

Heike Matcha, Gero Quasten, Hossein Rabighomi

**Qualitätssteigerung im verdichteten
Wohnungsbau über Erzeugung
größerer Vielfalt und Flexibilität durch
individualisierte Massenfertigung am
Beispiel gestapelter Reihenhäuser**



F 2732

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2010

ISBN 978-3-8167-8216-2

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

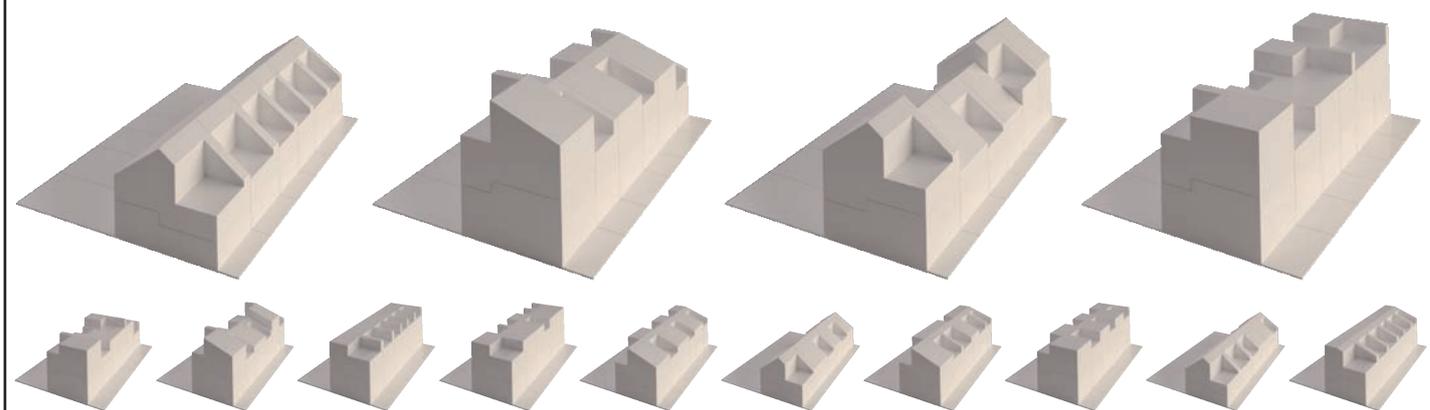
Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/tauforschung

Qualitätssteigerung im verdichteten Wohnungsbau
über Erzeugung größerer Vielfalt und Flexibilität
durch individualisierte Massenfertigung
am Beispiel gestapelter Reihenhäuser



Bauforschungsprojekt innerhalb der Forschungsinitiative "Zukunft Bau"

Endbericht

Qualitätssteigerung im verdichteten Wohnungsbau
über Erzeugung größerer Vielfalt und Flexibilität
durch individualisierte Massenfertigung
am Beispiel gestapelter Reihenhäuser

Projektinformationen

Herausgeber

Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Architektur
Fachgebiet Entwerfen und Gebäudetechnologie
ehem. Prof. Dipl.-Ing. Karl-Heinz Petzinka
ehem. Vertr.-Prof. Dipl.-Ing. Günther Schaller
Vertr.-Prof. Dr.-Ing. e.h. Klaus Daniels
Dipl.-Ing. Heike Matcha
El-Lissitzky-Strasse 1
64287 Darmstadt
Tel + 49 (0)6151 16 2102
Fax + 49 (0)6151 16 2302
h.matcha@techno-tud.de
www.architektur.tu-darmstadt.de/techno

Projektteam

Dipl.-Ing. Heike Matcha (Projektleitung)
Dipl.-Ing. Gero Quasten
Cand.-Inform. Hossein Rabighomi

Förderer

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung

Kooperationspartner

Wohnungsbaugesellschaft THS Consulting GmbH, Gelsenkirchen
Autodesk, München mit Revit Architecture

Bearbeitungszeitraum

01.10.2007 - 30.04.2009

ISBN

978-3-88536-102-2

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative
Zukunft Bau des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung
gefördert.

Aktenzeichen Z 6 – 10.08.18.7- 07.7 / II 2 - F20-07-11

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt beim Autor.

Inhaltsverzeichnis

TEIL 1	EINFÜHRUNG	04	6	Fallstudien	102
1	Einleitung	06	6.1	Grundlagen THS / Benchmarking	108
1.1	Inhalt des Forschungsprojekts	08	6.2	Fallstudie 1 (2 Geschosse)	110
1.2	Methode	10	6.3	Fallstudie 2 (3 Geschosse)	116
1.3	Anlass	12	6.4	Fallstudie 3 (4 Geschosse)	120
			6.5	Auswertbarkeit des BIM	126
			6.6	Vergleichende Bewertung	128
2	Grundlagen des Forschungsprojektes	14	7	Übertragung	130
2.1	Rahmenbedingungen	17	7.1	Vergleichstypologie Supermarkt	131
2.2	Geometrische Analyse	19	7.2	Vergleichstypologie Kinderkrippe	132
2.3	Kriterien der Typologieentwicklung	22	8	Resümee	134
2.4	Vielfalt	23	8.1	Typologie und Parametrik	135
2.5	Flexibilität	24		- ein Widerspruch?	
2.6	Energieeffizienz	26	8.2	Strategien	136
2.7	Produktionstechniken	29			
2.8	Wirtschaftlichkeit	32			
TEIL 2	PLANUNGSSYSTEMATIK	34	TEIL 3	ANHANG	138
3	Typologieentwicklung	36	A	Typologie des gestapelten Reihenhauses	140
3.1	Baukörpervolumen	40	A.1	Methodiken der Stapelung	142
3.2	Grundrisslayout	44	A.2	Methodiken der Erschließung	144
3.3	Schnittlayout	50	A.3	Frei- und Außenraumqualitäten	145
3.4	Dach	54	A.4	4 Beispiele	146
3.5	Einschnitte / Loggien	56	B	Parametrische Planungsmethoden	150
3.6	Fassade	60	B.1	Parametrisches Modellieren	151
3.7	Haustechnik	64	B.2	Vergleich Verwendung im Maschinenbau	152
3.8	Solarnutzung	68	B.3	Vergleich Formengrammatiken	154
3.9	Statik	69	B.4	Parametrische Entwurfsbestandteile	156
3.10	Nutzungsszenarien	70	C	Programmierung in Revit Architecture	158
3.11	Kombinatorik	72	C.1	Strategie Programmiervorlage	158
			C.2	C# - System und Organisation	160
4	Anwendung (Produktion)	78	D	Reihenhaustypen der THS	164
4.1	Bauteile	81	E	Bauteile – Produktinformationen	166
4.2	Detailansätze / Bauteile-Fügung	82	F	Quellen	168
4.3	Haustechnik / Schall- und Brandschutz	84	G	Beteiligte, Förderer, Herausgeber	170
4.4	Kosten und Zeit	86			
5	Anwendung (Plug-In)	88			
5.1	Technische Grundlagen	91			
5.2	Netzdiagramm der Parameter	92			
5.3	Plug-In: CreateRow	94			
5.4	Plug-In: Optimierung	99			
5.5	Mögliche weitere Plug-Ins	100			

TEIL 1 EINFÜHRUNG





1 Einleitung

Inhalt und Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung ob und wie individualisierte Vielfalt im Wohnungsbau ohne Kostennachteile möglich ist.

Wir nutzen dazu die Möglichkeiten parametrisierter Planungsmodelle und computergestützter individualisierter Massenfertigung. Exemplarisch entwickeln wir ein Planungswerkzeug in Form einer parametrisierten, regelbasierten Typologie und implementieren dies in der Software Revit Architecture von Autodesk. Die Typologie beinhaltet gestapelte Reihenhäuser unterschiedlicher Größe. Sie kann in Gegenden unterschiedlicher Urbanität und unterschiedlicher Dichte angewendet werden und bedient die Vielfalt zeitgenössischer Formen des Zusammenlebens.

Die gleichmachende und gleich gemachte Monotonie seriell massengefertigter Wohnkomplexe kann damit abgelöst werden durch individualisierte Vielfalt - sowohl im Inneren der individuell zugeschnittenen und adaptierbaren Wohneinheiten als auch im differenziert gestalteten Äußeren der Gebäudeformen und der durch sie gebildeten Stadträume.

Die Typologie beschreibt gestapelte Reihenhäuser in Abhängigkeit von internen Parametern wie Bewohnerprofil, Größe, Orientierung und externen

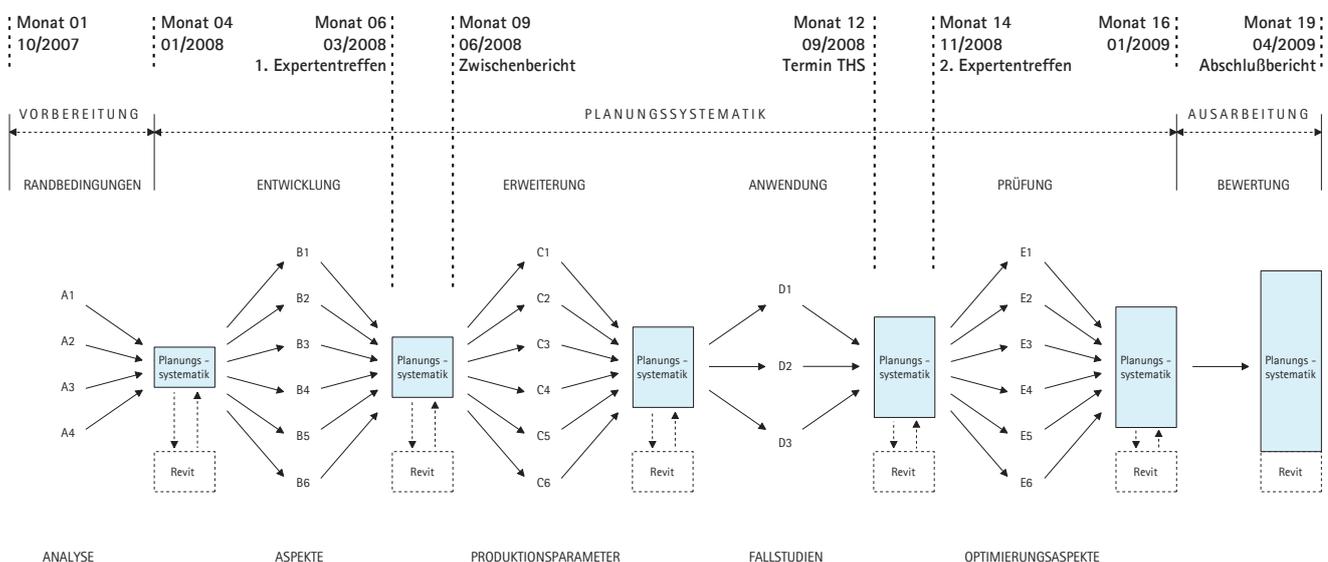
Parametern wie Grundstückseigenschaften und Baubestimmungen. Das neu implementierte Werkzeug in Revit Architecture erzeugt mittels der Parameter in Form eines räumlichen digitalen Modells eine Protoarchitektur als Grundlage weiterführender Detailplanungen.

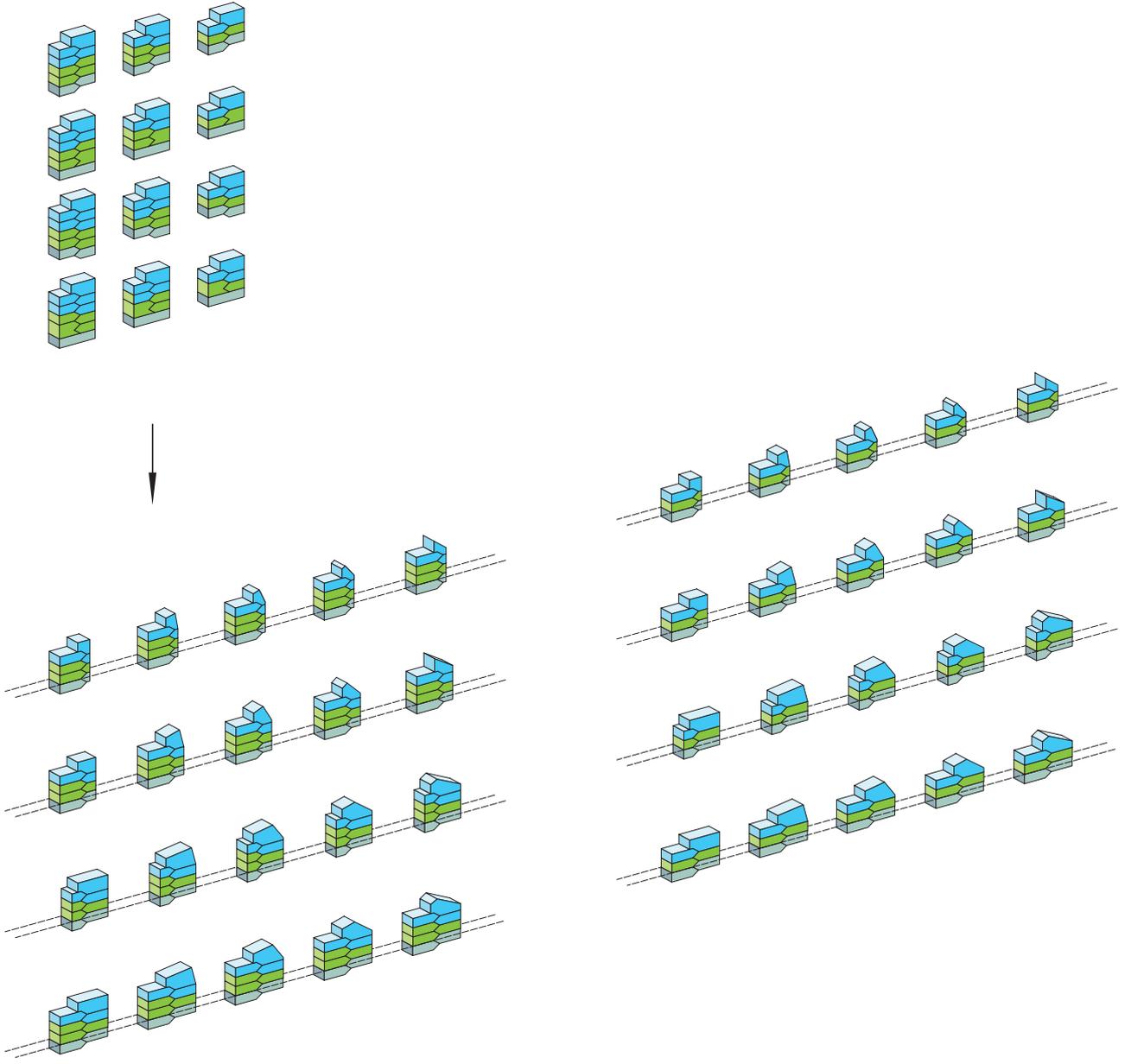
Die Protoarchitektur berücksichtigt unterschiedliche Verfahren individualisierter Massenfertigung, sodass die erzeugten Gebäude mittels ihnen kostengünstig produzierbar sind.

Wir stellen grundlegende Typologieuntersuchungen vor, erläutern die Entwicklung der Systematik, zeigen auf, wie auf ihrer Grundlage eine Typologie und aus ihr ein Software-Werkzeug entsteht, demonstrieren die Bandbreite seiner Möglichkeiten im Erzeugen mehrerer Fallbeispiele und bewerten diese anschließend.

Diese Untersuchung mit Erstellung einer Planungssystematik ist der erste Teilarbeitsschritt eines Entwicklungsprojektes in Zusammenarbeit mit der Wohnungsbaugesellschaft TreuHandStelle GmbH in Gelsenkirchen und deren Tochterunternehmen THS Consulting GmbH. In nachfolgenden Schritten sind Detailplanung und Realisierung des Gebäudetypus vorgesehen.

Übersicht und Ablaufplan des Forschungsprojekts





Ausschnitt Matrix der Gebäude-
variationen

1.1 Inhalt des Forschungsprojekts

Es wurde die Wechselwirkung zwischen Entwurfsprozess und industriellem Vorfertigungsprozess erforscht mit dem Ziel, eine Planungssystematik für gestapelte Reihenhäuser zu entwickeln.

Dieses Instrument ist auf zwei Arten dargestellt:

1. Programmiervorlage

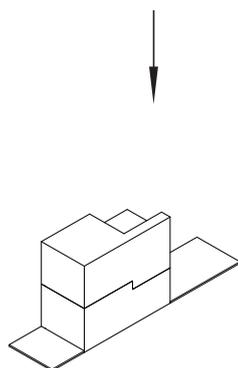
In Text- und Diagrammform ist die Programmiervorlage als exemplarische Abbildung der Planungssystematik entwickelt.

Hierbei sind Rahmenbedingungen der Typologie und Produktionsmethoden integriert.

(siehe hierzu Kapitel 2 Grundlagen, Kapitel 3 Typologieentwicklung und Kapitel 4 Anwendung (Produktion))

Bei Übertragung und Anpassung der Prinzipien ist sie anwendbar auf andere Planungsaufgaben.

(siehe hierzu Kapitel 7 Übertragung)



Von der Struktur zum Modell

Durch eine Reihe typologischer Untersuchungen werden Abhängigkeiten innerhalb des gestapelten Reihenhauses erzeugt. Diese basieren auf Nutzungs- und Konstruktionszonen. Innerhalb der 3D-CAD-Software werden diese Abhängigkeiten modelliert und als Familientypus generiert.

2. Plug-In

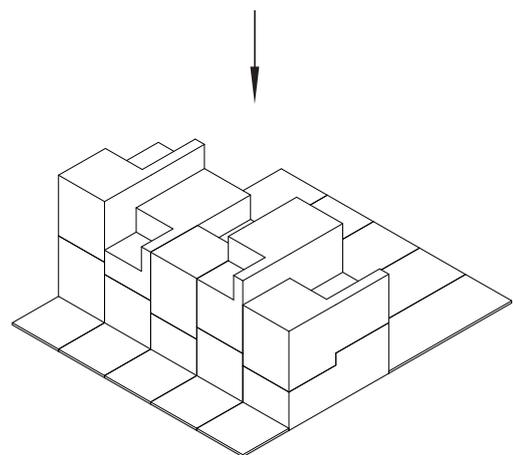
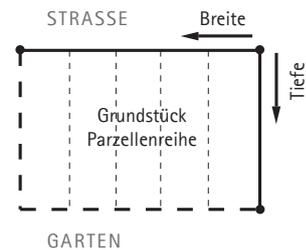
Als Werkzeug ist das Plug-In in das CAD Programm Revit Architecture eingebettet.

Das Werkzeug ist in verschiedenen Teilschritten entwickelt und enthält neben einem Generierungsmodul auch ein Optimierungsmodul.

(siehe hierzu Kapitel 5 Anwendung (Plug-In))

Exemplarische Darstellung der Funktionsweise wird anhand von Fallstudien gezeigt.

(siehe hierzu Kapitel 6 Fallstudien)



Vom Typus zur Reihe

Die Erzeugung mehrerer Reihenhaustypologien bringt eine Reihe weiterer Abhängigkeiten. Die Generierung dieser Reihen und deren Regeln werden über ein dafür programmiertes Plug-In gesteuert.

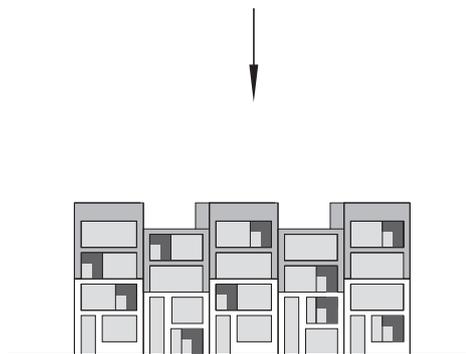
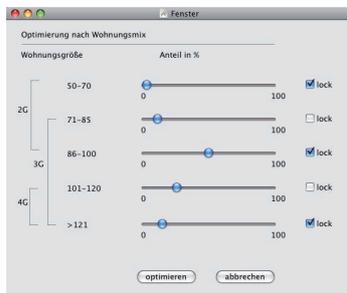
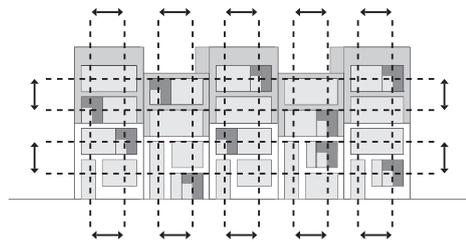
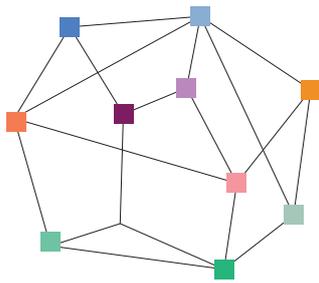
Genotyp – Phänotyp

Im Werkzeug sind die wesentlichen Informationen der Typologie eines gestapelten Reihenhauses festgelegt. Hierin ist der Genotyp der Typologie definiert.

Das Werkzeug wurde in Fallstudien (Grundstücke der Wohnungsbaugesellschaft THS) angewendet und erzeugt durch den Einfluss der allgemeinen und spezifischen Rahmenbedingungen einen Phänotyp der Gebäudetypologie, der sich entsprechend der definierten Kriterien optimal an die jeweilige Situation anpasst.

Anmerkung

Wegen der Vielschichtigkeit von Lösungsmöglichkeiten ist das Werkzeug weder ein „Expertensystem“ noch ein „vollständiger Planungsautomat“, sondern ein Konstruktionswerkzeug, das einen 3D-Datensatz für die weitere Planung liefert. Grundlage dafür ist eine vollständig entwickelte Typologieplanung, deren Planungselemente parametrisch verknüpft sind.



Abhängigkeiten und Optimierung

Die Parameter und Begrenzungen der Typologien bilden ein komplexes Netz. Über Optimierungsalgorithmen ist es möglich, spezifische Teilaspekte zu optimieren und auf Nutzeransprüche abstimmen. Dazu können Hierarchien und Abhängigkeiten neu definiert werden.

Strategien und Möglichkeiten

Die offene Struktur des Regelwerks lässt verschiedenste Formen der Optimierung und Auswertung zu: regionalspezifisch angepasste Fassadensysteme, Auswertung nach energetischen Gesichtspunkten oder Wohnungsgrößenoptimierung sind möglich.

1.2 Methode

Die Planungssystematik wurde in den folgenden Schritten entwickelt. Dabei wurde die lineare Vorgehensweise durch Rückkopplungen verifiziert und angepasst.

1. Ermittlung und Festlegung von relevanten Kriterien für die Typologieentwicklung

Dabei sind folgende Faktoren maßgeblich:

- Vielfalt
(Gebäudeorganisation, Erscheinungsformen)
- Flexibilität
(Grundrissaufteilung auf Nutzerebene bei Neu- und Umbau)
- Energieeffizienz
(Zonierung, Tageslicht, Speichermassen, Material, Integration von Gebäudetechnik)
- Produktionstechniken
mit hohem Vorfertigungsgrad individualisierter Massenfertigung (Konstruktion, Spannweiten, Material)
- Wirtschaftlichkeit
(Grundstücksausnutzung, Bauweise)

2. Typologieentwicklung

Unter Berücksichtigung der relevanten Kriterien wird eine Typologie für gestapelte Reihenhäuser entwickelt.

3. Funktionsschema (1. Abstraktion)

Definition der Typologieregeln mit Darstellung der Beziehungen, Abhängigkeiten und Begrenzungen der Typologieelemente.

4. Programmiervorlage (2. Abstraktion)

Das Funktionsschema wird in ein Graphenschema bzw. Algorithmus als Programmiervorlage übersetzt.

5. Plug-In

Aus der Programmiervorlage wird eine Programmierung für das Plug-In Werkzeug erstellt.

Das Werkzeug wird als Plug-In wie folgt angewendet:

1. Grundstücks- und Nutzerfaktoren

Das Werkzeug wird auf das bebaubare Baufeld des Grundstücks angewendet.

Dabei werden Randbedingungen und Faktoren wie Geschossigkeit, Dachneigung, Wohnungsgröße, Himmelsrichtung, Lage der Strasse und des Gartens eingegeben.

2. Erzeugung Phänotyp

Das Werkzeug erzeugt einen nach den definierten Kriterien und entsprechend der spezifischen Randbedingungen optimierten Baukörper, der ein optimiertes inneres Raumgefüge ermöglicht.

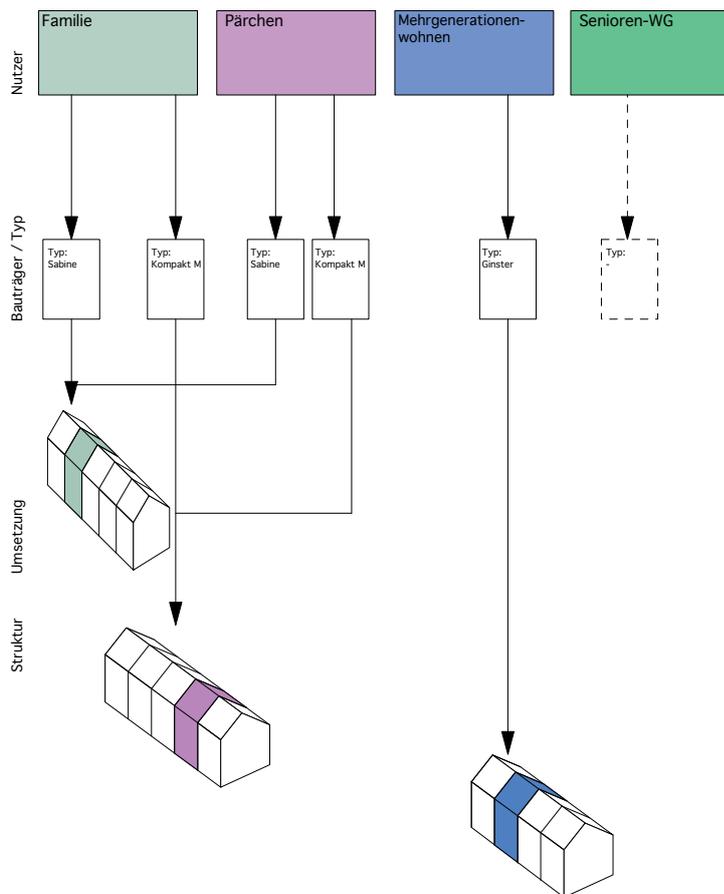
3. Umsetzung Phänotyp

Der Genotyp ist in Bauteilen entwickelt, die in unterschiedlichen Graden vorgefertigt werden können. Der Phänotyp stellt eine Protoarchitektur dar, die erfordert, Grenzen in der Fertigungstiefe der Vorfertigung von der Planerseite durch entsprechende Planung zu ergänzen.

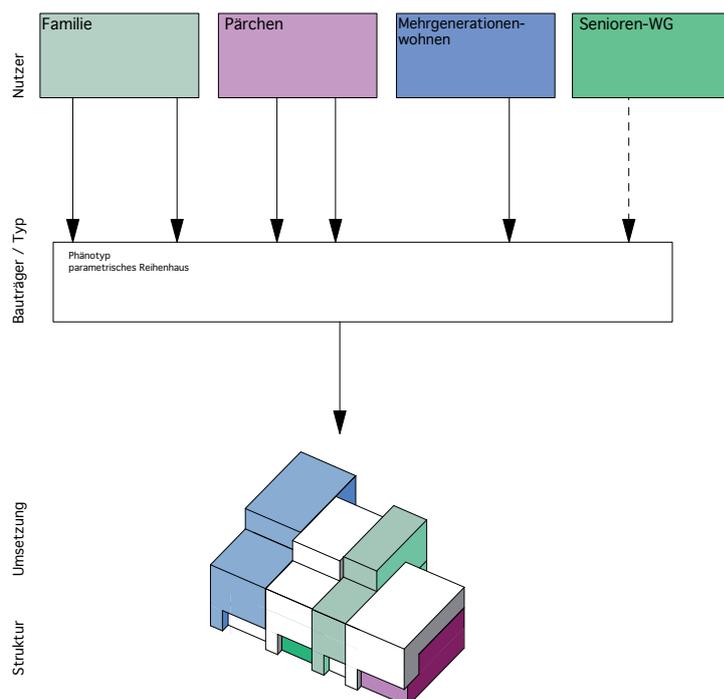
Anwendung

Die Rolle des Anwenders des Werkzeug, z.B. planender Architekt beim Kooperationspartner (Wohnungsbaugesellschaft THS), ist die des Eingebens spezifischer Parameterwerte und der Auswertung, gegebenenfalls Ergänzung, und Umsetzung des Phänotyps.

Innerhalb des Forschungsprojektes wird das Werkzeug in vorher festgelegten Fallstudien exemplarisch angewendet und bewertet. Hierbei wird die Flexibilität der Grundrissaufteilung auf Nutzerebene in Szenarien dargestellt. Die Darstellung erfolgt in 3D-CAD Modellen und Zeichnungen.



STATUS QUO : ANALOGE PLANUNGSKETTE



DIGITALE PARAMETRISCHE PLANUNGSKETTE

1.3 Anlass

¹ Kauffmann, Edgar: Frank Lloyd Wright, An American Architecture, New York 1995, S.44

² Bourdieu, Pierre: Der Einzige und sein Eigenheim, Hamburg 1998

³ Häusermann, H.; Siebel, W.: Soziologie des Wohnens, Weinheim 1996

⁴ Harlander, Tilman: Stadtwohnen: Geschichte Städtebau Perspektiven, Hrsg. Wüstenrot Stiftung, DVA München 2007

Es sollte so viele verschiedene Haustypen geben, wie es verschiedene Menschentypen gibt, und für die Individuen innerhalb eines Typs sollte sich auch eine Entsprechung innerhalb der Haustypen finden.¹

Frank Lloyd Wright, 1896

Anforderungen an den Wohnungsbau

Die Vielfalt der Lebens- und Familienformen in unserer Gesellschaft erzeugt einen steigenden Bedarf an vielfältig nutzbaren und flexiblen Wohnungen.

Die gewählte Beispieltypologie gestapelter Reihenhäuser hat in der Verschmelzung der Typologien Reihenhäuser und Geschosswohnungsbau das Potential, Bewohnerwünsche nach individuell gestaltetem Wohnraum und Freiflächenangebot in innerstädtischen Lagen mit der Wirtschaftlichkeit von Geschosswohnungsbau zu verbinden. Notwendig zur Realisierung dieses Potentials sind Synergien zwischen Entwicklungsverfahren und Produktionstechniken.

Gesellschaftliche Entwicklung

Festgehalten wird auch, dass die Tendenz zur Individualisierung weder eine Modeerscheinung noch schichtenspezifisch ist.²

Das von Pierre Bourdieu beschriebene Phänomen der Entwicklung unserer Gesellschaft beeinflusst unsere Wohnbedürfnisse nachhaltig. Gründe dieser irreversiblen gesellschaftlichen Veränderungen, die in den letzten Jahrzehnten eingesetzt haben, sind vielfältig und betreffen alle Altersgruppen. Häusermann nennt als Beispiele u.a. die gesetzliche Liberalisierung von Partnerbeziehungen, die Ablösung der Familie durch Zwei-Generationen-Gemeinschaften, die wachsende Bedeutung der dritten Lebensphase und das Auflösen der Trennung von Wohnen und Arbeiten durch die mediale Entwicklung.³

Städtisches Wohnen

Die Individualisierung der Gesellschaft geht einher mit einer stetigen Verdichtung der Städte. Hierbei gibt es laut Harlander drei Gesellschaftsgruppen mit Interesse an Wohnungen in der Stadt: Singles, Familien und Senioren.⁴ Während vor allem Singles und auch Senioren ein passendes Wohnumfeld in der Stadt finden, gibt es für Familien kein passendes Angebot. Diese Nachfrage gilt es durch neue Wohnformen zu decken, um eine weitere Zersiedelung zu vermeiden. Dieser Wohnraum sollte dem Einfamilienhaus auf der grünen Wiese eine gleichwertige Alternative bieten. Hierbei sind räumliche Qualitäten wie großzügige private Außenräume und eine geschützte Privatsphäre als Ausgleich zur hohen baulichen Dichte von städtischen Lagen besonders wichtig.



Die Wohnung als individuelles Produkt

*Der Standard ist tot: Die klassische Dreizimmerwohnung wird abgelöst durch ein spezifisch auf einzelne Lebensstile beziehungsweise Lebensabschnitte hin entworfenes Produkt.*⁵

Dieses Produkt der Wohnung entspringt den verschiedenen Wünschen und Lebenssituationen der Benutzer. Dabei ist die Vielfalt des Angebots – ähnlich wie bei den großen Automobilproduzenten – mehr den individuellen Wünschen als den unterschiedlichen Anforderungen geschuldet. Frank-Bertolt Raith erklärt diese Entwicklung mit einer "Emotionalisierung des Wohnens" und erfindet bezeichnende Begriffe wie "Wohnkarriere" und "Lebensabschnittshaus".⁶

Das Haus sollte hierfür ein vielfältiges Angebot bieten, aus dem sich der Wohnkonsument sein Produkt als temporäre Räumlichkeit für die passende Lebenslage, Stimmung und Finanzen zusammenstellen kann.

Bauen „on demand“

Im Hochbau ist eine individuelle Anpassung von Wohnsituationen meist noch mit erhöhten Kosten verbunden, weswegen hier häufig mit Standard-Bausteinen gearbeitet wird, die nur geringe Modifikationen zulassen. Neue computergestützte Verfahren und Vorfertigungsmethoden ermöglichen eine individuelle Produktion mit vielen Variationen und Abweichungen – jenseits der Ökonomie der großen Stückzahlen.

Dabei stellt sich die Frage der Ebene der Individualisierung. Diese kann in den verschiedensten Bauelementen von Rohbau bis Ausbau liegen.

Diese Fragestellung, sowie das Zusammenspiel der Anforderungen von Wohnsituationen und das Potential von Herstellungsverfahren, ist Inhalt dieses Forschungsprojektes. Anhand der Typologie des gestapelten Reihenhauses werden die Möglichkeiten der Produktentwicklung von Gebäuden exemplarisch aufgezeigt.

⁵ Häußermann, Hartmut, u.a., Soziologie des Wohnens. Eine Einführung in Wandel und Ausdifferenzierung des Wohnens, Weinheim-München 2000

⁶ Raith, Frank-Bertolt u.a.: Inszenierte Architektur: Wohnungsbau jenseits des Standards, Stuttgart 2003

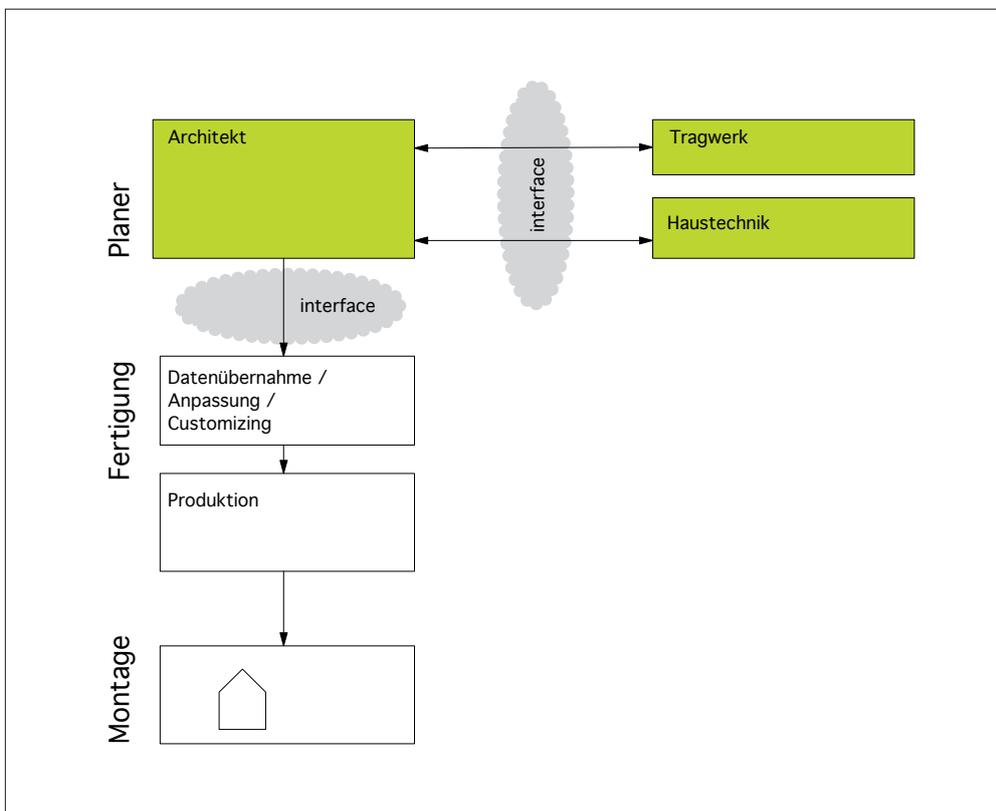
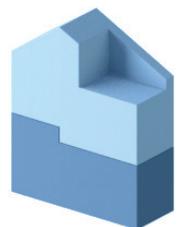
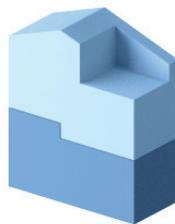
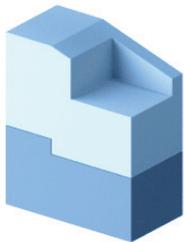
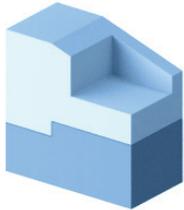
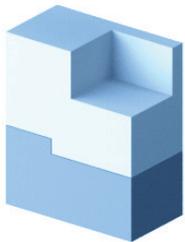
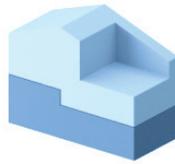
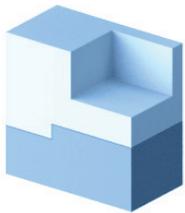
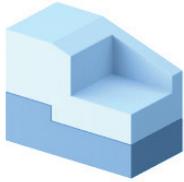
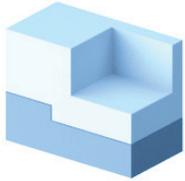


Diagramm Fertigungsprozess am Beispiel Betonfertigteilindustrie: Die Interface-Zonen ermöglichen großes Optimierungspotential durch Einsatz abgestimmter CAD/CAM-Systeme

2 Grundlagen des Forschungsprojektes



2 Grundlagen des Forschungsprojektes

¹ Perce, Georges: Träume von Räumen, Frankfurt / Main 1994

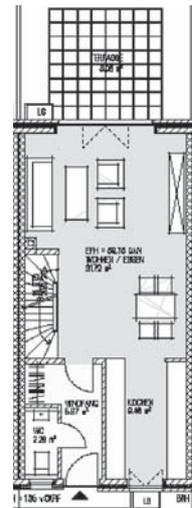
*"... neue Wohnsituationen, wie z.B. Wohnbereich mit angelagerten Heimbüro, Schlafbereich mit Ankleide und Studio, Kinder- und Spielzimmer oder ein ganz und gar überflüssiger Raum"*¹

Das Forschungsprojekt beinhaltet eine Reihe von Aspekten des Wohnungsbaus, die im Themenfeld von neuen Wohnformen, deren Planung und Realisierbarkeit, für den Kooperationspartner, die Wohnungsbaugesellschaft TreuHandStelle in Gelsenkirchen, von Interesse sind.

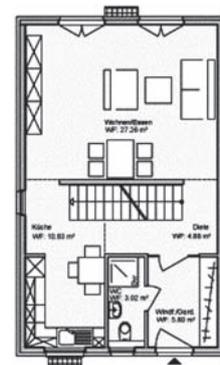
Eine Qualitätssteigerung kann im Vergleich zu den bestehenden Typen-Reihenhäusern, wie sie von Wohnungsbaugesellschaften und Bauträgern in der Regel verwendet werden, in einer höheren Flexibilität, Gestaltungsqualität und Wirtschaftlichkeit erzielt werden. Diese Standardtypen können wegen fehlender Flexibilität und Individualität dem aktuellen Bedarf an vielfältig nutzbaren Wohnungen nicht gerecht werden.

In einer Ist-Soll-Gegenüberstellung werden die Vor- und Nachteile der bestehenden Typenhäuser aufgelistet und den Entwurfsvorgaben für das gestapelte Reihenhaus gegenübergestellt.

Generell wird innerhalb des Forschungsprojektes eine Planungssystematik entwickelt, die als eine Art "Manual" (Handbuch) auf andere vergleichbare Bauaufgaben übertragbar und damit auch für andere Wohnungsbaugesellschaften nutzbar ist.



THS, Reihenhaustyp „Kompakt M“, Achsbreite 5,56m
Quelle: Katalog 2007 Einfamilienhäuser, THS Consulting



THS, Reihenhaustyp „Sabine“, Achsbreite 6,20m
Quelle: Katalog 2007 Einfamilienhäuser, THS Consulting

Ist-Soll-Gegenüberstellung mit Entwurfsvorgaben für das gestapelte Reihenhaus

IST	Typen-Reihenhaus der THS
Vorteile	
	- Eigentumscharakter ("Haus" statt Wohnung)
	- privater Außenraum (Garten)
Nachteile	
	- fehlende Flexibilität der Wohnungsgrundrisse
	- geringere Dichte als Geschosswohnungen
	- fehlende Individualität der Erscheinung
	- nicht barrierefrei
	- ausrichtungsneutral zur Himmelsrichtung

Soll	Gestapeltes Reihenhaus
	- Flexibilität der Grundrisse
	- Vielfalt der Nutzungen
	- Kostenreduktion durch Verdichtung
	- Individualität der Erscheinung
	- Eigentumscharakter ("Haus" statt Wohnung)
	- privater Außenraum innerhalb baulichen Gefüges
	- Orientierung des Gebäudes nach Himmelsrichtung

2.1 Rahmenbedingungen

Die Entwicklung des gestapelten Reihenhauses ist von unterschiedlichsten Rahmenbedingungen abhängig. Dabei unterscheiden wir die allgemeinen Rahmenbedingungen, also gesetzliche, technische und wirtschaftliche Parameter, und spezifische Randbedingungen, also Bedingungen wie Ausrichtung und Grundstücksabmessungen.

Allgemeine Rahmenbedingungen

Die generelle Bebaubarkeit wird über das Baugesetzbuch und die Landesbauordnungen geklärt. Der parametrische Gebäudetypus muss in der Lage sein, auf diese Anforderungen reagieren zu können. Auszugsweise einige relevante Regelwerke:

Das Baugesetzbuch regelt die Bebaubarkeit in Anlehnung an die benachbarte Bebauung und die Definition der Dichtewerte GRZ und GFZ.

§ 34 Zulässigkeit von Vorhaben innerhalb der im Zusammenhang bebauten Ortsteile

(1) Innerhalb der im Zusammenhang bebauten Ortsteile ist ein Vorhaben zulässig, wenn es sich nach Art und Maß der baulichen Nutzung, der Bauweise und der Grundstücksfläche, die überbaut werden soll, in die Eigenart der näheren Umgebung einfügt und die Erschließung gesichert ist. Die Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse müssen gewahrt bleiben; das Ortsbild darf nicht beeinträchtigt werden.

Die Landesbauordnung (in diesem Beispiel NRW) regelt die Abstände der Bebauung zu Grenzen und öffentlichen Wegen:

§ 6 Abstandflächen

(5) Die Tiefe der Abstandflächen beträgt, soweit in einer örtlichen Bauvorschrift nach § 86 Abs. 1 Nr. 6 nichts anderes bestimmt ist,

- 0,8 H,
- 0,5 H in Kerngebieten,
- 0,25 H in Gewerbegebieten und Industriegebieten.

Zu öffentlichen Verkehrsflächen, öffentlichen Grünflächen und öffentlichen Wasserflächen beträgt die Tiefe der Abstandfläche

- 0,4 H,
- 0,25 H in Kerngebieten, Gewerbegebieten und Industriegebieten.

Brandschutz, z.B. für den Baustoff Holz für tragende Bauteile, wird in der Musterbauordnung 2002 geregelt:

Brandschutzklasse K60 respektive hoch feuerhemmende Konstruktionen in Gebäuden der Gebäudeklasse 4 (höchstes Geschoss OK FFB >= 13m)

Die Regelungen der DIN zu ausreichender Raumbeleuchtung sind sehr komplex und in ihrer Vollständigkeit nicht auf das parametrische Modell übertragbar. Um einfache Entwurfsmodelle und deren Abhängigkeiten zwischen Öffnungsgrößen und Raumtiefen zu ermöglichen, können vereinfachte Überschlagregeln wie *"max. Raumtiefe = 2 x Raumhöhe"* integriert werden.

Zusätzlich gelten die Regelungen der LBO:

§48 (2) (...) Das Rohbaumaß der Fensteröffnungen muss mindestens ein Achtel der Grundfläche des Raumes betragen; ein geringeres Maß ist zulässig, wenn wegen der Lichtverhältnisse Bedenken nicht bestehen. Oberlichte anstelle von Fenstern sind zulässig, wenn wegen der Nutzung des Aufenthaltsraumes Bedenken nicht bestehen.

Grundstücksausnutzung und Kosten

Einen wesentlichen Parameter der Randbedingungen bei der Planung von Reihenhaustypologien stellt die Wirtschaftlichkeit dar. Dabei spielt die Ausnutzung des Grundstücks, und damit der Grad der Dichte, eine wesentliche Rolle. Der Grundstückspreis stellt einen Faktor dar, der über die Bauweise nicht beeinflussbar ist, und wird in unserem Beispiel als feste Größe verwendet.

Die Tabelle unten vergleicht schematisch die unterschiedlichen Kosten verschiedener Dichtegrade auf einem Grundstück.

Für alle Typen gleich werden vorausgesetzt:

Grundstücksgröße: 150 qm

Kosten Grundstück: 45.000 € (300 €/qm)

Durch die Stapelung entsteht eine größere Dichte; im Fall des Typus IV + Dach sogar die doppelte Dichte (GFZ 1,6) im Vergleich zum Typ II (GFZ 0,8).

spezifische Rahmenbedingungen

Grundstücksbreite

Die Planungen von Reihenhäusern der THS Consulting sind auf Standardtypen aufgebaut. Hierbei erstreckt sich die Bandbreite der Gebäudebreiten von 4,50m bis 7,20m.

Da bei Reihenhäusern die Gebäudebreite der Grundstücksbreite entspricht, wurde zunächst eine mögliche Beschränkung auf diese Breiten untersucht. Siehe hierzu Diagramm auf der folgenden Seite.

Beim gestapelten Reihnhaus liegen im Gegensatz zum konventionellen Reihnhaus allerdings die Geschossigkeiten in einem Spektrum von 2-4 Geschossen, was zu unterschiedlichen Proportionen der Grundfläche führt.

Eine Beschränkung auf vorher festgelegte Grundstücksbreiten erscheint daher nicht sinnvoll.

Konstruktion / Spannweiten / Material

Abhängig von Hausbreiten wurde die Wirtschaftlichkeit von Materialwahl und Bauweise zu überprüft.

Maximalspannweiten, die abhängig von Material, Konstruktions- und Montageart sind, wurden spezifisch ermittelt und als Grenzwerte in die Planungssystematik eingearbeitet. Weitere Abhängigkeiten bestehen zudem in der Wahl des Auftragnehmers und der entstehenden Transportkosten.

Vergleichsdiagramm der Wirtschaftlichkeit bei unterschiedlicher Geschossigkeit und Verdichtung

Typ	Ge-schosse	BGF	WF	Baukosten (1300 €/qm WF)	Gesamtkosten	Kosten / Einheit	Kosten / qm	GRZ	GFZ
	II	120	105	136.500	181.500	181.500	1.728	0,4	0,8
	III	180	2 x 80	208.000	253.000	126.500	1.581	0,4	1,2
	III+D	220	2 x 100	260.000	305.000	152.500	1.525	0,4	1,6
	IV+D	280	2 x 125	325.000	370.000	185.000	1.480	0,4	1,9

2.2 Geometrische Analyse

Grundfläche und Gebäudeabmessungen

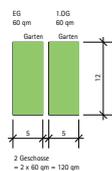
Die erforderliche Wohnfläche bildet mit der überbaubaren Grundfläche eine direkte Abhängigkeit. In einer vergleichenden Aufstellung der für die Parametrisierung notwendigen Daten ist die Abhängigkeit von zur Verfügung stehender überbaubarer Fläche, der zu erzielenden Wohnfläche, der Geschossigkeit und der entstehenden Proportion dargestellt. Diese prinzipiell einfachen Beziehungen ergeben in ihrer Überlagerung eine grafisch abbildbare Struktur. (Siehe Abbildung unten)

Grundfläche und Grundrissproportion

Werden die Gebäudeabmessungen mit weiteren Parametern der inneren Organisation ergänzt, ergeben sich zwei typologisch prinzipiell unterschiedliche Typen: ein Längstyp und ein Quertyp.

HERKÖMMLICHES REIHENHAUS

Bruttogeschossfläche 120 qm

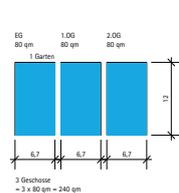
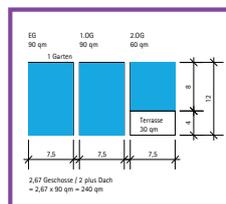
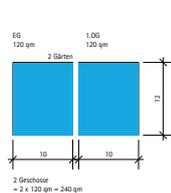


GESTAPELTES REIHENHAUS

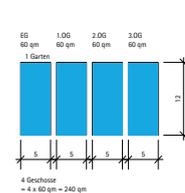
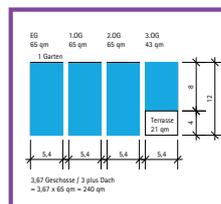
(2 Maisonnetten übereinander)

Bruttogeschossfläche 240 qm

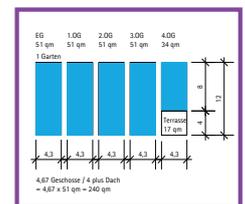
Fallstudie 1 2 Geschosse + Dach



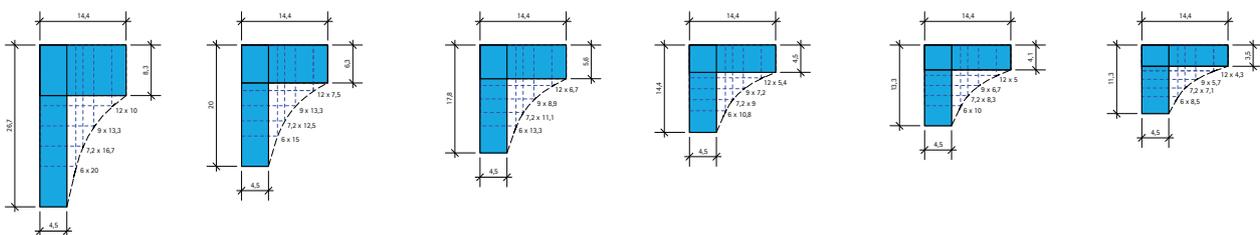
Fallstudie 2 3 Geschosse + Dach



Fallstudie 3 4 Geschosse + Dach



Grundrissform / Grundstück



Typologische Determinanten wie Treppenlänge, Zimmerbreiten, Raumtiefen etc. bestimmen hierbei die Bereiche von Hausproportionen, in denen der jeweilige Typus sinnvoll zu realisieren ist. (Siehe Abbildungen auf den folgenden Seiten)

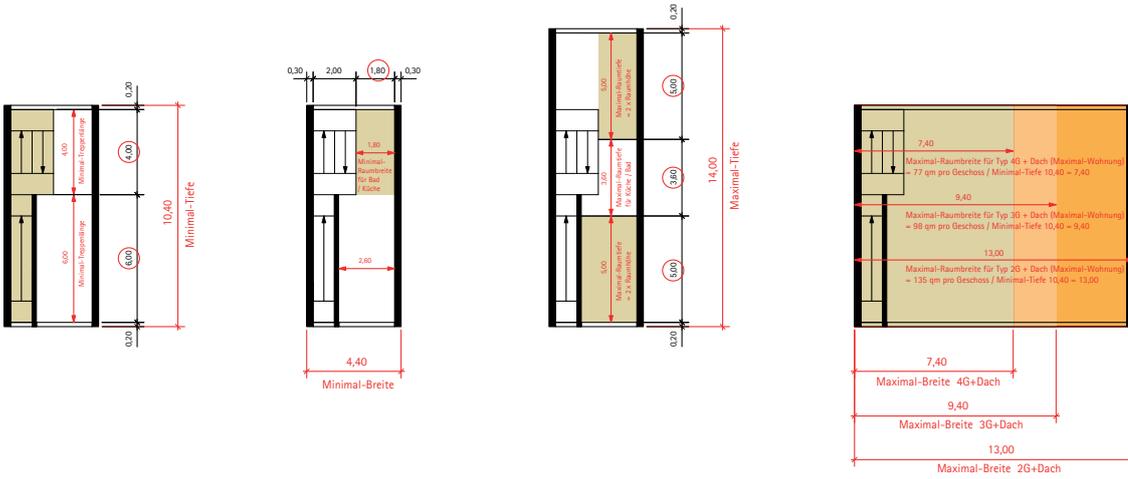
Bandbreite

Die Bandbreite der durch Proportionsänderungen, Geschossigkeiten und Ausbaunterschiede entstehenden Varianten ist so groß, dass sie über ein reines Regelwerk nicht abgebildet werden kann, bzw. die typologischen und konstruktiven Unterschiede so groß werden, dass auch der strukturelle Aufbau der Typologie (Genotyp) sich ändert. Es ist daher erforderlich, grundsätzliche Typen vorzubereiten und über Auswahlverfahren diese den errechneten Proportionen zuzuordnen. Diese Auswahlverfahren schränken die Optimierung der Typologie stark ein, da eine Vielzahl an Optionen im Vorfeld überprüft werden muss und sich nicht automatisiert ergibt. Im weiteren Verlauf wurde die analytisch entwickelnde Arbeit auf einen längsgerichteten Typ beschränkt. Dieser ist typologisch vielfältig und die grundsätzlich unterschiedlichen Anforderungen für den Quertyp und damit notwendige Vorauswahlen entfallen. Hierfür wurde ein Regelwerk erstellt, das ein vorher notwendiges Durcharbeiten aller Varianten vermeidet und stattdessen auf Grund von Algorithmen eigene typologische Varianten errechnen kann.

Prinzip von Gesamtfläche und Geschossigkeit, Abhängigkeit der Proportionen.

Entwicklung der Grundflächenproportion in Längs- und Quertyp

Typ LÄNGS



Minimal-Tiefe

Minimal-Breite

Maximal-Tiefe

Maximal-Breite

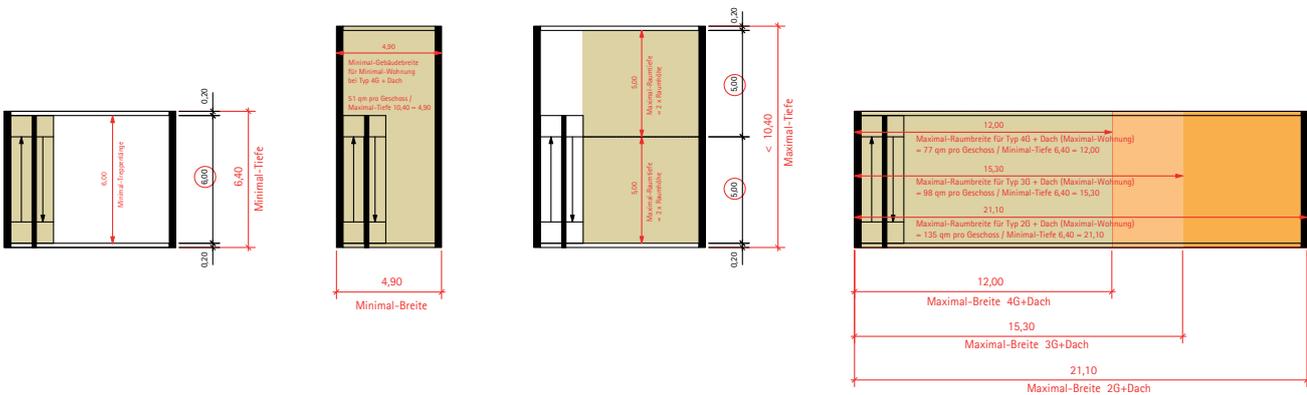
> Summe Minimal-Treppenhänge

> Minimal- Raumbreite für Bad / Küche plus Treppenbreite

> Maximal-Raumtiefen = 2 x Raumhöhe plus Maximal-Raumtiefe für Küche / Bad (innenliegend)

> Maximal-Raumbreite für Maximal-Wohnung 180 qm BFG pro WE = Geschossfläche je Typ / Minimal-Tiefe 10,40

Typ QUER



Minimal-Tiefe

Minimal-Breite

Maximal-Tiefe

Maximal-Breite

> Minimal-Treppenhänge

> Minimal-Gebäudebreite für Minimal-Wohnung 120 qm BFG pro WE bei Typ 4G + Dach = Geschossfläche / Maximal-Tiefe 10,40

> Maximal-Raumtiefen = 2 x Raumhöhe

> Maximal-Raumbreite für Maximal-Wohnung 180 qm BFG pro WE = Geschossfläche je Typ / Minimal-Tiefe 6,40

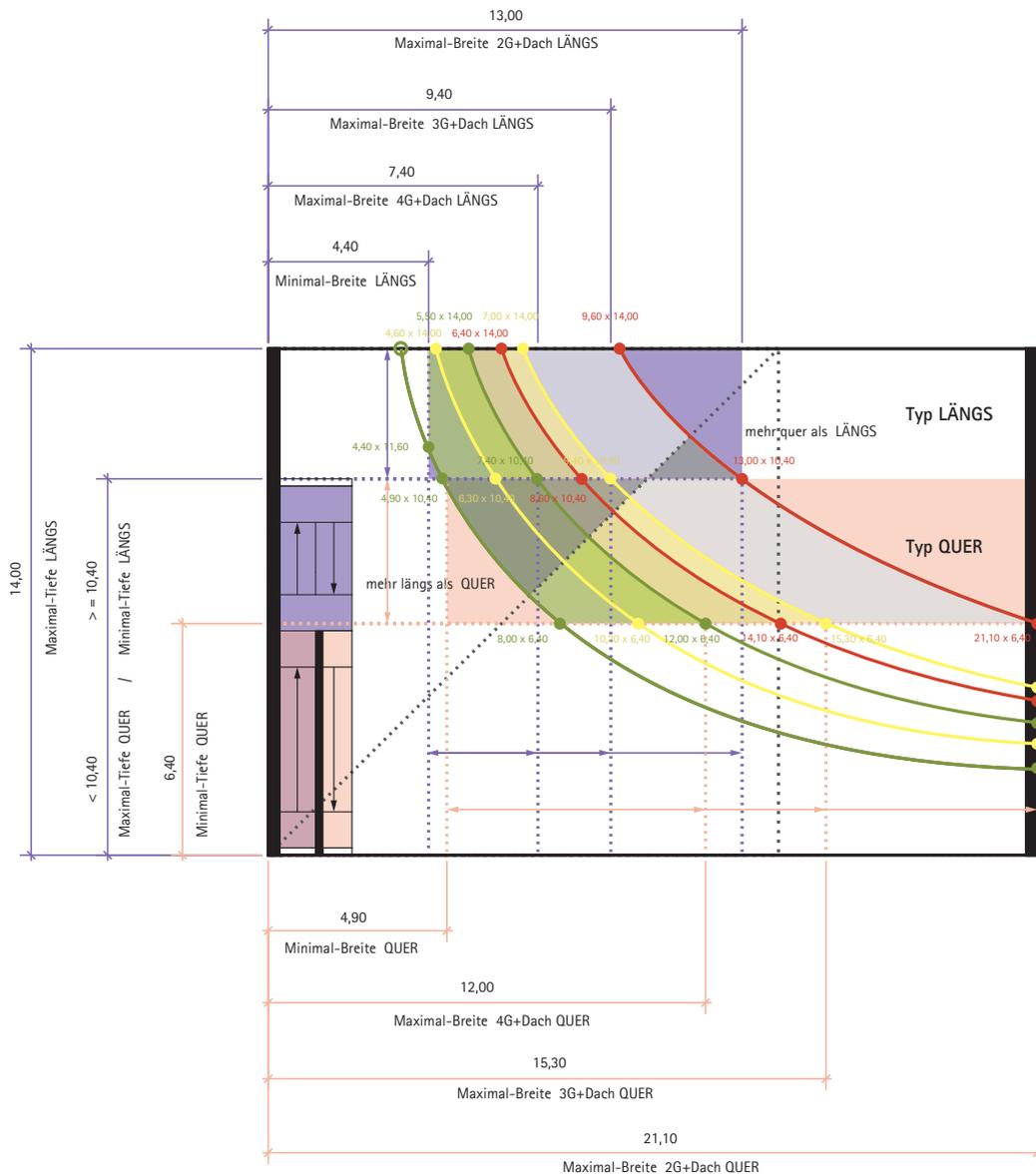
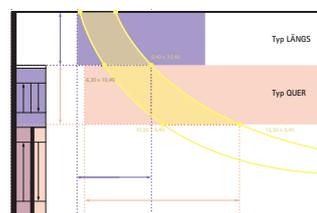
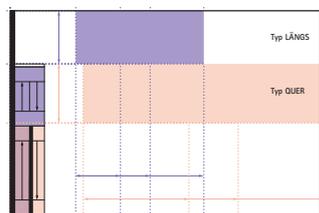


Diagramm der Grundflächenproportion bei Längs- und Quertyp

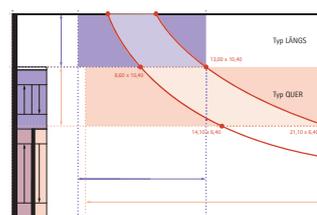
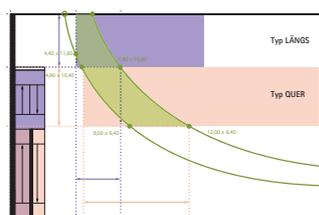
Die Flächen sind in ihrer Größe und Proportion von der linken unteren Ecke des Diagramms zu rechten oberen Ecke entwickelt.

Links unten grenzt die Gebäudetrennwand mit der innenliegenden Treppe. Die Größe der Grundfläche wird durch die rechte obere Ecke ermittelt. Diese liegt beim Längstyp innerhalb der violetten Fläche, beim Quertyp innerhalb der rosafarbenen.

Die farbigen Kurven zeigen die Grundflächen für die unterschiedlichen Geschossigkeiten der Reihenhäuser (2, 3 oder 4 Geschosse plus Dach).



Diese Kurven sind jeweils gedoppelt, mit der linken Kurve, die die Minimalwohnungsgröße von 120qm BGF zeigt und der rechten Kurve mit der Maximalgröße von 180qm BGF.



Dieses Spektrum ist in den kleinen Diagrammen unten separat dargestellt.

Hierbei zeigt sich, dass für nahezu alle der gewählten Geschossigkeiten und Wohnungsgrößen eine Grundfläche innerhalb des Längs- oder Quertyps zu finden ist.

2.3 Kriterien der Typologieentwicklung

Zur Entwicklung der parametrisch konzipierten Typologie werden verschiedene Kriterien benutzt. Diese sind unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit und spezifisch für dieses Projekt gewählt.

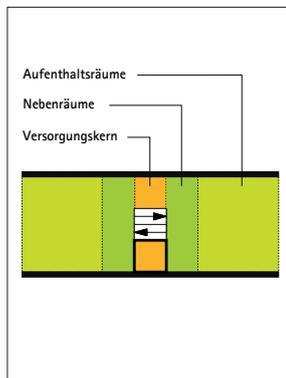
In den folgenden Abschnitten werden sie im einzelnen erläutert und anhand von Beispielen erklärt.

Die Kriterien sind:

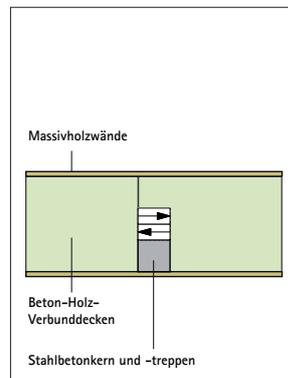
Vielfalt
Flexibilität
Energieeffizienz
Produktionstechniken
Wirtschaftlichkeit

Innerhalb dieser Kriterien spielen vielfältige Faktoren und Elemente eine Rolle, die sich von Grundrissentwicklung und Zonierung, Konstruktion und Material, Haustechnik und Speichermassen erstrecken.

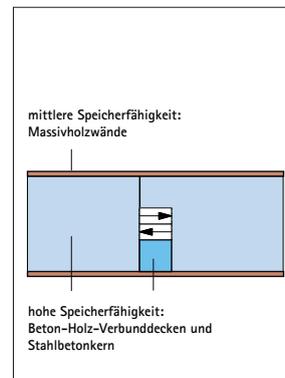
GRUNDRISZZONIERUNG



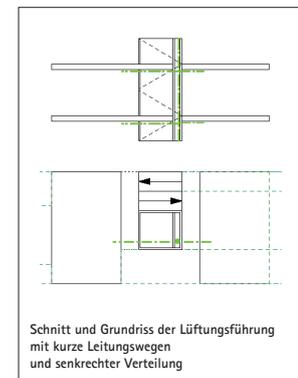
KONSTRUKTION



SPEICHERMASSEN



MEDIENFÜHRUNG



2.4 Vielfalt

Generell

Erzeugung von Vielfalt ist sowohl aus städtebaulichem Gestaltungswillen als auch aus der Sicht der Vermarktung ein viel diskutiertes Thema in der aktuellen Wohnungsbauentwicklung.

Innerhalb des Forschungsprojektes wird untersucht, wie mit den Mitteln Entwurf und Produktionsmethoden Vielfalt erzeugt werden kann.

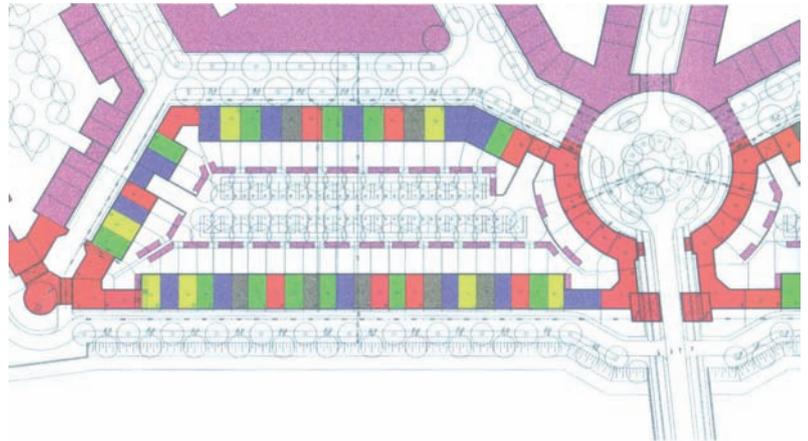
Stadtbaustein

Im Stadtraum bedeutet Vielfalt zunächst eine Varianz der Baukörpergrößen und der Fassadenstruktur.

Das Quartier Brandevoort in den südlichen Niederlanden erzeugt ein vielfältiges Erscheinungsbild, das jenseits der historisierenden Formensprache als Anschauungsbeispiel für das Forschungsprojekt interessant ist. Hier wurde das individualisierte Gebäude als Stadtbaustein thematisiert, das jenseits der reinen architektonischen Variation den Eindruck einer Addition einzelner individueller Häuser erwecken soll. Tatsächlich erfolgte die Realisierung nach vorgegebenen Regeln mit verschiedenen Architekten innerhalb einer "städtebaulichen Regievorgabe".¹

Fragen nach Ausrichtung und energetischer Optimierung bleiben allerdings offen. Der Blockinnenraum wird notwendigerweise zum Parkplatz, um die „historischen“ Strassenräume weitestgehend von ruhendem Verkehr freizuhalten.

Quartiere wie Brandevoort erreichen teilweise urbanere Dichtewerte und Durchmischungen von Wohnen und Arbeiten als Wohnverdichtungen, die auf eine künstliche Vielfalt im Vorfeld verzichten und diese durch Bewohner und Nutzerstruktur erreichen wollen.



Lageplan Brandevoort, Niederlande
(Quelle: Z001)



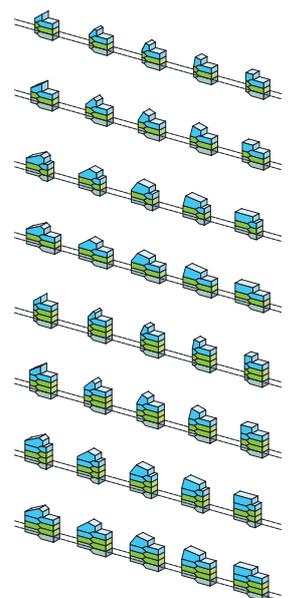
Bild Realisierung Brandevoort, NL
(Quelle: Z001)

Anwendung im Forschungsprojekt

Der parametrisch entwickelte Gebäudetyp des gestapelten Reihenhauses ist als Regelwerk entwickelt.

Aus diesem Regelwerk kann nicht nur ein Gebäude, sondern eine ganze Familie von ähnlichen Gebäuden erzeugt werden, die sich je nach Grundstück, Himmelsrichtung und Nutzer in Erscheinung und Gebäudeorganisation unterscheiden.

