay Triangulation), die in Grasshopper (GH) zur Visualisierung der 3D-Geometrie zur Verfügung gestellt werden. Sobald das ursprüngliche Model erzeugt wird, wird das Entwicklungspotential von benutzerdefinierten GH C # Add-ons getestet. Das Microsoft Visual Studio Integrated Development Environment (Visual Studio IDE 2016) wurde als die beste passende Lösung identifiziert. Visual Studio IDE wurde aufgrund der Möglichkeit einer nahtlose Integration mit Drittanbieteranwendungen über eine Reihe von speziell gestalteten Erweiterungen ausgewählt. Darüber hinaus ermöglicht Visual Studio IDE das Testen, Debuggen und Analysieren der Qualität und Berechnungsleistung eines konstruierten Codes. Um die jeweilige Entwicklungsarbeit zu erleichtern, haben wir die Grasshopper Assembly Wizard Erweiterung für Visual Studio verwendet, die eine fertige Vorlage für die Erstellung von GH Komponenten (Grasshopper Assembly 2016) bietet. Die Vorlage ist in fünf wesentliche Teile einer GH-Komponente aufgebaut:

- (1) Grundinformationen (zB Komponentename, Spitzname, Beschreibung, Kategorie und Unterkategorie),
- (2) Eingabe der Komponente (definiert die erforderlichen Eingabedatenparameter wie Linien, Punkte oder Polygone)
- (3) Ausgabe der Komponente,
- (4) Vorgesehenes Verfahren, das als SolveInstance bezeichnet wird (definiert die gezielten räumlichen Konzepte und generativen Algorithmen) und das
- (5) Komponenten-Icon (optional).

Sobald alle Vorlagenaspekte angegeben sind, wird eine benutzerdefinierte Grasshopper-Montageprojektdatei (.GHA) erstellt, die dann für weitere Anwendungen in die GH-Umgebung importiert wird.

Die entwickelten Routinen für bedingungs-basierte räumliche Operationen wurden in unterschiedlichen Sequenzen angeordnet und ausgeführt. Ausgehend von dem ursprünglichen Modell (Abbildung 102) werden im Folgenden zwei illustrative alternative Verdichtungssequenzen beschrieben. Die erste Sequenz (S1) untersucht die Erzeugung des theoretischen maximalen bebaubaren Potentials durch die Kombination von vertikalen und horizontalen Erweiterungen (siehe Abbildung 103). Tabelle 1 enthält die operativen Schritte, die in dieser Sequenz involviert sind. Die zweite Sequenz (S2) untersucht die Erzeugung eines vertikalen Erweiterungspotentials bestehender Gebäude (siehe Abbildung 3). Tabelle 2 enthält die in dieser Sequenz beteiligten operativen Schritte. Testprogrammierung

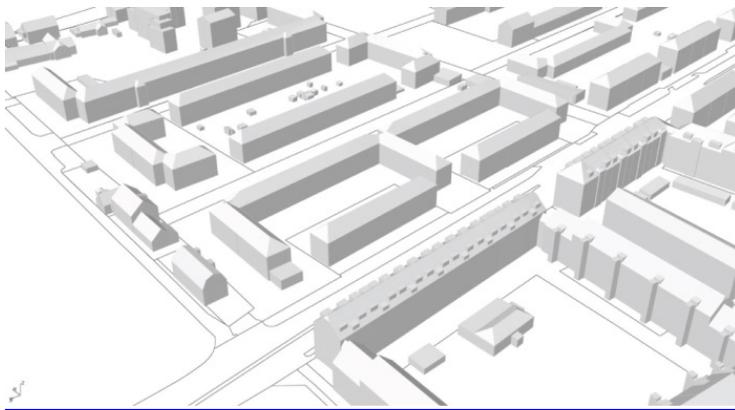


Abbildung 102 Basismodell – Darstellung des derzeitigen Zustands

Tabelle 1 Verdichtungsszenario S1

Sequence	Operation
S1_a (see Figure 7a)	All theoretically buildable areas are vertically extended until the permitted building height is reached. This step constitutes the theoretical maximum spatial extension potential.
S1_b (see Figure 7b, c, d)	From the volume associated with the above maximum potential, additional volumes are carved out via successive execution of further constraint-based operations. For this purpose, the following constraints are considered and successively applied: building distance, visual connection to the outside, and daylight access.
S1_e	Once the resulting spatial solution is generated, users can appraise it in terms of the potential volumetric gain, energy demand, environmental impact, and cost factors.

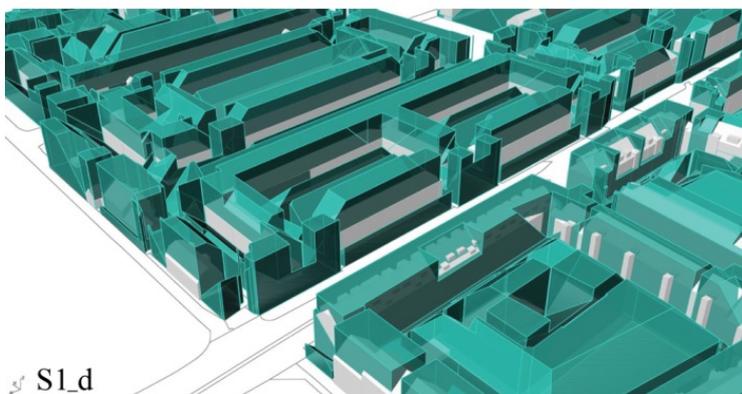
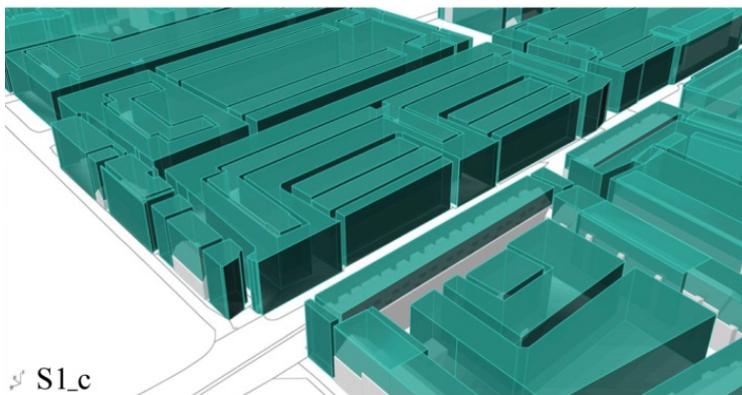
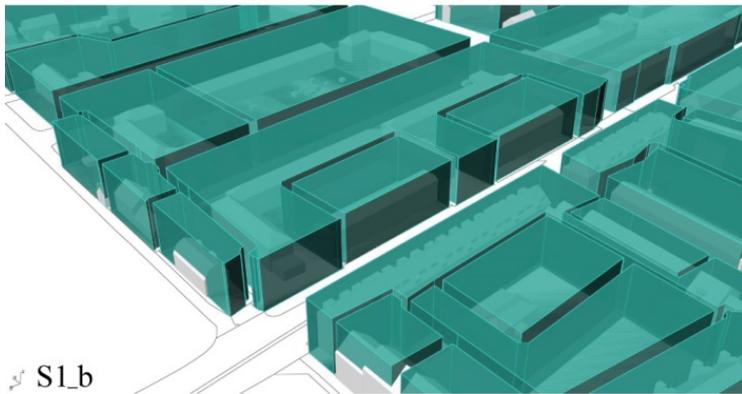
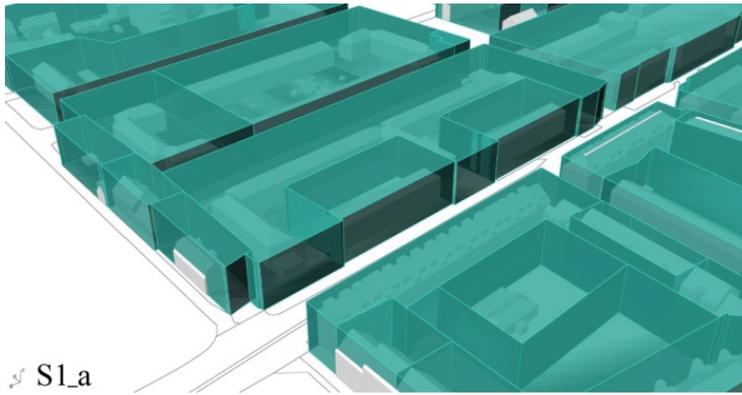


Abbildung 103 Sequenz für die Erzeugung des theoretischen maximalen bebaubaren Potentials: S1\_ basierend auf a) Bauhöhenbeschränkung, S1\_b) der Gebäudeentfernung, S1\_c) visuellen Zugangs nach außen, S1\_d) Tageslicht

Tabelle 2 Verdichtungsszenario S2

Sequence	Operation
S2_a (see Figure 8a)	All theoretically buildable existing buildings are vertically extended until the permitted building height is reached.
S2_b (see Figure 8b)	From the volume associated with the above vertical potential, additional volumes are carved out via execution of the constraint-based operation related to the daylight access.
S2_c	Again, to evaluate the generated solutions, net built volume gain as well as indicators pertaining to energy, environment, and costs are taken into consideration.

