

FL exible

EX istence

B  
a  
u  
e  
n  
  
M  
i  
t  
  
B  
e  
s  
t  
a  
n  
d



Johanna Maria Huber, BSc

**FLEX**  
**FLexible EXistence**  
**Bauen mit Bestand**

**MASTERARBEIT**

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

Masterstudium Architektur

eingereicht an der

**Technischen Universität Graz**

Betreuer

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. MLA MDesS Harvard Klaus K. Loenhardt

Institut für Architektur und Landschaft



## EIDESSTÄTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

---

Datum

---

Unterschrift

## AFFIDAVIT

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources/resources, and that I have explicitly indicated all material which has been quoted either literally or by content from the sources used. The text document uploaded to TUGRAZonline is identical to the present master's thesis dissertation.

---

Date

---

Signature



## **HINWEIS IM SINNE DES GLEICHBERECHTIGUNGSGESETZES:**

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird auf eine geschlechterspezifische Differenzierung, wie z. B. Bewohner/innen, verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichberechtigung für beide Geschlechter.

---

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>00</b>	<b>Vorwort</b>	<b>11</b>
<b>01</b>	<b>Einleitung</b>	<b>13</b>
<b>02</b>	<b>Bauen mit Bestand</b>	<b>17</b>
	- Beweggründe .....	18
	- Umgang mit Bestand: Reduce Reuse Recycle .....	20
	- Verfall und Leerstand von Bestandsbauten .....	34
	- Lebensdauer der Bestandteile .....	38
<b>03</b>	<b>Polyvalente und flexible Architektur</b>	<b>41</b>
	- Flexible, barrierefreie Architektur .....	43
	- Arten von flexibler Architektur .....	45
	- Polyvalente Architektur laut H. Hertzberger .....	46
<b>04</b>	<b>Nachhaltige Systeme</b>	<b>49</b>
	- Faktoren der Materialwahl .....	50
	- Energieproduktion im Gebäude .....	54
	- Energieeinsparung durch Planung und Bauphysik .....	57
	- Pflanzen .....	64
<b>05</b>	<b>Standortanalyse</b>	<b>75</b>
	- Standortbestimmung .....	76
	- Analyse Infrastruktur .....	77
	- Standortspezifische Einflussfaktoren .....	83
	- Gebäudeanalyse .....	86
	- Zusammenfassung der Standort- und Gebäudeanalyse .....	96

## **06** Projekt FLEX

99

- Flexible EXistence .....	100
- Lage .....	101
- Entwurfskonzept .....	106
- Zonierung .....	108
- Grundkonzept .....	110
- Grundrisse .....	116
- Begrünung .....	130
- Schnitt und Ansichten .....	140
- Tragstruktur .....	148

## **07** Anhang

153

- Literaturverzeichnis .....	154
- Abbildungsverzeichnis .....	156



---

## VORWORT

Viele Städte der heutigen Zeit haben etwas gemein, sie besitzen ältere Bauten, die entweder nicht ganz ausgelastet sind oder sogar völlig leer stehen. Einige von ihnen verfallen langsam und andere stehen bereits kurz vor dem Abbruch, um an ihre Stelle ein modernes neues Gebäude zu bauen. Betrachtet man allerdings den anwachsenden Ressourcenverbrauch und den Anstieg der Schadstoffemissionen, an denen die Baubranche erheblich beteiligt ist, so ist dies ein verschwenderisches Verhalten, das wir uns nicht länger leisten können. Viele dieser Bauten wären eine ideale Basis für eine Umnutzung oder Neunutzung, werden aber nicht als solche erkannt. Dies hätte nicht nur Vorteile für die Nachhaltigkeit, sondern wäre oftmals auch kostensparender als ein Neubau. Auch in Graz befinden sich solche Gebäude, die viel ungenutztes Potenzial aufweisen und die durch die richtige Herangehensweise wieder zu neuem Leben erwachen können. Das war der Grund für mich, dies zum Thema meiner Masterarbeit zu machen und mittels eines Beispiels die Verbindung zwischen einem Bestandsgebäude und zukunftsorientierter Architektur zu zeigen.



EIN  
LEIT  
UNG

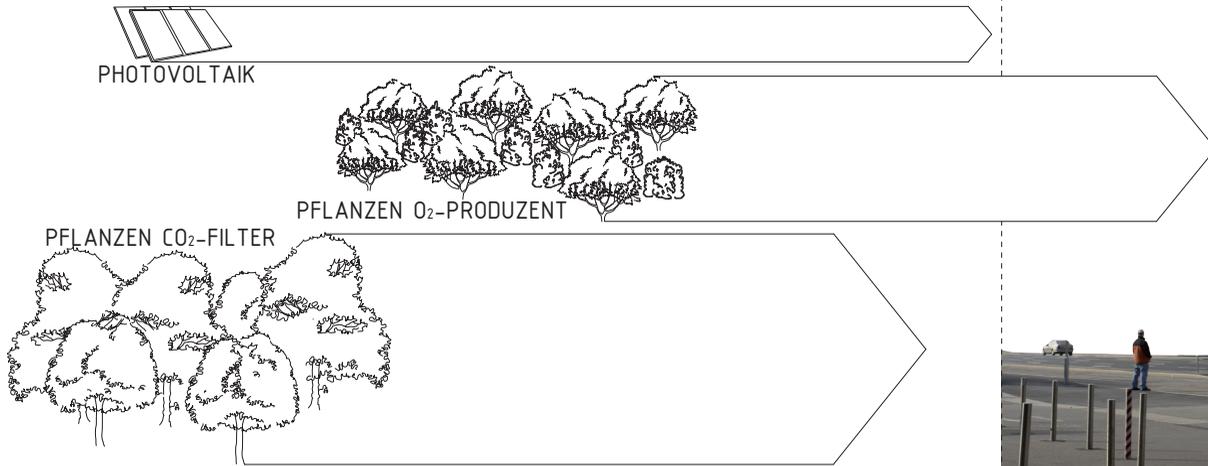
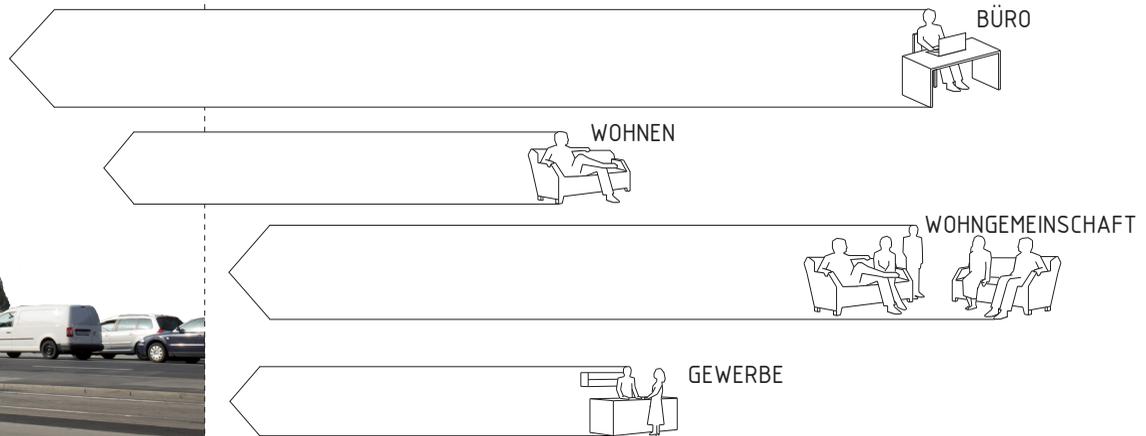
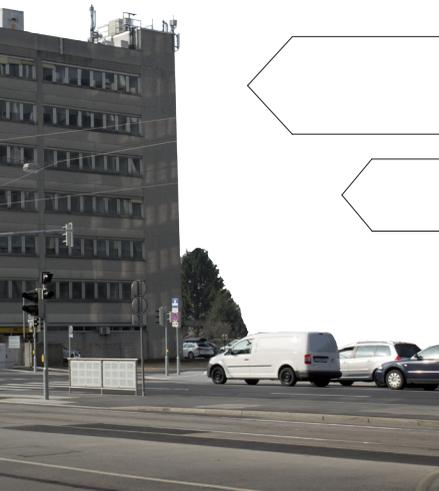


Abb.01 Hauptelemente

Der Grundgedanke, der dieser Masterarbeit vorangeht, ist der bessere und überlegte Umgang mit unserer Umgebung und unseren Ressourcen. Der Architekt kann dabei einen immensen Einfluss ausüben. Seine Aufgabe ist es, Potenziale zu erkennen, die sonst unbeachtet bleiben und Verbindungen herzustellen, die auch für die Zukunft konzipiert sind. Mit dem Aufzeigen von Möglichkeiten und dem Sichtbarmachen ihrer Vorteile, kann ein Umdenken erreicht werden. Dabei ist es wichtig die CO<sub>2</sub>-Produktion zu reduzieren bzw. eine generelle Verbesserung der Nachhaltigkeit der Gebäude zu bewirken. Deshalb beschäftigt sich diese Arbeit mit dem Schaffen von moderner Architektur aus Bestandsbauten. Hierbei wird auf die Gründe für den Leerstand, als auch auf die verschiedenen Herangehensweisen eingegangen. Weiters werden die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit von Architektur als wichtige Bestandteile für ressourcenschonendes und zukunftsorientiertes Bauen hervorgehoben und erläutert.



Verschiedene Systeme von polyvalenter Architektur, der richtigen Wahl der Baumaterialien, bis hin zu Pflanzensystemen, die eine gute Alternative zu technischen Lösungen darstellen können, werden angeführt. Auch das Nutzen der Bauphysik für die Vermeidung von überflüssiger Technik und Verlängerung der Lebensdauer wird thematisiert. Die Recherchen in diesen Gebieten werden in Folge für das Projekt meiner Masterarbeit genutzt und in ihr umgesetzt. Für die Optimierung fließt eine Standort- und Umgebungsanalyse ein, die auf die Verbesserung des gesamten Gebiets um den Bauplatz abzielt. Das Bürogebäude aus den 1970er-Jahren in der Conrad-von-Hötzendorf-Straße 84 wird als Basis für die Schaffung „neuer“ Architektur herangezogen, die sowohl für die Gegenwart eine passende Nutzbarkeit aufweist, als auch durch ihre Flexibilität für die Zukunft einen anpassungsfähigen Lebensraum bietet.



BAUE

NMITBE

STAND

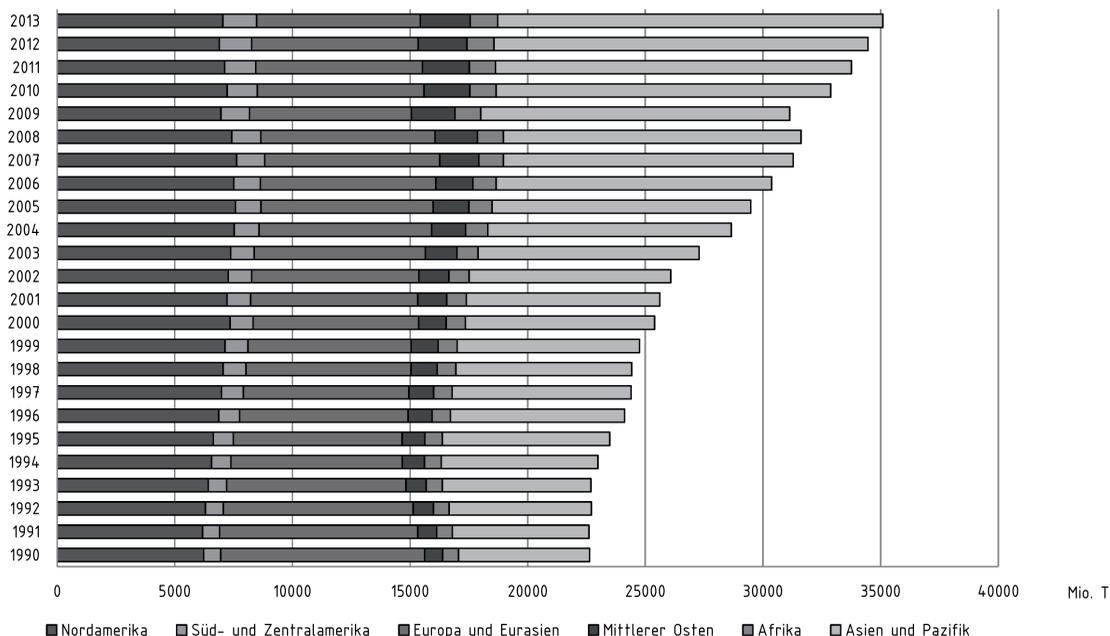
Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen weltweit

Abb.02 Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen weltweit

## Beweggründe

Da unsere Ressourcen begrenzt sind und auch unsere Umwelt nur eingeschränkt unseren übermäßigen Verbrauch auszugleichen vermag, ist es an der Zeit, besser mit dem Bestand und den Gütern umzugehen. Die Produktion von Materialien aller Art, also auch Baustoffe, verbraucht viel Energie und verursacht Emissionen.

2013 betrug die CO<sub>2</sub>-Emission 35,1 Milliarden Tonnen weltweit. Dies ist der höchste Stand, den es je gegeben hat. Wie in Abb.02 ersichtlich, verstärkte sich der Anstieg an Emissionen ab 2002 und machte nach einem Rückgang vom Jahr 2008 auf 2009 wieder einen Sprung nach oben. Dies ist auf die Wirtschafts- und Finanzkrise 2009 zurückzuführen, seitdem steigt der Wert stetig an und laut Prognosen ist eine weitere Zunahme äußerst wahrscheinlich.<sup>01</sup> Obwohl uns die Problematik der erhöhten Emissionen bewusst ist und wir bereits jetzt unter ihren Auswirkungen leiden, wird der Wert von Jahr zu Jahr höher. Alleine in Österreich betrug die CO<sub>2</sub>-Emission 2013 rund 70 Millionen Tonnen.<sup>02</sup>

01 Vgl. BP 2014.

02 Vgl. Ebda.

### Sektoraler Materialeinsatz in Millionen Tonnen Österreich 2005

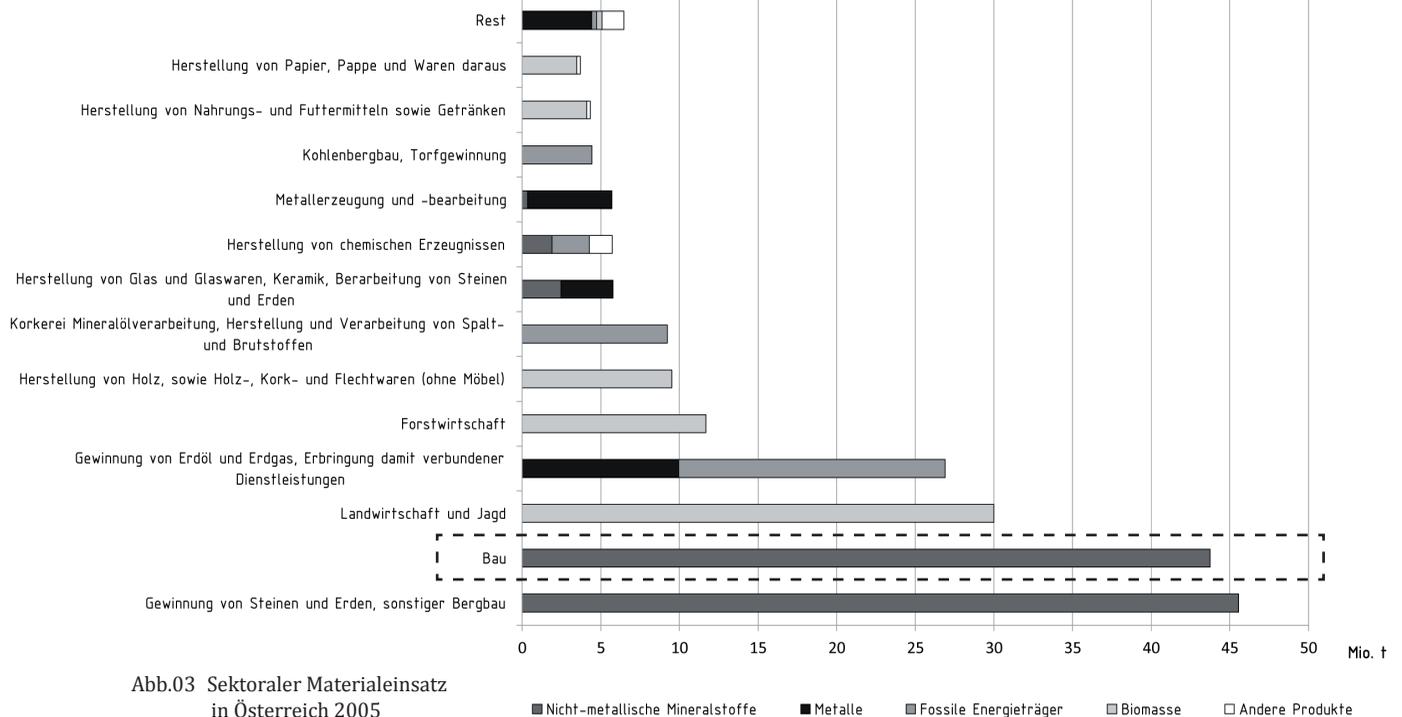


Abb.03 Sektoraler Materialeinsatz in Österreich 2005

Einen großen Teil verursacht die Bauindustrie, einerseits durch die Herstellung der Materialien selbst, andererseits über den Betrieb der Gebäude und den damit verbundenen Verbrauch der Nutzer. Nicht nur die Emissionen sind bedenklich, auch der Bedarf an Ressourcen ist sehr hoch. Im Jahr 2005 war der Materialeinsatz in der Baubranche in Österreich mit ca. 44 Millionen Tonnen der zweitgrößte Sektor.<sup>03</sup> Abb.03

Ein Schritt, um dem entgegenzuwirken, ist der bewusste Umgang mit dem bereits Vorhandenen. Die Energie und Ressourcen, die wir mit viel Aufwand in Bauwerke gesteckt haben, zu verschwenden oder sogar mit weiterer Energie zu zerstören, ist der falsche Weg. Es muss natürlich abgewogen werden, was für das jeweilige Projekt die richtige Variante ist, denn auch ein Neubau sollte nicht von vornherein ausgeschlossen werden, da auch er Vorteile mit sich bringen kann. Daher gilt es den Bestand gut auszuloten und zu analysieren, um zu einer nachhaltigen Lösung zu kommen.

<sup>03</sup> Vgl. bmwfw 2011, 26.

## R E D U C E

(Reduktion/Vermeidung von Abfall)

Wahrnehmung  
Verhalten  
Instandhaltung

## R E

(direkte Weiterverwendung)

Redesign  
Renovierung  
Addition

Unterteilungen der 3R-Strategie

### Umgang mit Bestand: Reduce Reuse Recycle

Im Buch zum deutschen Pavillon der 13. Internationalen Architekturausstellung *La Biennale di Venezia* 2012 von Muck Petzet und Florian Heilmeyer wird der Umgang mit der Ressource Architektur thematisiert.

Sie unterscheiden zwischen verschiedenen Strategien, die in Reduce, Reuse und Recycle unterteilt werden. Bei der 3R-Abfallhierarchie werden die Maßnahmen mit dem geringsten Abfall und Energieaufwand am höchsten bewertet. Wenn man die 3R-Hierarchie direkt auf die Architektur übertragen würde, wäre somit keine Änderung am besten. Allerdings spricht Muck Petzet davon, dass dies nur in energetischer Hinsicht vorteilhaft wäre und nicht für eine architektonische Weiterentwicklung.<sup>4</sup>

„In der Architektur spielen neben den physikalischen Energien auch andere Energien eine wichtige Rolle: Das im Bestand gespeicherte Potenzial muss unter architektonischen, historischen, funktionalen, konstruktiven, gestalterischen und sozialen Aspekten betrachtet werden. In der Architektur kann es letztlich auch richtig sein, alles zu ändern, wenn es der Bedeutung der Aufgabe und ihren spezifischen Eigenschaften angemessen oder aus einer präzisen, möglichst unvoreingenommenen Analyse des Bestehenden nachvollziehbar ist.“<sup>5</sup>

04 Vgl. Petzet/Heilmeyer 2012, 49.

05 Petzet/Heilmeyer 2012, 49.



von Muck Petzet und Florian Heilmeyer

Abb.04 3R-Strategie

So ist die Anregung zu überlegtem Handeln das eigentliche Ziel. Jeder Schritt sollte genau analysiert werden, ob er wirklich einen Mehrwert aufweist, ob er den Energie- und Materialeinsatz rechtfertigt oder ob es eine bessere Alternative gibt.

In der Abb. 04 werden die Unterteilungen der 3R-Strategie von Muck Petzet und Florian Heilmeyer dargestellt. Nachfolgend werden die Varianten erläutert und durch Anschauungsbeispiele unterstützt. Diese Arten des Umgangs mit Ressourcen sowie die Herangehensweisen an Bestandsobjekte dienen als Recherche für mein eigenes Projekt. Dabei wird ersichtlich, welche Faktoren beim Bauen im Bestand eine Rolle spielen und was zu berücksichtigen ist.



Abb.05 Beethovenhalle von der Beueler Rheinseite



Abb.06 Beethovenhalle großer Saal von der Empore

## - Wahrnehmung

„wahrnehmen, erkennen, wertschätzen, abbilden, dokumentieren, analysieren, erforschen, vergleichen, sammeln, diskutieren, informieren, publizieren, sensibilisieren, neu bewerten“<sup>06</sup>

Wie Architektur wahrgenommen wird, ist oftmals entscheidend, es kann sogar den Erhalt oder Abriss eines Bauwerks beeinflussen. Es ist die Aufgabe des Architekten, die momentanen und die möglichen Qualitäten eines Gebäudes oder Ortes aufzuzeigen, so dass diese auch von Außenstehenden wahrgenommen werden. Architekt Urs Füssler, der gemeinsam mit Jörg Leeser 2008 und 2009 an der *Bergischen Universität Wuppertal* den Lehrstuhl für Bauen im Bestand führte, definiert den Wert eines Bauwerks nicht an dem, was es ist, sondern an dem, was es werden kann. Die Möglichkeiten, die in einem Gebäude stecken, sind das Wertgebende.<sup>08</sup> Die *Initiative Beethovenhalle* aus Bonn und die *Initiative Mensadebatte* aus Weimar sind Beispiele dafür, dass das Dokumentieren von Qualitäten und öffentlichkeitswirksame Diskussionen Abbruchpläne stoppen und ein Umdenken erreichen können. Die Initiative Beethovenhalle bewahrte das in Abb.05 und Abb. 06 gezeigte Bauwerk durch medienwirksame Auftritte und Öffentlichkeitsarbeit vor dem Abriss.<sup>09</sup>

<sup>06</sup> Petzet/Heilmeyer 2012, 53.

<sup>07</sup> Vgl. Ebda., 57.

<sup>08</sup> Vgl. Füssler/Leeser 2011, 58.

<sup>09</sup> Vgl. Petzet/Heilmeyer 2012, 66.