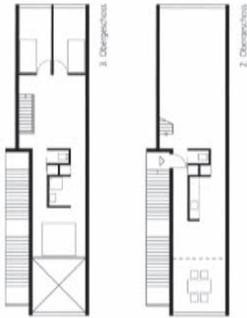
Veränderbare Parameter bestimmen hierbei unter anderem Geschossigkeit, Dachneigung, Wohnungsgrößen, Raumtiefen und Fenstergrößen.



Variationsreihe von gestapelten Reihenhäusern

¹ Häußermann, Hartmut u.a.: Soziologie des Wohnens. Eine Einführung in Wandel und Ausdifferenzierung des Wohnens, Weinheim-München 2000

2.5 Flexibilität



Apartmentgebäude Amsterdam, Arch.: Bosch / Haslett: zentraler Kern und flexible Randzone (Quelle: W014):

Beim Apartmentgebäude in Rotterdam haben die Architekten Bosch / Haslett die sehr tiefen Grundrisse in der zentralen, schlechter belichteten Zone durch einen Kern strukturiert, an dem Installationsschächte liegen. Bad, WC und Küche gliedern sich hier an. Der restliche Grundriss ist nur durch die Lage der internen Treppe und optionale Lufträume gegliedert.

Wohnbebauung Hannover, Arch.: Fink Et Jocher: Grundstruktur und Ausbauvarianten (Quelle: W006):
Flexibler Grundriss, der nur durch die Lage des Treppenhauses und den parallel dazu liegenden Tragschotten strukturiert wird. Die Lage der vertikalen Installationen ist so zentral, dass es möglich ist, Sanitärzonen sowohl im Außenwandbereich als auch zentral in der Wohnung anzuordnen.



Wirtschaftliche Gründe fordern heute beim Bau von Mietwohnungen Rationalisierung und Typisierung ihrer Herstellung.

Diese immer steigende Differenzierung unserer Wohnbedürfnisse aber fordert auf der anderen Seite größte Freiheit in der Benützungart.

Mies van der Rohe, 1927

Individualität des Nutzers

Grund für eine weitestgehende Flexibilisierung von Wohnungsgrundrissen liegt in den vielfältigen Lebensformen und Wohnkonstellationen in unserer Gesellschaft. Eine Immobilie ist umso langlebiger, und damit nachhaltiger, je flexibler sie auf Änderungen reagieren kann. Dies gilt sowohl für Kauf- wie Mietimmobilien.

Flexibler Ausbau

Statt standardisierter Nutzerszenarien werden flexible Strukturen angeboten, die je nach Nutzer völlig verschiedene Möglichkeiten bieten. Dies erfolgt entweder durch das konstruktive System, das völlige Freiheit für die Aufteilung im Inneraum lässt oder durch eine geschickte Zonierung der verschiedenen Wohnbereiche, die entsprechend ihrer Bewohnerstruktur interpretiert werden können. Die Kernbegriffe Vielfalt und Flexibilität werden in unterschiedlichen Gewichtungen ausgeformt, teilweise sich ergänzend, teilweise sich gegenseitig ausschliessend. Die Tendenz zum „Luxusrohbau“, der nach den Bedürfnissen der Erstbezieher ausgebaut

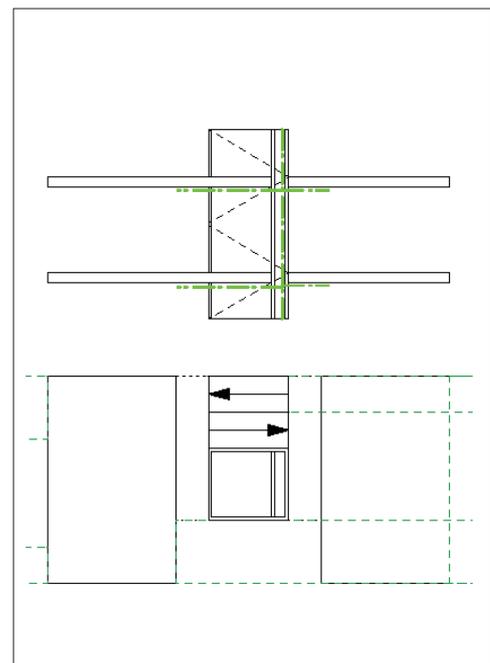
wird, zeigt auch die Grenzen der Flexibilität: Sie gilt in der Regel nur bis Erstbezug, danach werden nur noch selten Veränderungen ohne großen Aufwand möglich. Dennoch kann durch eine neutrale Ausrichtung des Rohbaus und geschickte Anordnung von Versorgungsstrukturen eine grosse Vielfalt an Ausbaumöglichkeiten innerhalb eines Bauprojektes geboten werden. Beispielszenarien helfen dabei, die eigenen Prioritäten zu erkunden und die individuell passendste Wohnart zu finden.

Anwendung im Forschungsprojekt

Die Typologie greift Entwicklungen aktueller Wohnbeispiele auf, die mit den entsprechender Konstruktion und Medienverteilung eine flexible Grundrissorganisation ermöglichen.

Über eine zentrale vertikale Verteilung werden Treppe, Installationsschacht und Abstellmöglichkeit organisiert. Alle notwendigen Funktionen gliedern sich hier an. Die angeschlossenen Ebenen sind prinzipiell frei beispielbar; es gibt keine strukturellen Vorgaben zur Nutzbarkeit.

Durch die zentrale Lage ist die technische Infrastruktur mit kurzen Wegstrecken angebunden. Sowohl die Wasserver- und entsorgung als auch Lüftungstechnische Systeme finden hier Platz.



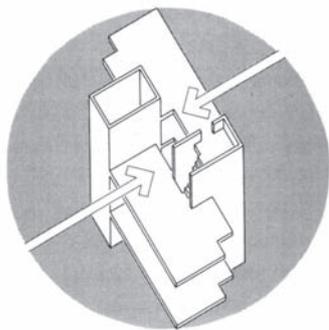
Prinzip des Kernelements: vertikale Verteilung über Treppen und Versorgungsleitungen mit zusätzlichem „Stauraum“

Zonierung versus Nutzungsneutralität

„Flexibilität bedeutet (...) das absolute Leugnen eines festen, klar umrissenen Standpunktes. Der flexible Plan geht davon aus, daß es die richtige Lösung nicht gibt, weil die zu lösende Aufgabe stets im Wandel begriffen, d.h. immer temporär, ist. (...) Ein System, das im Hinblick auf künftige Veränderungen flexibel bleibt, würde gewiss die neutralste Lösung für spezifische Aufgaben liefern, die beste jedoch nie.(...)“

Herman Hertzberger beschreibt in „Funktionalität, Flexibilität und Polyvalente Form“ (Quelle: W016) das Problem von freien, nutzungsneutralen Grundrissen. Dagegen nutzt er in seinen Gebäuden die Möglichkeit, eine Grundzonierung vorzugeben, welche auf Grund ihrer Lage im Gesamtsystem, der Art der Belichtung und Orientierung Ansätze zur Nutzung vorgibt, ohne diese genau auszuformulieren. Diese interpretationsoffenen Systeme sind in ihrer Flexibilität eingeschränkter, aber in der Qualität der räumlichen Zusammenhänge oft vielfältiger und individueller.

Bei den Diagoon-Häusern in Delft hat jede Ebene des Split-Level eine andere Ausformulierung. Die Belichtung über den zentralen Luftraum und die offene Lage zu den jeweils benachbarten Ebenen erzeugt unterschiedliche Randbedingungen. Die

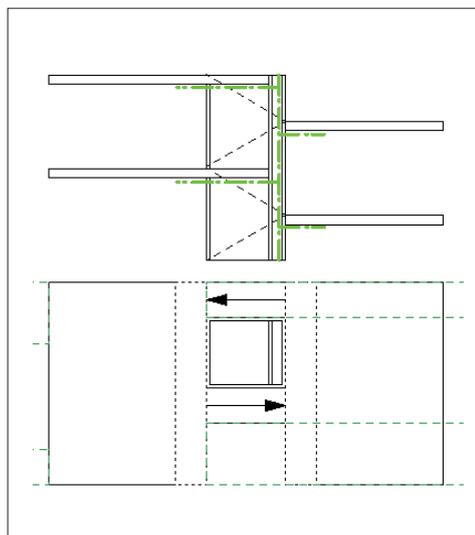


Häuser wurden „unfertig“ übergeben, das Füllen des Gerüsts war den Bewohnern überlassen. Verschiedene Interpretationen und Varianten wurden den Bewohnern als Orientierung gegeben, um sie nicht mit zu viele Entscheidungen zu überfordern.

Anwendung im Forschungsprojekt

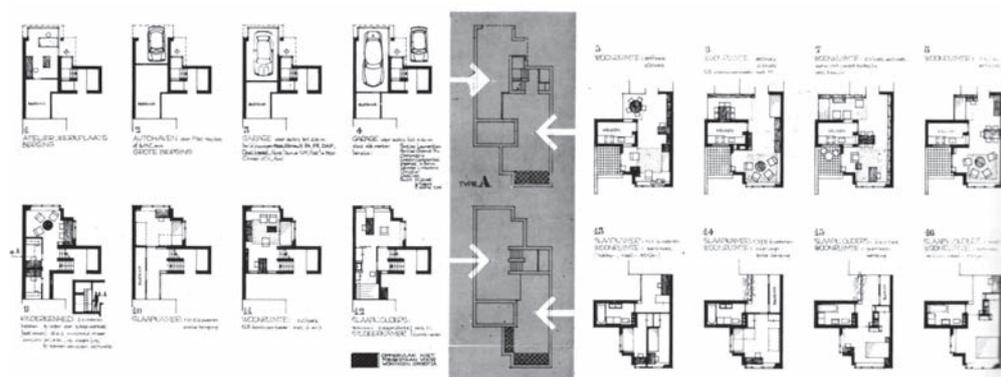
Bei der parametrischen Typologie spielt die Zonierung der Ebenen eine entscheidende Rolle. Die Nutzungsverteilung erfolgt nach Tageslichtintensität. Die Tiefe der Räume bzw. Größe der Zonen ist in Abhängigkeit mit der Himmelsrichtung entwickelt.

Die Lage zur Außenwand - und damit der Grad der Belichtung - definiert unterschiedlich nutzbare Zonen innerhalb der flexiblen Ebenen. Eine "Nutzzone" direkt am vertikalen Erschliessungskern kann entweder als Bad, Küche oder auch nur als Treppenhoch genutzt werden.



Erweiterung des Systems in eine Split-Level-Struktur: Podestebenen können als komplette Wohnebenen genutzt werden. Räumliche Zonierung in der Vertikalen ist möglich.

Diagoon-Häuser: räumliches Prinzip, offene Ebenen (Quelle: W013)



Herman Hertzberger, Diagoon-Häuser, Delft: Ausbauvarianten, interpretierbare Struktur (Quelle: W013)

2.6 Energieeffizienz

Generell

Bei der Entwicklung der Typologie des gestapelten Reihenhauses wurden Aspekte energetisch effizienter Planung und ihre Integration untersucht. Das Spektrum der Themenfelder ist breitgefächert in Maßstab und Maßnahmen und reicht von standort- und klimagerechtem Bauen bis hin zur Integration von Gebäudetechnik.

Die einzelnen Aspekte werden in Bezug auf die Typologieentwicklung vorgestellt.

Verdichtete Bauform

Ein geringes A/V-Verhältnis wirkt sich durch eine verdichtete Bauform positiv auf Flächenverbrauch und Energiebedarf aus.

Das gestapelte Reihenhaus reiht sich typologisch zwischen das Reihenhaus und das Mehrfamilienhaus (siehe Diagramm unten). Der Rechenwert des A/V-Verhältnisses liegt für das gestapelte Reihenhaus mit einem Wert von 0,51 nur geringfügig über dem Wert für ein Mehrfamilienhaus. Dennoch kann diese Typologie ein Freiflächenangebot ähnlich dem Reihenhaus bieten. Im Vergleich zum Reihenhaus ist solare Nutzfläche kleiner, was allerdings mit der größeren Verdichtung bzw. mit dem geringeren A/V-Verhältnis zusammenhängt.

Standort- und klimagerechtes Bauen

Die Typologie wird für das Klima der gemäßigten Klimazone entwickelt. Hierbei werden wichtige Aspekte energetisch effizienter Bauausführung wie die Vermeidung von Transmissionswärmeverluste und Zugerscheinungen durch entsprechende Bauweisen und Detaillierung vorausgesetzt, wie z.B. dichte, gut gedämmte Wände und Dächer.

Die Aspekte der Nutzungsverteilung und Grundrisszonierung, sowie der Speichermassenpositionierung werden in die Baukörperplanung integriert und im folgenden detailliert dargestellt. Siehe hierzu das Diagramm „Klimagerechtes Bauen“ auf der rechten Seite.

Grundrisszonierung

Energetisch sinnvoll ist eine Verteilung der verschiedenen Nutzungen innerhalb von Wohnungstypologien je nach Tageslichtbedarf. Die Größen der verschiedenen Nutzungszonen sind abhängig von der Himmelsrichtung.

Die Typologie wurde anhand einer linearen Zonierung der Funktionsbereiche entwickelt. Ähnlich wie im Diagramm „Grundrisszonierung“ auf der rechten Seite orientieren sich die Räume mit dem größten Tageslicht- und Wärmebedarf nach Süden,

Diagramm mit eingefügten Werten für das gestapelte Reihenhaus
Originaltabelle aus:
Hegger, M. u.a.: Energie Atlas,
S. 70, Tabelle B 2.33

typologischer Vergleich		Einfamilienhaus	Reihenhaus	gestapeltes Reihenhaus	Mehrfamilienhaus	Hochhaus
Ausrichtung: Nord-Süd Gebäudevolumen: 4320 m ³ Fensterflächenanteile: Nord 20 % Ost 30 % West 30 % Süd 50 %						
A/V-Verhältnis	[1/m]	0,78	0,65	0,51	0,43	0,49
Hüllfläche gesamt	[m ²]	3384	2808	2204	1848	2104
Fläche gegen Außenluft	[m ²]	2664	2088	1804	1608	2024
Fläche gegen Erdreich	[m ²]	720	720	360	240	80
solar nutzbare Dachfläche	[m ²]	720	720	360	240	80
Verhältnis Außenluft zu Erdreich	[-]	3,7:1	2,9:1	6,1:1	6,7:1	26,3:1
Beleuchtung		+	o	o	o	+
thermisch nutzbare Freiflächen		+	o	o	o	o
spezifische energetische Aspekte		hohes A/V-Verhältnis hoher Flächenverbrauch	geringes A/V-Verhältnis bei gleichbleibender Solarnutzfläche	> A/V-Verhältnis zwischen RH und MFH > Solarnutzfläche kleiner als Reihenhaus	geringstes A/V- Verhältnis	hoher Flächenbedarf für die Gebäudetechnik, erhöhte Luftgeschwindigkeit an der Fassade

Osten oder Westen. Nebennutzflächen liegen auf der sonnenabgewandten Gebäudeseite im Norden oder im Gebäudeinneren. Zusätzlich werden die Raumtiefen in Abhängigkeit zur Himmelsrichtung dimensioniert.

Speichermassenpositionierung

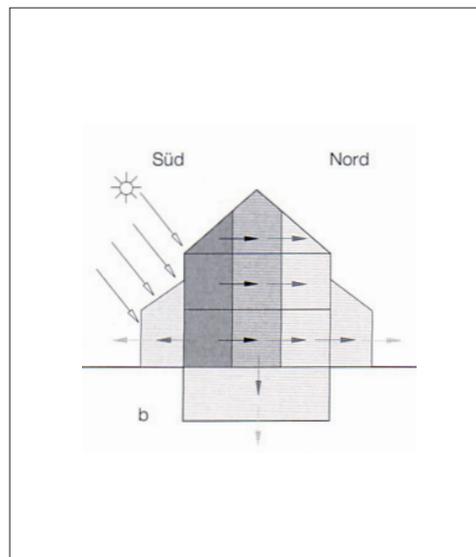
Eine gezielte Anordnung von Speichermassen ermöglicht eine Ausgewogenheit des Raumklimas und damit Energieeinsparung.

Bei der Entwicklung der Typologie wurden Speichermassen aus Beton gezielt platziert. Innerhalb der Konstruktion aus Massivholzbau wirken sie durch die große Wärmespeicherfähigkeit regulierend auf die Raumtemperatur. Die Anordnung erfolgt in den durch alle Geschosse durchlaufenden Schachträumen und im Boden in Form von Holz-Beton-Verbunddecken.

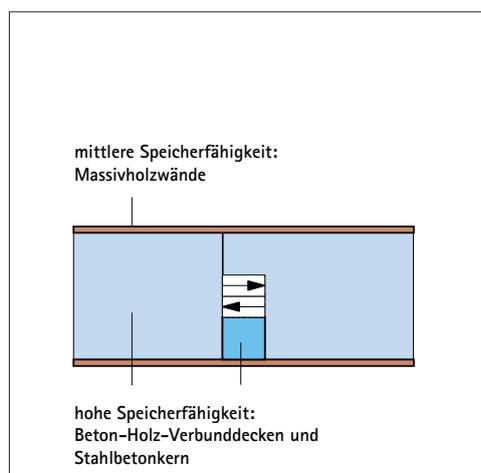
Dabei ist die Lage der Schächte im Gebäudeinneren bzw. im Norden bei Nord-Süd-Ausrichtung. Die Anordnung von Speichermasse im Boden ist vor allem für die winterliche Sonneneinstrahlung energetisch nutzbar und bei Wohnnutzung für die Gewinnung von Wärmestrahlung sinnvoll. (Für den Sommer wird die Gefahr der Überhitzung durch Sonnenschutz verhindert.)

	Platzierung von Nebenflächen	Platzierung von Bereichen mit solaren Gewinnen	optimales Seitenverhältnis Länge: Breite	Platzierung massiver Gebäudeteile
kalt			1:1	
gemäßigt			1:1,6	
trocken			1:2	
tropisch			1:3	

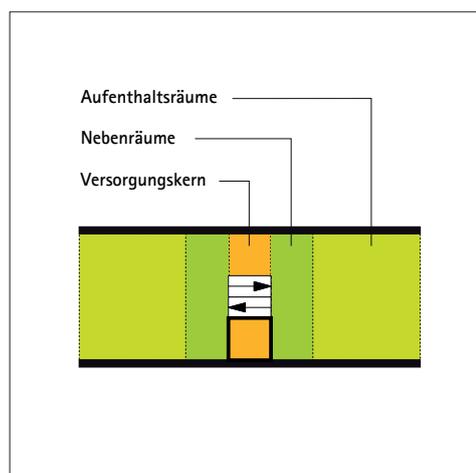
Klimagerechtes Bauen
aus: Hegger, M. u.a.: Energie Atlas,
S.65, Tabelle B2.12



Grundrisszonierung
aus: Hegger, M. u.a.: Energie Atlas,
S.69, Bild B2.26 Mitte



Speichermassenpositionierung
(Typologie gestapeltes Reihenhaus)



Grundrisszonierung der Raumarten nach Tageslichtbedarf
(Typologie gestapeltes Reihenhaus)

Material

Die Typologie wurde auf Grundlage der Materialien Massivholz und Stahlbeton erzeugt. Hierbei wird Beton als Baustoff aus energetischen Gründen wegen seiner erhöhten Wärmespeicherfähigkeit als Speichermasse unterstützend zur Massivholzkonstruktion eingesetzt.

Holz und Beton sind Baustoffe mit energetisch günstigen Bilanzen, wobei Holz als nachwachsender Baustoff noch vorteilhaftere Werte in Bezug auf Herstellung, Schadstoffe und Rückbau aufweist. Holz verbraucht in der Herstellung (Wachstum) keine Primärenergie und reduziert außerdem den Treibhauseffekt.

Die in der Typologie eingesetzten Massivholzwände sind diffusionsoffen und benötigen bei systemgerechten Aufbau keine zusätzlichen Dampfsperren. Massivholzelemente können rückgebaut und z.B. zu Brennstoff recycled werden.

Integration Gebäudetechnik

Die Entwicklung der Typologie berücksichtigt die Integration von energieeffizienter Gebäudetechnik. Hierbei werden vor allem die Aspekte der Minimierung der Lüftungswärmeverluste und der Integration von solarthermischen Elementen in die Gebäudehülle berücksichtigt.

(Siehe hierzu ausführlich Kapitel 3.7 Haustechnik)

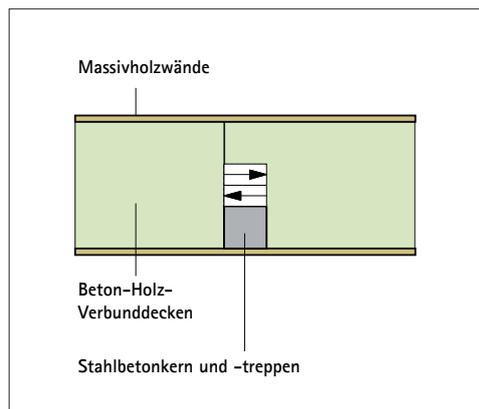
Minimierung der Lüftungswärmeverluste

Generell wird von einer hohen Luftdichtheit der Gebäudehülle als Standard ausgegangen. Die Entwicklung der Typologie berücksichtigt aber neben einer natürlichen Lüftung auch die Verwendung von maschinell unterstützten Lüftungssystemen in Verbindung mit einem Wärmetauscher. Der zentral liegende Schachtraum ermöglicht die Organisation von erforderlichen Lüftungsleitungen.

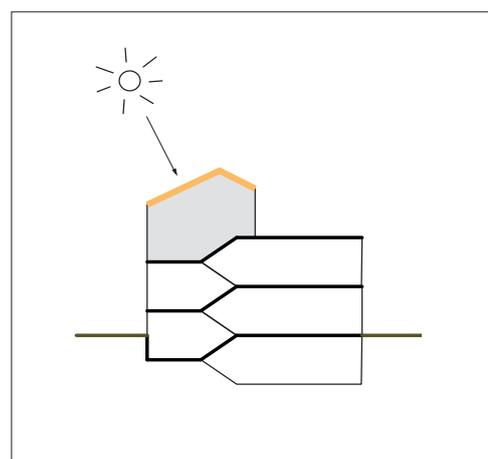
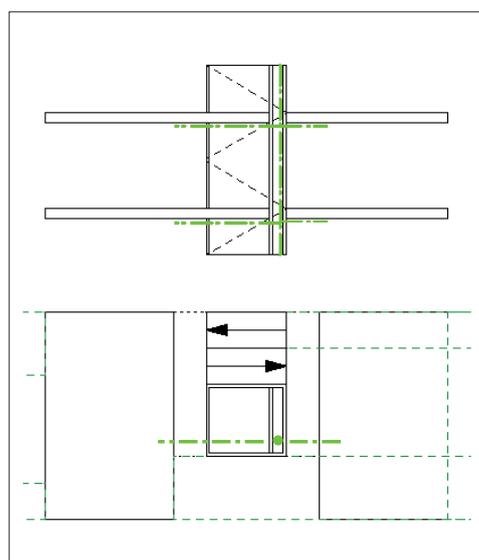
Solarenergienutzung

Die Gebäudehülle ermöglicht eine Integration von Systemen zur solaren Wärme- und Stromerzeugung in Solarfassaden und Solardächern. Durch die parametrisch entwickelte Gebäudeform kann die Neigung des Daches prinzipiell nach der Himmelsrichtung und dem mittleren Sonnenstand zur optimalen Sonnenenergienutzung gewählt werden.

Material
(Typologie gestapeltes Reihenhaus)



Schnitt und Grundriss der Lüftungsführung mit kurzen Leitungswegen und senkrechter Verteilung
(Typologie gestapeltes Reihenhaus)



Solarenergienutzung in der Gebäudehülle
(Typologie gestapeltes Reihenhaus)

2.7 Produktionstechniken

Generell

Die parametrisch entwickelte Typologie ermöglicht die individuelle Erzeugung von Gebäuden je nach Rahmenbedingungen und Situation. Dabei variieren die Gebäudeelemente in Größe und Geometrie innerhalb definierter Parameter. Um diese Gebäudeelemente wirtschaftlich herzustellen, werden Techniken untersucht, die kostengünstig einen hohen Grad an Individualisierung ermöglichen.

Hierbei sind CNC-gesteuerte Verfahren bevorzugte Herstellungsweisen, da sie als computergestützte Verfahren eine individuelle Produktion in kleiner Stückzahl wirtschaftlich möglich machen; die wirtschaftliche Notwendigkeit einer seriellen Produktion von großen Stückzahlen gleicher Elemente wird obsolet.

Die Wahl der Kombination aus Produktionsmethode und Material richtet sich nach den Anforderungen der verschiedenen Bauteile des gestapelten Reihenhauses wie Tragverhalten, Brandschutzeigenschaften, Wirtschaftlichkeit und Montageeigenschaften.

Bei der Typologieentwicklung unterscheiden wir Bauteile in individueller und konventioneller serieller Vorfertigung je nach Anforderung der Individualisierung.

Im folgenden werden verschiedene Kombinationen aus Produktionsmethode und Material vorgestellt, die für die unterschiedlichen Bauelemente sinnvoll erscheinen.

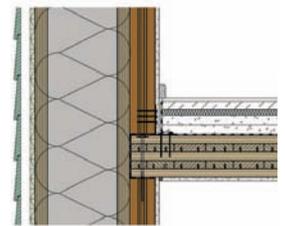
CNC-Techniken

Massivholzherstellung und -verarbeitung

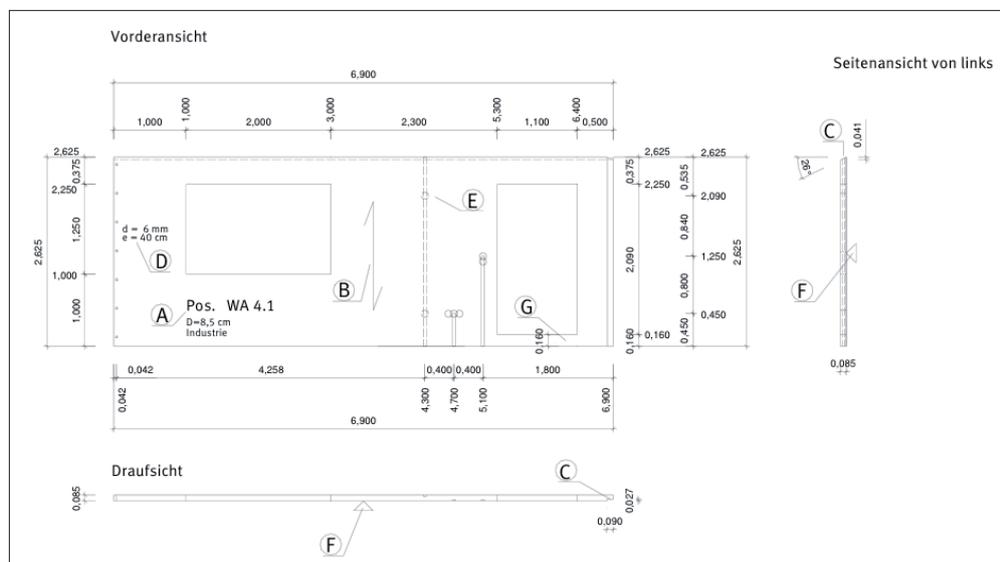
Produktbeispiel: LenoTec und KertolLeno

Hersteller: Finnforest Merk, Aichach

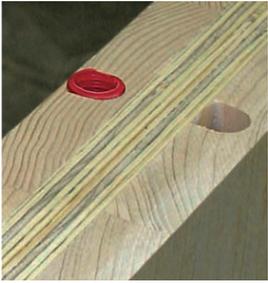
Bei diesem Verfahren werden großformatige Brettsperrholzelemente durch das Verleimen und Verpressen (Vakuum-Pressverfahren) von über Kreuz gelegte Fichtenholzbrettern hergestellt. Maximale Fertigungsabmessungen sind Längen bis 14,80m und Breiten bis 4,80m, wobei transportbedingt nur 3m wirtschaftlich sind. Auch individuelle Elementabmessungen werden direkt gefertigt.



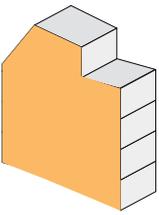
Systemdetail Decke-Wand
Quelle: Finnforest



Beispiel Elementplanung
Quelle: Finnforest



Schichtaufbau KertolnLeno



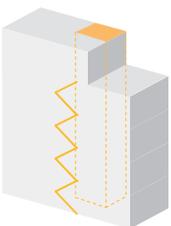
Anwendung im Forschungsprojekt:
Gebäudetrennwände aus individuellen Massivholzelementen



Stahlbetonfertigteile für Treppen



Stahlbetonfertigteile für Wände
Quelle: Cemex AG



Anwendung im Forschungsprojekt:
Treppen und Schacht aus seriellen Stahlbetonfertigteilen

Das Zuschneiden der Formen inklusive Öffnungen, Installationsführungen etc. erfolgt durch Abbundverfahren wie Sägen, Fräsen, Stemmen, Bohren mithilfe eines 5-Achs-CNC-Roboters der Firma Hundegger. Die Fertigung erfolgt aufgrund von Werkstattplänen, die aus den CAD-Planungsdaten erstellt werden. Hierbei kann der Planer nach den Vorgaben des Herstellers selbst die Werkstattpläne erstellen.

Der Einsatz von „KertolnLeno“ ermöglicht es, die Details der Holzkonstruktion stark zu vereinfachen: Die mittlere Kertoschicht erzeugt schon eine Luftdichtigkeit, weshalb in der inneren Schicht Nuten für Elektroleitungen ab Werk eingefräst werden können. Aufwändige Installationsschichten können komplett entfallen. Das Massivwandssystem bringt eine höhere Speichermasse ein als üblicherweise verwendete Holzrahmenbausysteme. Durch die Plattenwirkung können die Wandquerschnitte sehr dünn gehalten werden. Freie Zuschnitte für Fassade und Innenöffnungen sind möglich.

Anwendung im Forschungsprojekt

Der Einsatz von individuell hergestellten Massivholzelementen bietet sich für tragende Innen- und Außenwandkonstruktionen an. Parametrische Anpassungen an Maß und Form können in den Produktionsprozess integriert werden. Unterschiedliche Wandaufbauten können realisiert werden und ermöglichen eine energiesparende und flexible Hüllkonstruktion. Als Gebäudetrennwand können die erforderlichen Brandschutzeigenschaften erfüllt werden.

Wichtige Hersteller von Massivholzsystemen:

* *KLH Massivholz GmbH*
8842 Katsch / Mur 202, Österreich

* *Finnforest Merk GmbH*
86551 Aichach

* *LIGNOTREND Produktions GmbH*
79809 Weilheim-Bannholz

Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

Produkt: HBV-Plattendecke

Hersteller: z.B. TIComTec GmbH, Haibach

Bei der HBV-Plattendecke werden Schubverbinder werkseitig in eine Massivholzplatte aus Brett-schichtholz eingeklebt. Die Feuchtigkeitssperre für den Schutz des Holzes, ebenso wie eine Lasierung der Holzoberfläche, wird im Werk aufgebracht. Auf der Baustelle lassen sich die auf diese Weise vorgefertigten, großformatigen Bauteile mit Hilfe eines Baukrans schnell verlegen. Nach Verlegen der Mattenbewehrung wird die Betonplatte hergestellt. Die Untersicht der HBV-Plattendecke zeigt in der Regelausführung das Brettschichtholz.

In der Regelausführung liegt die Betonschicht direkt auf der Holzplatte. Bei besonderen bauphysikalischen Anforderungen bezüglich Wärmedämmung oder Schallschutz kann bei Bedarf auch eine bis zu 3cm dicke Zwischenschicht zwischen Beton und Holz eingebaut werden. Spannweiten bis ca. 12m sind möglich.

Anwendung im Forschungsprojekt

Diese Verbund-Konstruktionsmethode ist für die Typologie des gestapelten Reihenhauses in mehrfacher Hinsicht sinnvoll: Es können große Spannweiten bei relativ geringen Abmessungen erzeugt werden. Ein hoher Vorfertigungsgrad ist möglich. Die Kombination von Holz und Beton ermöglicht das Einbringen von Speichermassen in die Geschossdecken und eine Integration in ein gesamtklimatisches Konzept.

Beton-Drucken (Karussellfertigung)

Produkte: Stahlbetonmassivdecken, -wände

Hersteller: z.B. Beton Kemmler, Hirschau

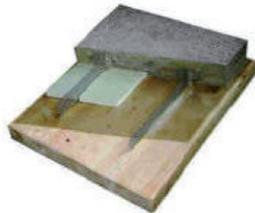
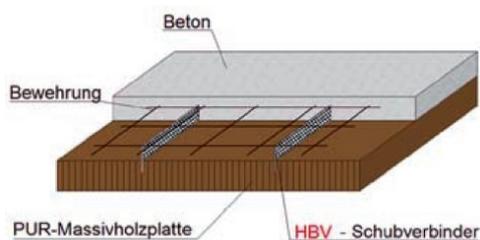
In diesem Verfahren werden Massivbauelemente in Stahlbeton individuell nach CAD-Datensätzen vorgefertigt. Der Fertigungsprozess ist weitgehend maschinell: Schalungen aus Stahl werden per Roboter gesetzt und mit Magneten fixiert, Bewehrung maschinell gelegt und manuell verbunden, danach mit Beton verfüllt.

Das Verfahren bietet die Möglichkeit, Elemente wie

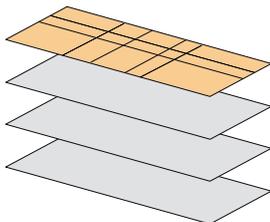
Wände, Decken, Dach in individuellen Maßen und mit Öffnungen wirtschaftlich zu fertigen. Maximale Fertigungsabmessungen sind Längen bis 15,50m und Breiten bis 3m.

Anwendung im Forschungsprojekt

Die Produktion von Fertigteilen mit denselben Abmessungen ohne parametrische Änderungen bietet sich für strukturell-funktionale Bauteile ohne Maßänderung an: Treppenläufe und vertikale technische Erschliessungskerne. Zusätzlich bietet die Positionierung dieser Elemente die Möglichkeit der Positionierung von Speichermassen im Zentrum des Gebäudes.



Details Holz-Beton-Verbundkonstruktionen
Quelle: TiComTec GmbH



Anwendung im Forschungsprojekt:
Geschossdecken aus Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

Ausblick 3D-Beton-Drucken

Produktbeispiel: Contour Crafting
Entwickler: Prof. Behrokh Khoshnevis, University of Southern California

Das Verfahren des 3D Beton Druckens Contour Crafting beruht auf dem Prinzip des Rapid-Prototyping, das vom Modellbaumaßstab in den Realisierungsmaßstab 1:1 übertragen ist.

Alle tragenden Rohbauelemente werden in Beton ohne Schalung "gedruckt", d.h. in Schichten über eine computergesteuerte Spritzdüse aufgebracht und mithilfe von seitlich mitgeführten Kellen in die entsprechende Form gebracht. Hierzu wird ein spezieller schnell härtender Beton entwickelt. Das Verfahren erfolgt ohne Vorfertigung mit Hilfe einer Kranvorrichtung auf der Baustelle "aus einem Guss". Dies ermöglicht eine Produktion "on demand", die das jeweilige Gebäude individuell erstellt aufgrund eines Datensatzes.

Das Verfahren befindet sich derzeit noch in der Entwicklungsphase.

Anwendung im Forschungsprojekt

Eine Anwendung wäre gerade für den Bautypus der Reihenhäuser ideal, da der Kran entlang einer Schiene von Objekt zu Objekt weiterfahren könnte. Auch die komplette Realisierung des Rohbaus in Stahlbeton wäre eine denkbare Option.

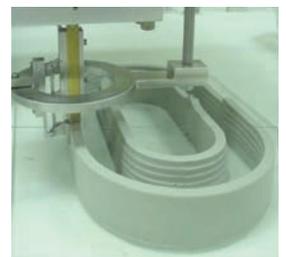
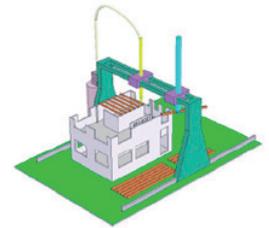


Photo: Volker Corell; Spiegel 8/2004



3D-Beton-Drucken,
Verfahren von Contour Crafting:
(Bilder von oben nach unten)
1. Kranvorrichtung
2. computergesteuerte Spritzdüse
3. und 4. gedruckte Wandelemente

Quelle: <http://www.contourcrafting.org/>

2.8 Wirtschaftlichkeit

Vergleichsrechnung Nutzungswert

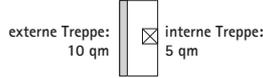
Das gestapelte Reihenhaus lässt sich typologisch zwischen dem Reihenhaus und dem Mehrfamilienhaus einordnen (siehe auch Kapitel 2.6 Energieeffizienz).

Die Vergleichsrechnung im Diagramm unten stellt die drei Typologien in Bezug auf die Nutzfläche dar und errechnet einen Nutzungswert. Hierbei wird beim Reihenhaus von zwei Vollgeschossen ausgegangen, während gestapeltes Reihenhaus und Mehrfamilienhaus vier Vollgeschosse haben.

Weitere Unterschiede sind die Anzahl und Flächen für interne und externe Treppen: Das Reihenhaus besitzt durch die Mehrgeschossigkeit eine interne Treppe. Das Mehrfamilienhaus - hier im Beispiel als Zweibundanlage - verfügt über eine externe Treppe in einem gemeinsamen Treppenhaus, das flächenmäßig auf die angrenzenden Wohneinheiten verteilt wird. Das gestapelte Reihenhaus mit eigener externer Erschließung der oberen Wohneinheit benötigt sowohl eine externe Treppe, als auch interne Treppen durch die Mehrgeschossigkeit der Wohnungen.

Die Vergleichsrechnung zeigt, dass das gestapelte Reihenhaus sich wirtschaftlich positiv platziert zwischen Reihenhaus und Mehrfamilienhaus: Im Vergleich zum Reihenhaus weist es einen erheblich größeren Nutzungswert auf und das trotz größeren Flächenverbrauchs durch Treppen. Dies liegt an der ungleich größeren Verdichtung durch die Stapelung. Im Vergleich zum Mehrfamilienhaus ist der Nutzungswert geringer; dafür bietet das gestapelte Reihenhaus Qualitäten wie z.B. einen "Eigentumscharakter" in Form von individuellem Eingang und privatem Außenraum.

Diagramm: Vergleichsrechnung Nutzungswert verschiedener Typologien

	Reihenhaus	gestapeltes Reihenhaus	Mehrfamilienhaus
Typologie	 2 Vollgeschosse	 max. 4 Vollgeschosse	 4 Vollgeschosse
Grundriss mit Treppen	 interne Treppe: 5 qm	 externe Treppe: 10 qm interne Treppe: 5 qm	 externe Treppe: 5 qm je Wohneinheit
Grundfläche	50 qm	50 qm	50 qm je Wohneinheit
Nutzfläche pro Geschoss abzügl. Treppen:	45 qm (= 50 qm - 5 qm)	35 qm (= 50 qm - 15 qm)	45 qm (= 50 qm - 5 qm)
Nutzungswert Gesamtnutzfläche / Grundfläche (abzügl. Treppen)	$90/50 = 1,8$ = (45 qm * 2) / 50 qm	$140/50 = 2,8$ = (35 qm * 4) / 50 qm	$180/50 = 3,6$ = (45 qm * 4) / 50 qm

Vorfertigung der Gebäudeelemente

Eine wirtschaftliche Produktion der tragenden Gebäudeelemente ist durch serielle und individuelle Vorfertigung möglich. Hierbei werden verschiedene Produktionsmethoden und Baumaterialien eingesetzt, die optimal die Anforderungen der einzelnen Elemente erfüllen.

Wichtigste Elemente der Tragstruktur der gestapelten Reihenhäuser sind die Gebäudetrennwände, Geschossdecken, Schacht und Treppen. Die Fassade kann darin in vorgefertigten Elementen eingesetzt werden. Bei den Innenwänden kann mit Holzbausystemen oder mit Gipskartonwänden gearbeitet werden.

Generell hat eine Vorfertigung von Bauelementen folgende Vorteile:

- kurze Bauzeiten durch große Elementierung und Verringerung der Trocknungszeiten
- hohe Fertigungspräzision

Tragende Wände

Für die Gebäudeteile der tragenden Wände werden Großelemente aus Massivholz eingesetzt. Diese haben zusätzlich zu den allgemeinen Vorteilen der Vorfertigung weitere in Konstruktion und Herstellung:

- Flächengewinn gegenüber konventionellem Massivbau durch geringe Wanddicken (besonders auch durch Gebäudetrennwände mit hohem Schallschutz als wichtiges Element beim Reihenhaushaus)
- wirtschaftlich produzierte individuelle Elemente ohne Rasterbindung
- kurze Bauzeiten durch präzise Vorfertigung, große Elementierung, einfache Fügung und Systemdetails
- hohe Fertigungspräzision mit Oberflächen in Sichtqualität möglich
- Vorgefertigte Installationsführungen (mögliche Integration von Leerrohren in Wandelemente bei Herstellung)
- diffusionsoffener Wandaufbau benötigt keine Dampfsperre

Decken

Für die Geschossdecken und auch die Gebäudetrenndecke werden Holz-Beton-Verbundfertigerdecken vorgesehen. Vorteile hierbei:

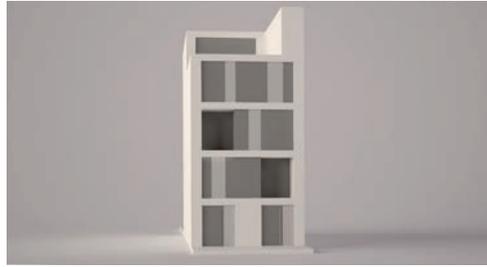
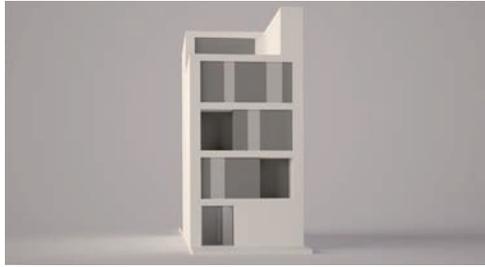
- Montage ohne Montageträger und -sprisse
- integrierte Installationskanäle
- hohe Fertigungspräzision mit Oberflächen in Sichtqualität (evt. kann auf Anstrich und Putz verzichtet werden)

Treppen und Schächte

Die Treppen werden als Fertigteiltreppen, die Schächte als Halbfertigteile aus Stahlbeton geplant. Vorteile hierbei:

- schnelle Montage ohne Innengerüst
- Präzision der Elemente ermöglicht passgenauen Einbau
- einfache Weiterbearbeitung (Anstrich, Beläge, Bekleidung) durch hohe Oberflächenqualität





3 Typologieentwicklung

Generell

Um ein Instrument für die Planung von gestapelten Reihenhäusern zu entwickeln, ist es notwendig die Wechselwirkung zwischen Entwurfs- und industriellem Fertigungsprozess zu untersuchen. Dieses Instrument wird in zwei Ebenen bearbeitet: als regelbasierte Programmiervorlage und als in C# programmiertes Plug-In innerhalb der CAD-Software Revit Architecture. Alle Informationen der Typologie des gestapelten Reihenhauses werden in beiden Ebenen festgelegt und so der Genotyp der Typologie definiert. Das entwickelte Regelwerk erzeugt durch den Einfluss der spezifischen Randbedingungen einen Phänotyp der Gebäudetypologie, der sich entsprechend der definierten Kriterien optimal an die jeweilige Situation anpasst.

Planungselemente

Um die Abhängigkeiten innerhalb der Typologie planen zu können, wird sie in einzelne, weniger komplexe, Planungselemente zerlegt. Diese Elemente sind in Abhängigkeiten untereinander verknüpft. Jedes Planungselement liefert eine Teilinformation für die Typologie. Die Planungselemente befassen sich mit Informationen zum Volumen des Baukörpers und interner Organisation, Gebäudehülle und Erscheinungsbild, Statik und Haustechnik sowie kombinatorischen Möglichkeiten, die sich aus der Addition mehrerer Baukörper ergeben.

Typologieentwicklung

Die einzelnen Planungselemente werden nach einem einheitlichen Schema entwickelt (siehe dazu auch die Tabelle rechts):

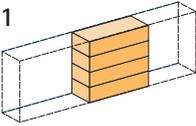
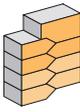
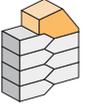
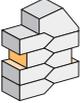
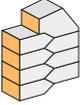
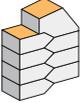
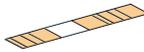
Zunächst werden die Prinzipien der Typologie anhand der in Kapitel 2.3 Kriterien der Typologieentwicklung definierten und beschriebenen Kriterien festgelegt. Diese unterscheiden sich bei den einzelnen Planungselementen und beeinflussen sich gegenseitig. So hat z.B. das Kriterium der Energieeffizienz u.a. Einfluss auf das Baukörpervolumen, Grundrisslayout und die Dachform.

Hieraus werden die einzelnen Planungselemente als Teil des Ganzen extrahiert und in ihrer Gestalt und Information beschrieben.

Um die optimale Anpassung auf spezifische Randbedingungen von Grundstück und Nutzer zu ermöglichen, wird der Einfluss der äußeren und inneren Faktoren aus Grundstück, Himmelsrichtung und Nutzer auf jede einzelne Information in Form von Abhängigkeiten definiert.

Die Planungselemente werden durch definierte Parameter gesteuert, die dynamisch vernetzt sind, d.h. durch Änderung eines Planungselements wird automatisch ein damit verknüpftes angepasst. (Siehe dazu auch Kapitel 5.2 Netzdiagramm der Parameter)

ÜBERSICHT DER PLANUNGSELEMENTE

	ELEMENT	ERGEBNIS / INFO	FAKTOREN	ERZEUGUNG	KRITERIEN	MEDIUM
1	 BAUKÖRPERVOLUMEN	<ul style="list-style-type: none"> > Lage innerhalb Grundstück > Anzahl Geschosse > Wohnungsgrößen > Gebäudebreite / -tiefe 	<ul style="list-style-type: none"> > Grundstück > Grundstück > Nutzer > Grundstück 	<ul style="list-style-type: none"> > stufenlose Anpassung > Auswahl (3/4/5 Geschosse) > stufenlose Anpassung > stufenlose Anpassung 	Produktionsmethoden Energieeffizienz Wirtschaftlichkeit	Lageplan Isometrie
2	 GRUNDRISSLAYOUT	<ul style="list-style-type: none"> > Lage Treppe > Tiefe der Räume > Breite der Räume 	<ul style="list-style-type: none"> > Himmelsrichtung > Grundstück > Nutzer / Grundstück 	<ul style="list-style-type: none"> > stufenlose Anpassung > stufenlose Anpassung > stufenlose Anpassung 	Flexibilität Produktionsmethoden Energieeffizienz	Grundriss
3	 SCHNITTLAYOUT	<ul style="list-style-type: none"> > Variante 	<ul style="list-style-type: none"> > Nutzer / Grundstück 	<ul style="list-style-type: none"> > Auswahl (8 Varianten) 	Produktionsmethoden Wirtschaftlichkeit Vielfalt	Schnitt Isometrie
4	 DACH	<ul style="list-style-type: none"> > Dachneigung > Material > Integration Solarthermie 	<ul style="list-style-type: none"> > Grundstück / Himmelsricht. > Grundstück / Nutzer > Nutzer 	<ul style="list-style-type: none"> > stufenlose Anpassung > Auswahl > Auswahl 	Energieeffizienz Produktionsmethoden	Schnitt Isometrie
5	 EINSCHNITTE	<ul style="list-style-type: none"> > Lage Loggien > Größe Loggien 	<ul style="list-style-type: none"> > Nutzer / Himmelsricht. > Nutzer / Himmelsricht. 	<ul style="list-style-type: none"> > Auswahl > stufenlose Anpassung 	Vielfalt Energieeffizienz Produktionsmethoden	Schnitt Grundriss
6	 FASSADE	<ul style="list-style-type: none"> > Größe / Lage Öffnungen > Material > Aufteilung 	<ul style="list-style-type: none"> > Himmelsrichtung > Grundstück / Nutzer > Nutzer 	<ul style="list-style-type: none"> > stufenlose Anpassung > Auswahl (wissensbasierte Varianten) 	Vielfalt Produktionsmethoden Energieeffizienz	Ansicht Isometrie
7	 HAUTECHNIK	<ul style="list-style-type: none"> > Lage HLS-Verteilssystem > Lage der Medienauslässe > Dimensionierung 	<ul style="list-style-type: none"> > Grundrissgeometrie > Schnittgeometrie 	<ul style="list-style-type: none"> > stufenlose Anpassung > stufenlose Anpassung Achssystem 	Flexibilität Produktionsmethoden Energieeffizienz	Grundriss Schnitt
8	 SOLARNUTZUNG	<ul style="list-style-type: none"> > Dachneigung > Fassadenneigung > Integration Solarnutzung 	<ul style="list-style-type: none"> > Grundstück / Nutzer > Nutzer / Himmelsricht. > Nutzer 	<ul style="list-style-type: none"> > stufenlose Anpassung > stufenlose Anpassung > Auswahl 	Energieeffizienz Wirtschaftlichkeit	Schnitt Ansicht
9	 STATIK	<ul style="list-style-type: none"> > Spannweite Decken > Dimensionierung 	<ul style="list-style-type: none"> > Grundrissgeometrie > Schnittgeometrie 	<ul style="list-style-type: none"> > stufenlose Anpassung > Auswahl (innerhalb System) 	Wirtschaftlichkeit Flexibilität Produktionsmethoden	Grundriss Schnitt
10	 NUTZUNGSSZENARIEN	<ul style="list-style-type: none"> > Raumaufteilung > Lage nichttragende Wände 	<ul style="list-style-type: none"> > Nutzer 	<ul style="list-style-type: none"> > stufenlose Anpassung > Auswahl 	Flexibilität Vielfalt	Grundriss
11	 KOMBINATORIK	<ul style="list-style-type: none"> > Sonderfall bei tiefen Grundstücken > Hintereinanderreihung Einheiten 	<ul style="list-style-type: none"> > Grundstück / Nutzer > Grundstück / Himmelsricht. 	<ul style="list-style-type: none"> > Auswahl > stufenlose Anpassung 	Vielfalt Flexibilität	Grundriss Schnitt

Parametrische Verknüpfungen

Innerhalb der entwickelten dreidimensionalen Baukörpermodelle werden auf unterschiedliche Weise Verknüpfungen von Parametern erzeugt. In der Regel basieren die Abhängigkeiten auf Maßbezügen unterschiedlicher Bauteile. Durch Kombination dieser Bezüge untereinander ist es möglich, differenzierte Algorithmen und Verweise zu erzeugen. Die Einbeziehung von Wenn/Dann-Beziehungen ist notwendig, um unterschiedliche Fälle abzubilden. Wichtig bei der Erstellung der Parameter ist, dass das Regelwerk der Grundtypologie definiert wird, um so eine funktionierende, nach den Randbedingungen optimierte, Reihentypologie zu generieren.

Parametersteuerung

Die Parameter sind als sogenannte gemeinsame Parameter definiert und werden in einer Bibliotheksdatei verwaltet. Sie gelten damit für alle Familieninstanzen gleichermaßen. Bei der Steuerung der Parameter und deren Verknüpfung gibt es zwei Ebenen:

1. die grafische Benutzeroberfläche (GUI)
2. die Programmierschnittstelle von Revit (API)

Grafische Benutzeroberfläche (GUI)

(GUI: engl. „Graphical User Interface“)

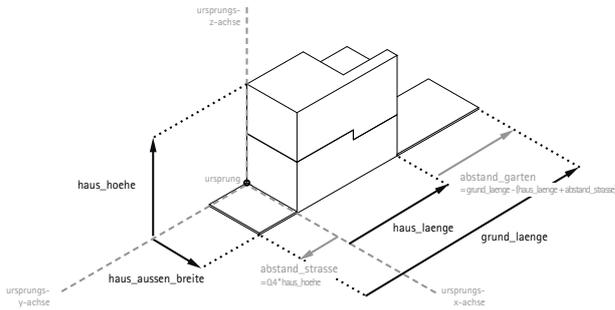
Jeder Reihentypus ist als Revit Familie modelliert und mit gemeinsamen Parametern und Abhängigkeiten definiert. Dabei ist neben der einfachen Verknüpfung über Maßbezüge auch eine Integration von mathematischen Formeln und Wenn/Dann-Beziehungen möglich.

Programmierschnittstelle von Revit (API)

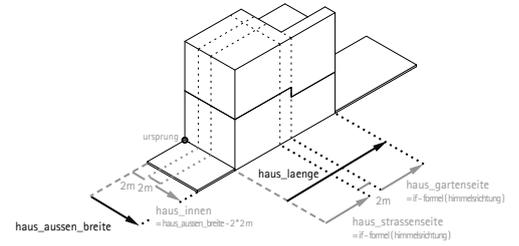
(API: engl. "Application Programming Interface")

Die offene Programmierschnittstelle API von Revit ermöglicht es, auf die in den Familien definierten gemeinsamen Parameter zuzugreifen und sie zu steuern. Dadurch können die Parameter für mehrere Familien-Instanzen gleichzeitig kontrolliert werden. Familienübergreifende Parameter, wie z.B. die Lage des Grundstücks zur Sonne werden über die API berechnet und gesteuert.

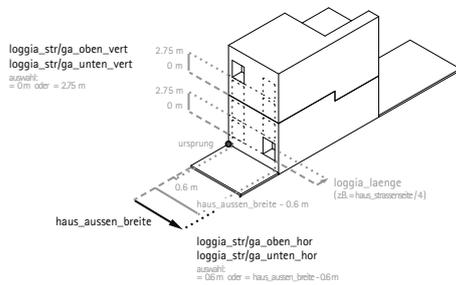
Weiterhin stellt die API die grafischen Kontrollwerkzeuge zur Reihenerzeugung zur Verfügung. (siehe Kapitel 5.3 Plug-In: CreateRow).



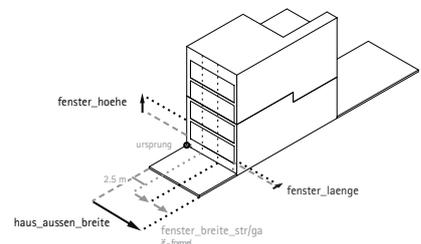
BAUKÖRPERVOLUMEN



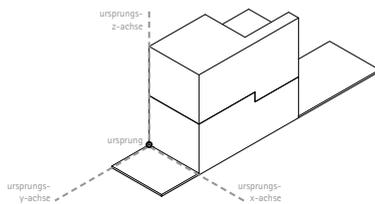
GRUNDRISSLAYOUT



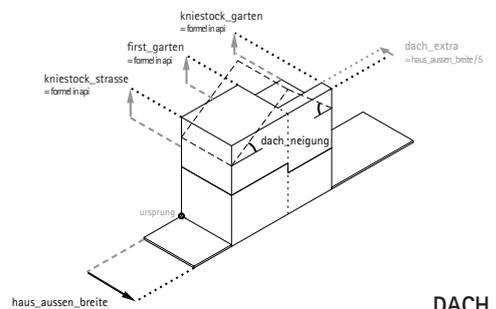
EINSCHNITTE / LOGGIEN



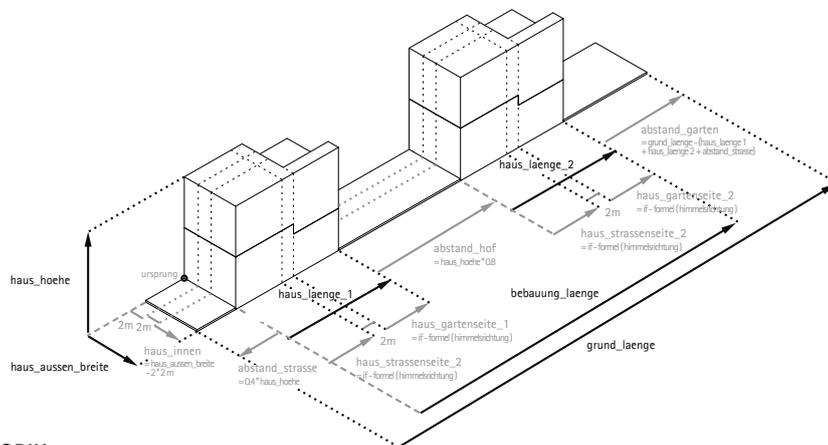
FASSADE



SCHNITTLAYOUT



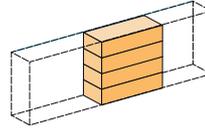
DACH



KOMBINATORIK

Verschiedene Planungselemente mit Parametern und Verknüpfungen

3.1 Baukörpervolumen



Das Baukörpervolumen bildet die Grundlage der bebaubaren Fläche und der Geschossigkeit.

Dies entspricht einer ersten Überprüfung der möglichen Bebauungsdichten im Zuge einer Grundlagenuntersuchung. Dabei werden verschiedene Parameter berücksichtigt.

Die Grundstücksgröße wird als bebaubares Volumen begriffen, d.h. inklusive der möglichen Bebauungshöhe. Diese wird z.B. durch einen Bebauungsplan festgelegt und über Fixpunkte wie Firsthöhe, Traufhöhe oder feste Geschossigkeit definiert. Die mögliche Geschossigkeit wird errechnet und die angestrebten Wohnungsgrößen werden im entstehenden Volumen nachgewiesen. Ergebnis sind zwei Volumenkörper, das bebaubare Grundstücksvolumen und die Maximalkubatur des möglichen Reihenhauses (siehe Schemaskizze oben). Diese bildet die Grundlage für die Integration der weiteren Planungselemente und ist gleichzeitig variabel, sobald Rahmenbedingungen sich ändern.

Algorithmus

Das Vorgehen zur Bestimmung des Baukörpervolumens wird in einem Algorithmus beschrieben. Als Programmiervorlage verwendet, dient er zur Erstellung einer Programmierung als Revit-Plug-In. Die Umsetzung der Programmiervorlage erfolgt in der Revit-API in der Programmiersprache C#.

Zu Beginn des Berechnungsprozesses wird eine Instanz aus der vorbereiteten Familie „Baukörper“ platziert. Diese besteht aus zwei Volumenkörpern, dem Grundstück und dem Gebäude des gestapelten Reihenhauses.

In der Abbildung auf der rechten Seite sind die in der Familie enthaltenen relevanten Parameter zur Berechnung der Volumenabmessungen aufgezeigt. Die Parameter sind über Maßketten mit den Volumenen verknüpft und über die GUI und API steuerbar.

Vorab-Plug-In Baukörpervolumen (I)

Um die Funktionalität und die Programmierumgebung zu testen, wurde ein einfaches, monofunktionales Plug-In erstellt, das die prinzipiellen Abhängigkeiten des Baukörpervolumens steuern kann und eine Platzierung von geometrischen Volumenen aus der API in die GUI ermöglicht. (siehe Algorithmus auf der übernächsten Seite)

Folgende Parameter werden dabei manuell eingegeben:

- Grundstücksbreite
- Grundstückstiefe
- Grundstückshöhe

Daraufhin wird ein Berechnungsprozess gestartet: Grundstückshöhe wird gespeichert und daraus die Anzahl der Geschosse errechnet. Als nächstes wird das Volumen des Grundstücks errechnet, um später zu kontrollieren, ob das Hausvolumen in das Grundstück passt.

Der Abstand zur Strasse wird als Abstandsflächenregel gerechnet:

$$\text{Abstand zur Strasse} = \text{Anzahl Geschosse} * 2.75 * 0.4$$

Diese Formel kann in einer weiteren Anpassung des Plug-Ins an die jeweiligen Regelungen zur Abstandsfläche ergänzt werden.

Die Haustiefe ergibt sich aus dem Abstand zur Strasse und der Gartentiefe. Mit Hilfe der Geschossigkeit wird aus dem Gesamthausvolumen die erreichbare Bruttofläche für zwei Wohnungen errechnet. Diese werden im ersten Schritt gleich groß angenommen.

Als nächstes werden die Volumen Haus und Grundstück verglichen und bei Bedarf eine Warnung ausgegeben.

Die Benutzeroberfläche GUI ermöglicht es, die Parameter für Wohnungs- und Gartengrößen in direkter Abhängigkeit zueinander zu verändern und zu kontrollieren.

Sobald der User mit den Ergebnissen einverstanden ist, werden sie für das ausgewählte Element gesetzt und in das 3D-Modell übertragen.

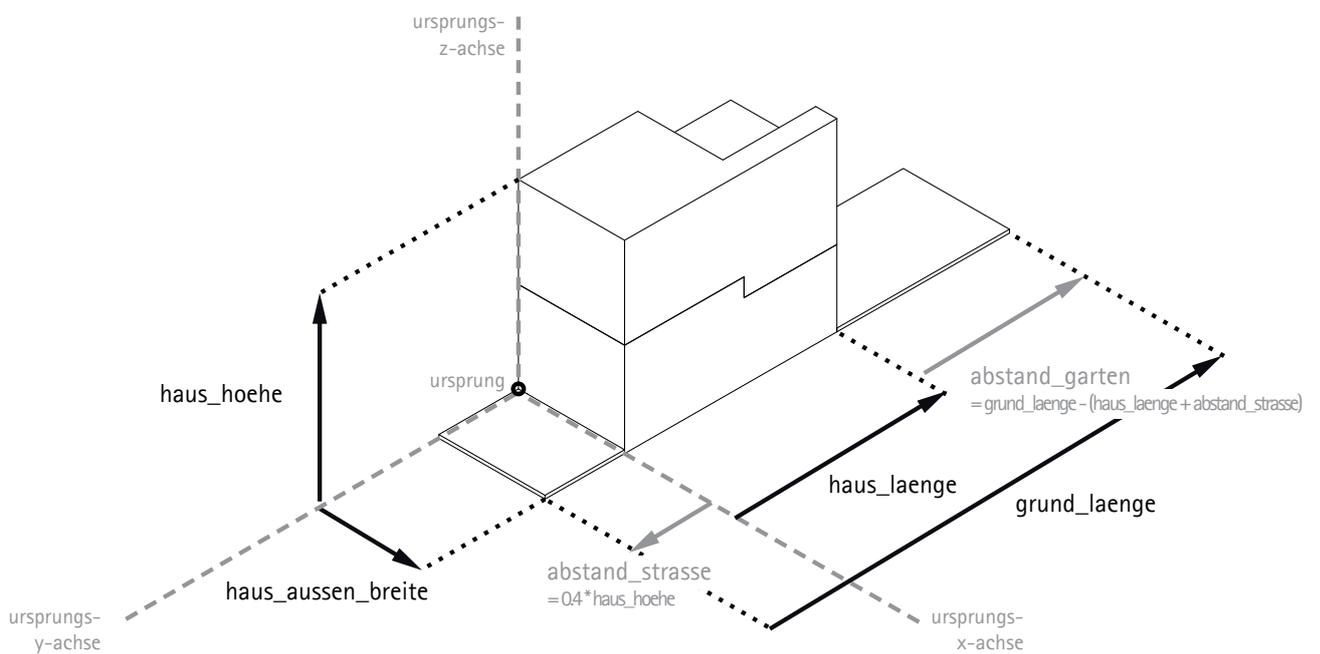
Steuerung Parameterwerte für Volumen

1. Revit GUI / Benutzeroberfläche

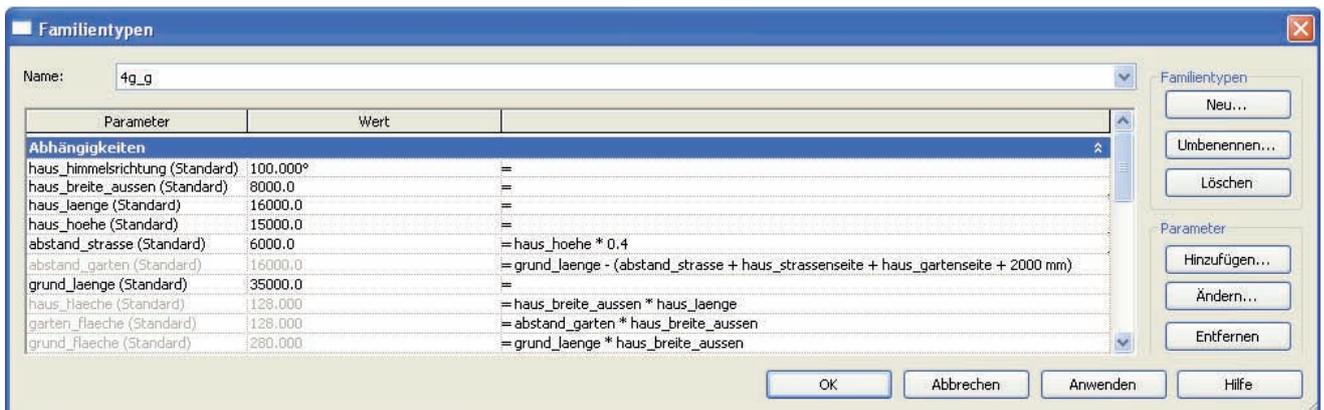
- > Manuelle Eingabe
- > Formeln

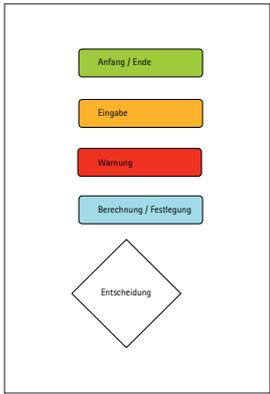
2. Revit API / Werkzeug

- > Formeln

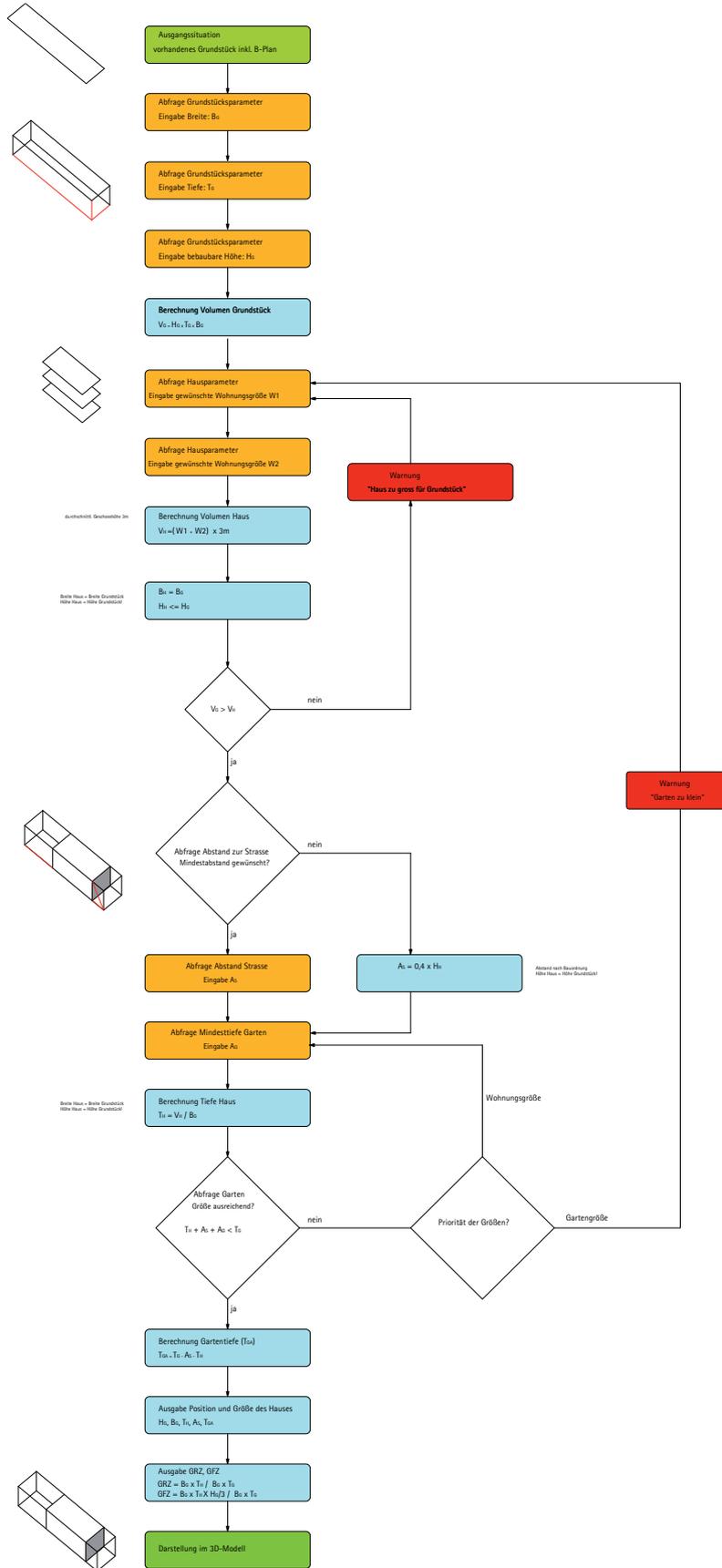


Parametersteuerung in der GUI von Revit Architecture





Legende Algorithmus



Algorithmus für die Erzeugung des Baukörpervolumens

Baukörpervolumen (II)

In der weiteren Plug-In Programmierung wurde das Platzieren abstrakter Geometrien durch Einsetzen von komplexeren Familientypen ersetzt. Im Rahmen der gewählten Typologie beschränken diese sich auf sechs unterschiedliche Typen. Auf Grund der Ausrichtung der Dachterrasse wird in einen Gartentyp und einen Strassentyp unterschieden. Beide Typen sind in den Geschossigkeiten 2, 3 und 4 vorgesehen.