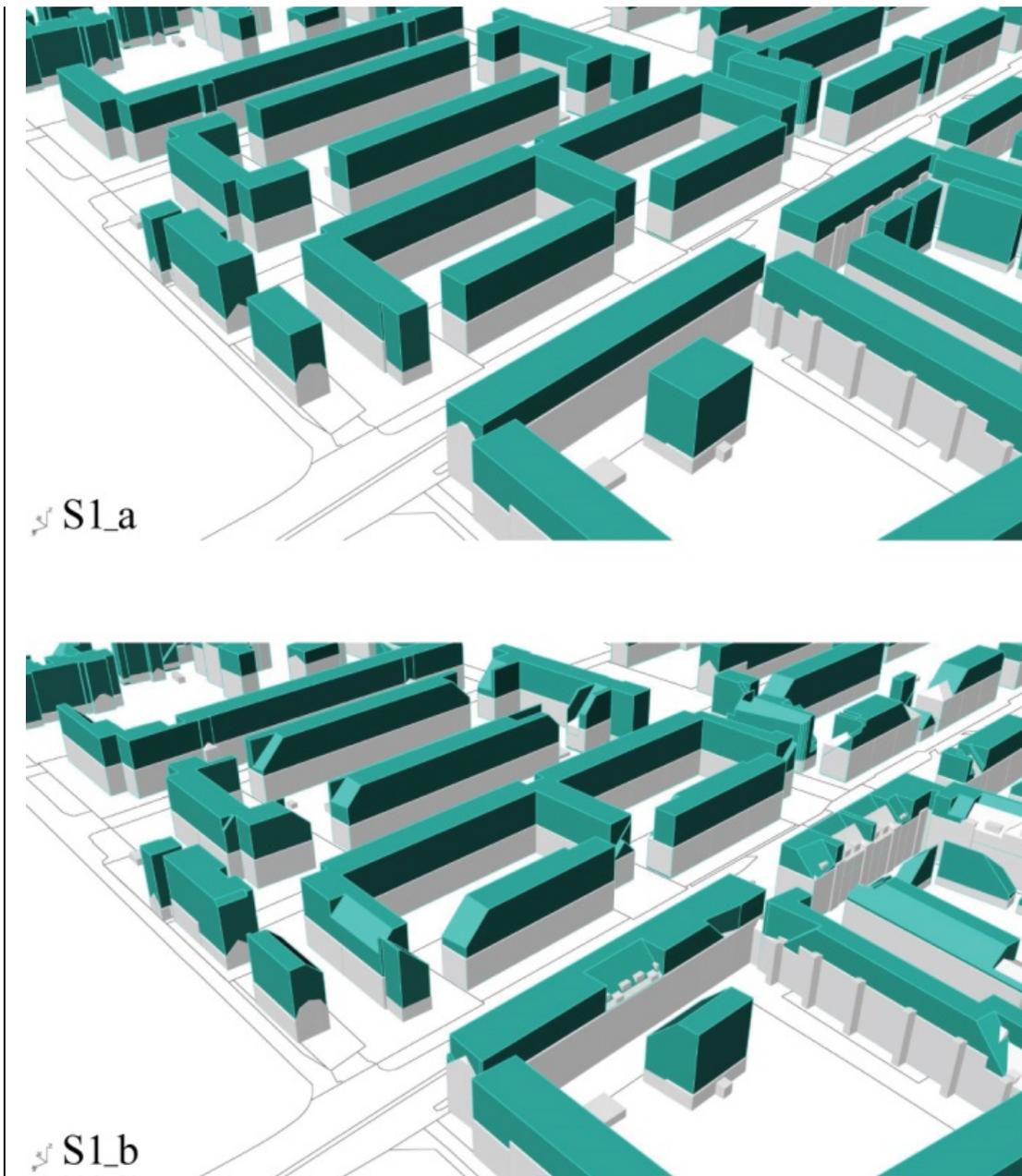


Abbildung 104 Die illustrative Sequenz für die Erzeugung von vertikalen Erweiterung Verdichtungspotential:  
 S2\_a) Die Anwendung der Bauhöhe Einschränkung, S2\_b) Die Anwendung der Tageslicht-Zugriffsbeschränkung

### **3.6.3 Einbindung des Themas Stadtphysik**

Sobald die jeweiligen potenziellen Szenarien generiert sind, können sie auf der Grundlage einer flexiblen Matrix von evaluativen Indikatoren bewertet werden. Zu diesem Zweck wird ein Satz von verwandten Indikatoren für die Einbeziehung im Framework betrachtet, wie z. B. der Netto-Volumengewinn, Kostenfaktoren, aber auch Faktoren, die mit dem Energieverbrauch und dem Mikroklima zusammenhängen. Um Verbrauchskalkulationen zu erleichtern, betrachten wir einen spezifischen Ansatz, der eine vollständige dynamische numerische Simulationsfähigkeit in der urbanen Energie Verbrauch beinhaltet. Die anfängliche Entwicklungsarbeit wurde in Ghiassi et al. 2015, Ghiassi und Mahdavi 2016a, 2016b, 2016c durchgeführt und dokumentiert. Dabei wird zunächst ein reduzierendes, städtisches Material-Energieverbrauchsmodell konstruiert. Um die großangelegte Annahme von Transienten-Gebäudesanierungs-Simulationswerkzeugen zu ermöglichen, wird eine zweistufige Methode (i. Sampling-basierte Reduktion und ii. Re-Diversifikation) angenommen. Die daraus resultierende urbanen Verbrauchsmodell erleichtert die Erzeugung von dynamischen und realistischen Energieverbrauchsmustern durch den Einbau von stochastischen Belegungsmodellen sowie eine entsprechende (lokal eingestellte) Darstellung von äußeren Grenzbedingungen (mikroklimatische) Bedingungen. Diese Umgebung ermöglicht es den Nutzern, die Energie- und Umweltauswirkungen von großformatigen Entwurfs- und Sanierungsvorschlägen zu beurteilen, um unter anderem Stadtplaner und Entscheidungsträger auf städtischer Ebene zu unterstützen.



Bedarf zutage, eine Vielfalt und enorme Bandbreite an heute aufgrund der Komplexität nur schwer zu beantwortenden Fragestellungen.

Hier in Themenkreise zusammengefasste Ideen, Denkanstöße und Kritikpunkte aus dem Workshop. Einige davon könnte man wohl auch als Zweifel am Vorhaben werten:

Nachverdichtung einschränkende bzw. in Frage stellende Bestandsfaktoren, die berücksichtigt werden sollten:

- Der Bestand ist oft nicht mehr rechtskonform (zB. statische Systeme, Brandschutz, etc). Nachverdichtungsmaßnahmen wie Aufstockungen würden auch im Bestand Veränderungen bedingen: neue Brandschutzvorgaben (ÖNorm 1301) für Bestand erfordern massive Umbauten, Notwendigkeit der statische Ertüchtigung...
- schmale Gehsteige: Geschäftsnutzung im Erdgeschoß ist deshalb nicht gut möglich, wäre bei Nachverdichtung oft aber Teil der Strategie und zur Nahversorgung erforderlich.
- sozialer Aspekt: Verdichtung ist in vielen Nachbarschaften nicht „gewünscht“ und kann zusätzlichen sozialen Druck erzeugen.
- Verkehr: Bedeutet zusätzliche Dichte auch zusätzlichen Verkehr? In dichteren Gebieten wie Barcelona sind viel breitere Straßenquerschnitte als bei uns vorhanden.

An wen richtet sich das Tool / was ist sein Nutzen?