Abb.07 Auswirkung Änderung im Verhalten

## - Verhalten

„Standards hinterfragen, Verhalten ändern, Komfort anpassen, Nutzung flexibilisieren, Räume zonieren“<sup>10</sup>

Wenn unser Verhalten sich ändert, muss sich auch unsere Umgebung dem anpassen. Welchen Einfluss unser Verhalten auf die Architektur hat, zeigt das Projekt *Open the House* vom Berliner Architekturbüro *realities:united* zur Ausstellung *Open House 2006*. Es verweist auf die hypothetischen Auswirkungen von neuen Technologien auf die Architektur. Durch eine intelligente Klimakleidung, die direkt am Körper getragen wird und mittels Sensoren die Temperatur aktiv reguliert, würde sich die Klimahülle von unseren Gebäuden hin zu unserer Kleidung verschieben. Dies hätte zur Folge, dass unsere klimatisch geschlossenen Gebäudehüllen infrage gestellt werden würden und in Folge keine Aufrüstungen von Bauwerken mehr notwendig wären bzw. unser gesamtes Bauverhalten sich ändern und anpassen müsste.<sup>11</sup>

<sup>10</sup> Petzet/Heilmeyer 2012, 77.

<sup>11</sup> Vgl. Ebda., 88.



Abb.08 Olympiadorf München Plan



Abb.09 Olympiadorf München

## - Instandhaltung

„reinigen, pflegen, ausbessern, flicken, kitten, beheben, herrichten, reparieren“<sup>12</sup>

Die Instandhaltung von Gebäuden ist die Voraussetzung für die Langlebigkeit der Bauten und ist oftmals auch mit viel Aufwand verbunden. Sie sollte daher bereits vor dem Bau berücksichtigt werden. Das Olympiadorf in München von *Heinle, Wischer und Partner* aus dem Jahr 1972 ist ein Beispiel für ein Objekt, das bis heute einen hohen Aufwand an Instandhaltung und technischer Sanierung benötigt. Die baulichen Besonderheiten der in die Landschaft eingebundenen Hügelhäuser verursachen die Hauptprobleme. So bringt die Trennung des Fußgänger- und Autoverkehrs durch die Anhebung der Fußgängerzone über das Straßenniveau die Zuständigkeitsbereiche durcheinander. Die erhöhte Ebene wird dadurch als Gebäude betrachtet und unterliegt daher der Verantwortung der Eigentümergemeinschaft. Die Instandhaltung und der geringe Anteil an Änderungen am Originalkonzept sind nur durch die Größe und die Zusammensetzung der Eigentümergemeinschaft möglich.<sup>13</sup>

<sup>12</sup> Petzet/Heilmeyer 2012, 69.

<sup>13</sup> Vgl. Ebda., 74.



Abb.10 Kohlekraftwerk vor 2005



Abb.11 Kohlekraftwerk nach redesign

## - Redesign

„umformulieren, überformen, überschreiben, interpretieren, tunen“<sup>14</sup>

Wenn sich beispielsweise der Verwendungszweck oder die Anforderungen an ein Gebäude verändern, kann es sein, dass auch sein Äußeres umformuliert werden muss, so auch bei folgendem Beispiel. Nachdem das im Jahr 1954 gebaute Kohlekraftwerk in Würzburg am Hafen 2005 innen zum Erdgaskraftwerk wurde, sollte sich nun auch das Äußere ändern und die architektonische Sprache des Bauwerks angepasst werden. Deshalb wurden *Brückner & Brückner Architekten* damit beauftragt, den Riesen besser in seine Umgebung einzugliedern. Mit silber- und kupferfarbigen Aluminiumlamellen wurde eine unterschiedlich strukturierte Fassade errichtet, die je nach Position des Betrachters anders aussieht. So wollten die Architekten sowohl die nähere städtische Umgebung, als auch die Würzburger Weinberge mit dem Bauwerk besser in Einklang bringen.<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Petzet/Heilmeyer 2012, 135.

<sup>15</sup> Vgl. Ebda., 147.



Abb.12 Eichbaumoper Abendveranstaltung



Abb.13 Eichbaumoper

## - Umnutzung

„umprogrammieren, umfunktionieren, umorganisieren, umwidmen, anpassen, umwandeln“<sup>16</sup>

Wenn sich Städte und Gebiete verändern, ist es oftmals unumgänglich, dass sich auch Bauwerke anpassen müssen und dies kann durch eine Umnutzung des Bestands erfolgen. Eine der außergewöhnlichsten Umnutzungen ist wohl die Eichbaumoper in Mülheim an der Ruhr. Die heruntergekommene U-Bahnstation aus den 1970er-Jahren wurde 2009 von dem Architekturbüro *raumlaborberlin* zusammen mit den Anrainern und Künstlern zu einer temporären Opernbauhütte umgestaltet. Diese soll das absolute Gegenstück zu den Beton- und Verkehrsräumen darstellen, die das Ortsbild dort verkörpern. Aus der Idee der Opernnutzung wurde schnell ein erweiterter Begriff, der Ort wurde zum Schauplatz für Boxturniere und Designworkshops. Der Start durch das Architekturbüro wurde zu einem Anstoß für die Einwohner, selbst die Andersnutzung des Bereiches weiterzuführen, den Ort immer wieder umzuwandeln und somit zu beleben.<sup>17</sup>

<sup>16</sup> Petzet/Heilmeyer 2012, 103.

<sup>17</sup> Vgl. Ebda., 116.



Abb.14 Neues Museum Berlin Innenraum

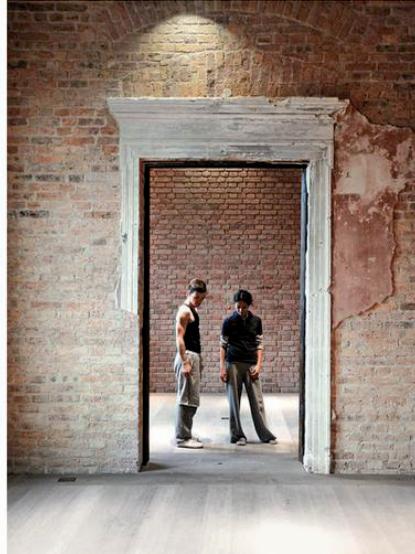


Abb.15 Neues Museum Berlin Zusammenspiel

## - Renovieren

„erneuern, ersetzen, austauschen, wiederherstellen, nachbauen“<sup>18</sup>

Renovierung bedeutet Eingehen auf das Bestehende, auf den historischen Kontext und die noch vorzufindende Substanz. Das Ziel kann hier sowohl der Erhalt der Bauteile selbst, als auch der Geschichte dieser sein. Das Wiederherstellen des durch den Krieg beschädigten *Neuen Museums* in Berlin stellt die sorgsame Herangehensweise an die Renovierung und Ergänzung eines Bestandsgebäudes dar. Das Originalgebäude aus dem Jahre 1859 wurde von Friedrich August Stüler geplant und 1999 zum UNESCO-Weltkulturerbe ernannt. Der Herausforderung der sehr aufwendigen Rekonstruktion und Erweiterung stellte sich das Architekturbüro *David Chipperfield Architects* 2009. Das harmonische Zusammenspiel der neuen und exakt geformten Elemente zu den historisch einfühlsam restaurierten Bauteilen macht den Unterschied des Bestandes zu den neuen Objekten gut erkennbar. Komplettiert wurde die Renovierung der historischen Substanz durch großes handwerkliches Geschick und die Verwendung historischer Materialien, wie Altziegel aus Abbruchobjekten, die durch Farbsortierung, Schlämmung und Neuverputzung angepasst wurden.<sup>19</sup>

<sup>18</sup> Petzet/Heilmeyer 2012, 91.

<sup>19</sup> Vgl. Ebda., 100.



Abb.16 Haus Neumann Straßenseite



Abb.17 Haus Neumann Hofseite

## - Füllung

„füllen, einfügen, einpassen, einbauen, einsetzen, verbinden, schließen, implantieren“<sup>20</sup>

Im städtischen Raum ist es oftmals schwierig, innerhalb des bestehenden Gefüges Ergänzungen zu integrieren. Trotzdem können noch so kleine Lücken ungeahnte Potenziale beinhalten. Peter Grundmann hat einen als unbebaubar geltenden Zwischenraum in Neubrandenburg zu einem Wohn- und Lebensraum für seine Bauherrin gemacht. Das Haus Neumann wurde in eine sieben Meter breite Lücke eingefügt. Der Entwurf wurde nicht nur durch die zwei Plattenbaublöcke an den Seiten eingeschränkt, sondern auch dadurch, dass der Zwischenraum als Feuerwehzufahrt diente. Grundmanns Lösung besteht darin, dass er das Gebäude auf vier Meter anhebt und an einen der Plattenbauten andockt. Das Erdgeschoss beinhaltet mit seinen 3 x 7 Metern nur den Eingangsbereich mit Stauraum, die Wohnräume befinden sich ausschließlich in den zwei Geschossen darüber. Die relativ kostengünstige Variante brachte nicht nur ein 98 Quadratmeter großes Heim mitten in der Innenstadt für die Besitzerin, sondern inspirierte Grundmann weitere Orte für diese Art der Füllung städtischer Lücken und die Belebung der Innenstadt zu suchen.<sup>21</sup>

<sup>20</sup> Petzet/Heilmeyer 2012, 121.

<sup>21</sup> Vgl. Ebda., 132.



Abb.18 Wohnhaus in Ihlow



Abb.19 Wohnhaus in Ihlow Innenraum

## - Addition

„aufstocken, ausdehnen, ergänzen, anbauen, erweitern, fortführen, vergrößern, hinzufügen“<sup>22</sup>

Das Ergänzen oder Erweitern von Objekten kann Qualitäten hervorheben, die es in der ursprünglichen Form nicht erreicht hätte. Die richtigen Punkte zu erkennen, bei denen eine Addition sinnvoll ist und einen Mehrwert aufweist, ist nicht einfach, da mit den Bestand einfühlsam umgegangen werden muss. Beim Wohnhaus in Ihlow hat das Büro *Ziegert/Roswag/Seiler Architekten Ingenieure* aus Berlin ein ausgewogenes Zusammenspiel von Bestand und Erweiterung erreicht. Der Zubau an die ehemalige Feldsteinscheune wirkt ausgewogen, da auf das einstige Format des Baus Rücksicht genommen wurde. Die ortsübliche Holzkonstruktion im Obergeschoss und die Stampflehmbauweise im Untergeschoss bilden mit den großen Fenstern eine Einheit, die eine ausgewogene Verbindung zwischen moderner Architektur und bestehenden Strukturen schafft.<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Petzet/Heilmeyer 2012, 157.

<sup>23</sup> Vgl. Ebda., 166.



URBANER WALD  
Bauherr Stadt Leipzig  
2009–2010



Ausführungsplan  
Irene Burkhardt  
Landschaftsarchitekten aus München

Abb.20 Urbaner Wald Leipzig

Abb.21 Urbaner Wald Ausführungsplan

## - Subtraktion

„reduzieren, verkleinern, wegnehmen, differenzieren, tieferlegen, abschneiden, rückbauen, abreißen“<sup>24</sup>

So wie die Addition eine positive Veränderung sein kann, kann wiederum auch die Subtraktion an den passenden Stellen einen Mehrwert bringen. Selbst das Reduzieren oder Entfernen von ganzen Bauwerken kann einen Gewinn darstellen. Durch das Deutschland weit einmalige Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben, das den Abriss und die Entleerung von zehn Grundstücken im städtischen Raum vorsieht, wurde in Leipzig ein solches Objekt ausgewählt. Das Büro *Irene Burkhardt Landschaftsarchitekten Stadtplaner* aus München wurden mit der Befassung des 3,80 Hektar großen Grundstücks, einer einstigen Gärtnerei im Osten der Stadt beauftragt. Die neue Gestaltung nimmt den Flächenraster der ursprünglichen Gärtnerei auf und wird durch Wegenetze und Spielräume etc. ergänzt. Der urbane Wald bietet den umliegenden Wohnbauten eine neue Qualität. So wird durch die Reduktion in diesem Bereich eine Aufwertung des gesamten umliegenden Gebietes erreicht.<sup>25</sup>

<sup>24</sup> Petzet/Heilmeyer 2012, 149.

<sup>25</sup> Vgl. Ebda., 154.

## ABFALLVOLUMEN

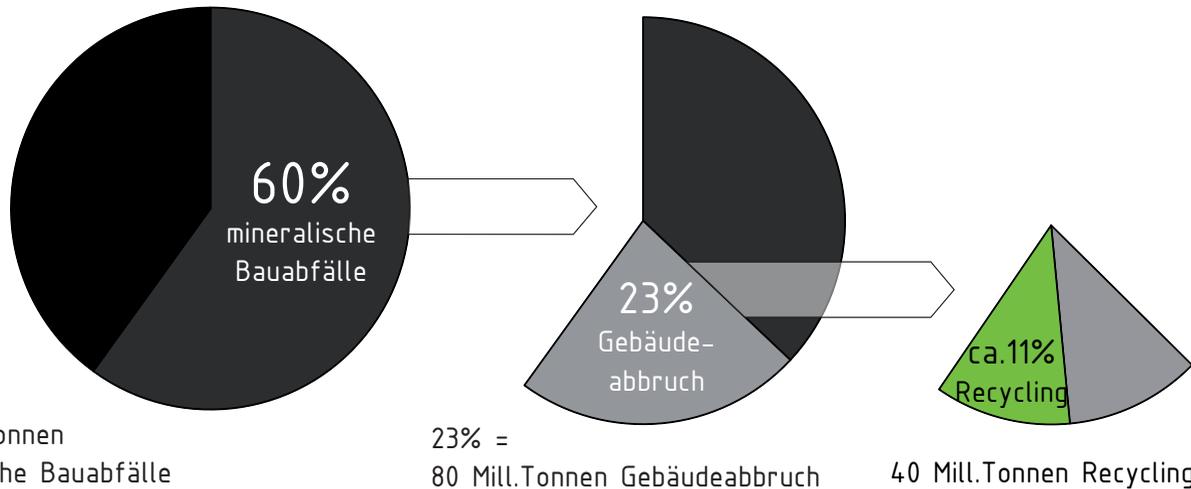


Abb.22 Recycling von Bauabfällen in Deutschland

## - Materialrecycling

„umwandeln, Spolien einsetzen, Gebrauchtes verarbeiten, transplantieren, remontieren“<sup>26</sup>

Wird als bauliche Lösung die Demontage oder der Abbruch von Bauteilen und Bauwerken gewählt, stellt sich weiters die Frage, wie mit dem *Abfall* umgegangen werden soll. Einen Überblick über den aktuellen Stand in Deutschland bietet die Statistik der Initiative Kreislaufwirtschaft Bau. Der Jahresdurchschnitt zwischen 1995 und 2009 von mineralischen Bauabfällen beträgt 210 Millionen Tonnen, dies sind 60 Prozent des gesamten Abfallvolumens in Deutschland. Gebäudeabbrüche machen dabei 80 Millionen Tonnen aus und ca. 40 Millionen Tonnen davon werden zu Recyclingbaustoffen verarbeitet. Das Materialrecycling von Bauschutt zu Schottermaterialien ist durchaus schon erwähnenswert. Am häufigsten ist es, dass der Abbruch von Plattenbauten zu Baumaterial für Autobahnen wird, allerdings auch nur, wenn die Faktoren für die Wirtschaftlichkeit erfüllt werden. Diese sind die Nähe von Abbruchort, Aufbereitungsanlage und Straßenbaustelle zueinander. Die Grenze liegt bei ca. 25 Kilometer.<sup>27</sup>

<sup>26</sup> Petzet/Heilmeyer 2012, 169.

<sup>27</sup> Vgl. Ebda., 173.



Abb.23 Wohnhochhaus



Abb.24 Stadtviellen aus Wohnhochhausbestandteilen

Auch bei der Wiederverwendung von größeren Bauteilen scheitert es oft an dem Problem der zu großen Transportwege und der Logistik. Der Erhalt von Bauteilzertifikaten stellt ebenfalls ein Problem dar, diese sind bei gebrauchten Bauteilen schwieriger zu erhalten. Ein Beispiel für das Recycling eines alten Wohnbaus wurde von *Zimmermann + Partner* im Jahr 2001 in Brandenburg errichtet. Aus den Bestandteilen des Wohnhochhauses wurden Stadtviellen zusammengesetzt. Zu dieser Umsetzung kam es allerdings nur durch den Bedarf an Wohnungen in der näheren Umgebung der Abbruchstelle. Eine andere Variante ist die Verwendung als Betonzuschlag, dies wird als Recycling- oder RC-Beton bezeichnet. Studien zeigen allerdings einen geringen Vorteil, der jedoch nicht vom Material, sondern auch vom geringen Transportweg herrührt. Beim Thema Materialrecycling spielt auch die Umweltbelastung durch die Bauteile eine große Rolle. Nach Kraftwerken und Fahrzeugen ist die Zementproduktion mit ihren Anlagen weltweit der drittgrößte Verursacher des jährlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes. Um etwas daran zu ändern, muss also an der Reduktion der Produktionsmenge gearbeitet werden. Die Schweiz ist ein Vorreiter für die häufige Miteinbeziehung der grauen Energie in die Energiebilanz. Die graue Energie ist die Energie, die in die Herstellung, Transport und Entsorgung der Materialien bzw. des Baus einfließt. So weist ein Bauwerk, das bestehende Bauteile verwendet, eine bessere Energiebilanz auf als ein Neubau.<sup>27</sup>

<sup>27</sup> Vgl. Petzet/Heilmeyer 2012, 173.



Abb.25 Klostergarten Lehel München Innenraum



Abb.26 Klostergarten Lehel Fassade

„Gebäude sind zu wertvoll, um sie einfach in Schutthaufen und Straßenschotter zu verwandeln.“<sup>28</sup>

Als Beispiel für ein Materialrecycling mit einzelnen Elementen dient die Wohnanlage Klostergarten Lehel in München von *Hild und K Architekten* aus dem Jahr 2009. Da das Klostergebäude für die Franziskanermönche nicht mehr finanzierbar war, verkauften sie die Hälfte der 6000m<sup>2</sup> großen Anlage an die Bayerische Hausbau GmbH. Die Architekten sollten das Refektorium und den Studententrakt in einen Neubau mit 32 Wohnungen umwandeln. Das Gebäude wirkt allerdings auf den ersten Blick wie ein renovierter Bestand, da es durch das Materialrecycling der fünf neoromanischen Fensterbögen und der Übernahme der denkmalgeschützten Straßenfassade ähnelt dem Bestandsgebäude. Ein Umbau des alten Gebäudes in einen Wohnbau wäre zu aufwändig gewesen, so wurde daraus ein Neubau mit Aufgriff des ursprünglichen Baus und der Umgebung. Die fünf Fensterbögen, die sich ursprünglich im Erdgeschoss befanden, wurden als Diagonale bis ins fünfte Stockwerk angeordnet. Die denkmalgeschützte Jugendstiltreppe wurde ebenfalls erhalten und zeigt auch im Inneren den Aufgriff des ursprünglichen Baus. Dieses Objekt ist ein gutes Beispiel in dem sowohl Material-, als auch Gestaltrecycling betrieben wurde.<sup>29</sup>

<sup>28</sup> Petzet/Heilmeyer 2012, 173.

<sup>29</sup> Vgl. Petzet/Heilmeyer 2012, 177.

## Verfall und Leerstand von Bestandsbauten

Bauwerke werden oftmals abgerissen, weil sie lange Zeit ungenutzt blieben und dadurch der Verfall einsetzte. Um dies zu vermeiden ist es wichtig, die möglichen Ursachen zu kennen. Gebäude können aus den unterschiedlichsten Gründen leer stehen. Eine fehlende oder mangelhafte Infrastruktur kann Abwanderung und Leerstand nach sich ziehen. Auch der generelle Verfall eines Gebiets kann zu weiterem Leerstand führen, so wie andere soziale Aspekte. Ein zu kostspieliger Erhalt oder eine Architektur, die sich nicht neuen Lebenssituationen anpassen kann, können Gründe sein. So muss ein Wohnbau, der keine Anpassung an Barrierefreiheit zulässt, verlassen werden, wenn sein bisheriger Nutzer durch Unfall oder Krankheit eingeschränkt wird.

Oft sind es Bürobauten aus den 1950er- bis 1970er-Jahren, die nicht effektiv genutzt werden oder sogar völlig leer stehen, da es schwer zu vermietende Objekte sind. Sie haben meist zu geringe Größen, schwierige Grundrisse und entsprechen nicht mehr den heutigen Bedürfnissen. Diesen Bauten widmet sich Bernd Kritzmann, Professor an der *HafenCity Universität Hamburg*. Er weist darauf hin, dass Firmen anstelle der alten Bürobauten die neugebauten Büroareale mit mehr Flexibilität und den neueren Standards bevorzugen und gerade die vier- bis fünfgeschossigen Bauten der 50er- und 60er-Jahre das zu spüren bekommen. So sind aber auch die Gebäude aus den 70igern betroffen. Sie sind zwar meist größer angelegt, aber oftmals für einen speziellen Nutzer gebaut worden und vermitteln somit für heutige Firmen ein falsches Image und weisen keine ökonomische Nutzbarkeit für diese auf. Kritzmann sieht in der Umnutzung dieser Bauten in Wohnbauten sowohl eine wirtschaftliche, als auch städtebaulich positive Lösung. Durch die Umstrukturierung zu Wohneinheiten wird auch die Innenstadt reaktiviert. Es wird allerdings vorausgesetzt, dass durch eine genaue Recherche zuvor ermittelt wird, welche Art von Wohnungstypologie und Umgestaltung ideal für diesen Standort ist. Dies betrifft sowohl das Gebäude mit seinen Strukturen (Trag- und Grundrisstrukturen, Zustand, Erweiterbarkeit etc.) als auch die Umgebung, in der es sich befindet (Vehrkreisverbindungen, Arbeitsmöglichkeiten etc.). So wird aus den leerstehenden Bürobauten eine begehrte Ressource. Kritzmann verweist auch auf die Wichtigkeit des Imagewandels durch eine neue Außenhaut für eine Neubelebung eines Bauwerks.<sup>30</sup> Der Kontrast zwischen dem Image der Fassaden aus den 1970er-Jahren und der heutigen Außenhaut wird an der Gegenüberstellung der zwei Beispiele von Abb. 27 und Abb. 28 ersichtlich.

---

<sup>30</sup> Vgl. Sigmund/Weyand 2014.



Abb.27 Bürogebäude 1970er- Jahre

Bürobau 1970er:  
Fassade nachrangig,  
Zweckbau



Abb.28 Bürogebäude Styria Mediacenter 2015

Bürogebäude heute:  
Fassade als Imageträger

## Fassade als Imageträger von Bürobauten

Der Fassade, bzw. dem gesamten äußeren Erscheinungsbild eines Gebäudes, wird in der heutigen Zeit viel mehr Bedeutung zugemessen als noch vor einigen Jahrzehnten. Das Image einer Firma ist immens wichtig und muss auch von außen sofort ersichtlich sein. So soll das Gebäude die gleiche Sprache sprechen wie die Firma. Betrachtet man nun die Gebäudehülle von Bauten aus den 1950er- bis 1970er-Jahren, erkennt man, dass Gebäude dieser Zeit hauptsächlich auf Funktion ausgerichtet wurden und auch ihre Hülle genau dies vermittelt. Daher bevorzugen es viele Firmen sich in einem neugebauten Bürogebäude mit moderner Sprache niederzulassen, die zu dem Image einer modernen Firma passt. Dies hat den Leerstand der älteren Bürobauten zur Folge und weiters deren Verfall.