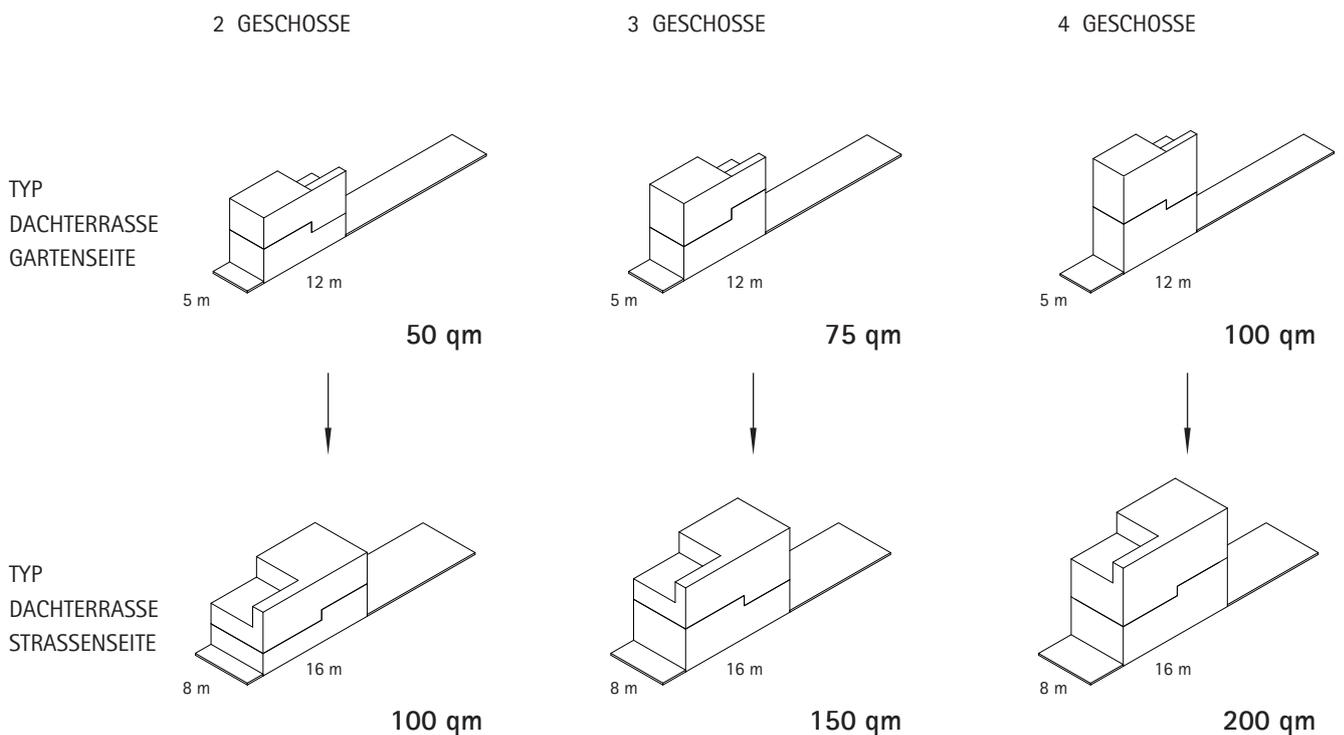
Maximal- und Minimalmaße

Typologisch sind die Baukörper in ihren Abmessungen begrenzt. In der Tiefe ist der Mindestwert mit 12m festgelegt, um in allen Varianten ausreichend große Zimmerzuschnitte zu garantieren. Die Maximaltiefe von 16m gewährleistet eine optimale Belichtung der Wohnräume. Alle Häuser sind mindestens 5m breit, um die notwendigen Breiten der vertikalen und horizontalen Erschliessungszonen einzuhalten. Eine Beschränkung auf 8m Breite wurde auf Grund der geplanten standardisierten statischen Tragsysteme gewählt, die bis 8m wirtschaftlich gut darstellbar sind. (siehe Kapitel 3.2 Grundrisslayout und 3.9 Statik)

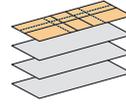
Wohnungsgrößen

Aus den Grenzgrößen und der möglichen Geschossigkeit ergeben sich für jeden der sechs Grundtypen minimale und maximale Wohnflächen. So kann beispielsweise der zweigeschossige Typ Wohnungen zwischen 50qm und 100qm erzeugen, der viergeschossige bewegt sich zwischen 100qm und 200qm.

Sechs Gebäudetypen mit Bandbreite der Gebäudegrößen und Geschossigkeiten



3.2 Grundrisslayout



Generell

Die Typologie entsteht durch eine Zonierung der verschiedenen Ausrichtungen des Gebäudes in Tiefe, Breite und Höhe. Dabei entstehen Zonen mit fixierten Maßen zur Aufnahme fester Funktionen, sowie variable Zonen mit flexibler Ausformulierung.

Das Prinzip der Typologie basiert auf einer Nutzungsverteilung in Längs- und Querrichtung des Gebäudes.

Längsrichtung

Die Nutzungsverteilung in Längsrichtung ist bestimmt durch die Tageslichtverteilung und ordnet einen vertikalen Kern zentral im Gebäudeinneren an, während Wohn- und Nutzbereichen sich zur Fassade hin orientieren.

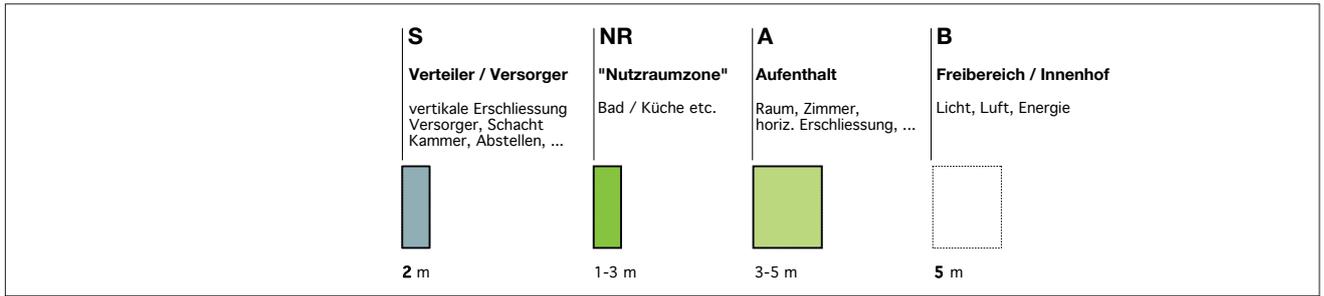
Der Kern übernimmt die Versorgung der einzelnen Nutzebenen. Dies gilt sowohl für die technischen Ver- und Entsorgungssysteme wie Wasser und Lüftung, als auch für die vertikale Treppenschliessung. Die angelagerten Wohn- und Nutzebenen sind halbgeschossig organisiert und können als Podestflächen genutzt werden. Dies ermöglicht eine flexible Interpretation und unterschiedliche Nutzbarkeit der Ebenen.

Querrichtung

Die Querrichtung ist durch die festgelegten Breiten der Treppenläufe teilweise fixiert. Die variablen Parameter erzeugen eine entsprechende Breite der belegbaren Nutzflächen und so verschiedene Möglichkeiten an Zimmerachsen. (Zur Aufteilung in Zimmer- und Trennwandsysteme siehe Minimal- und Maximaltyp)

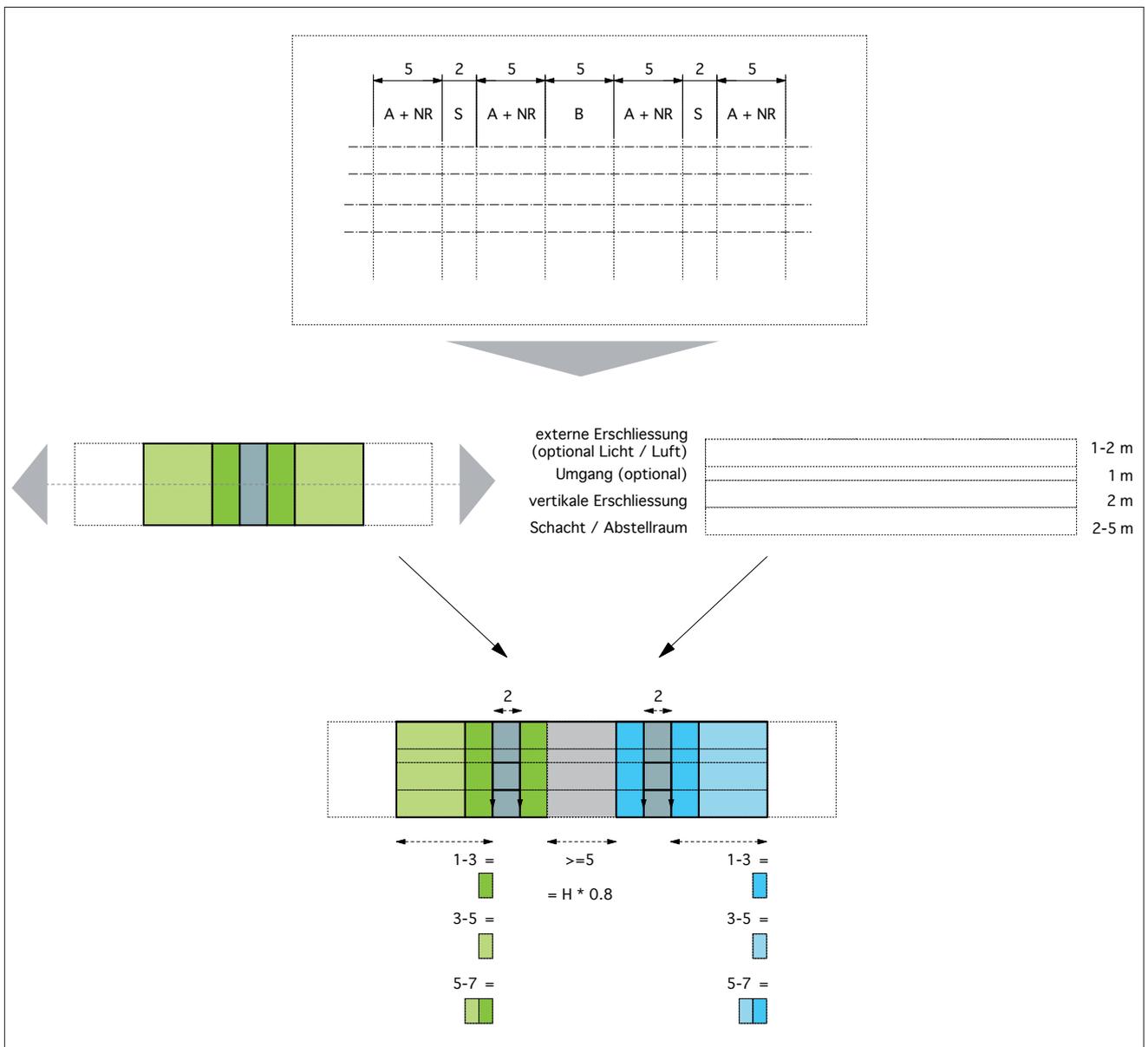
Schnittfigur

Der Split-Level-Typus ermöglicht eine grundsätzliche Zonierung über vertikale Sprünge mit geringem Einsatz von Trennwandsystemen. Die Höhe des Typs, die über die Grundstücksparameter im ersten Schritt festgelegt wird, definiert die Möglichkeiten der Schichtungen verschiedener Wohnungen übereinander. Bei langen Grundstücken ist zudem die Möglichkeit gegeben, über Patios mehrere Gebäude miteinander zu kombinieren und die Belichtung zu gewährleisten. Auch Überschneidungen über diese Belichtungshöfe hinweg sind denkbar.



Verschiedene Nutzungen der Zonen
in Abstufung nach Tageslichtbedarf

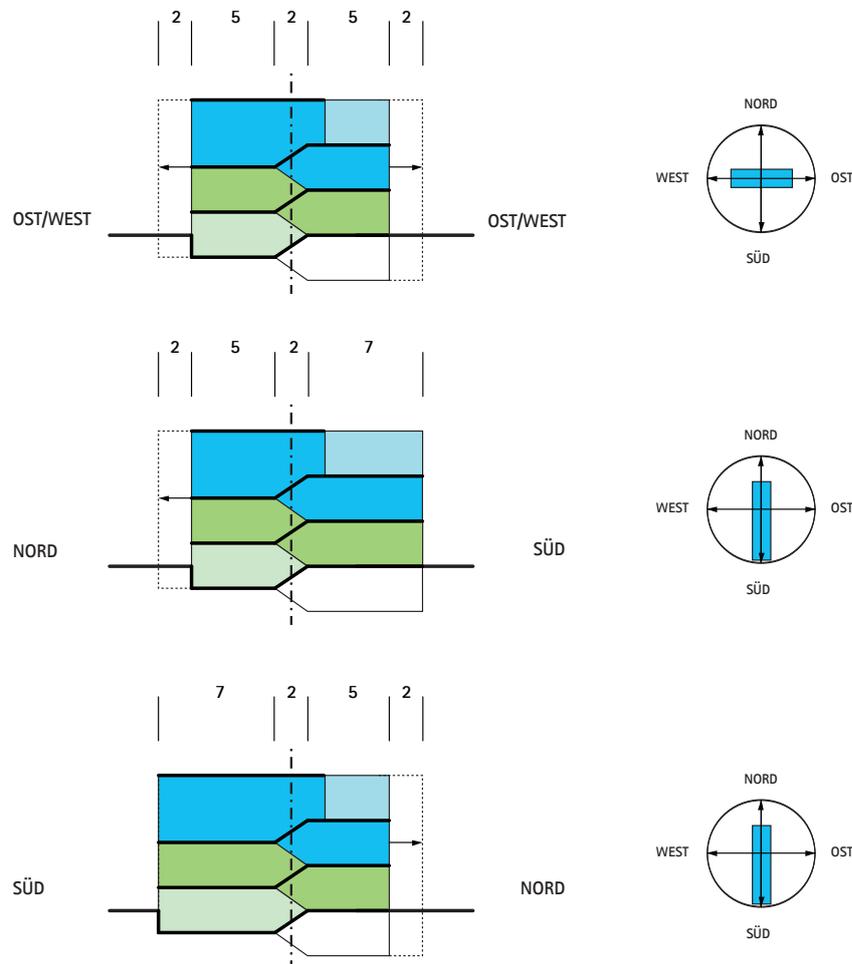
Diagramm der Zonierung in Längs-
und Querrichtung



Gebäudetiefe und Himmelsrichtung

Die Tiefe des Gebäudes ist festgelegt durch die Belichtungsmöglichkeiten der Räume. Es ergeben sich Maximaltiefen der Räume in Bezug auf Fassade und Erschliessungssystem. Es werden in Längsrichtung drei verschiedene Qualitäten an Raumzonen generiert. Die innere Zone ist durch den Kern belegt. Nach außen hin folgt eine Zone für Räume mit geringer Belichtungsnotwendigkeit. An der Fassade werden die hochwertigsten Nutzungen ermöglicht.

Die Typologie kann dabei auf die Himmelsrichtung optimiert werden und die Zonierung unterschiedlich quantifizieren. In der Abbildung auf der rechten Seite ist dargestellt, wie sich die Tiefe der Räume zur Strassen- bzw. Gartenseite im Gesamtsystem abhängig von der Ausrichtung zur Himmelsrichtung verschiebt. So werden südorientierte Räume tiefer als nordorientierte ausgebildet. Relativ zur Gebäudetiefe verschiebt sich damit die Lage der innersten Zone (Treppe und Versorgungsschacht), die selbst in der Größe bzw. Tiefe gleich bleibt.



Raumtiefen von minimal 5m und maximal 7m für optimale Belichtung in Abhängigkeit von Himmelsrichtung

Steuerung Parameterwerte für Grundrisslayout

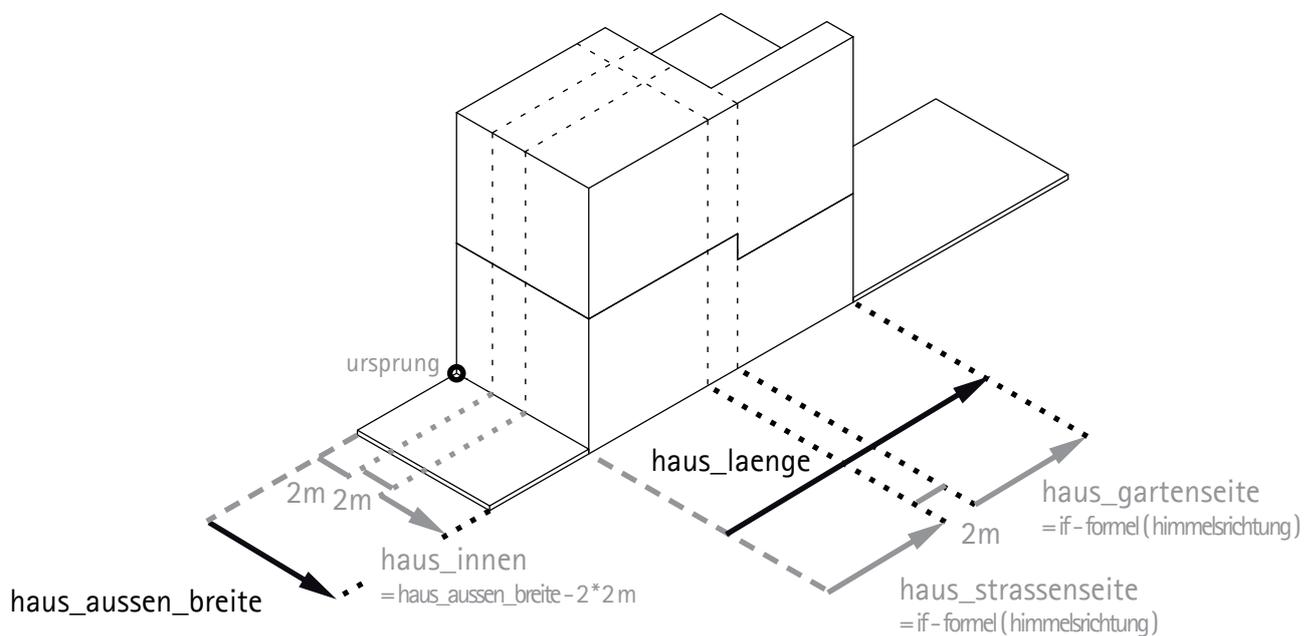
1. Revit GUI / Benutzeroberfläche

> Manuelle Eingabe

2. Revit API / Werkzeug

> Formel Gebäudetiefe Garten- / Strassenseite

PARAMETER
+ FORMELN / IF-FORMELN



Formel „haus_gartenseite“

```
if (and (haus_himmelsrichtung > -0.1°, haus_himmelsrichtung < 180.1°), ((haus_himmelsrichtung / 180°) * ((haus_laenge - 2000 mm) / 2 - min_laenge)) + min_laenge,  
if (and (haus_himmelsrichtung > 180.1°, haus_himmelsrichtung < 360.1°), (1000 mm - (((haus_himmelsrichtung - 180°) / 180°) * ((haus_laenge - 2000 mm) / 2 - min_laenge))) + min_laenge, 0 mm))
```

Formel „haus_strassenseite“

```
if (and (haus_himmelsrichtung > -0.1°, haus_himmelsrichtung < 180.1°), (1000 mm - ((haus_himmelsrichtung / 180°) * (((haus_laenge - 2000 mm) / 2) - min_laenge))) + min_laenge,  
if (and (haus_himmelsrichtung > 180.1°, haus_himmelsrichtung < 360.1°), (((haus_himmelsrichtung - 180°) / 180°) * ((haus_laenge - 2000 mm) / 2 - min_laenge)) + min_laenge, 0 mm))
```

Grundrisszonierung am Beispiel
eines 4-geschossigen Ost-West-Typs



- Charakteristika**
- * Tragende Struktur als Grundgerüst
 - * Obere Wohnung unabhängig zu erschliessen
 - * Verschiedenste Grundrisskonfigurationen
 - * flexible Raumabtrennung
 - * Wohnräume an der Fassade
 - * Zentraler Kern für Versorgung
 - * Dienende Räume in der Kernzone
 - * Split-Level-System
 - * Keller kann bei Bedarf entfallen

Grundrissoptionen

Die entstehende Struktur stellt ein Grundgerüst dar, aus der unterschiedlichste Grundrisskonfigurationen erstellt werden können. Die primären funktionalen und technischen Aspekte können darin nachgewiesen werden. Durch den zentralen Kern ist die Versorgung gewährleistet. Ein Keller kann bei Bedarf entfallen.

Die Zone der Durchwegung ermöglicht es, die obere Wohnung unabhängig zu erschliessen. Innerhalb dieser Wohnung wird dann auf das vorhandene Split-Level-System gewechselt. Die Aufteilung der Wohnungen richtet sich nach den angelegten Systemzonen in dienende Räume in der Kernzone und Wohnräume an der Fassade. Je nach Ausrichtung zur Sonne werden diese unterschiedlich tief ausgebildet. Das Beispiel zeigt einen Ost-West-Typ mit mittiger Treppenlage.

Split-Level

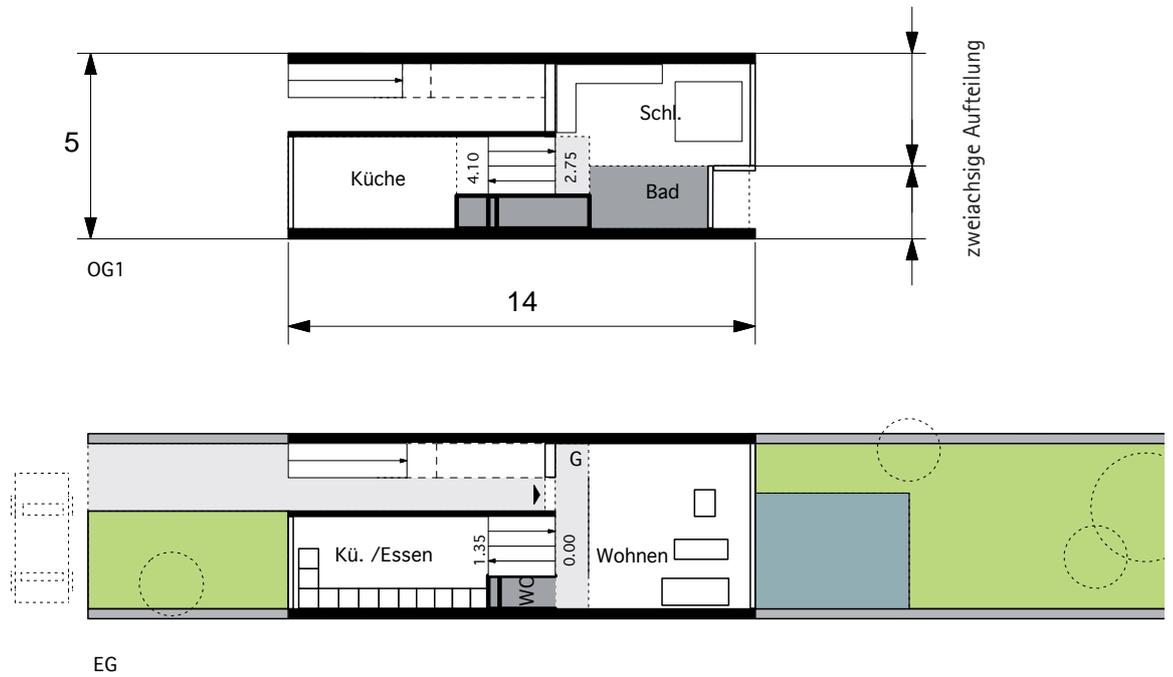
Das System ist als Split-Level oder in durchlaufenden Ebenen denkbar. Bei Split-Level ergeben sich durch den halbgeschossigen Versatz ergeben folgende Vorteile:

Die vertikale und horizontale Verteilung finden über das Element Treppenlauf statt. Dadurch reduziert sich der Anteil der Verkehrsfläche teilweise drastisch. Sowohl Treppenpodeste als auch Umlaufzonen um die Treppe können bei entsprechender Raumaufteilung entfallen. Gerade bei offenen Raumaufteilungen wie Wohnen und Essen kann so die Verkehrsfläche und die Wohnfläche besser kombiniert werden. Eine Fluranordnung ist dennoch möglich: eine Unterteilung in Treppe, Podest und Zimmer ist durch Trennwände machbar.

Über den halbgeschossigen Versatz kann der private Außenraum (Garten und Dachterrasse) gut in das Wohngefüge integriert werden.

Räumliche Zonierungen werden durch den Split-Level auch ohne Trennwände möglich und durch die vertikale Schichtung erleichtert.

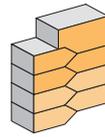
MINIMALTYP
5 m Gebäudebreite



MAXIMALTYP
8 m Gebäudebreite



3.3 Schnittlayout



Generell

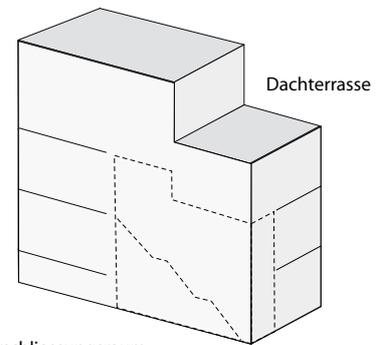
Wie in vorherigen Kapiteln beschrieben, wird eine Festlegung einer Stapelung von zwei Wohneinheiten vorgenommen. Hierbei werden drei praktikable Geschossigkeiten entwickelt:

- 2 Geschosse + Dach
- 3 Geschosse + Dach
- 4 Geschosse + Dach

Variantenentwicklung

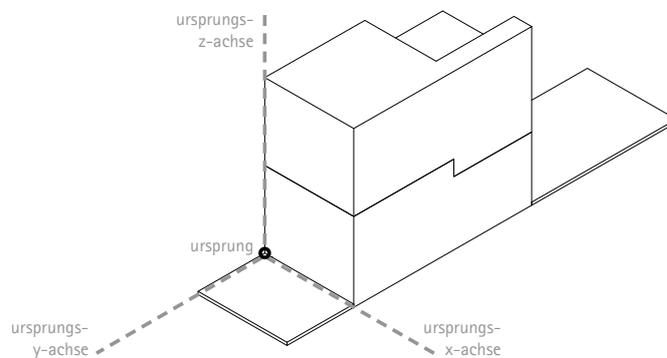
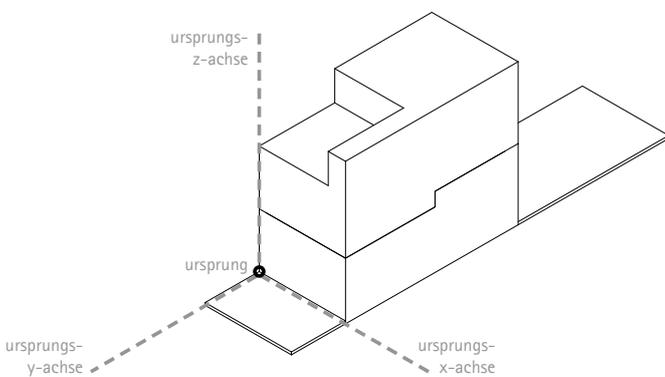
Die Kombination aus halbgeschossigem Versatz, der Lage der Dachterrasse und einem optionalen Kellerraum ermöglicht eine Vielzahl von Varianten, die je nach Nutzer- und Grundstückspräferenzen sinnvoll sind.

Die Auswahl wirkt sich auf die Art der äußeren Erschliessung und die Erscheinungsform aus. Innerhalb der 3D-Familientypen werden die Varianten als vereinfachte Volumin abgebildet.



Erschliessungsraum obere Wohnung

Isometrie des Gebäudes mit externer Erschliessung

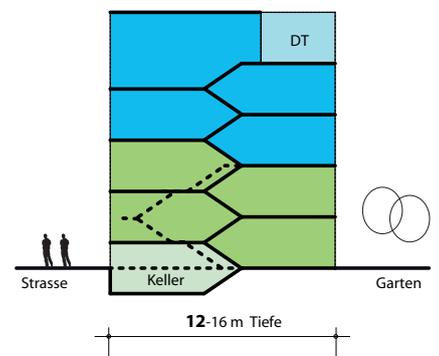
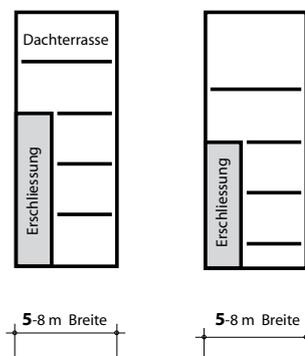
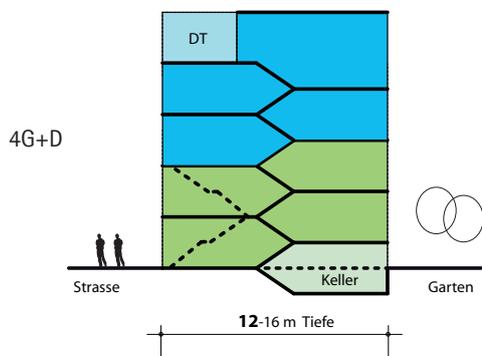
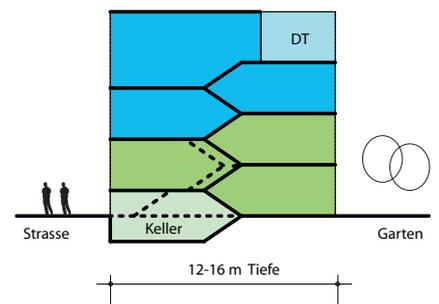
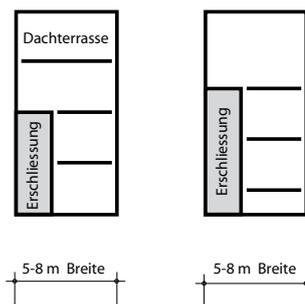
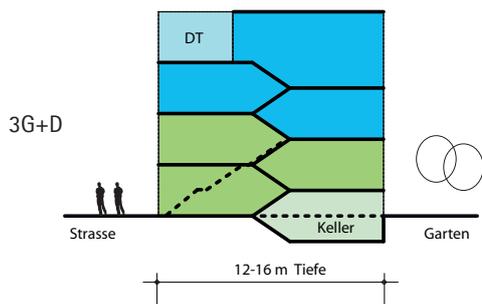
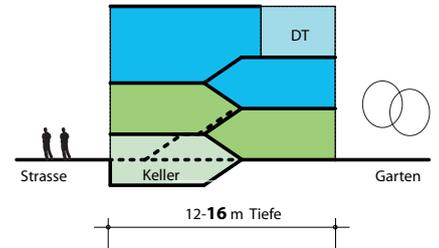
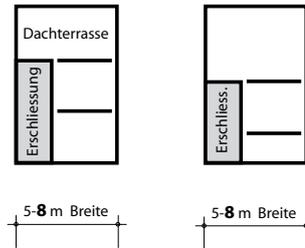
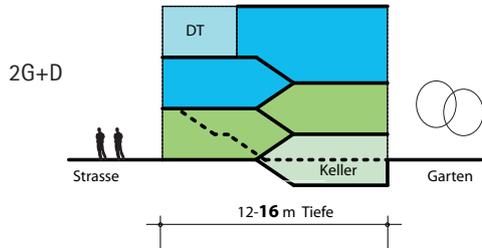


Zwei Arten der Gebäudetypen nach Lage der Dachterrasse zur Strasse oder zum Garten

TYP DACHTERRASSE
STRASSESEITE

ANSICHT STRASSE

TYP DACHTERRASSE
GARTENSEITE



Die grundsätzlichen Unterschiede der Varianten in ihren verschiedenen Geschossigkeiten sind in den Abbildung auf dieser Doppelseite dargestellt und im folgenden erläutert:

1. Hochparterre / 1.5-geschossiger Raum

Die Split-Level Organisation schafft ein Hochparterre, das gleichzeitig eine Kellerbelichtung mit Tageslicht ermöglicht. Alternativ ist auch eine Variante mit einem eineinhalbgeschossigen Erdgeschoss und einem Keller ohne Tagesbelichtung möglich. Hieraus ergeben sich zunächst zwei Varianten. (Siehe die beiden oberen Gebäudetypen im Diagramm auf der rechten Seite).

2. Hochparterre / 1.5-geschossiger Raum auf Seite der Dachterrasse

Durch die Hinzufügung eines weiteren Geschosses auf einer Split-Level Seite wechselt die Lage des Hochparterre bzw. 1.5-geschossigen Raums, der nun auf der Seite der Dachterrasse liegt. (Siehe die beiden unteren Gebäudetypen im Diagramm auf der rechten Seite).

3. Lage Eingang auf Seite der Dachterrasse

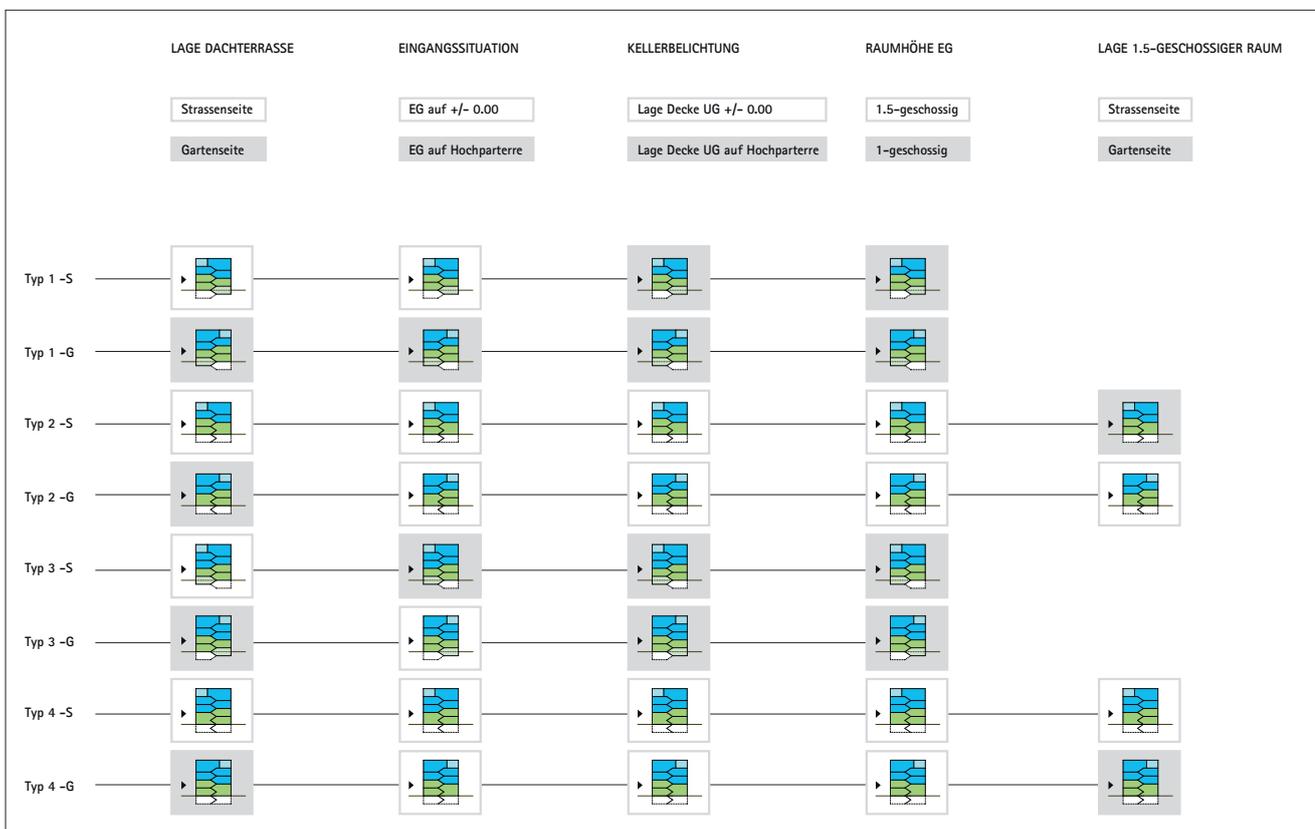
Bei denen in 1. und 2. beschriebenen Variationen liegt die Dachterrasse jeweils auf der Gartenseite. Eine weitere Variation mit 4 weiteren Varianten ermöglicht die Lage der Dachterrasse auf der Strassenseite. (Siehe Diagramm unten).

Auswahl der Variante

Sowohl Grundstückssituation als auch Wünsche des Nutzers beeinflussen die Auswahl der passenden Variante. Dabei bieten die Varianten eine maximale Auswahlbreite innerhalb der beschriebenen Elemente. Die Lage der Dachterrasse auf Strassen- oder Gartenseite ist für alle Typen möglich, ebenso eine Eingangssituation ebenerdig oder als Hochparterre. (Siehe die beiden linken Spalten im Diagramm unten).

Die Wahl der Kellerbelichtung schliesst einen 1.5-geschossigen Raum aus. (Siehe die drei rechten Spalten im Diagramm unten).

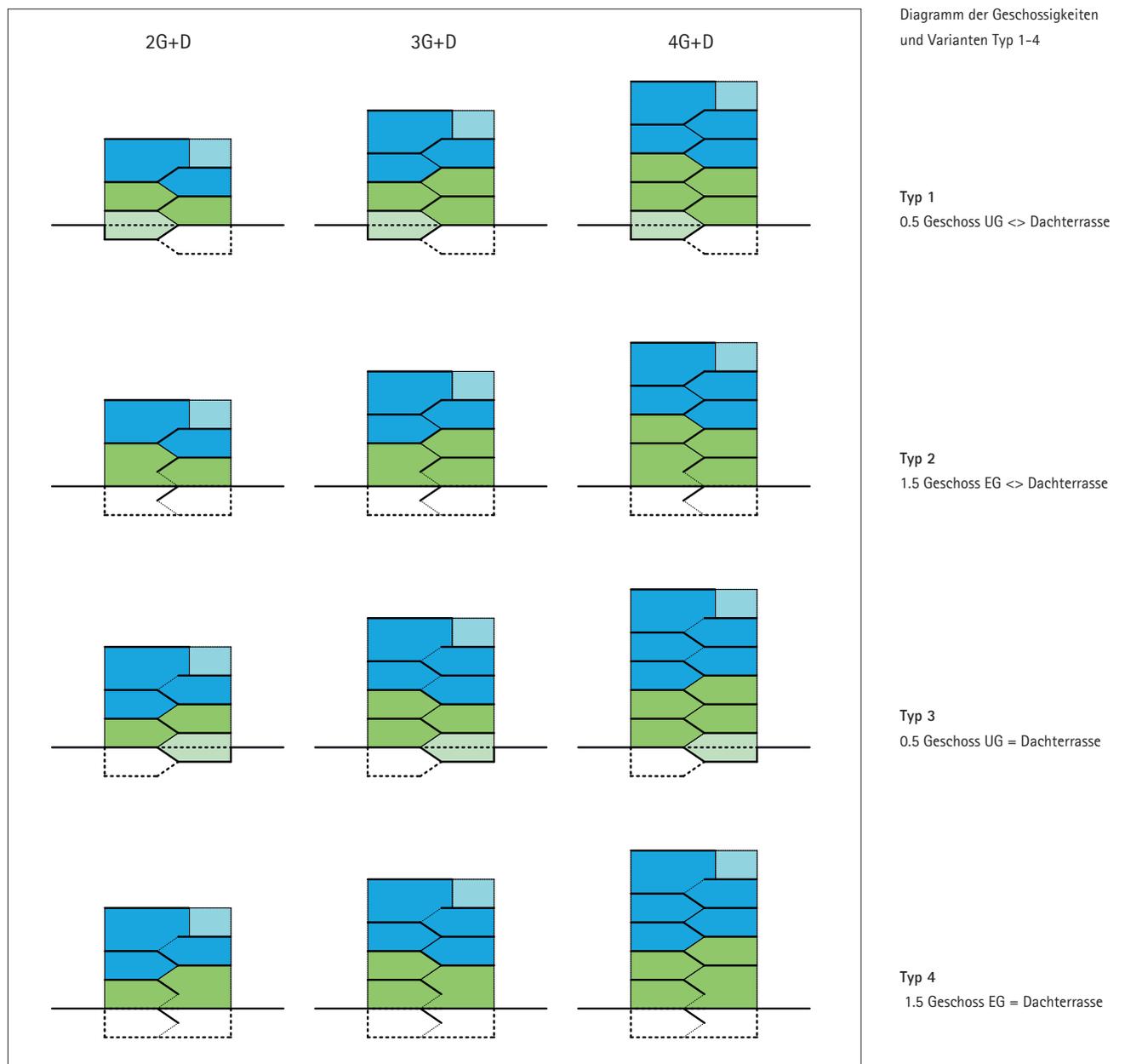
Diagramm der 8 Hausvarianten mit Konfigurationsmöglichkeiten



Programmierung

Innerhalb der API können die vereinfachten Volumenmodelle nach Platzierung und Optimierung durch differenzierte Familientypen ersetzt werden. Diese beinhalten dann die dargestellte und ausgewählte Variante. Diese Methode ermöglicht es, mit einfachen, speicher- und CPU (Hauptprozessor)-schonenden Modellen in der Phase der Platzierung zu arbeiten, um an einem späteren Schritt komplexere Datenmodelle zu übernehmen.

(Siehe Kapitel 5 Anwendung (Plug-In))



3.4 Dach



Generell

Das Planungselement Dach befasst sich im Gegensatz zu den vorhergehenden Elementen mit der Gebäudehülle des Dachraumes. Die Erzeugung der Dachneigung erfolgt als stufenlose Anpassung, die einer parametrischen Logik mit Abhängigkeiten folgt.

Konstruktion

Die geometrische Konstruktion des Dachraumes ermöglicht eine Vielzahl von Dachformen in Dachneigungen von 0 bis 45 Grad. Hierbei gibt es eine Reihe von Festlegungen, Abhängigkeiten und Begrenzungen, die die stufenlose Anpassung der Geometrie kontrollieren.

Festlegungen

Für die Dachneigung sind folgende Punkte in ihrer Höhenlage zu kontrollieren:

- Kniestock Strassenseite
- First
- Kniestock Gartenseite

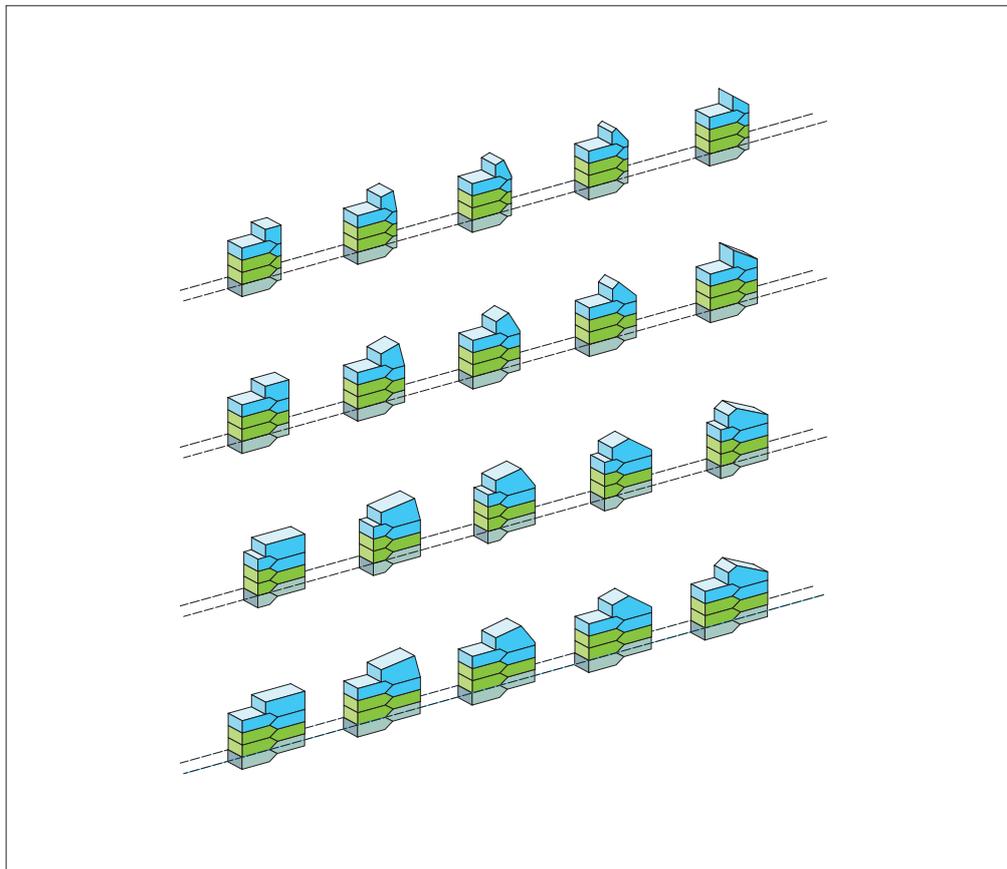
Dabei ist die Lage des Firsts in der Tiefe festgelegt durch das Planungselement Grundrisslayout, das die Gebäudetiefe, sowie die Raumtiefen durch Ausrichtung des Grundstücks festgelegt; und damit die Lage des Schachts, auf den sich der First bezieht.

Die Höhenlage des Kniestocks ist verknüpft mit der Dachneigung: 4.15m bei 0 Grad und 1.35m bei 45 Grad. Zwischen diesen Werten wird interpoliert.

(Bei 4.15m ergibt sich 1,5-geschossiger Raum unter dem Flachdach und ein 1-geschossiger zur anderen Split-Level-Seite)

Programmierung

Innerhalb der Familientypen lassen sich auf der Benutzeroberfläche GUI keine Neigungswinkel definieren. Durch eine Definition der Randgeometrie und deren Maßabhängigkeiten lässt sich aber der gewünschte Neigungswinkel in der API errechnen und innerhalb des Plug-In-Fensters manuell eingeben.



Ausschnitt Spektrum der Dachraumgeometrien

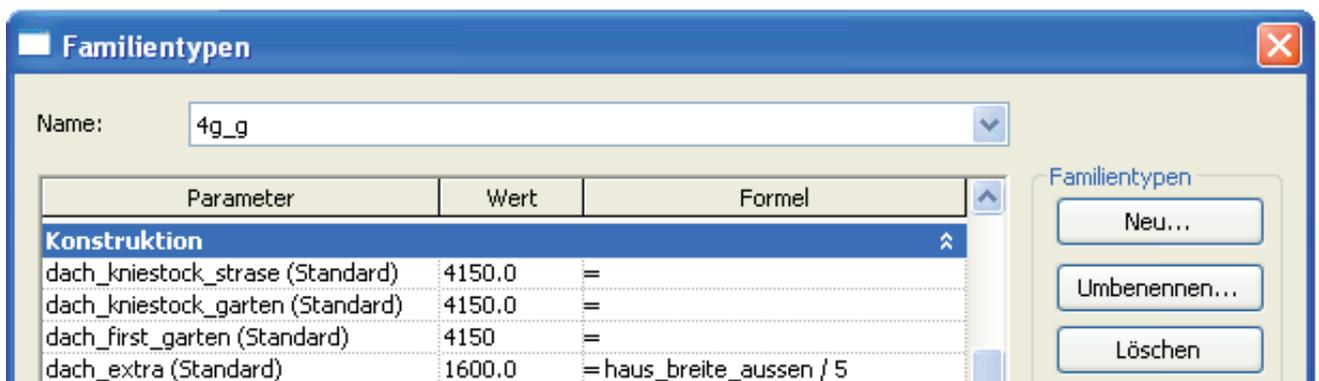
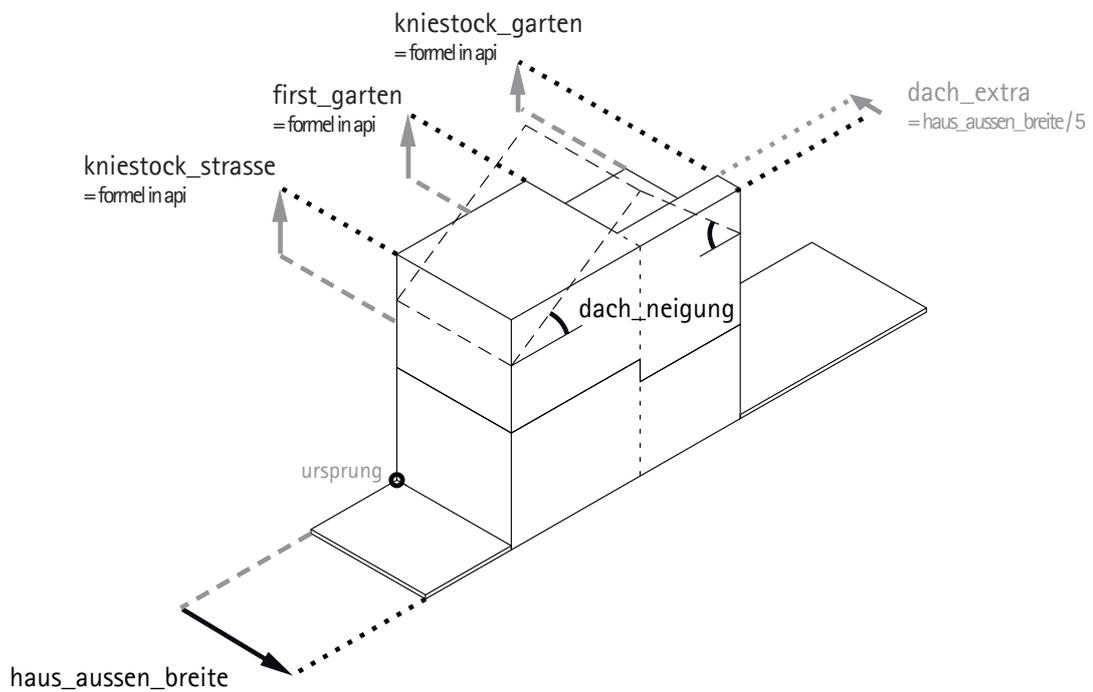
Steuerung Parameterwerte für Dachneigung

1. Revit GUI / Benutzeroberfläche

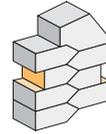
> Manuelle Eingabe

2. Revit API / Werkzeug

> Formel Dachneigung



3.5 Einschnitte / Loggien



Generell

Die Typologie des gestapelten Reihenhauses erhält private Außenräume in Form eines Gartens für die untere Wohnung und einer Dachterrasse für die obere Wohnung. Dabei ist der Garten in der Himmelsrichtung durch seine Ausrichtung festgelegt; die Dachterrasse kann zur Strassen- oder Gartenseite orientiert sein.

Um weitere Freiräume zu bieten und eventuelle Ausrichtungs Nachteile des Gartens oder der Dachterrasse auszugleichen, gibt es in jeder Wohnung zusätzlich mindestens eine Loggia.

Größe

Die Loggia ist als Planungselement in ihrer Größe auf die möglichen Gebäudebreiten von 5m bis 8m abgestimmt. Dabei ist ihre Breite mit 1.90m so gewählt, daß ein Raum in der Größe von 2.50m bis 3.10m abgetrennt werden kann.

Tiefe

Die Tiefe der Loggia ist als Parameterwert definiert, der entweder auf einen Wert festgelegt oder in Abhängigkeit mit der Raumtiefe gesetzt werden kann, z.B. 1/4 der Raumtiefe zur Strasse oder Garten.

Lage

Die Loggien können, wie zuvor beschrieben, auf der Strassen- und / oder Gartenseite liegen.

Außerdem kann sich die Lage der Loggien auf der rechten oder linken Gebäudeseite befinden. Bei den höhergeschossigen Typen können die Loggien zudem in der oberen oder unteren Etage liegen.

In der Kombination ergeben sich hieraus vielfältige Möglichkeiten, die den Baukörper in seiner inneren Struktur und äußeren Erscheinung akzentuieren. (Siehe Diagramm unten und auf den folgenden Seiten).

Die Lage der Loggien wird dabei durch auf der Benutzeroberfläche GUI definierten Parameter kontrolliert. Dies kann manuell bestimmt werden oder durch ein entsprechend in der API Schnittstelle programmiertes Werkzeug.

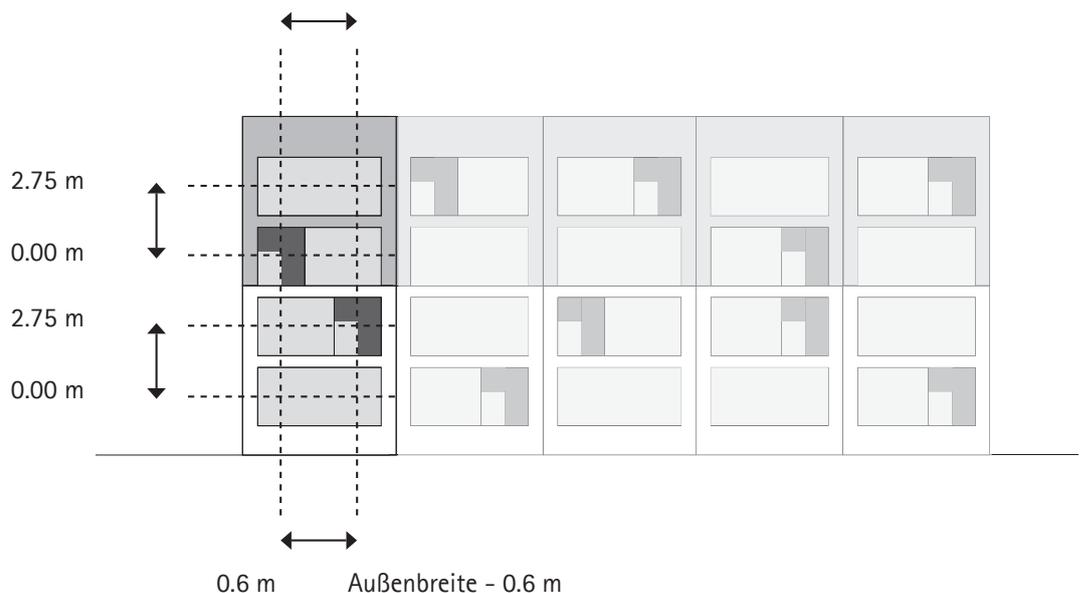
(Siehe hierzu Kapitel 5.5 Mögliche weitere Plug-Ins)

PARAMETER
LAGE LOGGIEN
mit einer Loggia
pro Einheit und Seite

ABSTAND VERTIKAL
> von OK FFB untere Ebene
Whg 2

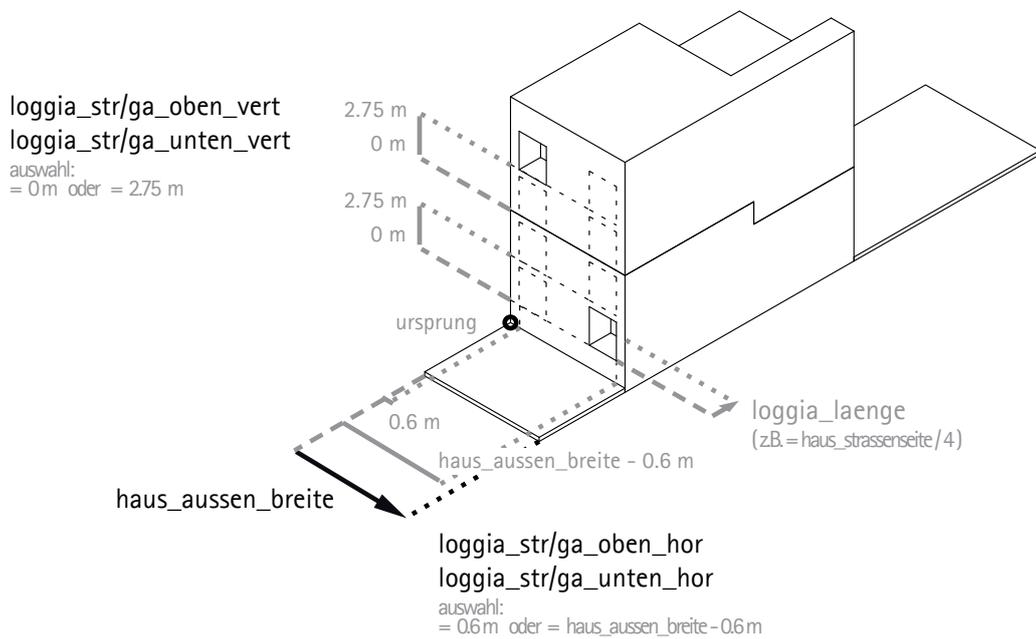
ABSTAND VERTIKAL
> von OK FFB untere Ebene
Whg 1

ABSTAND HORIZONTAL
> von Außenkante Gebäude

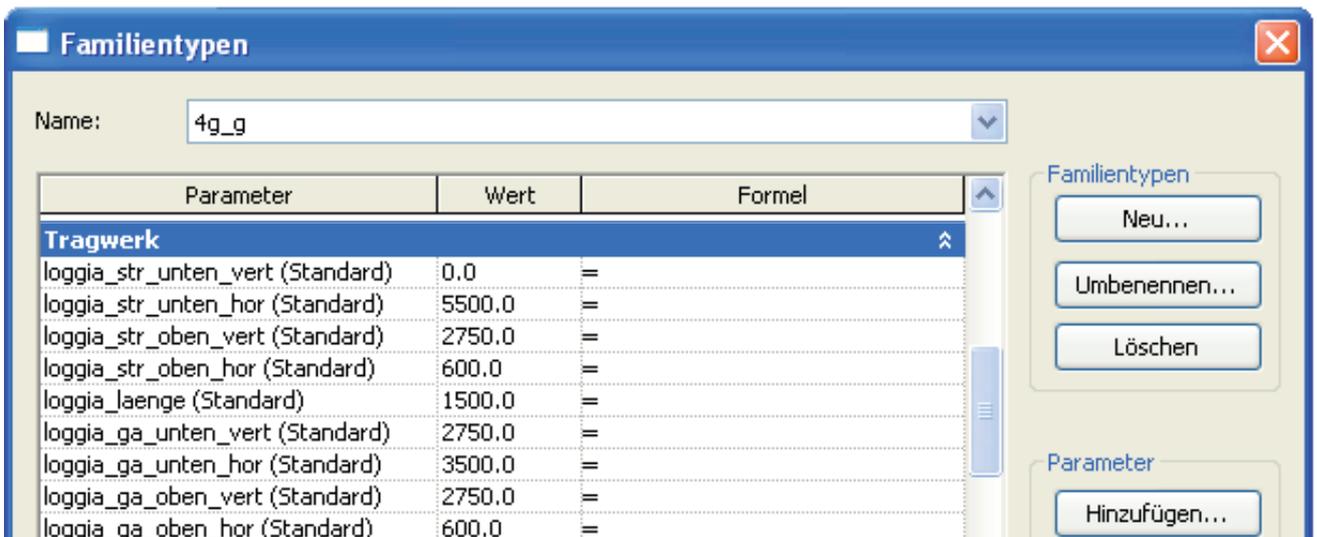


Steuerung Parameterwerte für Loggia

1. Revit GUI / Benutzeroberfläche
 - > Manuelle Eingabe
2. Revit API / Werkzeug
 - > Formel Lage Loggia

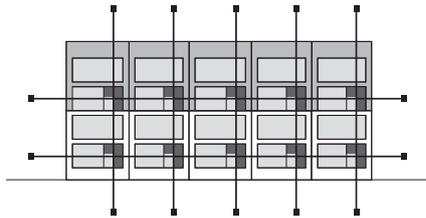


Parametersteuerung in der GUI von Revit Architecture



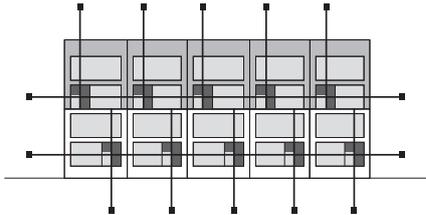
Lage
 1. Garten
 2. rechts
 3. unten

Verteilung
 a. fest
 a. fest
 a. fest



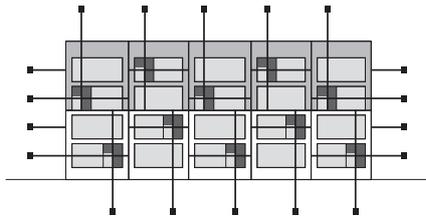
Lage
 1. Garten
 2. rechts/links
 3. unten

Verteilung
 a. fest
 b. versetzt
 a. fest



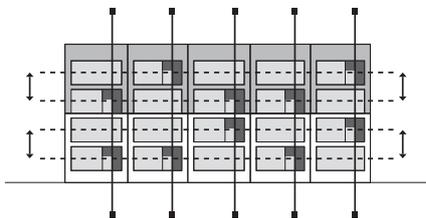
Lage
 1. Garten
 2. rechts/links
 3. unten/oben

Verteilung
 a. fest
 b. versetzt
 b. versetzt



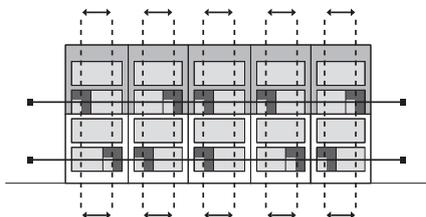
Lage
 1. Garten
 2. rechts
 3. unten/oben

Verteilung
 a. fest
 a. fest
 c. Zufall



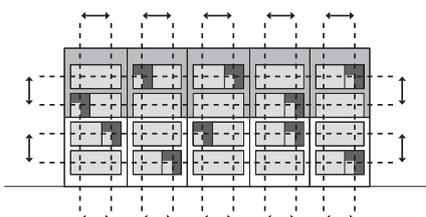
Lage
 1. Garten
 2. rechts/links
 3. unten

Verteilung
 a. fest
 c. Zufall
 a. fest



Lage
 1. Garten
 2. rechts/links
 3. unten/oben

Verteilung
 a. fest
 c. Zufall
 c. Zufall



Variantenreihen

Bei der Entwicklung von Variantenreihen sind die Möglichkeiten bestimmt durch zwei Faktoren: die Lage und die Art der Verteilung.

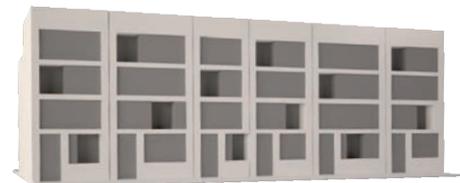
Dabei sind bestimmend für die Lage:

1. auf der Strassen- und / oder Gartenseite
 2. auf der rechten oder linken Gebäudeseite
 3. in der oberen oder unteren Etage
- (nur bei den höhergeschossigen Typen ab 3G+D)

Für die Art der Verteilung gilt:

- a. festgelegt gleich (horizontal und / oder vertikal)
- b. festgelegt versetzt (horizontal und/oder vertikal)
- c. Zufallsprinzip
- d. Kombination von a. bis c.

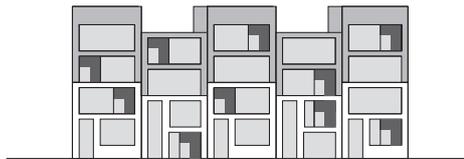
Unten dargestellt ist eine Auswahl von sechs Verteilungsarten für Loggien auf der Gartenseite.



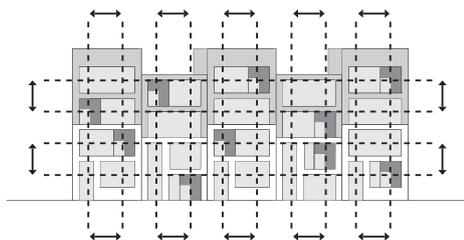


Prinzipperspektive einer Reihe mit Random-Verteilung der Loggien

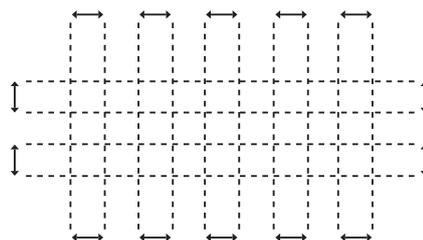
Weitere Varianten entstehen bei der Mischung von verschiedenen geschossigen Typen und unterschiedlicher Ausrichtung der Dachterrasse, wodurch zusätzliche halbggeschossige Versprünge durch die Split-Level-Anordnung auftreten.



Prinzipansicht einer Reihe mit Random-Verteilung der Loggien

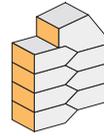


Mögliche Lage der Loggien an Schnittpunkt der Linien



Schema der möglichen Lage der Loggien

3.6 Fassade



Aufteilung

Die Fassade wurde innerhalb des Forschungsprojektes nicht detailliert in Konstruktion und Material untersucht, sondern nach Aufteilungsprinzipien, die aus der Innenraumaufteilung folgt. Aus dem entwickelten Spektrum der Gebäudebreite von 5m bis 8m folgt eine Raumaufteilung von zwei Räumen beim Minimaltyp und drei Räumen beim Maximaltyp. Diese mögliche Raumaufteilung mit Lage von anschließenden Innentrennwänden wird in der Lage und Größe der Fenster berücksichtigt. Dabei ist generell ein fester Abstand von 60cm zu angrenzenden Bauteilen angesetzt. Außerdem ist die prinzipielle Lage einer Loggia (Kapitel 3.5) berücksichtigt.

Strategien

Bei der Lage und Größe der Fenster werden zwei verschiedene Strategien entwickelt:

- prozentuale Öffnungsflächen
- feste Öffnungsflächen

Prozentuale Öffnungsflächen

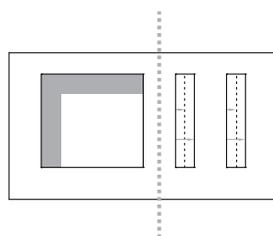
Die Größe der Öffnungsflächen ist hierbei als Parameterwert definiert und in Abhängigkeit mit der Himmelsrichtung gesetzt. Die größten Flächen werden im Süden erzielt, die kleinsten im Norden; alle sich dazwischen liegenden Werte sind interpoliert. Dazu wurden die auf der rechten Seite stehenden Formeln für die Strassen- und Gartenseite entwickelt. Diese sind separat und komplementär.

Feste Öffnungsflächen

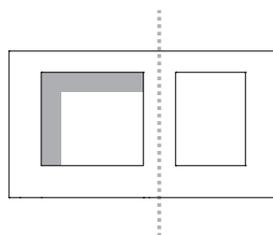
Eine weitere Strategie als Alternative zu den prozentualen Öffnungen sind Öffnungsflächen mit einer festen Größe. Hierbei wird der variable Parameterwert "eingefroren" in ein festes Maß. Statt einer Formel wird hier ein Wert gewählt, z.B. 1m. Die Fensterbreite bleibt unabhängig von der Gebäudebreite gleich bestehen. Dies bedeutet, daß es bei den großen Gebäudebreiten zwei Fenster (plus Loggia) gibt; bei den kleinen Gebäudebreiten, kommt es zu einer Überlagerung der beiden Fenster. Hieraus resultiert eine Öffnung (plus Loggia).

In beiden Fällen bilden die Anzahl der Öffnungen die Anzahl der möglichen dahinter befindlichen Räume ab.

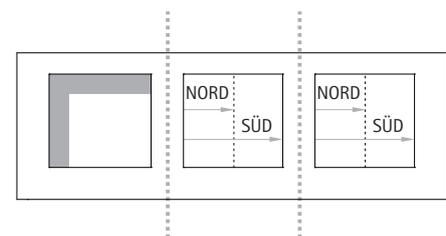
MINIMALTYP 5 m Gebäudebreite



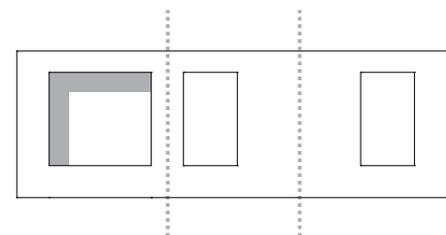
zweiachsige Aufteilung



MAXIMALTYP 8 m Gebäudebreite



dreiachsige Aufteilung



prozentuale
Öffnungsflächen
→
> abhängig
Himmelsrichtung

feste
Öffnungsflächen
→

Fassadenteilung bei Minimal- und Maximaltyp

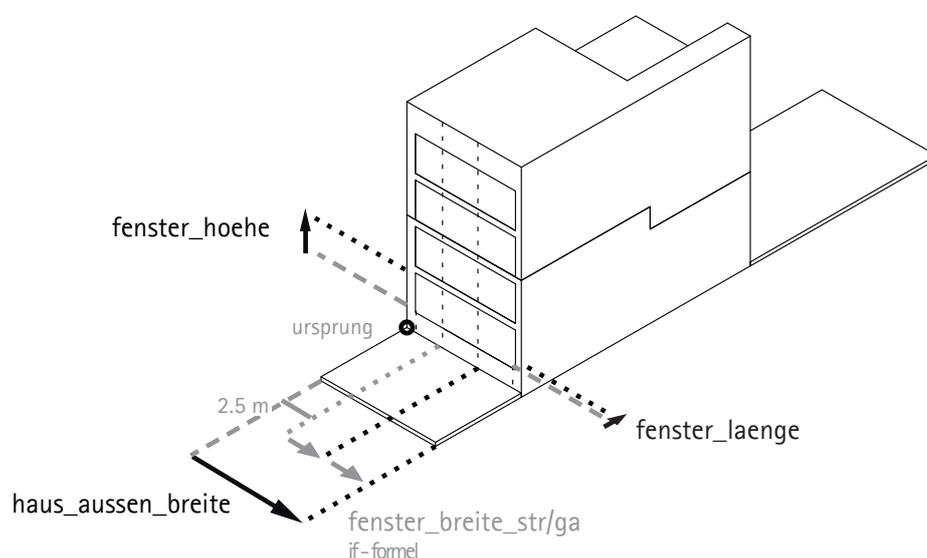
Steuerung Parameterwerte für Fenster

1. Revit GUI / Benutzeroberfläche

> Manuelle Eingabe

2. Revit API / Werkzeug

> Formel Fenstergrößen



Formel „fenster_breite_strasse“

```
if (and (haus_himmelsrichtung > -0.1°, haus_himmelsrichtung < 180.1°), (1 - ((0.5 mm / 180 mm) * ((haus_himmelsrichtung) / 1°))) *
(((haus_breite_aussen - 2500 mm) / 2 mm) * 1 mm) - 900 mm),
(((0.5 / 180) * ((haus_himmelsrichtung - 180°) / 1°)) + 0.5) * (((haus_breite_aussen - 2500 mm) / 2 mm) * 1 mm) - 900 mm))
```

Formel „fenster_breite_garten“

```
if (and (haus_himmelsrichtung > -0.1°, haus_himmelsrichtung < 180.1°), (((0.5 / 180) * (haus_himmelsrichtung / 1°)) + 0.5) * (((haus_
breite_aussen - 2500 mm) / 2 mm) * 1 mm) - 900 mm),
(1 - ((0.5 mm / 180 mm) * ((haus_himmelsrichtung - 180°) / 1°))) * (((haus_breite_aussen - 2500 mm) / 2 mm) * 1 mm) - 900 mm))
```

Weiterentwicklung – Gestaltungsspielräume

Die automatisiert entwickelte Typologie stellt als Protoarchitektur ein Gerüst dar, das in verschiedener Hinsicht Gestaltungsspielräume offen lässt: funktional, zur Aufnahme vielfältiger Nutzungsanforderungen und formal, fähig sich individuellen, wirtschaftlichen und regionalen Faktoren anzupassen.