- Nutzerausrichtung: möglicherweise sind je nach Nutzer unterschiedliche Parametersetzungen bzw. Fragestellungen erforderlich.
- Verdichtungspotenziale sind nicht nur für Behörden und Ämter sondern auch für Wirtschaftsinteressen u. Immobilienhändler relevant.
- Argumentationshilfe gegenüber Öffentlichkeit wird als großes Potenzial gesehen und ist erwünscht.
- Wo / wo nicht ist das Tool anwendbar? Was sind drop-out Kriterien?

Präzisierungsvorschläge für derzeitige Fragestellungen innerhalb des Sondierungsprojektes  
It. Präsentation

- Prioritäten setzen
- zumindest 2- oder mehrstufiges System, nicht nur Maximum evaluieren.
- Die mögliche Kubatur (wo und wie) sollte nicht nur visualisiert werden, sondern auch numerisch (zB. Flächenangaben BGF = wieviel) ermittelt und dargestellt werden.
- Wieviel neue BewohnerInnen entsprechen dem Volumen?
- Die isolierte Betrachtung von kleinen Gebieten wie in der Testsimulation erscheint problematisch – Auswirkungen auf die Umgebung sollten berücksichtigt werden.
- Iterative Annäherung vom Minimum als Alternative erscheint realistischer als vom Maximum.
- Räumliche Verdichtung macht zusätzliche Freiflächen und Verkehrsflächen nötig – das wurde bisher nicht berücksichtigt.

- Verbesserte Anfangsdiagnose sollte sein: Morphologie, Volumina differenziert nach Nutzungen.

#### Städtebaulich relevante Parametersetzungen und weiterführende Fragestellung

- Welche Folge von Konsequenzen zieht ein größeres Bauvolumen nach sich – zB. mehr urbane Infrastruktur, Verkehr, Nahversorgung, öffentlicher Verkehr, Schulen, KITAs, Leitungen/E/Kanal/...?
- Ab welchem Volumen braucht man neue Infrastruktur (Schule, Kindergarten, öffentliche Freiflächen)?
- Ampelsystem für Verträglichkeit
- ÖV-Anbindung als Eingabeparameter (Bestandserhebung) könnte zu einem anderen Umgang mit Stellplatzbedarf, Individualverkehrsaufkommen, etc. führen.
- Es sollte auch die Möglichkeit geben, optional Bestand zu entfernen, um zu ermitteln, ob man so zu besseren Ergebnissen kommt.
- Belichtung für Bestand – man könnte mehr nachverdichten, wenn man zulässt, dass derzeitige Nutzungen wegen zu geringem Tageslichteintrag einer anderen Nutzung zugeführt werden könnten.
- Bedarf von/mit anderen Städten klären – Interesse an Austausch zur Absicherung der eigenen Ansprüche, Methoden und Thesen besteht in hohem Maß.
- Simulation des Versiegelungsgrades und sich daraus ergebende Aufheizung im Sommer
- Erwünschte Qualitäten und Standards im Vorfeld definieren (städtebaulich, gestalterisch, Grünraum, ...)

#### Weiterentwicklungsmöglichkeiten und Vorschläge für EPIKUR

- Wie beeinflussen sich einzelne stadtentwicklungsrelevante Parameter gegenseitig?
- Kosten – Nutzen – Rechnung: was ist ein optimales Verdichtungsmaß? Ist es situationsabhängig oder verallgemeinerbar?
- Schnittstellen zu anderen Modellierungen und Stadtsimulationen statt ein neues Supertool wären Fortschritt genug.
- mögliche Verknüpfungen mit zB. Verkehrsmodellierungen od. anderer Software schaffen
- Einbeziehung Klimadaten und Emissionen erscheint als unendlich komplex
- Interaktive Benutzeroberfläche: zB. Schieberegler für Aktionen und Parameter inklusive numerischer Darstellung der Werte wäre wünschenswert.
- Kulturelle und soziale Aspekte einbinden.

#### EPIKUR als Evaluierungstool – relevante Aufgaben

- Automatische Aktualisierung bei Änderung des Realzustandes
- Bestandsdefizite evaluieren! Aufholen mithilfe des Tools als Anwendung

- Ab welchem Volumen / ab welcher Dichte ist eine Nutzungsdurchmischung erreicht, die das Mobilitätsverhalten ändert? (Ziel= weniger MIV pro EW)
- Definition von Zonen in der Stadt, wo Nachverdichtung möglich, sinnvoll und verträglich ist
- Schlüssel für gewissen urbanen Bedarf (zB.: Einwohner/BGF oder Vol.: – gewisse Flächen werden automatisch beansprucht für andere als Wohnnutzung)

Interne Bedürfnisse für die ein Tool erwünscht wäre

- Interdisziplinäre Vernetzung! Unterschiedliche Abteilungen geben ihre Inputs, dann erfolgt Maßnahmensetzung
- Zu technischer Machbarkeit, Finanzierbarkeit, etc... Input von Musts, etc. in „Blackbox“ – diese wirft mehrere Varianten / Kompromisse aus
- Wunsch „Blackbox“: Input aller bekannten Faktoren – Auswurf von Varianten auf deren Basis Kompromisse definiert werden können.

Es wird klar ersichtlich, dass die Entwicklung eines Werkzeuges zur einfachen parametrischen Ermittlung von Nachverdichtungspotenzialen und daran angeknüpfte Energieeffizienzpotenziale als durchaus sehr sinnvoll und nützlich angesehen wird. Die Praxis erfordert jedoch davor oder auch zusätzlich die Abdeckung weiterreichender Fragestellungen genauso wie die Klärung von Vorausbedingungen, wie zum Beispiel technische Machbarkeit, Sicherheitsfragen und nicht zuletzt die Akzeptanz bei den NutzerInnen um nur einige zu nennen. Für die ForscherInnen selbst tut sich in erster Linie eine Fülle von neuen und weiterführenden Forschungsfragen auf.

Die VertreterInnen der Stadt Graz aber haben, ob bewusst oder unbewusst, einige Problemfelder in der eigenen, abteilungsübergreifenden Kommunikation und Interaktion angesprochen. Auch das kann man als Ergebnis des Forschungsprojektes ansehen: eine konkrete Kritik an Verfahrensabläufen und Kommunikationsmängeln zumindest im Zusammenhang mit Projekten zur urbanen Nachverdichtung bzw. den Anstoß hier mehr, besser und proaktiver zusammenzuarbeiten.

### **3.8 Einordnung im Kontext zu den Programmzielen „ Stadt der Zukunft“**

Die Themen- und Fragestellungen des Sondierungsprojekts EPIKUR liefern innerhalb des Themenfeldes „Energieorientierte Stadtplanung und –gestaltung“ einen Beitrag zur Governance. Sie beschäftigen sich mit der „Umsetzung von Zielen und Strategien zu energieorientierter Stadtplanung in konkreten Anforderungen und Instrumenten“. Die Ausarbeitung von Methoden zur Entwicklung eines generischen Evaluierungstools für urbane Nachverdichtungspotenziale und damit in Zusammenhang stehende Energie- und Umweltaspekte ist als Beitrag zur Technologieentwicklung für die Gebäudeoptimierung und –

modernisierung zu betrachten, auch wenn sie eine Maßstabsebene darüber auf der Basis von Nachbarschaften und Stadtquartieren ansetzt.

Der strategische Ansatz der urbanen Nachverdichtung des Bestandes selbst ist als Low-Tech-Ansatz für Gebäudeverbände zu verstehen um sie hinsichtlich Design, Energie- und Ressourceneinsatz zu optimieren.

### **3.9 Beitrag zu den Programmzielen**

Axiomatisch ausgehend von der Aussage, dass dichte Stadtquartiere grundsätzlich als energieeffizienter anzusehen sind als wenig dicht besiedelte Bauformen, stellt das Ziel, eine IT-gestützte analytische Methode zur Abschätzung von Nachverdichtungspotenzialen und deren Energieeffizienz-Potenzialen einen Beitrag zu den Programmzielen einer synergetischen, energieorientierten Stadtentwicklung dar.

Methoden und Tools zur Abschätzung von Auswirkungen und Potenzialen unterschiedlicher Nachverdichtungsstrategien für bestehende Stadtquartiere können hilfreich bei der Ausarbeitung nachhaltiger Stadtentwicklungsstrategien sein. Damit tragen sie auf mehreren Ebenen zur Entwicklung resilienter Städte und Stadtteile wie auch zu erhöhter Ressourceneffizienz bei:

Bauen im Bestand gilt als anerkannte Nachhaltigkeitsstrategie, beispielsweise durch folgende Aspekte:

- (i) Erhalt gebundener Stoffe und Energien,
- (ii) langfristige Nutzung,
- (iii) Bewahrung des kulturellen Erbes, etc.