Abb.29 Bürogebäude Bogenallee



Abb.30 Grundstruktur Bogenallee

## Bsp. Umbau Bürogebäude Bogenallee 10-12, Hamburg

Das bestehende Bürogebäude aus den 1970iger-Jahren mit seinen vier Stockwerken wurde von *Blauraum Architekten* in ein Wohngebäude umgebaut. Abb. 29, Abb. 30 und Abb. 31 zeigen die Umwandlung. Der Erschließungskern, die Tragstruktur und die Tiefgarage wurden zur Gänze übernommen. Dieses Grundgerüst wurde durch einen weiteren Erschließungskern, eine neue Fassade mit Erkern, Balkonen und leichten Innenwänden mit einem Sanitärkern ergänzt. So ist eine hohe Nutzungsflexibilität gegeben. (Abb. 32) An diesem Beispiel lässt sich gut erkennen, wie ein leerstehendes Gebäude, dem sonst der Abriss gedroht hätte, einen attraktiven Wohnraum schafft. Das Arbeiten mit dem Bestand hat hier auch noch den weiteren Vorteil mit sich gebracht, dass der Wohnkomplex bei einem Neubau nur mit drei Geschossen errichtet hätte werden dürfen. Durch das Bauen mit der bestehenden Substanz konnten vier Stockwerke zu Wohnungen ausgebaut werden. So wird durch die höhere Auslastung des Grundstücks das gesamte Projekt nochmals rentabler für die Bauherren.<sup>31</sup>

---

<sup>31</sup> Vgl. Sigmund/Weyand 2014.



Abb.31 Wohnbau Bogenallee



Abb.32 Wohnbau Bogenallee Innenraum

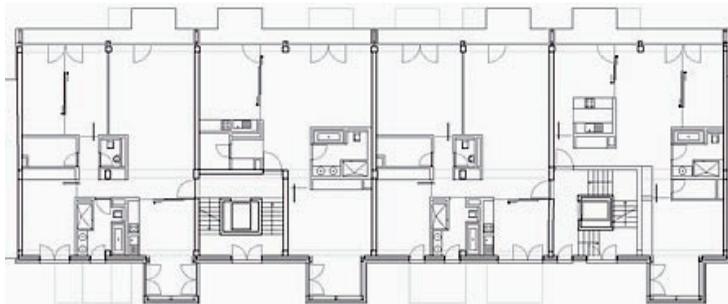
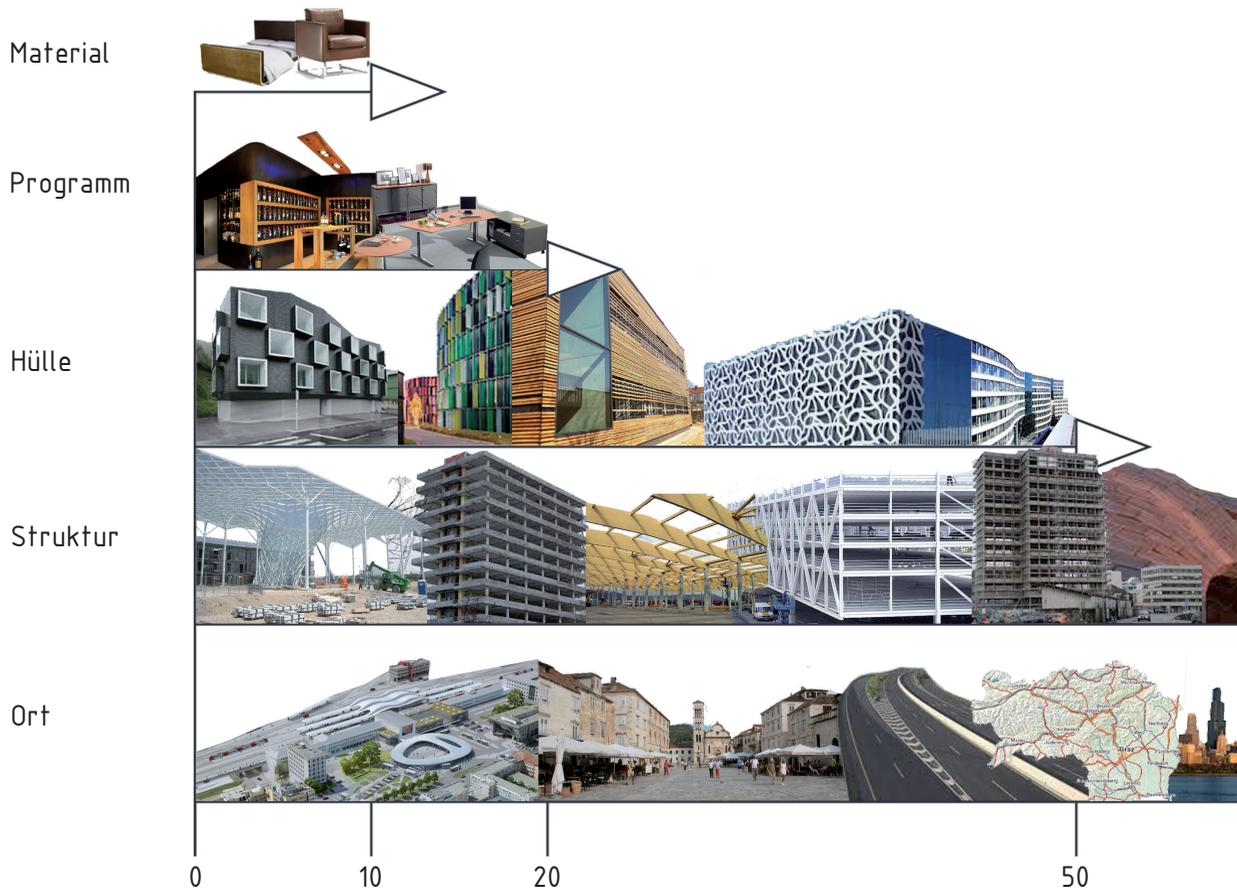


Abb.33 Wohnbau Bogenallee Grundriss



## Lebensdauer der Bestandteile

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass man die unterschiedliche Lebensdauer der verschiedenen Elemente eines Bauwerks und Gebiets berücksichtigt. So kann man auch gut erkennen, dass bei einem Abriss viele Bauteile weit vor dem Ende ihrer möglichen Nutzungsdauer abgerissen werden. So unterteilt Dietmar Eberle in seiner Entwurfslehre in fünf grobe Strukturen: *Ort, Struktur, Hülle, Programm, Material*.<sup>32</sup>

Durch die bauliche Trennung dieser Elemente kann jeweils das Maximum an Lebensdauer für das jeweilige Bauteil herausgeholt werden. Sowohl der Ressourcenverbrauch, als auch Kosten und Aufwand werden reduziert. Dabei wird auch ersichtlich, wie wichtig es ist, die Bestandteile, flexibel zu planen, um eine einfache Anpassung oder den Austausch der kurzlebigeren Elemente zu gewährleisten und ihnen den nötigen Spielraum einzuräumen.<sup>33</sup>

<sup>32</sup> Vgl. Eberle/Simmendinger 2007, 16-17.

<sup>33</sup> Vgl. Ebda., 17.

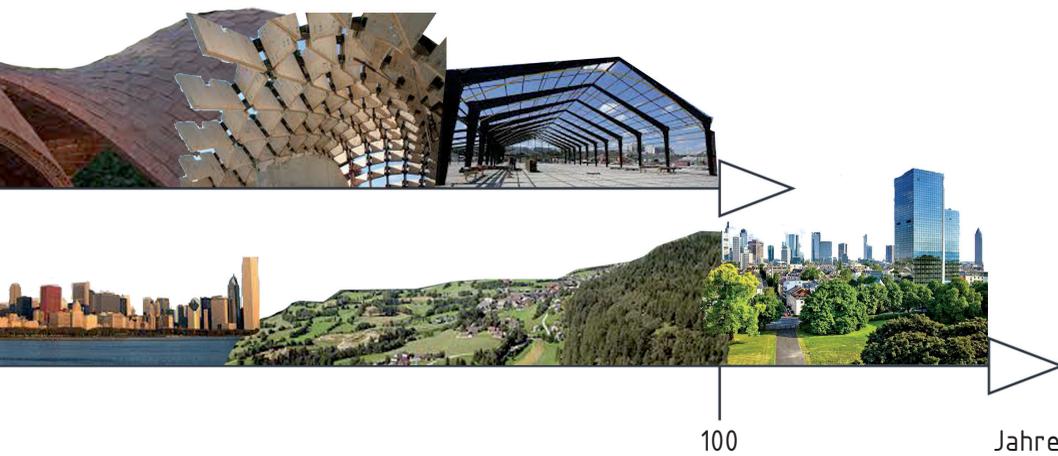


Abb.34 Lebensdauer der Bestandteile

- Ort:** Gebäudeumfeld  
(Topografie, Meteorologie, Infrastruktur, Kultur, Menschen)
- Struktur:** Tragwerk (Fluchttreppen, Kerne)
- Hülle:** Fassade, Dach, Haupttrassen der Gebäudetechnik
- Programm:** Nutzungsart (Wohnen, Arbeiten, Freizeit, Verkauf)
- Material:** Materialien und Oberflächen im Innenraum



POLYVAL

ENTE & FLE

XIBLE ARC

HITEKTUR

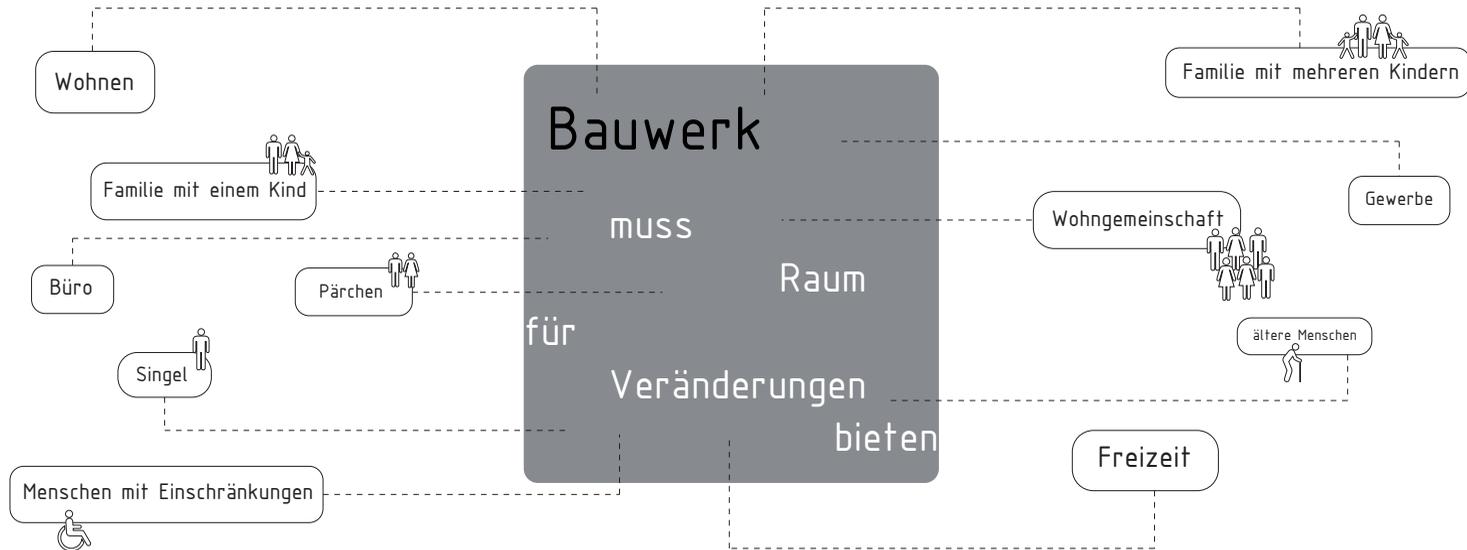


Abb.35 Flexibilität

Flexibilität und Anpassungsfähigkeit sind für eine nachhaltige Architektur ausschlaggebend. Der Mensch verändert sich, er entwickelt sich weiter und seine Bedürfnisse wechseln, deshalb muss sich auch seine Umgebung ändern können. Anpassungsfähige, veränderbare Architektur ist nötig, um ihre Bewohner nicht einzuschränken und ihnen den Freiraum zu geben, den sie brauchen. Eine von Anfang an flexibel angelegte Architektur ist ressourcenschonend, da bei veränderten Anforderungen kein Gebäudeabriss nötig ist, sondern die Umgebung einfach angepasst werden kann.



Abb.36 Schwellenfrei und kontrastreich



Abb.37 Schwellenfreie Übergänge

## Flexible, barrierefreie Architektur

Eine flexible Architektur muss auch barrierefrei sein. Lebenssituationen können sich schnell ändern und unsere Bauten müssen sich dem anpassen können. Verletzungen, das Alter und auch temporäre oder dauerhafte körperliche Beeinträchtigungen können die Handlungs- und Bewegungsfähigkeit eines Menschen einschränken. Selbst wenn jemand schwere Lasten trägt oder mit einem Kinderwagen unterwegs ist, stößt er in seiner Bewegungsfreiheit schnell an Grenzen. Daher kann eine Architektur, die behindert, nicht für die Zukunft gebaut sein. Viele Maßnahmen sind, wenn man sie früh genug in die Planung miteinbezieht, leicht umzusetzen. Sei es eine passende Breite bei Durchgängen, schwellenfreie Übergänge oder eine überlegte Materialwahl für eine kontrastreiche Umgebung. Eine flexible angelegte Architektur kann zum Beispiel durch unkompliziertes Ändern von Wänden beim Anpassen an Einschränkungen hilfreich sein. Die meisten baulichen Maßnahmen für Barrierefreiheit decken bereits die Bedürfnisse mehrerer Zielgruppen ab. Abb. 38<sup>34</sup>

---

<sup>34</sup> Vgl. Rau 2013, 31.

## Zielgruppen baulicher Maßnahmen

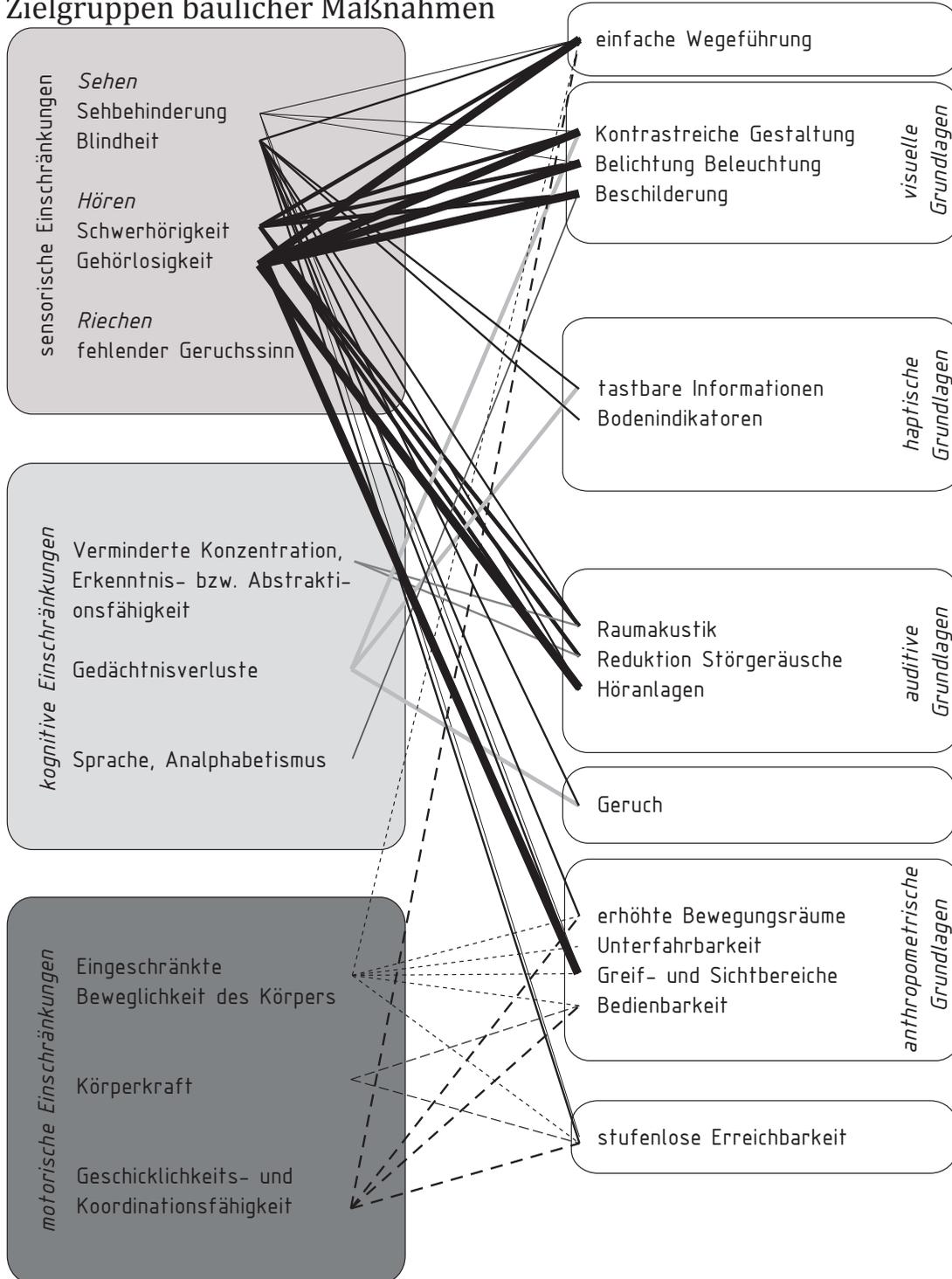
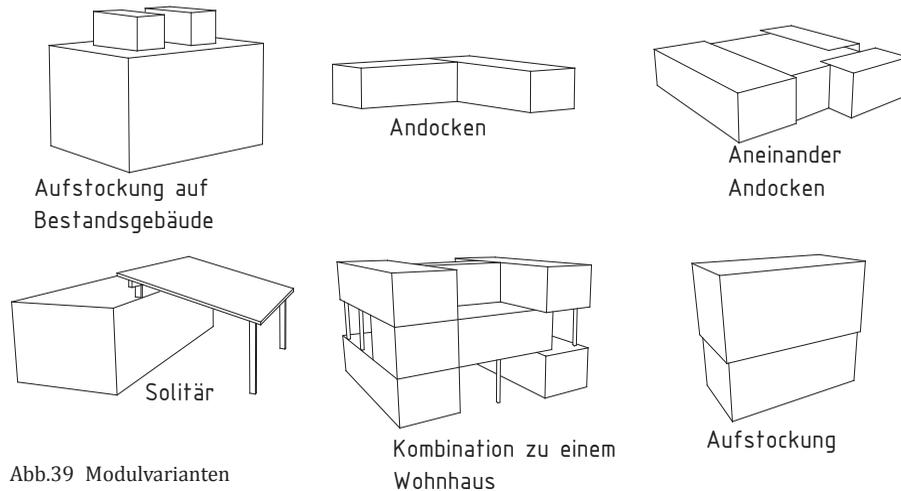


Abb.38 Zielgruppen baulicher Maßnahmen



## Arten von flexibler Architektur

Es gibt viele Arten wie Flexibilität in der Architektur definiert oder umgesetzt wird. Dietmar Eberle bezieht sich bei seiner Definition auf die lateinische Bedeutung von *flexibel*, also biegen oder beugen. Flexibilität ist somit mit Biagsamkeit und Elastizität gleichzusetzen und steht für die Fähigkeit sich bei Veränderungen anzupassen. Im architektonischen Sinne unterteilt er hier in Nutzungs- und Grundrissflexibilität. Mit Nutzungsflexibilität ist die Modifikation der Nutzung in einem Gebäude gemeint, ohne dieses baulich stark zu verändern. Bezogen auf den Grundriss, betrifft es die Umstrukturierung der Raumordnung, beispielsweise durch mobile Elemente.<sup>35</sup>

Modulare Elemente sind auch die Basis für die flexiblen Bauten von Johannes Schwörer und seiner Firma *Schwörer Haus KG*. Hierbei ist die Architektur anpassbar bezüglich Erweiterungen oder Reduktionen, aber auch hinsichtlich Ortswechsel. Das System *Flying Space* besteht aus vorgefertigten Modulen, die auf unterschiedliche Arten einsetzbar sind. Die Elemente können wie in Abb. 39 als Anbau, als Aufstockung auf ein Bestandsgebäude, als Kombination zu einem Wohnhaus oder als Solitär arrangiert werden. In der heutigen Zeit ist es auch oftmals nötig flexibel in Hinsicht auf einen Standortwechsel zu sein. Diese Art der Architektur ist auch hier anpassbar, da das Element als gesamtes transportfähig ist.<sup>36</sup>

<sup>35</sup> Vgl. Eberl/Simmendinger 2007, 194.

<sup>36</sup> Vgl. Saul 2014, 98-101.

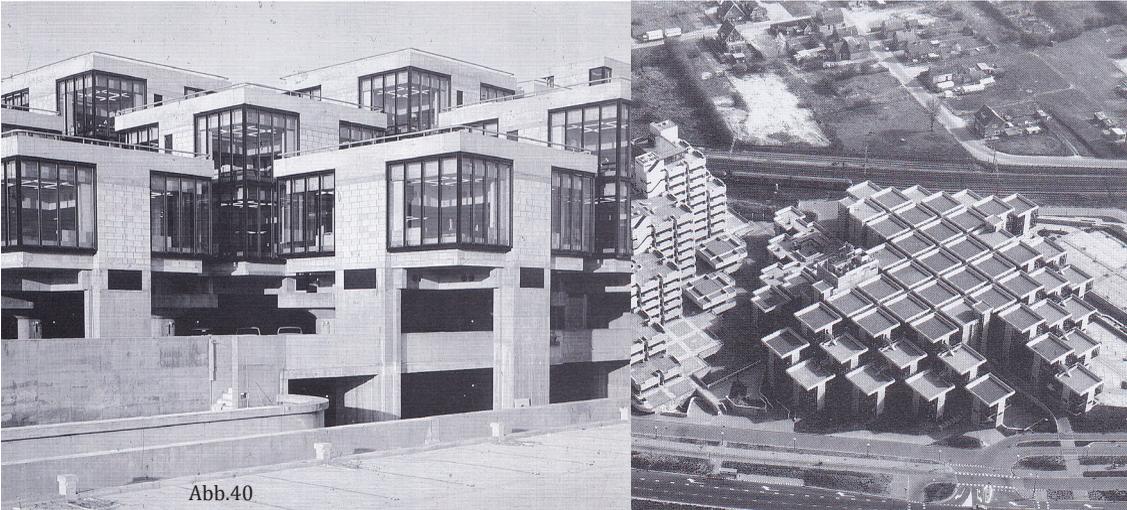


Abb.40

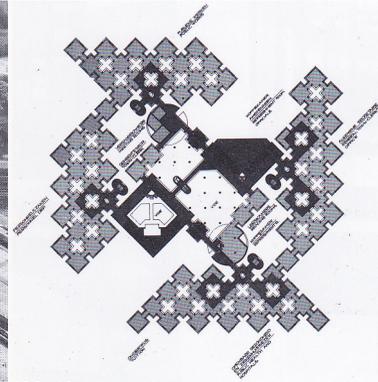


Abb.42

Abb.41

## Polyvalente Architektur laut Herman Hertzberger

Doch einer, der diesen Bereich ausschlaggebend geprägt hat, ist Herman Hertzberger. In seinen Augen sind alle Lösungen, die zu speziell sind, bald hinfällig, weisen zu wenig Funktionalität auf und sind schnell nutzlos. So sieht er auch die funktionalistische Architektur als Form, die auf der Leistungsfähigkeit beruht und durch die nötigen genauen Anforderungen und Nutzungen eine Zersplitterung statt Integration zur Folge hat. Hier sieht er auch den Grund dafür, dass diese Konzepte die Zeit nicht überstehen. Aber Hertzberger spricht sich auch gegen Flexibilität als Allheilmittel aus. Aus seiner Sicht ist diese allgemeine Nutzungsfreiheit und Neutralität eines Bauwerks mit einem Mangel an Identität verbunden. Es ist ihm wichtig, dass Architektur beständig ist und ihre Identität behält, auch wenn der Nutzer sich für eine andere Verwendung des Baus entscheidet, als sein Ursprung war. Auch in Kapitel 02 unter *Fassade als Imageträger von Bürobauten* wird bereits aufgezeigt, wie wichtig ein Image bzw. eine Identität für ein Bauwerk ist, um es vor Verfall und Leerstand zu bewahren. Natürlich geht Hertzberger bei seinen Aussagen wesentlich weiter als nur bis zur Fassade. Für ihn ist eine gesteigerte Wirksamkeit oder polyvalente Form der richtige Weg, mit Architektur umzugehen. Dies versucht er in seinen Bauwerken umzusetzen und darzustellen. Das Centraal Beheer Verwaltungsgebäude veranschaulicht Hertzbergers Umgang mit Architektur als polyvalente Form.<sup>37</sup>

<sup>37</sup> Vgl. Hertzberger 1995, 142-144.