Basierend auf der Grundgeometrie ist es möglich, verschiedenste Materialstrategien für die Ebene der Außenhaut zu entwickeln. Verschiedene Zusatzplugins sind ebenso denkbar wie das Offenhalten der Fassadendetaillierung für herkömmliche Planungsprozesse.

Beispiele

Die aufgeführten Beispiele zeigen die Bandbreite, die ein offenes, regelbasiertes System zulässt. In einem studentischen Projekt werden verschiedenste Ausformulierungen der Fassade untersucht: hierbei gibt es ablesbare Volumenbaukörper, Strategien zu Materialalterung von Kupferfassadensystemen mit Fassadenbegrünung und eine Kombination aus Begrünung, Verschattung und Solarthermiestruktur. Drei Beispiele, die das vorhandene Gerüst höchst unterschiedlich interpretieren und zeigen, wie ein vorentwickeltes typologisches System in der Lage ist, spezifische Anforderungen zu ergänzen.

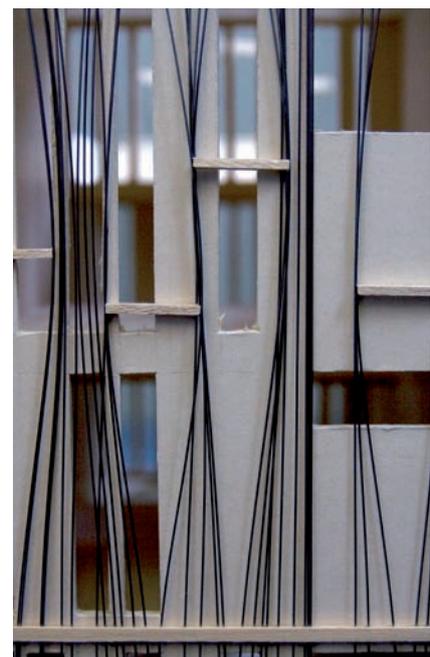
Fassadenakzentuierung durch ablesbare Volumenbaukörper und Materialwechsel
(Bearbeiter: Frederik Hoffmann)

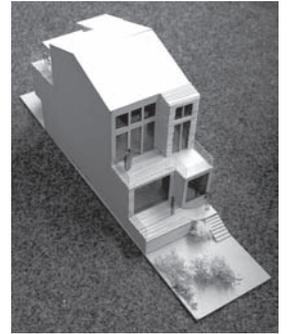


Kupferfassadensystem mit verschiedenen Farbschattierungen (Materialalterung) und Fassadenbegrünung
(Bearbeiter: Philipp Berkes)

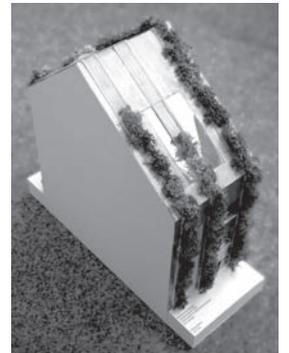


Fassadenstruktur aus Elementen für Begrünung, Verschattung und Solarthermie
(Bearbeiter: Felix Eckerth)

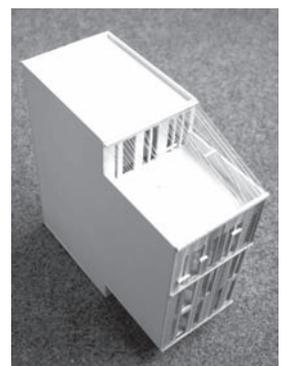
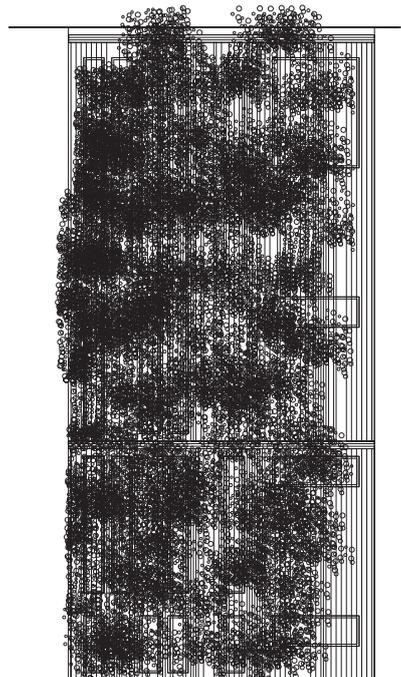
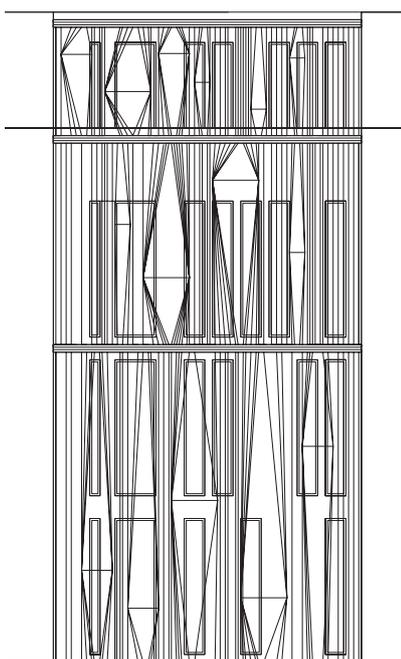




Fassadenakzentuierung durch ablesbare Volumenbaukörper und Materialwechsel



Kupferfassadensystem mit verschiedenen Farbschattierungen durch Materialalterung und Fassadenbegrünung



Fassadenstruktur aus Elementen für Begrünung, Verschattung und Solarthermie

3.7 Haustechnik



Grundlagen / Flexibilität

Die haustechnischen Anlagen bilden in der Regel in ihrer Grundstruktur ein unveränderbares System. Innerhalb einer flexiblen Grundrissstruktur müssen die Ver- und Entsorgungssysteme so ausgebildet sein, dass sich eine größtmögliche Flexibilität in der Anordnung der möglichen Nutzungen ergibt. Die Haustechnik wird in das parametrische Grundsystem eingebettet. Prinzip dabei ist eine fixierte Grundstruktur im Kernbereich als vertikale Verteilerstruktur und ein der Grundzonierung der Grundrissotypologie angepasstes technisches System.

Energie / Heizung

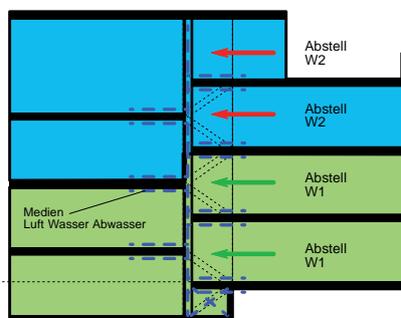
Das Reihenhaus, insbesondere in der gestapelten Auführung, bildet durch seine Dichte und kompakte Bauform gute Voraussetzungen, energiesparend ausgebildet zu werden. Im Zuge der steigenden gesetzlichen und wirtschaftlichen Anforderungen ist es sinnvoll, neben den Standardanforderungen auch die Ausführung in energiesparender Bauweise oder im Passivhausstandard zu ermöglichen. Prinzipiell besteht das energetische haustechnische System aus einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung, einer Wärmequelle, und optional zusätzlichen solarthermischen oder photovoltaischen Anlagen.

Lüftung

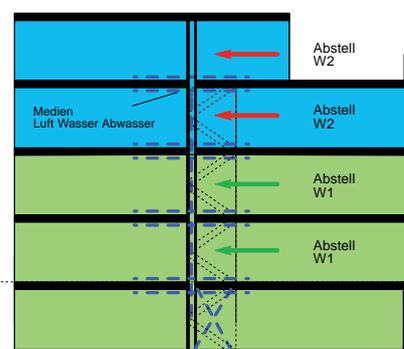
Die kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung ermöglicht es, die energetischen Lüftungsverluste auf ein Minimum zu reduzieren. Dabei wird bei einer konstanten Luftwechselrate die Fortluft über einen Wärmetauscher geleitet und so die Energie der warmen Raumluft im System belassen. In der Regel werden Wohn- und Schlafräume mit Zuluft versorgt; aus Küche und Bad wird Abluft abgesaugt. Der entstehende Druckunterschied lässt eine nicht spürbare Zirkulation im Haus entstehen.

Da innerhalb der parametrischen Typologie die genaue Zuordnung der Räume nicht festliegt, folgt die Anordnung der Auslässe für Zu- und Abluft der generellen Zonierung innerhalb der Typologie. Die innerste Zone dient als vertikaler Lüftungverteiler. Von hier aus werden in der inneren Zone die „Nutzräume“ mit Abluftöffnungen angeschlossen: Bäder, Küchen. In der Außenzone in Richtung Fassade folgen dann die Zuluftöffnungen. In Querrichtung richtet sich Anordnung und Anzahl der Lüftungsöffnungen ähnlich wie die Fassade nach der Anzahl der möglichen Zimmerachsen. Durch dieses System können verschiedenste Zimmer- und Wohnungsvarianten realisiert werden.

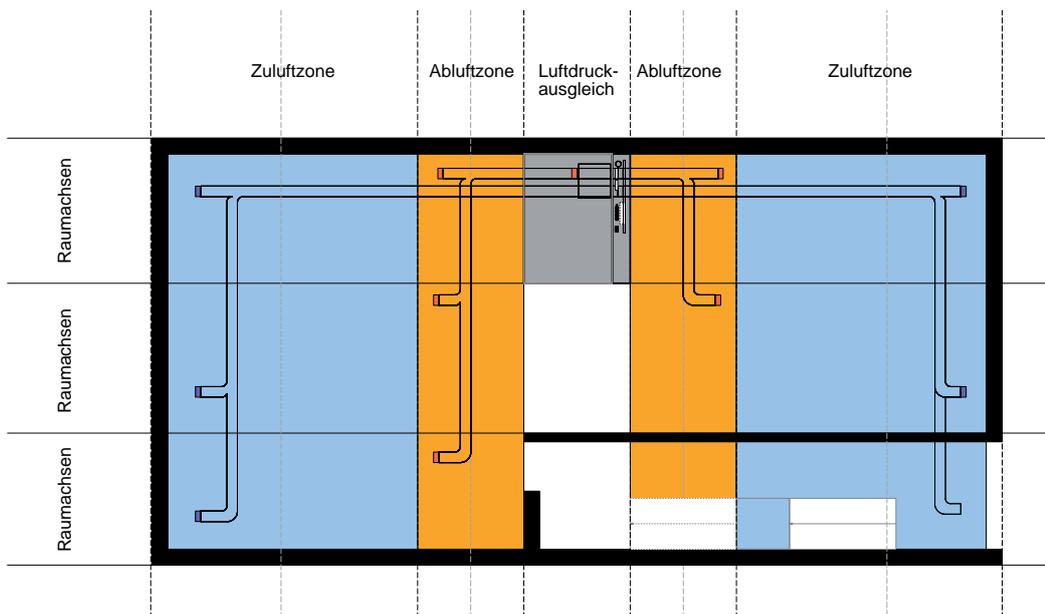
SPLIT-LEVEL GESCHOSSE



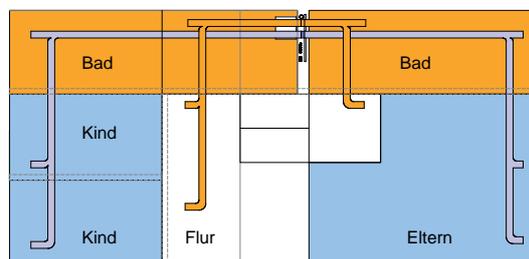
EBENE GESCHOSSE



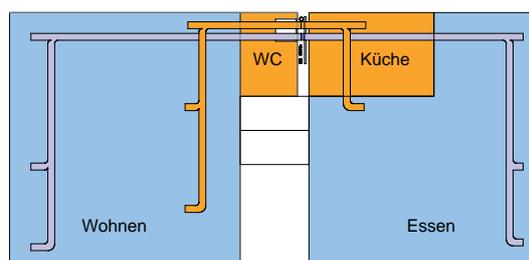
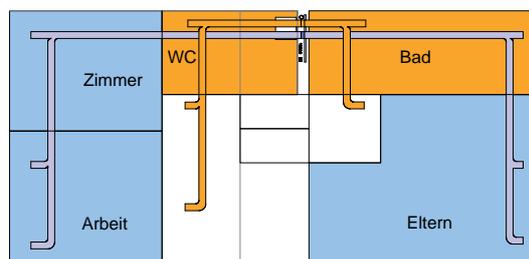
Schnitte mit Medienführung und Nebenraum im Schacht, am Beispiel des 3-geschossigen Typs mit Split-Level und ebenen Geschossen



Zonierungssystem der haustechnischen Verteilung am Beispiel der Zu- und Entlüftung



Schaltbarkeit als Zu- und Abluftzone je nach Grundrissaufteilung



Heizung / Wärmepumpe

Die zwei übereinanderliegenden Wohnungen verfügen über separate Wärmequellen, in der Regel sind das Luft/Wasser- oder Luft/Erde-Wärmetauscher. Die Anordnung der Wärmequellen ist jeweils am höchsten bzw. niedrigsten Punkt der Wohnung; der zentrale Schacht kann also unabhängig von der zweiten Wohnung belegt werden.

Elektro

Die EUV (Elektronunterverteilung) findet im Kernbereich Platz. Von hier aus wird zunächst im Kern vertikal verteilt. Die horizontale Verteilung erfolgt ausschließlich entlang der Außenwände, da die Lage der Innenwände flexibel bleiben soll. Um verschiedene Konfigurationen zu ermöglichen, wird ein Leerrohrsystem in zwei Höhen vorgeschlagen: ca. 30cm über Fertigfußboden und ca. 1,10m über Fertigfußboden. So können Steckdosen und Schalter, als auch Arbeitsplattensteckdosen etc. konfiguriert werden.

Zu- und Abwasser

Zu- und Abwasser werden ebenfalls im zentralen Schacht vertikal verteilt. Das Zuwasser wird von hier aus in Vorwandbereichen an die benötigten Stellen verzogen. Die notwendigen Gefälle im Abwasserkanal ergeben eine maximale Entfernung vom inneren Kern. Bei den durch die Belichtung maximalen Gebäudetiefen lässt sich eine Badmöblierung bis zur Außenfassade realisieren.

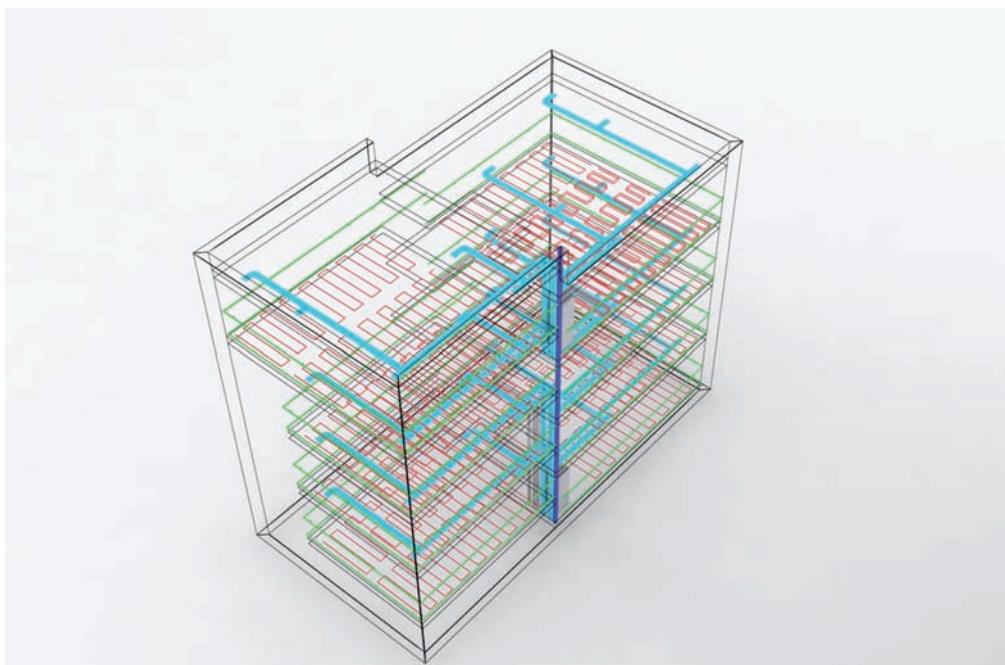
Schallschutz / Brandschutz

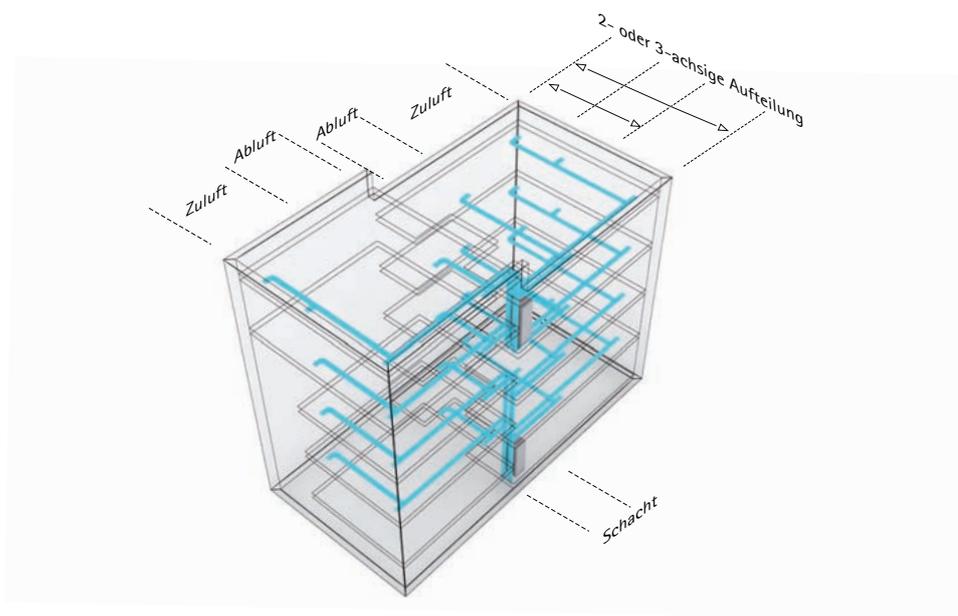
Der zentrale Schacht wird von beiden Wohneinheiten genutzt. Durch die Anordnung der zwei zentralen Wärmequellen ist es möglich, einen Großteil der Leitungsführung unabhängig von der Nachbarwohnung zu realisieren. Einige Medien müssen jedoch durch den jeweils anderen Bereich hindurchgeführt werden. Dies betrifft die Außen- und Fortluftleitungen der unteren Wohnung, die Wasserversorgung und Wasserentsorgung der oberen Wohnung. Diese Leitungen können schall- und brandschutztechnisch gekapselt werden.

Anmerkung

Das gesamte Haustechniksystem ist eng an die Details und Bedingungen von Produktion und Montage geknüpft. (Siehe dazu Kapitel 4 Anwendung (Produktion))

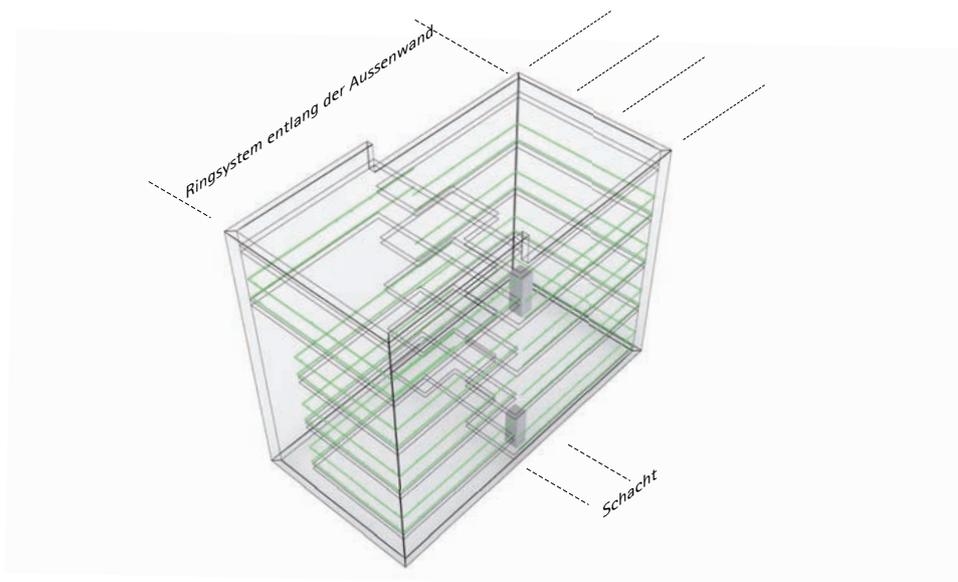
Gesamtvolumen mit integrierten haustechnischen Systemen



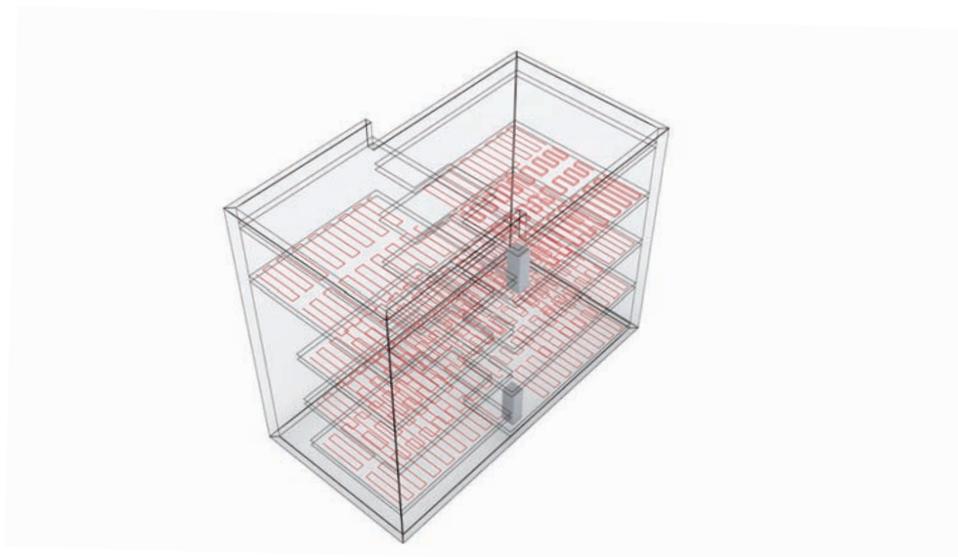


Horizontal verteilte
Mediensysteme

Lüftungssystem

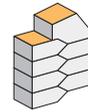


Elektro



Heizung

3.8 Solarnutzung



Ausrichtung

Die direkte Verknüpfung von Gebäudegeometrie und Himmelsrichtung ist durch die Anpassung der Grundrissstruktur in den Raumtiefen in der Planungssystematik integriert.

Darüberhinaus können die Flächen der Außenfassaden passiv und aktiv für die Nutzung solarer Energie aktiviert werden. Hierfür ist neben der Ausrichtung auch der Neigungswinkel entscheidend. (Siehe Diagramm unten).

Optimierung nach Sonnenstand

Die Planungssystematik beinhaltet eine Verknüpfung von Fassadenöffnungen und Himmelsrichtung. Hierdurch kann der passive Solareintrag gesteuert werden mit großen Öffnungen nach Süden und kleinen nach Norden. Zusätzlich zu diesem Grundsystem kann die Fassadenfläche durch Schrägstellung im obersten Geschoss für thermische Solarnutzung aktiviert werden. Dabei variiert die optimale Neigung der Fassade von 45° im Süden und 60° im Südwesten und Südosten. Ausrichtungen weiter nördlich sind nicht ertragreich genug. (Siehe Schnitt und Schema)

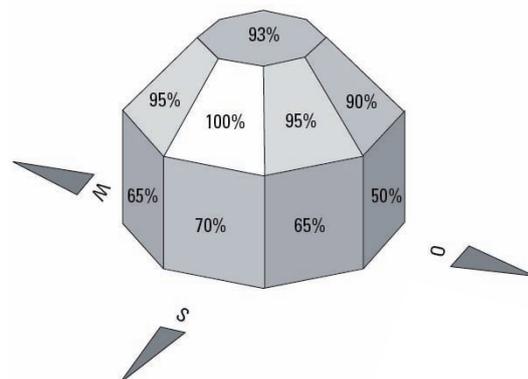
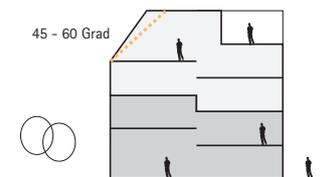
Solarthermie und Photovoltaik

Die Art der Sonnenenergienutzung ist optional frei wählbar. Die Algorithmen können die optimale Ausrichtung der entsprechenden Flächen sowohl auf Photovoltaik als auch auf Solarthermie optimieren. Zur Vereinfachung sind vorläufig nur solarthermische Flächen in das Plug-In Werkzeug integriert.

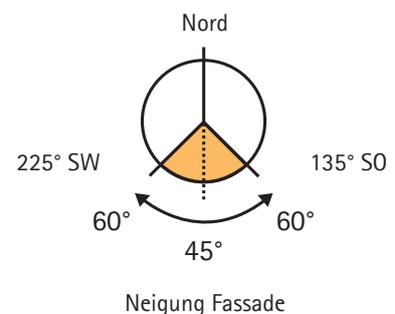
Auswertung

Das BIM-Verfahren (engl. "Building Information Modeling") des verwendeten Programms Revit Architecture erlaubt die Verwaltung und Auswertung aller Bauteile und Geometrien in einer zentralen Datenbank. Die energetischen Gewinne und Verluste der Fassade können in dafür vorbereiteten Auswertungstabellen während des Entwurfsprozesses in Echtzeit kontrolliert werden. Die Ergebnisse können als Grundlage eines dem Entwurf folgenden Optimierungsschrittes sein. (Siehe Kapitel 5.5 Mögliche weitere Plug-Ins)

Die Auswertung der energetischen Prozesse ist nicht Teil des Forschungsprojektes.

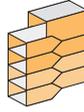


Prozentuale Solarenergieerträge je nach Ausrichtung und Winkel: Optimale Energieerträge werden bei einer Anlagenausrichtung nach Süden und einem Winkel von 30° zur Horizontalen erzielt (100%). Davon abweichende Ausrichtungen haben etwas niedrigere Ertragswerte
Quelle: Klaus Daniels



Neigungen der Fassade für solarthermische Nutzung

3.9 Statik



Parametrisches statisches System

Um eine Typologie in verschiedenen Abmessungen zu generieren, wird ein entsprechendes statisches System erforderlich. Durch die Begrenzung der Abmessungen ist es möglich, ein dafür optimiertes Konstruktionsprinzip zu wählen. Spannrichtungen und Materialien sind fest definiert; hier ist keine Auswahlmöglichkeit des Nutzers vorgesehen.

Stufenweises Anpassen der Querschnite

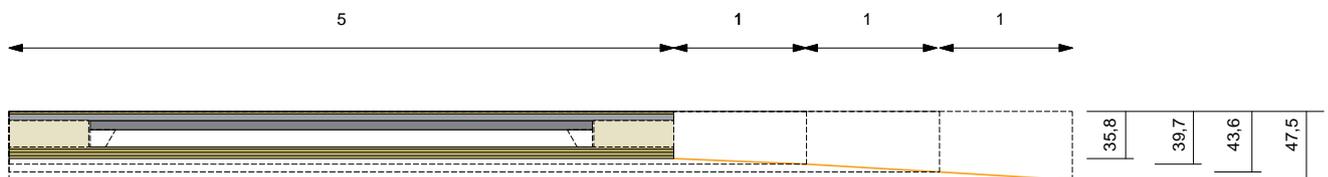
Entgegen der maßlichen frei wählbaren Verschiebungen der Gebäudegeometrie, ist es beim statischen System sinnvoller, in bestimmten Abschnitten, also vorberechneten Querschnitten, zu arbeiten. Für bestimmte Hausgrößen ergeben sich also eine begrenzte Anzahl von nachgewiesenen Lastfällen und Konstruktionshöhen. Dieses sogenannte wissensbasierte Konstruieren ermöglicht es auch, die Nachweisverfahren individuell vorzufertigen und so schneller und einfacher zu gestalten. Eine feinstufige Abstimmung der Querschnitte ermöglicht es, eine Überdimensionierung zu minimieren und so material- und kosteneffizient zu bleiben.

Anschlussdetails und deren statischer Nachweis werden nicht parametrisiert. Auch die Produktionsabläufe unterstützen diese Einteilung in abschnittsbasierte Querschnitte und standardisierte Anschlussdetails. (siehe Kapitel 4 Anwendung (Produktion))

Im angewandten Beispiel der Lignotrenddecke bedeutet dies, dass Querschnittserhöhungen nur durch Einsatz einer weiteren doppelten Leistenlage erfolgen kann; diese hat 39mm Aufbauhöhe. Statische Nachweise erfolgen immer nur mit dem Komplettaufbau für einen entsprechenden Spannweitenabschnitt.

Revit Structure

Mit Revit Structure existiert eine Software, die parametrische Gebäudemodelle und deren zugrunde liegende Datenmodelle verarbeiten kann. Über diese Schnittstelle können Querschnitte stufenlos automatisiert berechnet werden. Die Integration der erstellten Familien-Typen ist nicht Teil des Forschungsprojektes.



Schemaschnitt einer Geschosdecke mit stufenweiser Anpassung der Deckendicke bei stufenloser Spannweitenvergrößerung von 5m bis 8m

3.10 Nutzungsszenarien



Flexibilität und Szenarien

Die parametrisch entwickelte Struktur ist in ihren Abhängigkeiten von Geometrie, Haustechnik und Erschließung definiert. Durch das variable System ihrer Zonierung wird innerhalb der Struktur eine Vielzahl an Ausbauoptionen ermöglicht. Art und Anzahl möglicher Zimmerachsen, offene oder geschlossene Grundrisse sind individuell erstellbar. Dies gilt nicht nur für den Planungs- und Bauprozess, sondern darüberhinaus für den kompletten Lebenszyklus des Gebäudes. So ist durch die Kombination aus parametrischem Gebäudemodell und typologisch flexiblem Entwurf eine Individualisierung beim Entstehungs- als auch beim Weiterentwicklungsprozess möglich.

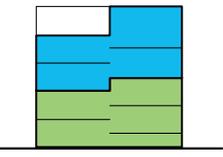
Die nebenstehenden Beispiele zeigen die Bandbreite sowohl in der Größe der möglichen Wohneinheiten als auch in der Art der Nutzung. Neben einer vielfältigeren Vermarktbarkeit ist dadurch auch die Möglichkeit gegeben, auf Förderichtlinien einzugehen.



Gebüdeschnitt ohne Innenwände



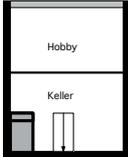
Gebüdeschnitt mit Innenwänden innerhalb der Aufteilungachsen



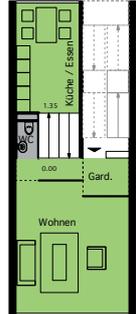
Wohnfläche:
107 qm + Loggien + Dachterrasse
5 ZKB

Wohnfläche:
98 qm + Keller
3 ZKB

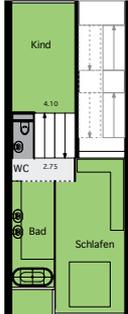
UG



EG



OG1



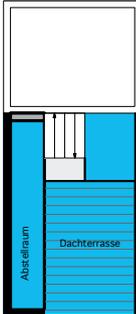
OG2



OG3



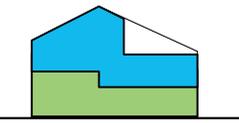
OG4



3-Personen-Familie
98 qm + Keller
3 ZKB, Garten



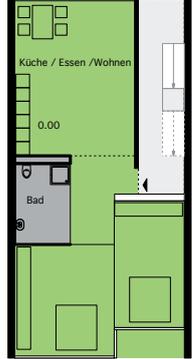
5-Personen-Familie
107 qm + Dachterrasse
5 ZKB, förderfähig

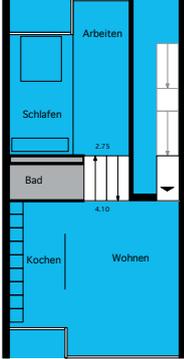
Wohnfläche:
102 qm + Loggien + Dachterrasse
3 ZKB

Wohnfläche:
90 qm + Keller
3 ZKB

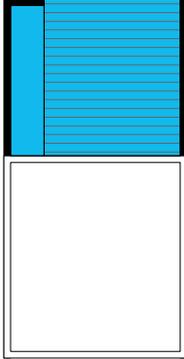
EG



OG



DT



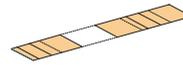
Senioren-WG
90 qm - barrierefrei
3 ZKB, Garten



Pärchen
102 qm - offener Typus
3 ZKB, Dachterrasse



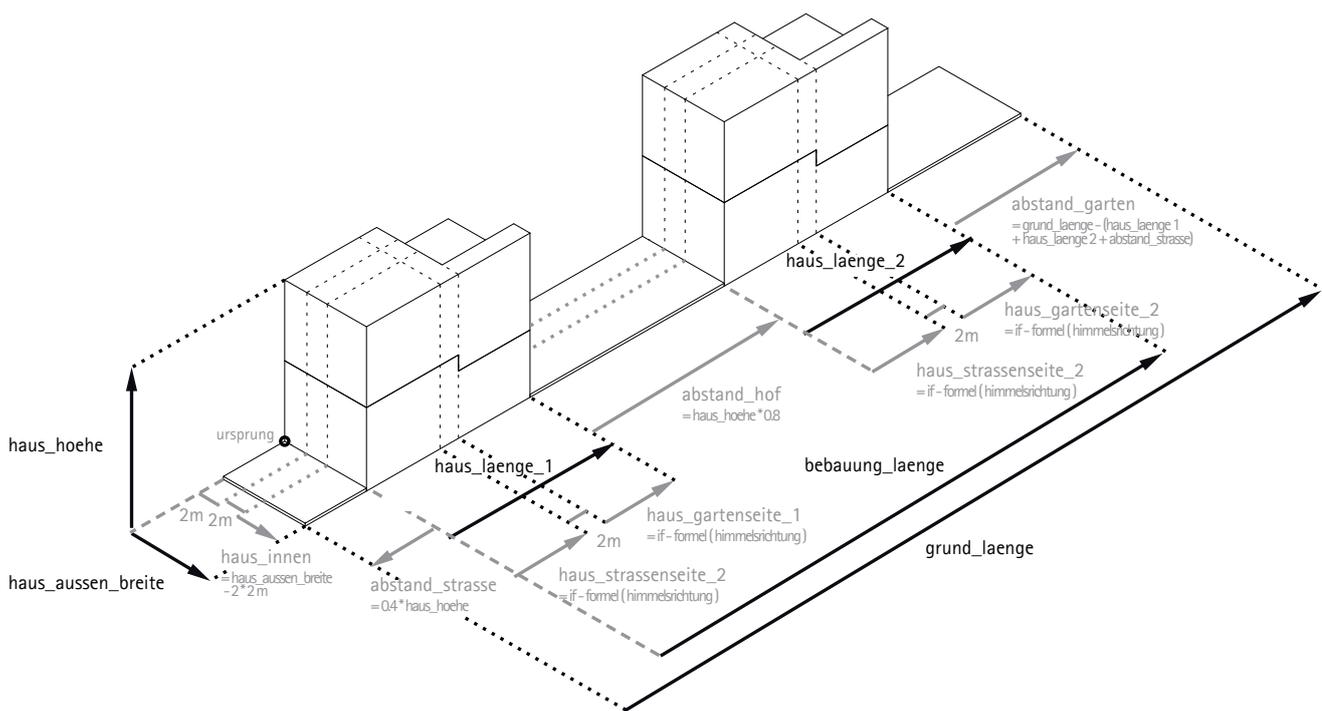
3.11 Kombinatorik



Additionsprinzipien

Über die Prinzipien der Baukörperbildung hinaus stellt sich die Frage, wie man mit tieferen Grundstückszuschnitten umgehen kann. Der Bedarf an Bebauung mit tieferen Typologien wird in Kapitel 6 Fallstudien genauer erläutert.

Innerhalb der Familientypen werden Parameter definiert, die den Abstand in Längsrichtung (Gebäudetiefe) des Gebäudes zum nächsten Typus definieren. Dies geschieht analog zur Berechnung der Abstandsfläche in Richtung Strasse. Die Art und Weise der Längenanpassung und die damit verbundenen Kombinations- und Additionsalgorithmen werden auf den folgenden Seiten beschrieben.



Steuerung Parameterwerte für Kombinatorik

1. Revit GUI / Benutzeroberfläche

//

2. Revit API / Werkzeug

> Eingabe Grundstückslänge

> Formel Kombinatorik (Gebäudetiefen, Abstände)

Baukörpertiefe / Algorithmus

Die Anpassung an die Grundstücksverhältnisse ist über zwei prinzipielle Methoden abbildbar:

1. Addition

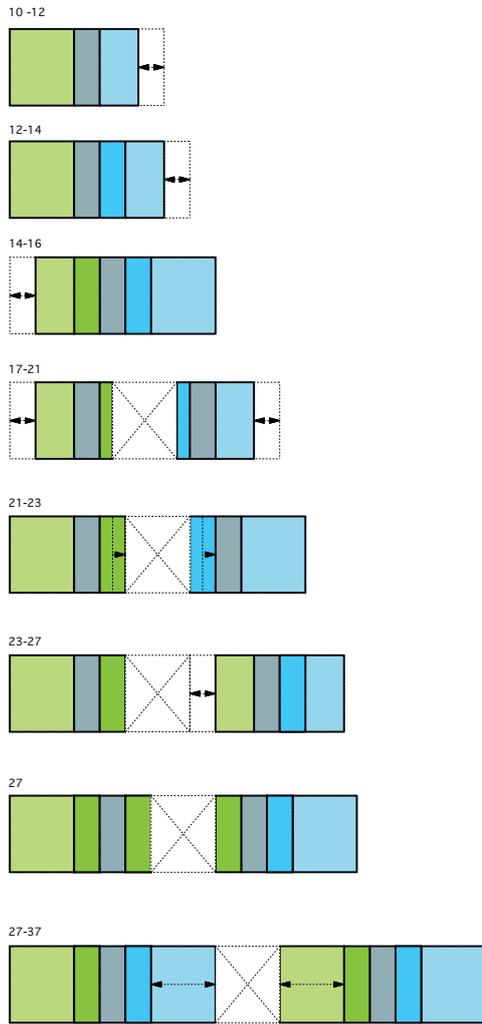
Die Typologie kann als "wachsende" Struktur begriffen werden, deren typologische Elemente je nach Längs- und Querabmessung nach Regelwerken addiert und erweitert werden (siehe Diagramm rechts). Eine Beschränkung der Länge ist prinzipiell nicht gegeben. Der Nachteil dieses Modells ist die Regelerstellung in Bezug auf die Himmelsrichtung.

2. Teilung

Diese zweite Möglichkeit ist ein System der Flächenteilung (siehe Algorithmus nächste Seite): Die bebaubare Fläche wird so lange unterteilt, bis Volumen ohne weitere Patiounterteilung entstehen. Diese können dann unabhängig voneinander zониert werden.

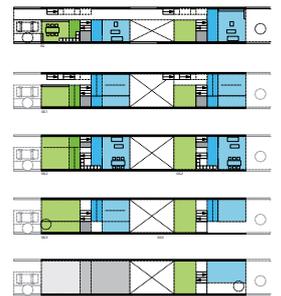
Die Gesetzmäßigkeiten der Patios und deren Erschliessung wird über Kombinatorikregeln gelöst.

Innerhalb jedes Volumens werden nicht einzelne Zonen addiert, sondern die Lage des Kerns zur Fassade über mathematische Formeln mit Bezug zur Himmelsrichtung bestimmt. Dieses System kann unabhängig von der Schnittfigur für alle Geschossigkeiten erzeugt werden.



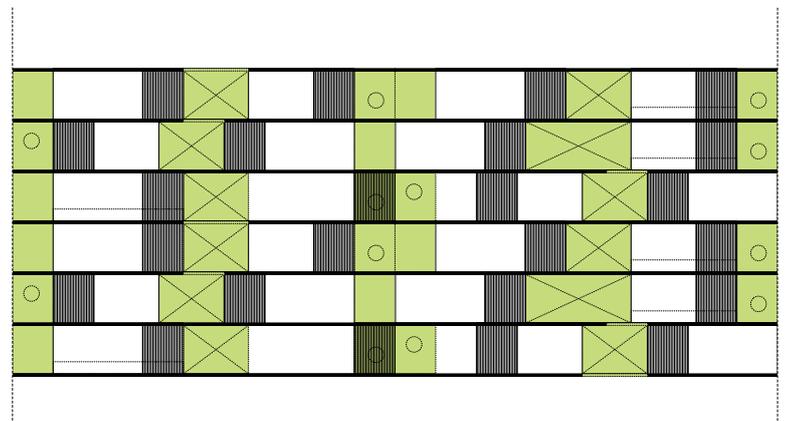
Typologie als "wachsende" Struktur mit sich addierenden Zonen

Beispielgrundriss: Patiotyp mit insgesamt vier Wohneinheiten



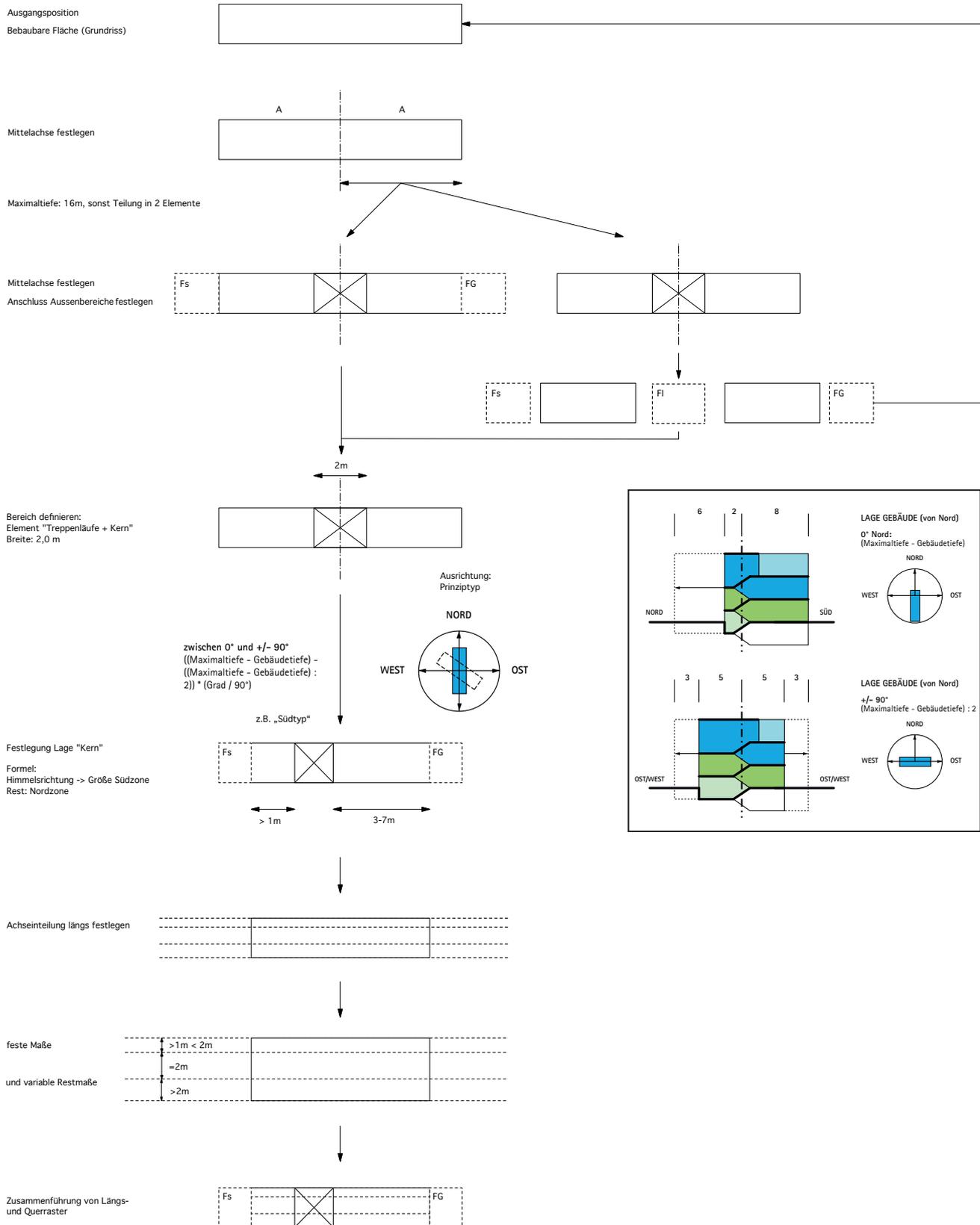
Erweiterbarkeit und Additionsregeln

Eine lineare Aneinanderreihung von Wohnungen hintereinander bietet verschiedene Möglichkeiten der Ausrichtung der Wohnungen zum Patio. Es ergeben sich aber auch neue Anforderungen an die Regelung der Addition in Längs- und Querrichtung. Dies betrifft vor allem die Erschließung und den ruhenden Verkehr. Es entsteht eine Kombination aus den Regelsystemen des Grundrisslayouts und der Erschliessungsregeln.



Beispielgrundriss: städtebauliche Konfiguration

Algorithmus zur Erzeugung des Grundrisslayouts



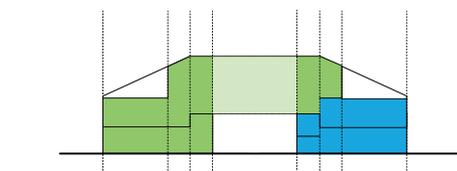
Kombinationsalgorithmus

Im linken Diagramm ist die Kombination der Regeln des Grundrisslayout mit der Option, über tiefere Grundstücke mehrere Baukörper zu kombinieren, dargestellt. Die Lösung erfolgt über Entscheidungsschleifen und Differenzierung in einzelne Baukörpersysteme.

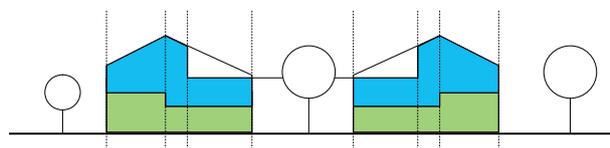
Möglichkeiten der Stapelung

Durch die lineare Addition entlang der Hausachse und des dazwischen liegenden Patios ergeben sich erweiterte Möglichkeiten der Stapelung und Verschachtelung der Wohneinheiten. Der kürzeste Patiotyp mit einer Gesamttiefe von 24m besteht beim zweigeschossigen Volumen in der Regel aus zwei Wohneinheiten. Um die Ausrichtungen nach Himmelsrichtung und Garten- oder Strassenseite zu optimieren, ist es möglich eine "Cross-Over-Stapelung" über den Patio hinweg auszubilden. So hat in unterschiedlichen Geschossen jede Wohnung optimale Ausrichtung und Belichtungsmöglichkeiten über die Außen- und die Patiofassade.

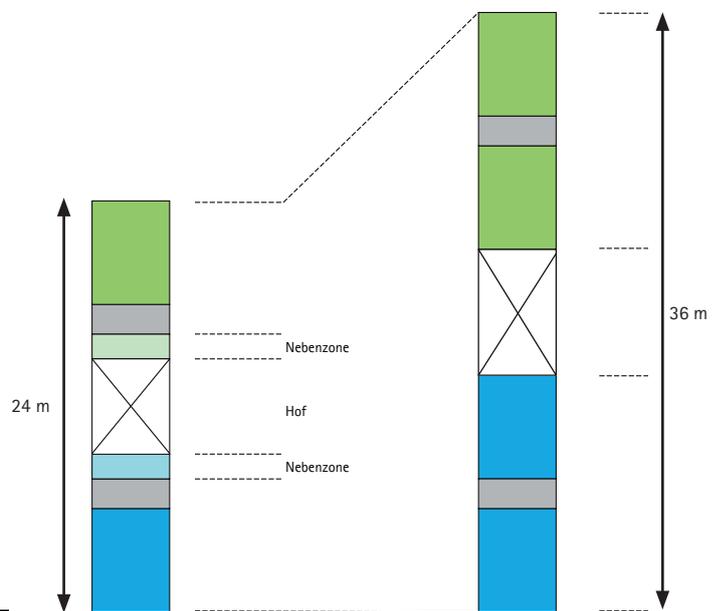
KETTEN- UND TEPPICHSTRUKTUR MIT SCHRÄGDACH



Crossover-Stapelung
Tiefe 24m - 32m



Duplikation des Stapeltyps mit Patio
Tiefe 32m - 36m



Crossover-Stapelung
Tiefe 24m - 32m

Duplikation des Stapeltyps mit Patio
Tiefe 32m - 36m

Ketten- und Teppichstrukturen

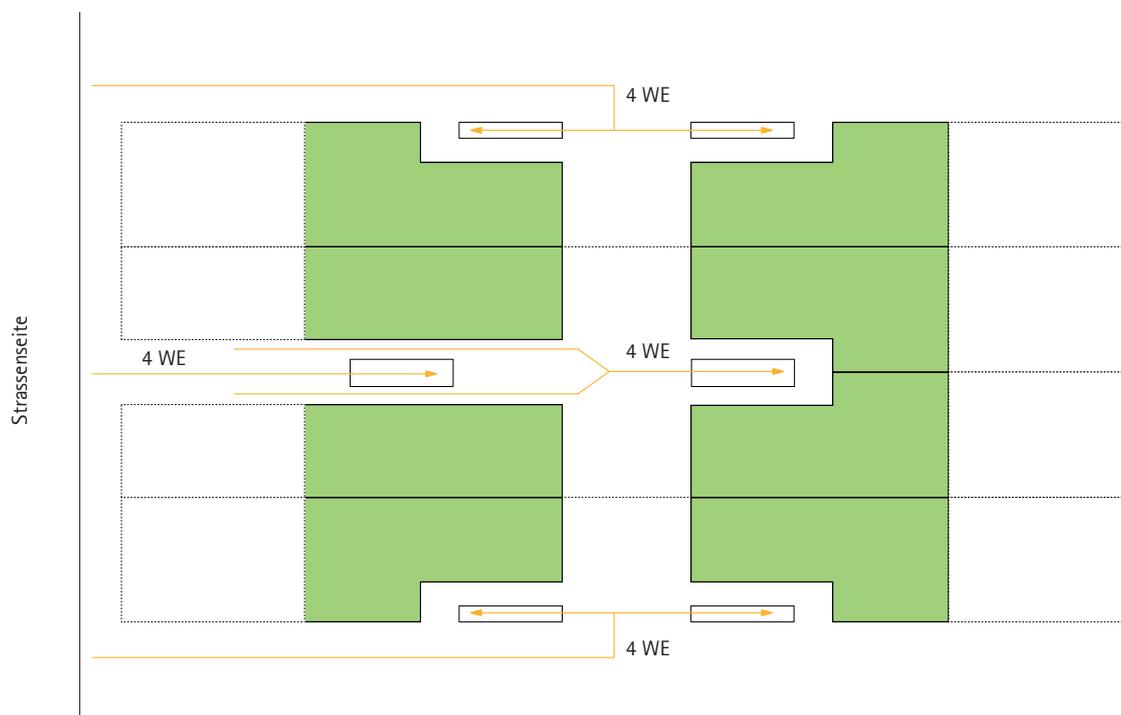
Die Addition in Längsrichtung ist beim Reihenhaus natürlich immer in Verbindung mit der Addition entlang der Reihe zu sehen. Hier ist vor allem die Erschliessung des hinteren Volumens zu lösen. Eine Erweiterung der internen Erschliessungszone durch den vorderen Typ hindurch macht den Patio von der Strassenseite her zugänglich und damit die hinteren Wohneinheiten erschliessbar. Auf einer Breite von 4 Reihenhäusern lassen sich so bis zu 16 Wohneinheiten organisieren, die die vorhandene Grundstückstiefe optimal nutzen können. (Siehe Diagramm unten)

Kombinationsmöglichkeiten

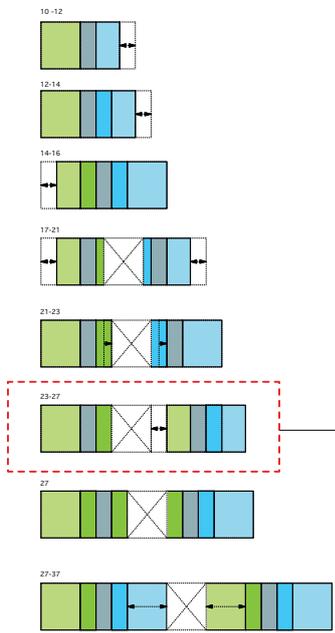
/ Entstehung von Vielfalt

Neben dem stufenlosen Anpassen an die Grundstücksabmessungen und die Höhenparameter ist innerhalb der Grundtypologie eine Vielfalt an Grundrisslösungen möglich. Jede Grundrissfigur ist in verschiedenen Geschossigkeiten planbar und diese wiederum in verschiedenen Grundrisslösungen. (Siehe Diagramm auf der rechten Seite)

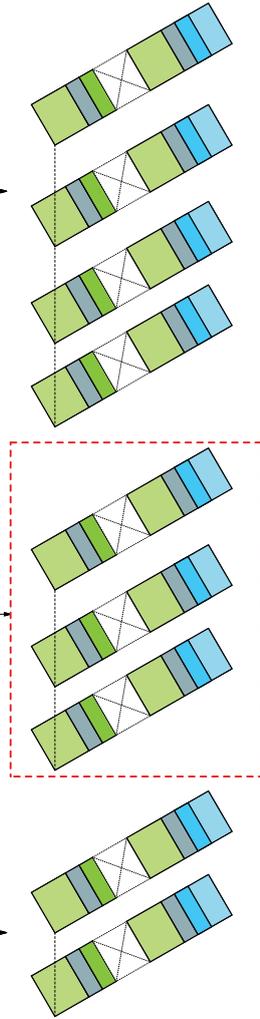
Erschliessungssystem bei Ketten- und Teppichstruktur



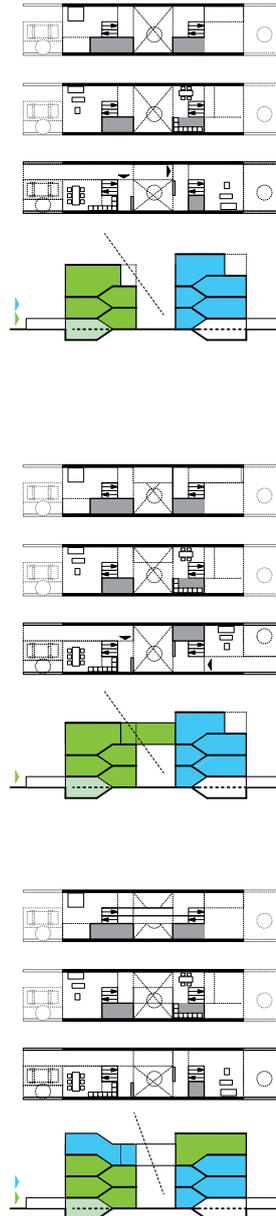
Grösse / Dichte / Grundstück
Genotyp - Phänotyp 1



Geschossigkeit
Phänotyp 2



Grundrissvarianten
Phänotyp 3



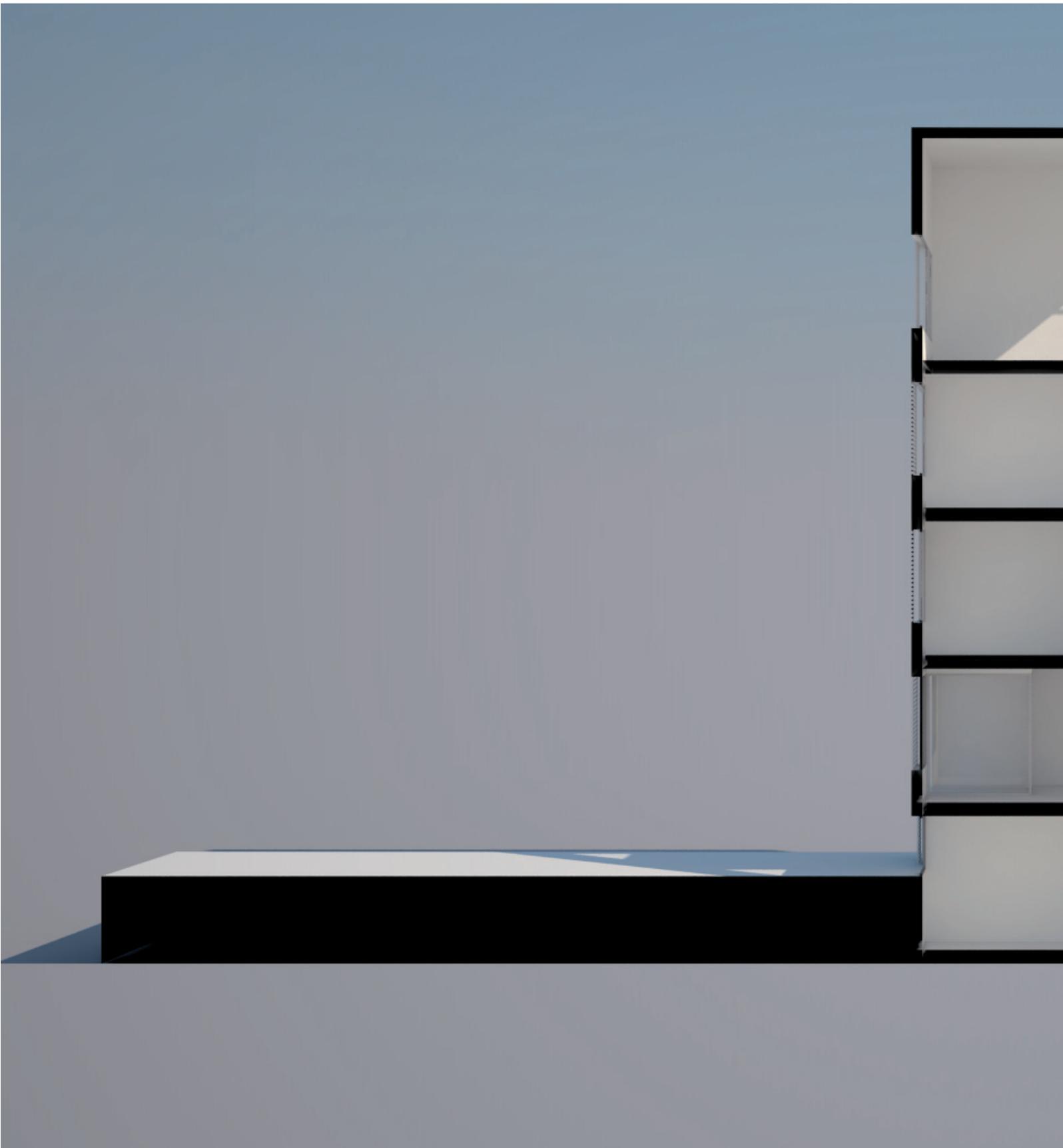
Grundrissvarianten durch verschiedene Baukörper-Kombinationen

einseitige Erschliessung
getrennte Baukörper

zweiseitige Erschliessung
Baukörper über Patio erweitert

einseitige Erschliessung
cross-over-Patio

4 Anwendung (Produktion)





4 Anwendung (Produktion)

Produktions- und Montagebedingungen

Eine sinnvolle Anwendung spezifisch entwickelter Wohnungstypen in serieller Bauweise ist nur möglich, wenn neben der Planungsphase auch die Realisierung das Prinzip der individuellen Massenfertigung erlaubt. Im Maschinenbau sind moderne Produktionsmethoden schon geraume Zeit in der Lage, dies zu ermöglichen. Auch bauspezifische Produktionsmethoden können dies in verschiedensten Materialstrategien leisten.

Im folgenden werden die Grundlagen von den eingesetzten individuell vorfertigbaren Bauteilen erläutert. Diese Grundlagen fließen in die Baukörper- und Bauteilgeometrie ein und können durch den Anwender nicht beeinflusst werden.

Digitale Fertigung

In der Bauindustrie spielt Vorfertigung und die damit zusammenhängende Effizienz eine große Rolle. Während im 20. Jahrhundert größtenteils auf serielle Prinzipien verwendet wurden, nimmt der Anteil an individueller industrieller Vorfertigung stetig zu.

Die serielle Produktion hat nicht zuletzt durch den Einsatz im Fassadenbereich ein negatives Image.

CAD/CAM-Systeme

Die Vorfertigung basiert heute nicht mehr zwangsweise auf "Schablonen", die als Grundlage für vielfach produzierte Bauteile dienen. Robotik und die enge Verknüpfung von CAD zu CAM-Systemen macht es einfacher individuelle Teile in Serienproduktion zu erstellen ohne deutlichen Mehraufwand.

Materialstrategien

Für die Realisierung der entwickelten parametrischen Reihenhaustypologie sind eine Reihe aktueller Material- und Fertigungsstrategien interessant. Der wirtschaftliche Aspekt als Baustoff für die Wohnungsbauindustrie beschränkt sich in der Regel auf Baustoffe wie Holz, Mauerwerk und Beton. (Zu den gewählten Materialien siehe Erläuterungen Kapitel 2.7 Produktionstechniken). Die Planungselemente der entwickelten Typologie lassen Rückschlüsse zu der Art der Vorfertigung zu. So bleiben zum Beispiel die Treppenläufe und Erschliessungszonen in ihren Abmessungen immer identisch, andere Bauteile wie Trennwände sind stufenlos anpassbar, während sich Deckensysteme in ihrer Stärke nach einem modularen statischen System richten.

4.1 Bauteile

Anwendung – Grad der Vorfertigung

Die entwickelte Typologie erzeugt individuelle Gebäudetypen, die entsprechend der spezifischen Rahmenbedingungen einen auf die jeweilige Situation optimierten Baukörper als Phänotypen erzeugen. Dabei variieren die Gebäudeelemente innerhalb definierter Parameter, die Größe und Geometrie betreffen.

Je nach Anforderung der verschiedenen Bauteile (z.B. Tragverhalten, Brandschutzeigenschaften, Wirtschaftlichkeit und Montageeigenschaften) werden Material und Produktionsmethode individuell gewählt.

Hierbei gibt es Bauteile in individueller CNC-Vorfertigung und konventioneller serieller Vorfertigung – je nach Anforderung der Individualisierung.

Montage

Die Montage ist umso wirtschaftlicher, je schneller und unkomplizierter sie erfolgen kann. Geringe Trocknungszeiten lassen die weiteren Gewerke schneller beginnen und die Gesamtbaustelle besser parallel organisieren.

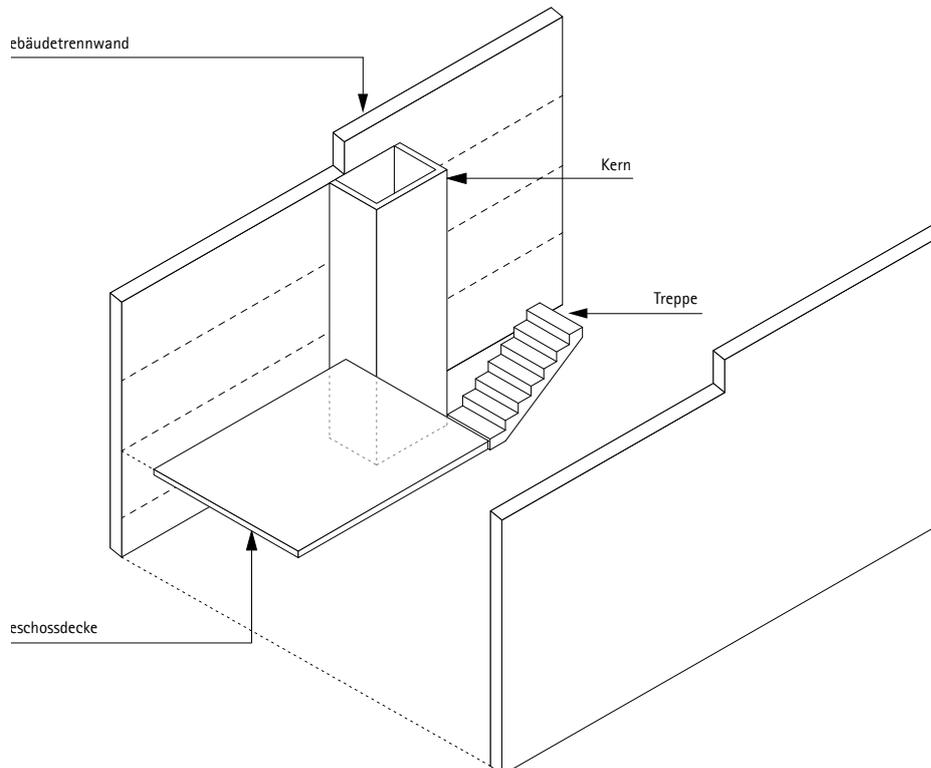
Der Montageablauf ist auf Grund der unterschiedlichen Geschossigkeiten immer geschossweise organisiert. Entsprechende Bauteilfugenausbildung ist vorzusehen. Die dafür notwendigen Montageschritte sind mit den ausgewählten Bauprodukten möglich und im Anhang Bauprodukte dargestellt.

Kern und Treppenläufe

Der zentrale Kern wird komplett seriell in Beton vorgefertigt. Durch die gleichbleibende Geometrie kann hier die benötigte Masse in einem komplett tragenden und getrockneten Bauteil erzeugt werden.

Die Treppenläufe sind in ihrer Geometrie festgelegt und sie werden komplett vorgefertigt.

Isometrie der Bauteile



Wandelemente

Großelemente aus Massivholz
z.B. Lignotrend: Wandsystem Q4
oder Finnforest: KertoinLeno



Kern

Stahlbetonfertigteil / -halbfertigteil



Deckenplatte

Holz-Beton-Verbunddecke
z.B. Lignotrend: HBF-Decke



Treppen

Stahlbetonfertigteil

4.2 Detailansätze / Bauteile-Fügung

Trennwand

Die Gebäudetrennwand ist in Holzmassivbauweise konzipiert (zum Beispiel KertoinLeno oder Lignotrend). Die Elemente werden kreuzweise verleimt und mit Hilfe von rechnergesteuerten Säge- und Frässystemen individuell vorgefertigt. Jedes Teil kann dabei unterschiedliche Dimensionen haben ohne die Bauteilkosten zu erhöhen. Die Montage auf der Baustelle erfolgt in der Regel mit Autokran.

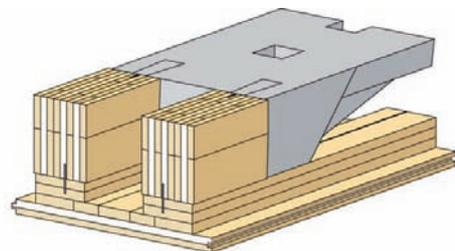
Decken

Bei der Decke wird eine Kombination aus Betonkomplettfertigteile und individuell vorgefertigtem Holzbauteil gewählt (Holz-Beton-Verbunddecke). Die Unterseite besteht aus einem Brettsperrholz-Rippenelement mit geschlossener Sicht-Gurtplatte; dahinter liegt eine Querlage. Zwei tragende Stege verbinden Ober- und Unterseite, dazwischen bilden sich Hohlräume für Längsinstallation und zur Befüllung mit Gewichtsschüttungen. Die Oberseite wird durch ein brückenartiges Beton-Fertigteil als Druckgurt ausgebildet, über HBV-Schubverbinder angeschlossen. Der darunter liegende Hohlraum kann für Querinstallation bis ca. 13cm und Gewichtsschüttung genutzt werden.