Dichte Siedlungszusammenhänge gelten per se als effizienter hinsichtlich Flächenverbrauch, Energieverbrauch und Mobilität als verteilte Streusiedlungen und suburbane Satelliten. Aber auch städtische Dienstleistungsangebote und Infrastrukturen sowohl technischer als auch sozialer Natur können optimaler eingesetzt und genutzt werden. Hinsichtlich Lebensqualität gilt als erwiesen, dass die (sozial und Nutzungs-) durchmischte, vielfältige, dichte Stadt aufgrund ihres mannigfaltigen Angebots nicht nur zu mehr sozialen Entfaltungsmöglichkeiten, sondern auch zu höherer Wohnzufriedenheit führt als wenig dichte Stadtrandsiedlungen (Ucakar und Gschiegl 2008).

Die in diesem Projekt entwickelte Methode kann als Werkzeug für zukünftige Strategiesetzungen unterstützend wirken und somit Städten als neue Technologie / Serviceleistung zur Verfügung gestellt werden. Aufgrund des breiten Ansatzes und einer Verallgemeinerbarkeit der Frageformulierungen und Zielsetzungen liegt eine interdisziplinäre Vernetzung, durchaus auch mit Softwareentwicklern und auf internationaler Ebene im Bereich des sinnvoll möglichen und erstrebenswerten.

## **4 Schlussfolgerungen**

### **4.1 Fachliche Einschätzung der Ergebnisse**

Einige Ergebnisse und Entwicklungen lassen sich klar der Grundlagenforschung zuordnen. Sie werden als allgemein gültiger Wissensgewinn in Zukunft vielfältig weiter nutzbar bleiben. Spezifisch erweitern sie die Expertise der am Projekt beteiligten MitarbeiterInnen und der Forschungseinrichtung. Ein großer Teil der Ergebnisse dient der Aufbereitung von Grundlagen für nachfolgende F&E Projekte und Technologieentwicklungen, zB. Softwareentwicklung im Bereich Stadtsimulation. Hierfür gilt es die geeigneten Technologiepartner zu finden. Ein weiterer im Projekt behandelter Schwerpunkt war es, Beiträge zur Governance zu liefern. Dieser besteht zum einen im Versuch der Sondierung von Entwicklungsmöglichkeiten für eine Software zur Evaluierung von Nachverdichtungspotenzialen selbst. Gleichzeitig wurden aber auch die Bedürfnisse und Wünsche von Ämtern und Behörden im Zusammenhang mit urbaner Nachverdichtung hinterfragt, um die Zielrichtung für ein etwaiges. Entwicklungsprojekt zu präzisieren. In diesem Rahmen spielt natürlich auch die Frage nach dem Umfang und der Qualität der verfügbaren Grundlagendaten eine bedeutende Rolle. Im Zusammenhang mit der Verfügbarkeit des erforderlichen Basisdatenmaterials konnten interessante Einblicke gewonnen werden, die wiederum in eine zukünftige Prioritätensetzung bei der öffentlichen Datenaufbereitung- und Zurverfügungstellung einfließen können.

#### **4.1.1 Stadtanalysen**

Im Rahmen von Forschungsprojekten zu Themen der Stadtplanung und –entwicklung ist zur Grundlagenaufarbeitung eine eingehende typologische und morphologische Untersuchung essentiell, um zu qualitätsvollen Ergebnissen zu kommen. Ohne Grundlagenwissen ist eine qualifizierte Forschung nicht möglich. Oft nehmen die Stadtanalysen in erster Linie die Rolle eines Mittels zum Zweck ein, um das erforderliche Grundlagenwissen zu erarbeiten. Im Projekt EPIKUR sind sie jedoch eng mit einer inhaltlichen Fragestellung verknüpft, der Frage nach der Relevanz der Bautypologie / Gebäudetypologie für Potenziale zur urbanen Nachverdichtung. Das Thema wurde nicht erschöpfend, sondern nur anhand von zwei Referenzquartieren und Typologien untersucht. Hierbei hat sich aber deutlich herauskristallisiert, dass unterschiedliche Typen unterschiedliche Möglichkeiten implizieren und damit auch unterschiedliche Betrachtungsweisen, Parametersetzungen und Prioritäten ermöglichen, zum Teil sogar erfordern. Um hier umfassendere Aussagen treffen zu können, wäre diesbezüglich weitreichendere Grundlagenforschung erforderlich.

Die angewandten gebündelten Analysemethoden, die nur einen kleinen Auszug an vorhandenen und relevanten Methoden repräsentieren, bieten Weiterentwicklungsmöglichkeiten für die Methodenanwendung und Methodenkoppelung aber auch für die beteiligten WissenschaftlerInnen.

Die Disziplin der Stadtmorphologie zB. ist bisher sehr an Historischem bzw. Bestehendem orientiert. Sie wird oft als reine Grundlagenaufarbeitung betrieben und orientiert sich nicht

selten ausschließlich an „historisch wertvollen“, „guten“ Beispielen. Der Übergang zu einer Verwertbarkeit für die Zukunft und zur Analyse von Entwicklungsplanungen ist nicht sehr ausgeprägt. Die Verbindung mit neueren Methoden wie Spacemate kann jedoch auch Aufschlüsse über Stadtqualitäten für noch nicht gebautes geben. Damit könnten Rückschlüsse und Prognosen für künftige Planungen gezogen werden bzw. die Möglichkeiten zur Fehlervermeidung würden verbessert. Das Thema der Stadtanalyse und deren Weiterentwicklung von vorhandenen Stadtentwicklungsmethoden zu Planungswerkzeugen erscheint in diesem Licht als großes Thema für weitere Grundlagenforschung. Diese wird großteils im akademischen Bereich stattfinden müssen, könnte aber von der Partizipation an kooperativen F&E Projekten oder Pilotprojekten und der Einbeziehung von Stakeholdern aus dem praktischen Planungsgeschehen stark profitieren und vice versa.

#### **4.1.2 Typologiebezogene Nachverdichtung:**

Bereits die Untersuchung von nur zwei unterschiedlichen städtebaulichen Quartieren lässt darauf schließen, dass unterschiedliche Typologien unterschiedliche Parametersetzung erfordern bzw. unterschiedliche, typologiebezogene Parametersetzung die Qualität der Ergebnisse positiv beeinflusst. Grundlegende entsprechende Forschung zu weiteren Typen ist jedoch erforderlich, insbesondere hinsichtlich moderner und postmoderner Bautypen. Diesen unterstellt man aufgrund der meist sehr großzügigen Abstandsflächen und Freibereiche großes Nachverdichtungspotenzial. Auch stellt sich immer drängender die Frage, wie man in Zukunft mit den modernistischen und postmodernistischen Siedlungsgebieten, die sich zu einem überwiegenden Teil in der sogenannten Zwischenstadt befinden, umgehen soll. Hierbei handelt es sich um ein äußerst breites Betätigungsfeld für alle an Stadtentwicklungsfragen beteiligten Gruppen aber auch den akademischen Bereich.

#### **4.1.3 Simulationstools für urbane Nachverdichtung**

Ein auf den Ideen von EPIKUR basierendes Tool bietet zahlreiche Möglichkeiten zur Verfahrens- und Verwaltungsvereinfachung im Rahmen der Stadtentwicklung. Es ließen sich damit schnell und einfach unterschiedliche Varianten der Nachverdichtung simulieren und sowohl volumetrisch als auch numerisch darstellen, wodurch sich Strategien besser kommunizieren lassen, sowohl nach innen als auch nach außen. Das kann zB. hilfreich sein um einen Abgleich zwischen unterschiedlichen Interessen besser zu schaffen.