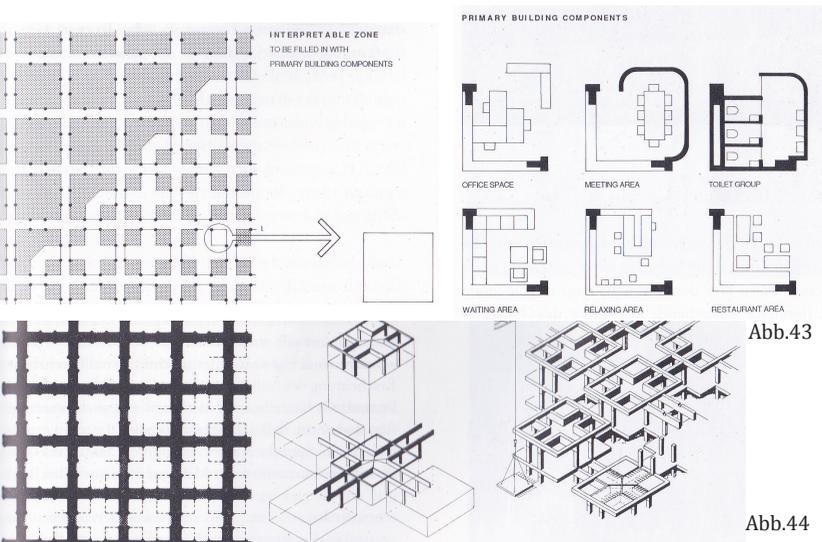


Abb.43

Abb.44

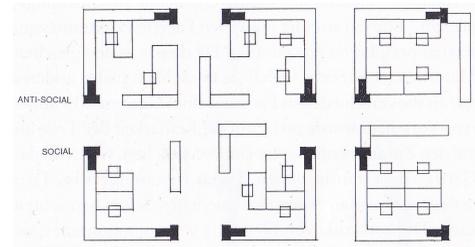


Abb.45

### Centraal Beheer Verwaltungsgebäude, erbaut 1968-1972

Der Grundgedanke war es, einen Komplex zu schaffen, der wie eine Siedlung aufgebaut ist. Er besteht aus vielen miteinander verbundenen Raumeinheiten, die Hauptblöcke bilden. Diese einzelnen Elemente sind durch ihre Dimensionierung, Formgebung und räumliche Gliederung darauf ausgelegt, unterschiedliche Funktionen aufnehmen zu können, also polyvalente Räume. Im Fall des Verwaltungsgebäudes war das einfache Grundprinzip mit quadratischen Raumeinheiten die ideale Lösung für alle räumlichen Bedürfnisse. In diesem System kann durch die polyvalente Form der Einheiten ohne viel Aufwand die Nutzung getauscht werden. Bei den ständigen Größenveränderungen der internen Abteilungen war dies ein notwendiger Punkt, für diese Veränderungen den geeigneten Rahmen zu finden.<sup>38</sup> „Der Bau muß all diese internen Kräfte aufnehmen und dabei selbst als Ganzes in allen Beziehungen und zu jeder Zeit weiter funktionieren können. Deshalb ist die ständige Anpassungsfähigkeit einfach eine Voraussetzung.“<sup>39</sup>

Das Gebäude besteht aus einer Grundstruktur mit dauerhaftem Kern, Versorgungssystem und Hauptverkehrsadern und variabel nutzbaren Ergänzungszonen. Die Identität des Gebäudes wird durch die Gesamtheit seiner verschiedenen Interpretationen gegeben.<sup>40</sup>

38 Vgl. Hertzberger 1995, 129.

39 Ebda.

40 Vgl. Ebda., 130.



NACHHA

LTIGESY

STEME

Nach dem Aufgreifen von Bestandsbauten für Bauvorhaben und dem Gestalten von flexibler Architektur gibt es noch andere Faktoren für nachhaltige Architektur. Um besser für unsere Zukunft zu planen, muss man weiter denken als bisher. Nicht nur der Ressourcenverbrauch an sich, sondern auch die Energie, die für die Gewinnung, Produktion und den Transport benötigt wird, muss berücksichtigt werden. Die Nachhaltigkeit und Wahl der Materialien spielt eine große Rolle, wie auch der Einsatz dieser. Das Material muss seinen Eigenschaften entsprechend gut eingesetzt werden, um eine Optimierung zu erreichen. Die Planung sollte auch die Zeit während des Betriebs berücksichtigen und durch planerische Maßnahmen den Energiebedarf minimieren. Auch das unvermeidbare Ende der Materialien darf nicht außer Acht gelassen werden und die Entsorgung der einzelnen Bestandteile muss berücksichtigt werden, um ein Umdenken zu erreichen. Die beste Entsorgung ist allerdings, wenn weniger oder überhaupt nichts entsorgt werden muss. Durch frühzeitige Planung kann bereits mittels der Bauphysik einiges zur Material- und Energieeinsparung im Gebäude und somit zu dessen Nachhaltigkeit beigetragen werden. Angepasste Systeme, wie Luftfilterung durch Pflanzen reduzieren den Bedarf an Technik und deren Ressourcen- und Strombedarf. Mittels gut überlegter und gezielter eingesetzter Technik kann Energie eingespart und auch erzeugt werden.

### **Faktoren der Materialwahl**

Um bei der Materialwahl beim Bauen die Nachhaltigkeit mit einbeziehen zu können, muss berücksichtigt werden, dass Baustoffe einen unterschiedlichen Energiebedarf bei der Herstellung, bei der Entsorgung, auch beim Transport und bei der Nutzung haben. Um sowohl für den Moment, als auch für die Zukunft richtig zu bauen, sollte dies in die Überlegungen miteinbezogen werden.

Orientierungspunkte dafür bieten der Zurechtigungsgrad eines Werkstoffes oder sein Lebenszyklus.

## Zurichtungsgrad

„Darunter versteht man den Aufwand für die Herstellung eines Baumaterials und den Grad der Umwandlung der Ausgangsstoffe, der von naturbelassen bis zur strukturellen Veränderung reichen kann.“<sup>41</sup> So wird oftmals durch einen höheren Zurichtungsgrad die Haltbarkeit verbessert, dies spielt gerade im Baubereich eine wichtige Rolle. Jedoch hat die Erhöhung häufig einen negativen Effekt auf die Wiedereingliederung eines Stoffes in den Materialkreislauf, da er schwerer abgebaut werden kann. Auch die Möglichkeit von gesundheitsschädlichen Auswirkungen ist bei seinem gesteigerten Zurichtungsgrad gegeben. Der Baustoff Lehm ist ein natürliches Produkt mit niedrigem Zurichtungsgrad und für die Haut gut verträglich. Er hat aber bei stetiger Feuchteeinwirkung eine schlechte Haltbarkeit. Wird Lehm jedoch gebrannt, wird der entstandene Ziegel haltbarer. Durch nochmaliges Sintern erhöht sich der Zurichtungsgrad weiter und wird ein frostbeständiger, aber wasserdichter Klinkerziegel. Kalk kann durch Brennen zu einem lufthärtenden Bindemittel mit gutem Feuchteausgleich werden. Durch die weitere Zugabe von Hydraulefaktoren und nochmaliges Brennen wird daraus Zement, der sogar unter Wasser aushärten kann, aber keinen Feuchteausgleich mehr besitzt. Auch bezüglich Gesundheit bekommt der gebrannte Kalk eine ätzende Wirkung, die beim Zement mit höherem Zurichtungsgrad sogar noch stärker ausfällt.<sup>42</sup>

## Lebenszyklus

Für eine gesamtheitliche Betrachtung der Umwelteinflüsse von Baustoffen muss man den gesamten Lebenszyklus betrachten. Hier kann in drei Phasen unterteilt werden:  
 Stoffbildung (Gewinnung, Herstellung)  
 Stoffgebrauch (Verarbeitung, Nutzung)  
 Stoffauflösung (Abbruch, Beseitigung/Rückführung)<sup>43</sup>

Durch diesen Überblick werden auch jene Folgen von Prozessen ersichtlich, die sich über größere Zeitspannen erstrecken (generationsübergreifend). Bei der Ökobilanz werden sowohl der Zurichtungsgrad und der Lebenszyklus, als auch die Unterteilung der Baustoffe in jene mit und ohne erneuerbaren Kohlenstoff einbezogen.<sup>44</sup>

---

41 Kaufmann/Nerdinger 2012, 19.

42 Vgl. Ebda.

43 Vgl. Ebda.

44 Vgl. Ebda.

## Kreislaufwerkstoff Holz

Holz ist ein idealer Kreislaufwerkstoff.  
Holzprodukte können wieder- und weiterverwendet werden.

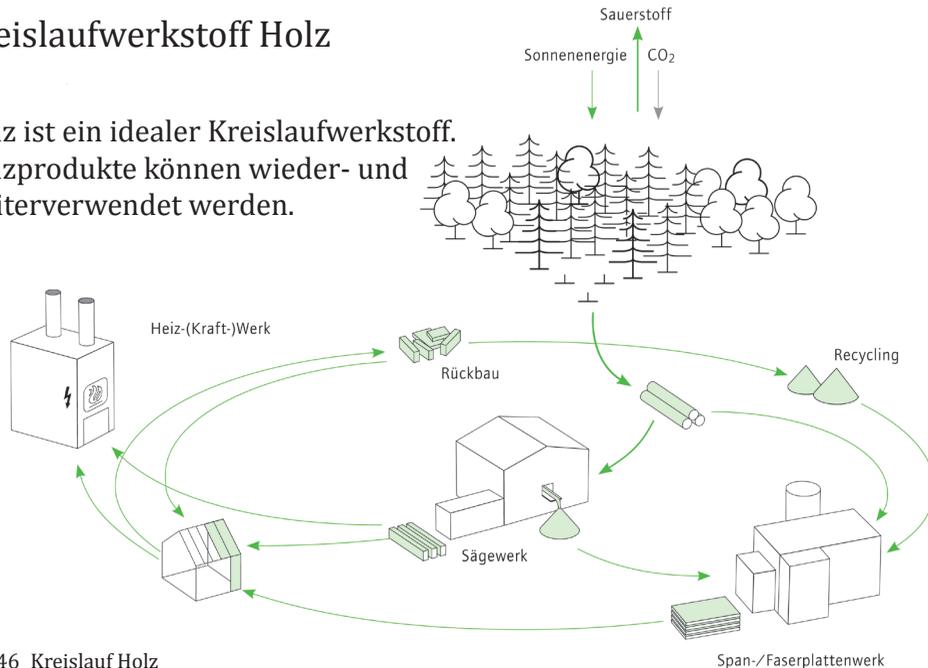


Abb.46 Kreislauf Holz

Da in Österreich Holz mit 48% Flächenanteil eine wichtige nachwachsende Ressource darstellt, möchte ich das Augenmerk auf den Werkstoff Holz lenken und dessen Kreislauf in Abb. 46 anführen.<sup>45</sup>

Zusätzlich speichert Holz das aufgenommene CO<sub>2</sub> so lange, bis es verrottet oder verbrannt wird. Daher sind Holzbauten, Holzwerkstoffe und Innenausstattungen etc. aus Holz bis zu ihrer Zerstörung CO<sub>2</sub>-Speicher.<sup>46</sup>

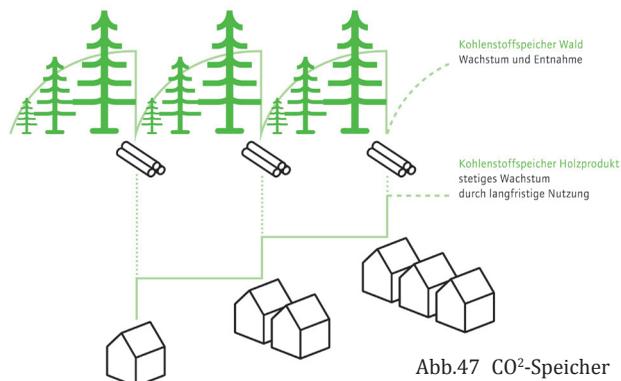


Abb.47 CO<sub>2</sub>-Speicher

<sup>45</sup> Vgl. proHolz Austria 2015.

<sup>46</sup> Vgl. Edition:Holz 2015, 7.

Bei den Faktoren für die Wahl eines Baustoffes sollte auch der Transport und der damit verbundene Energieverbrauch, wie die entstehenden Emissionen berücksichtigt werden. Generell gilt: Je näher Abbau, Produktion und Baustelle zusammenliegen, umso geringer sind die Transportwege und der damit einhergehende Verbrauch. Daher ist in Österreich der Werkstoff Holz ein wichtiges Produkt, denn zu seinen anderen positiven Eigenschaften kommen die Regionalität und somit kurze Transportwege.

Der Anteil an Wald ist in Österreich relativ hoch, es sind ca. 4 Millionen Hektar. Die Bundesländer mit den prozentuell größten Waldflächen sind Kärnten mit 61,2 und die Steiermark mit 61,4 Prozent.<sup>47</sup>



Abb.48 Regionalität von Werkstoffen

<sup>47</sup> Vgl. proHolz Austria 2015.

## Energieproduktion im Gebäude

Die Wahl der Materialien und die dafür benötigte Energie für den Bau ist ebenso von Relevanz wie die Art der Energiegewinnung für das Gebäude selbst. Regenerative Energiequellen sind zu bevorzugen, da sie zur CO<sub>2</sub>-Einsparung beitragen und auch die zukünftige Energieproduktion gesichert ist.

*Regenerative/ erneuerbare Energieerzeugung durch:*

*Biomasse:*

„Biomasse ist allgemein die gesamte durch Pflanzen, Tiere und Menschen anfallende oder erzeugte organische Substanz. Biomasse für energetische Zwecke kommt aus der Landwirtschaft, Forstwirtschaft und aus Reststoffen (Abfälle). Biomasse kann in fester, flüssiger oder gasförmiger Form vorkommen und wird zur Energie- (Wärme, Kälte, Strom) und Treibstoffgewinnung (Biodiesel, Pflanzenöle) genutzt.“<sup>48</sup>

*Wasserkraft:*

„Über Laufwasser-, Speicher-, Pumpspeicher- und Gezeitenkraftwerke wird die Bewegungsenergie (kinetische Energie) des Wassers genutzt und in Turbinen der Wasserkraftwerke in elektrische Energie umgewandelt. Dabei strömt Wasser durch eine oder mehrere Kraftwerks-Turbinen, die einen Generator antreiben, welcher wiederum Strom erzeugt.“<sup>49</sup>

*Windenergie:*

„Die Bewegungsenergie (kinetische Energie) der Luftströmung ist eine indirekte Form der Sonnenenergie und kann in Windkraftanlagen (auch Windkonverter genannt) zur Stromerzeugung und zum Antrieb von Maschinen genutzt werden. Dabei wird ein Rotor durch die Luftströmung in Drehung versetzt, der wiederum mittels Drehachse einen Stromgenerator antreibt.“<sup>50</sup>

---

48 ReNew Concept & Design 2014.

49 Ebda.

50 Ebda.

*Solarenergie:*

„Als Sonnenenergie oder Solarenergie bezeichnet man die von der Sonne durch Kernfusion erzeugte Energie, die in Teilen als elektromagnetische Strahlung zur Erde gelangt. Solarenergie kann direkt durch die Sonneneinstrahlung auf Kollektoren zur Erzeugung von Strom (Photovoltaik) und Wärme (Solarthermie) genutzt werden. Solarenergie ist aber auch für alle anderen erneuerbaren Energien notwendig: Wind entsteht durch sonnenerwärmte und kalte Luft (Windkraft), Biomasse wächst nur mit Hilfe der Sonne (Biomasse / Biogas) und Regen fällt nur, wenn auch Wasser an anderer Stelle durch Sonneneinstrahlung verdampft (Wasserkraft).“<sup>51</sup>

Bei der Integration der Energieerzeugung im Gebäude sind einige Faktoren zu berücksichtigen:

Ein paar dieser Faktoren bei *Biomasse*:

Materiallager erforderlich, Entstehung von Emissionen bei Verbrennung, Transport von Produktionsstätte notwendig, Energieproduktion nicht direkt wetterabhängig, Platzbedarf für die Technik der Anlage.

Ein paar dieser Faktoren bei *Wasserkraft*:

Wasservorkommen erforderlich, Energieproduktion nicht direkt wetterabhängig, keine Emissionen, Platzbedarf für die Technik der Anlage.

Ein paar dieser Faktoren bei *Windenergie*:

Energieproduktion von Windstärken im Gebiet abhängig, Windturbinen mit Lärmproduktion, keine Emissionen, kein Lager erforderlich, benötigt ausreichend Fläche für Turbinen, Platzbedarf für die Technik der Anlage.

Ein paar dieser Faktoren bei *Solarenergie*:

Energieproduktion wetterabhängig, keine Produktion nachts, keine Emissionen, kein Lager erforderlich, benötigt ausreichend Fläche für Kollektoren, Platzbedarf für die Technik der Anlage.

---

51 ReNew Concept & Design 2014.



Abb.49 Aktivhaus mit 74 Wohneinheiten

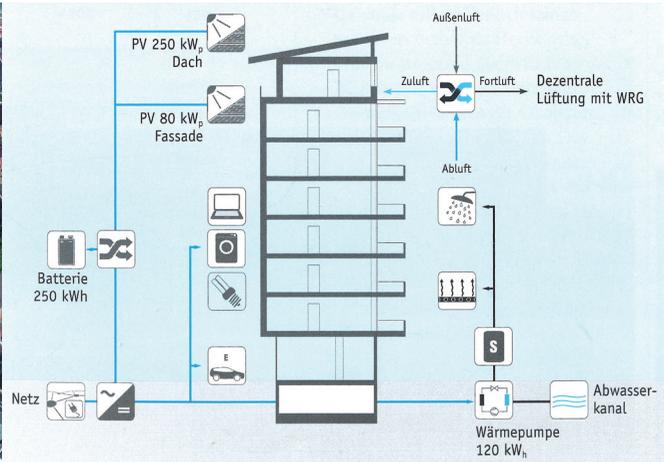


Abb.50 Aktivhaus Schnitt

Es gibt bereits einige Aktivhäuser, die selbst Energie erzeugen, hauptsächlich aber im Maßstab von Einfamilienhäusern. Dass dies aber auch im wesentlich größeren Maßstab möglich ist, zeigt das Projekt von Manfred Hegger. Das 74 Wohneinheiten umfassende Bauwerk in der Innenstadt von Frankfurt soll mehrere Energiequellen nutzen, um so den Bedarf des Gebäudes abzudecken. Das achtgeschossige Mehrfamilienhaus weist als Energiequelle ein Pultdach mit Photovoltaikzellen und Dünnschichtphotovoltaikmodule an der Südfassade auf. Seine Wärmequelle ist ein nahegelegener Schmutzwasserkanal, der über Wärmetauscher und Wärmepumpe die Wärme entzieht und zur Temperierung des Bauwerks herangezogen wird.<sup>52</sup> Abb. 49, Abb. 50

Aber auch die Möglichkeit ein Bestandsgebäude in ein Aktivhaus umzubauen ist gegeben. Beim Vergleich der Ökobilanzen zwischen einem Siedlerhaus der 1950er-Jahre, das Manfred Hegger mit Studenten gemeinsam in ein Plusenergiehaus umgestaltet hat, und einem Neubau werden die Vorteile ersichtlich. Bei dem sanierten Altbau kommt vor allem zum Tragen, dass er eine stark verminderte CO<sub>2</sub>-Bilanz aufweist, da der Rohbau und das Fundament mit ihrer grauen Energie entfallen. Dies verschafft dem Bestandsgebäude eine bessere Ökobilanz. Die Energieproduktion des Gebäudes fand hier über Sonnenkollektoren und Photovoltaik statt.<sup>53</sup>

<sup>52</sup> Vgl. HHS Planer + Architekten AG

<sup>53</sup> Vgl. Saul 2014, 46.

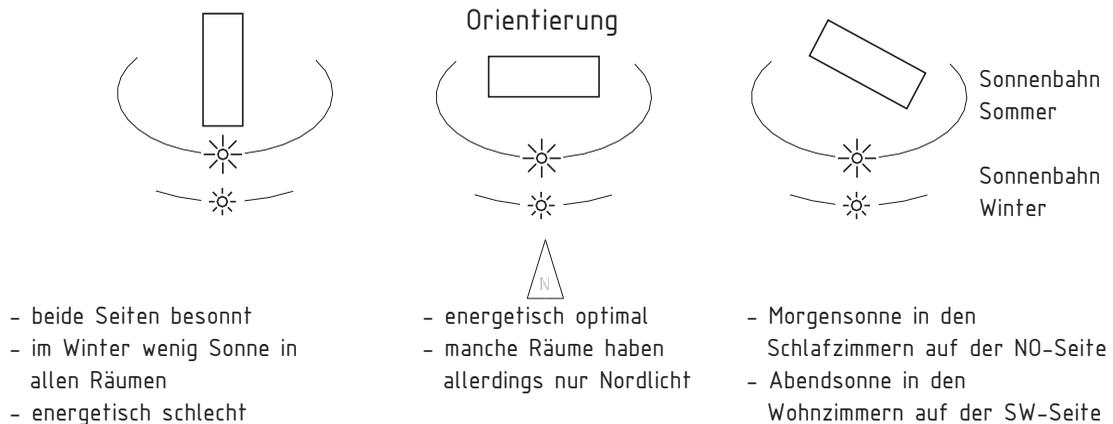


Abb.51 Gebäudeorientierung

## Energieeinsparung durch Planung und Bauphysik

### Sonneneinstrahlung

Noch viel wichtiger als die Energieerzeugung im Gebäude ist die Reduktion des Energieverbrauchs. Man kann durch die spezielle Auswahl von Technik und Geräten einiges an Strom einsparen und den Verbrauch generell minimieren. Aber bereits durch wenige Überlegungen im Vorfeld und in der Planung kann im Gebäude viel Energie gespart und zusätzlich die Behaglichkeit gesteigert werden.