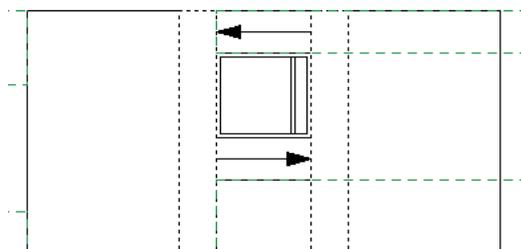
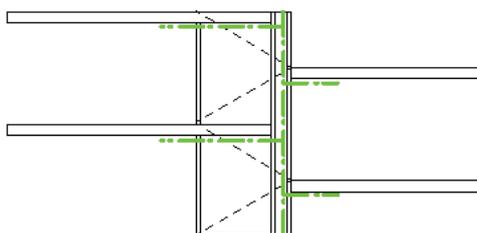
Kombination und Fügung

Neben der Rohbaumontage spielt die Verteilung der haustechnischen Medien beim Bauen mit vorgefertigten Teilen eine entscheidende Rolle. Die gewählten Bauteile und ihre Ausführung ermöglicht es die in Kapitel 3.7 Haustechnik beschriebenen parametrisch veränderbaren haustechnischen Systeme flexibel zu verteilen.

Im zentralen Kern kann hinter einer Vorsatzschale vertikal verteilt werden. Dieser Schacht dient als einziger gebündelter vertikaler Verteiler. Zur Horizontalverteilung wird die mittlere Schicht der HBF-Decke genutzt. Querschnitte bis 13cm machen das Verteilen aller Medien möglich. Ein Vorabüberschlag der Medienanforderungen hat gezeigt, dass die Schachtbelegungen auch bei Komplettausbau und maximaler Wohnungsgröße möglich ist.

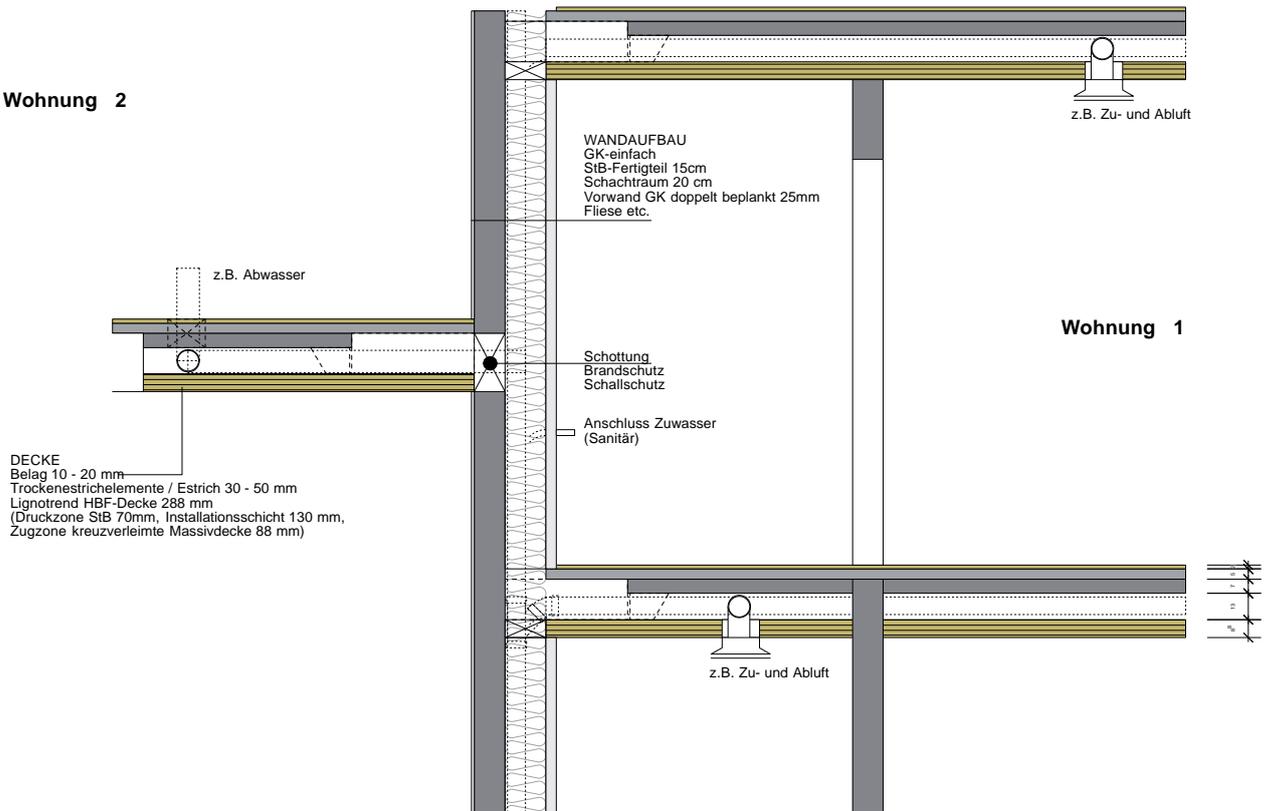


Isometrische Systemdarstellung der Deckenplatte
Quelle: Lignotrend



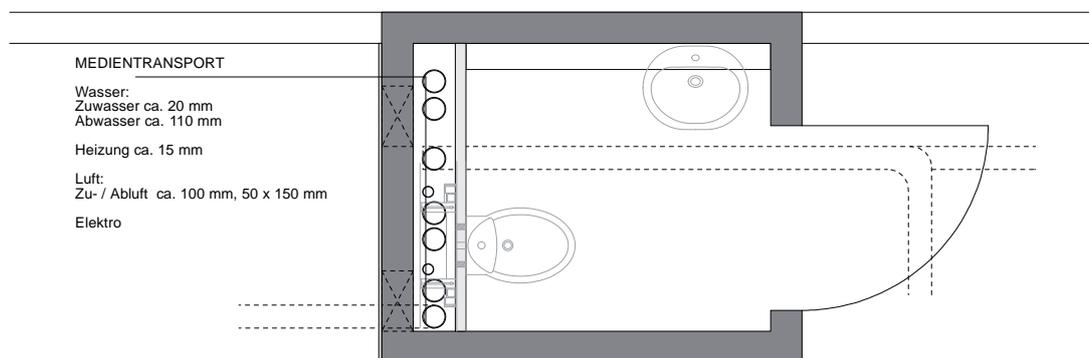
Schema Lage und Funktionsweise des Verteilerschachts in Schnitt und Grundriss

Wohnung 2



Prinzipdetail des Schachts mit Leitungen und Übergängen zwischen den beiden Wohnungen in Schnitt und Grundriss

Gebäudetrennwand LIGNOTREND



4.3 Haustechnik / Schall- und Brandschutz

Generell

Gerade bei vertikal gestapelten Wohnungen sind Schall- und Brandschutzanforderungen einzuhalten. Dies betrifft die einzelnen, insbesondere wohnungstrennenden, Bauteile als auch die wohnungsübergreifende Medienführung.

Bauteilanforderungen

Alle eingesetzten Bauteile erfüllen die Anforderungen an den vorbeugenden Brandschutz bis zur Gebäudeklasse 4. Die Maximalhöhe des Reihenhauses mit vier Geschossen plus Dach entspricht dieser Maximalanforderung. Die Gebäudetrennwand erfüllt die Anforderungen F30 von innen und F90 von außen. Die notwendigen Schalldämmmaße spielen für die Deckenausbildung eine maßgebliche Rolle. Das eingesetzte Deckensystem ist durch seinen modularen Aufbau in der Lage, verschiedene Schüttungen entsprechend der geltenden Normen aufzunehmen und nachweislich die gesetzlichen Vorgaben zu erfüllen.

Schachtbelegung

Die Maximalgrößen der Wohnungen sind durch die Grenzgrößen baubarer Volumen festgelegt. Für diesen Fall wurde eine Komplett-Schachtbelegung vordimensioniert, die nachweist, dass alle notwendigen Medienführungen in der vertikalen Verteilerzone unterzubringen sind.

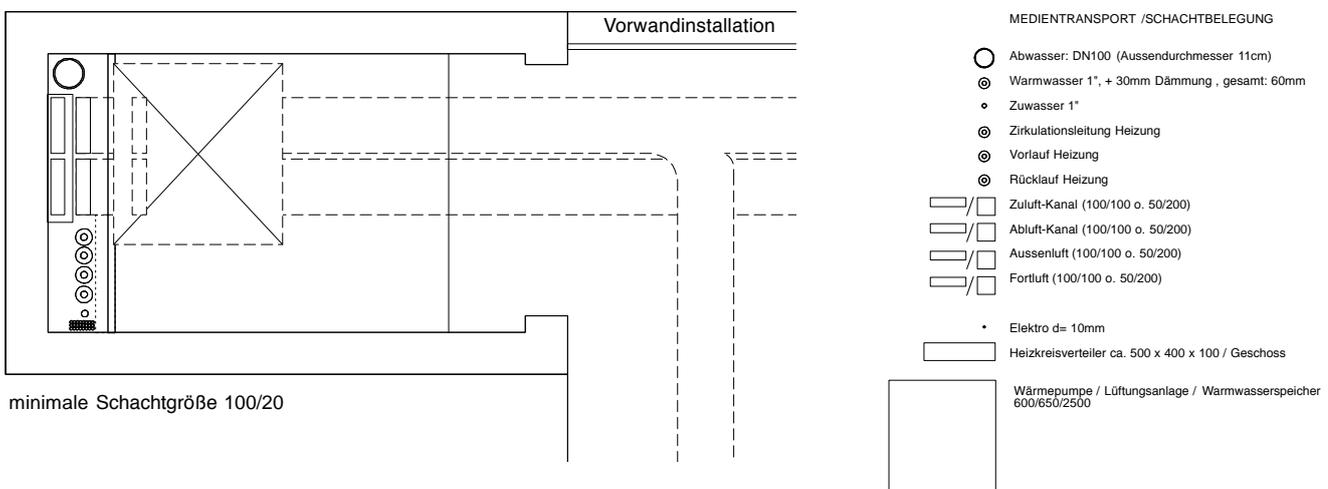
Vertikaler Schacht

Die Verteilung der Medien in die Wohnung und aus der Wohnung findet in einem zentralen Schacht statt. Da dieser Schacht als Verteiler für beide gestapelte Wohnungen dient, sind hier besondere Anforderungen zu beachten.

Zwei Prinzipien der brand- und schallschutztechnischen Schottung sind denkbar:

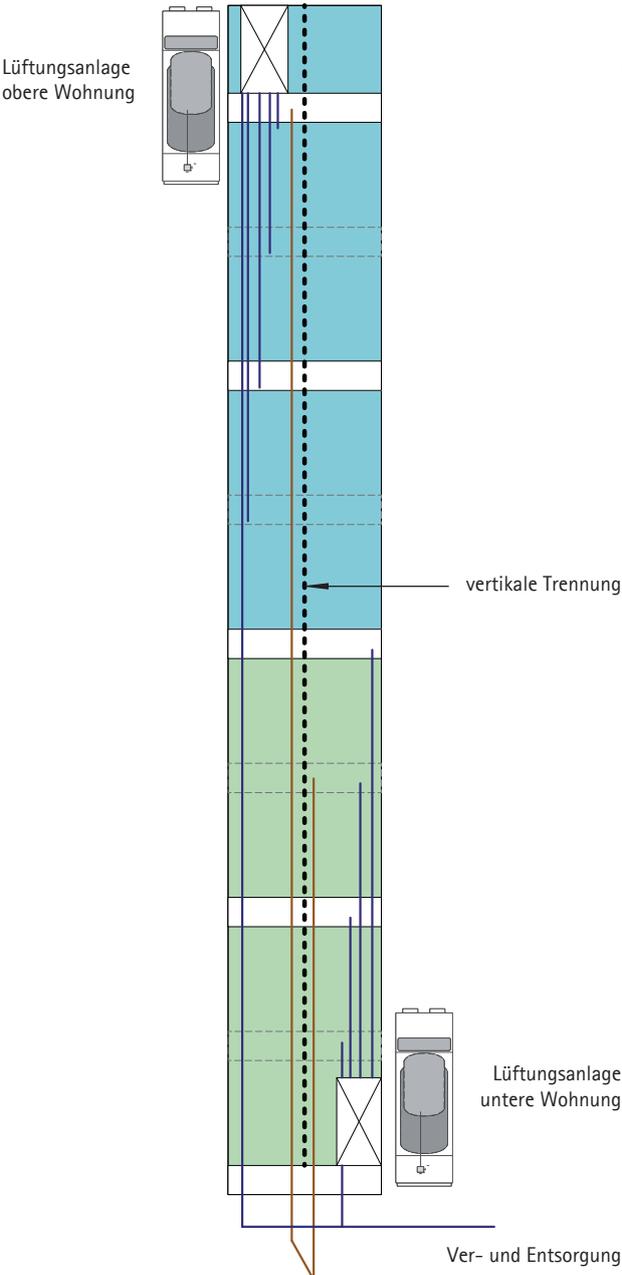
1. bei breiten Haustypen und entsprechend viel Platz im Schacht ist eine durchgehende vertikale Trennung im Schacht möglich. Diese kann in F90-Qualität und auch entsprechend der Schallschutzanforderungen ausgeführt werden.
2. Bei schmalere Haustypen und entsprechendem Schacht ist es sinnvoll, eine horizontale Schottung zwischen den Wohnungen vorzunehmen. Eine durchgehende Medienführung gibt es nur für Medienz- und -abführung (Wasser, Gas, etc.). Lüftung und Wärme, prinzipiell schallempfindlich durch Lüftungsgeräusche und "Telefoneffekte", sind durch getrennte Aggregate am obersten und untersten Punkt der Wohnung voneinander getrennt.

Medientransport und Schachtbelegung in Prinzipgrundriss, rechts: Legende Medien



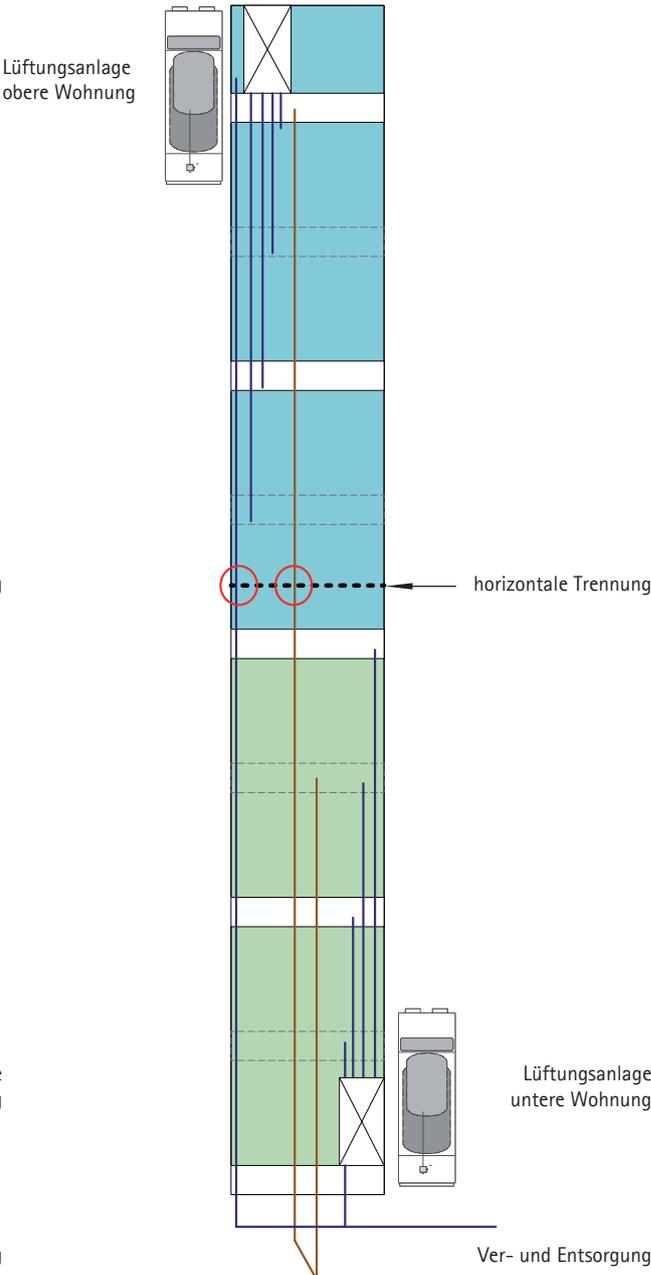
1. Vertikale Trennung innerhalb Schacht

(bei breiten Schachtquerschnitten)



2. Horizontale Trennung innerhalb Schacht

(bei schmalen Schachtquerschnitten mit erforderlichem Schall- und Brandschutz)



4.4 Kosten und Zeit

Generell

Um mit konventionellen Planungs- und Fertigungsprozessen konkurrieren zu können, muss das entwickelte System wirtschaftlich effizient sein bzw. in der Gesamtbetrachtung eine mindestens gleichwertige Gesamtbilanz aufweisen. Dabei sind neben den Bauteil- und Montagekosten auch die Kosten für das Vorhalten der Baustellenlogistik, sowie mögliche Finanzierungskosten miteinzubeziehen. Im Falle der in Kapitel 6 untersuchten Fallbeispiele spielt die Finanzierung eine eher untergeordnete Rolle, da die Grundstücke bereits in Besitz des Kooperationspartners (THS) sind.

Bauteilkosten

Die gewählten Rohbauweisen sind in der Regel in Produktion und Montage zur Zeit kostenintensiver als herkömmliche Bauweisen wie sie in der Regel durchgeführt werden. (KS-Planelemente, Filigrandecken). Die Erhöhung der Baukosten des parametrischen Typs kann aber durch andere Faktoren wieder vermindert werden. Die Bündelung der haustechnischen Verteilung, sowie ein hoher Anteil an ausbaufertigen Oberflächen durch Vorfertigung lässt die Gesamtkosten in der Kalkulation nur geringfügig über der konventionellen Bauweise liegen. Als weiteren nicht messbaren Vorteil erhält man aber die sehr

flexiblen Planungsmöglichkeiten eines extrem anpassungsfähigen Gebäudetypus.

Faktor Zeit

Bau- und Planungszeit ist als Kostenfaktor einer der wichtigsten Punkte bei einer Gesamtkalkulation. Bei der entwickelten Art der parametrisierten Planung und individuellen Vorfertigung verschieben sich die Abläufe. Die neue Phase der umfangreichen Vorfertigung ermöglicht ein wesentliches Verkürzen der Rohbauzeit. So ist die Montage eines Stapeltyps in der Regel in zwei Werktagen möglich. Durch fehlende Trocknungszeiten ist es möglich, umgehend danach mit den Ausbaugewerken zu beginnen. Die Planungszeit selbst ist mit momentanen Technologien nicht realistisch stark verkürzbar, da der momentane Planungsprozess durch bestehende Mustertypen effizient funktioniert. Die Parametrisierung und die dadurch entstehenden Auswertungs- und Steuerungsmöglichkeiten lassen es aber zu, die Vorplanungs- und Ausführungsplanungen wesentlich zu überlagern und dadurch Anpassungen bis kurz vor Fertigung einfacher zu ermöglichen. Die Gesamtbauzeit wird so bei gleichzeitiger starker Erhöhung der Flexibilität teilweise verkürzt.

Zeitdiagramm analoge und digitale Planungs- und Produktionskette

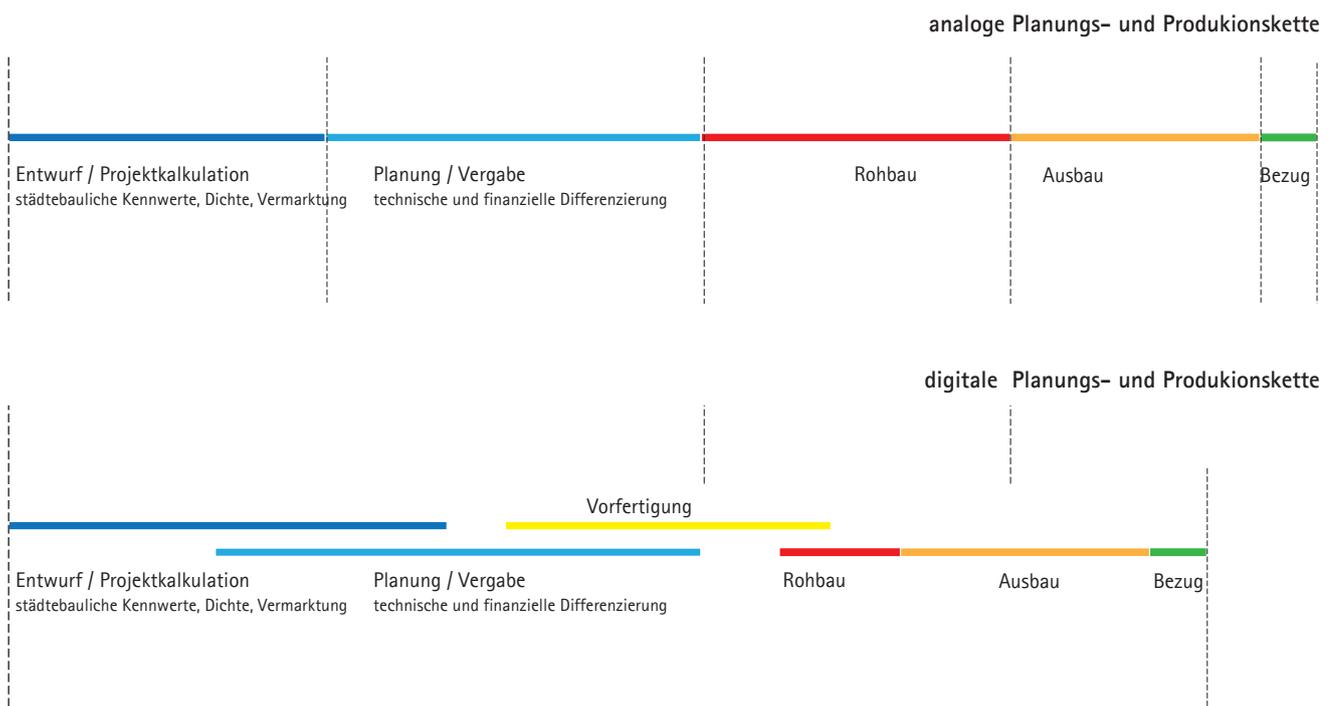
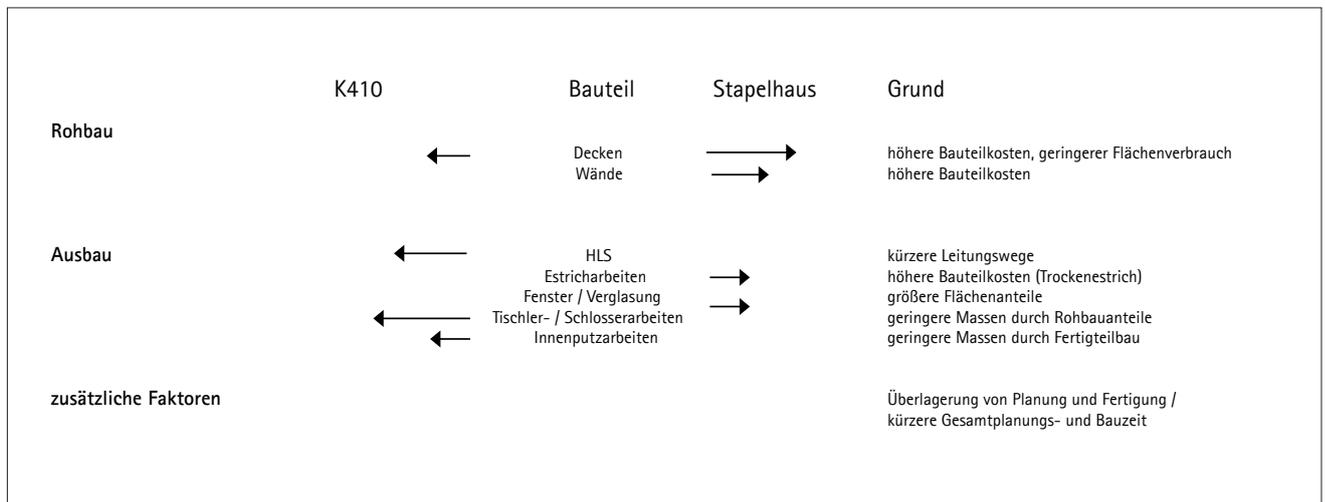


Diagramm zu wirksamen Kosteneinflüssen beim bestehenden K410 Typ der THS und neu geplanten Stapelhaus



Kostenvergleich bestehender K410 Typ der THS und neu geplantes Stapelhaus

K410 - Angebotskosten 16 WE, 1728 qm

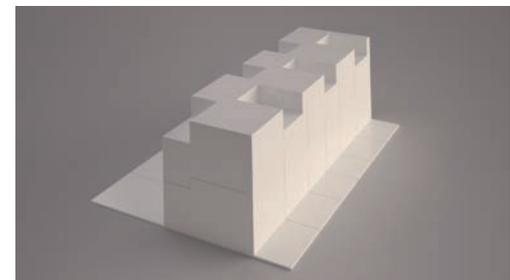
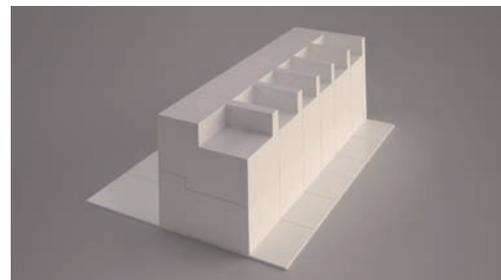
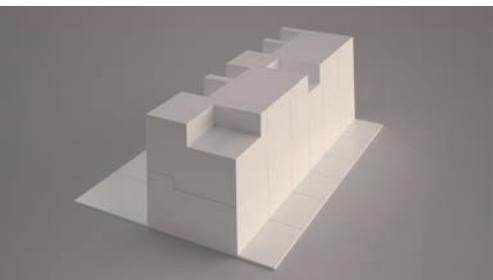
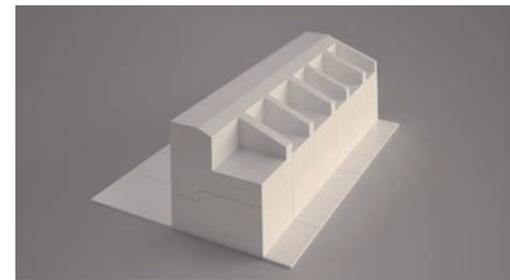
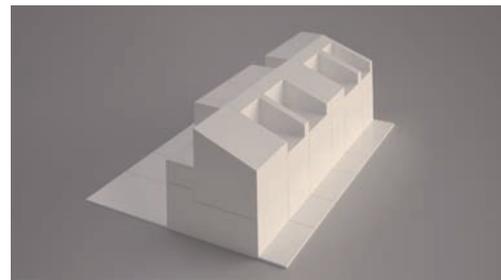
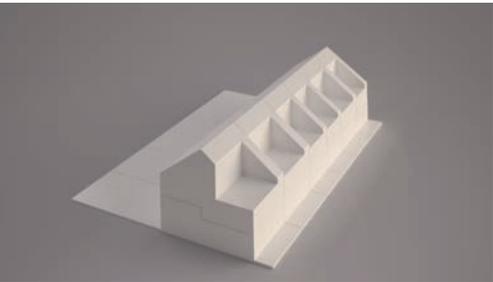
Gewerk	Baukosten Anteil in %	Plankosten (EURO)	P.-Kosten pro m2
Bauhauptgewerk	36,76	637.377,23 €	368,85 €
Zimmerarbeiten	2,59	44.907,70 €	25,99 €
Dachdecker-Klempnerarbeiten	4,35	75.424,13 €	43,65 €
Summe Rohbauarbeiten	43,70	757.709,06 €	438,49 €
Außenputzarbeiten	6,22	107.847,83 €	62,41 €
Innenputzarbeiten	2,12	36.758,43 €	21,27 €
Trockenputzarbeiten	6,61	114.610,00 €	66,33 €
Fenster und Verglasung	4,88	84.613,73 €	48,97 €
Tischlerarbeiten	2,97	51.496,47 €	29,80 €
Schlosserarbeiten	4,56	79.065,29 €	45,76 €
Fliesenarbeiten	3,49	60.512,69 €	35,02 €
Estricharbeiten	2,10	36.411,65 €	21,07 €
Bodenbelagsarbeiten	0,97	16.818,71 €	9,73 €
Malerarbeiten	3,29	57.044,92 €	33,01 €
Heizungsinstallation	8,13	140.965,09 €	81,58 €
Sanitärinstallation	6,83	118.424,55 €	68,53 €
Elektroinstallation	4,13	71.609,57 €	41,44 €
Summe Ausbaurbeiten	56,30	976.178,94 €	564,92 €
Gesamtsumme	100,00	1.733.888,00 €	1.003,41 €
Summe nach Kalkulation		1.733.888,00 €	
Wohnfläche m²	1728,00		
Umbauter Raum m³	6688,80		

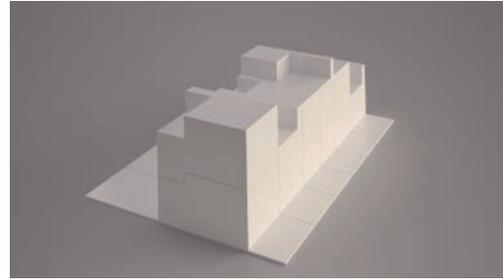
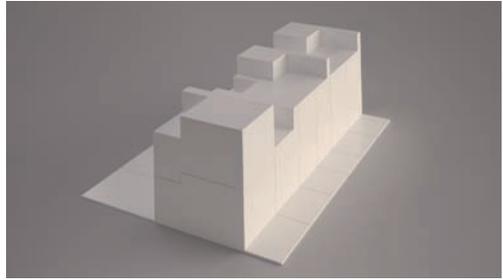
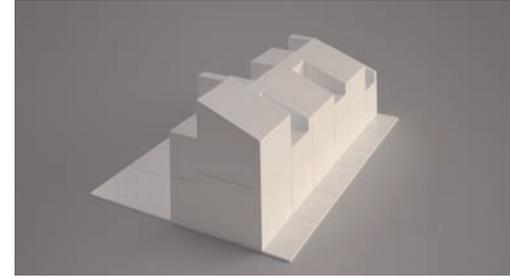
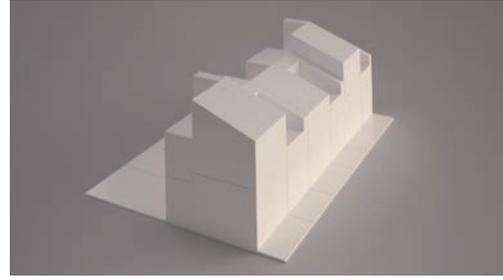
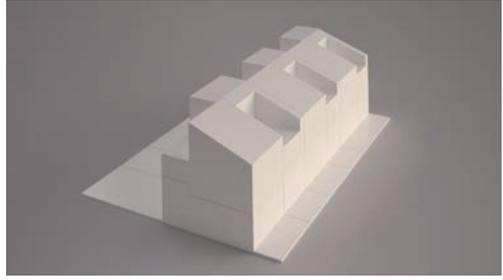
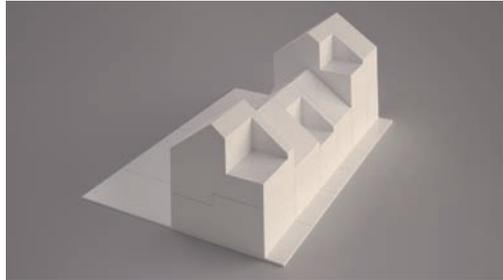
Stapelhaus 4G+Dach - Schätzkosten

8 Stapelhäuser mit je 2 WE, 1728 qm

Gewerk	Baukosten Anteil in %	Plankosten (EURO)	P.-Kosten pro m2
Bauhauptgewerk / Zimmerarbeiten	40,84%	723.100,00 €	418,46 €
		0,00 €	0,00 €
Dachdecker-Klempnerarbeiten	5,20%	92.000,00 €	53,24 €
Summe Rohbauarbeiten	46,04%	815.100,00 €	471,70 €
Außenputzarbeiten	6,13%	108.500,00 €	62,79 €
Innenputzarbeiten	1,90%	33.680,00 €	19,49 €
Trockenputzarbeiten	6,78%	120.100,00 €	69,50 €
Fenster und Verglasung	5,14%	91.000,00 €	52,66 €
Tischlerarbeiten	2,38%	42.120,00 €	24,38 €
Schlosserarbeiten	3,78%	67.000,00 €	38,77 €
Fliesenarbeiten	3,46%	61.200,00 €	35,42 €
Estricharbeiten	2,37%	42.000,00 €	24,31 €
Bodenbelagsarbeiten	1,03%	18.200,00 €	10,53 €
Malerarbeiten	3,21%	56.800,00 €	32,87 €
Heizungsinstallation	7,46%	132.000,00 €	76,39 €
Sanitärinstallation	6,45%	114.200,00 €	66,09 €
Elektroinstallation	3,87%	68.500,00 €	39,64 €
Summe Ausbaurbeiten	53,96%	955.300,00 €	552,84 €
Gesamtsumme	100,0%	1.770.400,00 €	1.024,54 €
Summe nach Kalkulation			
Wohnfläche m²	1728,00		
Umbauter Raum m³			

5 Anwendung (Plug-In)





5 Anwendung (Plug-In)

Entwicklungsschritte

Ziel der Planungssystematik war es, ein Plug-In Werkzeug für die Erzeugung von gestapelten Reihenhäusern zu entwickeln.

Hierfür wurden folgende hintereinandergeschaltete Schritte ausgeführt, die durch Rückkopplungen jeweils verifiziert wurden:

- * Entwicklung der Systematik
- * Modellierung der Reihenhaustypen
- * Programmierung des Erzeugungswerkzeugs
- * Programmierung weiterer Werkzeuge, z.B. zur Optimierung

Systematik

Für die Typologie des gestapelten Reihenhauses wird nach verschiedenen Kriterien (Vielfalt, Flexibilität, Energieeffizienz, Produktionstechniken, Wirtschaftlichkeit) eine parametrische Gebäudesystematik entwickelt. Diese wird so konzipiert, dass sie in verschiedenen Größen und Geschossigkeiten stufenlos anpassbar ist an die Gegebenheiten des Grundstücks und die Wünsche des Nutzers. (Siehe Kapitel 2 Grundlagen)

Modellierung

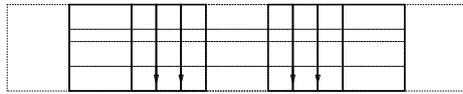
Die parametrische Gebäudetypologie wird in Revit Architecture als Familie 3D modelliert und mit gemeinsam genutzten Parametern definiert. Typusspezifische Abhängigkeiten der Parameter werden hier durch Formeln in den Familieneigenschaften festgelegt. (Siehe Kapitel 3 Typologieentwicklung)

Generierung / Optimierung

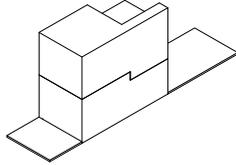
Die Erzeugung von Reihen wird über Programmierung in der API Schnittstelle kontrolliert. Hierfür wird ein Plug-In Werkzeug entwickelt, das die als Revit Familie modellierten Gebäude auf dem Grundstück mit gewählten Eigenschaften (Geschossigkeit, Dachneigung, Wohnfläche etc.) platziert. Reihenspezifische Abhängigkeiten der Parameter werden hier durch Formeln kontrolliert. Die Generierung mit Wahl der einzelnen Eigenschaften ist unter 5.3 Plug-In: CreateRow dargestellt.

Eine Optimierung einzelner oder mehrerer Eigenschaften zusammen kann in weiteren Werkzeugen folgen. Dabei werden die bei der Generierung aufgestellten reihenspezifischen Abhängigkeiten der Parameter erhalten; es ändert sich die Art der Verknüpfung bzw. die Formel, z.B. anstatt Random-Faktor bei der Generierung wird ein fester Faktor bei der Optimierung verwendet. (Optimierungsbeispiele in den folgenden Kapiteln)

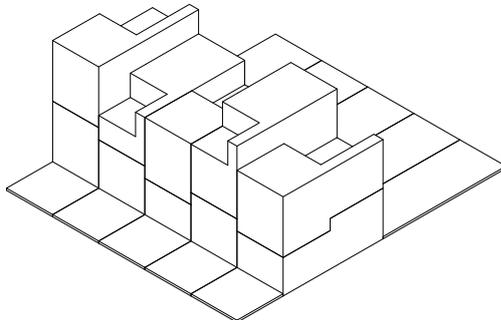
SYSTEMATIK
> Entwicklung



MODELLIERUNG
> Revit Architecture



GENERIERUNG
> Programmierung API



OPTIMIERUNG
> Programmierung API

5.1 Technische Grundlagen

Generell

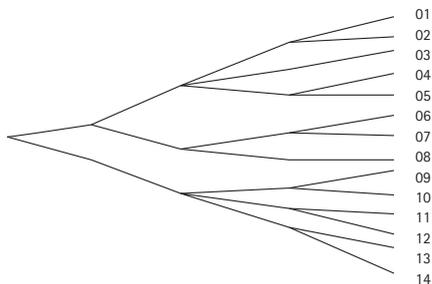
Vorbilder für die Generierung von Grundriss-typologien nach definierten Regeln sind Formengrammatiken, z.B. von William Mitchell und José Duarte. Hierbei erzeugt eine bestimmte Abfolge von Regeln das Endergebnis. Das Prinzip entspricht einem Baumdiagramm.

(Siehe Diagramm unten links, sowie Anhang B.3 Vergleich Formengrammatiken)

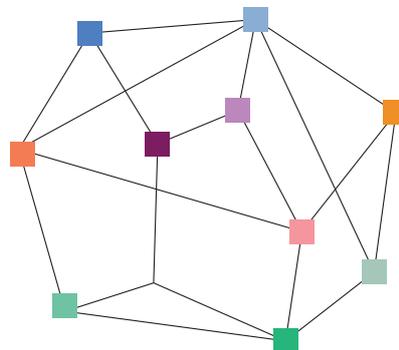
Durch die Definition und Kontrolle von Parametern ist es möglich, die Typologie als vielfach verknüpftes dreidimensionales Netzdiagramm darzustellen.

Hierbei werden Änderungen dynamisch geregelt, im Gegensatz zum Baumdiagramm, das linear kontrolliert wird. (Siehe Diagramm unten rechts)

Schwerpunkt der Arbeit ist es, die Art der Verknüpfung verschiedener Parameter herauszuarbeiten und deren Programmierung in Form von Abhängigkeiten und Formeln in einer Plug-In Programmierung umzusetzen. Durch die Verwendung eines BIM-Programms ist das Ergebnis vielfältig auswertbar.



Prinzip Baumdiagramm
Formengrammatik bei Mitchell und Duarte



Prinzip Netzdiagramm
Parametrische 3D-Modellierung

5.2 Netzdiagramm der Parameter

Generell

Die einzelnen Reihentypen sind als Familieninstanzen in Revit Architecture dreidimensional modelliert und mit Parametern definiert.

Diese Parameter können sowohl auf der graphischen Benutzeroberfläche GUI (durchgezogene Linien) mit Formeln verknüpft werden, als auch innerhalb der offenen Programmierschnittstelle API (gestrichelte Linien).

Die Benutzeroberfläche bietet die Möglichkeit einfacher Verknüpfungen und Abhängigkeiten mit Integration von Wenn/Dann-Beziehungen. Allerdings ist das Maß der Komplexität durch mögliche Kreisverweise eingeschränkt.

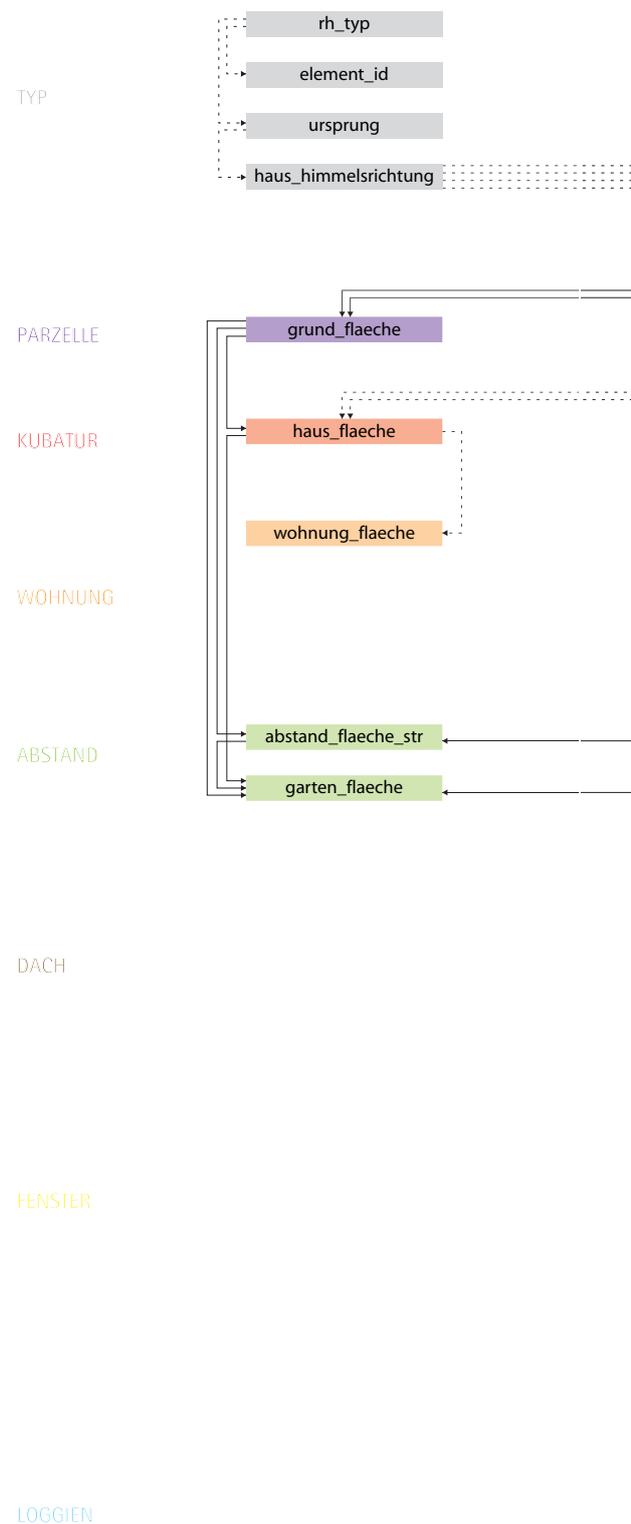
In der Programmierschnittstelle können weitere, komplexere Beziehungen und Abhängigkeiten definiert werden, die durch ein externes Werkzeug kontrolliert werden. Dies ermöglicht nicht nur die Steuerung der einzelnen Familieninstanzen (und damit eines einzelnen Reihenhauses), sondern die einer ganzen Reihe von Häusern.

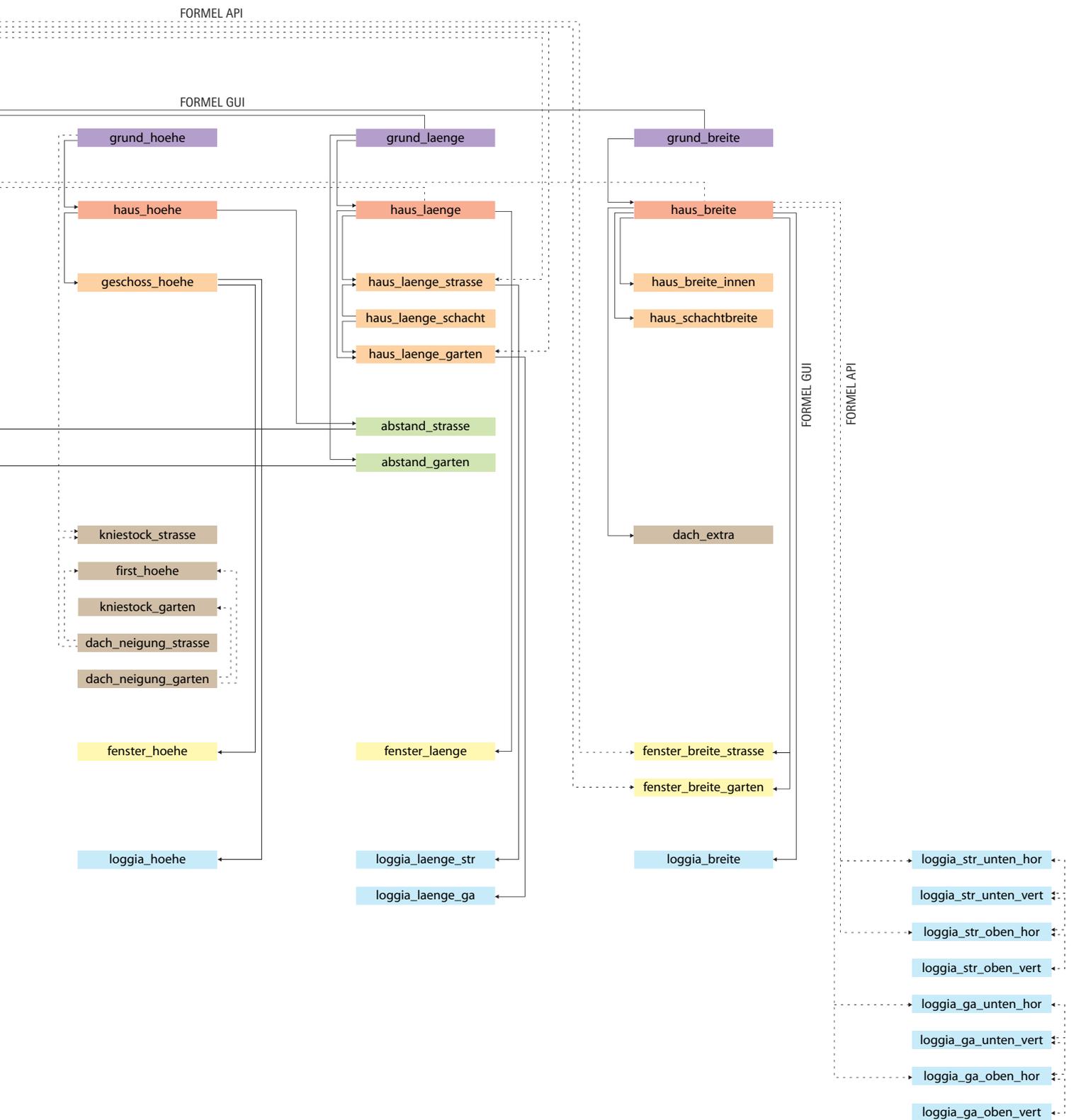
Diagramm

Das Netzdiagramm rechts zeigt die vielfältigen Verknüpfungen der definierten Parameter innerhalb eines Reihentyps.

Das Prinzip der dynamischen Verknüpfungen durch Abhängigkeiten und Formeln bedeutet bei Änderung einzelner Parameterwerte eine individuelle Anpassung von verknüpften Parameterwerten. Dabei gibt es eine Hierarchie bei den Verknüpfungen, die mit einer Pfeilrichtung angegeben ist. Das bedeutet, dass bei der Generierung der Reihe z.B. der Parameterwert der Gebäudebreite den Parameterwert der Gebäudegrundfläche und damit der Wohnungsfläche beeinflusst – und nicht umgekehrt.

Dabei ist die Festlegung der Hierarchie für weitere Optimierungsschritte oder eine andere Art der Generierung nicht statisch. Innerhalb der Verknüpfungen lässt die offene Struktur des Regelwerks verschiedenste Hierarchiedefinitionen mit jeweils anderen Ergebnissen zu.





5.3 Plug-In: CreateRow

Reihenhaus-Parameter

festgelegte Baufeld-Werte:

Breite 54m

Tiefe 28m

Himmelsrichtung 190°

GRZ 0,3

Variable Parameter:

Geschossigkeit

2+D 2-3 3+D 3-4 4+D 2-4

Dachneigung 0°

0° (Flachdach) 45°

Gebäudetiefe 14

12 16

Wohnungsgröße

W1 84-180 qm

W2 84-180 qm

Lage der Dachterrasse

zum Garten zur Strasse nach Sonnenstand Zufall

Generell

Die Generierung einer Reihe wird durch eine Programmierung in der API Schnittstelle vorgenommen.

Hierzu wurde ein Plug-In Werkzeug mit einer Maske entwickelt, das die modellierten Gebäudefamilien in eine Revit-Projektdatei einlädt und platziert.

Funktionsweise

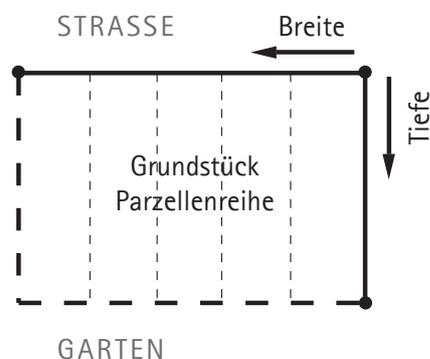
Das Werkzeug ist als externes Werkzeug in der graphischen Benutzeroberfläche in Revit integriert und wird durch den Benutzer aufgerufen.

Die Reihengenerierung benötigt zunächst Angaben über das Grundstück. Dazu wird auf einem genordeten Lageplan die Breite und die Länge des Baufeldes mittels einer ausgewählten Linie angegeben. Danach errechnet das Werkzeug die Ausrichtung (Himmelsrichtung) des Grundstücks. Diese Parameter werden durch den Benutzer auf den vorhandenen Planunterlagen graphisch ermittelt und sind dadurch festgelegt. Sie bilden die Grundlage für die manuell regelbaren Werte der variablen Parameter.

In der daraufhin erscheinenden Maske (siehe links) können diverse Einstellungen gewählt werden, die die Gebäudeeigenschaften betreffen, wie Geschossigkeit, Dachneigung, Gebäudetiefe, Wohnungsgröße und Lage der Dachterrasse.

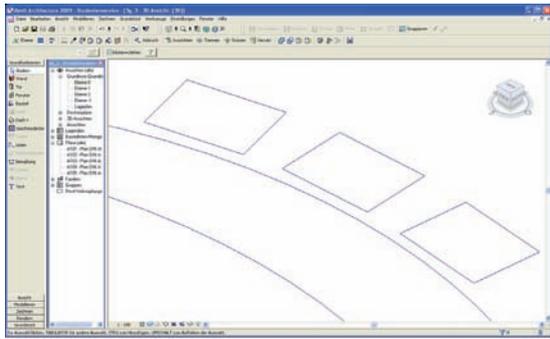
Aus den angegebenen Werten werden automatisch die möglichen Wohnungsgrößen sowie die GRZ des bebauten Grundstücks berechnet.

Mit diesen Angaben generiert das Werkzeug einen optimierten Vorschlag einer möglichen Reihenanordnung.

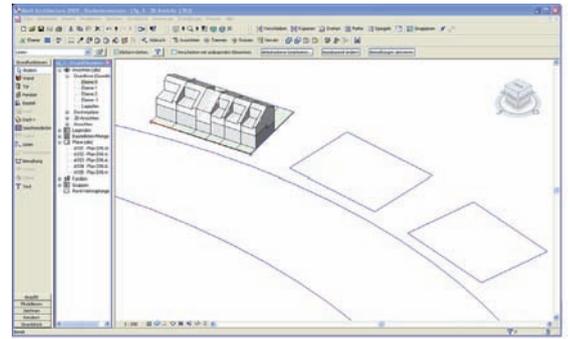


Informationen über das Grundstück der Reihe, die das Werkzeug zur Erzeugung im ersten Schritt benötigt:

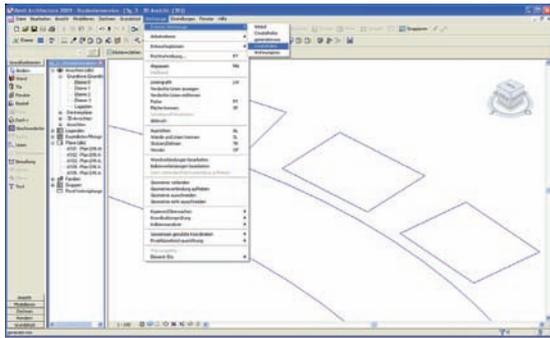
1. Baufeld-Breite
2. Baufeld-Tiefe



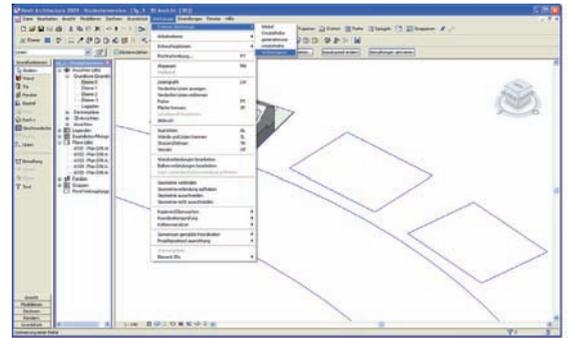
1. Lageplan mit Baufeldern



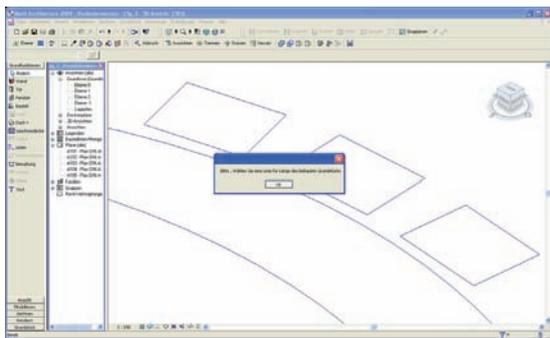
6. Ausführung Werkzeug / Reihenerzeugung



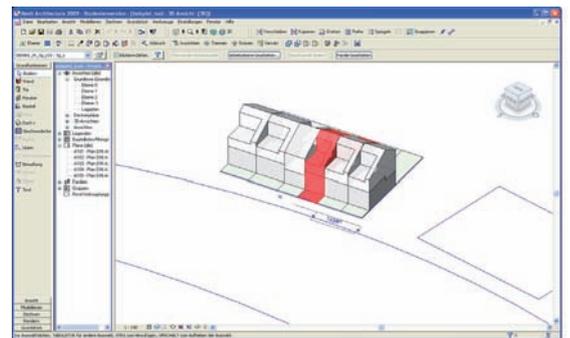
2. Öffnen des externen Werkzeugs "CreateRow"



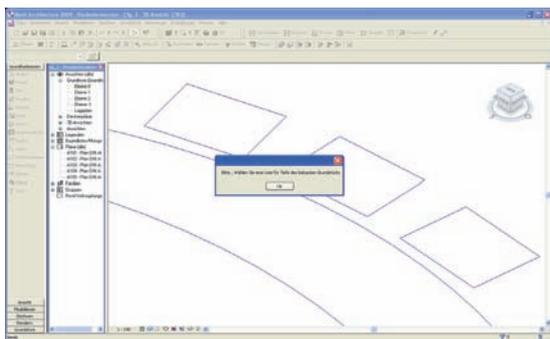
7. Anwendung weiterer externer Werkzeuge auf die Reihe



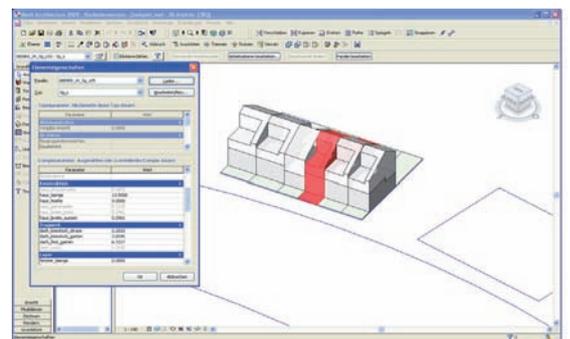
3. Angabe der Breite des Baufelds



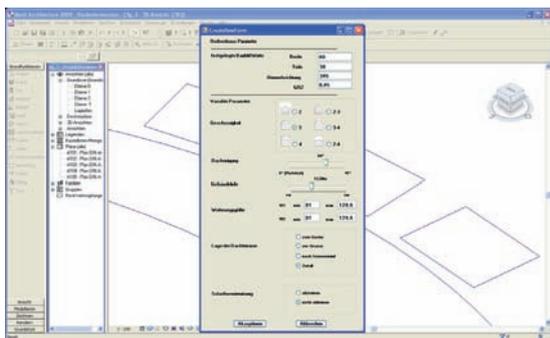
8. Manuelle Wahl einzelner Gebäude der Reihe



4. Angabe der Tiefe des Baufelds



9. Manuelle Anpassung von Parametern in der GUI



5. Maske des Plug-In Werkzeugs / Wahl Parameter

Screenshots der Reihenerzeugung mit Angabe der Baufeld-Breite und -Tiefe

GEBÄUDEBREITE

Fenster
Reihenhaus-Parameter

festgelegte Baufeld-Werte:

Breite 54m
Tiefe 28m

Himmelsrichtung 190°
GRZ 0,3

Variable Parameter:

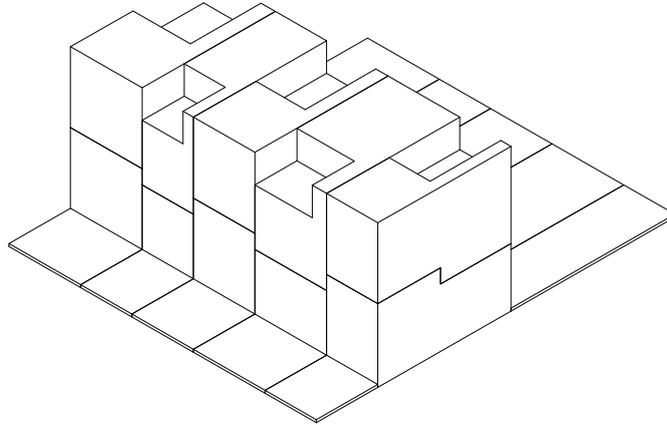
Geschossigkeit
 2+D 2-3
 3+D 3-4
 4+D 2-4

Dachneigung 0°
 0° (Flachdach) 45°

Gebäudetiefe 14
 12 16

Wohnungsgröße
 W1
 W2

Lage der Dachterrasse:
 zum Garten
 zur Strasse
 nach Sonnenstand
 Zufall



> TYP	> AUSWAHL	> VERTEILUNG	
> 5-8 M	> RANDOM	> RANDOM	GENERIERUNG
> 5-8 M	> FEST	> FEST	OPTIMIERUNG
> 5-8 M	> WENN / DANN	> WENN / DANN - FORMEL	

GESCHOSSIGKEIT

Fenster
Reihenhaus-Parameter

festgelegte Baufeld-Werte:

Breite 54m
Tiefe 28m

Himmelsrichtung 190°
GRZ 0,3

Variable Parameter:

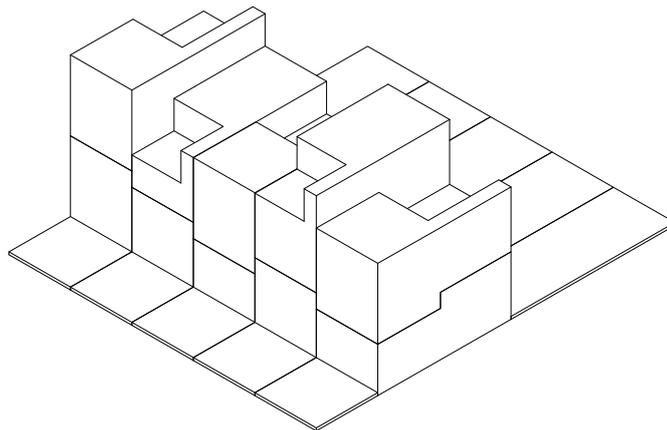
Geschossigkeit
 2+D 2-3
 3+D 3-4
 4+D 2-4

Dachneigung 0°
 0° (Flachdach) 45°

Gebäudetiefe 14
 12 16

Wohnungsgröße
 W1
 W2

Lage der Dachterrasse:
 zum Garten
 zur Strasse
 nach Sonnenstand
 Zufall



> TYP	> AUSWAHL	> VERTEILUNG	
> 2 / 3 / 4	> FEST	> FEST	GENERIERUNG
> 2-3 / 3-4 / 2-4	> RANDOM	> RANDOM	
> 2-3 / 3-4 / 2-4	> WENN / DANN	> WENN / DANN - FORMEL	OPTIMIERUNG

DACHNEIGUNG

Fenster

Reihenhaus-Parameter

festgelegte Baufeld-Werte:

Breite 54m

Tiefe 28m

Himmelsrichtung 190°

GRZ 0,3

Variable Parameter:

Geschossigkeit

2+D 2-3

3+D 3-4

4+D 2-4

Dachneigung 0°

0° (Flachdach) 45°

Gebäudetiefe 14

12 16

Wohnungsgröße

W1 112-180 qm

W2 112-180 qm

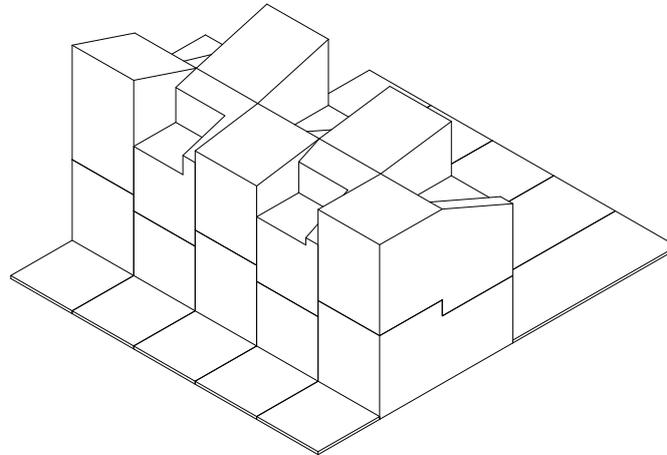
Lage der Dachterrasse

zum Garten

zur Strasse

nach Sonnenstand

Zufall



> FIRSHÖHE	> DACHNEIGUNG STRASSE	> DACHNEIGUNG GARTEN	
> FESTLEGUNG	> AUSWAHL	> AUSWAHL	GENERIERUNG
> AUSWAHL	> RANDOM	> RANDOM	OPTIMIERUNG
> FESTLEGUNG	> WENN / DANN - FORMEL	> WENN / DANN - FORMEL	

AUSRICHTUNG

Fenster

Reihenhaus-Parameter

festgelegte Baufeld-Werte:

Breite 54m

Tiefe 28m

Himmelsrichtung 190°

GRZ 0,3

Variable Parameter:

Geschossigkeit

2+D 2-3

3+D 3-4

4+D 2-4

Dachneigung 0°

0° (Flachdach) 45°

Gebäudetiefe 14

12 16

Wohnungsgröße

W1 112-180 qm

W2 112-180 qm

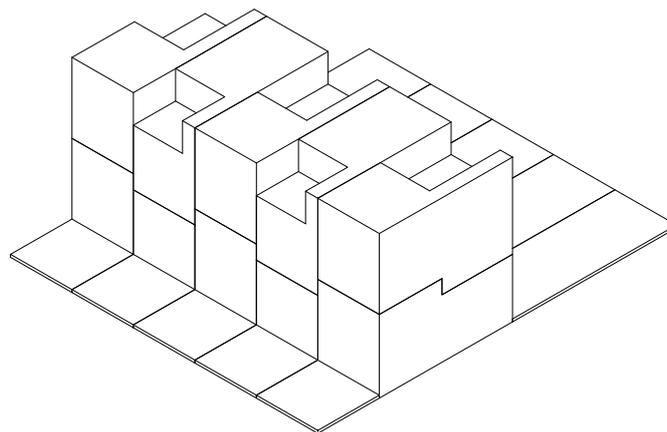
Lage der Dachterrasse

zum Garten

zur Strasse

nach Sonnenstand

Zufall



> AUSWAHL	> VERTEILUNG	
> FEST	> FEST	GENERIERUNG
> FEST	> FEST	
> % ANTEIL	> RANDOM	GENERIERUNG / OPTIMIERUNG
> RANDOM	> RANDOM	

Programmierung

Das Plug-In nutzt die Schnittstelle von Autodesk, die mit C# oder VisualBasic programmierbar ist. Das Plug-In wurde in Microsoft VisualStudio als Framework und mit C# programmiert. Es nutzt die RevitAPI.dll von Revit 2009.

Alle Elemente in Revit können über die External-CommandData-Klasse angesprochen werden. Jedes Element in Revit erhält eine eindeutige ID-Nummer, mit der man dieses Element ansprechen kann.

Nach Überprüfung, ob die Projektdatei die verwendeten Familien schon beinhaltet, werden alle Familien (.rfa-Dateien) ins Projekt geladen. Alternativ kann ein template mit allen Familiendateien verwendet werden und die Überprüfung entfallen.

Die vom User ausgewählten Linien werden als Autodesk.Revit.LocationCurve gespeichert. Die beiden Linien werden im Speicher gehalten bis zum Ende des Plug-In-Vorgangs, da sie in weiteren Schritten gebraucht werden. Die Programmierung der Eingabemaske und der darin vorgenommenen Berechnungen zu GRZ, Himmelsrichtung und Wohnungsgrößen ist in Anhang C näher erläutert.

Für die Generierung der Reihe wird ein Algorithmus eingesetzt, der folgendes leistet:

Die Gesamtlänge des Grundstücks soll so aufgeteilt werden, dass variable Hausbreiten von 5 bis 8 Meter eingesetzt werden können und die Länge vollständig ausgefüllt wird. Dazu kann man auf das sogenannte Rucksack-Problem zurückgreifen:

Aus einer Menge von Objekten, die jeweils ein Gewicht und einen Nutzwert haben, soll eine Teilmenge ausgewählt werden, deren Gesamtgewicht eine vorgegebene Gewichtsschranke nicht überschreitet. Unter dieser Bedingung soll der Nutzwert der ausgewählten Objekte maximiert werden.

Beim Rucksack-Problem sind die Einheiten fest und man sollte die richtigen Kombinationen auswählen. Beim Algorithmus zur Verteilung der Hausvolumen sind die Einheiten variabel, wodurch das Rucksack-Problem als Ansatz verwendet, aber überarbeitet werden muss.

Alternativ wurde ein weiterer Lösungsansatz gewählt. Es wird eine Kombination von Größen, die per Zufall zwischen 5 und 8 Meter liegen, generiert und kontrolliert, ob diese Kombination die gesamte Länge überschreitet oder nicht. Wenn nicht, wird der Rest per Zufall auf die Einheiten aufgeteilt. Wenn der Rest aber so groß ist, dass man eine komplette Einheit (> 5m) darin abbilden kann, wird diese generiert und die Reihe dementsprechend angepasst.

5.4 Plug-In: Optimierung

Generell

Nach der Generierung einer Reihe können weitere externe Werkzeuge aufgerufen werden, mit denen die erzeugte Reihe weiter präzisiert und optimiert wird.

Das Werkzeug für eine Optimierung wurde ebenso wie die Generierung durch eine Programmierung in der API-Schnittstelle vorgenommen.

Funktionsweise

Bei Aktivierung des Optimierungswerkzeuges wird eine Maske aufgerufen, die die generierten Wohnungsgrößen hinsichtlich Wohnungsmischung nach Wohnungsgrößen anteilig nach Wunsch optimiert. Die Wohnungsgrößen werden in verschiedene Bereiche aufgeteilt, deren prozentuale Aufteilung errechnet und über eine graphische Oberfläche steuerbar wird. Da die Gesamtaufteilung immer 100% beträgt ist es notwendig, die Anzahl der offenen Variablen zu beschränken. Dies erfolgt direkt vom Benutzer manuell über Sperren der jeweiligen Anteile.

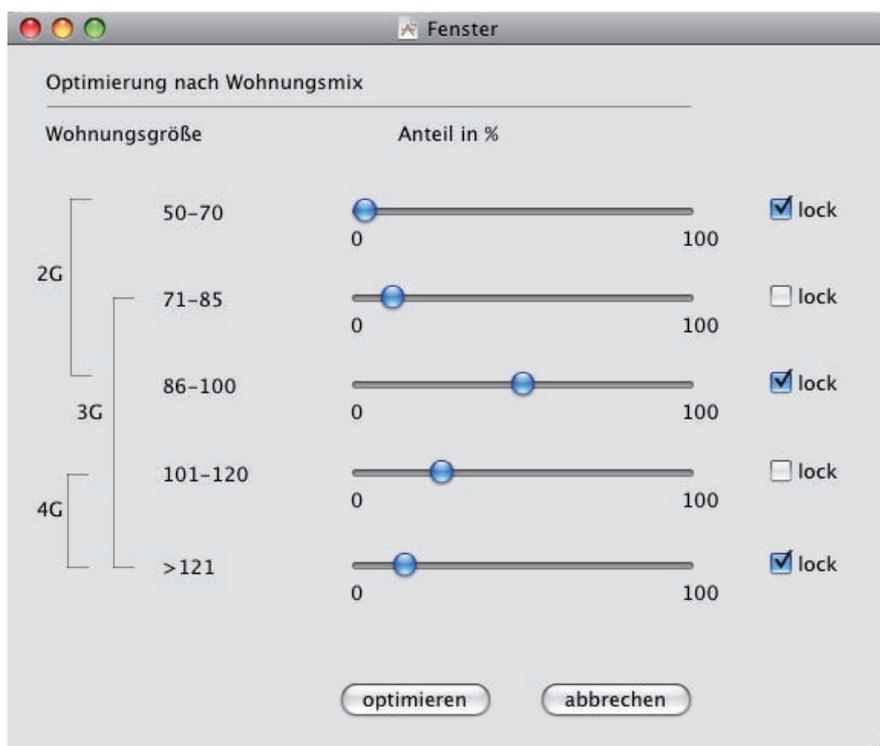
Programmierung

Es wird eine bestimmte prozentuale Aufteilung von Wohnungsgrößen gesucht. Das Problem kann als sogenanntes Partitions-Problem beschrieben werden, das ein Optimierungs- bzw. Entscheidungsproblem der Kombinatorik ist.