Die aufgetretenen Unschärfeprobleme im Zusammenhang mit der Interpretation und Verallgemeinerung der Rechtsmaterie zu generischen Regeln resultieren aus dem im Baurecht geläufigen Prinzip von Regel und Ausnahme. Diese Rechtsauffassung ermöglicht situationsabhängige Entscheidungsprozesse. Jedes Projekt ist ein Einzelfall und wird als solcher ausverhandelt. Eine striktere Regelfestlegung wird von den Behörden als kontraproduktiv erachtet. Der Nachteil liegt darin, dass Planungssicherheit erst nach Rücksprache mit allen genehmigungsrelevanten Behörden gegeben ist oder im Fall des Sondierungsprojekts, dass nicht alle Regeln im binären Sinne in Ja/Nein Fragen übersetzt werden können. Es bleibt immer Interpretationsspielraum vorhanden. Das ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass zumindest in Bezug auf die rechtliche Situation in Graz ein

Computertool zur Evaluierung urbaner Nachverdichtungspotenziale innerhalb bestehender Stadtstrukturen nur Annäherungen liefern wird können. Es gibt nicht nur eine richtige Lösung für ein städtebauliches Problem, was in der Planungspraxis eine Binsenweisheit wäre, im Rahmen von Computerprogrammierung allerdings Schwierigkeiten verursacht.

Folgerichtig sind die Ergebnisse der Simulationen keine konkreten städtebaulichen Entwürfe, das Tool also keine Entwurfsmaschine. Die Ergebnisse der Simulation müssen immer noch von Fachleuten beurteilt und weiterbearbeitet werden, bevor daraus ein konkreter, umsetzbarer Entwurf gemacht werden kann. Das ist nicht etwa als Schwäche auszulegen, sondern durchaus als Qualitätssicherungsmaßnahme. Stadt als Konstrukt erscheint vorerst noch als zu komplex, um sie von einer Maschine entwerfen zu lassen. Zudem ist das Tool zuerst einmal „nur“ zur quantitativen Ermittlung von Nachverdichtungspotenzialen unter Einbindung von stadtklimatischen Effekten und Energieeffizienzfragen konzipiert. Thematisch ist das im Sondierungsprojekt angesprochene Themenfeld jedoch als ausufernd zu betrachten und lässt innerhalb und außerhalb des Projektteams große Potenziale zur konstruktiven Weiterbeschäftigung zu.

#### **4.1.4 Softwareprogrammierung**

In der aktuellen Implementierung wird das ursprüngliche Modell in der CAD-basierten Modellierungsumgebung Rhinoceros 3D (2016) generiert. Zu diesem Zweck nutzten wir digitale Informationen der Stadt Graz, darunter mehrschichtige 2D- und 3D-CAD-Darstellungen von Geometrie, Kataster und Straßennetz. Allerdings war die Verknüpfung von 2D-Gebäudegeometrien und 3D-Dachformen erwartungsgemäß fehleranfällig und erforderte viel manuelle Bearbeitung. Daher wurde das importierte Distrikt-Geometrie-Modell mit Hilfe der parametrischen Modellierung und visuellen Programmierung Plug-In Grasshopper weiter verbessert (siehe Rhino3D 2016). Zu diesem Zweck nutzten wir eine Reihe von eingebauten Algorithmen, die in Grasshopper (GH) zur Visualisierung der 3D-Geometrie (wie Delaunay Triangulation) zur Verfügung gestellt wurden. Sobald das ursprüngliche Modell erzeugt wird, werden benutzerdefinierte GH C # Add-ons für die Einbeziehung und kohärente Anwendung von räumlichen Zwängen innerhalb der bebaubaren Bereiche entwickelt. Die entsprechenden GH C # Add-Ons wurden innerhalb der Microsoft Visual Studio Integrated Development Environment (Visual Studio IDE 2016) entwickelt. Visual Studio IDE wurde aufgrund seiner Fähigkeiten für eine nahtlose Integration mit Drittanbieteranwendungen über eine Reihe von speziell gestalteten Erweiterungen ausgewählt. Darüber hinaus ermöglicht Visual Studio IDE das Testen, Debuggen und Analysieren der Qualität und Berechnungsleistung eines konstruierten Codes. Um die jeweilige Entwicklungsarbeit zu erleichtern, haben wir die Grasshopper Assembly Wizard Erweiterung für Visual Studio verwendet, die eine fertige Vorlage für die Erstellung von GH Komponenten (Grasshopper Assembly 2016) bietet. Sobald alle Vorlagenaspekte angegeben sind, wird eine benutzerdefinierte Grasshopper-Montageprojektdatei (.GHA) erstellt, die dann für weitere Anwendungen in die GH-Umgebung importiert wird.

#### **4.1.5 Bauphysikalische Aspekte**

Generierte städtische Verdichtungsszenarien sind im Hinblick auf mehrere Leistungsindikatoren zu bewerten, einer davon ist die Energieeffizienz. Zu diesem Zweck betrachten wir einen spezifischen Ansatz, der eine vollständige dynamische numerische Simulationsfähigkeit in der städtischen Energie-Computing-Umgebung beinhaltet. Die anfängliche Entwicklungsarbeit wurde in Ghiassi et al. 2015, Ghiassi und Mahdavi 2016a, 2016b, 2016c durchgeführt und dokumentiert.

#### **4.1.6 Zielgruppen und Interessenten für die Projektergebnisse:**

Die Intention des Projektes EPIKUR war und ist es, ein Evaluierungstool bzw. experimentelles Tool für ExpertInnen zu entwickeln. Die ins Auge gefasste Zielgruppe für das Endprodukt der Entwicklung sind alle mit der Planung von Stadtquartieren befassten Berufsgruppen, wie ArchitektInnen und RaumplanerInnen, genauso aber auch ImmobilienentwicklerInnen, BauträgerInnen, Wohnungs- und Siedlungsgenossenschaften bzw. die Immobilienwirtschaft als solches. Insbesondere und ursächlich ist es aber gedacht für Stadtplanungsbehörden, Wohnungsbehörden und –ämter, sowie öffentliche Einrichtungen die im übergeordneten Interesse strategisch räumlich konzeptionieren, planen und entscheiden müssen. Diese Zielgruppenannahme wurde auch im ExpertInnenworkshop bestätigt. Sie beschränkt sich nicht lokal, sondern muss international gesehen werden.

Die Fülle an weiteren relevanten und einbezieharen Fragestellungen ist mannigfaltig und lässt entsprechend viele Anknüpfungsmöglichkeiten zu. Die Breite der möglichen Themenpalette wurde bereits im Rahmen des ExpertInnenworkshops in Graz (Kapitel 0) angesprochen und soll hier nicht wiederholt erörtert werden. Aus der Fülle an Themen ergibt sich eine entsprechend breite Interessentengruppe für weitere Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten. Besonders interessant erscheinen hier vorerst die Potenziale im Bereich Stadtsimulation, die sich sowohl an kommerzielle als auch akademische SoftwareentwicklerInnen richtet.

Eine relevante Forschungs- und Entwicklungsmöglichkeit ist vor der konkreten Ermittlung von räumlichen Nachverdichtungspotenzialen und deren Simulation angesiedelt. Hier geht es um Bestandsanalyse innerhalb der Stadt selbst, um die Grundlagenermittlung vor der Maßnahmensetzung und um Folgenabschätzung, um nachhaltigere Entscheidungen treffen zu können. Diese Nachhaltigkeit bezieht sich sowohl auf stadträumliche und gestalterische Fragen, als auch auf Aspekte der Ökologie und Ressourcenschonung, sowie nicht zuletzt um die Erhöhung der Akzeptanz bei der Bevölkerung durch bessere Kommunikationsgrundlagen und Ergebnisabschätzung.

Im Workshop wurde vermehrt auf die diffizilen Anforderungen bei der behörden- und ämterübergreifenden Projektkommunikation und –information hingewiesen. Derzeit verfolgen unterschiedliche Ämter und Abteilungen der Stadt bezüglich der Stadtentwicklung zum Teil fachspezifisch begründet unterschiedliche Interessen und Prioritäten, zB Stadtplanungsamt (nachhaltige Stadtentwicklungskonzepte) und Wohnungsamt (schnell mehr kostengünstige Wohnungen). Um diese Kongruenzen ausräumen zu können oder zumindest frühzeitig intern

zu kommunizieren wurde zB. konkret der Wunsch nach einer sogenannten „Blackbox“ geäußert, in die alle projektrelevanten Fakten, Grundlagen und Vorausplanungen von allen beteiligten Einrichtungen eingebracht werden sollten, mit dem Ziel, gleichzeitig auf denselben Wissens- und Planungsstand zugreifen und gemeinsam gezielte Strategien entwickeln zu könnten. Dieser Abgleich von Entscheidungsgrundlagen und „Wissensbasen“ zwischen den einzelnen Akteuren würde sehr zur Vereinfachung, Verkürzung und Optimierung von Entscheidungsfindungsprozessen beitragen und Reibungsverluste eindämmen.