Diese Überlegungen fangen schon bei der Analyse des Standorts an.

Bereits die Ausrichtung des Gebäudes sollte gut überlegt sein, da je nach Positionierung des Bauwerks die Sonneneinstrahlung variiert. So sollte berücksichtigt werden, dass eine Orientierung wie in der ersten Darstellung in Abb. 51 zwar eine beidseitige Besonnung mit sich bringt in energetischer Hinsicht allerdings schlecht ist. Wohingegen die zweite Positionierung energetisch optimal ist, aber in der Raumplanung berücksichtigt werden muss, dass von einer Seite nur Nordlicht möglich ist.<sup>54</sup> Die Ausrichtung spielt sowohl für die Belichtung, als auch für die Erwärmung eine Rolle.

---

<sup>54</sup> Vgl. Cody 2009, 38.

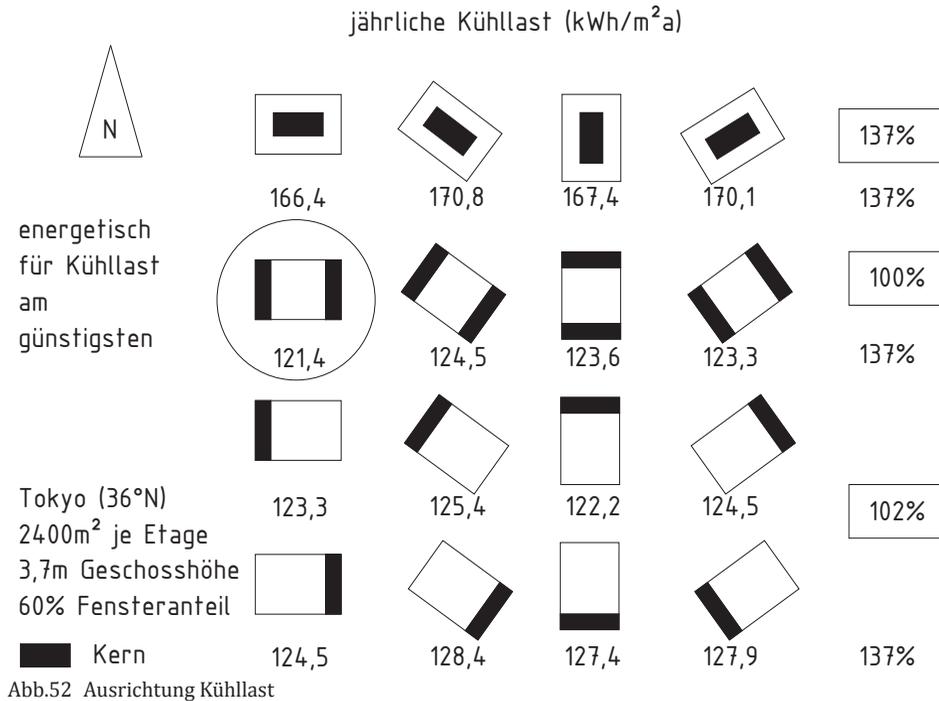
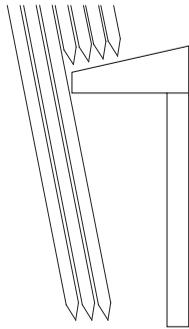


Abb. 52 zeigt, dass sich die Positionierung des Kerns, sowie die Ausrichtung von diesem und des gesamten Bauwerks auch in der Kühllast bemerkbar macht. So ist eine Kombination eines innenliegenden Kerns mit SW-Orientierung für die Kühllast am ungünstigsten. Die Südorientierung in Verbindung mit je einem Kern im Osten und einem im Westen, weist hingegen die energetisch günstigste Lage bezüglich der Kühllast auf.<sup>55</sup>

<sup>55</sup> Vgl. Cody 2009, 38.

Einstrahlung im  
Sommer



Einstrahlung im  
Winter

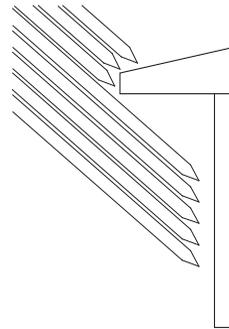


Abb.53 Dachüberstand Sommer / Winter

Sonnenstrahlung auf einer geneigten Fläche

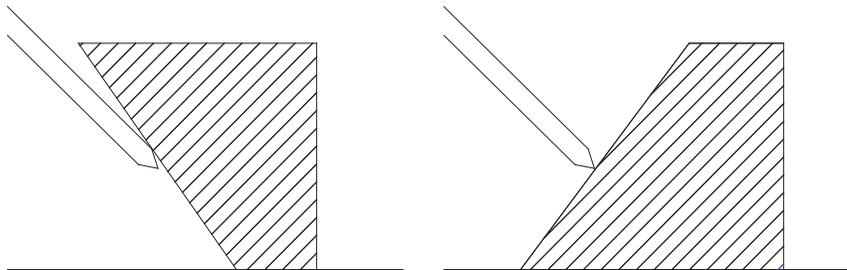


Abb.54 Geneigte Flächen Sonneneinstrahlungswinkel

Auch die klimatischen Veränderungen sind zu berücksichtigen. War es früher nur in südlicheren Ländern notwendig, die Häuser vor Überhitzung zu schützen, ist es heutzutage durch die stetig ansteigenden Temperaturen ratsam, auch im mitteleuropäischen Raum dies zu tun. Bereits durch einfache Dachüberstände an der Südfassade kann die intensive hochstehende Sommersonne vor allem mittags reduziert werden. Die flacher einfallende Wintersonne kann jedoch in die Räume vordringen und sie in den kalten Wintermonaten erwärmen und aufhellen.<sup>56</sup> Abb.53

Generell sollte ein Augenmerk auf die Ausrichtung der Flächen gelegt werden, je nach Sonneneinstrahlungswinkel ändert sich auch die Strahlungsintensität auf den Baukörper.<sup>57</sup> Abb.54

<sup>56</sup> Vgl. Saul 2014, 31.  
<sup>57</sup> Vgl. Cody 2009, 34.

## Vergleich des Tageslichtquotienten für verschiedene Fensterpositionen

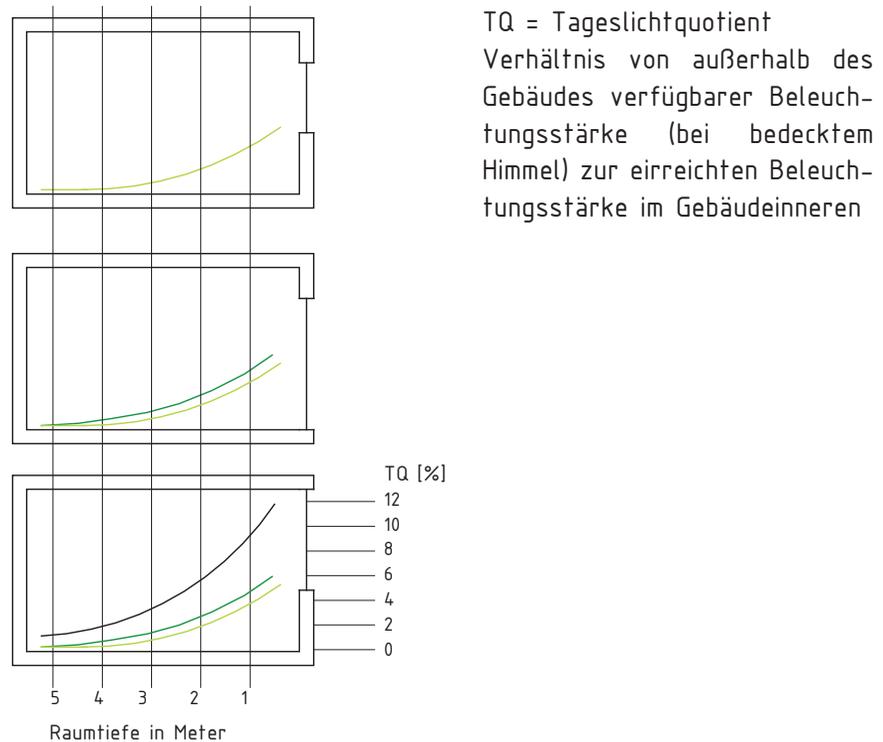
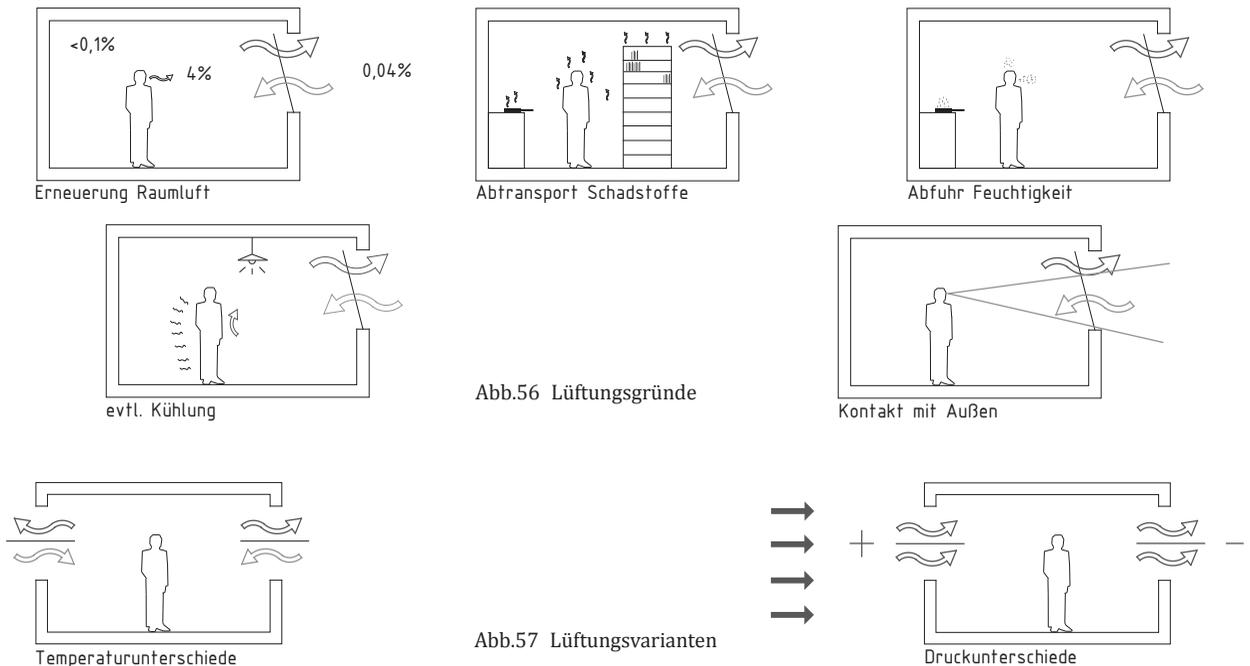


Abb.55 Varianten Lichteinfall

Die natürliche Belichtung in einem Gebäude ist ausschlaggebend für die Behaglichkeit und den Verbrauch an Energie für künstliche Belichtung. Der Vergleich von verschiedenen Öffnungen in den seitlichen Wänden lässt den Unterschied erkennen, der je nach Fensterwahl entsteht. In Abb. 55 wird ersichtlich, dass eine Verglasung des Parapetbereichs keine großen Auswirkungen hat, die Einsparung von einem Sturz jedoch begünstigt den Lichteinfall.<sup>58</sup>

Es gilt daher, das Verhältnis zwischen nötiger Verschattung gegen die Überhitzung und ausreichender Belichtung für den Innenraum im jeweiligen Projekt, sowie dem speziellen Standort zu finden.

<sup>58</sup> Vgl. Cody 2009, 170.



## Luft

Bei der Lüftung lässt sich ebenfalls bereits durch vorherige Planung viel Technik und Aufwand einsparen.

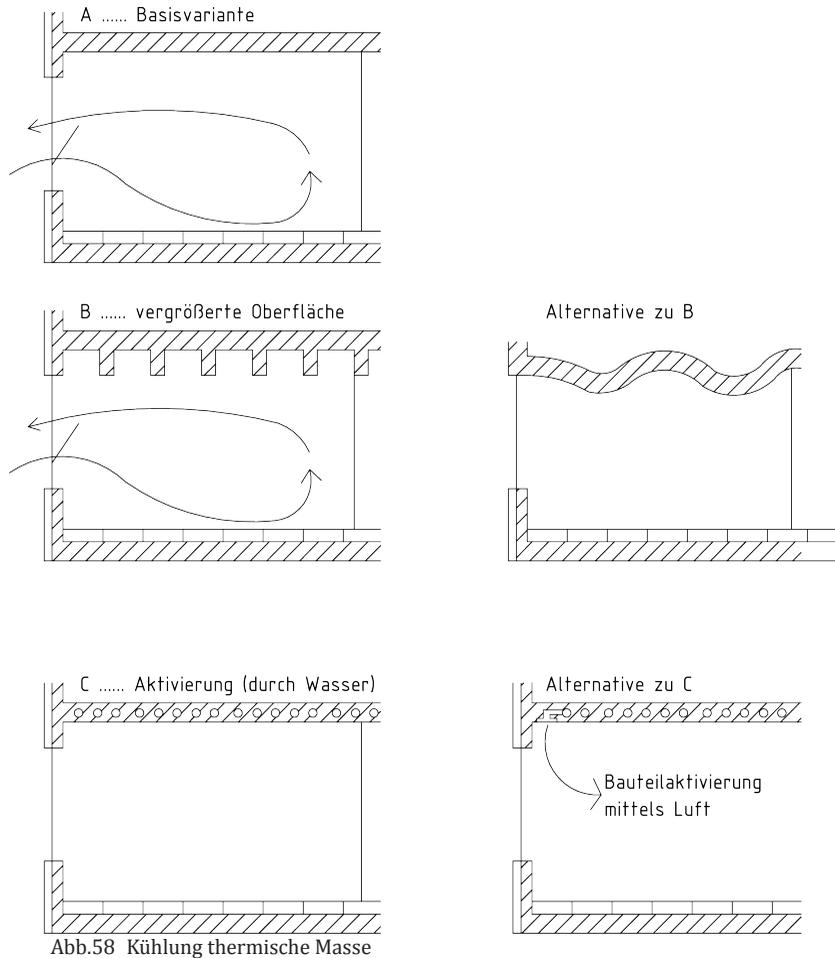
Die Lüftung hat generell fünf Hauptaufgaben: Die Erneuerung der Raumlufte, Abtransport schadstoffhaltiger Luft, Abfuhr von Feuchtigkeit, evtl. Kühlung und Kontakt mit dem Außenraum. Dies trägt wesentlich zur Raumqualität bei.<sup>59</sup> Abb. 56

Es wird zwischen natürlichem, mechanischem und hybridem Lüftungssystem unterschieden. Das natürliche Lüftungsprinzip erfolgt mit dem geringsten Energieaufwand durch Lüften über Fenster, Atrien, Lüftungsklappen und Schächte. Allerdings bedarf es einer genauen vorherigen Planung, da dieses System hauptsächlich über Temperatur- und Druckunterschiede funktioniert, wie in Abb. 57 dargestellt. Das hybride System ist eine Mischform aus natürlicher Belüftung und mechanischer, so kann bei Projekten, die durch ihre Größe oder andere Faktoren mechanisch belüftet werden müssen, trotzdem Energie eingespart werden.<sup>60</sup>

<sup>59</sup> Vgl. Cody 2009, 82.

<sup>60</sup> Vgl. Cody 2009, 84.

## Optimierung thermischer Masse



Durch große Temperaturunterschiede, beispielsweise nächtliche Abkühlung, kann nicht nur die Raumluft heruntergekühlt, sondern auch eine Kühlmöglichkeit durch thermische Masse für den Raum geschaffen werden, die keinen zusätzlichen Energieaufwand benötigt. In Abb. 58 sind Varianten für die Nutzung der thermischen Masse angeführt.<sup>61</sup>

<sup>61</sup> Vgl. Cody 2009, 88.

Ein Beispiel für gezieltes Einsetzen der Luftströme zur Reduzierung von Technik- und Energieaufwand ist das Klimahaus Bremerhaven.<sup>62</sup>



Abb.59 Klimahaus Bremerhaven

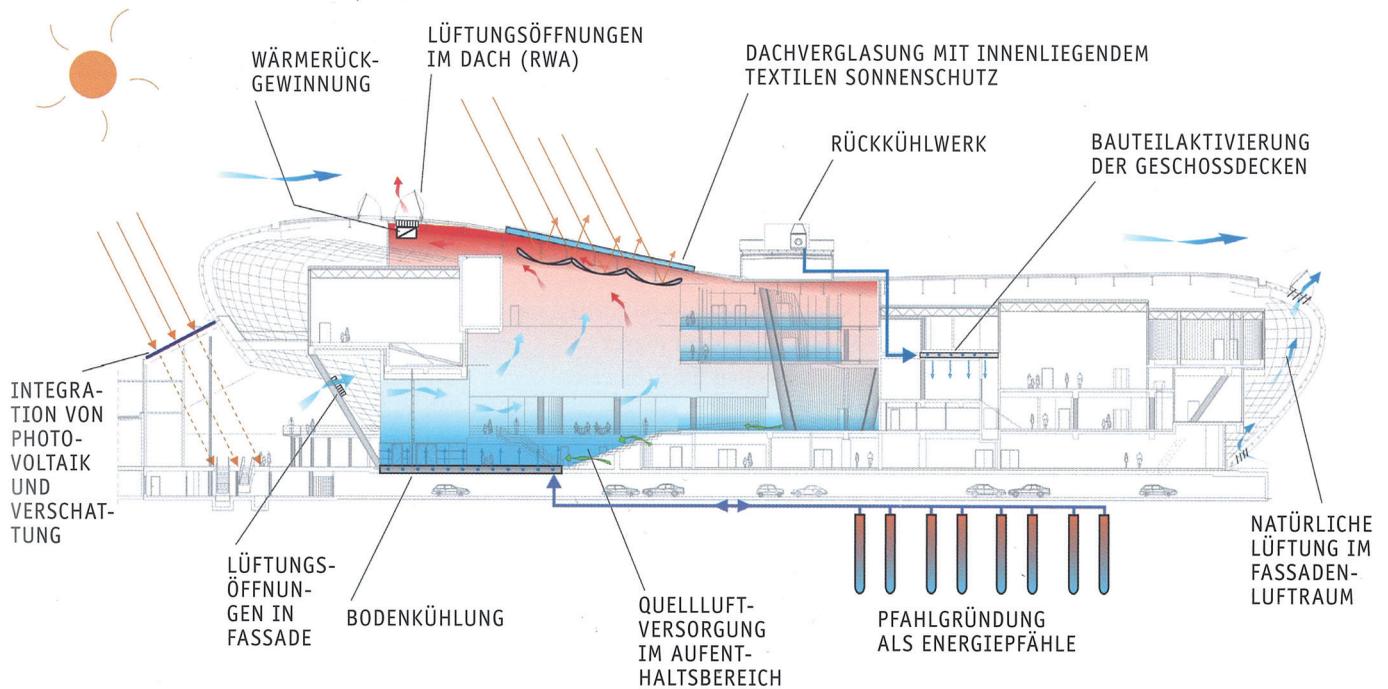


Abb.60 Klimahaus Schnitt

<sup>62</sup> Vgl. Saul 2014, 35.

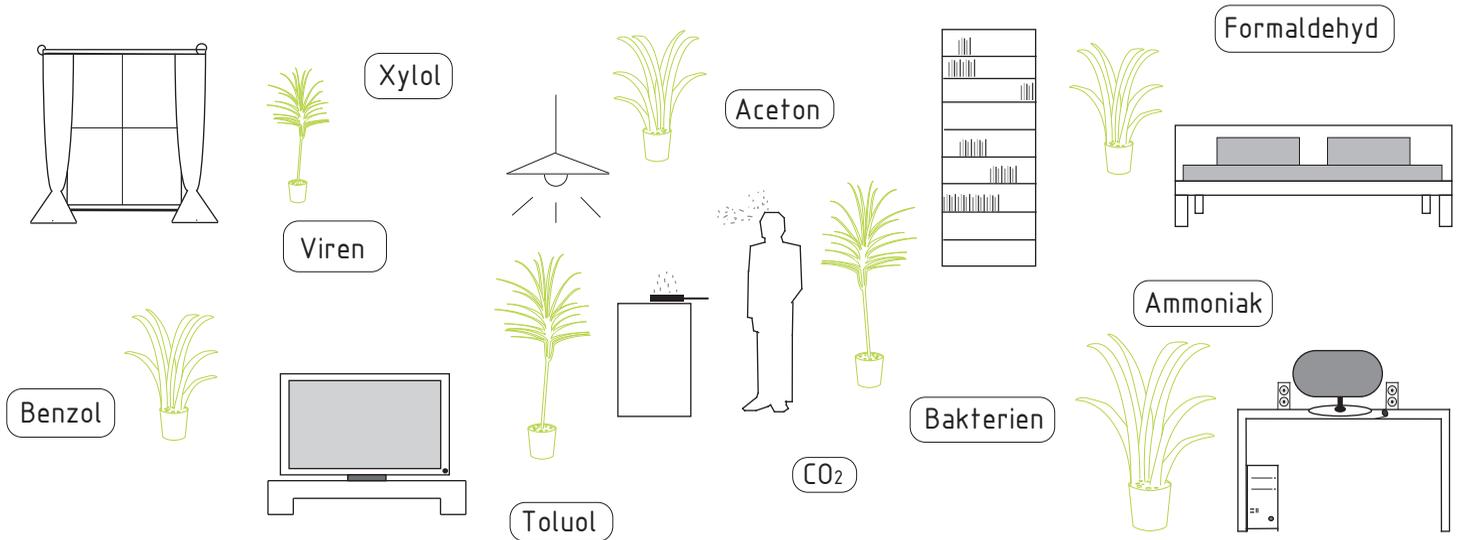


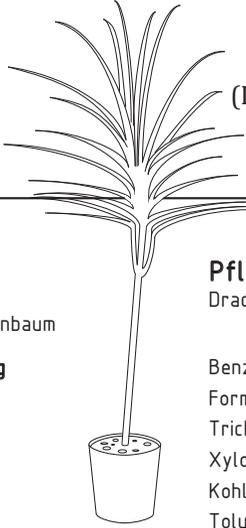
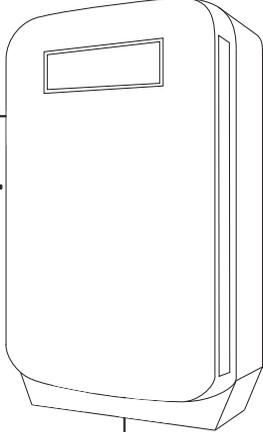
Abb.61 Pflanzenfilterung der Schadstoffe im Raum

## Pflanzen

Die Raumluftqualität ist von einigen Faktoren Abb 61, wie dem CO<sub>2</sub>-Gehalt, der Luftfeuchte und den Schadstoffen in ihr abhängig. Deshalb ist es sowohl für die Behaglichkeit, als auch für die Gesundheit erforderlich, die negativen Bestandteile in der Luft so gering wie möglich zu halten.<sup>63</sup> Durch Lüften alleine ist oftmals keine ausreichende Raumluftqualität erreichbar, daher gibt es Systeme, wie Filter in integrierten Lüftungsanlagen oder Luftreiniger und Befeuchter als Standgeräte, mit denen diese verbessert werden kann. Es besteht allerdings auch die Möglichkeit eines pflanzlichen Filtersystems.