Die Aufgabenstellung beim Partitions-Problem lautet: Gegeben sei eine Menge von Zahlen, gesucht wird eine Aufteilung dieser Zahlen auf zwei Bereiche, so dass die Differenz der Summen der Zahlen in den beiden Bereichen möglichst klein ist. Wenn wir die Lösungsmenge der Aufteilung so beschränken, dass die Differenz zwischen beiden Bereichen Null ist, dann kann man das leicht veränderte Partitions-Problem für unsere Aufgabe benutzen.

Die beiden Zahlenbereiche kann man so bilden, dass die wählbaren Wohnungsgrößen (also in diesem Fall 1- bis 5-Zimmer-Wohnungen) in zwei Bereiche aufgeteilt und damit neue Kombinationen erreicht werden, indem man die Teile von einem Bereich zum anderem austauscht.

Die Realisierung erfolgt durch eine Kombination von Brute force (Maximierung der Rechenleistung durch trial and error) und Branch-and-Bound Methode (Partitions-Problem)



Maske für das Optimierungswerkzeug "Wohnungsgrößenmischung"

5.5 Mögliche weitere Plug-Ins

Generell

Durch die Parameterdefinitionen innerhalb der modellierten Revit-Familien ist es möglich, weitere Werkzeuge für verschiedenste Präzisionen einzurichten. Dabei können Parameter definiert sein, die aber zunächst "unsichtbar", da mit dem Parameterwert Null belegt, und erst durch eine Programmierung sichtbar gemacht werden.

Dies hat den Vorteil, dass in unterschiedlichen Detaillierungen der Gebäude gearbeitet werden kann, von städtebaulichen Massenmodellen bis hin zu Gebäudemodellen mit Fassaden und Haustechnik.

Kombinatorik

Die in Kapitel 3.11 vorgestellte Kombinatorik von hintereinandergeschalteten Baukörpern in der Tiefe des Grundstücks wurde durch die entstehende Komplexität nicht in das Generierungswerkzeug integriert. Hierfür bedarf es eines weiteren Werkzeugs, das ab einer Baufeldtiefe von 24m eine zweite Gebäudereihe generiert.

Energie-Optimierung

Eine Optimierungsstufe, die die entstehenden Volumen nach energetischen Aspekten optimiert, kann durch die Verknüpfung des bauteilorientierten Datenbankmodells mit der parametrischen Typologie erstellt werden.

Einschnitte / Loggien

Die in Kapitel 3.5 vorgestellte Aufteilung der Fassade durch Einschnitte ist ebenfalls ein weiteres Werkzeug zur schnellen Erzeugung vielfältiger Fassadenvarianten. Die Lage und Tiefe der Loggien können hier nach Wahl geordnet oder frei verteilt sein.

BEBAUUNGSTIEFE

Fenster

Reihenhaus-Parameter

festgelegte Baufeld-Werte:

Breite 54m

Tiefe 28m

Himmelsrichtung 190°

GRZ 0,3

Variable Parameter:

Geschossigkeit

2+D 2-3

3+D 3-4

4+D 2-4

Dachneigung 0°

0° (Flachdach) 45°

Gebäudetiefe 24

12 35

Wohnungsgröße

W1 112-180 qm

W2 112-180 qm

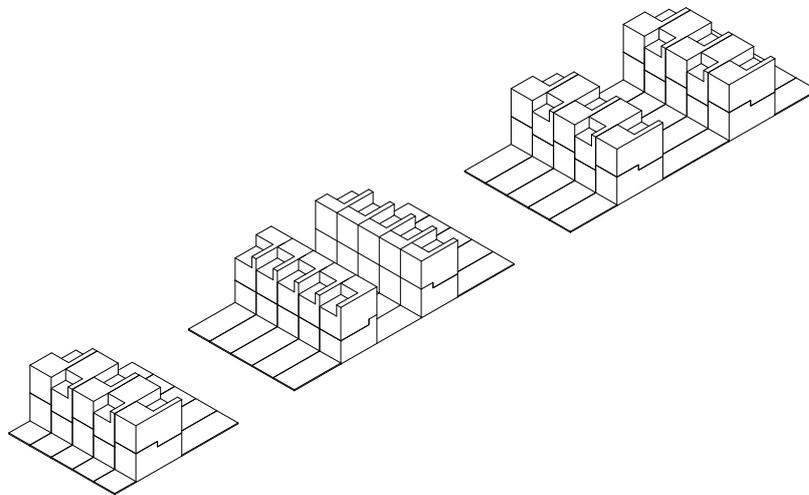
Lage der Dachterrasse

zum Garten

zur Strasse

nach Sonnenstand

Zufall



> EINFACH

> ZWEIFACH KURZ

> ZWEIFACH TIEF

> 12 - 16 M

> 24 - 32 M

> 32 - 35 M

GENERIERUNG

FASSADE

Fenster

Reihenhaus-Parameter

festgelegte Baufeld-Werte:

Breite 54m

Tiefe 28m

Himmelsrichtung 190°

GRZ 0,3

Variable Parameter:

Geschossigkeit

2+D 2-3

3+D 3-4

4+D 2-4

Dachneigung 0°

0° (Flachdach) 45°

Gebäudetiefe 14

12 16

Wohnungsgröße

W1 112-180 qm

W2 112-180 qm

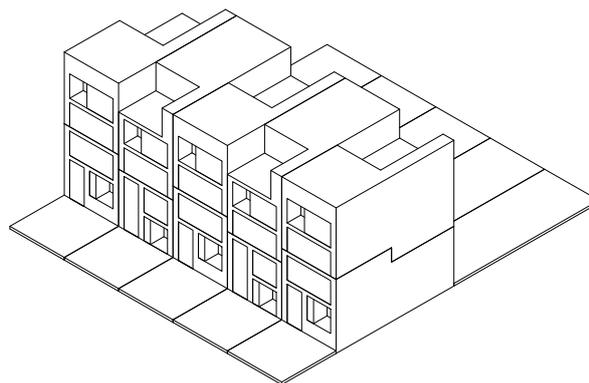
Lage der Dachterrasse

zum Garten

zur Strasse

nach Sonnenstand

Zufall



> LAGE LOGGIA UNTERE WHG

> LAGE LOGGIA OBERE WHG

> FESTLEGUNG

> FESTLEGUNG

GENERIERUNG

> FESTLEGUNG / > RANDOM

> RANDOM / > FESTLEGUNG

OPTIMIERUNG

> RANDOM

> RANDOM

> WENN / DANN - FORMEL

> WENN / DANN - FORMEL





6 Fallstudien

Generell

Zur Überprüfung der Praxistauglichkeit werden die entwickelten Typologien des gestapelten Reihenhauses werden auf konkrete Fallgrundstücke der Wohnungsbaugesellschaft angewendet. Die Grundstücke befinden sich allesamt im Ruhrgebiet und haben vorstädtischen bis dörflichen Charakter. Dabei werden drei verschiedene Fallstudien mit unterschiedlichen Geschossigkeiten, Dachformen und Ausrichtungen untersucht. Wichtig ist dabei, dass ein möglichst breites Spektrum an typologischen und städtebaulichen Variationen abgedeckt wird. Die Rahmenbedingungen sind in der Regel über Bebauungspläne und Gestaltungssatzungen bzw. über §34 des BauGB geregelt. Diese Rahmenbedingungen können über das programmierte Plug-In angegeben und die mögliche Varianz erprobt werden.

Fallstudie 1

Geschossigkeit: 2 Geschosse (+ Dach)
Dachform: Satteldach mit mind. 20° Dachneigung
Ausrichtung Garten: 310° Nordwest

Fallstudie 2

Geschossigkeit: 3 Geschosse (+ Dach)
Dachform: 20-30° Dachneigung
Ausrichtung Garten: 225° Südwest

Fallstudie 3

Geschossigkeit: 4 Geschosse
Dachform: Flachdach
Ausrichtung Garten: 190°-225° Süd

Grundstückszuschnitt

Bei der Untersuchung bildet ein rechtwinkliger Gebäudetyp die Grundlage für die Beplanung. Hauptgrund dafür ist die entsprechend sinnvoll zu gestaltende mögliche Parzellierung mit parallel verlaufenden Grenzen. Ein nicht rechtwinkliger Grenzabschluss an Garten- und Strassenseite wird über einen Mittelwert errechnet, die geometrische Anpassung der Grundstücksgrenzen erfolgt manuell. Generell sind mit einer parametrischen Typologie auch nicht rechtwinklige Baukörper möglich. Diese sind aber nicht Teil des Forschungsprojektes.

Bandbreite bei gleicher Wohnungsgröße

Die Grundrisse und Schnitte auf der rechten Seite zeigen das Spektrum der Anwendung. Zur Vergleichbarkeit wird der Typus so ausgelegt, dass bei allen Geschossigkeiten eine Wohnungsgröße von ca. 100qm erzielt werden kann, was einer sinnvoll vermarktbar Lösung entspricht.

Um dieselbe Wohnfläche verteilt auf eine unterschiedliche Anzahl von Geschossen zu erhalten, müssen die Faktoren der Gebäudebreite und -tiefe variieren. Beide Faktoren sind als veränderbare Parameter definiert: die Gebäudetiefe im Bereich von 12m bis 16m und die Gebäudebreite von 5m bis 8m. Letztere hat Einfluss auf die Innenraumaufteilung und Anzahl der nebeneinanderliegenden Zimmer hat.

Um 100qm Wohnfläche bei verschiedenen Geschossigkeiten zu erhalten, ergeben sich folgende Zusammenhänge:

- 2 Geschosse:
ca. 16m Tiefe / ca. 8.0m Breite / max. 3 Räume
- 3 Geschosse:
ca. 14m Tiefe / ca. 6.5m Breite / max. 2 Räume
- 4 Geschosse:
ca. 12m Tiefe / ca. 5.0m Breite / max. 2 Räume

Bandbreite Wohnungsgrößen

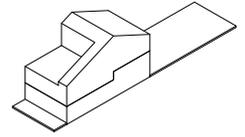
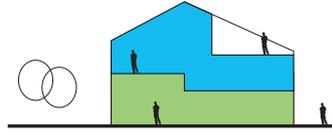
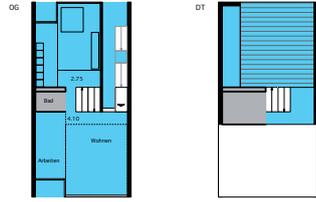
Das entwickelte Werkzeug ermöglicht auch, die Bandbreite der Möglichkeiten und Wohnungsgrößen weiter zu fassen.

So liegt beim zweigeschossigen Typ das Spektrum der Wohnungsgröße bei ca. 50qm - 100qm, beim dreigeschossigen Typ bei ca. 75qm - 150qm und beim viergeschossigen Typ bei ca. 100qm - 200qm. (Siehe hierzu Diagramme auf der folgenden Doppelseite)

Anwendung

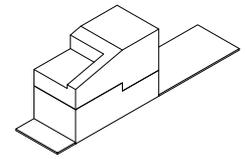
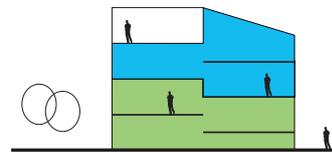
Die Fallstudien boten die Möglichkeit, das Werkzeug auf seine Wirksamkeit zu testen und in Rückkopplungen anzupassen und zu verbessern.

Auf den nachfolgenden Seiten ist eine Auswahl der möglichen Varianten dargestellt. Besonderheit des Werkzeug ist es, nicht nur eine optimale Lösung anzubieten, sondern ein Variantenreihe von optimierten Lösungen, aus denen ausgewählt werden kann bzw. deren Favoriten weiter optimiert werden können.



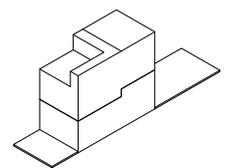
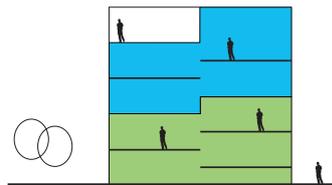
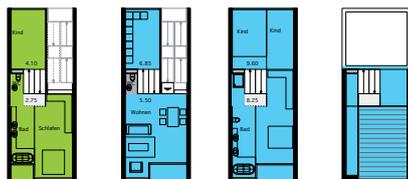
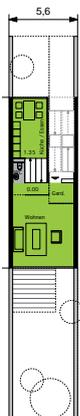
2G+D ca. 100qm

FALLSTUDIE 1



3G+D ca. 100qm

FALLSTUDIE 2

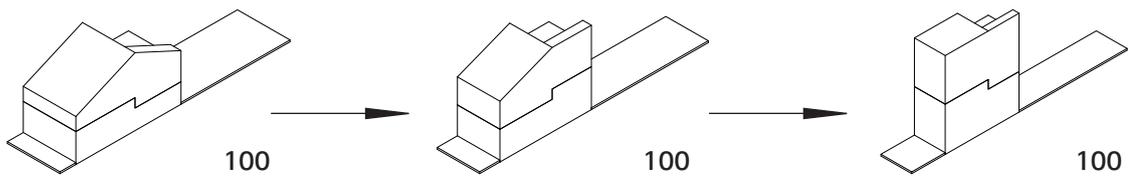


4G+D ca. 100qm

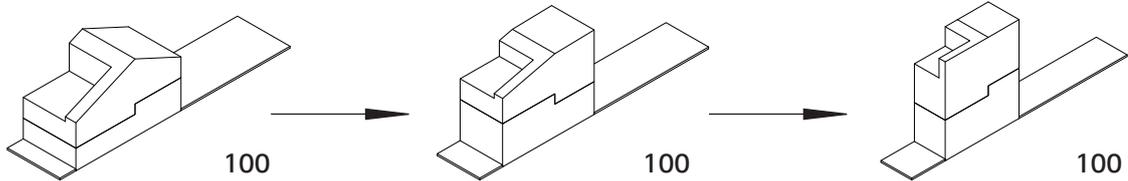
FALLSTUDIE 3

Bandbreite der Gebäudevolumen bei gleicher Wohnungsgröße

TYP
DACHTERRASSE
GARTENSEITE



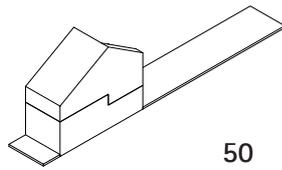
TYP
DACHTERRASSE
STRASSESEITE



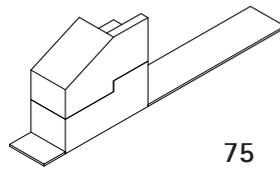
GESCHOSSE	2	3	4
WOHNFLÄCHE JE WE	ca. 100 qm	ca. 100 qm	ca. 100 qm
BREITE	8 m	6.5 m	5 m
TIEFE	16 m	14 m	12 m
DACHNEIGUNG	SCHÄG / SCHÄG	SCHÄG / FLACH	FLACH / FLACH
ABSTAND STRASSE	0.4 * HÖHE	0.4 * HÖHE	0.4 * HÖHE

Bandbreite der Wohnungsgrößen: Minimal- und Maximaltypen

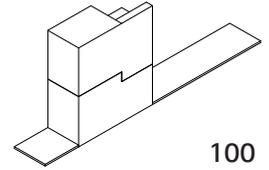
TYP
DACHTERRASSE
GARTENSEITE



50



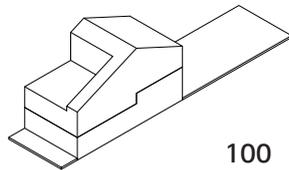
75



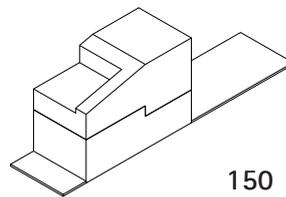
100



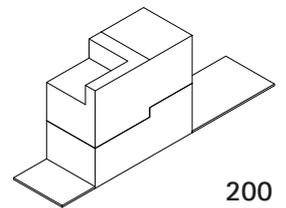
TYP
DACHTERRASSE
STRASSESEITE



100



150



200

GESCHOSSE	2	3	4
WOHNFLÄCHE JE WE	ca. 50 - 100 qm	ca. 75 - 150 qm	ca. 100 - 200 qm
BREITE	5 - 8 m	5 - 8 m	5 - 8 m
TIEFE	12 - 16 m	12 - 16 m	12 - 16 m
DACHNEIGUNG	SCHÄG / SCHÄG	SCHÄG / FLACH	FLACH / FLACH
ABSTAND STRASSE	0.4 * HÖHE	0.4 * HÖHE	0.4 * HÖHE

6.1 Grundlagen THS / Benchmarking

Portfoliomodell THS

Die Wohnungsbaugesellschaft THS verwendet bei ihren Bestandsimmobilien ein Portfoliomodell, das verschiedene Kriterien mit Punkten belegt, um daraus eine Gesamtbewertung für die Immobilie zu erstellen. Bei der Typologie des Forschungsprojektes handelt es sich nicht um Bestand, sondern um Neubau, jedoch können relevante Kriterien auch hier angewendet werden.

Das Portfoliomodell beinhaltet folgende Kriterien:

- Vermietungserfolg
- Technischer Zustand
- Makrostandort
- Mikrostandort

Hierbei sind die Kriterien Vermietungserfolg, Makrostandort (Entwicklungsperspektiven) und auch Kriterien des Mikrostandort (mit Verkehrsaufkommen und Mietspiegel) für die Typologie des Forschungsprojektes nicht relevant bzw. beeinflussbar.

Technischer Zustand Bestand THS

Bewertungskriterien für Wohnimmobilien, die den technischen Zustand definieren, lassen sich gut in die Planungssystematik einarbeiten und können als Vergleichswerte herangezogen werden. dabei werden folgende Aspekte in Betracht gezogen:

- Badezimmer
- Fassadenzustand
- Heizung / Warmwasser
- Wärmedämmung
- Fenster
- Balkon / Garten
- Altengerecht / Barrierefrei
- Grundrisslösung
- Wohnumfeld
- Ausstattungsstandard

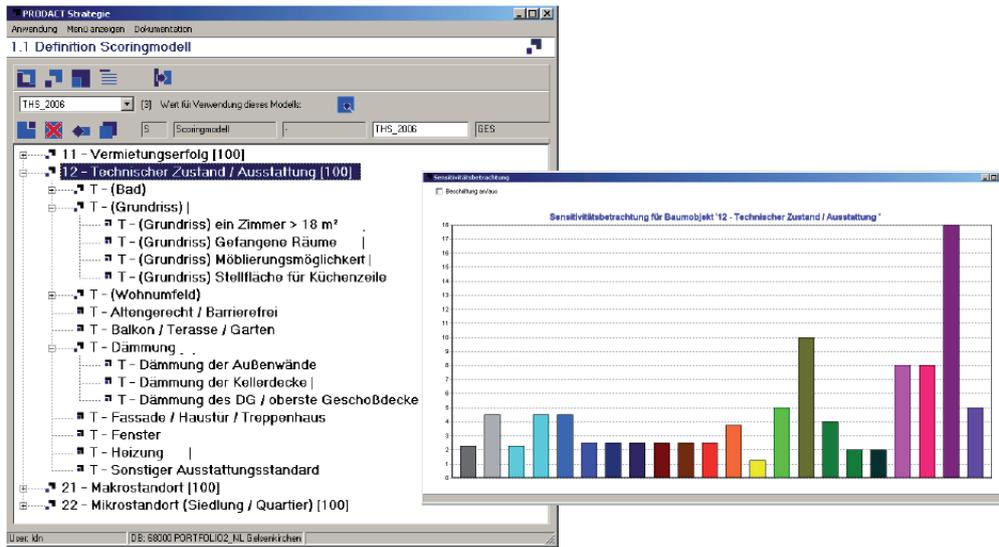
Technischer Zustand Neuplanung

Innerhalb dieser Aspekte wurden diejenigen ausgewählt, die bei der Neuplanung des gestapelten Reihenhauses innerhalb der parametrischen Typologie relevant und quantifizierbar sind:

- Badezimmer
(Fenster in Badezimmer)
- Balkon / Garten
(Loggien, Dachterrasse bzw. Garten)
- Altengerecht / Barrierefrei
(Typ 2 Geschosse:
EG barrierefrei, OG altengerecht)
(Typen 3 und 4 Geschosse:
altengerecht, jedoch durch Mehrgeschossigkeit der Wohnungen per se nicht barrierefrei)
- Grundrisslösung
(Ein Zimmer > 18qm)
(Gefangene Räume)
(Möblierungsmöglichkeit)
(Stellfläche für Küchenzeile)
- Wohnumfeld
(KfZ-Stellplätze / Garage)

Auswertung

Diese Aspekte können auf die mit dem Plug-In Werkzeug generierten Reihenhäuser angewendet werden. Dazu ist ein Bewertungstool nötig, das die Aspekte quantifiziert. Die den entstehenden Typologien zugrunde liegende Datenbank lässt eine solche Auswertung zu. Die Programmierung dazu war nicht Teil des Forschungsprojektes. Alle relevanten und beeinflussbaren Aspekte sind innerhalb der Typologie zumeist voll erfüllt.



THS - Portfolioanalyse - Scoringmodell (ab 2005)

Analyse-dimension	Kriterium [Gewichtung]	Merkmalsausprägungen	Punktzahl	Quelle
11 - Vermietungserfolg [100]	V - Nachhaltige Vermietbarkeit [25]	V=dauerhaft gesichert, L=0, F=gering, M=+20%	100,00 Punkte	Bewertung KB
		V=dauerhaft gesichert, L=0, F=gering	90,00 Punkte	
		V=langfristig gesichert, L+F=unterdurchschnittlich	80,00 Punkte	
		V=mittelfristig gesichert, L+F=durchschnittlich	60,00 Punkte	
		V=Investition noetig, L+F=gering	50,00 Punkte	
		V=Investition o. Mietsenkung noetig, L+F=zunehmend	40,00 Punkte	
V=eingeschaenkt, L=strukturell und langfristig unvermietbar	20,00 Punkte			
			0,00 Punkte	
12 - Technischer Zustand / Ausstattung [100]	T - (Bad) [18]			Bewertung KB/BB
	T - (Bad) Ausstattung [12,5]	ueberdurchschn. (+ mind. 2 zusätzl. Ausstatt.)	100,00 Punkte	
		Standard + ein zusätzl. Ausstattungsmerkmal	75,00 Punkte	
		durchschnittlich (THS- Standard- Bad)	50,00 Punkte	
		unterdurchschnittlich	0,00 Punkte	
	T - (Bad) Fenster im Badezimmer [25]			Bewertung KB/BB
		bei allen Wohnungen vorhanden	100,00 Punkte	
		teilweise vorhanden	90,00 Punkte	
		teilweise vorhanden	80,00 Punkte	
		teilweise vorhanden	70,00 Punkte	
		bei 3/4 der Wohnungen vorhanden	75,00 Punkte	
		bei 2/3 der Wohnungen vorhanden	67,00 Punkte	
		teilweise vorhanden	60,00 Punkte	
		bei der Haelfte der Wohnungen vorhanden	50,00 Punkte	
		teilweise vorhanden	40,00 Punkte	
	bei 1/3 der Wohnungen vorhanden	33,00 Punkte		
	teilweise vorhanden	30,00 Punkte		
	bei 1/4 der Wohnungen vorhanden	25,00 Punkte		
	teilweise vorhanden	20,00 Punkte		
	teilweise vorhanden	10,00 Punkte		
	nicht vorhanden	0,00 Punkte		
T - (Bad) Fliesenfarbe [12,5]				Bewertung KB/BB
	modern (weiss)	100,00 Punkte		
	ueberwiegend modern (90)	90,00 Punkte		
	ueberwiegend modern (80)	80,00 Punkte		
	ueberwiegend modern (70)	70,00 Punkte		
	ueberwiegend modern (60)	60,00 Punkte		
	nicht mehr zeitgemass (beige / blau)	50,00 Punkte		
	ueberwiegend unmodern (40)	40,00 Punkte		
	ueberwiegend unmodern (30)	30,00 Punkte		
	ueberwiegend unmodern (20)	20,00 Punkte		
	ueberwiegend unmodern (10)	10,00 Punkte		
	unmodern (gruen / rosa)	0,00 Punkte		
T - (Bad) Fliesenhöhe [25]				Bewertung KB/BB
	mindestens 1,60m hoch allseitig	100,00 Punkte		
	verschiedene Fliesenhoehen (75)	75,00 Punkte		
	weniger als 1,60m und/oder nicht allseitig	50,00 Punkte		
	verschiedene Fliesenhoehen (25)	25,00 Punkte		
	ungefliest	0,00 Punkte		
T - (Bad) muß bei Neubezug erneuert werden [25]				Bewertung KB/BB
	nicht erneuerungsbeduerftig	100,00 Punkte		
	90% bereits erneuert	90,00 Punkte		
	80% bereits erneuert	80,00 Punkte		
	70% bereits erneuert	70,00 Punkte		
	3/4 bereits erneuert	75,00 Punkte		
	2/3 bereits erneuert	67,00 Punkte		
	60% bereits erneuert	60,00 Punkte		
	müßte, aber wird nicht erneuert / 50% erneuert	50,00 Punkte		
	40% bereits erneuert	40,00 Punkte		
	1/3 bereits erneuert	33,00 Punkte		
	30% bereits erneuert	30,00 Punkte		
	1/4 bereits erneuert	25,00 Punkte		
	20% bereits erneuert	20,00 Punkte		
	10% bereits erneuert	10,00 Punkte		
	dringend erneuerungsbeduerftig	0,00 Punkte		

Ausschnitt aus der Bewertungstabelle der THS

6.2 Fallstudie 1 (2 Geschosse)

Lage

Das Grundstück der Fallstudie 1 liegt in Herne in einer ruhigen Wohnstrasse in der Nähe des Schloss Strünkede. Die bestehende Bebauung aus den 1920er Jahren wird in absehbarer Zeit durch Neubauten ersetzt.

Geschossigkeit

Die Bauweise der Bestandsgebäude mit zwei Geschossen und Satteldach muss auch bei Neubauten eingehalten werden.

Himmelsrichtung

Die Grundstücke haben eine Südost-Ausrichtung zur Strasse und eine Nordwest-Ausrichtung zum Garten.

Strassen

Die bisherige Bebauung ist ein Siedlungsbau mit aufgereihten identischen Doppelhäusern mit z.T. breiten Lücken zwischen den Gebäuden. Bei einer Neuplanung sind die rechtwinklig ankommenden Seitenstrassen zu beachten. Diese sollen einen Blick in die Tiefe der Grundstücke zulassen.

Grundstückstiefe

Ein besonderes Merkmal ist die große Tiefe des Grundstücks von über 40m. In den Bestandsgrundstücken des Ruhrgebiet stellt ist dies häufig anzutreffen. In der Regel werden diese Tiefen und deren Potentiale nicht sinnvoll ausgenutzt.

Die Untersuchung einer Hintereinanderschaltung von Reihenhäusern zu einer Teppichstruktur ist Teil der Fallstudie, um eine optimierte Bebauung zu schaffen, die reguläre Reihenhaustypen nicht ermöglichen.

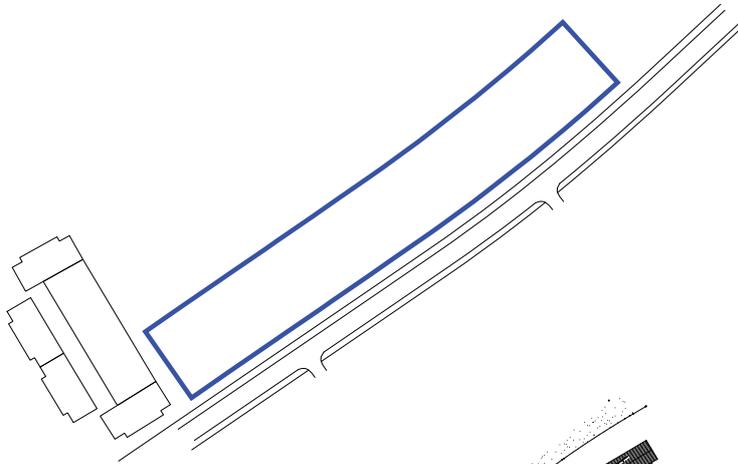


Blick in die Strasse mit neuer Bebauung
(Prinzipdarstellung)

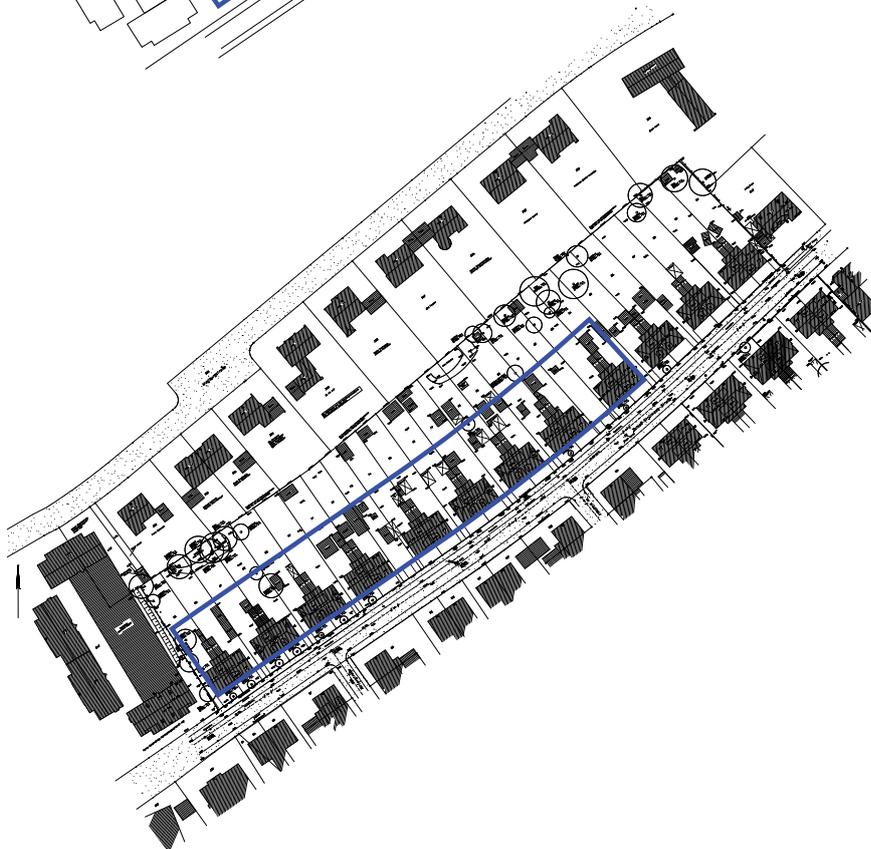




Blick in die Strasse mit bestehender
Bebauung



Planungsausschnitt mit Markierung
des Grundstücks als zusammenhän-
gende Fläche



Bebauungsplan mit Markierung des
zu beplanenden Grundstücks als zu-
sammenhängende Fläche

Untersuchung

Die zweigeschossige Bebauung stellt für den gestapelten Reihentyp eine Sonderform dar, weil jede Wohnung innerhalb eines Geschosses organisiert wird. Die dabei entstehenden Baukörper nutzen in der Regel die komplett mögliche Baubreite aus, um ausreichend große Wohnungen zu generieren. Das Erdgeschoss kann dabei barrierefrei ausgebildet werden; das Prinzip des Split-Level ist in der oberen Wohnung angewendet und ermöglicht in der Erdgeschoss-Wohnung einen 1.5-geschossigen Wohnraum.

Die Bebauung ist in diesem Fall nach §34 BauGB geregelt, d.h. eine Mindestdachneigung von 20° und Satteldachausbildung ist vorgesehen. Die Lage der recht ruhigen Strasse im Süden der Baugrundstücke lässt interessante Varianten der Dachterrasse zu. Eine optimal besonnte Dachterrasse liegt an der Strasse; die ruhige Gartenlage ist nicht optimal besonnt. Unterschiedliche Anforderungen der Nutzer können in der Planungsphase aufgenommen und städtebaulich integriert werden. Die Geometrisierung der Typologie lässt eine durchgehende Firstlinie auch bei versetzt gelegenen Dachterrassen zu, die Gesamtreihe bleibt als Satteldachform ablesbar. Zwischen den

einzelnen Baufeldern bieten sich Parkmöglichkeiten zusätzlich zu Einzelstellplätzen auf dem Grundstück an. Den Nachweis dazu findet sich in den Darstellungen der folgenden Seiten.

Sondertyp Teppichstruktur

Wie in Kapitel 3.11 beschrieben, ist es über Kombinatorikregeln möglich, die Grundstückstiefe mit mehreren hintereinander geschalteten Typen zu beplanen. Die Anzahl der möglichen Nutzungseinheiten wird so erhöht. Zwei grundsätzliche Prinzipien der Verdichtung bieten sich an:

- mittlere Verdichtung durch zwei Wohneinheiten hintereinander und Cross-Over-Stapelung

Durch die Längsorientierung kann der Typus wesentlich schmaler werden. Es entstehen mehr Wohneinheiten, die über zwei Geschosse organisiert sind. Die Gesamttiefe der Bebauung liegt bei ca. 24m. (Siehe Abbildung folgende Doppelseite oben)

- hohe Verdichtung durch vier Wohneinheiten (je zwei hintereinandergeschaltet) in breiteren Baukörpern

Die Gesamttiefe liegt hier bei ca. 32m. (Siehe Abbildung folgende Doppelseite unten).

Die Grenzen sind hier einerseits bei der Abstimmung mit den Behörden gegeben, als auch in der Frage nach dem ruhenden Verkehr und den Stellplatzschlüsseln.

Grundrisse der Geschosse des Typs 2G + D mit ca. 100qm je Wohnung



CreateRowForm

Reihenhaus-Parameter

festgelegte Baukonditionen:

Breite:

Tiefe:

Himmelsrichtung:

GRZ:

Variable Parameter:

Geschossigkeit: 2 2-3

3 3-4

4 2-4

Dachneigung:

0° (Flachdach) 45°

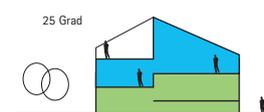
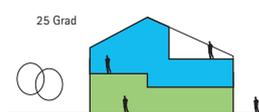
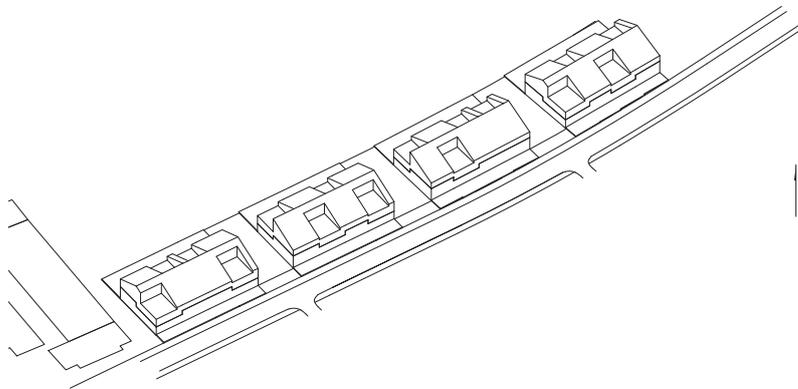
Gebäudetiefe:

Wohnungsgröße: W1 min max

W2 min max

Lage der Dachterasse: zum Garten zur Strasse nach Sonnenstand Zufall

Solarthermierung: aktivieren nicht aktivieren



CreateRowForm

Reihenhaus-Parameter

festgelegte Baukonditionen:

Breite:

Tiefe:

Himmelsrichtung:

GRZ:

Variable Parameter:

Geschossigkeit: 2 2-3

3 3-4

4 2-4

Dachneigung:

0° (Flachdach) 45°

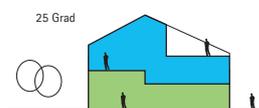
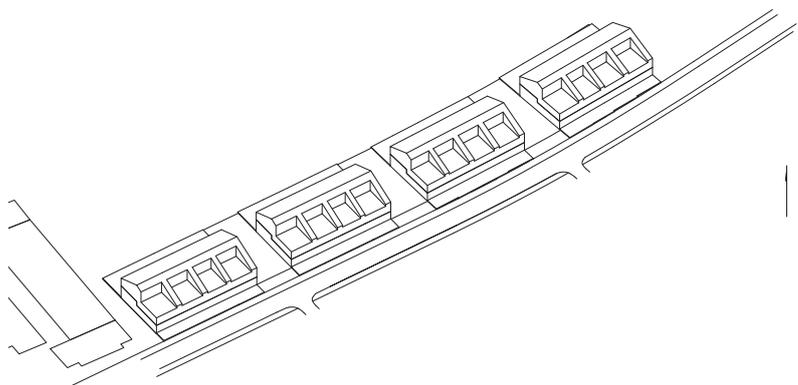
Gebäudetiefe:

Wohnungsgröße: W1 min max

W2 min max

Lage der Dachterasse: zum Garten zur Strasse nach Sonnenstand Zufall

Solarthermierung: aktivieren nicht aktivieren



Lageplan mit EG Grundriss des Typs
 2G + D mit ca. 100qm je Wohnung
 als Cross-Over-System



Lageplan mit EG Grundriss des Typs
 2G + D mit ca. 100qm je Wohnung
 als Teppichstruktur



CreateRowForm

Reihenhaus-Parameter

festgelegte Baufeld-Werte:

Breite	45
Tiefe	60
Himmelsrichtung	310
GRZ	0,27

Variable Parameter:

Geschossigkeit: 2 2-3
 3 3-4
 4 2-4

Dachneigung: 25°
 0° (Flachdach) 45°

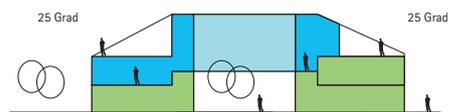
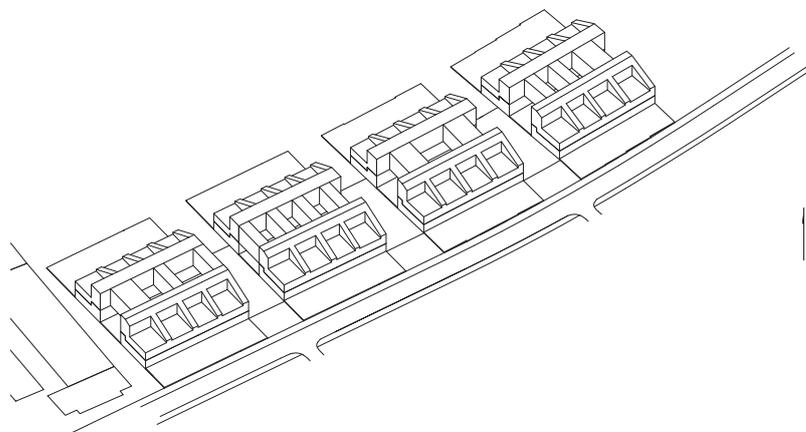
Gebäudetiefe: 26,0m
 12m 30m

Wohnungsgröße: W1 min 64 max 102,4
 W2 min 64 max 102,4

Lage der Dachterasse: zum Garten
 zur Strasse
 nach Sonnenstand
 Zufall

Solarthermierung: aktivieren
 nicht aktivieren

Akzeptieren Abbrechen



CreateRowForm

Reihenhaus-Parameter

festgelegte Baufeld-Werte:

Breite	45
Tiefe	60
Himmelsrichtung	310
GRZ	0,27

Variable Parameter:

Geschossigkeit: 2 2-3
 3 3-4
 4 2-4

Dachneigung: 25°
 0° (Flachdach) 45°

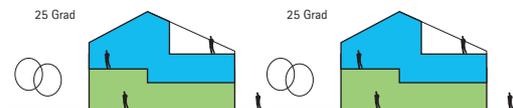
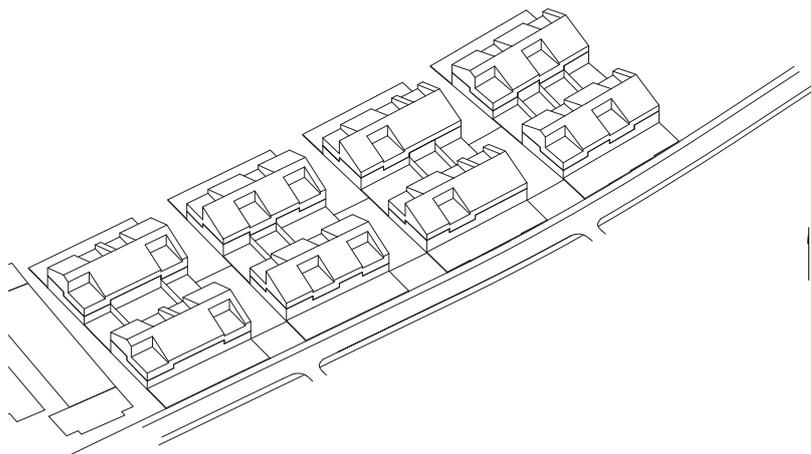
Gebäudetiefe: 35,0m
 12m 30m

Wohnungsgröße: W1 min 64 max 102,4
 W2 min 64 max 102,4

Lage der Dachterasse: zum Garten
 zur Strasse
 nach Sonnenstand
 Zufall

Solarthermierung: aktivieren
 nicht aktivieren

Akzeptieren Abbrechen



6.3 Fallstudie 2 (3 Geschosse)

Lage

Das Grundstück der Fallstudie 2 liegt in Herten im Entwicklungsgebiet der Wiesenstrasse. Das Gelände - momentan noch grüne Wiese - ist umgeben von einer heterogener Bebauung, die von eingeschossigen freistehenden Einfamilienhäusern über Reihenhäuser bis hin zu fünfgeschossiger Blockrandbebauung der angrenzenden Ortsdurchgangsstrasse reicht.

Geschossigkeit

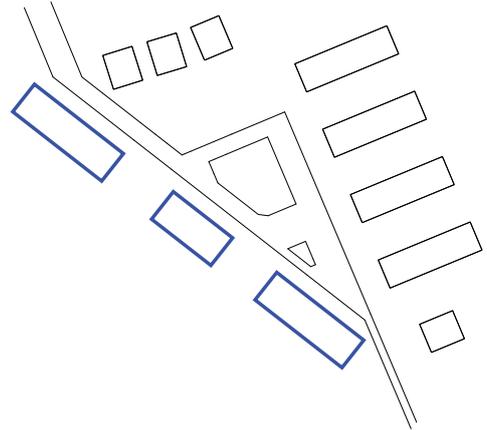
Für das Entwicklungsgebiet liegt ein Bebauungsplan vor, der Geschossigkeiten von zwei bis vier vorsieht. Die zu untersuchenden Parzellen befinden sich im Südwesten des Geländes und werden 3 +/- 1 Geschossen beplant. Die nördlichen Parzellen gleichen in ihrer Struktur der Fallstudie 1 und werden im folgenden nicht näher erläutert.

Dachneigung

Schräge Dachneigungen zwischen 20° und 30° werden untersucht. In die Heterogenität der Umgebung lassen sich auch Flachdachsituationen mit Dachterrassen sinnvoll integrieren.

Himmelsrichtung

Die Grundstücke haben eine Nordost-Ausrichtung zur Strasse und eine Südwest-Ausrichtung zum Garten.



Planungsausschnitt mit Markierung der Baufelder





Bebauungsplan des gesamten Entwicklungsgebiets

Blick in die neue Strasse mit Umgebung



Untersuchung

Die gewählten Grundrisskonfigurationen entsprechen der wahrscheinlichen Nutzung durch Familien und Paare. Die Ausrichtung der Dachterrassen wird zu großen Teilen zur Gartenseite erfolgen. Der städtebauliche Übergang von Reihenhausbebauung und Blockrandstruktur kann dabei innerhalb des Werkzeugs aufgenommen werden. Dies geschieht einerseits über die Geschossigkeit zwischen 2- und 4-geschossig, andererseits über die Differenzierung der Dachform in einen Schrägeil zur nördlichen Bebauung und einen Flachdachteil zum Blockrand hin. Die Parkierung erfolgt zwischen den Baufeldern sowie in extern ausgewiesenen Parkflächen im öffentlichen Raum.



Grundrisse der Geschosse des Typs
3G + D mit ca. 100qm je Wohnung

CreateRowForm

Reihenhaus-Parameter

festgelegte Bauwerk-Werte:

Breite:

Tiefe:

Himmelsrichtung:

GRZ:

Variable Parameter:

Geschossigkeit: 2 2-3 3 3-4 4 2-4

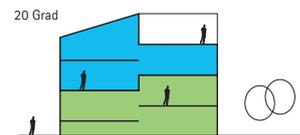
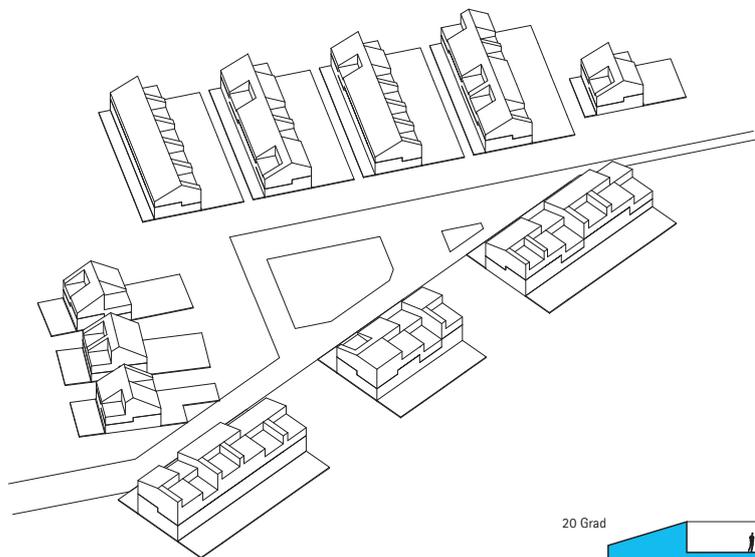
Dachneigung: 20°

Gebäudetiefe: 16,0m

Wohnungsgröße: W1 min max W2 min max

Lage der Dachterasse: zum Garten zur Strasse nach Sonnenstand Zufall

Solarthermiesutzung: aktivieren nicht aktivieren



CreateRowForm

Reihenhaus-Parameter

festgelegte Bauwerk-Werte:

Breite:

Tiefe:

Himmelsrichtung:

GRZ:

Variable Parameter:

Geschossigkeit: 2 2-3 3 3-4 4 2-4

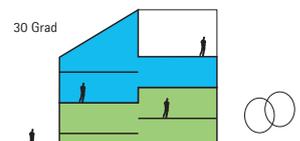
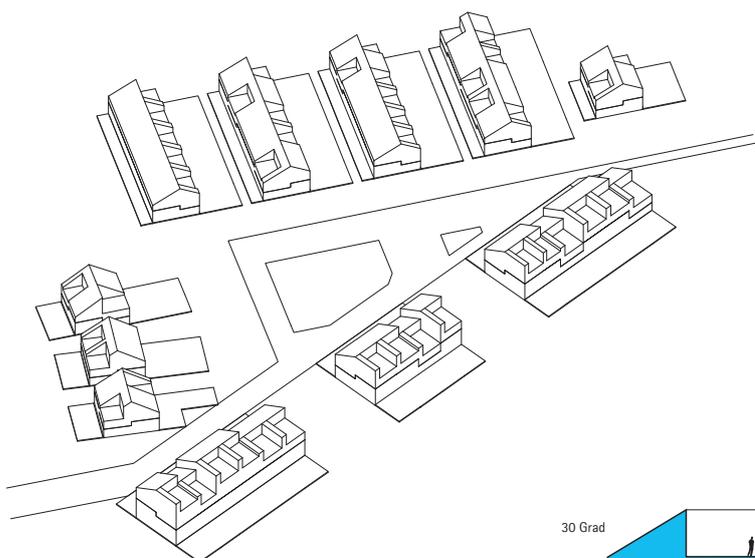
Dachneigung: 30°

Gebäudetiefe: 16,0m

Wohnungsgröße: W1 min max W2 min max

Lage der Dachterasse: zum Garten zur Strasse nach Sonnenstand Zufall

Solarthermiesutzung: aktivieren nicht aktivieren



6.4 Fallstudie 3 (4 Geschosse)

Lage

Das Grundstück der Fallstudie 3 liegt in Gelsenkirchen in dem Entwicklungsgebiet Schloss Horst. Das Gelände ist momentan, ebenfalls wie in Fallstudie 2, noch unbebaut und weist einige alte schützenswerte Baumbestände auf. Die weitere Umgebung hat einen vorstädtischen Charakter mit drei- bis viergeschossigen Siedlungsbauten und einigen höheren Gebäuden mit bis zu acht Geschossen.

Geschossigkeit

Für das Entwicklungsgebiet liegt ein Bebauungsplan vor, der eine Abstufung von Dichte und Geschossigkeiten vorsieht: im Norden eine aufgelockerte Bebauung aus zweigeschossigen Einfamilienhäusern bis hin zu einer geschlossenen viergeschossigen Randbebauung zur Durchgangsstraße "An der Rennbahn" im Südwesten. Die zu untersuchenden Parzellen befinden sich in der mittleren Zone des Geländes und werden mit vier Geschossen beplant.

Dachneigung

Eine Bauweise mit Flachdächern und Dachterrassen ist möglich und erwünscht.

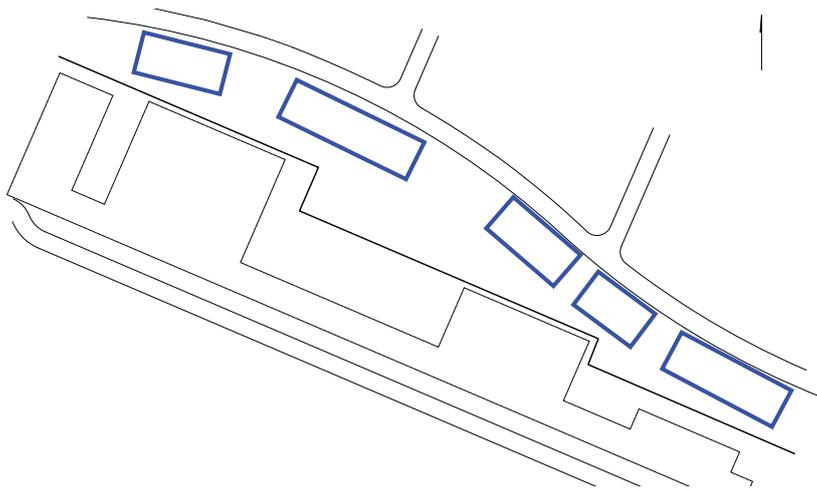
Himmelsrichtung

Die Grundstücke haben eine Nordost-Ausrichtung zur Straße und eine Südwest-Ausrichtung zum Garten. Die Gartenseite ist zur Hauptverkehrsachse ausgerichtet, allerdings durch die zukünftige im Süden vorgelagerte Bebauung gut abgeschirmt. Es ist davon auszugehen, dass ein Großteil der Dachterrassen nach Südwesten orientiert sein wird.





Bebauungsplan des gesamten Entwicklungsgebiets



Planungsausschnitt mit Markierung der Baufelder

Blick in die neue Straße



Untersuchung

Die in der Regel recht schmalen, viergeschossigen Typen werden beispielhaft an Familien- und Singlewohntypen mit ca. 100qm Wohnfläche nachgewiesen. Die Erschliessung der oberen Wohnung im zweiten Obergeschoss macht eine zweiläufige Treppe im Erschliessungsbereich notwendig. Bei Verzicht auf den Halbkeller ist eine barrierefreie Ausbildung des Erdgeschosses möglich.

Die Wohnungen sind durch ihre vertikale Struktur geprägt; es ergeben sich interessante Abstufungen der privaten Außenräume durch die Möglichkeit, die Dachterrassen und ebenerdigen Freiflächen alternierend auszubilden. Der im Dachgeschoss angeordnete Lagerraum lässt auch bei gleicher Ausrichtung der Dachterrassen eine hohe Privatheit in den Freibereichen zu.

Das Parken findet an ausgewiesenen Parkierungszonen zwischen den Baufeldern, sowie vor den Einheiten statt. Auf Grund der hohen Dichte ist auch eine teilweise Tiefgarage denkbar. Die Ausbildung als Flachdachtypus lässt sich städtebaulich gut integrieren.



CreateRowForm

Reihenhaus-Parameter

festgelegte Baufeld-Werte:

Breite:
 Tiefe:
 Himmelsrichtung:
 GRZ:

Variable Parameter:

Geschossigkeit:
 2 2-3
 3 3-4
 4 2-4

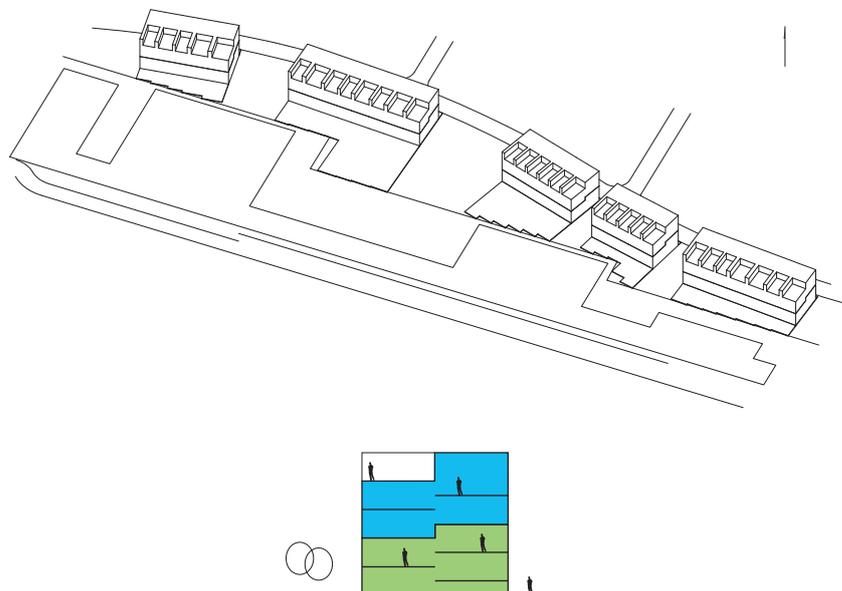
Dachneigung:
 0° 45°
 0° (Flachdach)

Gebäudetiefe:
 12m 16m

Wohnungsgröße:
 W1 min max
 W2 min max

Lage der Dachterasse:
 zum Garten
 zur Strasse
 nach Sonnenstand
 Zufall

Solarthermierung:
 aktivieren
 nicht aktivieren



CreateRowForm

Reihenhaus-Parameter

festgelegte Baufeld-Werte:

Breite:
 Tiefe:
 Himmelsrichtung:
 GRZ:

Variable Parameter:

Geschossigkeit:
 2 2-3
 3 3-4
 4 2-4

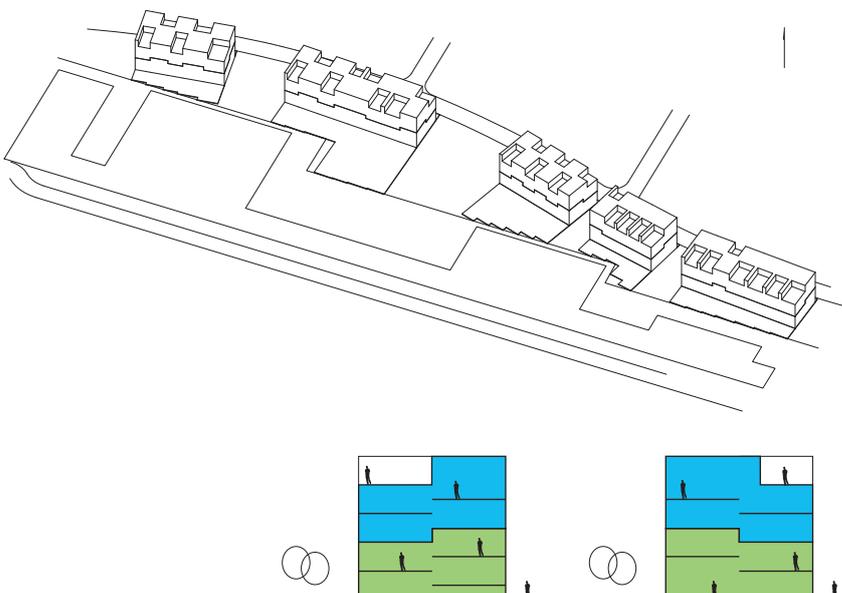
Dachneigung:
 0° 45°
 0° (Flachdach)

Gebäudetiefe:
 12m 16m

Wohnungsgröße:
 W1 min max
 W2 min max

Lage der Dachterasse:
 zum Garten
 zur Strasse
 nach Sonnenstand
 Zufall

Solarthermierung:
 aktivieren
 nicht aktivieren



Optionen

Als Regularium für die Dichtewerte des Bebauungsplanes kann die im Plug-In regelbare Geschossigkeit dienen. Beispielsweise können am Rand der Bebauung geringere Geschossigkeiten angesetzt werden, um die erforderlichen Dichtewerte (GFZ) einzuhalten.

Beispielhaft wurde erprobt, inwieweit sich eine Geometrie Anpassung der Fassade nach solarthermischen Gesichtspunkten auswirken würde. Die Fassadenfläche des oberen Geschosses wird je nach Ausrichtung geneigt, um eine optimale Energieausbeute zu ermöglichen. Zusätzlich zu den Fassadenflächen können auch additive Dachelemente solarthermisch genutzt werden. Das leichte Verschnen der Baukante - und damit der Grundstücksausrichtung - führt bei jedem Baufeld zu einem leicht veränderten Neigungswinkel.

CreateRowForm

Reihenhaus-Parameter

festgelegte Baufeld-Werte:

Breite:
 Tiefe:
 Himmelsrichtung:
 GRZ:

Variable Parameter:

Geschossigkeit: 2 2-3
 3 3-4
 4 2-4

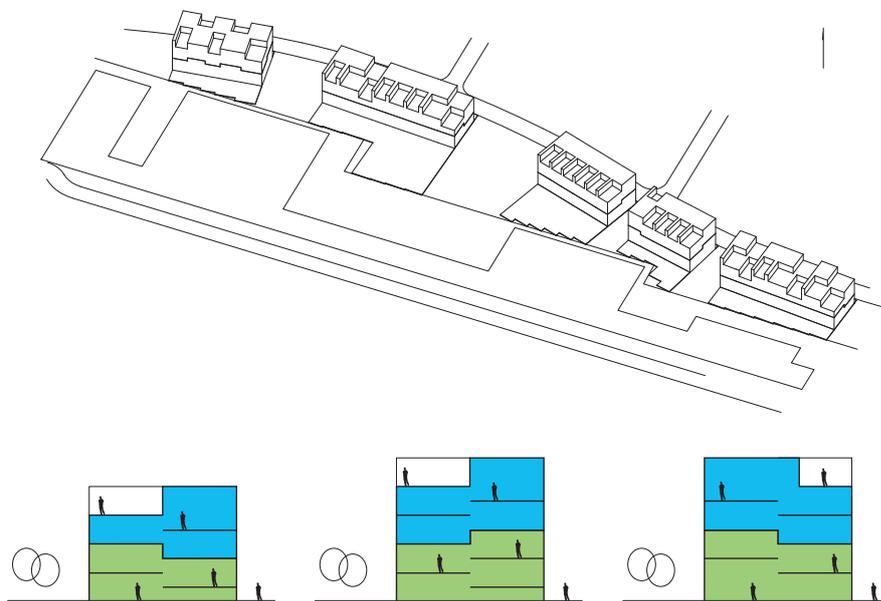
Dachneigung:
 0° (Flachdach) 45°

Gebäudetiefe:
 12m 16m

Wohnungsgröße: W1 min max
 W2 min max

Lage der Dachterasse: zum Garten
 zur Strasse
 nach Sonnenstand
 Zufall

Solarthermierung: aktivieren
 nicht aktivieren



CreateRowForm

Reihenhaus-Parameter

festgelegte Baufeld-Werte:

Breite:
 Tiefe:
 Himmelsrichtung:
 GRZ:

Variable Parameter:

Geschossigkeit: 2 2-3
 3 3-4
 4 2-4

Dachneigung:
 0° (Flachdach) 45°

Gebäudetiefe:
 12m 16m

Wohnungsgröße: W1 min max
 W2 min max

Lage der Dachterasse: zum Garten
 zur Strasse
 nach Sonnenstand
 Zufall

Solarthermierung: aktivieren
 nicht aktivieren



6.5 Auswertbarkeit des BIM

Definition BIM

Das Programm Revit Architecture basiert auf dem Prinzip einer Gebäudedaten-Modellierung oder BIM (engl. „Building Information Modeling“). Diese Methode ermöglicht eine optimierte Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden mit Hilfe von Software. Alle Daten gehen auf eine gemeinsame Datenbasis zurück und sind dabei kombiniert und vernetzt.

Anwendung

Bei den Typologien der Fallstudien werden alle relevanten Informationen in Bauteiltabellen abgebildet. Ähnlich wie in Tabellenkalkulationsprogrammen können auch hier Elemente mit Formeln verknüpft werden. Das Besondere ist bei Revit ausserdem, dass die Parameter der Typologien integriert werden können.

Die Bauteiltabellen sind für das Projekt vordefiniert und können spezifisch auf Auswertungswünsche angepasst werden. Hierbei werden alle erforderlichen Massen für das einzelne Gebäude und die Gesamtanordnung erfasst. Bei Änderungen an einzelnen Gebäudeteilen, Gebäuden oder einer ganzen Reihe werden alle Werte der Tabelle automatisch synchronisiert und aktualisiert.

Portfoliomodell THS

Wie unter 6.1 erwähnt, können neben der Auswertung als Bauteiltabelle auch weitere Faktoren analysiert und berechnet werden. Bei entsprechender Angabe der Parameter kann eine Auswertung direkt auf die Benchmarking-Tabelle des Bauträgers abgestimmt werden. Eine direkte Rückkopplung ist somit in jeder Phase der Bearbeitung, von Entwurf bis zu Realisierung, in Echtzeit möglich. Aufwändige Zwischenkalkulationen können so entfallen.

Detaillierung

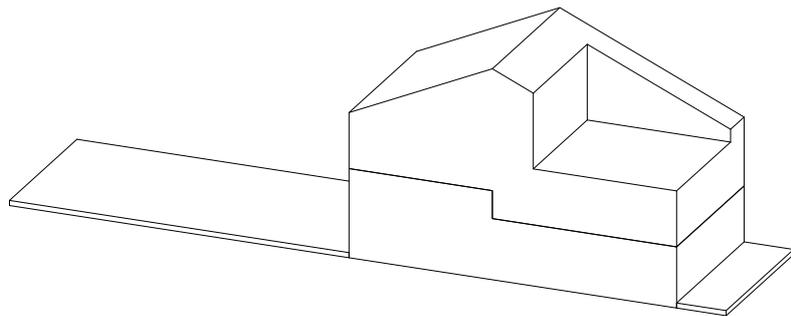
Die Typologie des gestapelten Reihenhauses kann für verschiedene Planungsstufen in unterschiedlichen Detaillierungsgraden modelliert werden:

1. Baumassen-Modell

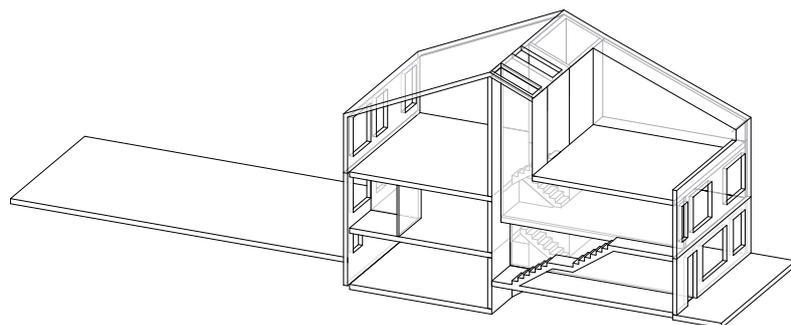
Für die städtebauliche Untersuchung und Baumassen-Planung wird mit einer Revit-Familie gearbeitet (siehe Kapitel 5).

2. Bauteile-Modell

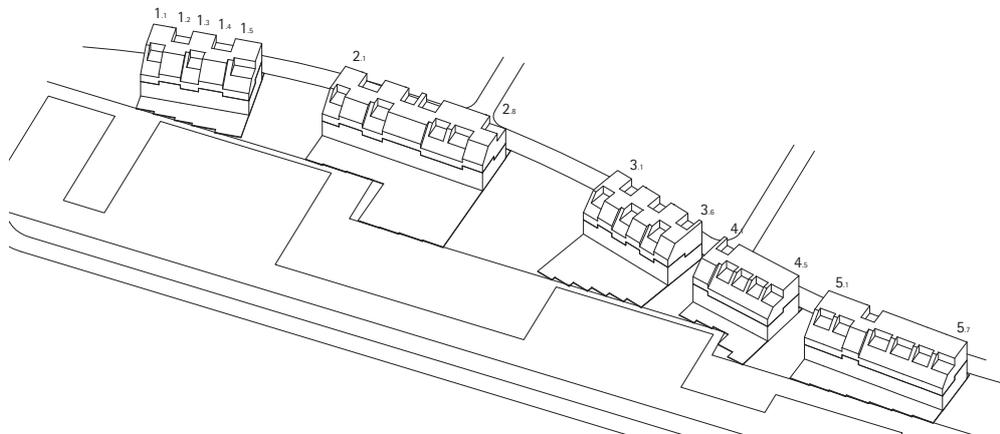
Für eine detaillierte Planung werden die verschiedenen Bauteile als einzelne Familien modelliert und das gesamte Gebäude als verschachtelte Familie zusammengestellt. Die definierten Parameter können dabei in beiden Modellen dieselben sein.



Baumassen-Modell für städtebauliche Planung



Bauteile-Modell für detaillierte Planung



Baufeld 1: Gebäude 1.1-1.5
 Baufeld 2: Gebäude 2.1-2.8
 Baufeld 3: Gebäude 3.1-3.6
 Baufeld 4: Gebäude 4.1-4.5
 Baufeld 5: Gebäude 5.1-5.7

Isometrische Darstellung der in der Bauteile-Liste unten erfassten Reihenhäuser

080907_reihe_4g_horst_7_solar_fass - Bauteilliste: Liste Reihenhäuser							
Liste Reihenhäuser							
Block/Nr	Anzahl	Himmelsrichtung	BGF	Überbaute Fläche	Wohnfläche Whg 1	Wohnfläche Whg 2	Hau
1.100	1	190.00°	382.66 m²	80.56 m²	122.45 m²	128.90 m²	
1.200	1	190.00°	456.00 m²	96.00 m²	145.92 m²	153.60 m²	
1.300	1	190.00°	380.00 m²	80.00 m²	121.60 m²	128.00 m²	
1.400	1	190.00°	509.20 m²	107.20 m²	162.94 m²	171.52 m²	
1.500	1	190.00°	554.80 m²	116.80 m²	177.54 m²	186.88 m²	
2.100	1	210.00°	380.00 m²	80.00 m²	121.60 m²	128.00 m²	
2.200	1	210.00°	532.00 m²	112.00 m²	170.24 m²	179.20 m²	
2.300	1	210.00°	456.00 m²	96.00 m²	145.92 m²	153.60 m²	
2.400	1	210.00°	380.00 m²	80.00 m²	121.60 m²	128.00 m²	
2.500	1	210.00°	494.00 m²	104.00 m²	158.08 m²	166.40 m²	
2.600	1	210.00°	418.00 m²	88.00 m²	133.76 m²	140.80 m²	
2.700	1	210.00°	532.00 m²	112.00 m²	170.24 m²	179.20 m²	
2.800	1	210.00°	456.00 m²	96.00 m²	145.92 m²	153.60 m²	
3.100	1	225.00°	405.33 m²	80.00 m²	121.60 m²	128.00 m²	
3.200	1	225.00°	384.79 m²	81.01 m²	123.13 m²	129.61 m²	
3.300	1	225.00°	379.21 m²	74.84 m²	113.76 m²	119.75 m²	
3.400	1	225.00°	376.33 m²	79.23 m²	120.42 m²	126.76 m²	
3.500	1	225.00°	356.25 m²	75.00 m²	114.00 m²	120.00 m²	
3.600	1	225.00°	380.00 m²	80.00 m²	121.60 m²	128.00 m²	
4.100	1	215.00°	356.25 m²	75.00 m²	114.00 m²	120.00 m²	
4.200	1	215.00°	380.00 m²	80.00 m²	121.60 m²	128.00 m²	
4.300	1	215.00°	380.00 m²	80.00 m²	121.60 m²	128.00 m²	
4.400	1	215.00°	356.25 m²	75.00 m²	114.00 m²	120.00 m²	
4.500	1	215.00°	380.00 m²	80.00 m²	121.60 m²	128.00 m²	
5.100	1	200.00°	441.12 m²	92.87 m²	141.16 m²	148.59 m²	
5.200	1	200.00°	401.96 m²	84.62 m²	128.63 m²	135.40 m²	
5.300	1	200.00°	356.25 m²	75.00 m²	114.00 m²	120.00 m²	
5.400	1	200.00°	509.75 m²	107.32 m²	163.12 m²	171.71 m²	
5.500	1	200.00°	488.15 m²	102.77 m²	156.21 m²	164.43 m²	
5.600	1	200.00°	413.25 m²	87.00 m²	132.24 m²	139.20 m²	
5.700	1	200.00°	441.45 m²	92.94 m²	141.26 m²	148.70 m²	
Gesamt:	31		13117.00 m²	2751.15 m²	4181.75 m²	4401.84 m²	

Bauteile-Liste der Reihenhäuser einer Siedlung mit Massenerfassung

6.6 Vergleichende Bewertung

In den drei dargestellten Fallstudien wurde die Planungssystematik auf Grundstücken mit unterschiedlicher Geschossigkeit, Verdichtung und Ausrichtung angewendet. In der nachfolgenden Bewertung werden unterschiedliche Anwendungsaspekte wie Lage und Nutzer, Verkehrsflächenanteil und Nutzungsvervielfältigung, bis hin zu Parkplätzen verglichen und evaluiert.