Bei all diesen Fragen handelt es sich um Themenkreise, die sowohl Einrichtungen der Grundlagenforschung in den Bereichen Architektur, Städtebau und Raumplanung, Stadtgeografie, Soziologie und Psychologie als auch der technischen Umsetzung und Programmierung ansprechen könnten.

## **4.2 Disseminationsaktivitäten und Verwertungsmöglichkeiten**

### **4.2.1 Immobilienwirtschaft und Kommunen**

Zahlreiche Städte und Kommunen zeigen ein offensichtliches Interesse an Hilfestellung bei Fragen der urbanen Nachverdichtung. Dabei sind nicht nur räumliche und technische Fragestellungen relevant, sondern vor allem auch die Frage, wie man Nachverdichtung den BürgerInnen aber auch der Politik schmackhaft macht, sowohl als grundsätzliches Konzept als auch für konkrete Umsetzungsprojekte. Möglichkeiten zur Variantensimulation wie sie in EPIKUR angedacht sind, verknüpft mit zusätzlichen Parametern wie Energieeffizienzvorteile, etc. könnten hierbei unterstützend wirken.

Obgleich noch fester Projektbestandteil und in erster Linie mit dem Ziel des Erfahrungsaustausches und Informationsgewinns für das Projektteam programmiert, war der ExpertInnenworkshop mit der Stadt Graz gleichzeitig auch eine Verbreitungs- und Verwertungsaktivität. Die Relevanz des Projekts wurde von VertreterInnen der Stadt Graz voll bestätigt und Interesse an weiterführenden Entwicklungen bekundet.

Die Teilnahme am Intelligent Urbanization Forum auf der EXPO Real in München, der größten Immobilienmesse Europas im Oktober 2016, war nicht nur eine Möglichkeit Team und Projekt einer interessierten Fachöffentlichkeit zu präsentieren, sondern auch Kontakte zu Planungsverantwortlichen in mehreren Städten und internationalen Projektteams in Forschung und Umsetzung zu knüpfen, die Interesse an den EPIKUR zugrundeliegenden Ideen geäußert haben. Zudem konnten einige interessante neue Ideen mit nach Hause genommen werden. An Verwertungsmöglichkeiten wird noch gearbeitet.

### **4.2.2 Stadtsimulation**

Aufgrund der generischen und parametrischen Konzeption sowie global ähnlicher Fragestellungen bieten sich im Themenbereich Stadtsimulation zahlreiche nationale und internationale Anknüpfungsmöglichkeiten.

Derzeit sind einige kommerzielle internationale Software- und Technologiekonzerne im Bereich Stadtsimulation mit unterschiedlichen inhaltlichen Schwerpunkten aktiv, zB. Esri mit der bereits weit verbreiteten City Engine, aber auch IBM, Microsoft und einige weitere. Die Schnittmengendefinition und Suche nach Anknüpfungspunkten sowie Kontaktaufnahme soll in der näheren Zukunft in Angriff genommen werden. Konkreten Kontakt gibt es bereits zu Dassault Systems. Dort wird derzeit im Rahmen des Konzernschwerpunkts 3DEXPERIENCE unter Einbeziehung von Big Data zB. an der vollständigen Simulation von Singapur gearbeitet. Die Werkzeuge und Methoden dafür müssen teilweise erst entwickelt werden. Es wurde Interesse an der Einbindung der Ideen und Koppelung von urbaner Nachverdichtung im Bestand und Energieeffizienz bekundet. Eine Vertiefung des Kontakts ist geplant.

Im internationalen akademischen Bereich erscheinen unter anderem folgende Projekte und Forschungsschwerpunkte für eine Vernetzung besonders vielversprechend:

Der 3D-Zonenplan von Jan Halatsch, erstellt im Rahmen des Nationalen Schweizer Forschungsprogramms NFP 65 „Neue Urbane Qualität“ an der ETH Zürich im Rahmen des Teilprogramms „Sustainable Urban Patterns“ ist ein interaktives Werkzeug zur Darstellung und Abbildung von Baugesetzen und Planungsrichtlinien und deren räumlichen Auswirkungen. Es soll dazu dienen, integrative Planungsprozesse zu unterstützen. Gesetzeskonforme Verdichtungsszenarien und deren numerische Auswertung können dargestellt werden. Ein CO<sub>2</sub>-Analysemodell basierend auf Gebäudevolumina und Heizenergiebedarf soll ebenfalls entwickelt worden sein.

MIT Media Lab – Changing Places Group – City Scope beschäftigt sich seit Jahren mit Stadtsimulation. Die Hafen City Universität in Hamburg ist mit ihrem City Science Lab seit einiger Zeit Partnerin. City Scope ist ein Open Source Werkzeug um die potenziellen Auswirkungen von Eingriffen in ein Stadtgefüge abzuschätzen und die Entscheidungsfindung zu unterstützen. Ein auf einem Tisch installiertes 3D Modell aus Legosteinen wird mit Plänen und Kartenmaterial überlagert und projiziert. Veränderungen im Modell werden samt ihrer Auswirkungen in Echtzeit in der Projektion visualisiert. Was-wäre-wenn-Szenarien können einfach getestet und kommuniziert werden.

#### **4.2.3 Expertise für Dienstleistungen**

Die im Zuge der Aufarbeitung der einflussnehmenden rechtlichen Vorgaben erworbene Expertise hinsichtlich Tageslichteintrag und der fachliche Austausch mit dem vom Österreichischen Institut für Bautechnik (OIB) eingesetzten Sachverständigenbeirat hat einige Teammitglieder mit einer speziellen Expertise ausgestattet, die sich unmittelbar als technisch- wissenschaftliche Dienstleistung im Planungsbereich anbieten lässt.

#### **4.2.4 Akademische Verbreitungsaktivitäten**

Durch regelmäßige Konferenzteilnahmen des interdisziplinär zusammengestellten Teams ist eine Verbreitung der vielschichtigen Projektinhalte auf akademischem Parkett gewährleistet. Daraus ergeben sich immer wieder Anknüpfungs- und Kooperationsmöglichkeiten.

Bislang wurden architektonische und städtebauliche Inhalte aus EPIKUR auf der PUARL Conference 2016 der University of Oregon in San Francisco zum Thema „The Regenerative City“ präsentiert und ein publiziert.

## 5 Ausblick und Empfehlungen

Die Fragestellungen des Sondierungsprojekts EPIKUR haben sich als relevant, zielführend und machbar erwiesen. Das eröffnet sowohl Potenziale für die konkrete Umsetzung aber auch für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sowie Demonstrationsprojekte. Diese Potenziale können durchaus als weitreichend angesehen werden. Einerseits könnte man die Hypothesen aus EPIKUR zu Ende führen und das angedachte Simulationswerkzeug entwickeln. Auch die praktische Anwendbarkeit von Teilergebnissen erscheint plausibel. Andererseits wurde mit dem Sondierungsprojekt die Tür zu ergänzenden und weiterführenden Fragestellungen aufgestoßen. Allein die geäußerten Bedürfnisse, Problemschilderungen aus dem Erfahrungsschatz bzw. den Wunschvorstellungen der in das Projekt einbezogenen Stakeholder lassen breite Anwendungsmöglichkeiten zu. So wurde die Möglichkeit einer einfachen Evaluierung von konkreten räumlichen Nachverdichtungspotenzialen innerhalb ganzer Stadtquartiere zwar durchwegs mit Wohlwollen aufgenommen und als äußerst nützlich bezeichnet, gleichzeitig aber auch der Wunsch nach einer parallel laufenden Ermittlung der durch Nachverdichtung zu erwartenden Begleiterscheinungen geäußert, die sich als ausgesprochen komplex erweisen können und keinesfalls nur aus technologischer Sicht zu betrachten und zu lösen wären. Vor allem stadtbaustrategische Grundlagenermittlung und Folgenabschätzung und die Interaktion unterschiedlicher stadtplanerischer Parameter müssen noch genauer untersucht werden. Die Frage nach Grenzwerten der Verträglichkeit von Dichte – bezogen auf Bauvolumen, Menschen, Verkehr, urbaner Infrastruktur, etc. und deren gegenseitige Beeinflussung und Wechselwirkung erscheinen teilweise noch unzureichend abschätzbar zu sein.