<sup>63</sup> Vgl. Cody 2009, 82.

## Vergleich: Pflanze und Kombigerät (Luftreiniger und Luftbefeuchter)

	<b>Pflanze</b>	<b>Luftreiniger+Luftbefeuchter</b>
		
	Drachenbaum	Standgerät einer bekannten Elektrogerätemarke
<b>Schadstofffilterung</b>	Benzol Formaldehyd Trichloräthylen Xylol Kohlenmonoxid Toluol Feinstaub	CADR (Zigarettenrauch) 167m <sup>3</sup> /h TVOC 96%  Toluol 95% Feinstaub 99%
<b>Produktion Sauerstoff</b>	ja	nein
<b>Bakterien und Virenfilter</b>	ja	ja
<b>Geräuschpegel im Ruhemodus</b>	0dB	36dB Ruhemodus
<b>Grundbedarf für Betrieb</b>	mäßig Sonne Wasser (ca.1xWoche) Dünger in Wachstumsphasen	60W Wattleistung 220-240V Spannung 50Hz Frequenz
		Ersatzfilter Ersatzteile
<b>Material und Abfallstoffe</b>	Erde Zellulose	ABS Kunststoff Metalle Beschichtungen
<b>Kosten</b>	29,99 €	379,99 € Preis am 17.3.2015 Angaben Luftreiniger laut Hersteller

TVOC = Total Volatile Organic Compounds

Alle organischen Verbindungen (Substanzen, die primär aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen)

Abb.62 Luftreiniger Vergleich



## Pflanzliche Filterung

Pflanzen ist es möglich, gasförmige Stoffe und Wasserdampf zu absorbieren und gereinigt wieder abzugeben. So können sie das für uns schädliche  $\text{CO}_2$  aus der Luft als Nahrung verwerten oder in ihrem Gewebe binden. Um diesen Vorgang möglich zu machen, ist es jedoch nötig, dass die Symbiose zwischen der Pflanze und dem Erdreich bzw. den sich in dem Erdreich befindenden Bakterien, Pilzen und Algen gewährleistet ist. Diese verdauen gewisse Schadschoffe bereits vor, die dann von den Wurzeln aufgenommen werden können.<sup>64</sup>

Durch die Fotosynthese in den Blättern und Stängeln wird  $\text{CO}_2$  in das für uns notwendige  $\text{O}_2$  umgewandelt. Die Pflanze kann über die halbdurchlässige Schicht, die Epidermis oder auch über die mikroskopisch kleinen Öffnungen, die Stomata, Giftstoffe aufnehmen.<sup>65</sup>

Nicht jede Pflanze nimmt allerdings die gleichen Schadstoffe auf und hat die gleichen Anforderungen, so ist eine überlegte Positionierung und Auswahl der Pflanzen ratsam. Als Vergleich werden in Abb. 64 Pflanzen für Küche, Schlafzimmer und Arbeitsplatz angeführt.<sup>66</sup>

<sup>64</sup> Vgl. Grollmund/ Hannebicque 2010, 12.

<sup>65</sup> Vgl. Ebda., 13.

<sup>66</sup> Vgl. Ebda., 23.

## SCHLAFZIMMER

<i>Name der Pflanze</i>	<i>Ansprüche, Pluspunkte</i>	<i>Entgiftungskapazität</i>	<i>Eliminierte Giftstoffe</i>
Baumfreund (Philodendron)	mäßig hell bis hell (keine Südsonne) klettern und herabhängend	hoch	fast alle Schadstoffe
Blattfahne (Spathiphyllum)	braucht wenig Licht	hoch	alle Schadstoffe
Rufepalme (Rhapis excelsa)	mäßig hell, robust	hoch	zahlreiche Schadstoffe
Drachenbaum (Dracaena in Arten)	mäßig hell bis hell (keine Südsonne)	hoch	Benzol, Xylol, Formaldehyd
Kolbenfaden (Aglaonema)	schattig bis hell (wenig Sonne) pflegeleicht	mittel	Formaldehyd, Benzol
Fingeraralie (Schefflera)	hell bis halbschattig (wenig direkte Sonne)	mittel	Benzol, Xylol
Zimmertanne (Araucaria heterophylla)	halbschattig bis hell (keine Südsonne) pflegeleicht	gering	Formaldehyd

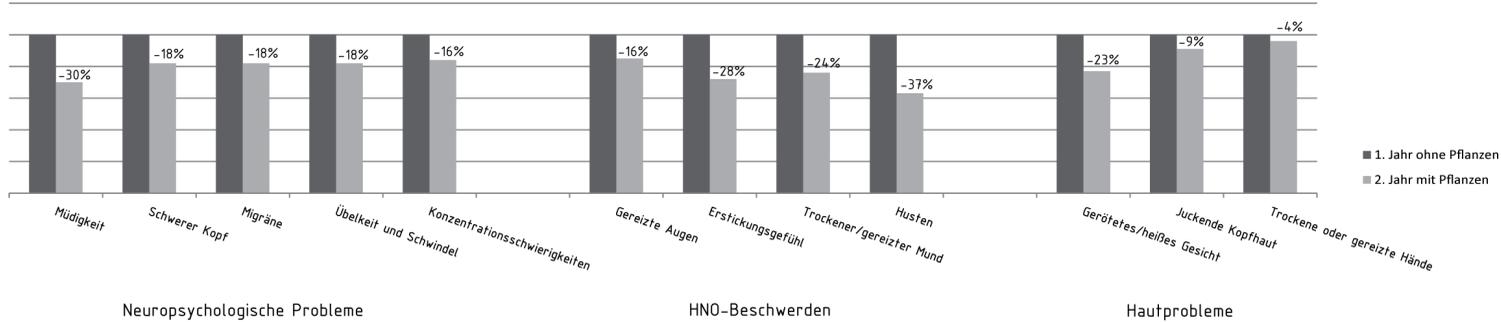
## KÜCHE

<i>Name der Pflanze</i>	<i>Ansprüche, Pluspunkte</i>	<i>Entgiftungskapazität</i>	<i>Eliminierte Giftstoffe</i>
Zwergpalme (Chamaerops humilis)	hell bis schattig	sehr hoch	Benzol, Xylol, Formaldehyd
Ficus (alle Arten)	hell bis sonnig (keine Südsonne)	sehr hoch	Xylol, Formaldehyd, Ammoniak, Toluol
Grünliele (Chlorophytum)	hell bis schattig	hoch	Kohlenmonoxid (CO), Toluol, Benzol, Formaldehyd
Drachenbaum (Dracaena in Arten)	mäßig hell bis hell (keine Südsonne)	hoch	Benzol, Xylol, Formaldehyd
Flamingoblume (Anthurium)	hell bis sonnig (keine Südsonne), schöne farbige Blüten	mittel	Ammoniak
Kakteen (Kandelaber, Cereus repandus u.a.)	sonnig, sparsam gießen, langlebig	mittel	stoppt elektromagnetische Wellen von Geräten und Öfen

## ARBEITSZIMMER

<i>Name der Pflanze</i>	<i>Ansprüche, Pluspunkte</i>	<i>Entgiftungskapazität</i>	<i>Eliminierte Giftstoffe</i>
Drachenbaum (Dracaena in Arten)	mäßig hell bis hell (keine Südsonne) dekorativ	hoch	fast alle Schadstoffe
Rotblättriger Philodendron, Baumfreund (Philodendron erubescens)	mäßig hell bis hell (keine Südsonne) gleichmäßig warm, schöne Farben	hoch	Formaldehyd, Trichloräthylen
Kletternder Baumfreund (Philodendron)	mäßig hell bis hell (keine Südsonne) klettern und herabhängend	hoch	fast alle Schadstoffe
Rufepalme (Rhapis excelsa)	halbschattig, elegant	hoch	Ammoniak, Xylol, Formaldehyd
Ficus	hell bis sonnig (keine Südsonne), lässt sich wie Baum abschneiden	hoch	Ammoniak, Xylol, Formaldehyd
Klumpstamm (Beaucarnea recurvata) oder Kakteen	sonnig, sehr robust, brauchen wenig Wasser	mittel	Formaldehyd, Schutz vor elektromagnetischen Wellen (Mikrowelle, Laptop, Rechner)

Abb.64 Pflanzen für Schlafzimmer, Küche, Arbeitszimmer



Neuropsychologische Probleme

HNO-Beschwerden

Hautprobleme

Abb.65 Studienergebnisse Fjeld T.

## Physische und psychische Auswirkungen

Nicht nur die Schadstofffilterung alleine wirkt sich positiv auf den Menschen und seine Umgebung aus. Die Luftfeuchte kann bei ausreichend Zimmerpflanzen zwischen 4 und 8% zunehmen, dadurch können Atembeschwerden, Asthma und Hautreizungen vermindert werden. Auch Mikroben und schädliche Keime werden gemindert, sogar schlechte Gerüche können vom Laub und den Wurzeln aufgenommen werden.

Die Pflanzen haben durch ihre grüne Farbe eine beruhigende Wirkung und an begrünten Arbeitsplätzen sinkt sogar die Müdigkeit, wie auch die Anzahl an Fehlzeiten im Büro. Es gibt einige Studien, die die positiven psychischen und physischen Auswirkungen der Pflanzen bestätigen.<sup>67</sup>

So ergab die Studie von Fjeld T. eine starke Reduktion von gesundheitlichen Beschwerden im Bereich der neurologischen Probleme, HNO-Beschwerden und Hautproblemen. In Abb. 65 sind die Veränderungen in diesen Bereichen angeführt. In dieser Untersuchung wurden in zwei Phasen Büroangestellte mittels Fragebogen befragt. Die erste Phase wurde in drei Frühlingsmonaten im Jahr 1995 durchgeführt und die zweite im darauf folgenden. In der ersten Phase waren die Räume ohne jegliche Pflanzen und in der zweiten Phase wurden zahlreiche Pflanzen positioniert. Der Vergleich der Jahre ging eindeutig zu Gunsten der Begrünung aus. Die auffälligsten Verbesserungen waren der 30%ige Rückgang von Müdigkeit und die 37%ige Reduktion von Husten. So lässt sich auch die Verminderung von Fehlstunden, die in anderen Studien festgestellt wurden, erklären, da im Allgemeinen eine wesentliche Besserung der Gesundheit gegeben ist.<sup>68</sup>

<sup>67</sup> Vgl. Grollimund/ Hannebicque 2010, 16.

<sup>68</sup> Vgl. Fjeld 2000, 47.



Abb.66 Bogenhanf



Abb.67 Efeutute



Abb.68 Goldfruchtpalme

Bereits durch eine kleine Auswahl an Pflanzensorten, die aufeinander abgestimmt sind, kann eine Verbesserung erreicht werden. Gerade in Bürobauten ist das ein Weg zur Vermeidung des Sick-Building-Syndroms. Dies ist ein kollektives Erkankungsphänomen, bei dem Faktoren, wie zunehmende Innenraumabdichtung, mangelnde Lüftung, Schadstoffe aus Baumaterialien und Möbeln mitspielen. Ein gutes Beispiel im größeren Maßstab, bei der die positiven Auswirkungen durch natürliche Filtersysteme dokumentiert sind, ist das Paharpur Business Centre in Neu Delhi. Gerade in einer indischen Großstadt wie Delhi ist die Luft stark verschmutzt und die Schadstoffe bilden eine starke Belastung für den Körper. So kam der Geschäftsführer vom *Paharpur Business Centre*, Kamal Meattle, bei Recherchen auf die NASA Clean Air Study. Diese wurde durchgeführt, um eine verbesserte Luft in den Raumstationen zu erreichen. Durch diese Studie und ihre positiven Ergebnisse inspiriert versuchte er eine pflanzliche Klima- und Luftreinigungsanlage im PBC-Gebäude umzusetzen. Zu dem installierten Gewächshaus am Dach kommen noch ca. 1500 Zimmerpflanzen in den Stockwerken dazu, die für die 300 Angestellten die Luft reinigen. Die Reinigung der Außenluft startet in einem Wassertank, der die groben Schmutzpartikel entfernt, danach wird diese durch ultraviolettes Licht bestrahlt, um den Großteil der Bakterien abzutöten. Als Nächstes gelangt die Luft in das Gewächshaus, in dem sie durch eine Kombination aus Goldfruchtpalme, Bogenhanf und Efeutute gesäubert wird. Dieses System kühlt bereits die Luft soweit ab, dass das Gebäude keine Klimaanlage benötigt. Es wurde eine Untersuchung von der indischen Regierung veranlasst, in der auch die positiven Auswirkungen der pflanzlich gereinigten Luft im PBC-Gebäude bestätigt wurden.<sup>69</sup>

---

69 Vgl. Aman 2009.

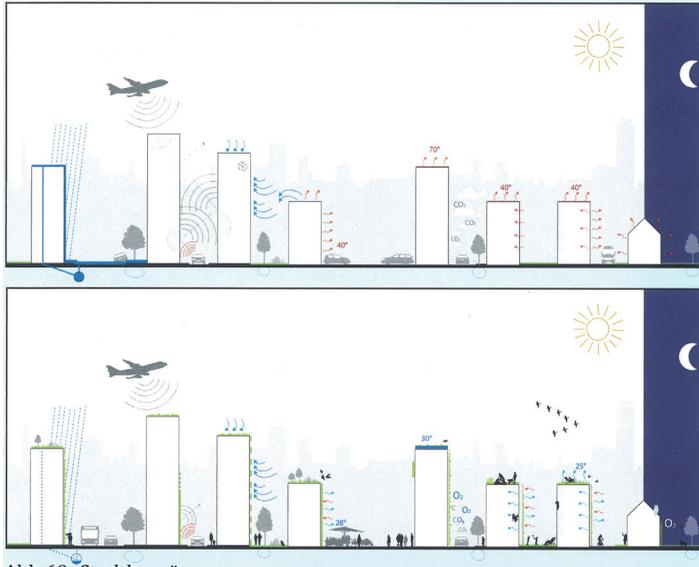


Abb.69 Stadtbegrünung

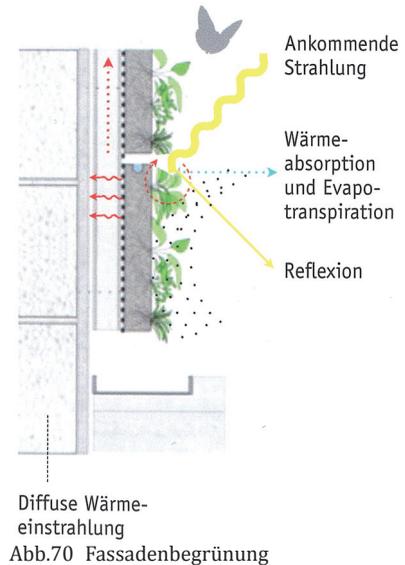


Abb.70 Fassadenbegrünung

## Stadtbegrünung

Auch im Außenraum ist eine verstärkte Begrünung ratsam, da vor allem in Städten die Schadstoffmengen und der Versiegelungsgrad sehr hoch sind. So kann nicht nur die Luftqualität verbessert, sondern auch das Aufheizen des städtischen Raums vermindert werden. Begrünte Flächen mit Bäumen können auch als Schattenspendler im Sommer dienen und lassen in den Wintermonaten, nachdem sie ihre Blätter verloren haben, das Licht wieder durch.

Begrünung bildet einen guten Schutz vor vielen äußeren Einflüssen, wie auch in Abb. 69 ersichtlich ist. So kann die Lärmbelastung in einer Stadt reduziert werden. Architektin Nicole Pfoser hat die Auswirkungen an der bepflanzten Wand von Patrick Blanc in Paris nachgewiesen, hier erfolgte durch die Begrünung eine Senkung des Straßenlärms um 5 Dezibel. Es gibt noch weitere Vorteile, wie Abb. 70 zeigt. Eine Fassade mit Pflanzen wirkt sich auch auf die ankommende Strahlung und die Erwärmung der Umgebung aus. Pfoser weist auch auf den Einfluss hin, den beispielsweise eine Efeubepflanzung auf die Luft haben kann. Eine 20 Zentimeter Bepflanzung mit Efeu kann 2,3 Kilogramm  $\text{CO}_2$  pro Quadratmeter und Jahr aufnehmen und erzeugt dabei noch 1,7 Kilogramm Sauerstoff.<sup>70</sup>

<sup>70</sup> Vgl. Saul 2014, 130.

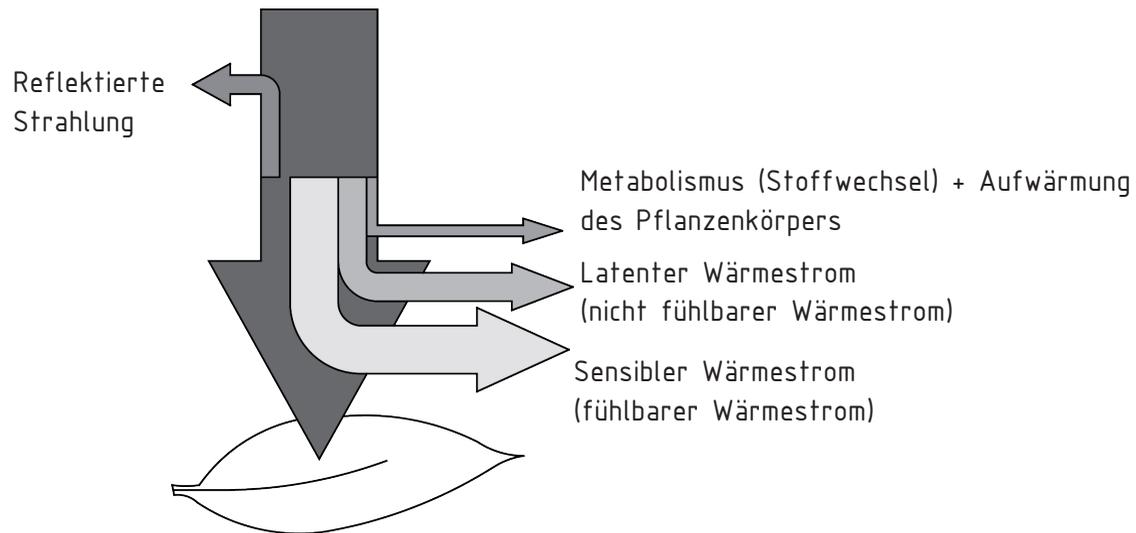


Abb.71 Blattsystem

## Kühlung durch Pflanzen

Pflanzen können durch ihre Poren ihre Blattoberflächentemperatur beeinflussen und somit auch die Kühlung ihrer Umgebung. Durch die Fähigkeit, intern ihre Oberfläche zu vergrößern, ist es den Pflanzen möglich, mit nur einem Prozent Porenfläche die gleiche Menge an Wasser zu verdunsten wie eine Wasseroberfläche mit derselben Größe. Bei Wassermangel sind sie im Stande, ihre Poren zu schließen und die Transpirationskühlung zu verringern. Das Blattsystem kann die Strahlungsenergie, die auf sie trifft, durch verschiedene Arten abführen. Abb. 71 Hierbei kommt es natürlich immer auf die Art des Blattes und seine Oberfläche an. Die einwirkende Sonneneinstrahlung kann als Wärme, durch Konvektion an die Umgebungsluft abgegeben werden. Weiters kann dies durch Transpirationskühlung oder die Weitergabe der Wärme an die Pflanze erfolgen. Die Umwandlung der Energie bei der Photosynthese ist ebenfalls ein wichtiger Aspekt. So wird zum Beispiel bei der Transpirationskühlung sehr viel Energie aus der Umgebung abgeführt und zur Umwandlung von Wasser zu Wasserdampf verwendet. Durch den Entzug dieser Energie wird die Umgebung gekühlt. Da in der Stadt diese Kühlwirkung erheblich vermindert ist, erhöht sich die Temperatur rapide, dies wird durch die reflektierenden Oberflächen auch noch verstärkt.<sup>71</sup>

<sup>71</sup> Vgl. Leuzinger 2011, 7.

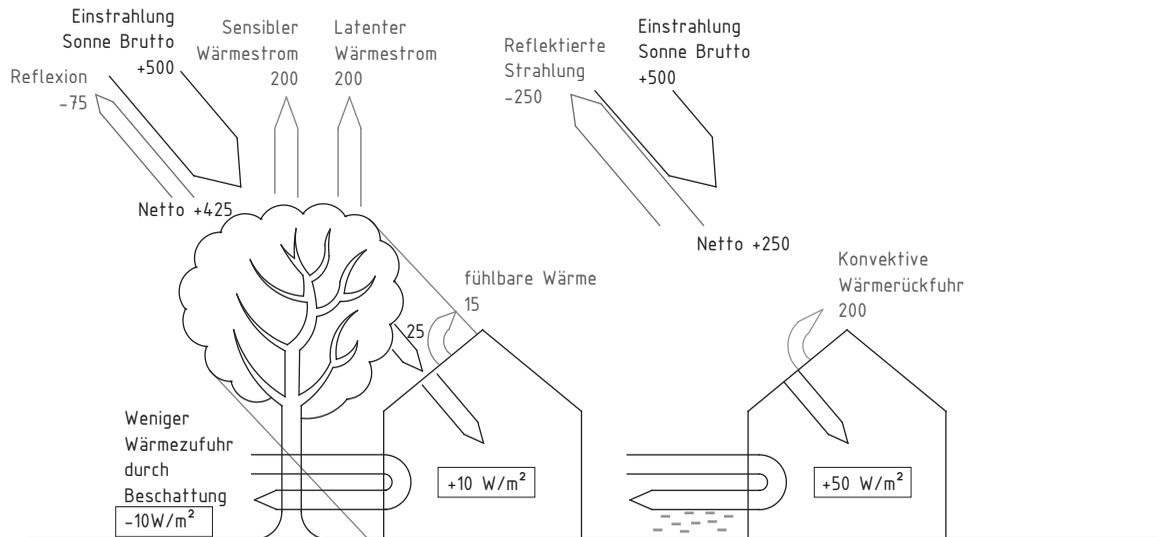


Abb.72 Temperaturunterschiede mit und ohne Begrünung

Welchen Unterschied die Begrünung bezüglich der Umgebungstemperatur bewirken kann, wird in der Grafik Abb. 72 ersichtlich. Wenn man von einer brutto Einstrahlung von  $500 \text{ W/m}^2$  ausgeht, werden ca.  $75 \text{ W/m}^2$  durch die wenig reflektierende Baumoberfläche reflektiert. Die restlichen  $425 \text{ W/m}^2$  gliedern sich in zweimal  $200 \text{ W/m}^2$  sensible und latente Wärme und so erreichen lediglich  $25 \text{ W/m}^2$  das Dach des Hauses. Dabei werden  $15 \text{ W/m}^2$  in fühlbare Wärme umgewandelt und  $10 \text{ W/m}^2$  erhitzen das Gebäude. Hingegen werden bei der Variante ohne Pflanzen im besten Fall (je nach Dachart)  $250 \text{ W/m}^2$  direkt reflektiert. Ca.  $200 \text{ W/m}^2$  werden in fühlbare Wärme umgewandelt und ungefähr  $50 \text{ W/m}^2$  erhitzen das Haus. Dies ist allerdings auch eine Kostenfrage, da bei einem Baum mit ca.  $100 \text{ m}^2$  beschatteter Fläche eine Kühlenergieersparnis von ca.  $10 \text{ €/Tag}$  (Strompreis von  $20 \text{ Cent/kWh}$ ) gegeben ist. Betrachtet man dies in einem größeren Maßstab, beispielsweise mit dem Kühlbedarf einer Großstadt wie Los Angeles, die geschätzte  $100 \text{ Mio. Dollar}$  pro Jahr für technische Kühlung ausgibt, werden die pflanzlichen Alternativen auch zum Kostensenker.<sup>72</sup>

<sup>72</sup> Vgl. Leuzinger 2011, 8-9.