Fallstudie 1 (2 Geschosse)



Fallstudie 2 (3 Geschosse)



Fallstudie 3 (4 Geschosse)



Lage

Dörfliche Ortstruktur, Stadtrandlagen

Vorstädtische Ortstruktur, Stadtrandlagen

Innerstädtische Stadtstruktur, Stadtrandlagen

Nutzer

Senioren, Familien

Familien, Paare

Familien (v.a. untere Wohnung)
Paare, Singles (v.a. obere Wohnung)

Verdichtung

Durch die wenigen Geschosse findet hier die geringste Verdichtung statt. Gleichzeitig ist dadurch bei diesem Typus die Bildung einer Teppichstruktur durch Anordnung einer zweiten Gebäudereihe möglich.

Durch die drei Geschosse findet hier eine mittlere Verdichtung statt.

Durch die vier Geschosse ist hier die größte Verdichtung möglich.

Verkehrflächenanteil

Bei größtmöglichen Grundflächen (8m Breite x 16m Tiefe) ist der anteilige Treppenanteil für die Erschliessung der oberen Wohnung am geringsten.

Bei mittelgroßen Grundflächen (6.5m Breite x 14m Tiefe) ist der anteilige Treppenanteil für die Erschliessung der oberen Wohnung im mittleren Bereich.

Bei kleinen Grundflächen (5m Breite x 12m Tiefe) ist der anteilige Treppenanteil für die Erschliessung der oberen Wohnung am höchsten.

Nutzungsvariabilität

Die großen Grundflächen ermöglichen Raumteilungen von ein, zwei oder drei Räumen nebeneinander. Insofern ist hier die Variabilität des Grundrisses am höchsten.

Die mittelgroßen Grundflächen ermöglichen Raumteilungen von ein oder zwei Räumen nebeneinander. Eine zusätzliche Variabilität des Grundrisses findet in der Vertikalen durch die Stapelung der Ebenen statt.

Die kleinen Grundflächen lassen Raumteilungen von ein oder zwei Räumen nebeneinander zu. Die größere Variabilität des Grundrisses findet in der Vertikalen durch die Stapelung der Ebenen statt.

Fassadenvarianten

Mit den nur zwei Geschossen ist die Variationsbreite der Lage der Öffnungen und Loggien am geringsten.

Mit drei Geschossen ist die Variationsbreite der Lage der Öffnungen und Loggien im mittleren Bereich.

Mit vier Geschossen ist die Variationsbreite der Lage der Öffnungen und Loggien am größten.

Barrierefreiheit

Die untere Wohnung kann komplett als eingeschossige, barrierefreie Ebene im Erdgeschoss ausgebildet werden. (Dabei wird auf die natürliche Belichtung eines möglichen darunter befindlichen Kellerraums verzichtet.)

Die untere Wohnung kann eine eingeschossige, barrierefreie Ebene im Erdgeschoss erhalten. Dazu kommt eine weitere Maisonetteebene. Generell können die Wohnungen ab 3 Geschossen per se nicht komplett barrierefrei sein, da es sich um Maisonetten handelt.

Die untere Wohnung kann eine eingeschossige, barrierefreie Ebene im Erdgeschoss erhalten. Dazu kommen zwei weitere Maisonetteebenen. Generell können die Wohnungen ab 3 Geschossen per se nicht komplett barrierefrei sein, da es sich um Maisonetten handelt.

Parkplätze / Garagen

Durch die vergleichsweise geringe Verdichtung dieses Typs ist die Anordnung von Stellplätzen oder Garagen oberirdisch zwischen den Gebäudereihen möglich.

Die Parkierung erfolgt zwischen den Baufeldern, sowie in extern ausgewiesenen Parkflächen im öffentlichen Raum.

Die Parkierung zwischen den Baufeldern und in extern ausgewiesenen Parkflächen im öffentlichen Raum kann eventuell sinnvoller durch eine Tiefgarage ersetzt werden.

7 Übertragung

Übertragbarkeit der Planungssystematik auf andere Planungsaufgaben Typologie

Das Reihenhaus als Gegenstand der vorliegenden Untersuchung bietet sich auf Grund verschiedener Faktoren an: Die serielle Fertigung in Produktion und Planung schafft einerseits einen sehr wirtschaftlichen Bautyp, andererseits eine gewisse Einschränkung hinsichtlich der entstehenden Flexibilität und der Vielfalt der Erscheinungsformen. Die hocheffizienten Planungsmethoden sind dabei unter Umständen nicht auf längere Lebenszyklen und sich wandelnde Gesellschaftsformen optimiert.

Das entwickelte Werkzeug versucht darauf zu antworten, indem es die Vorteile wirtschaftlicher, industrieller Vorfertigung und individueller Anpassungsmöglichkeiten miteinander verknüpft.

In seiner untersuchten Form als gestapelter Typus stellt zwar es eine Nische in der Gesamtheit der Bauaufgaben dar, jedoch ist eine Übertragung der Vorgehensweise auf andere Planungsfelder möglich.

Aufwand vs. Potential

Das Potential des Werkzeugs liegt in der Erstellung einer Typologie und den daraus entstehenden Abhängigkeiten. Die Anpassung an äußere und innere Rahmenbedingungen kann dabei individuell je nach Bauaufgabe unterschiedlich erfolgen. Der Aufwand einer parametrischen Typologieentwicklung ist im Gegensatz zum singulären Entwurf hoch. Im Vergleich zum seriellen Reihenhausgebäude ist die Varianz jedoch wesentlich höher.

Übertragung

Generell ist die im Forschungsprojekt dargestellte Vorgehensweise bei vielen Planungsaufgaben möglich, jedoch nicht bei allen sinnvoll. Bei Einzelstücken oder seriellen (also nicht individuellen) Gebäuden lohnt sich der hohe Aufwand der Erstellung eines Regelwerks und der Parametrisierung in der Regel aus wirtschaftlichen Aspekten nicht. Die Übertragung ist dann sinnvoll, wenn eine Typisierung vorgenommen wird, die auf unterschiedliche Anforderungen von Grundstück, Nutzer, Größenanforderungen etc. reagieren muss. Diese Typisierung erfolgt in der Regel aus der Nutzung heraus, kann aber auch zusätzlich über formale Aspekte wie einer Firmen CI erweitert werden.

Das entwickelte Werkzeug und die darin zugrunde liegende Planungssystematik können prototypisch für eine Kombination aus parametrischem und typologischem Entwerfen verstanden werden. Somit sind sie nicht nur auf wohnungsbautypologische sondern auf unterschiedlichste Bauaufgaben übertragbar.

Die im folgenden aufgeführten Beispiele erläutern kurz die Möglichkeiten der unterschiedlichen Übertragbarkeit.

7.1 Vergleichstypologie Supermarkt

Generell

Die Typologie eines Supermarktes ist geprägt durch streng vorgeschriebene Nutzungsabläufe von Verkaufsprodukten und Einkäufer. Diese gründen auf einem optimierten Anforderungsprofil. Die Gebäude sind als Typen entwickelt und zumeist aus seriellement gefertigten Elementen hergestellt.

Innerhalb eines studentischen Entwurfsprojektes wurde untersucht, inwieweit sich durchgehende CI-Anforderungen einer Supermarktkette, deren typologisch strenge Vorgaben und eine individuelle Anpassung an regionale Besonderheiten miteinander vereinbar sind.

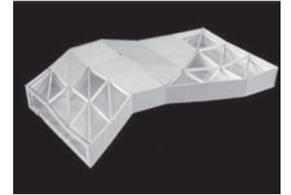
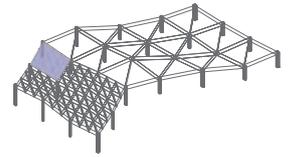
Parametrische Systeme

Bei der Aufstellung eines Regelwerks für die Typologie wurden die verschiedenen Anforderungen mit Verknüpfungen und Abhängigkeiten versehen. Diese bezogen sich u.a. auf die Trag- und Primärstrukturen, auf die Verkaufs- und Regalsysteme, wie auf die Fassade und das Dach. Diese Elemente - ähnlich den im Forschungsprojekt verwendeten Planungselementen - wurden sowohl isoliert, als auch verknüpft betrachtet.

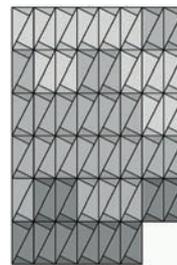
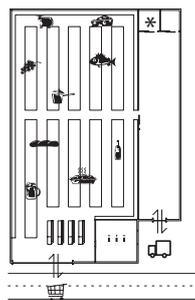
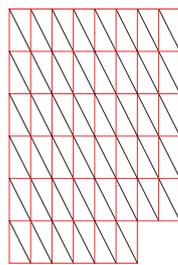
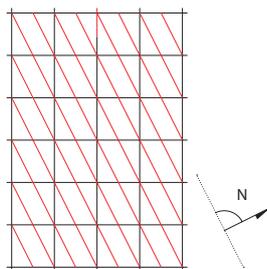
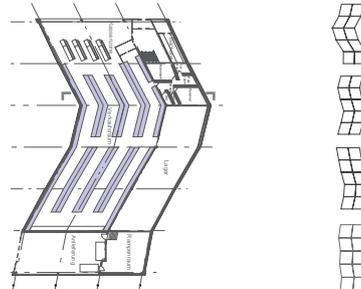
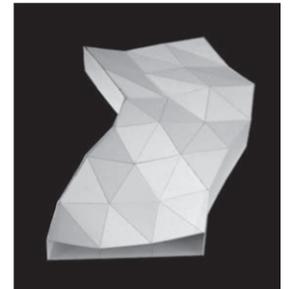
Die Verwendung von Parametrik erschien hier neue Möglichkeiten zu eröffnen

1. für die Grundrissorganisation:
Eine schrägwinklige Anordnung der Regale ermöglicht einen verbesserten Blickwinkel.

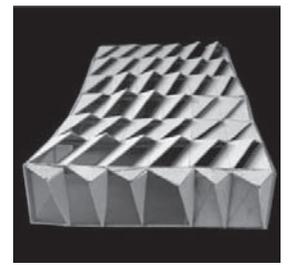
2. für die Gestalt der Fassade:
Ein Fassadensystem aus parametrischen Elementen zur Belichtungssteuerung kann der inneren notwendigen Belichtung tragen, dabei auf Himmelsrichtung und regionale Besonderheiten reagieren.



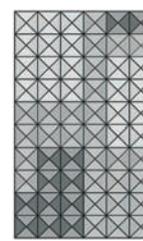
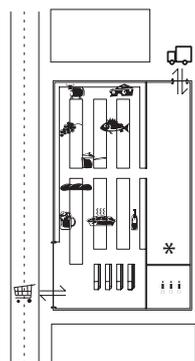
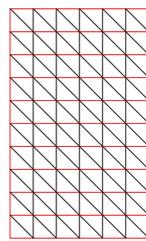
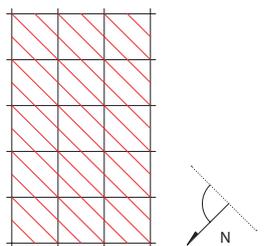
Parametrischer Supermarkt mit schrägwinkliger Anpassung des Grundrisses nach Nutzung und Grundstück
Verfasserin: Mohan Zeng



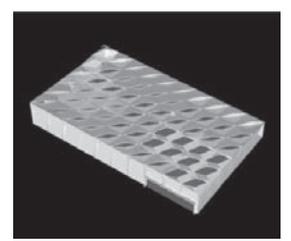
Szenario 1



Parametrischer Supermarkt mit Anpassung der Fassaden- und Dachöffnungen nach Nutzung und Grundstück
Verfasser: Christian Behnke



Szenario 2



7.2 Vergleichstypologie Kinderkrippe

Generell

Kinderkrippen stellen grundsätzlich ähnliche typologische Anforderungen an die Planung. Das Raumprogramm ist zumeist nach einem Bausteinsystem aufgebaut.

Beispielhaft wurde im Rahmen eines Architekturwettbewerbs untersucht, inwieweit sich typologische Anforderungen an unterschiedlichste Grundstücks- und Nutzungsbedingungen anpassen können. Alle Kindergärten sollten wiedererkennbar einer Firmen-Cl (SieKids, Kinderkrippen der Siemens AG) angehören.

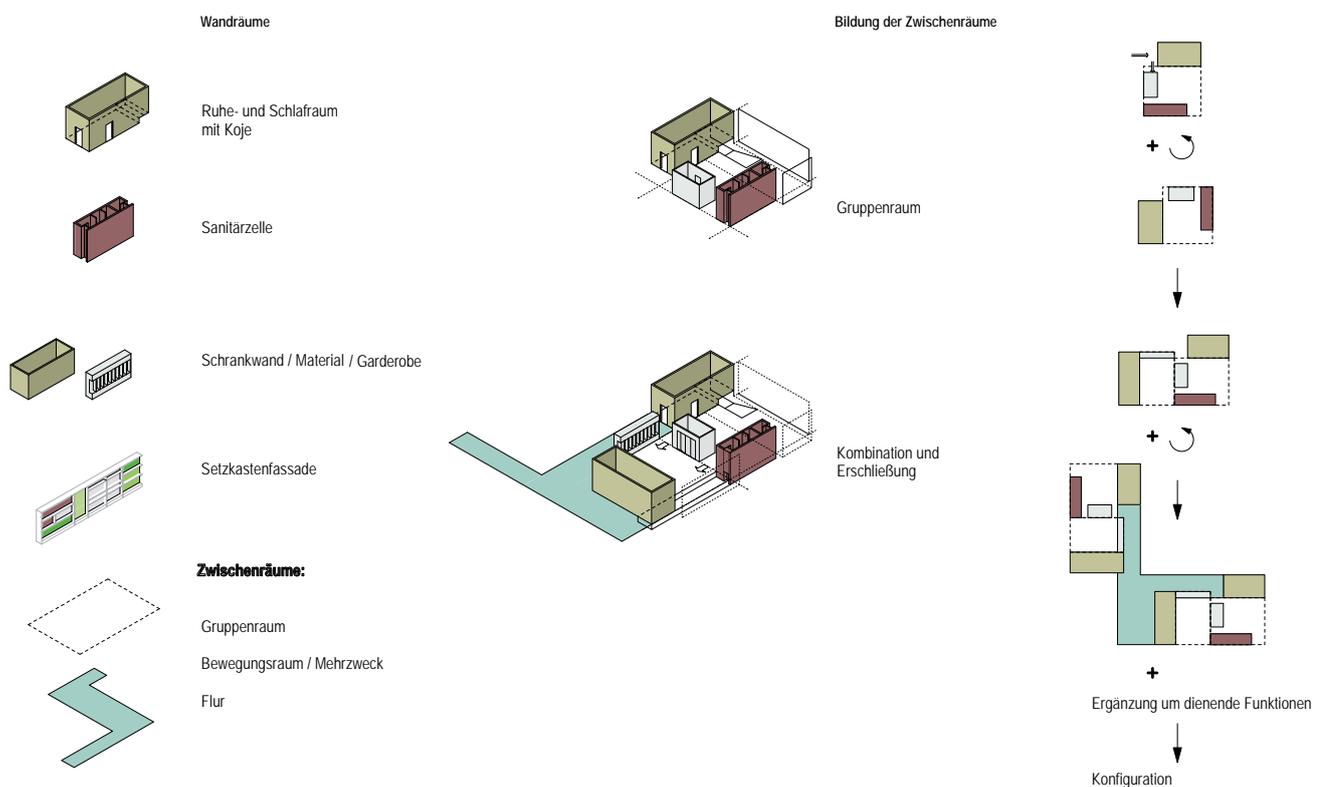
Regelwerk

Das Entwurfssystem folgt einem Regelwerk, das es zulässt, unterschiedlichsten Anforderungen und Prioritäten gerecht zu werden. Neben dem Raumbildungssystem der einzelnen Zonen ermöglichen Reihungs- und Additionsregeln, das Prinzip auf das Komplettsystem zu übertragen. So kann auf unterschiedliche Rahmenbedingungen reagiert werden, während das Zonierungs- und Raumbildungsprinzip gleich bleibt. Das System funktioniert ein- und mehrgeschossig.

Das Raumsystem ist modular aufgebaut, wobei die Module in ihren Abmessungen nicht festgelegt, sondern innerhalb definierter Größen individuell anpassbar. Dadurch können die Raumgrößen sowohl auf Förderrichtlinien unterschiedlicher Bundesländer angepasst werden, als auch auf Grundstückszuschnitte reagieren.

Parametrische Kinderkrippen aus modularen Einheiten mit individuellen Größen

Quelle: prosa Architektur & Grafik, Darmstadt





Zusammenfassung der Untersuchung

Um eine Typologie zu entwickeln, die parametrisch auf äußere Faktoren reagieren kann, ist es notwendig, den erlernten Planungs- und Entwurfsprozess analytisch zu untersuchen und entscheidende Schritte in Regelwerken zu formulieren.

Anstatt nur Größen und Räume festzulegen, werden Abhängigkeiten bestimmter Bau- und Raumelemente untereinander definiert. Der Entwurf des gewählten Reihenhaustyps wird z.B. statt in feste Räume und Zimmer in Zonen eingeteilt. Bedingungen dieser Zonen sind unter anderem die Art der Erschliessung, die Belichtung und Belüftungsmöglichkeiten. Im nächsten Schritt wird dieser „Plan“ mit Abhängigkeiten und Regeln syntaktisch definiert. Die Reduktion der Regeln und Einflüsse ist dabei essentiell, um die entstehende Komplexität im Griff zu behalten. Das Ergebnis kann dann über Algorithmen gesteuert werden. Diese sind auch nach dem Festlegen der Planung ergänzbar und variabel. Der Plan bildet das Grundgerüst.

Nachdem über die Positionierung im Grundstück die Ausrichtung zur Sonne und die Abmessungen definiert sind, wird das bebaubare Volumen mit einem räumlich zonierten Gerüst belegt. Dies bietet vielfältige Möglichkeiten, gefüllt zu werden. Das Abbilden unterschiedlichster Wohnbiografien ist möglich. Gleichzeitig ist bei korrekter Implementierung die Einhaltung von gesetzlichen Bestimmungen und Regeln zu Dichte und Bauformen gewährleistet.

Kritik zur Umsetzung

Die Schwierigkeit bei der Umsetzung einer parametrischen Typologie liegt vor allem in der Übersetzung von implizitem zu explizitem Wissen. Jeder Schritt einer konventionellen Planung muss in exakte, eindeutige Regeln gefasst werden. Erst die korrekte Folge dieser Regelwerke führt zu funktionierenden Typen. Um die entstehenden Regeln und Abhängigkeiten benutzbar zu machen, ist es notwendig, die Typologien sehr genau zu definieren. Dies kann eine Beschränkung der Möglichkeiten durch Beschränkung der Komplexität zur Folge haben. (Mit Komplexität ist hier nicht eine geometrische Komplexität, sondern eine inhaltlich-typologische gemeint.) Für das untersuchte gestapelte Reihenhauses bedeutet das eine vergleichsweise kleine Varianz innerhalb der Typologie, da die Größenspielräume sehr eng vorgegeben sind.

Effektiv ist eine Planungssystematik zunächst nur für Bauwerke größerer Stückzahl – für eine Wohnungsbaugesellschaft daher durchaus sinnvoll. Das hier entwickelte Werkzeug ist zwar nur für einen speziellen Wohnungstypus entwickelt, die Planungselemente und Vorgehensweise aber durchaus übertragbar auf andere Wohntypologien.

8.1 Typologie und Parametrik – ein Widerspruch?

Parametrische Typologien

Parametrik und Typologie scheinen sich auf den ersten Blick zu widersprechen. Parametrische Systeme sind je nach Ansatz und Einfluß stark variabel in ihrer Form. Typologien dagegen sind durch ihre klaren Abhängigkeiten und deren Ablesbarkeit definiert.

Viele Entwicklungen parametrischer Architektur bewegen sich im Feld der Formensuche. Algorithmen werden benutzt, um neue und bisher nicht mögliche Formen zu generieren. Viele Beispiele aus dem Messe- und Eventbau belegen dies. Bei dem Versuch, strenge Typologien parametrisch zu beschreiben, entstehen keine neuen Geometrien, sondern vielmehr die Möglichkeit, verschiedene Geometrien, die alle derselben Typologie zuzuordnen sind, parallel zu entwickeln. Die Algorithmen beschäftigen sich also mit der Vielfalt der Generierung nicht mit der Formoptimierung.

Viele Typologien sind in ihren inneren Zusammenhängen hochgradig parametrisiert. Nur werden diese impliziten Zusammenhänge selten in Formeln und Abhängigkeiten definiert, da sie die Grundlage des herkömmlichen Entwerfens bilden.

Mit dem zunehmenden Einsatz von digitalen Mitteln in Planung und Fertigung stellt sich allerdings die Frage einer möglichen sinnvollen Verbindung von Parametrik und Typologie, um daraus Vorteile zu nutzen, wie etwa eine schnelle Erzeugung vielfältiger Variantenreihen aus optimierten Lösungen, aus denen ausgewählt werden kann.

8.2 Strategien

Entwurfsstrategien

Der Entwurfsansatz für parametrische Typologien ist zunächst derselbe wie für klassische Typologien. Es gilt, die Nutzungsanforderungen zu definieren und in räumliche Strategien zu übersetzen. Der entscheidende Unterschied ist, dass von Beginn an der Entwurfsprozess analysiert und Entscheidungen getroffen werden, welche Entwurfsparameter "offen" bleiben und welche durch Festlegungen "fixiert" werden. Gleichzeitig ist eine Abstraktion der Anforderung notwendig, um sie in programmier- und modellierbaren Planungselementen abzubilden. Wird eine offene Planungsstruktur gewählt, ist es auch in späteren Überarbeitungen möglich, Planungselemente zu ergänzen.

Digitale Strategien

Die Umsetzung in nutzbare CAD-Werkzeuge kann in verschiedenen Systemen erfolgen. Auch hier ist eine modulare, offene Strategie sinnvoll, um Plug-Ins zu ergänzen und zu optimieren.

Eine enge Zusammenarbeit zwischen Programmierung und Architektur ist zwingend erforderlich. Bisher sind die Anforderungen der Programmierung von Spezialisten zu leisten, nicht ohne weiteres von Architekten. Ebenso ist das implizite Expertenwissen eines Architekten nicht ohne weiteres an Informatiker zu vermitteln. Bereits jetzt kann ein Teil der Regelwerke direkt in der CAD-Software abgebildet und entwickelt werden. In den nächsten Schritten wird es sinnvoll und notwendig sein, auch komplexere Interface-Strukturen direkt vom Planer entwickeln zu lassen.

Produktionsstrategien

Digitale Produktionstechniken, v.a. CNC-Techniken, werden heute in viele Betrieben als Standard verwendet. Diese Methoden sind hoch-effizient in der Produktion und zeitintensiv in der Datenvorbereitung. Dabei ist der Datenaustausch zwischen Planer und Hersteller der meist zeit- und kostenintensive Faktor, wenn die Informationen nicht kompatibel erstellt sind und nachbereitet werden müssen bis hin zur kompletten Neuerstellung der Daten.

Bisher wenig entwickelt (und oft nicht realisierbar) ist die Kommunikation an der Schnittstelle zwischen Planung und Herstellung zu einem frühem Planungszeitpunkt. Dies würde eine effiziente digitale Datenkette allerdings erfordern. Eine weitere Anforderung ist das Arbeiten in digitalen 3D-Modellen. Nur damit ist eine Weiterleitung aller zu produzierenden Gebäudeelemente möglich. BIM-Programme, wie z.B. das im Forschungsprojekt verwendete Revit Architecture, verwenden dieses Verfahren.



A Typologie des gestapelten Reihenhauses

¹ Zitat: Detail 2006 / 3 Geschosswohnungsbau, Artikel: Aktuelle Themen im Schweizer Wohnungsbau, S. 150

² Weeber, Hannes; u.a.: Besser wohnen in der Stadt, Konzept und Beispiele für Familienwohnungen, Frauenhofer IRB Verlag 2005

*Wenn die Abwanderung aus den Städten gebremst werden soll, dann muss Wohnraum entstehen, der zum Einfamilienhaus auf der grünen Wiese gleichwertige Alternativen bietet. Als Gegengewicht zu der hohen baulichen Dichte städtischer Lagen sind besonders räumliche Qualitäten, großzügige private Außenräume und eine geschützte Privatsphäre umso wichtiger. Individualität und Wandelbarkeit stehen daher im städtischen Mietwohnungsbau der letzten Jahre im Zentrum.*¹

In diesem Zusammenhang möchte die Typologie des gestapelten Reihenhauses eine Alternative bieten, sowohl zu Geschosswohnungen in städtischen Lagen als auch zu Einfamilienhäusern. Hierbei könnte eine Wohnform entstehen, u.a. für Familien, die in der Stadt wohnen bleiben möchten, ohne dabei auf private Frei- und Außenräume verzichten zu müssen.

Generell

Gestapelte Maisonnetten werden zunehmend in städtischen Lagen gebaut. Gemäß Hannes Weeber bieten sie eine „echte Alternative zum freistehenden Einfamilienhaus, wenn Standort sehr attraktiv und Baugrund sehr teuer“² sind. Auch als Mietwohnungen sind sie beliebt, wenn sie eine erschwingliche Alternative zum Geschosswohnungsbau bieten bzw. günstiger als das Wohnen im Reihenhaus sind.

Eine stärkere Individualität gegenüber Geschosswohnungsbau durch separaten Eingang und Freibereiche, sowie Abstand zu den Nachbarn ermöglichen individuelles Wohnen in verdichteter Form.

Merkmale

Das gestapelte Reihenhaus platziert sich typologisch zwischen Reihenhaus und Geschosswohnungsbau.

Die gestapelten Wohneinheiten haben die Merkmale von Reihenhäusern; sie sind mehrgeschossig, haben einen individuellen Eingang und private Außenräume.

Die Parallele zum Geschosswohnungsbau ist die Stapelung. Die hier entwickelte Typologie grenzt sich dazu insofern ab, als dass sie jeder Wohneinheit eine eigene Erschließung bietet. Anstatt eines gemeinsamen Treppenhauses oder sogar Laubengangs wird die obere Wohneinheit durch eine separate Treppe erschlossen. Der erhöhte Erschließungsaufwand rechtfertigt sich durch die stärkere Verdichtung im Vergleich zum einfachen Reihenhaus.

Weitere Eigenheimqualitäten erhalten die gestapelten Reihenhäuser als überschaubare Hausgemeinschaftem von nur zwei Wohneinheiten übereinander.

Damit die Wohnungen als separate Einheiten innerhalb des Hauses funktionieren, wird der Schallschutz einer abgetrennten Einheit erforderlich.

Eine gut geschützte Privatsphäre der Freibereiche wird besonders durch Dachterrassen erreicht.

Einordnung

Um den Begriff „gestapeltes Reihenhaus“ klarer zu definieren und einzuordnen, wird eine Untersuchung bestehender Reihenhäuser vorgenommen. Innerhalb der geschichtlichen Entwicklung dieses Haustyps gibt es mehrere Referenzobjekte, die bestimmte Aspekte des Wohnens im Reihenhaus und gestapelten Wohnungen exemplarisch und für die folgende Zeit richtungsweisend behandeln. Diese Teilaspekte werden von verschiedenen Projekten in unterschiedlicher Gewichtung aufgenommen und weiterentwickelt. Im folgenden werden diese Aspekte aufgezeigt und an Beispielen erläutert. Aktuelle Entwicklungen zum Thema des gestapelten Reihenhauses werden anhand von zeitgenössischen Projekten aufgezeigt.

Entwicklung und Referenzen

Das Reihenhaus und seine verwandten Formen kommen als verdichteter Wohnungsbau traditionell verstärkt in Ländern vor, in denen eine starke Wohnungsnachfrage bzw. Platzmangel und damit hohe Grundstückspreise herrschen. Auch spielt die geschichtliche Entwicklung der Rolle von Wohneigentum und Miete eine Rolle.

In Europa sind in England und den Niederlanden hier die meisten und innovativsten Entwicklungen zu erkennen. In der Schweiz und in Österreich wurden vor allem ab den siebziger Jahren immer wieder Experimente zur Weiterentwicklung des Typus Reihenhaus unternommen (vgl. Halen, Ried, Wohnbebauung Wien, etc.). Außerhalb Europas sind auf Grund der Anforderungen an die Dichte vor allem japanische Wohnungsbauprojekte beispielhaft.

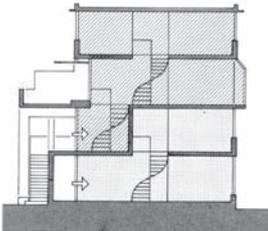
Nach der Entwicklung von Arbeitersiedlungen und Gartenstädten in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts (Siedlung Spangen Rotterdam von Brinkmann mit „Laubengängen als Strassen“) wird vor allem ab Ende der sechziger Jahre vermehrt über eine weitere Stapelung und räumliche Verknüpfung mehrerer hausartiger Wohnungstypen nachgedacht. Dies hat neben den wirtschaftlichen Zwängen und der Verteuerung der Grundstücke sicherlich auch mit veränderten gesellschaftlichen Voraussetzungen und damit einhergehender Änderungen der Wohnanforderungen zu tun. Die erzeugte Dichte wird gerade bei den Planungen der 60er und 70er Jahre oft dazu genutzt, private Außenräume zu ermöglichen, aber auch halböffentliche und gemeinschaftliche Räume auszubilden und so den Aspekt des Zu-

sammenlebens zu thematisieren. Die Ausbildung dieser Strassen- und Erschliessungsbereiche ist dabei sehr unterschiedlich gelöst. Interessanterweise sind die Referenzen dieser Zeit meist größere Anlagen, die ihre typologischen Besonderheiten erst durch eine Verknüpfung relativ vieler Wohnungen erreichen.

In der weiteren Entwicklung ist eine höhere Privatisierung der einzelnen Einheiten zu beobachten; der gemeinschaftliche Zwischenbereich rückt in den Hintergrund. Teilweise geht die Entwicklung zu extrem introvertierten Einheiten, die sehr eng miteinander verknüpft werden.

A.1 Methodiken der Stapelung

Die Erhöhung der Dichte durch Stapelung und Verzahnung führt gleichermaßen zu neuen räumlichen Möglichkeiten in der entstehenden räumlichen Verknüpfung. Sie unterscheiden sich in Verdichtungsgrad und Komplexität der Stapelung.



Stapelung 2D
Beispiel "Haarlem Houttinen"
Eine Treppe, die an der gleichen Erschliessung wie die ebenerdigen Einheiten angeschlossen ist, erschliesst über Vorbereiche je zwei Wohneinheiten (Quelle: W016)

Stapelung 2D

Es handelt sich um eine vertikale Stapelung von zwei oder mehr Wohneinheiten (Häusern) übereinander ohne Verschränkung der Baukörper ineinander. Das untere „Haus“ ist meist ebenerdig erschlossen; die obere Wohneinheit über externe außenliegende Vertikalerschliessung.

Die vertikale Stapelung von Reihenhäusern ermöglicht in der Regel schlicht eine höhere Ausnutzung bzw. Maximierung der Wohnungszahl. Hierbei ist das Problem der Erschliessung der oberen Wohneinheiten in größeren Geschosshöhen (Geschoss 1 bis 3, aber auch darüber) zu lösen.

Stapelung 3D (3D-Bausteine)

Gegenüber der 2D-Stapelung gibt es hier eine Kombination von Wohnungen oder Häusern, die sich über- und nebeneinander stapeln und verschränken.

Die komplexere Stapelung und Verschränkung ermöglicht teilweise höhere Qualitäten, da die Orientierung der Häuser vielfältiger funktionieren kann. Die Begrenztheit der doppelten Brandwandbebauung des klassischen Reihenhauses wird dadurch teilweise aufgehoben. Erzeugt werden dabei komplexe räumliche Überschneidungen, wie sie meist nur in Teilung über Wohneigentumsgesetz (WEG) oder Mietwohnen möglich sind. Realteilungen funktionieren (in Deutschland) mit diesen Typen nicht. Oft werden zweigeschossige Räume genutzt, um die Verschränkung ineinander zu zonieren (PILE UP®, Hans Zwimpfer, Zapco Ltd.). Die Außenräume der Wohnungen sind nicht auf eine Himmelsrichtungsachse fixiert, sondern können flexibler auf die Ansprüche der Bewohner ausgerichtet werden. Neben Loggien und Balkonen können Freiräume über dem Erdgeschoss auch durch Dachgärten zwischen den Baukörpern erzeugt werden.



Stapelung 3D

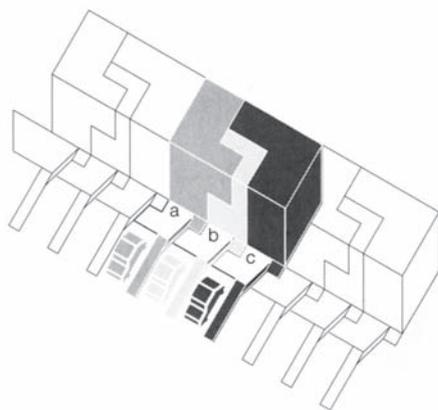
Beispiel „Marquess Road“, Darbourne & Darke
Dreidimensionale Verschachtelung, die das traditionelle Prinzip des „Back-to-back“ Reihenhauses aufgreift und zu einem „Back-to-back-crossover“ erweitert. Die Wohnungen wechseln über

die Geschosse hinweg statt nur Rücken an Rücken zu stehen und können so die Nachteile des „Back-to-back“ ausgleichen. Die Stapelung erzeugt in den oberen Geschossen zusätzlich eine innere Erschliessung.

Reihung 3D

Das Prinzip des klassischen Reihenhauses mit einer Erschließung aus einer Ebene wird beibehalten und um eine Verzahnung in den Obergeschossen ergänzt.

Dieses Prinzip erzeugt vor allem eine größere Varianz der anzubietenden Typen in Bezug auf Größe und Typologie des Grundrisses. Es entsteht die Möglichkeit der Ausbildung unterschiedlicher Fassadenbreiten nach außen. Die Wohnung wird als größer empfunden, da die Gesamtausdehnung in alle Richtungen funktioniert und nicht zu deutlich vom Nachbarn begrenzt wird, wie diese bei der Brandwandbebauung üblicher Reihenhäuser ist. Eine Integration von Außenräumen in diese Verzahnung ist möglich und ergänzt das System. Die Verzahnung kann deutlich sichtbar oder im Fassadensystem kaschiert werden.



Reihung 3D

Reihenhäuser in Kanoya (Quelle: W007)

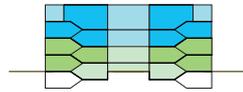
Die Verzahnung wird genutzt, um verschiedene Wohnungsgrößen und Varianten zu erzeugen. Alle Wohnungen im Erschließungsgeschoss werden jedoch auf dem gleichen Achsraster aufgebaut. So entsteht eine gleichmäßige Aufteilung der außenliegenden Zugangstreppen bei unterschiedlich großen Wohnungen.

Anwendung im Forschungsprojekt

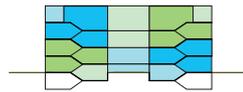
Das gestapelte Reihenhaus bedient sich der beschriebenen Mechanismen und erzeugt aus einer einfachen zweidimensionalen vertikalen Stapelung in der weiteren Addition eine komplexe Verzahnungsmöglichkeit über Patios und Innenhöfe.



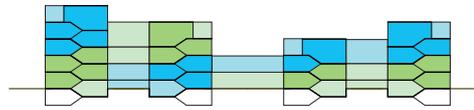
(1) Stapelung 2D



(2) Stapelung 2D mit Hintereinanderreihung



(3) Stapelung 2D mit mit „Crossover“



Kombination der Prinzipien 1-3

Gestapeltes Reihenhaus:

Die 2D-Stapelung erzeugt durch verschiedene Reihungsmöglichkeiten vielfache Kombinationen



A.2 Methodiken der Erschliessung



Der Laubengang als Strassenersatz:
Siedlung Spangen, Brinkmann,
Quelle: W016



Erschliessungssystem in mehreren
Ebenen:
„Marquess Road“, Darbourne &
Darke, Quelle: W013



Das Projekt „Labyrinth“ in Tokio
(Arch.: Hayakawa) thematisiert die
individuellen Zugänge, dadurch
dass jeder Wohneinheit eine eigene
Treppe in einem komplizierten
räumlichen Geflecht zugeordnet
wird.

Die Treppen bilden die Raumstruktur
in einem gemeinsamen Innenhof und
belegen ihn dadurch auch inhaltlich.
Auf gemeinschaftlich genutzte Flä-
chen wird dadurch verzichtet.

Quelle: W022

Außenwirkung

Die Erschliessung von gestapelten Wohneinheiten hat neben funktionalen auch immense gestalterische Auswirkungen. Sind immer einzelne, und nicht mehrere, Wohneinheiten über Erschliessungssysteme erschlossen, bildet das Erschliessungssystem gleichzeitig den optischen Eingang und den Identifikationspunkt der Wohnung.

Die Betonung des eigenen Eingangs ist eine Möglichkeit der Verknüpfung von Wohnung und Bewohner. Das prinzipielle Vermeiden von gemeinschaftlichen Erschliessungsanlagen wie Treppenhäusern, Laubengängen und Aufzügen schliesst Konflikte um deren Benutzung aus. Soziale Kontrolle liegt in der Eigenverantwortung. Die Schwelle zum Haus beginnt an der eigenen Türklingel.

Im niederländischen Wohnungsbau wird das Thema individuelle Erschliessung und Ablesbarkeit traditionell behandelt.

Lage zur Strasse

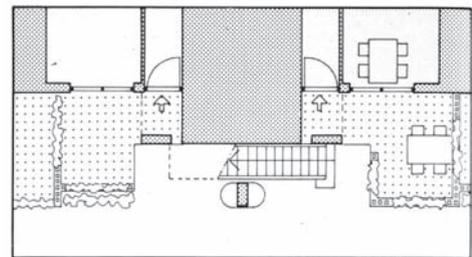
Die Positionierung des Hauses / der Wohnung zur Strasse spielt eine große Rolle in der Wahrnehmung dieser Wohnung.

Die Ausgestaltung der Strasse ist sehr unterschiedlich. Teilweise werden auch Teile der Häuser „strassenartig“ ausgebildet, um die Position der Wohnung in der Gesamtanlage zu definieren. Die Strasse wird zur Erweiterung des Hauses und zum integralen Baustein der gesamten Wohnstruktur. Neben der Unterscheidung der Art der Erschliessungsstrasse an sich (Wohnstrasse, Fußweg, Parkplatz, ...), ist ihre Ausformulierung und die Schwelle zum eigentlichen Wohnbereich entscheidend für die Annahme der Bewohner. Die Baukörper können auch so angeordnet werden, dass sie selbst den Strassenraum bilden und definieren, teilweise auf einer anderen Ebene als die PKW-Erschliessung, und so klar definierte Wohnwege und Vorbereiche ausbilden.



Ausbildung individueller Eingangszonen und Zugänge:
Haarlem Houttinen (Quelle: W016)

In der Anlage „Haarlem Houttinen“ von Herman Hertzberger ist auf die Ausbildung der Zugänge großer Wert gelegt worden. Der etwas zurückliegende und indirekte Eingang der erdgeschossigen Einheiten findet seine Entsprechung über eine Treppe im Obergeschoss.

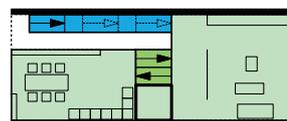


107c Erdgeschoß

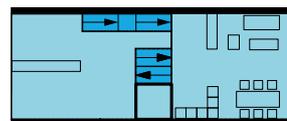
109 Rechte Seite

Anwendung im Forschungsprojekt

Das Erschliessungssystem des gestapelten Reihenhauses unterteilt sich in innere und äußere Erschliessung. Die innere Erschliessung funktioniert über eine interne Treppe, die die einzelnen Ebenen innerhalb einer Wohnung anschliesst. Die äußere Erschliessung wird nur von der oberen Einheit genutzt. Sie bildet damit gleichzeitig den Eingang und die wahrnehmbare Schwelle zur Wohnung.



Eingangsebene
untere Wohnung (EG)



Eingangsebene
obere Wohnung (2.OG)

Diagramm Erschliessung:
untere Wohnung (grün) mit interner Treppe;
obere Wohnung (blau) mit interner und externer Treppe

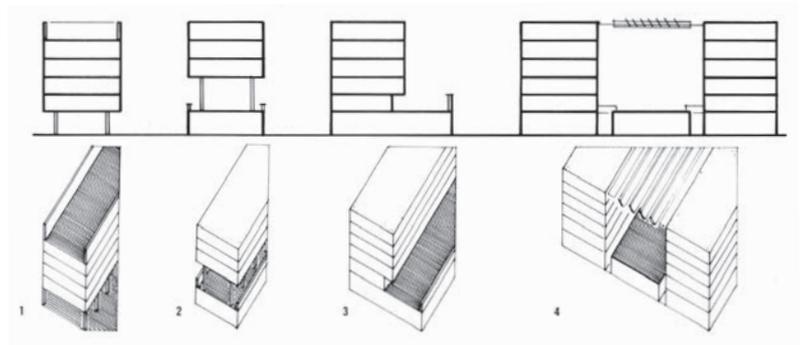
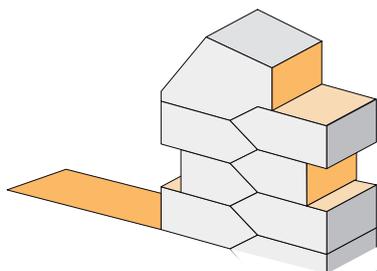
A.3 Frei- und Außenraumqualitäten

Freiraum im Haus / privater Außenraum

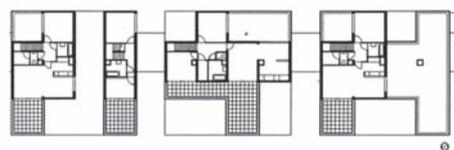
Die Art und die Position des Freiraums spielen eine zentrale Rolle in der Wahrnehmung der Wohnung als „Haus“. Der Grad an Öffentlichkeit, die Einsehbarkeit, die Aussicht und Orientierung ermöglichen qualitative Unterschiede, die aus Geschosswohnungen höher akzeptierte hausartige Wohneinheiten machen. Die grundsätzlichen Unterschiede, den Freiraumersatz trotz verdichteter Bauweise zu erzeugen, sind eng mit der entstehenden Typologie verbunden. Der private Freiraum ist qualifiziert durch seine Einsehbarkeit und der Möglichkeit, nach außen zu blicken. Gleichzeitig kann er den Gesamtbaukörper durch Einschnitte oder Unterbrechungen optisch gliedern und maßstäblich der Wohneinheit anpassen. Wenn die Terrasse für den Einfamilienhausbau steht und der Balkon oder Laubengang für den Geschosswohnungsbau, so stehen Loggien, Dachgärten und Patios auf erhöhter Ebene oft für die Stapelung und räumliche Verknüpfung von hausartigen Wohnungen.

Anwendung im Forschungsprojekt

Das gestapelte Reihenhaus bietet verschiedene Formen von Freiräumen an. Zwischen Strasse und Haus entsteht eine Vorzone, die z.B. zum Parken benutzt wird. Der Garten ist der erdgeschossigen Wohnung zugeordnet. Die Dachterrasse der oberen Wohnung kann in die gleiche Richtung orientiert sein, um die Himmelsrichtung optimal auszunutzen, oder entgegengesetzt, um einen höheren Grad an Privatheit zu erreichen. Bei einer höheren Verdichtung und daraus folgender linearer Reihung in Längsrichtung des Hauses in der Tiefe des Grundstücks entstehen Patioflächen, die sehr introvertierte Außenräume bilden und die Belichtung der tiefen Typen ermöglichen.



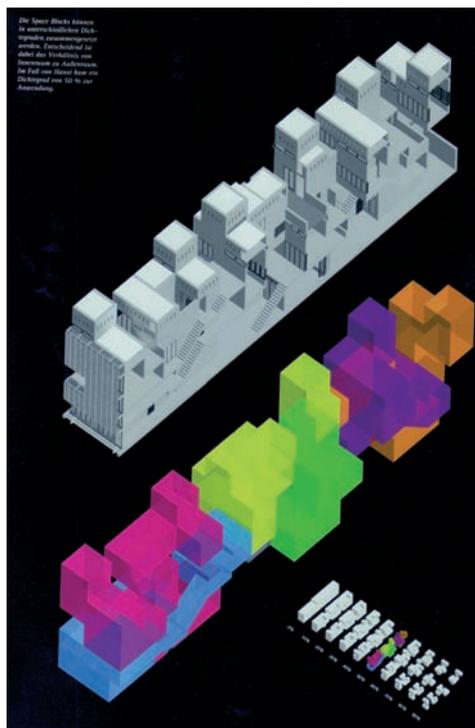
Freiraum in Gebäuden, Schema
(Quelle : W012)



Holleinhof, Ghent, Arch.: Neutelings / Riedijk (Quelle : W013)

Die Häuserzeilen sind aus Kuben zusammengesetzt. Jeder dieser Kuben basiert auf einem Raster von 4 x 4 „Einheiten“.

Dabei können die Einheiten von entweder Zimmern oder Terrassenflächen belegt werden. Da zwischen den Terrasseneinheiten immer Zimmereinheiten angeordnet werden, sind die entstehenden Freiräume sehr privat und von Nachbarwohnungen nicht gut einzusehen.



Space Block, Hanoi, Arch.: Kojima
(Quelle : Z002)

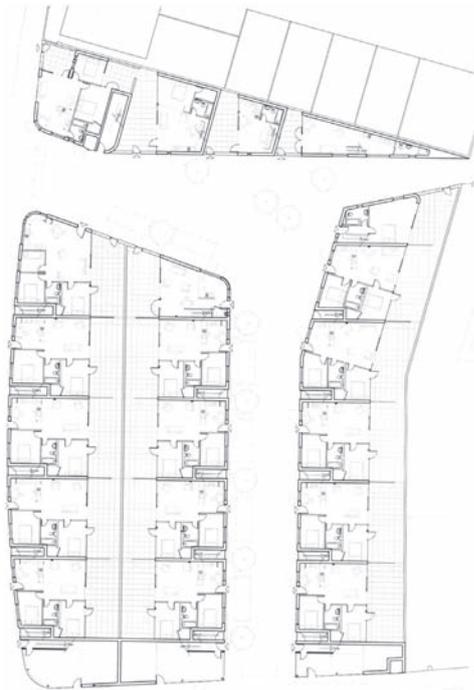
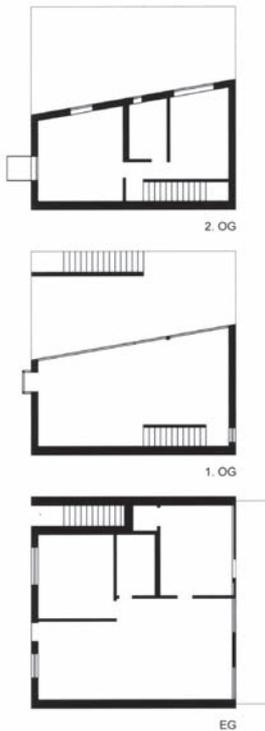
Bei den „Space Blocks“ von wird über das Prinzip des Anteils von Außenraum das Gebäude entwickelt. So kann die Grundstruktur mit unterschiedlichen Anteilen von Außenraumvolumen von 0% bis 90% erstellt werden. In Hanoi wurde ein Block mit dem Verhältnis von 50 / 50 realisiert.

A.4 4 Beispiele

Wohnungsbau in London,
Donnybrook Quarter
Arch.: Peter Barber Architects

1. Grundriss Gesamtanlage
2. Grundrisse
3. Luftbild

Quelle: W022



**Stapelung von Haus und Wohnung
mit individueller Erschliessung
für jede Einheit im Obergeschoss**

*Wohnungsbau in London, Donnybrook Quarter
Arch.: Peter Barber Architects*

Aus einem internationalen Wettbewerb hervorgegangenes Musterprojekt (parallel zur „Urban Task Force“ unter der Leitung von Richard Rogers).

Typologie

Es handelt sich um eine Stapelung von Reihenhausartigen Hofhäusern und Maisonette-Wohnungen mit bis zu vier Geschossen. Im EG befinden sich meist eingeschossige Wohnungen mit Hof. Der Wohntypus ist zur Strasse hin orientiert durch die offenen und nach vorne orientierten Wohnzonen. Außerdem gibt es den Rückzugsbereich zum Hof, der nach dem Vorbild von mediterranen „neapolitanischen“ Wohntypen entwickelt wurde. Die über Außentreppen erschlossenen Maisonette-Wohnungen im OG1 und 2 erzeugen eine räumliche Durchmischung. Entscheidend ist neben der Typologie auch die städtebauliche Konfiguration und der Bezug zu Strasse und Hof.

Bewertung

Das Projekt schafft es, kostengünstigen Wohnraum zu erzeugen und dabei nicht auf individuelle Zugänge zu verzichten, um den Charakter von Eigenheim zu erzeugen. Die städtebauliche Anordnung und die Schichtung der eingeschossigen Wohnungen und Maisonetten erzeugt eine urbane Dichte und stellt in den Höfen und Dachterrassen ausreichende private Außenräume zur Verfügung. Die zunächst angestrebte Mischung aus Wohnen und Arbeiten konnte nicht verwirklicht werden; die Anlage wird fast ausschliesslich zu Wohnzwecken genutzt. Inwieweit sich der „neapolitanische“ Grundriss mit mediterranen Bezügen auch in England bewährt, wird sich auf Dauer zeigen müssen.

Anwendung im Forschungsprojekt

Die individuelle Erschliessung der oberen Einheiten und die damit entstehende städtebauliche Konfiguration bildet die Grundregeln der Kombinatorik des gestapelten Reihenhauses.



Stapelung (evt. parzellenübergreifend) von zwei Wohnungseinheiten mit Maisonette bzw. Reihenhaus mit erdgeschossigem Zugang und eingeschossiger Wohnung darüber

Wohnungsbau in Haarlem, NL
 Arch.: Von Sambeek und Van Veen

Typologie

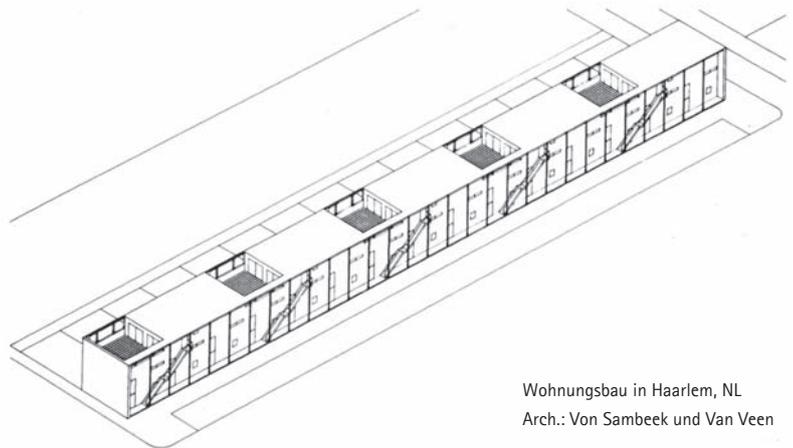
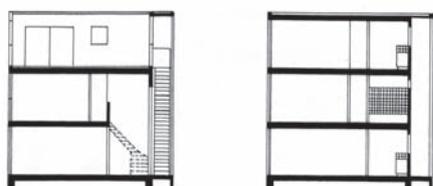
Je drei schmale Reihenhäuser werden von einer eingeschossigen Wohnung mit Dachgarten überspannt. Die Wohnungen haben annähernd die gleiche Größe wie die Reihenhäuser. Statt der erdgeschossigen Gartenflächen werden hier im zweiten Obergeschoss großzügige Dachgärten angeboten. Die Erschliessung erfolgt erdgeschossig und über außenliegende individuelle Treppen in das zweite Obergeschoss.

Bewertung

Die intelligente Stapelung von eingeschossigen Wohnungen über drei Achsen auf den Reihenhäusern löst das Problem der individuellen Zugänge geschickt durch die Reduktion der Anzahl der oberen Wohnungen. Das Prinzip der Gleichheit in Bezug auf Außenraum und Wohnungsgröße erzeugt eine gewisse Monotonie, ist aber nachvollziehbar und erzeugt attraktive und großzügige Wohnungs- und Haustypen, die ohne Kompromisse und Einschränkungen sowohl erdgeschossig, als auch im zweiten Obergeschoss ihre Qualitäten in privatem Außenraum und individueller Wohnweise erzeugen.

Anwendung im Forschungsprojekt

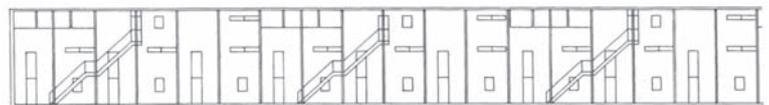
Die privaten Außenräume innerhalb der Baustruktur sind bei der oberen Wohnung in der obersten Ebene angeordnet.



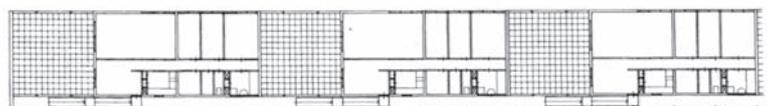
Wohnungsbau in Haarlem, NL
 Arch.: Von Sambeek und Van Veen

- 1. Isometrie Gesamtanlage
- 2. Grundrisse
- 3. Straßenansicht
- 4. Querschnitte

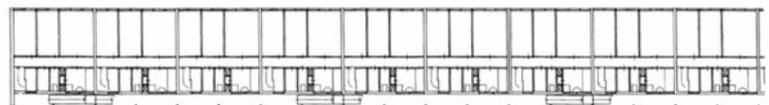
Quelle: W022, W011



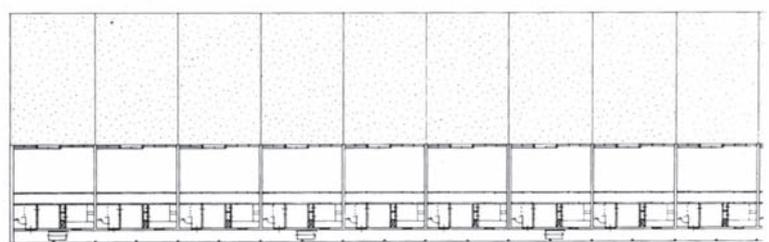
Straßenansicht



2. Obergeschoß



1. Obergeschoß



Erdgeschoß



Wohngebäude in Rotterdam
Arch.: Dobbelaar de Kovel de Vroom,
DKV Architekten

1. Querschnitt Wohnungen
2. Grundrisse
3. Photo Eingangssituation

Quelle: W022, W018



Stapelung

von zwei mehrgeschossigen Wohnungseinheiten mit beiden Eingängen im Erdgeschoss

Wohngebäude in Rotterdam

Arch.: Dobbelaar de Kovel de Vroom,
DKV Architekten

Typologie

Innerhalb einer Gesamtstruktur von vierhundert Meter Länge entstanden drei lange geschlossene Reihen. Davon sind zwei als „Doppelmaisonnetten“ ausgeführt. Sie sind durch einen Sockel über vier Treppenstufen erschlossen, vor dem auch geparkt wird. Die Treppensysteme zur Erschliessung der beiden Wohnungen liegen im Gebäudeinnern, sodass die Eingänge alle im Erdgeschoss liegen. Der untere Typ ist konventionell aufgebaut: Der Wohnraum ist zusätzlich durch einen leichten Höhenversatz zum Privaten hin geöffnet. Bei der oberen Wohneinheit schliesst die Treppe beide Geschosse an, die unabhängig voneinander funktionieren. Das Dachgeschoss ist als Wohngeschoss ausgebildet, komplementär zum Erdgeschoss der unteren Wohneinheit. Eine kleine Dachterrasse bildet den privaten Außenraum.

Bewertung

Die Typologie ist sehr effektiv und schafft es, zwei Wohnungen mit eigenen erdgeschossigen Eingängen zu stapeln, ohne außenliegende Treppenhäuser zu benötigen. Die Qualität liegt im eigenen Eingang, der direkt erdgeschossig auf einem kleinen Sockel Distanz zur Strasse schafft. Der private Außenraum der oberen Wohnung entspricht eher einer Stadtwohnung als einem Reihnhaus und eine ausreichende Distanz zwischen den privaten Außenräumen ist nur bedingt gegeben.

Anwendung im Forschungsprojekt

Die Eingangssituation der oberen Wohneinheit befindet sich erdgeschossig. Damit beginnt auch ein Teil der Wohnung und der sozialen Verantwortung für diese Flächen bereits am Übergang zwischen Strasse und Haus.

**Stapelung von zwei Häusern
mit linearer Treppenerschliessung
für je zwei Einheiten im Obergeschoss**

*Apartmentgebäude in Amsterdam
Arch.: Bosch, Haslett & Kruppenberg*

Typologie

Das Gebäude bildet eine Art Reihenhaus-Block, bestehend aus schmalen Reihentypen, von denen immer zwei übereinander gestapelt sind. Die Erschliessung der oberen Einheiten erfolgt über schlitzenartig eingeschobene lineare Treppen ins Gebäudeinnere.

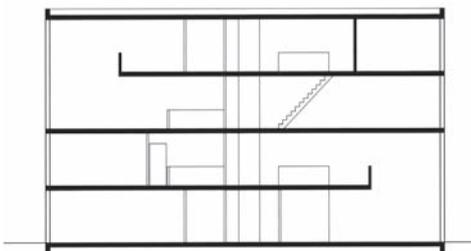
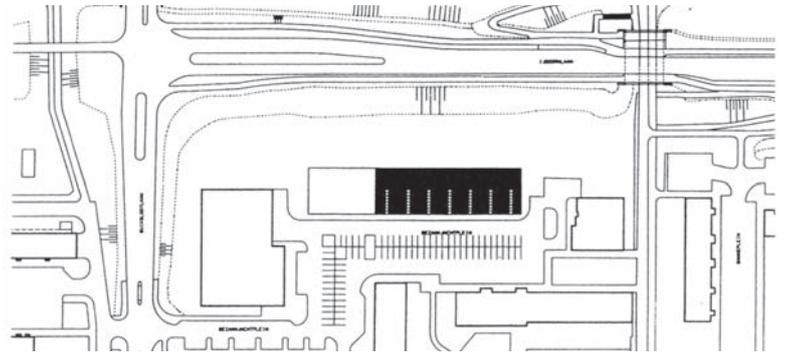
Das Reihenhaus wird durch die Stapelung und die dadurch entstehende seitliche Eingangerschliessung der oberen Wohnung grundrisstypologisch neu interpretiert. Eine offene, flexible Grundrissstruktur ermöglicht Grundrisse, die an die Unité d'Habitation von Le Corbusier erinnern. Kerne im mittleren Bereich stellen die Fixpunkte dar. Außenliegende zweigeschossige Räume verbessern die Belichtung der tiefen Haustypen. Alternativ können diese Flächen auch mit Zimmern aufgeteilt werden. Die einfache Grundstruktur ermöglicht so eine Vielzahl an Nutzungsmöglichkeiten. Die untere Wohneinheit bietet durch die Möglichkeit, sowohl im EG als auch im OG zu erschliessen. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, z.B. Büroflächen zu integrieren.

Bewertung

Die Gesamtanlage wirkt ausgesprochen kompakt; es sind keine privaten Außenräume, Loggien, etc. vorhanden. Die Fassade ist sehr transparent und die einzelnen Wohnungen sind nur durch die doppelgeschossigen Lufträume ablesbar. Zusätzliche Strukturierung erfolgt nur durch die eingeschobenen Treppen-"Fugen". Das Projekt entwickelt seine Qualität durch die Strenge der Grundstruktur und die damit entstehenden Freiheiten im Ausbau und der Benutzung. Die Varianz ist auf die Art der Nutzung und Belegung beschränkt. Die Grundrisstypen sind in ihrer Größe stark festgelegt.

Anwendung im Forschungsprojekt

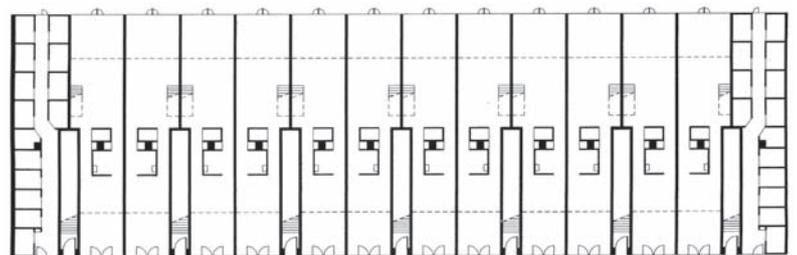
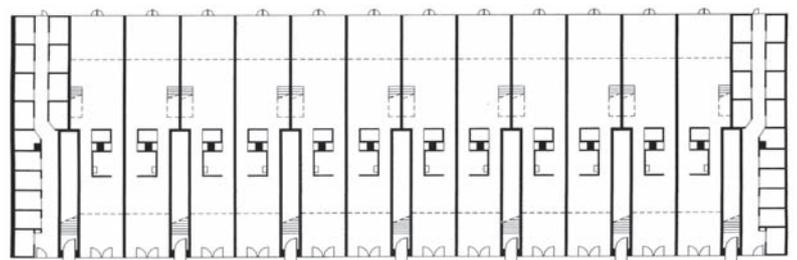
Die flexible Grundrissstruktur mit zentralem Technikern bildet die Grundstruktur des gestapelten Reihenhauses.



Apartmentgebäude in Amsterdam
Arch.: Bosch, Haslett & Kruppenberg

1. Lageplan Gesamtanlage
2. Längsschnitt Wohnungen
3. Grundriss 1.OG
4. Grundriss EG

Quelle: W014, Z001, W022



B Parametrische Planungsmethoden

Generell

Die Typologie wird als parametrische Planungssystematik entwickelt.

Methoden und Technologien hierfür basieren auf parametrischer Modellierung, bei der die Eigenschaften von Objekten und Strukturen – wie z.B. Größe, Geometrien, Materialität – als Parameter beschrieben werden.

Hierdurch können eine größere Vielfalt und Variationen, individuelle Anpassung, Komplexität und räumliche Reichhaltigkeit in architektonischen Strukturen erreicht werden – ohne die Grenzen der ökonomischen Machbarkeit zu überschreiten.

Mit Hilfe von computerunterstützten Herstellungstechnologien können diese Parameter jeweils von einem zum nächsten produzierten Objekt variiert werden und dabei die traditionelle serielle Massenfertigung von identischen Elementen durch die individuelle Massenfertigung von Elementen ersetzen werden, die sich wie Familienmitglieder ähneln.

Zur Umsetzung parametrischer Planung werden parametrische CAD-Programme eingesetzt. Während im Bereich des Maschinenbaus diese Programme seit geraumer Zeit eingesetzt werden, sind sie in der Baubranche noch nicht weit verbreitet. Innerhalb dieses Forschungsprojektes wurde die parametrische CAD-Software Revit Architecture exemplarisch zur Darstellung der Planungssystematik eingesetzt.

Vorbestimmtheit versus Emotionalität von Planungsentscheidungen

Die Parametrik innerhalb der Software ermöglicht die Definition von Abhängigkeiten (Dependencies), Verknüpfungen (Assoziativitäten) und Begrenzungen (Constraints). Hierbei lassen sich Regelsysteme integrieren, die definieren, festlegen und begrenzen. Der Grad der Festlegung ist immer im Ausgleich des Gegensatzpaares von Vorbestimmtheit und Emotionalität von Planungsentscheidungen zu sehen: „Nicht alle Entscheidungen sind rational!“

Anstatt die CAD-Systeme als Maschinen zu begreifen, die komplette Problemlösungen „errechnen“, zeigt sich immer mehr die Rolle des CAD als Kommunikationsmedium. Änderungen und Varianten können gerade mit parametrischen Programmen schnell und komplex ausgewertet werden. Die wesentlichen Konstruktions- und Entwurfsentscheidungen können aber nur durch die verantwortlichen Planer getroffen werden, da ein Großteil einen emotionalen Faktor beinhaltet, der nicht simuliert werden kann.

Innerhalb des Forschungsprojektes wurde der Grad der Festlegungen im Vergleich zur individuellen Entscheidungsfreiheit untersucht und dazu Vorschläge erarbeitet.

B.1 Parametrisches Modellieren

Definition

Parametrisches Modellieren ist das Erzeugen von Geometrien mit Hilfe von Parametern.

Dabei können Parameter sein:

- Zahlen(werte)
- Geometrie, zum Beispiel: Punkte, Linien, Kurven
- Formeln
- Vorschriften und Regeln ¹

Im Gegensatz zu Variablen, die nach mathematischer Definition nur Zahlenwerte sind, können Parameter darüber hinaus auch z.B. Geometrien sein.

Parameter werden zur Definition von Geometrie-elementen benutzt. Außerdem lassen sich Verbindungen (Assoziativitäten) zwischen den Geometrie-elementen aufbauen. Hierbei muss eine Hierarchie der einzelnen Elemente definiert werden (Eltern-Kind-Beziehung). Diese steuert bei Änderung die Anpassung der untergeordneten Elemente.

Funktionalitäten parametrischer CAD-Software

Gegenüber nicht-parametrischen Programmen bietet parametrische CAD-Software folgende Vorteile:

Parametrische Änderungen

Wichtiger Bestandteil ist die Funktionalität (engine) für parametrische Änderungen, die alle Änderungen automatisch für das gesamte Projekt strukturiert und erfasst. Dies wird für alle Arbeitsebenen (Modellansichten, Grundrissplänen, Bauteillisten, etc.) parallel vorgenommen.

Gebäudedatenmodellierung

(BIM: engl.: building information modeling) :

Unter Gebäudedatenmodellierung versteht man die Erstellung und Verwendung koordinierter, in sich konsistenter und exakter Gebäudedaten in einem Modell, das bei der Planung des Gebäudes zum Einsatz kommt. Es besteht die Möglichkeit, diese Informationen in einer integrierten digitalen Umgebung stets auf dem aktuellen Stand zu halten und projektweit bereitzustellen. Die Auswertung des Modells kann auf unterschiedlichen Ebenen erfolgen, sodass aus dem Modell sowohl Pläne, 3D-Ansichten als auch Stücklisten und Flächenberechnungen erzeugt werden können, da alle Modellteile in einer Datenbank verwaltet werden.

Integration Metainformationen

Bauteile können neben ihren geometrischen Daten auch weitere Metainformationen erhalten, z.B. die ihrer physikalischen Kennwerte. So ist es möglich, aus einem vollständigen Modell weitere Auswertungen vorzunehmen (Energieverbrauch, etc.)

Parametrische Geometrisierung

Über das Einbeziehen mathematischer Formeln und die Definition gegenseitiger Abhängigkeiten können die erzeugten Geometrien mit veränderbaren Parametern ausgestattet werden. Mit dieser Funktionalität können sie über Hierarchien Elemente steuern und anpassen.

Anwendung im Forschungsprojekt

Das Forschungsprojekt setzt parametrisches Modellieren exemplarisch ein in Verwendung der parametrischen CAD-Software Revit Architecture. Dabei werden vor allem die Funktionalitäten der Integration von Metainformationen und der parametrischen Geometrisierung verwendet und untersucht.

Die Typologie wird mit logischen Verbindungen (Assoziativitäten) zwischen den Geometrie-elementen definiert. Diese Definitionen werden neben rein geometrischen Beziehungen auch den Einfluss äußerer und innerer Faktoren (wie Grundstücksrandbedingungen und Nutzerwünsche) integrieren. Immer wenn diese Anforderungen den Rahmen der Benutzeroberfläche überschreiten, erweitert eine Anwendungsprogrammierung über die API (Application Program Interface) Schnittstelle die Funktionalität.

¹ aus Wikipedia:

http://de.wikipedia.org/wiki/Parametrisches_Modellieren

B.2 Vergleich Verwendung im Maschinenbau

Parametrische CAD-Software und deren Customizing ermöglichen Planungsmethoden, bei denen durch logische Verknüpfungen der einzelnen Elemente die CAD-Software mit einer höheren Intelligenzstufe als herkömmliche CAD-Software arbeitet.

Bei Planungs- und Bauprozessen von Gebäuden werden diese Methoden im Vergleich zu anderen Bereichen (z.B. Maschinenbau) selten und wenig systematisch eingesetzt. Dies bezieht sich sowohl auf die Planung als auch auf die Herstellung.

In diesem Kapitel werden die Planungsmethoden individueller Massenfertigung aus Produktionsbereichen außerhalb der Architektur untersucht und deren Übertragung in die Produktionsmethoden der Baubranche geprüft werden.

Parametrisches CAD-Modellierungsprogramm

Parametrik innerhalb der CAD-Software bedeutet die Aufstellung von Gleichungssystemen auf der Basis von Punkt- und Richtungsvektoren.

Ein parametrisches CAD-Modellierungsprogramm wird im Bereich Maschinenbau als Kommunikationsmittel zur Entwicklung und zum Austausch von Daten verwendet.