Die Relevanz der Bautypologie für Nachverdichtungspotenziale konnte im Sondierungsprojekt nur angekratzt werden. Der Beweis, dass die Bautypologie Auswirkungen auf Nachverdichtungspotenziale hat - insbesondere wenn nicht nur nach Restvolumen sondern nach sinnvollen Bebauungsstrategien gesucht wird - muss zwar als erbracht angesehen werden. Die Ergebnisse beschränken sich allerdings auf den Vergleich von zwei Typen. Tiefergehende generalisierende Aussagen können damit nicht getroffen werden. Die Erarbeitung von Zukunftsszenarien insbesondere von modernen und postmodernen Stadt- und Siedlungstypen ist ein ergiebiges Forschungsfeld für die Zukunft, da hier oftmals große stadträumliche und energierelevante Defizite vorzufinden sind.

Die Empfehlung kann daher nur lauten, den mit EPIKUR angestoßenen Diskurs zu nutzen

# 6 Verzeichnisse

## 6.1 Abbildungsverzeichnis

Anmerkung: sämtliche Abbildungen der Testsimulation wurden im Rahmen des Sondierungsprojekts EPIKUR erstellt von I.Pirstinger, M.Majcen, M.Raudaschl.

Abbildung 1: Use Cases: Herz Jesu Viertel (links), Siedlungsgebiet Triesterstraße (rechts), © Google 2017. ....	32
Abbildung 2: Sparbersbachgasse, Fotomontage © I.Pirstinger .....	32
Abbildung 3: Sparbersbachgasse, Foto: I. Pirstinger .....	33
Abbildung 4: Reiherstadlgasse 1-15, Fotomontage M. Raudaschl .....	33
Abbildung 5: Triesterstraße, Foto: I.Pirstinger.....	34
Abbildung 6: Stadtmorphologie, eigene Ausarbeitung: Pirstinger, Raudaschl.....	36
Abbildung 7: Spacemate & generische Bauformen, nach Berghauser-Pont & Haupt (2010) und Martin & March aus: Steadman (2014) ;eigene Bearbeitung I.Pirstinger .....	37
Abbildung 8: - Mindmap – Flowchart, eigene Ausarbeitung: Pirstinger, Majcen, Raudaschl.....	39
Abbildung 9: Einladungsflyer Cafe EPIKUR, eigene Ausarbeitung .....	40
Abbildung 10: Constraints Table, eigene Ausarbeitung.....	46
Abbildung 11: Lichteinfallsprisma (links) und freie Abstände für Sicht (rechts) lt. OIB3.....	48
Abbildung 12: Belichtungsrelevante Abstandsfläche 45°, Schnitt und Grundriss, eigene Ausarbeitung: Pirstinger, Majcen, Raudaschl.....	49
Abbildung 13: 30° Verschwenkung - resultierende Abstandsfläche, Ermittlung und Grundrissfigur, eigene Ausarbeitung: Pirstinger, Majcen, Raudaschl .....	49
Abbildung 14: Verschneidung der Abstandsfiguren und resultierende optimierte Freihaltefläche (rechts), eigene Ausarbeitung: Pirstinger, Majcen, Raudaschl .....	50
Abbildung 15: Problemfall spitzer Winkel zwischen 30° und 60°, eigene Ausarbeitung: Pirstinger, Majcen, Raudaschl .....	50
Abbildung 16: Testsimulation .....	51
Abbildung 17: Testsimulation .....	51
Abbildung 18: : Testsimulation .....	52
Abbildung 19: Testsimulation .....	52
Abbildung 20: Testsimulation .....	52
Abbildung 21: Testsimulation .....	52
Abbildung 22: Testsimulation .....	53
Abbildung 23: Testsimulation .....	53
Abbildung 24: Testsimulation .....	53
Abbildung 25: Testsimulation .....	53
Abbildung 26: Testsimulation .....	54
Abbildung 27: Testsimulation .....	54
Abbildung 28: Testsimulation .....	54
Abbildung 29: Testsimulation .....	54
Abbildung 30: Testsimulation .....	55
Abbildung 31: Testsimulation .....	55
Abbildung 32: Testsimulation .....	55
Abbildung 33: Testsimulation .....	55
Abbildung 34: Testsimulation .....	56

Abbildung 35: Testsimulation .....	56
Abbildung 36: Testsimulation .....	56
Abbildung 37: Testsimulation .....	57
Abbildung 38: Testsimulation .....	57
Abbildung 39: Testsimulation .....	58
Abbildung 40: Testsimulation .....	58
Abbildung 41: Testsimulation .....	59
Abbildung 42: Testsimulation .....	59
Abbildung 43: Testsimulation .....	60
Abbildung 44: Testsimulation .....	60
Abbildung 45: Testsimulation .....	61
Abbildung 46: Testsimulation .....	61
Abbildung 47: Testsimulation .....	62
Abbildung 48: Testsimulation .....	62
Abbildung 49: Testsimulation .....	63
Abbildung 50: Testsimulation .....	64
Abbildung 51: Testsimulation .....	64
Abbildung 52: Testsimulation .....	65
Abbildung 53: Testsimulation .....	65
Abbildung 54: Testsimulation .....	66
Abbildung 55: Testsimulation Maximalvariante 11 Geschöße .....	67
Abbildung 56: Stiegenhausumbauten Bestand .....	67
Abbildung 57: Testsimulation Aufstockung auf 11 Geschöße.....	68
Abbildung 58: Testsimulation Zubauten 11 Geschöße.....	68
Abbildung 59: Testsimulation .....	70
Abbildung 60: Testsimulation .....	70
Abbildung 61: Testsimulation .....	70
Abbildung 62: Testsimulation .....	71
Abbildung 63: Testsimulation .....	71
Abbildung 64: Testsimulation .....	72
Abbildung 65: Testsimulation .....	72
Abbildung 66: Testsimulation .....	72
Abbildung 67: Testsimulation .....	73
Abbildung 68: Testsimulation .....	73
Abbildung 69: Testsimulation .....	73
Abbildung 70: Testsimulation .....	73
Abbildung 71: Testsimulation .....	74
Abbildung 72: Testsimulation .....	74
Abbildung 73: Testsimulation .....	75
Abbildung 74: Testsimulation .....	75
Abbildung 75: Testsimulation .....	75
Abbildung 76: Testsimulation .....	75
Abbildung 77: Testsimulation .....	75
Abbildung 78: Testsimulation .....	76
Abbildung 79: Testsimulation .....	76
Abbildung 80: Testsimulation .....	76
Abbildung 81: Testsimulation .....	76
Abbildung 82: Testsimulation .....	76

Abbildung 83: Testsimulation .....	77
Abbildung 84: Testsimulation .....	77
Abbildung 85: Testsimulation .....	77
Abbildung 86: Testsimulation .....	78
Abbildung 87: Testsimulation .....	78
Abbildung 88: Testsimulation .....	79
Abbildung 89: Testsimulation .....	79
Abbildung 90: Testsimulation .....	80
Abbildung 91: Testsimulation .....	80
Abbildung 92: : Testsimulation .....	81
Abbildung 93: Testsimulation .....	81
Abbildung 94: Testsimulation .....	82
Abbildung 95: Testsimulation .....	83
Abbildung 96: Testsimulation .....	83
Abbildung 97: Testsimulation .....	84
Abbildung 98: Testsimulation .....	84
Abbildung 99: Testsimulation .....	85
Abbildung 100: Testsimulation .....	86
Abbildung 101: Storyboard Illustrationen, eigene Ausarbeitung: Pirstinger, Majcen, Raudaschl .....	87
Abbildung 102 Basismodel – Darstellung des derzeitigen Zustands.....	89
Abbildung 103 Sequenz für die Erzeugung des theoretischen maximalen bebaubaren Potentials: S1_ basierend auf a) Bauhöhenbeschränkung, S1_b) der Gebäudeentfernung, S1_c) visuellen Zugangs nach außen, S1_d) Tageslicht.....	90
Abbildung 104 Die illustrative Sequenz für die Erzeugung von vertikalen Erweiterung Verdichtungspotential: S2_a) Die Anwendung der Bauhöhe Einschränkung, S2_b) Die Anwendung der Tageslicht-Zugriffsbeschränkung.....	91
Abbildung 105: Tischtücher aus dem EPIKUR Cafe, Foto: Pirstinger .....	93

## 6.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Verdichtungsszenario S1 .....	89
Tabelle 2 Verdichtungsszenario S2 .....	91