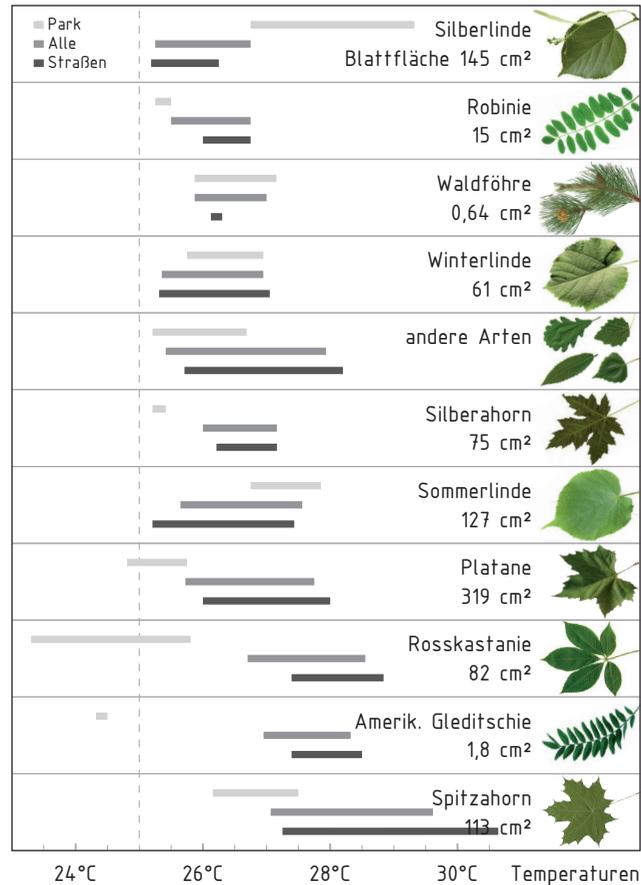


Abb.73 Baumarten mit Blattoberflächen

Bei der Auswahl von Bäumen und anderen Pflanzen ist generell darauf zu achten, welche Sorte für welchen Standort am geeignetsten ist.

In Abb. 73 sind einige Baumarten angeführt und die Blattoberflächen, die sie an unterschiedlichen Positionierungen entwickeln können. Dadurch kann man gut einkalkulieren, welche Gattung für welchen Standort am besten geeignet ist. Die Roskastanie bleibt im Vergleich zu den anderen Bäumen in Parks am kühlest. Für die Bepflanzung an Straßen eignet sich allerdings die Silberlinde besser.<sup>73</sup>

73 Vgl. Leuzinger 2011, 10.



STAND

ORTAN

ALYSE

So wie der Baum und der Ort aufeinander abgestimmt sein müssen, muss auch das Gebäude und der Ort abgestimmt sein. Um dies zu gewährleisten ist eine Standort- und Gebietsanalyse notwendig. Einflussfaktoren wie die Infrastruktur, sind dabei genauso wichtig, wie die Berücksichtigung der standortspezifischen Einflüsse. Gerade bei einem Bestandsgebäude ist die Analyse des Bauwerks selbst und wenn möglich auch eine Mitbeziehung der bisherigen Nutzer von großer Bedeutung.

### Standortbestimmung

Conrad-von-Hötzendorf-Straße 84, 8010 Graz, Austria



Abb.74 Standort

## Analyse Infrastruktur

Um die Vorteile und Defizite bezüglich der Lage des Projektes herauszufinden, wird eine Analyse der Umgebung über die Faktoren Verkehr, Nahversorger, Gesundheitseinrichtungen, Kinderbetreuung und Bildungseinrichtungen, Grünanlagen, Verwaltung und öffentliche Sicherheit durchgeführt.

### SUPERMÄRKTE

S ..... Supermarkt



Abb.75 Supermärkte

## VERKEHR

- 4 ..... Straßenbahn Linie 4  
 5 ..... Straßenbahn Linie 5  
 6 ..... Straßenbahn Linie 6  
 B ..... Buslinien  
 Parken ..... Parkgaragen etc.  
 Bus Parken ..... Busparkplatz

A2 Süd-Autobahn ca. 4 Minuten mit dem Auto  
 Innenstadt 6 Minuten mit Straßenbahn,  
 15 Minuten zu Fuß

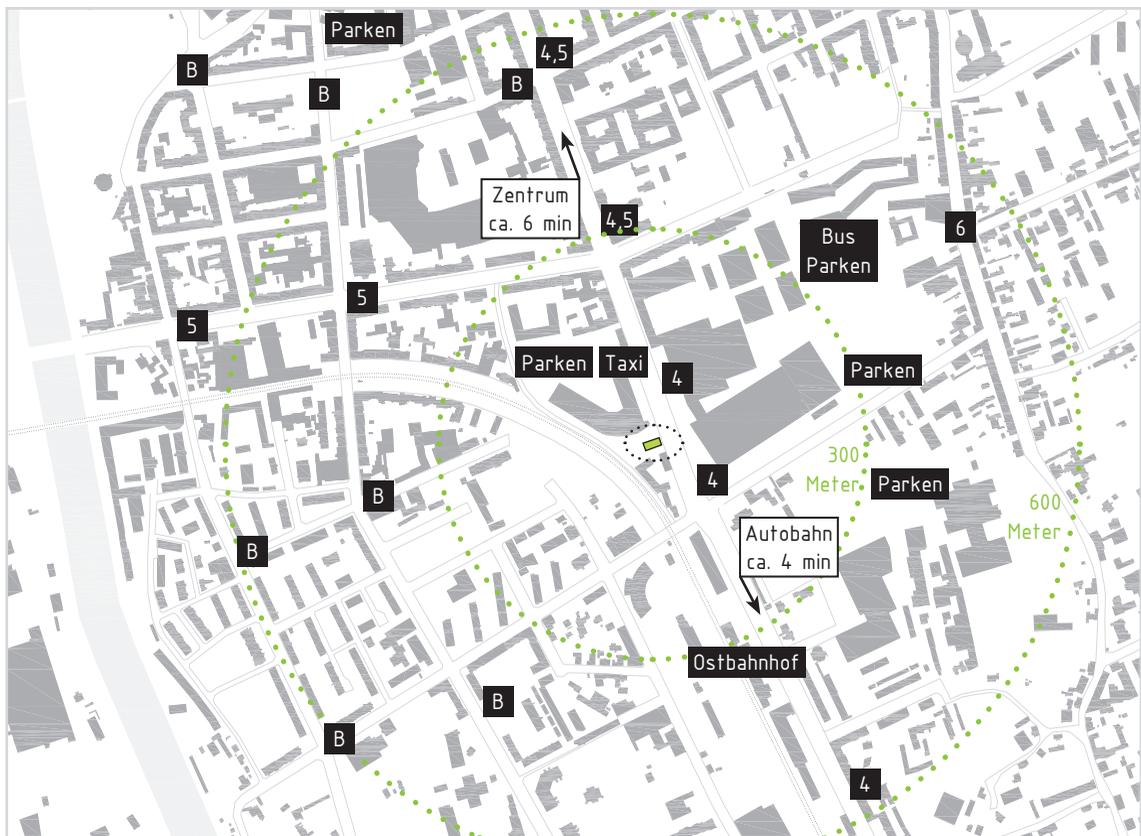


Abb.76 Verkehr

GESUNDHEITSEINRICHTUNGEN

A ..... Apotheke



Abb.77 Gesundheitseinrichtungen

## KINDERBETREUUNG UND BILDUNGSEINRICHTUNGEN

EB .....	Erwachsenenbildung	TU .....	Technische Universität
N .....	Nachhilfe		2 Minuten mit dem Auto
H .....	Hort		12 Minuten zu Fuß
VS .....	Volksschule		
KG .....	Kindergarten		
KK .....	Kinderkrippe		
KS .....	Kaufmännische Schule		

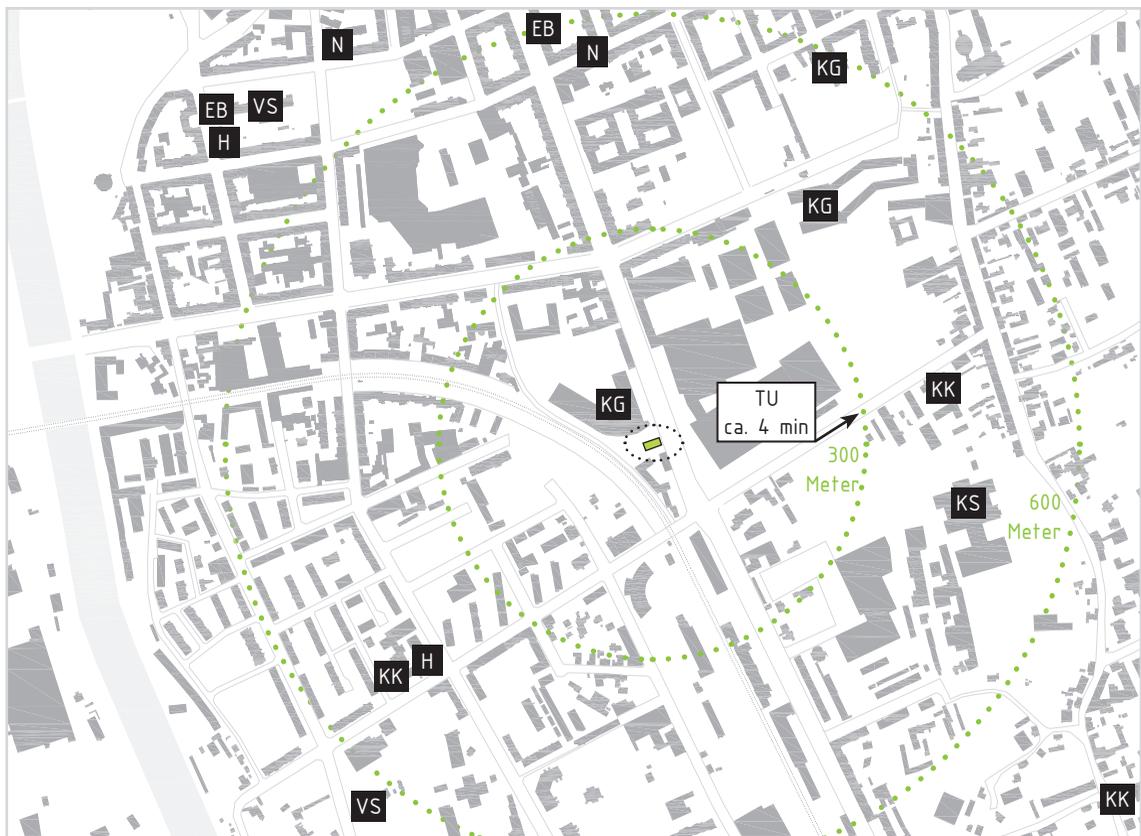


Abb.78 Kinderbetreuung und Bildungseinrichtungen

## VERWALTUNG UND ÖFFENTLICHE SICHERHEIT

BU ..... Bund  
L ..... Landesgericht  
P ..... Polizei



Abb.79 Verwaltung und öffentliche Sicherheit

## GRÜNLANDEN

G ..... Grünanlagen



Abb.80 Grünanlagen

## Standortspezifische Einflussfaktoren

In der Klimatopkarte wird sichtbar, dass das Grundstück in einem Gebiet mit einem hohen Versiegelungsgrad liegt (Fläche 26). Durch die vielen Parkplätze und Straßen, die eine große asphaltierte Fläche ergeben, erhitzt sich das Areal tagsüber schneller. So entsteht eine unangenehme Erwärmung des Gebiets, die auch abends und nachts spürbar ist. Der Asphalt nimmt tagsüber die Wärme auf und speichert die Hitze, bis er sie nachts an die kühlere Umgebung abgibt und das Gebiet so auch in der Nacht stärker erwärmt.

Um das Klima in diesem Gebiet zu verbessern, wäre deshalb eine Verringerung der versiegelten Oberflächen notwendig. Eine Auflockerung des Bauplatzes, wie auch des umliegenden Areals durch Grünflächen, würde sowohl die Reduktion des Versiegelungsgrades, als auch eine zusätzliche Abkühlung der Umgebungstemperatur durch die Vegetation mit sich bringen.



Abb.81 Klimatopkarte Stadtportal

- 26: Industrie- und Gewerbeflächen mit starker Aufheizung tagsüber; hoher Versiegelungsgrad
- 3a: Gründerzeitgürtel mit noch starker Überwärmung (Nord)
- 5b: Blockbebauungszonen mit mäßiger Überwärmung (Süd)



Abb.82

Eine verstärkte Begrünung wäre hier sowohl gegen die Überhitzung eine gute Maßnahme, als auch vorteilhaft gegen die starke Schadstoffkonzentration in der Luft. Die Stadt Graz befindet sich in einer Beckenlage und hat oftmals einen schlechten Abtransport der schadstoffhaltigen Luft.

Trotz des allgemeinen Rückgangs der Feinstaubbelastung in Österreich im Jahr 2014, wurden die Grenzwerte einige Male überschritten. Graz kam dabei sogar auf den höchsten Feinstaubbelastungswert in ganz Österreich.<sup>74</sup>

Daher wäre es gerade hier von Vorteil, durch eine Vergrößerung der Grünraumflächen eine verbesserte Filterung der Luft zu erreichen und die Sauerstoffproduktion zu unterstützen.

---

<sup>74</sup> Vgl. VCÖ 2015.



Abb.83

## Gebäudeanalyse

Das Bürogebäude aus den 1970er-Jahren ist ein Stahlbetonskelettbau, der 7 oberirdische Geschosse und ein Kellergeschoss aufweist. Das Gebäude hat eine Höhe von 24m und eine Fassade aus Sichtbetonplatten.

Daten Stadtarchivunterlagen:

Bebaute Fläche:	230m <sup>2</sup>
Höhe Bauwerk:	24m
Oberirdische Geschosse:	7
Kellergeschoss:	1
Raumhöhen:	3,00/ 2,80m
Geschosshöhen:	3,40/ 3,20m
Gangbreiten:	1,40m
Fundament:	Streifen- und Einzelfundamente
Kellermauerwerk:	Stampfbeton mit Ziegelverblendung
Wärme- und Schallschutz:	Heraklith und Schaumstoffplatten
Dach:	Flachdach, Warmdach mit begehbare Terrasse
Außen:	Sichtbeton mit Heraklitheinklebung
Innen:	Gipsdielenwände
Aufzug:	6 Personen
Schutzraum:	50 Personen

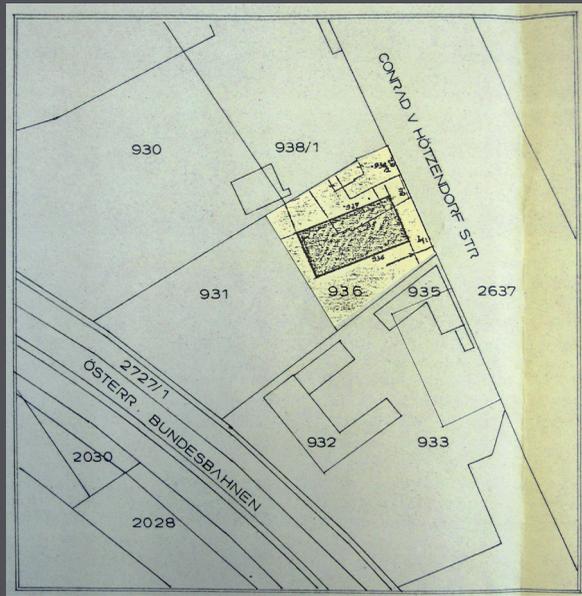
Das Grundstück beträgt 1650m<sup>2</sup>, davon nimmt das Gebäude 230m<sup>2</sup> ein, die restliche Grundstücksfläche ist mittels Asphalt versiegelt. Diese Fläche ist mit Parkplätzen gefüllt.

Derzeit werden von den 7 Stockwerken nur 4 genutzt.  
EG: MLS, 1.OG: Comdat, 5.OG: Analytika, 6.OG: Analytika

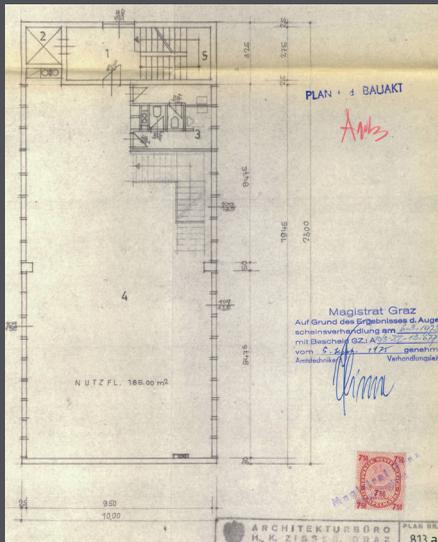


Abb.84

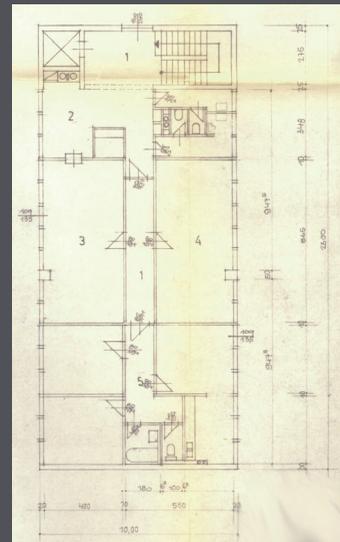
Stadtarchiv Bestandspläne 1975



Lage



1-2.OG



3.OG



## Fotos Bestandsgebäude



Abb.86

Abb.87



Abb.88

Abb.90

Abb.92

Abb.89

Abb.91

## Erläuterung der Nutzerbefragung

Um vorhandene Defizite und bereits bestehende Vorzüge des Bestandes herauszufinden, wurde eine Befragung mit den derzeitigen Nutzern durchgeführt. Die Teilnehmer bestanden aus sechs Büroangestellten, drei im Erdgeschoss und drei im fünften Obergeschoss. Sie gliederten sich in vier Frauen und zwei Männern deren Alter zwischen 22 und 54 Jahren lag, dabei ergab sich ein Durchschnittsalter von 40 Jahren. Die Datenerhebung erfolgte mittels eines anonymisierten Fragebogens.

Die Nutzer wurden bezüglich ihres Empfindens von Tageslicht, Lärmbelastung, Belüftung, Raumklima, Temperatur im Sommer, wie im Winter, Lage und Erschließung des Gebäudes befragt. Hier ist als Zusatzinformation zu berücksichtigen, dass die Personen im 5.OG eine Klimaanlage zur Kühlung besitzen und jene im Erdgeschoss nicht. Die Ergebnisse spiegeln die subjektiven Wahrnehmungen und Empfindungen der Nutzer wider, welche Rückschlüsse auf den Zustand des Bestandsgebäudes ermöglichen und somit auch jene Punkte mit Verbesserungsbedarf aufzeigen.

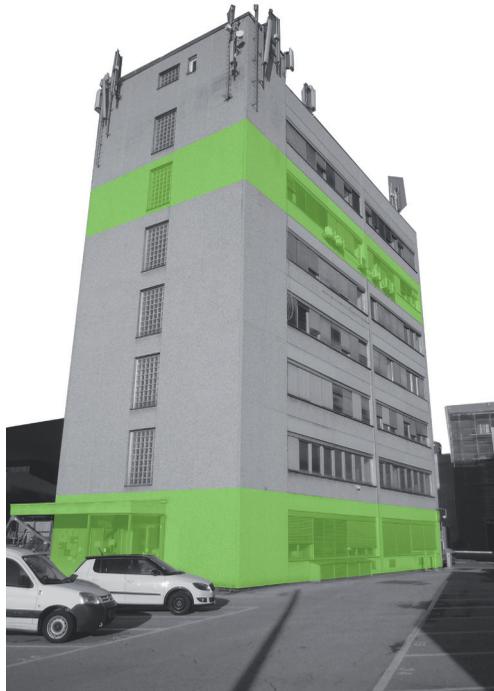


Abb.93 Befragtenverteilung

## Befragungsergebnisse

Stockwerk	EG	EG	EG 5.OG	5.OG	5.OG	
<b>Befragter:</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Alter:</b>	50	22	37	38	40	54
<b>Geschlecht:</b>	w	w	w	m	w	m

**Summe:**

### 1. Beurteilung der Tageslichtmenge:

angenehm	1	1	1	1	1	1	6	100 %
unangenehm	0	0	0	0	0	0	0	0 %
zu hell	0	0	0	0	0	0	0	0 %
zu dunkel	0	0	0	0	0	0	0	0 %

### 2. Beurteilung der Lärmbelastung:

keine vorhanden	0	0	0	1	0	0	1	17 %
vorhanden aber nicht störend	1	1	1	0	0	1	4	67 %
störend	0	0	0	0	1	0	1	17 %
gesundheitsschädlich	0	0	0	0	0	0	0	0 %

### Hauptbelastungszeit:

Vormittag	0	1	0	0	1	1	3	50 %
Mittag	0	0	0	0	1	1	2	33 %
Abend	0	1	0	0	0	0	1	17 %
Nacht	0	0	0	0	0	0	0	0 %

### Belastungsgrund:

Autos	1	1	1	0	0	1	4	67 %
Straßenbahn	0	0	0	0	0	0	0	0 %
Zug	0	0	0	0	0	0	0	0 %
Passanten	0	0	0	0	0	0	0	0 %
Nachbarschaft (Messe)	0	0	0	0	0	0	0	0 %
Sonstiges: Baustelle	0	1	1	0	1	1	4	67 %

### 3. Beurteilung von Raumklima/-atmosphäre:

angenehm	1	1	1	1	1	1	6	100 %
unangenehm	0	0	0	0	0	0	0	0 %
zu wenig begrünt	0	0	0	0	0	0	0	0 %
zu viel begrünt	0	0	0	0	0	0	0	0 %

### 4. Empfinden der Temperatur im Sommer:

angenehm	0	1	1	0	0	1	3	50 %
zu kalt	0	0	0	0	0	0	0	0 %
zu warm	1	0	0	1	0	0	2	33 %

Klimaanlage

### 5. Empfinden der Temperatur im Winter:

angenehm	0	1	1	1	0	1	4	67 %
zu kalt	1	0	0	0	1	0	2	33 %
zu warm	0	0	0	0	0	0	0	0 %

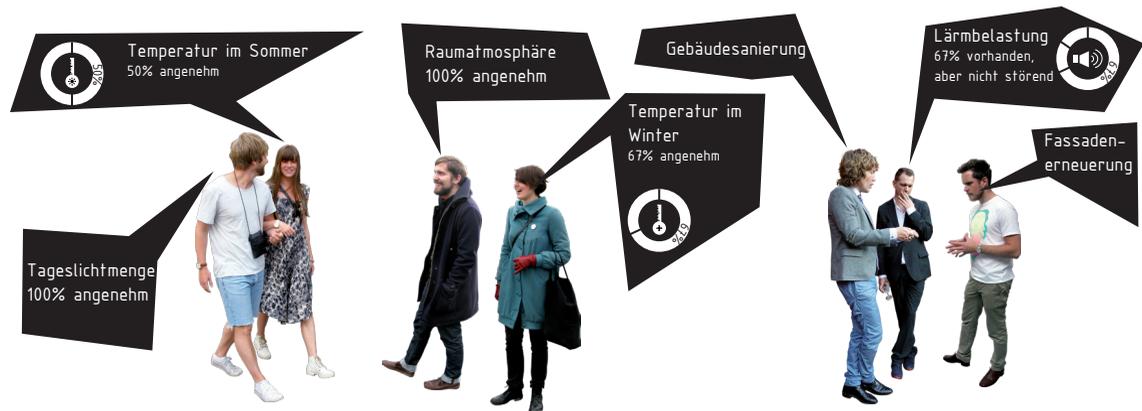
Befragungsergebnisse

Stockwerk	EG	EG	EG	5.OG	5.OG	5.OG		
Befragter:	1	2	3	4	5	6		
Alter:	50	22	37	38	40	54		
Geschlecht:	w	w	w	m	w	m		
							Summe:	
<b>6. <u>Beurteilung der Belüftung:</u></b>								
passend	0	0	0	0	0	1	1	17 %
zugig	0	0	0	0	0	0	0	0 %
zu schwach	1	1	1	1	1	0	5	83 %
zu stark	0	0	0	0	0	0	0	0 %
 <b><u>Belüftung erfolgt durch:</u></b>								
weiß nicht	0	0	0	1	1	0	2	33 %
natürliche Belüftung	1	1	1	0	0	1	4	67 %
Belüftungssystem	0	0	0	0	0	0	0	0 %
Belüftungssystem und natürliche Belüftung	0	0	0	0	0	0	0	0 %
 <b>7. <u>Beurteilung der Lage und Zugänglichkeit des Gebäudes im städtischen Raum:</u></b>								
gute Zufahrt	1	1	0	1	1	1	5	83 %
schlechte Zufahrt	0	0	1	0	0	0	1	17 %
gute Lage	0	1	0	0	1	0	2	33 %
schlechte Lage	0	0	0	0	0	0	0	0 %
 <b>8. <u>Beurteilung der Wegeführung im Gebäude:</u></b>								
passende Wegeführung	1	1	1	1	1	1	6	100 %
umständliche Wegeführung	0	0	0	0	0	0	0	0 %
zu lange Wegeführung	0	0	0	0	0	0	0	0 %

Zusätzliche Bemerkungen der Befragten:

Eine Erneuerung der Außenfassade wäre wünschenswert.  
 Eine Sanierung des gesamten Gebäudes sollte durchgeführt werden.  
 Eine bessere Belüftung des Stiegenhauses sollte ermöglicht werden.