Es ermöglicht neben bzw. parallel zur Erstellung von Zeichnungen die Erzeugung von physikalischen Kenndaten, z.B. Volumen, Quadratmeter, energetische Berechnung etc.

Es wird zwischen drei Leistungsstufen zunehmender Komplexität differenziert:

1. Aufbau von parametrisch definierten Geometrien
2. Feature-Technologie: vordefinierte Gestaltkomplexe, z.B. Ausrundung, Fase
3. wissensbasiertes Konstruieren

Übertragung Forschungsprojekt:

Ein parametrisches Modellierungsprogramm aus dem Bereich Architektur wird zur parametrischen Modellierung eingesetzt und durch eine Anwendungsprogrammierung in seiner Funktionalität erweitert.

Wissensbasiertes Konstruieren

Im Bereich Maschinenbau wird das Prinzip des wissensbasierten Konstruierens durch Customizing der CAD-Software eingesetzt. Eine eigene Branche mittelständischer Unternehmer hat sich hier ausgebildet, die CAD-Software firmenspezifisch anpasst.

Dabei werden folgende Funktionalitäten verwendet:

- Konstruktionstabellen, z.B. mit in Größen abgestuften (nicht stufenlosen) Elementen
- Definition und Einsatz von Regeln, z.B. „wenn..., dann...“
- „Power-Copy“, d.h. Einsatz eines Konstruktionsalgorithmus. Der Auswahlprozess erfolgt nach bestimmter Logik (Entscheidungsbaum)

Übertragung Forschungsprojekt:

Wissensbasiertes Konstruieren in den beschriebenen Punkten wird bei der Typologierstellung eingesetzt, da in der Baubranche ähnlich wie im Maschinenbau

Schema Konstruktionsarten im Maschinenbau
Quelle: DIK, Prof. R. Anderl

Im Vergleich zur Baubranche ist der Anteil der Neuplanungen im Maschinenbau sehr gering. Dagegen werden bei Produktentwicklungen vor allem Anpassungskonstruktionen und Variantenkonstruktionen vorgenommen. Bei letzteren lohnt sich der Einsatz von parametrischen Verfahren und Programmierungen.

Konstruktionsarten	Konstruktionsphasen				Rechnerunterstützung
	Funktionsfindung	Prinzip-erarbeitung	Gestaltung	Detaillierung	
Neukonstruktion Neukonstruktion Entwicklungskonstruktion Angebotskonstruktion					• völlig neue Entwicklung unter Durchlaufen aller Konstruktionsphasen mit Unterstützung durch CAE/CAD/CAM
Anpassungskonstruktion Anpassungskonstruktion Angebotskonstruktion Fertigungskonstruktion Änderungskonstruktion					• Suche nach ähnlichen Teilen • teilweise Modifikation • teilweise neue Auslegung • neue Optimierung
Variantenkonstruktion					• teilweise Modifikation der Gestalt (Topologie) • Variantenprogrammierung • parametrische Verfahren
Konstruktion mit festem Prinzip					• teilweise Modifikation von Abmessungen • Variantenprogrammierung • parametrische Verfahren

mit Konstruktionselementen in festen Größen gearbeitet wird.

Die Möglichkeiten eines Customizing der CAD-Software Revit Architecture wird getestet.

Produktstrukturen

Im Maschinenbau werden Produkte hierarchisch in Baugruppen und Einzelteile aufgebaut. Dadurch ist eine spezielle Konfiguration je nach Produkttyp möglich.

Übertragung Forschungsprojekt:

In der Tyologieentwicklung wird das Gebäude als Produkt aus Einzelelementen aufgebaut und ein hierarchischer Aufbau geprüft. Zur Variantenentwicklung wird das Mittel der Konfiguration genutzt.

Konstruktionsräume

Im Maschinenbau hat sich die Planung mit Bauräumen durchgesetzt. Dies trägt der Entwicklung von „Collaborative Engineering“ Rechnung, sowohl Produktion als auch Entwicklung dezentral zu organisieren.

Übertragung Forschungsprojekt:

In der Architektur würde ein „Collaborative Engineering“ mit Bauräumen bedeuten, einzelne Bauteile in ihren Anforderungen und Anschlusspunkten zu definieren und dann durch externe Spezialisten / Produzenten die Detaillierung und Ausführungsplanung erarbeiten zu lassen (Werkstattpläne). Im Vergleich zur individuellen Architektenplanung stellt ein solches Vorgehen zumindest in Teilbereichen einen Paradigmenwechsel dar. Gerade in der kostenoptimierten individualisierten Massenfertigung

aber eine Möglichkeit, die Gesamtprozesse zu verbessern.

Digitale Prozesskette

Digitale Prozesskette bedeutet im Maschinenbau die vielfache Vernetzung der Planungsphasen und ermöglicht eine Ableitung von Leistungsverzeichnissen, Stücklisten etc.

Übertragung Forschungsprojekt:

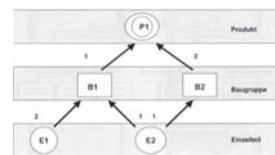
Das Arbeiten mit einem parametrischen CAD-Modellierungsprogramm erlaubt eine vergleichbare Durchgängigkeit der Modelldaten von der Planung bis zur Herstellung.

Strukturen

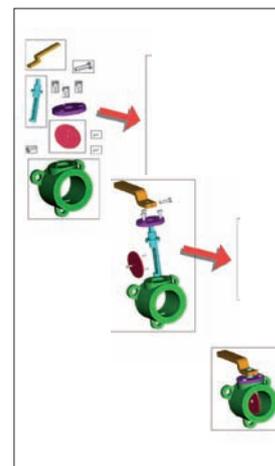
Für den Aufbau eines Produktes ist die Definition von Strukturen unerlässlich. Hierbei wird die Produktstruktur als Anforderungsstruktur in einem Pflichtenheft definiert.

Übertragung Forschungsprojekt:

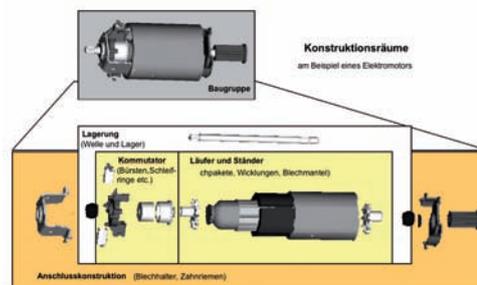
Beim Forschungsprojekt wird mit vergleichbaren Werkzeugen gearbeitet.



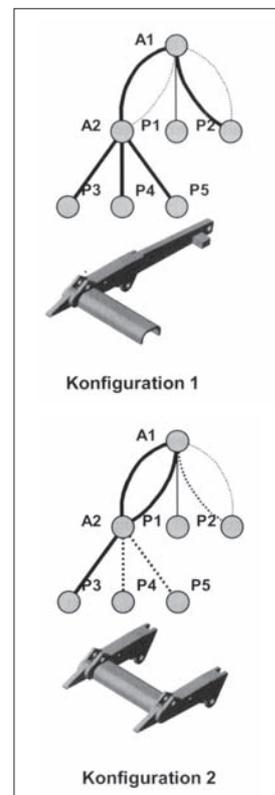
Produktstrukturen
Quelle: M. Eigner



Schema Baugruppe / Einzelteile
Quelle: DIK, Prof. R. Anderl



Schema Konstruktionsraum
Quelle: DIK, Prof. R. Anderl



Konfigurationsstrukturen
Quelle: M. Eigner



Digitale Prozesskette
Quelle: Euromold

B.3 Vergleich Formengrammatiken

¹ Franck, Georg und Dorothea: *Architektonische Qualität*, Hanser Verlag München, 2008, S. 52

² Stiny, George and Gips, James: *Shape grammars and the generative specification of painting and sculpture*. IFIP Congress 1971. North Holland Publishing Co., 1971

³ Mitchell, William J.: *The Logic of Architecture*. MIT Press Cambridge, 1990

⁴ Duarte, José: *Customizing mass housing: a discursive grammar for Siza's Malagueira houses*. PhD-Thesis. Faculty of Architecture, Massachusetts Institute of Technology, 2000

*Das Regelwerk der Komposition, das ist (...) die Technologie für das Tilgen von Beliebigkeit. Ein Regelwerk beschränkt sich auf den Raum des Zulässigen.*¹

Innerhalb des Forschungsprojektes wurde eine Planungssystematik für gestapelte Reihenhäuser entwickelt und damit ein (programmierbares) Regelwerk für die Komposition aufgestellt. Nach Gesichtspunkten der Konstruktion, Benutzbarkeit und Kosten, gesteuert von den gewählten Kriterien, werden Regeln einer Formengrammatik definiert. Dabei werden nach Franck¹ Bauteile als Komponenten aufgefasst, die nach den Regeln einer Formengrammatik zu einem syntaktisch wohlgeformten Ausdruck verknüpft werden.

Entwurfsprozess

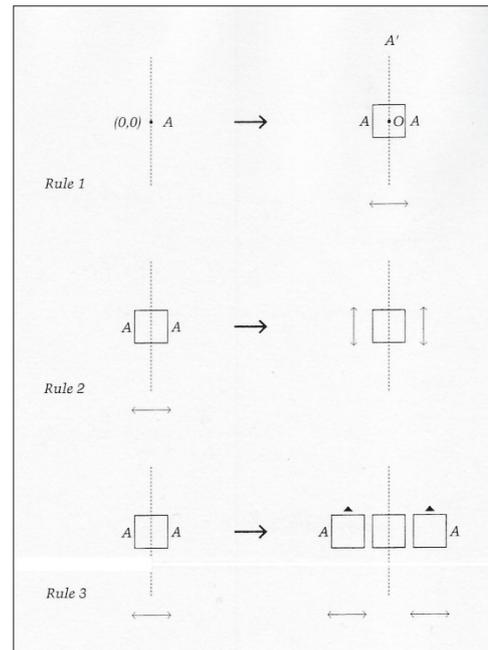
Das Entwickeln von typologischen Systematiken folgt auch im konventionellen Entwurfsprozess wiederkehrenden Regeln. Neben den kreativen und z.T. intuitiven Prozessen der „Ideenfindung“ gibt es zwei wesentliche Tätigkeiten:

1. Die Definition „innerer“ Faktoren wie Raumprogramm und Nutzerwünsche, sowie „äußerer“ Faktoren wie Grundstücksgrößen, Himmelsrichtung, Erschliessungsvorgaben bis zu gesetzlichen Regelungen zur Geschossigkeit, Abstandsflächen und Bebauungsplänen.
2. Das Erstellen von Varianten (und Alternativen) innerhalb der Definitionen der inneren und äußeren Faktoren, deren Prüfung und Optimieren bzw. Erstellung weiterer Varianten.

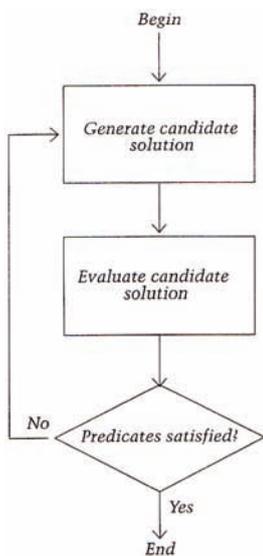
Die so entstehende Anzahl der Varianten im Entwurfsprozess ist immens und meist nur durch den Faktor der Bearbeitungszeit begrenzt.

Formengrammatiken

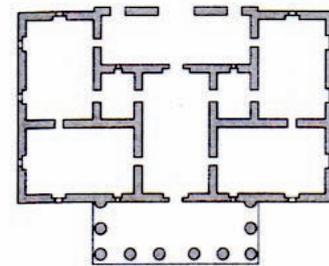
Diesen Prozess versuchten als erste Stiny und Gips² in einem Regelwerk der Komposition als definierte „shape grammar“ (Formengrammatik) abzubilden. Auf diese sehr theoretische Formgenerierung folgten Betrachtungen, die sich mit Typologien vorhandener Bauwerke befassen und dafür eine Formengrammatik entwickeln, die in diesem Zusammenhang im Vergleich innerhalb dieses Forschungsprojektes interessant sind.



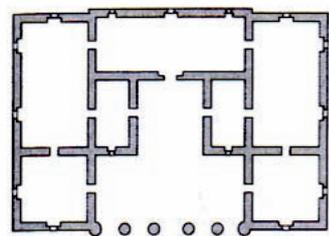
Beispiele für die Regeldefinition der Formengrammatik für „Palladianische“ Villen
aus: Mitchell, William J.: *The Logic of Architecture*. MIT Press Cambridge, 1990



Die grundlegende „Trial-and-Error“-Struktur von Entwurfsprozessen
aus: Mitchell, William J.: *The Logic of Architecture*. MIT Press Cambridge, 1990



Villa Hollywood



Villa Vine

Nach der Formengrammatik von Mitchell generierte „Palladianische“ Villen
aus: Mitchell, William J.: *The Logic of Architecture*. MIT Press Cambridge, 1990

Formengrammatik für palladianische Villen

William Mitchell stellt in „The logic of Architecture“³ ein Regelwerk dar, das den Entwurfsprozess von Palladios Villengrundrissen abbildet. Palladios Arbeitsweise ist ideales Anschauungsmaterial einer Analyse, denn er entwickelt einerseits als einer der ersten Architekten Grundrisse über die Auswahl zahlreicher Variantenskizzen und andererseits gibt es unterschiedliche Typen von Villen, die jeweils eigenen Gesetzmäßigkeiten folgen. Über eine sehr exakte Abfolge von geometrischen Regeln und Abhängigkeiten ist Mitchell sowohl in der Lage, die Struktur palladianischer Villen zu rekonstruieren, als auch neue Varianten zu generieren. Die Regeln folgen einem additiven System, d.h. ausgehend von einem einzelnen Achspunkt werden daran Raumgeometrien und später Bauelemente wie Stützen addiert. Die Ergebnisse sind in ihren Proportionen und Raumfügungen dann Phänotypen des originalen palladianischen Genotyps.

Formengrammatik für Sizas Malagueira Häuser

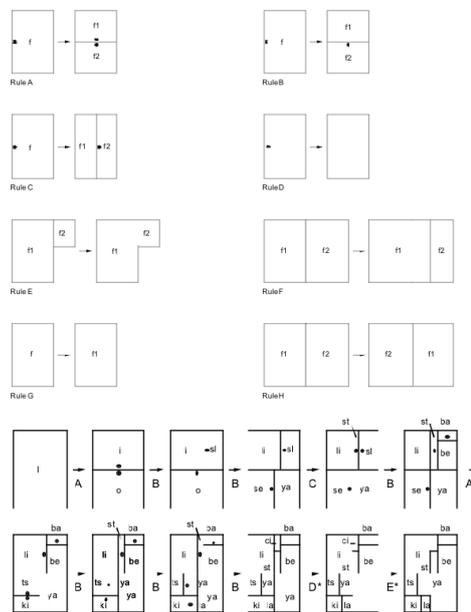
Auch José Duarte untersucht einen bestehenden Gebäudetypus, die „Malagueira Häuser“ von Alvaro Siza⁴, um deren zugrunde liegenden Regeln zu formulieren. Duarte kombiniert die „shape grammar“ (Formengrammatik) mit einer „description grammar“ (Beschreibungsgrammatik) zur vollständigen Definition der Haustypen. Mit Hilfe dieses Regelwerks können vorhandene Haustypen rekonstruiert und neue Haustypen im „Malagueira Style“ erstellt werden. Zusätzlich zu räumlich-geometrischen Parametern werden

hier auch funktionale Zusammenhänge bis hin zu Erstellungskosten in die Grammatik integriert. Im Gegensatz zu Mitchell ist dieses System nicht additiv, sondern teilt eine vorhandenen Geometrie in immer kleinere Einheiten auf, die dann das funktionale Gesamtsystem bilden.

Anwendung im Forschungsprojekt

Die entwickelte Formengrammatik baut auf parametrischen Komponenten auf, die innerhalb eines Baukörpervolumens addiert werden.

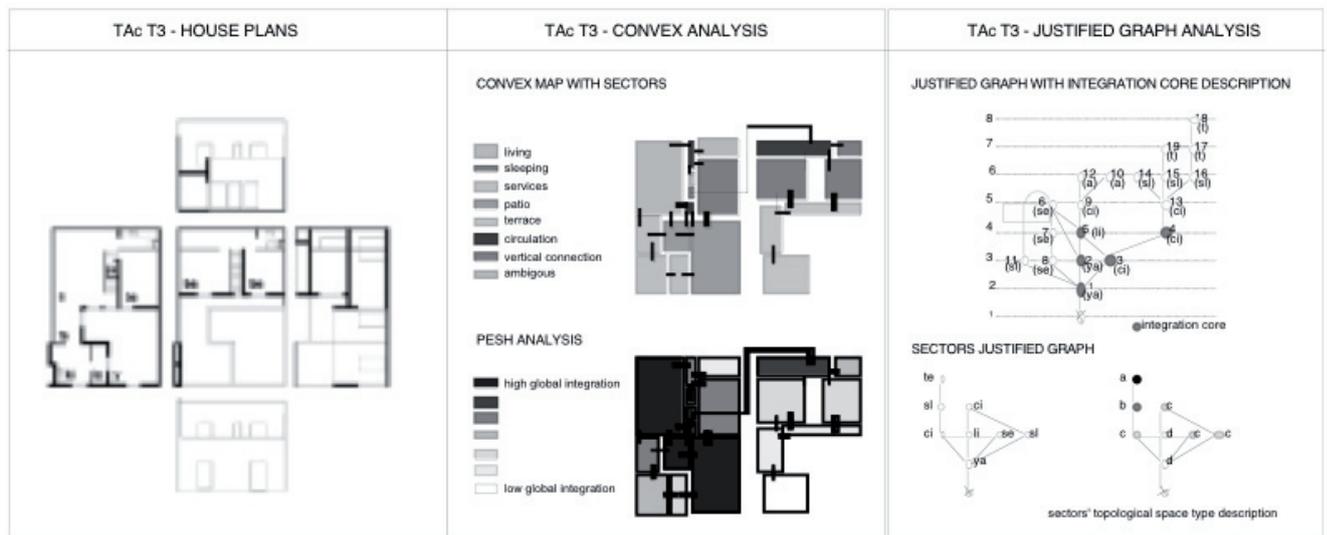
Gegenüber Mitchell und Duarte wird versucht, die Typologie mit definierten Abhängigkeiten von inneren und äußeren Faktoren zu erweitern.



oben:
Generierung der Häuser durch
Teilung

unten:
Analyse der Raumsyntax eines
Haustyps in verschiedenen Dar-
stellungsarten

aus: Duarte, José: Customizing mass
housing: a discursive grammar for
Siza's Malagueira houses. PhD-
Thesis. Faculty of Architecture,
Massachusetts Institute of Tech-
nology, 2000



B.4 Parametrische Entwurfsbestandteile

Im folgenden werden Beispiele an Entwurfsbestandteilen aufgeführt, wie parametrische Abhängigkeiten erzeugt und überprüft werden können. Dabei kommen unterschiedliche Arten von Parametrik zum Einsatz:

- Maßabhängigkeiten, Größen, Begrenzungen
- Wenn-Dann-Beziehungen
- Formeln zur Geometrieerzeugung
- Positionsparameter
- Rastersysteme (wissensbasiertes Konstruieren)
- Variantenerzeugung mit Randomfaktor

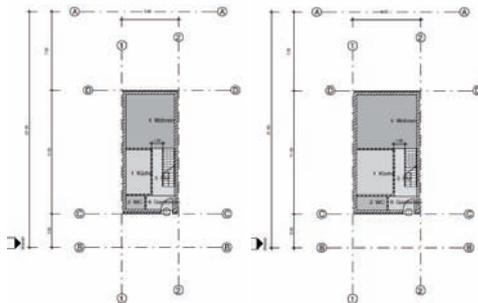
Hierbei wird unterschieden, wie und wo die parametrischen Festlegungen innerhalb des Programms eingebettet werden können.

1. im 3D-Modell innerhalb der Zeichenoberfläche in Revit
2. durch mathematische Formeln innerhalb der Parameter-Tabellen in Revit
3. durch Programmierung innerhalb der API-Schnittstelle von Revit

Maßabhängigkeiten, Größen, Begrenzungen

Beispiel Raumgrößen

Die Breite des Reihenhauses wird innerhalb eines festgelegten Spektrums, abhängig von der Deckenspannweite liegen. Durch Änderung der Gebäudebreite werden bestimmte Raumgrößen verändert und angepasst, andere bleiben bestehen. Bei diesem Beispiel wurde das Achsmaß von 5,00m auf 6,00m geändert. Während Achse 2 bestehen bleibt (fixiert) hat sich Achse 1 entsprechend um 1,00m verschoben. In der Struktur haben sich nur die Räume 1, 2 und 4 verändert. Die Räume 5 und 6 bleiben gleich, ebenso die Treppe und die Durchgangsbreite zum Wohnzimmer.



Anpassung der Raumgrößen bei Änderung der Gebäudebreite

Folgende Abhängigkeiten sind dazu nötig:

Der Punkt C/2 muss fixiert sein, darf sich also nicht verschieben lassen. Dadurch kann sich bei numerischer Maßänderung des Maßes zwischen Achse 1 und 2 lediglich Achse 1 verschieben. Die Wände von Raum 1 und 2 sind mit der Wand Achse 1 verknüpft. Dadurch werden die benachbarten Räume aktualisiert.

Diese Abhängigkeiten lassen sich ohne weiteres mit den Grundwerkzeugen von Revit erzeugen.

Wenn-Dann-Beziehungen

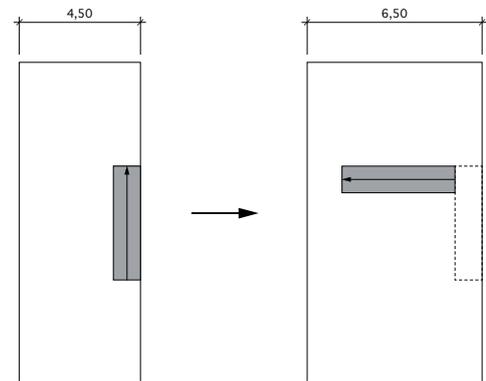
Beispiel Treppenlage

In Abhängigkeit von Hausbreiten soll die Geometrie, bzw. Ausrichtung der Treppe geändert werden. Ab einem Achsmaß von 6,50 m soll die Treppe um 90° gedreht eingesetzt werden.

links: „ wenn: Achsmaß < 6,50m,
dann: Treppenwinkel = 0° „

rechts: „ wenn: Achsmaß >= 6,50m,
dann: Treppenwinkel = 90° „

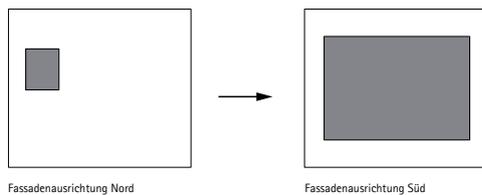
Die Wenn-Dann-Verknüpfung erzeugt in diesem Fall eine geometrische Abhängigkeit (Translokation, Drehung) über Positionsparameter



Anpassung der Treppenausrichtung bei Änderung der Gebäudebreite

Beispiel Fassadenöffnungen

In Abhängigkeit von der Ausrichtung des Gebäudes auf dem Grundstück sollen die Öffnungen in der Fassade in Beziehung zum Winkel der Himmelsrichtung gesetzt werden.



Anpassung Fassadenöffnung bei Änderung der Himmelsrichtung

Formeln zur Geometrieerzeugung

Beispiel Grundfläche

Die Grundfläche eines Reihenhauses soll immer 65qm betragen. Über eine einfache Formel kann der Grundkörper in einer Richtung verändert werden, aktualisiert seine weiteren Parameter aber immer automatisch so, dass die Grundfläche 65qm entspricht.

Die Formel „Breite x Tiefe = 65“ wird entsprechend in die Volumenkörperparameter übertragen:

$$\text{Breite} = 65 / \text{Tiefe}$$

$$\text{Tiefe} = x$$

Beide Parameter können numerisch geändert werden. Eine Eingabe der Formel „Tiefe = 65 / Breite“ ist dabei nicht möglich, da ein Kreisverweis entsteht.

Positionsparameter

Beispiel Versorgungsleitungen

Die Position bzw. die Fixierung von Elementen und Bauteilen wird über numerische oder grafische Eingaben verändert: Die Position eines Leitungsschachtes wird abhängig von den Gesamtmaßen parametrisch verändert, die Verknüpfung innerhalb der Struktur und die anschließenden Raumstrukturen bleiben dagegen bestehen.

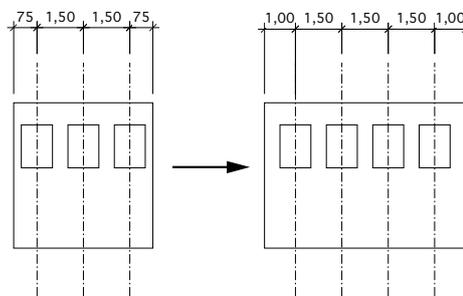
Rastersysteme (wissensbasiertes Konstruieren)

Beispiel Fassadenraster

Ein Fassadenraster, bestehend aus gleichen Fassadenelementen, soll auf Änderungen der Gesamtabmessungen reagieren. Sobald bestimmte Grenzwerte überschritten sind, wird dem Raster eine Achse hinzugefügt und entsprechende Ausbauelemente ergänzt.

Definitionen:

1. Ausrichtung Raster immer mittig
2. Fensterplatzierung in 1,50m Raster
3. Randfeld $0,75\text{m} < x < 1,49\text{m}$ (ab 1,50m entsteht kommt weiteres Rasterfeld dazu und Randfelder jeweils 0,75m)



Anpassung der Fassadeneinteilung bei Änderung der Gebäudebreite

Beispiel Küchengröße

Die Größe einer Küche steht in Abhängigkeiten zur Möblierbarkeit. Die begrenzende Wand kann nur in fest vorgegebenen Rasterschritten verschoben werden (z.B. 60cm) um einen optimalen und wirtschaftlichen Ausbau zu gewährleisten.

Variantenerzeugung mit Randomfaktor

Während eines Entwurfsprozesses ist es üblich, Variantenreihen zu erstellen, die zwar bestimmten Regeln folgen, in sich allerdings willkürlich organisiert sind (z.B. asymmetrische Verteilung von Öffnungen auf einer Fassade)

Hierbei kann die Einführung des Zufallsfaktors innerhalb eines Werkzeugs eine Vielfalt an möglichen Varianten erzeugen, die in analoger Arbeitsweise ein Vielfaches an Zeitaufwand bedeutet.

Aus der Vielzahl an Varianten kann dann das intuitiv überzeugendste Beispiel gewählt werden.

C Programmierung in Revit Architecture

C.1 Strategie Programmiervorlage

Von der Programmiervorlage zur Programmierung
Um eine Programmierung zu erstellen, ist eine Definition der Vorgehensweise notwendig. Diese Vorgehensweise ist exemplarisch für das Planungselement Dach hier dargestellt.

Stufenlose Anpassung

Für die Dachneigungen, die Traufe und den First sind die Definitionen der Winkel bzw. Höhen- und Tiefenlage so gewählt, dass eine stufenlose Anpassung der Parameterwerte möglich ist.

Die Geometrie ist durch die 4 Punkte P1 bis P4 und den Dachneigungen zur Strasse und zum Garten Q_{DS} und Q_{DG} festgelegt. Dabei sind die Punkte P1 und P4 in ihrer Höhen- und Tiefenlage fest. Die Punkte P2 der Traufe und P3 des Firsts sind in der Höhenlage innerhalb einer festgelegten Bandbreite frei wählbar. Ebenso sind die Winkel der Dachneigungen zur Strasse und zum Garten Q_{DS} und Q_{DG} innerhalb 0° bis 45° frei einstellbar.

Erzeugung der Dachraumgeometrie

Der Algorithmus auf der folgenden Seite zeigt die Schritte zur Erstellung der Dachform.

Dabei ist generell die Definition von 3 der 4 freien Werte (P2, P3, Q_{DS} und Q_{DG}) notwendig. 4 Werte bedeuten eine Überbestimmung der Geometrie, die zu einer Warnung führt.

Bei der Festlegung der drei Werte bietet das Werkzeug verschiedene Wahlmöglichkeiten, die durch Entscheidung von Prioritäten abgefragt werden.

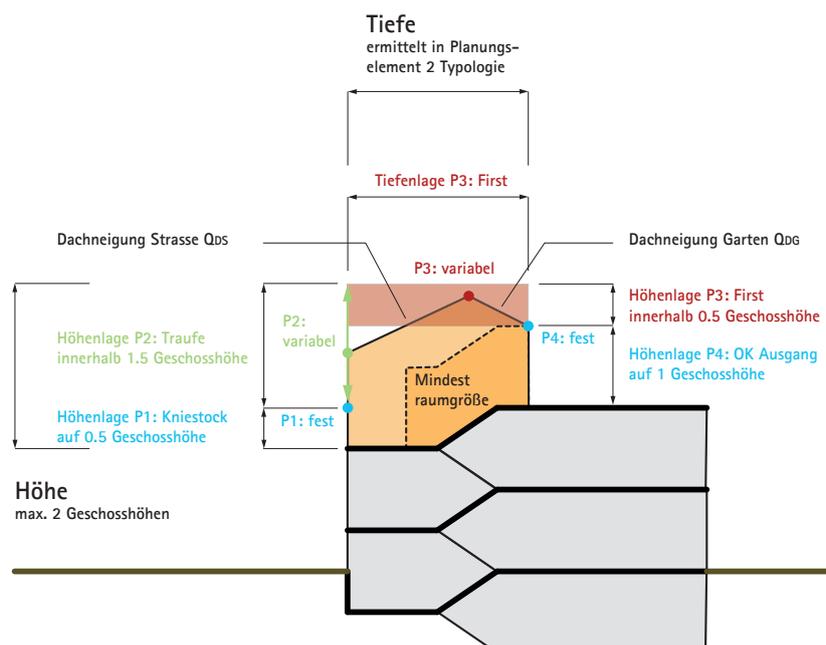
Einfluss der Faktoren

Die Parameterwerte können von verschiedenen, sich ergänzenden oder auch sich ausschliessenden Faktoren bestimmt werden. Beispielsweise können die Werte der Dachneigungen, der Höhenlage der Traufe und des Firstes durch lokale Vorschriften (in der Regel B-Pläne oder Gestaltungssatzungen) reglementiert sein. Diese werden dann direkt als Zahlenwerte in das Instrument eingegeben.

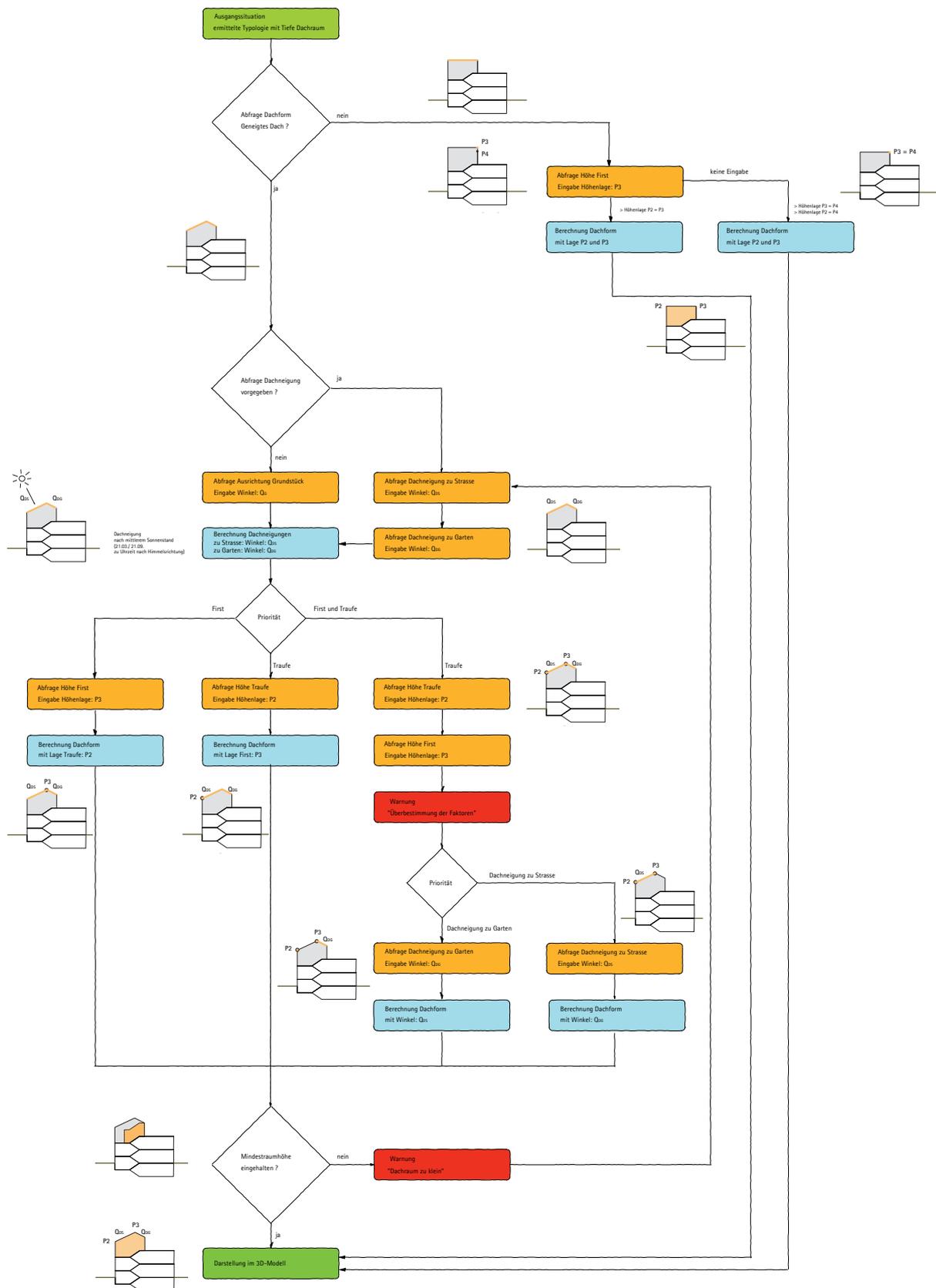
Alternativ wird bei Nichteintragen dieser Werte der optimale Neigungswinkel der Dachfläche für eine Solarthermienutzung vorgeschlagen. Diese wird aus der Ausrichtung des Grundstücks errechnet, indem der mittlere Sonnenstand zu dieser Himmelsrichtung am 21.03. bzw. 21.09. angesetzt wird. Außerdem ist die Kombination der Werte möglich, also z.B. die der Dachneigungen durch Ausrichtung zum Sonnenstand und die der Traufe oder des Firstes.

Funktionalitätsprüfung

Vor der Ausgabe der endgültigen Dachformgeometrie wird eine Prüfung der Mindestraumhöhe des Treppenraums (siehe Systemschnitt unten) vorgenommen. Falls es eine Kollision des Mindestraums mit dem erzeugten Dachraum gibt, müssen einzelne Parameterwerte entsprechend geändert werden.



Systemschnitt Dachraumgeometrie



Algorithmus zur Erzeugung der Dachform

C.2 C# - System und Organisation

Methodenübersicht Plug-In

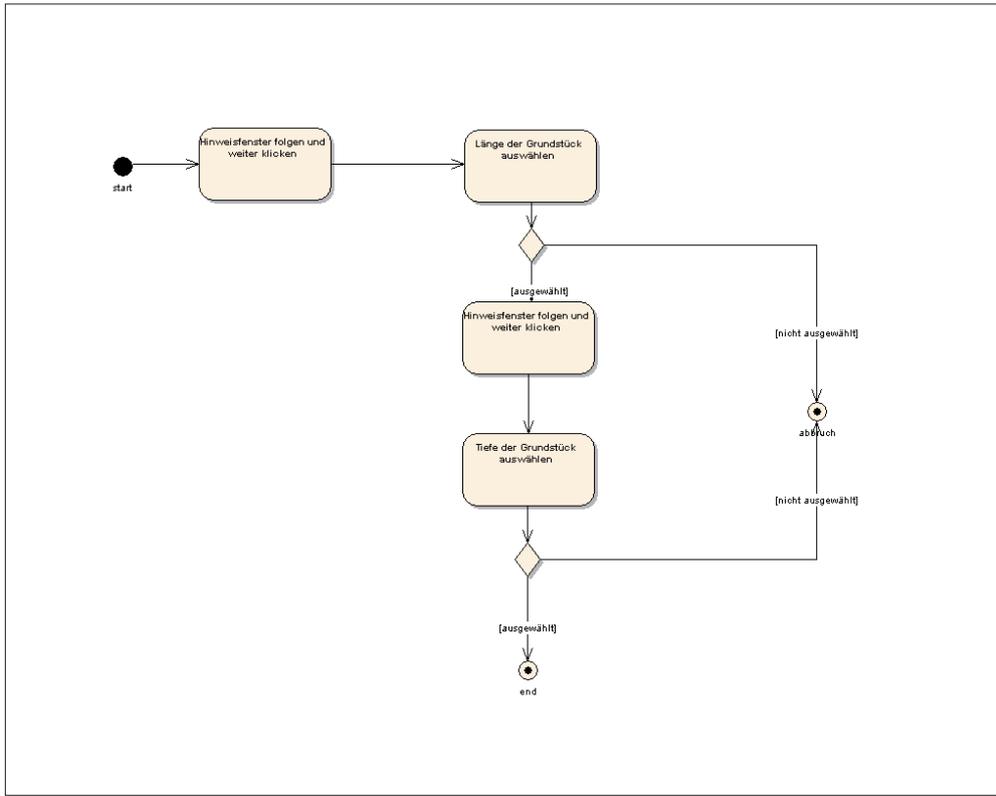
Anbei sind eine Auswahl an Methoden und Abläufen dargestellt, auf denen das programmierte Plug-In basiert.

Zunächst wird aus den im Lageplan gewählten Linien die Himmelsrichtung berechnet: Anhand der Winkelausrichtung nach Norden und der Länge des Grundstücks kann man feststellen, wie die Gartenseite ausgerichtet ist. Dies legt fest, welche Typen als Garten- oder Strassentyp platziert werden.

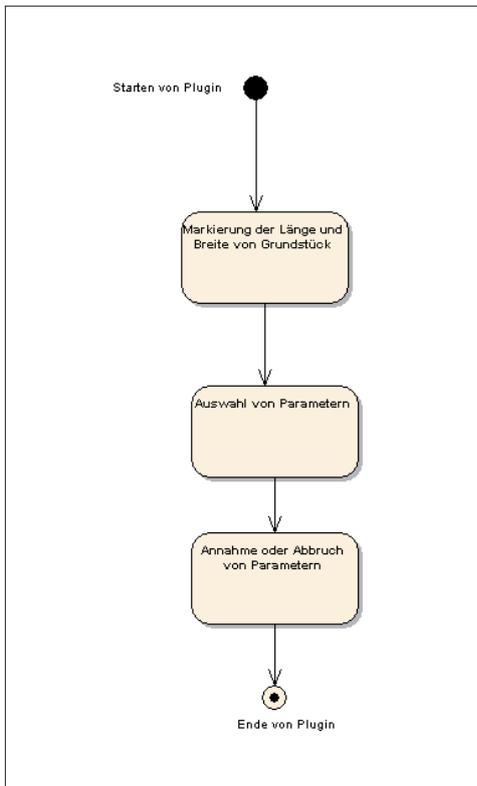
Jede Eingabe in der Maske ruft eine von vielen Methoden auf, um die Daten für die Eingabemaske neu zu berechnen und die Parameter für die Eingabemaske zu aktualisieren.

Es existieren z.B. Methoden zum Akzeptieren und Abbrechen, zum Ändern der Dachneigung, zur Berechnung von Haustiefe, GRZ, Wohnungsgrößen etc.

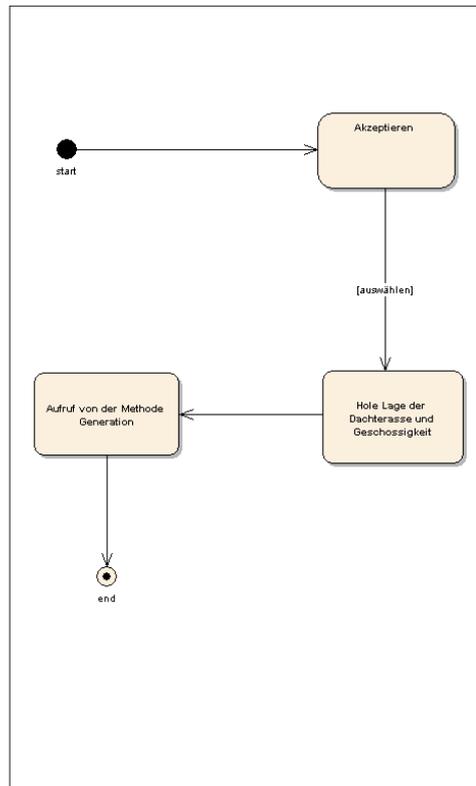
MARKIERUNG GRUNDSTÜCK



REIHENGENERIERUNG



AUSWAHL GEBÄUDE TYP



Beispiel

Haustiefe - GRZ-Berechnung - Wohnungsgröße

Prinzip

Wird die Tiefe des Hauses variiert, wird in Echtzeit die aktuelle GRZ sowie die überschlägigen Maximal- und Minimalwohnungsgrößen berechnet und angezeigt. Dazu wird untersucht, welche Geschossigkeiten aktuell ist. Danach werden die Volumen für Wohnungen und am Ende wird der Wert für die GRZ berechnet.

Quellcode

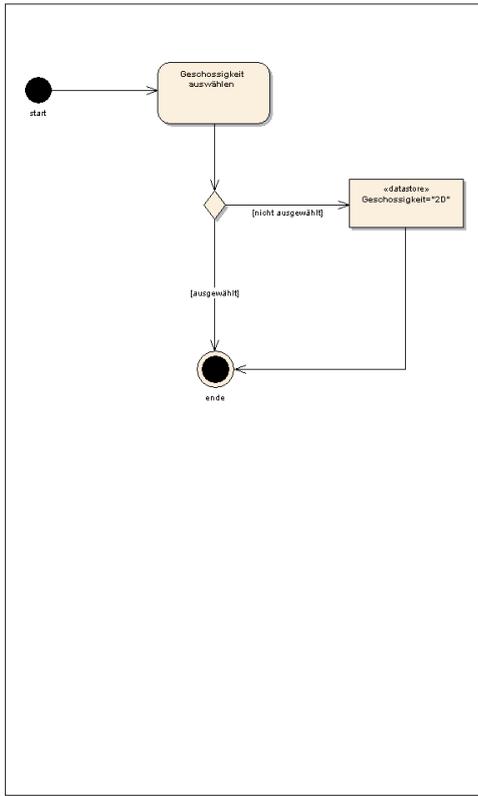
hier ein Ausschnitt als Beispiel:

```
private void trackBarHouseDepth_Scroll(object sender, EventArgs e)
{
    this.labelHouseDepthIndicator.Text = 12+(this.trackBarHouseDepth.Value/100)+";"+
(this.trackBarHouseDepth.Value-((this.trackBarHouseDepth.Value/100)*100))+ "m";

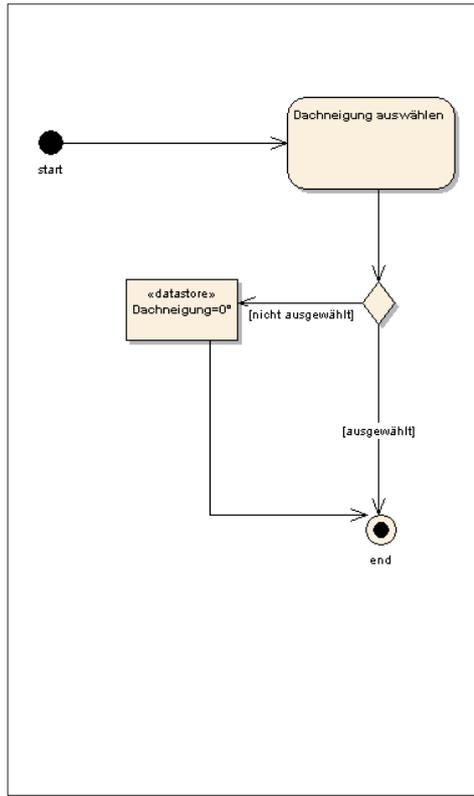
    double faktor=1;
    if (this.radioButton2D.Checked)
    {faktor = 1;}
    if (this.radioButton3D.Checked)
    {faktor = 1.5;}
    if (this.radioButton4D.Checked)
    {faktor = 2;}
    if (this.radioButton23.Checked)
    {faktor = 1.5;}
    if (this.radioButton24.Checked)
    {faktor = 2;}
    if (this.radioButton34.Checked)
    {faktor = 2;}
    this.textBoxW1Min.Text = (((1200+this.trackBarHouseDepth.Value) * 5)*faktor)/
100)*0.8+"";
    this.textBoxW1Max.Text = (((1200+this.trackBarHouseDepth.Value) * 8)*faktor)/
100)*0.8 + "";

    this.textBoxW2Min.Text = (((1200+this.trackBarHouseDepth.Value) * 5)*faktor)/
100)*0.8 + "";
    this.textBoxW2Max.Text = (((1200+this.trackBarHouseDepth.Value) * 8)*faktor)/
100)*0.8+ "";
    double grz = (((this.trackBarHouseDepth.Value / 100) + 12.0 +
((this.trackBarHouseDepth.Value % 100) * 0.01)))* 3.2808)/
((row_Depth.Curve.get_EndPoint(0).Distance(row_Depth.Curve.get_EndPoint(1))) );
    this.TextBoxGRZ.Text = Math.Round(grz,2) + "";
}
```

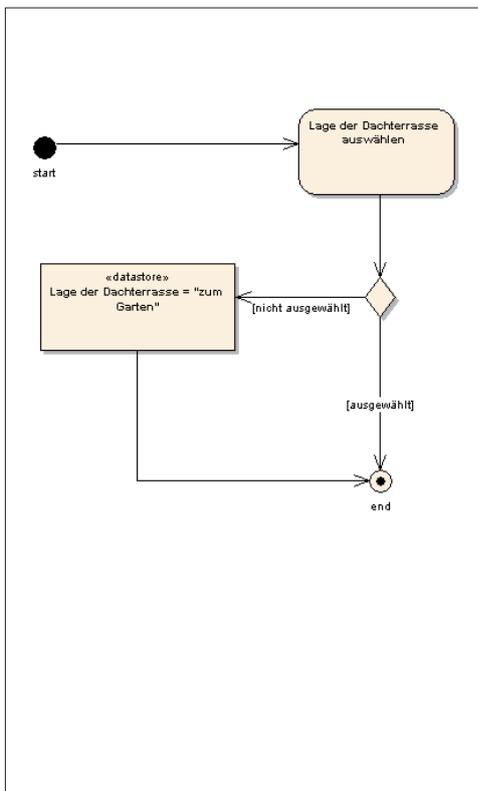
AUSWAHL GESCHOSSIGKEIT



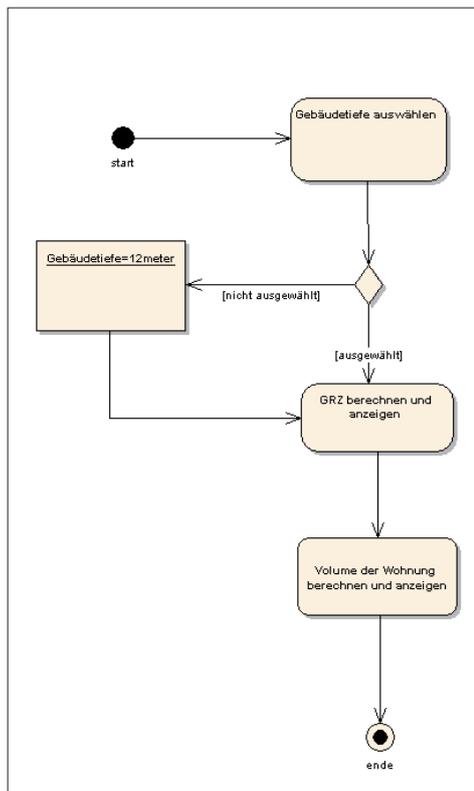
AUSWAHL DACHNEIGUNG



AUSWAHL LAGE DACHTERRASSE



AUSWAHL GEBÄUDETIEFE

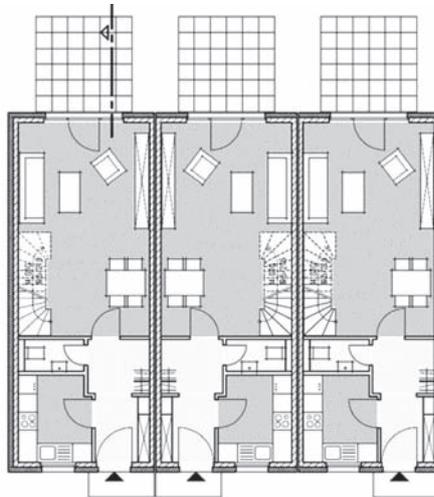


D Reihenhaustypen der THS

Anhang Produktprospekte

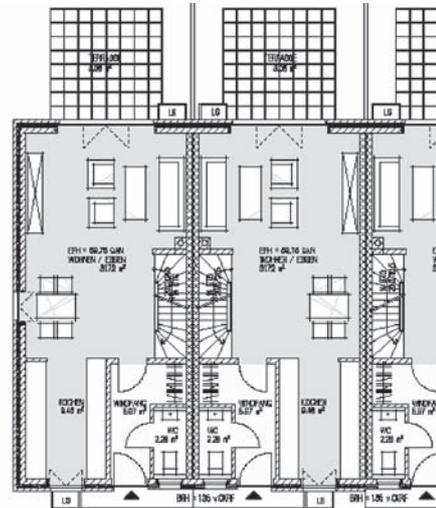
Typ Kompakt S

Wohnfläche gesamt ca. 103 qm
Kubatur ca. 425 qm
Breite/Tiefe/Firsthöhe 4.55m/11.30m/10.00m



Typ Kompakt M

Wohnfläche gesamt 126 qm
Kubatur mit Keller 698 qm
Breite/Tiefe/Firsthöhe 5.56m/11.70m/9.98m



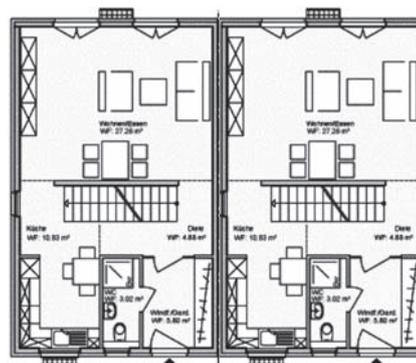
Typ Ginster

Wohnfläche gesamt 102 qm
 Kubatur 515 qm
 Breite/Tiefe/Firsthöhe 7.20m/10.27m/9.40m



Typ Kompakt M

Wohnfläche gesamt 103 qm
 Kubatur 536 qm
 Breite/Tiefe/Firsthöhe 6.20m/10.40m/9.58m



E Bauteile – Produktinformationen

Bauteil-Kenndaten

Beispielhaft für die eingesetzten Systeme sind anbei die Kenndaten der geplanten Gebäudetrennwand aufgeführt. Die Kosten für Wand- und Deckenbauteile wurden kalkuliert und liegen den Vergleichswerten (Kapitel 4 Produktion) zugrunde.

Bauteil-Aufbau

- **Beplankung** Gipskarton / Gipsfaser auf Seite der Installationskanäle 18 mm
 - **Brettsperrholz-Wandelement LIGNO Fux 4S** (statisch tragend, darin Installationen) 90 mm
 - **Beplankung** Gipskarton / Gipsfaser 2 x 18 mm 36 mm
 - **Luftzwischenraum** 100 mm
 - **Luftdichte Ebene**
 - **Beplankung** Gipskarton / Gipsfaser 2 x 18 mm 36 mm
 - **Brettsperrholz-Wandelement LIGNO Fux 4S** (statisch tragend, darin Installationen) 90 mm
 - **Beplankung** Gipskarton / Gipsfaser auf der geschlossenen Elementseite 18 mm
- 388 mm**

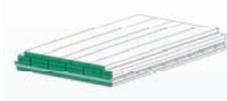
Bauteil-Kennwerte

Eigenschaft (Kennwert)	Minimal-Anforderung	Erweiterte Anforderung	Prüfwert Lignotrend
Geschosshöhe	Vorgabe durch Gestaltung		2,50 m-3,25 m (Standard) Grössere Höhen als Sonderformat
Schalldämm-mass	$R_w' > 57$ dB (DIN 4109, Tab. 3)		$R_w = \text{ca. } 60$ dB (zzgl. Reserve für Nebenwege)
Ansicht	Vorgabe durch Gestaltung		Beplankung mit Gips
Feuerwiderstand	F30-B/F90-B (Bauordnung)		F30-B innenseitig erfüllt mit 18 mm, F90-B aussenseitig mit 2 x 18 mm Beplankung
Installation	Vorgabe durch Planung		Vertikalkanäle, Querinstallation an Schwellen

Kostenschätzung
Bauvorhaben: RH Gelsenkirchen

Decke
Dach

LIGNO TREND®
Für eine nachhaltige Holz-Baukultur.

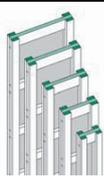
Pos	Bauteil	Elementbezeichnung	Gesamt	Bezeichnung	Preis/m ²	Gesamtpreis	Isometrie
1	Decke	Ligno Decke Q3 WT 169	70,00 m ²	LIGNO Element Industrie Zulage Sichtqualität Weißtanne Lebhaf Abbund Transport Verbindungsmittel Montage Baustelle (inkl. Kran)	86,00 €/m ² 11,00 €/m ² 4,00 €/m ² 4,00 €/m ² 2,00 €/m ² 12,00 €/m ²	8330,- €	
2	Decke	Ligno Rippe Q3 WT 249	115,00 m ²	LIGNO Element Industrie Zulage Sichtqualität Weißtanne Lebhaf Abbund Transport Verbindungsmittel Montage Baustelle (inkl. Kran)	109,00 €/m ² 11,00 €/m ² 4,00 €/m ² 4,00 €/m ² 2,00 €/m ² 12,00 €/m ²	16330,- €	
3	Dachter.	Ligno Block Q3 WT 196	25,00 m ²	LIGNO Element Industrie Zulage Sichtqualität Weißtanne Lebhaf Abbund Transport Verbindungsmittel Montage Baustelle (inkl. Kran)	102,00 €/m ² 11,00 €/m ² 2,00 €/m ² 4,00 €/m ² 2,00 €/m ² 10,00 €/m ²	3275,- €	
11	Dach	Ligno Block Q WT 116	45,00 m ²	LIGNO Element Industrie Zulage Sichtqualität Weißtanne Lebhaf Abbund Transport Verbindungsmittel Montage Baustelle (inkl. Kran)	94,00 €/m ² 11,00 €/m ² 2,00 €/m ² 4,00 €/m ² 2,00 €/m ² 10,00 €/m ²	5535,- €	
Gesamt netto inkl. Transport und Montage durch einen Holzbaubetrieb						33.470,- €	

Kostenschätzung
Bauvorhaben: RH Gelsenkirchen

Außenwände	427,00 m ²
Innenwände	150,00 m ²



LIGNO TREND®
Für eine nachhaltige Holz-Baukultur.

Pos	Bauteil	Konstruktion	Breite	Höhe	pro Lfm	Gesamt	Abbund	Preis/m ²	Gesamtpreis	Isometrie
1	Außenwände	Massive Holzbauwand	0,41 m	2,48 m		427,00 m ²	LIGNO Fux 4S Schwelle/ Rähm Abbund / Wandmontage Transport Verbindungsmittel Montage Baustelle (inkl. Kran) fertig montiert	50,00 €/m ² 4,20 €/m ² 14,00 €/m ² 4,00 €/m ² 3,00 €/m ² 15,00 €/m ² 90,20 €/m ²	38515,- €	
2	Gibskarton innen	Gipsbeplankung 12,5 mm				427,00 m ²	Richtwert nur auf die Fläche gerechnet	10,00 €/m ²	4270,- €	
3	Luftdichtung	Luftdichtung pro clima				427,00 m ²	Richtwert nur auf die Fläche gerechnet	6,00 €/m ²	2562,- €	
4	Dämmebene Außenwand	U*psi auf Holzwand einschließl. Montage	0,20 m	2,48 m	5,50 €	57m	U*psi F-200 Verbindungsmittel Montage	9,90 €/m ² 1,60 €/m ² 5,00 €/m ²	7046,- €	
7a	Zellulose					11,40 m ³	benötigte Dämmung	55,00 €/m ³	627,- €	
8	Putzfassade	Putzträgerplatte 60 mm				57,00 m ²	Putzträgerplatte 60 mm	35,00 €/m ²	1995,- €	
	Putzfassade	Putz				57,00 m ²	Putz	27,00 €/m ²	1539,- €	
9	Holzfassade	DWD 16 mm				57,00 m ²		17,00 €/m ²	0,- €	
	Holzfassade	Lignotrend Fassadenelement				57,00 m ²	Ligno Fassadenelement Transport Verbindungsmittel Montage Baustelle	63,00 €/m ² 2,00 €/m ² 1,50 €/m ² 15,00 €/m ²	0,- €	
5	Innenwände	tragende Innenwand	1,00 m	2,63 m	2,63 m ²	150,00 m ²	U*psi I-120 Schwelle/ Rähm Transport Abbund + Vormontage Verbindungsmittel Montage Baustelle	8,10 €/m ² 4,20 €/m ² 1,00 €/m ² 10,00 €/m ² 2,50 €/m ² 15,00 €/m ²	2326,- €	
6	Gibskarton	Fermacellbeplankung 12,5 mm				2,63 m ²	300,00 m ² Richtwert nur auf die Fläche gerechnet	30,00 €/m ²	4500,- €	

F Quellen

- W001. Weeber, Hannes; Weeber, Rotraut; Fritz, Antje; Dörrie, Axel: Besser wohnen in der Stadt, Konzept und Beispiele für Familienwohnungen, Frauenhofer IRB Verlag 2005, ISBN3-8167-6649-8
- W002. Wohnen im Eigentum in der Stadt, Hrsg. Wüstenrot Stiftung, Karl Krämer Verlag Stuttgart + Zürich, Ludwigsburg, ISBN 3-7828-1519-X
- W003. Ispohording, Stephan: Bauen und Wohnen in der Stadt, Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart München 2003, ISBN 3-421-03393-5
- W004. Drexel, Thomas: Das individuelle Fertighaus, Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart München 2003, ISBN 3-421-03424-9
- W005. Brenner, Klaus Theo; Geisert, Helmut: Das städtische Reihenhäuser – Geschichte und Typologie, Hrsg. Wüstenrot Stiftung, Ludwigsburg, Karl Krämer Verlag Stuttgart 2004, ISBN-3-7828-1518-1
- W006. Schittich, Christian: Verdichtetes Wohnen: Konzept Planung Konstruktion, Edition Detail, Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG München, Birkenhäuser Verlag für Architektur, Basel Boston Berlin 2004, ISBN 3-7643-7114-5
- W007. Schittich, Christian: Reihens- und Doppelhäuser, Edition Detail, Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG München, Birkenhäuser Verlag für Architektur, Basel Boston Berlin 2006, ISBN 3-7643-7488-8
- W008. Raith, Frank-Bertolt; Hertelt, Lars; van Gool, Rob: Inszenierte Architektur / Wohnungsbau jenseits des Standards, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart München 2003, ISBN 3-421-03410-9, W009. Nagel, S.; Linke, S., Verdichtete Wohnformen, Bertelsmann Fachverlag Gütersloh 1974, ISBN 3-570-08852-9
- W010. Schramm, Helmut: Low Rise – High Density, Springer Verlag Wien New York 2005, ISBN 3-221-20344-3
- W011. Bott, Helmut; v. Haas, Volker: Verdichteter Wohnungsbau, Kohlhammer Stuttgart Berlin Köln 1996, ISBN 3-012742-X
- W012. Mehlhorn, Dieter-J.: Grundrissatlas Wohnungsbau spezial: schwierige Grundstücke – besondere Lagen, Bauwerk Verlag Berlin 2000, ISBN 3-934369-18-9
- W013. Schneider, Friederike: Grundrißatlas Wohnungsbau (3. Auflage), Birkhäuser Basel 2004, ISBN 3-7643-6985-X
- W014. Pfeifer, Günter; Brauneck, Per: Reihenhäuser, Birkhäuser Basel Boston Berlin 2008, ISBN 978-3-7643-7837-0
- W015. Pfeifer, Günter; Brauneck, Per: Hofhäuser, Birkhäuser Basel Boston Berlin 2008, ISBN 978-3-7643-7839-4
- W016. Hertzberger, Herman: Vom Bauen, Aries München 1995, ISBN 3-920041-60-7
- W017. Fuchs, Dörte / Orth, Jutta: Bauen in der Gruppe, Callwey München 2000, ISBN 3-7667-1389-2
- W018. Von Gool; Hertelt; Raith; Schenk: Das niederländische Reihenhäuser, DVA München 2000, ISBN 3-421-03265-3
- W019. Heider, Katharina: Doppelhäuser und Reihenhäuser, Aktuelle Beispiele zeitgenössischer Architektur, DVA München 2006
- W020. Kottje, Johannes: Reihenhäuser Doppelhäuser, DVA München 2004
- W021. Schittich, Christian: Integriertes Wohnen, Edition Detail, Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG München, Birkenhäuser Verlag für Architektur, Basel Boston Berlin 2007, ISBN 978-3-7643-8118-9
- W022. Harlander, Tilman: Stadtwohnen: Geschichte Städtebau Perspektiven, Hrsg. Wüstenrot Stiftung, DVA München 2007
- W023. Kloos, Maarten: formats for living, Architectura & Natura Press, Netherlands 1999, ISBN-10: 9071570991, ISBN-13: 978-9071570995
- W024. Schittich, Christian: Detail: Geschosswohnungsbau, Ausgabe 2006 / 3, Institut für internationale Architektur-Dokumentation München 2006, ISSN 001-9571 B 2772
- W025. Rühm, Bettina: Der optimale Grundriss, DVA München 2004, ISBN 3-421-03469-9
- W026. Drexel, Thomas, Das individuelle Fertighaus, DVA München 2003, ISBN 3-421-03424-9

- W027. Rogers, Richard: Towards an Urban Renaissance: The urban Task Force, London 1999
- W028. Barber, Peter: The Street, in: Hillary French: Accomodating Change. Innovation in Housing, London 2002, S. 18-29
- W029. Perec, Georges: Träume von Räumen, Frankfurt / Main 1994
- W030. Arnold, Daniel (Hrsg.): In deutschen Reihenhäusern, Callwey Verlag München 2008, ISBN: 3-7667-1790-1
- Z001. Architektur + Wettbewerbe, Kostengünstiger Wohnungsbau, Ausgabe September 1998, Karl Krämer Verlag Stuttgart / Zürich 1998, ISBN 3-7828-3175-6
- Z002. archplus 176/177: Wohnen, Mai 2006, ISSN 0587-3452
- Z003. archithese 2.2003, Vorfabrikation, 2003, ISSN 1010-4089, ISBN 3-7212-0469-7
- Z004. archithese 4.2006, CAAD CAAO, 2006, ISSN 1010-4089, ISBN 978-3-7212-0579-4
- Z005. archplus 158: Houses on Demand, Dezember 2001, ISSN 0587-3452
- Z006. Deutsches Architektenblatt Hessen Rheinland-Pfalz Saarland 11/07
- Z007. archplus 189: Entwurfsmuster, Oktober 2008, ISSN 0587-3452
- V001. Schreibmayer, Peter: Architektur aus der Fabrik, Hrsg. Springer 2002
- V002. Graf, Anton: Vorgefertigte Einfamilien- und Reihenhäuser: individuelle Gestaltung mit Raumzellen, Platten- und Skelettkonstruktionen, Callwey 2003
- V003. Fassaden: Architektur und Konstruktion mit Betonfertigteilen, Hrsg.: Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., Verlag Bau und Technik 2000
- V004. Arieff, Allison; Burkhart, Bryan: Prefab, Gibbs Smith 2002
- V005. Gunßer, Christoph: Individuell bauen mit Systemen: Wohnhäuser aus Deutschland, Österreich und der Schweiz, Dt. Verl.-Anst. 2002,
- V006. Herbers, Jill : Prefab modern, Harper Design International 2004
- V007. Albers, Karl-Josef; Kuphal, Guido: Moderner Holzhausbau in Fertigbauweise: aktuelle Werkstoffe, Entwurfsplanung, Konstruktionen; Bauphysik und Haustechnik im Holzbau, WEKA-Baufachverlag 2001
- V008. Meyer-Bohe, Walter: Vorfertigung: Handbuch des Bauens mit Fertigteilen, Vulkan-Verlag 1964
- V009. Schmidt, Thomas; Testa, Carlo: Systems building = Bauen mit Systemen = Constructions modulaires, Artemis 1969
- N004. Eigner, Martin; Stelzer, Ralph: Produkt-datenmanagement-Systeme, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York 2001, ISBN 3-540-66870-5 Betriebswirtschaftliche Bibliothek A28 2894
- N005. Hegger, Manfred; Fuchs, Matthias; Stark, Thomas; Zeumer, Martin: Energie Atlas: Nachhaltige Architektur; Institut für Internationale Architektur-Dokumentation GmbH, Birkhäuser Verlag München 2007, ISBN 978-3-7643-8385-5
- T001. Ropohl, Günter: Eine Systemtheorie der Technik: Zur Grundlegung der allgemeinen Technologie, Hanser Verlag München / Wien 1979, ISBN: 3-446-12801-8
- T002. Ropohl, Günter: Allgemeine Technologie: Eine Systemtheorie der Technik, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage des Buches von 1979, Hanser Verlag München / Wien 1999
- T003. Franck, Georg und Dorothea: Architektonische Qualität, Hanser Verlag München 2008
- T004. Frazer, John: An Evolutionary Architecture, Architectural Association Publications, Themes VII, copyright John Frazer and the Architectural Association 1995
- T005. Stiny, George and Gips, James: Shape grammars and the generative specification of painting and sculpture. IFIP Congress 1971. North Holland Publishing Co., 1971
- T006. Mitchell, William J.: The Logic of Architecture. MIT Press Cambridge, 1990
- T007. Duarte, José: Customizing mass housing: a discursive grammar for Siza's Malagueira houses, PhD-Thesis, Faculty of Architecture, Massachusetts Institute of Technology, 2000

G

Beteiligte / Förderer / Herausgeber

Externe Experten	Themenfeld
Sven Havemann	Informatik Dr.-Ing. Sven Havemann Institut für ComputerGraphik und WissensVisualisierung Technische Universität Graz
Thomas Herzog	Baurealisierung Dr. (Univ.Rom), Dr.h.c. Thomas Herzog O. Prof.(em.) Technische Universität München
Achim Menges	Parametrik Professor Achim Menges AA Dip(Hons) ICD Institut für Computerbasiertes Entwerfen Universität Stuttgart / Architectural Association London
Günter Pfeifer	Wohnungsbau Professor Dipl.-Ing. Günter Pfeifer Fachgebiet Entwerfen und Wohnungsbau Technische Universität Darmstadt
Christoph Schindler	Produktionsmethoden Christoph Schindler Dipl.-Ing. Architekt SIA schindlersalmerón, Zürich
Förderer	
Guido Hagel Miriam Hohfeld	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung Bonn
Thomas Rietdorf Barbara Kleinwächter Carsten Jasper	Wohnungsbaugesellschaft THS und THS Consulting Gelsenkirchen
Herbert Bickelmann Björn Wittenberg Krisztian Hegedüs	Autodesk München mit CAD Programm Revit Architecture

FORSCHUNGSINITIATIVE
ZukunftBAU

THS
THS CONSULTING

Autodesk®

Fachgebiet

Karl-Heinz Petzinka
Günther Schaller
Klaus Daniels

Entwerfen und Gebäudetechnologie

ehem. Professor Dipl.-Ing.
ehem. Professor Dipl.-Ing. in Vertretung
Professor Dr.-Ing. e.h. in Vertretung

Projektteam

Heike Matcha

Dipl.-Ing. Architektin
wissenschaftliche Mitarbeiterin, Projektleitung

Gero Quasten

Dipl.-Ing. Architekt,
wissenschaftlicher Mitarbeiter

Hossein Rabighomi

Cand.-Inform.
Informatik Student TU Darmstadt

Dank

Renderings

Patrick Lipczinsky

an alle, uns mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind, vor allem dem Team der externen Experten, Bjørn Wittenberg und Krisztián Hegedüs von Autodesk, sowie den Mitarbeitern der Firma Abcom und der Firma Lignotrend. Vielen Dank an Jürgen Kneifel, Günter Barczik, Philipp Berkes, Felix Eckerth, Frederik Hoffmann und Agnes Krüger.

Layout

Heike Matcha
Gero Quasten

Herausgeber



Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Architektur
Fachgebiet Entwerfen und Gebäudetechnologie
ehem. Prof. Dipl.-Ing. Karl-Heinz Petzinka
ehem. Vertr.-Prof. Dipl.-Ing. Günther Schaller
Vertr.-Prof. Dr.-Ing. e.h. Klaus Daniels
Dipl.-Ing. Heike Matcha

Druck

TU Darmstadt
Rechnerpool FB 15

El-Lissitzky-Strasse 1
64287 Darmstadt
Tel + 49 (0)6151 16 2102
Fax + 49 (0)6151 16 2302
h.matcha@techno-tud.de
www.architektur.tu-darmstadt.de/techno

ISBN 978-3-88536-102-2