## 6.3 Literaturverzeichnis

### Literatur, Journale, etc.

- Alexander, C. et al., A New Theory of Urban Design. Oxford: Oxford University Press 1987.
- Berghauser-Pont Meta, Haupt Per: Spacematrix: Space, density, and urban form. NAI, Rotterdam 2010.
- Bott Helmut, Jessen Johann, Pesch Franz (Hrsg.): Lehrbausteine Städtebau. Basiswissen für Entwurf und Planung. Städtebau-Institut, Universität Stuttgart 2010.
- Caniggia Gianfranco, Maffei Gian Luigi: Architectural composition and building typology: Interpreting basic building. Alinea, Firenze 2001.
- Conzen M.R.G: Alnwick, Northumberland: A study in town-plan analysis. Institute of British Geographers, London 1969

- Debord Guy: Guide psychogéographique de Paris. Permill & Rosengreen 1957.
- Eberle Dietmar, Troeger Eberhard: Density & atmosphere: On factors relating to building density in the European city. Birkhäuser, Basel 2014.
- Ghiassi, N., Hammerberg, K., Taheri, M., Pont, U., Sunanta, O., Mahdavi, A. (2015). An enhanced sampling-based approach to urban energy modelling. Proceedings of the 14th IBPSA Conference, Hyderabad, India, 7-9 December.
- Ghiassi, N. and A. Mahdavi. (2016a). A GIS-based framework for semi-automated urban-scale energy simulation, Proceedings of the CESB Conference, Prague Czech, 22-24 June.
- Ghiassi, N. and A. Mahdavi. (2016b). Utilization of GIS data for urban-scale energy inquiries: A sampling approach, ECPPM 2016 eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction, Limassol, Cyprus, 7-9 September.
- Ghiassi, N. and A. Mahdavi. (2016c). Urban Energy Modeling Using Multivariate Cluster Analysis, Proceedings of the CESBP Central European Symposium on Building Physics AND BauSIM 2016, Dresden, Germany, 14-16 September.
- Kropf Karl: Coding in the French Planning System. In: S. Marshall (Hrsg.), Planning, history and environment series. Urban coding and planning. Routledge, London, New York 2011.
- Lackner Helmut: Der soziale Wohnbau in der Steiermark 1938-1945. Selbstverlag der Historischen Landeskommision für Steiermark, Graz 1984.
- Marshall Stephen (Hrsg.): Urban coding and planning. Routledge, London, New York 2011.
- Metron AG: Sieben Tools zur Innenentwicklung: die Metron-Dichtebox. Brugg: Metron AG (Metron-Themenheft zu Planung, Bau and Ökologie, 27)
- Müller Petra: Urbane Ressourcen – aufstocken, verdichten – umnutzen. Rudolf Müller, 2015
- Pirstinger Ida: Gruenderzeitstadt 2.1. Die Nachverdichtung von Gruenderzeitquartieren: Ein Modell zur inneren Stadterweiterung. Verlag der Technischen Universität, Graz 2014.
- Raith Erich: Stadtmorphologie. Annäherungen, Umsetzungen, Aussichten. Springer, Wien 2000.
- Rieser Eleonore: Die Wohnhausbauten der Gemeinde Graz 1918 bis 1934 (Diplomarbeit). Universität Innsbruck 1988.
- Schenk Leonhard (Hrsg): Stadt Entwerfen. Grundlagen - Prinzipien – Projekte. Birkhäuser, Basel 2013.
- Steadman Philip: Building types and built forms. Matador, Kibworth Beauchamp 2014.
- Tachieva, Galina: Sprawl Repair Manual. Island Press, Washington 2010.
- Ucakar Karl, Gschiegl Stefan: Wiener Lebensqualitätsstudien. Forschungsprojekt sozialwissenschaftliche Grundlagenforschung für Wien; zusammenfassender Bericht. Werkstattberichte Stadtentwicklung Wien. 2008

### Internetquellen:

- AutoCAD 2016. Online unter: <http://www.autodesk.com/> , 23.2.2017.
- Congress for the New Urbanism: [www.cnu.org](http://www.cnu.org).
- Diva 2016. Online unter: <http://diva4rhino.com/>
- ESRI City Engine: <http://www.esri.com/software/cityengine>, 23.2.2017.
- EnergyPlus (2016). Online unter: <https://energyplus.net/> , 24.11.2016.
- Grasshopper Assembly 2016. Online unter: <https://visualstudiogallery.msdn.microsoft.com/9e389515-0719-47b4-a466-04436b491cd6> , 23.2.2017.
- Hafen City Universität Hamburg, City Science Lab: <https://www.hcu-hamburg.de/research/citysciencelab/>, 23.2.2017.
- ISUF: International Seminar on Urban Form. <http://www.urbanform.org/>, 10.10.2016.
- MIT Media Lab, Changing Places Group: <http://cp.media.mit.edu/>, 23.2.2017.
- Nationales Schweizer Forschungsprogramms NFP 65 „Neue Urbane Qualität“ an der ETH Zürich: Themenbereich Sustainable Urban Patterns, Wissenschaftlicher Schlussbericht: [http://www.supat.ethz.ch/results/131212\\_NFP65\\_SUPat](http://www.supat.ethz.ch/results/131212_NFP65_SUPat), 23.2.2017.

Rhino3D (2016). Online unter: [www.rhino3d.com/](http://www.rhino3d.com/) , 23.2.2017.

Space Syntax: Kommerzielles Softwareprodukt: <http://www.spacesyntax.com/>, 17.3.2017.  
Akademische Entwicklerplattform und Community: <http://www.spacesyntax.net/>, 17.3.2017

Supat: <http://www.supat.ethz.ch/> 28.4.2017

Visual Studio IDE (2016). Online unter: <https://www.visualstudio.com/> , 23.2.2017.

UMI 2016. Online unter: <http://urbanmodellinginterface.ning.com/>

## **Verwendete Rechtsmaterie**

OeNorm B1600, 2013

Österreichisches Institut für Bautechnik: OIB-Richtlinie 3. Hygiene Gesundheit Umweltschutz, Eigenverlag, Wien 2015.

Österreichisches Institut für Bautechnik: OIB-Richtlinie 2. Brandschutz, 03/2015.

Österreichisches Institut für Bautechnik OIB-330-014/15 Begriffsbestimmungen.

Technische Richtlinien für den vorbeugenden Brandschutz: TRVB 134 - Flächen für die Feuerwehr auf Grundstücken (ausgesetzt)

Steiermärkisches Baugesetz 1995, incl. aller Änderungen bis LGBl. Nr. 75/2015STEK, Stand: 9.2.2016,  
Steiermärkisches Baurecht, kommentierte Ausgabe, (Trippel et al 5. Auflage 2013) zu §12 Stmk. BauG.

Steiermärkisches Raumordnungsgesetz 2010, incl. aller Änderungen bis LGBl. Nr. 139/2015, Stand: 9.2.2016.

Bebauungsdichteverordnung 1993, Gesetz von 1993 incl. aller Änderungen bis LGBl. Nr. 58/2011, Stand: 24.2.2016.

Steiermärkisches Landes-Straßenverwaltungsgesetz 1964, incl. aller Änderungen bis LGBl. Nr. 87/2013, Stand: 9.2.2016.

Frank et al.: Raumordnungsrecht und Bauvorschriften für das Land Steiermark. Kommentierte Ausgabe 2. Auflage 2011.

Programm zur hochwassersicheren Entwicklung der Siedlungsräume, LGBl. Nr. 117/2005

Erläuterungen (Frank et al. 2. Auflage 2011)

STEK 4.0. Stadtentwicklungskonzept Graz. Online unter: <http://www.graz.at/cms/ziel/3887642/DE/>, 21.3.2017.

4.0 STEK - Vertiefende Betrachtungen. Online unter: V <http://www.graz.at/cms/ziel/3887642/DE/>, 1.3.2017.

Räumliches Leitbild, <http://www.graz.at/cms/ziel/5191982/DE/>, 23.3.2017.

Mobilitätsstrategie der Stadt Graz 2020.

Mobilitätskonzept Graz 2020. Maßnahmenprogramm. Bericht, Graz 2015.

Leitfaden Mobilität für Bauvorhaben. Graz 2009.

## **Projekte**

ECO-COM 60+, 2012. Online unter:

[https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz\\_pdf/endbericht\\_1206\\_60plus.pdf](https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz_pdf/endbericht_1206_60plus.pdf).

UHI, 2011. Online unter: <http://www.eu-uhi.eu/>.