Durchführungsdatum der Befragung: 01.07.2014



### Nutzerbefragung Zusammenfassung

<u>Beurteilung der Tageslichtmenge:</u>	angenehm	100 %
<u>Beurteilung der Lärmbelastung:</u>	vorhanden, aber nicht störend	67 %
	Belastung durch Autos	67 %
	hauptsächlich Vormittags und Mittags	
<u>Beurteilung von Raumklima/-atmosphäre:</u>	angenehm	100 %
<u>Empfinden der Temperatur im Sommer:</u>	angenehm	50 %
	zu warm	33 %
<u>Empfinden der Temperatur im Winter:</u>	angenehm	67 %
	zu kalt	33 %
<u>Beurteilung der Belüftung:</u>	zu schwach	83 %

Sowohl die Tageslichtmenge, als auch die Raumatmosphäre werden von allen Befragten als angenehm empfunden. Trotz der Nähe zur Hauptstraße und zur Zugstrecke ist eine Lärmbelastung zwar wahrnehmbar, aber nicht störend. Die als unangenehm empfundenen Geräusche sind temporär von der Nachbarbaustelle ausgehend. Dennoch wären hier Maßnahmen zur Reduktion des Schalls aus der Richtung der Conrad-von-Hötzendorf-Straße durch den Verkehr von Vorteil. Insbesondere wenn in dem Gebäude Wohneinheiten entstehen sollen.

Bezüglich der Temperaturen im Sommer und im Winter empfindet die Hälfte diese als angenehm, 33% als zu warm im Sommer und 33% zu kalt im Winter.

Die Belüftung im Gebäude wird als unzureichend wahrgenommen. Dies betrifft sowohl die Büroräume, als auch das Stiegenhaus. In Letzterem ist derzeit durch eine Fixverglasung der Fensterflächen auch keine Lüftung über diesen Bereich möglich.

## Zusammenfassung der Standort- und Gebäudeanalyse

Die Lage des Gebäudes weist eine ideale Anbindung an die öffentlichen Verkehrsmittel auf, auch als Fußgänger ist der Stadtkern schnell und leicht erreichbar. In der Umgebung des Bauwerks befinden sich mehrere Kinderbetreuungseinrichtungen und Schulen, was für jene Nutzer mit Kindern einen besonderen Vorteil darstellt. Für die Nutzung durch Studenten ist die Nähe zum Stadtzentrum und den Nahversorgern, sowie die kurze Strecke zur Technischen Universität vorteilhaft. Weitere positive Aspekte sind der nahe gelegene Augarten und die neu angelegte Grünfläche vom Nachbargrundstück beim Mediacenter, die als Erholungsgebiete dienen können. Die Nähe zur Polizeistation kann als positiver Einflussfaktor in Punkto Sicherheit gesehen werden. Elemente, die bei der Standortanalyse negativ auffallen, sind der erhöhte Versiegelungsgrad des Grundstücks mit Umgebung und dem damit verbundenen reduzierten Grünraumanteil, so wie das Lärmvorkommen. Hauptsächlich aus der Richtung der Conrad-von-Hötzendorf-Straße und temporär auch von der Zugverbindung im Westen. Dies wird bereits jetzt schon durch die Positionierung und die Aussparung von Fensterelementen zur Straße hin positiv beeinflusst, kann aber durch weitere Elemente und die Erneuerung der veralteten Fenster nochmals verbessert werden. Die Ausrichtung des Bauwerks ist sowohl bezüglich der Lärmbelastung, als auch bezogen auf die Südorientierung bereits vorteilhaft gewählt. Dies wird auch durch die Nutzerbefragung unterstützt. Wie in Kapitel 04 unter Energieeinsparung durch Planung und Bauphysik ersichtlich ist, weist das Gebäude bereits eine günstige Positionierung hinsichtlich der Kühllast auf. Eine planerische Anpassung ist allerdings im Bereich der Fassade und der äußeren Optik notwendig. Das momentane Erscheinungsbild ist technisch und gestalterisch veraltet, dies vermittelt einen negativen Eindruck und ist mit dem Imagewunsch vieler Firmen nicht vereinbar. Das wirkt sich auch auf den anhaltenden Leerstand im Gebäude aus. Leerstehende Geschosse werden daher nur mehr schwer vermietet, was zur Folge haben kann, dass weitere Firmen aus dem Bauwerk ausziehen, bis es völlig ungenutzt ist und der Abriss droht. Die Aussage von H. Hertzberger aus Kapitel 03 unterstützt die Annahme, dass die positive Identität eines Gebäudes einen Abriss verhindern kann. (siehe S.42) Die Schaffung dieser Identität ist durch die architektonisch dominanten Nachbarbauten umso wichtiger, da es sich neben Mediacenter und Stadthalle behaupten muss.

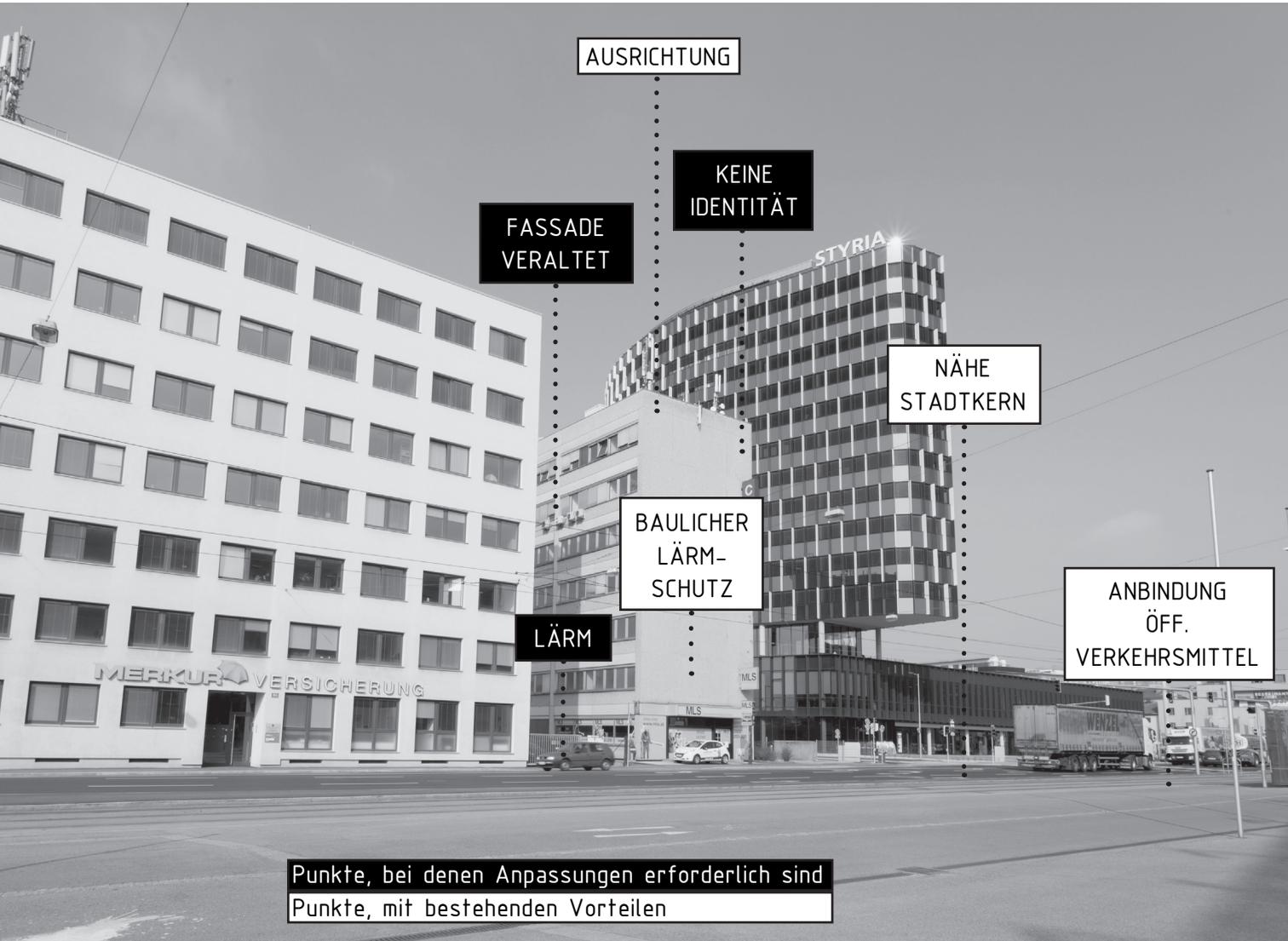


Abb.94 Analyse



PRO

JEKT

FLEX

## FLexible EXistence

**flexible** ..... biegsam, elastisch, anpassungsfähig, flexibel<sup>75</sup>

**existence** ..... bestehen, Dasein, Existenz, Lebensweise, Vorhandensein<sup>76</sup>

### Flexible

steht für den anpassungsfähigen und flexiblen Teil des Projektes. Dies bezieht sich sowohl auf den Alltag, als auch auf längere Zeiträume.

### Existence

steht für den Teil des Projektes, der das Bestehende und Existierende darstellt, das Bestandsgebäude und seine Umgebung. Aber auch für die Lebensweise und das Dasein, welche sich auf den Menschen beziehen.

### FLexible EXistence

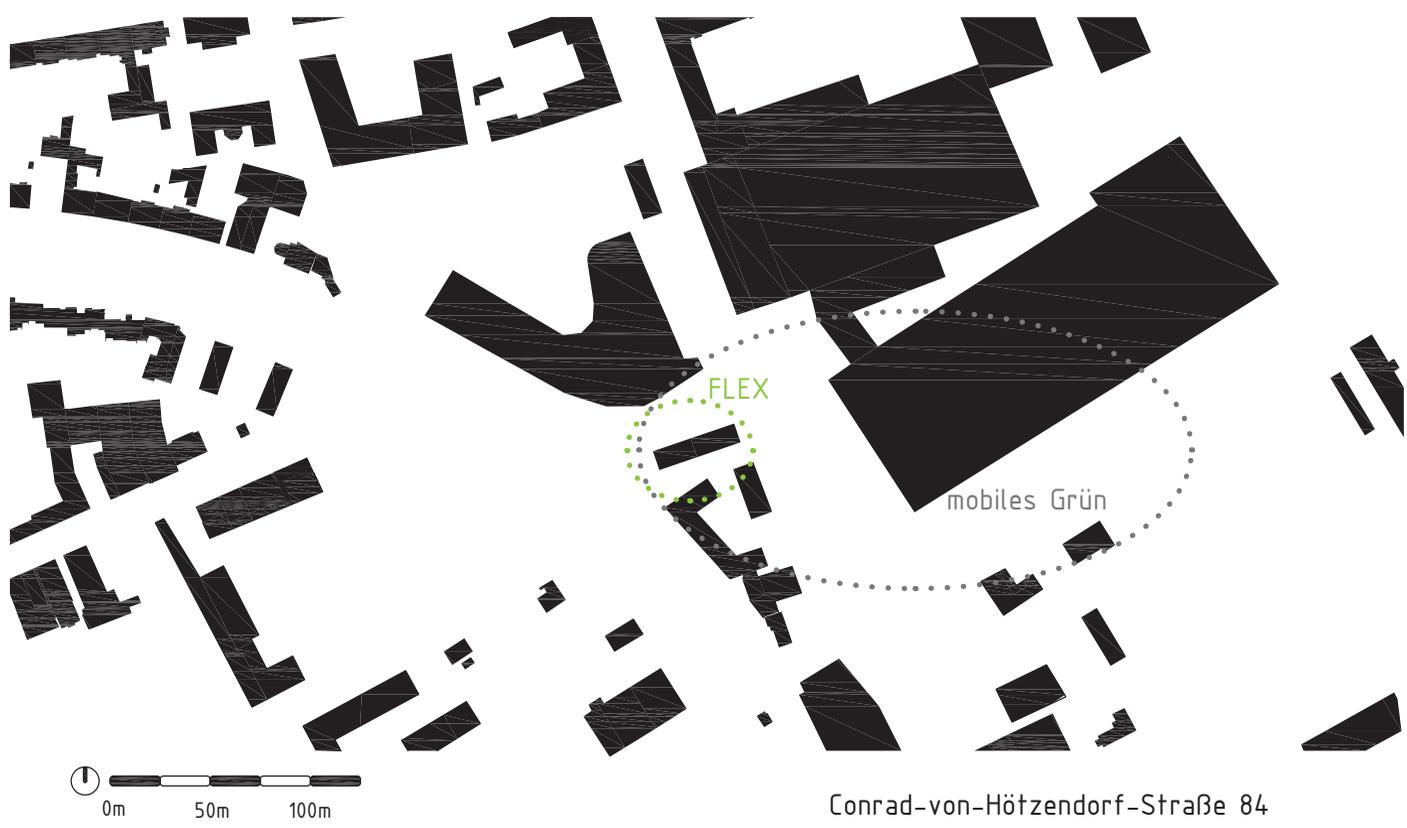
So soll das Projekt vermitteln, wie beides in einem Gebäude vereint sich den Nutzern flexibel angleicht und ihnen Raum für Veränderung bietet.

---

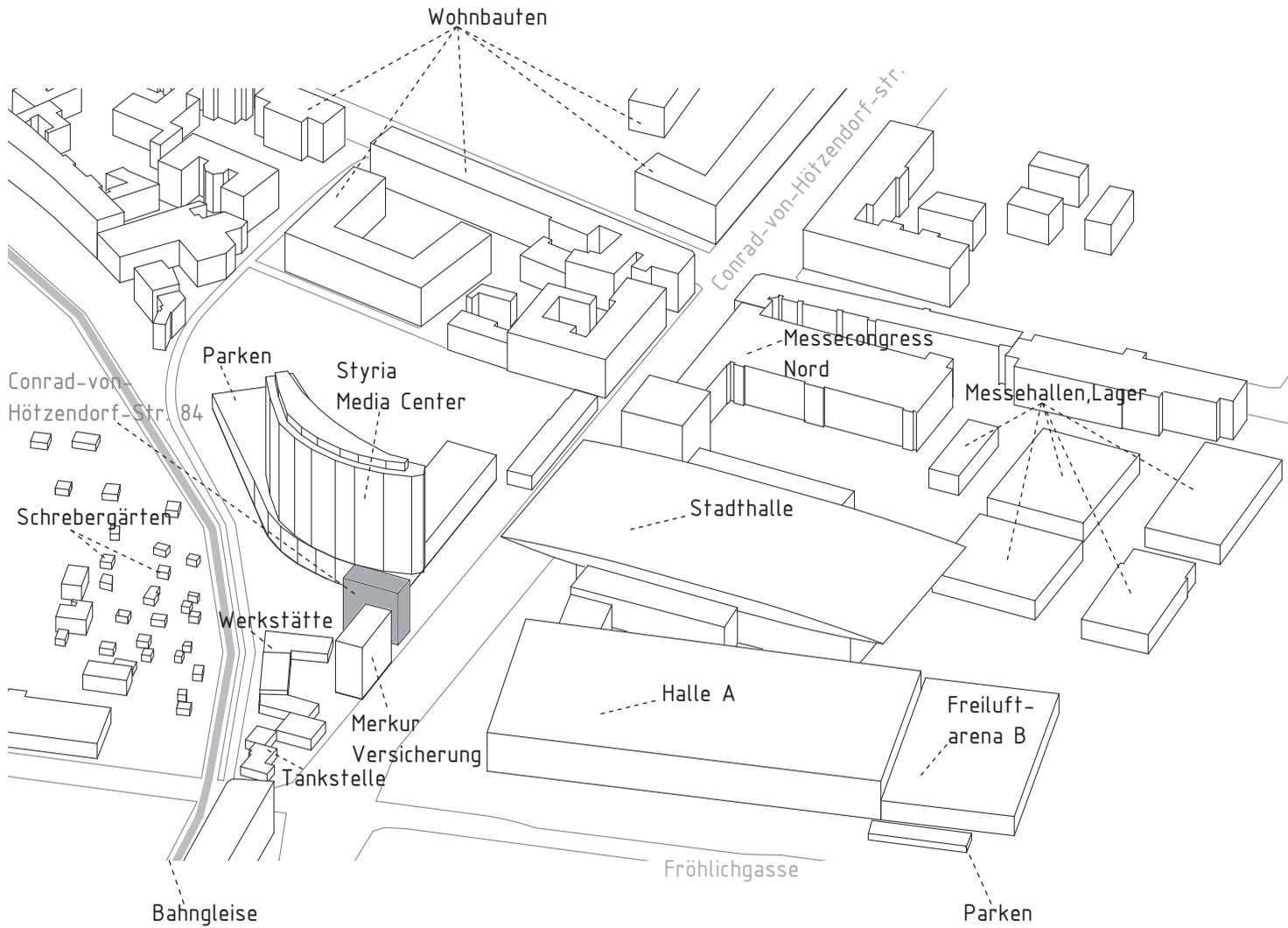
<sup>75</sup> Vgl. Weis 2003, 202.

<sup>76</sup> Vgl. Weis 2003, 184.

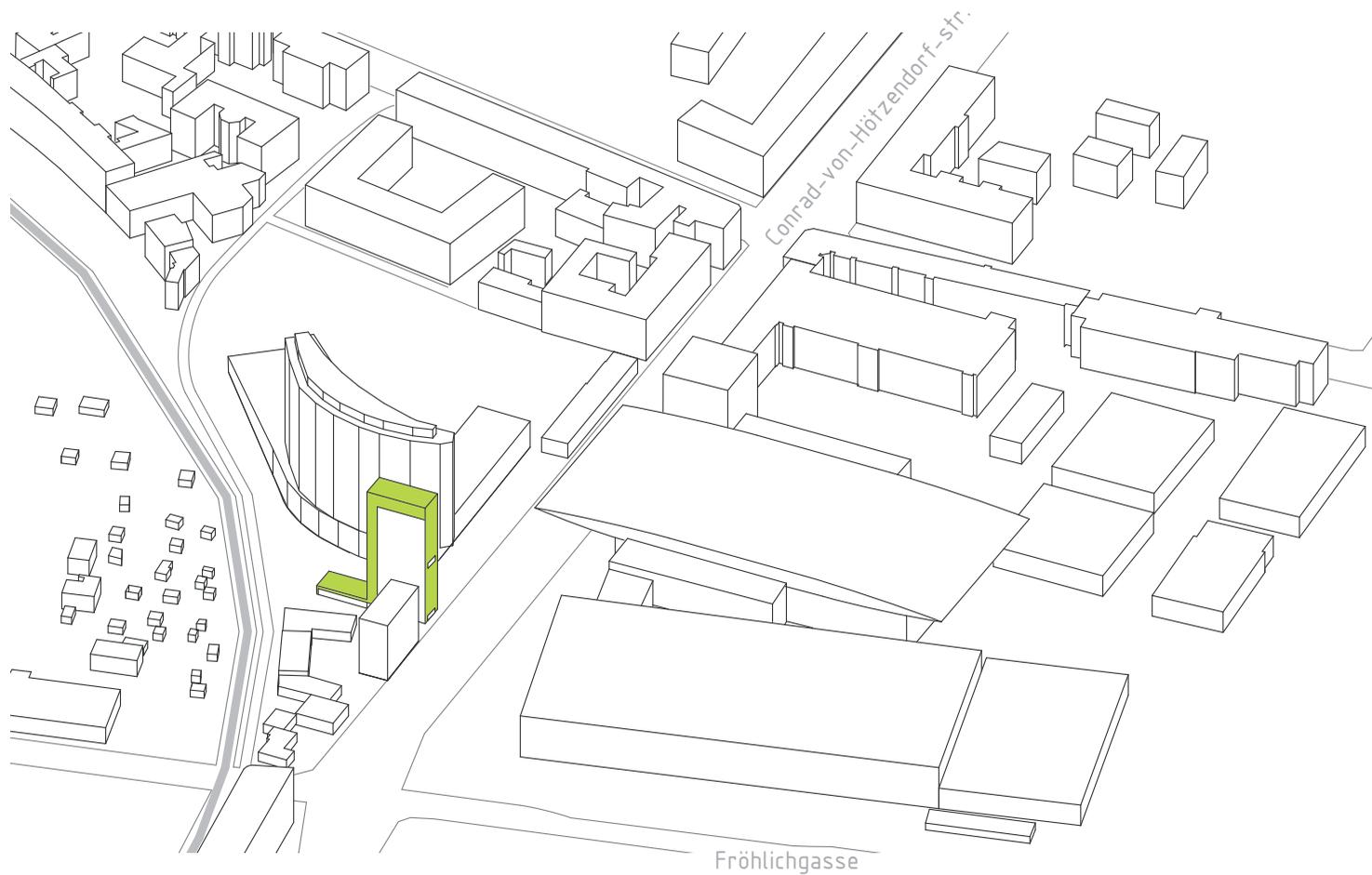
Lage



## Bestand



## Entwurf Flex



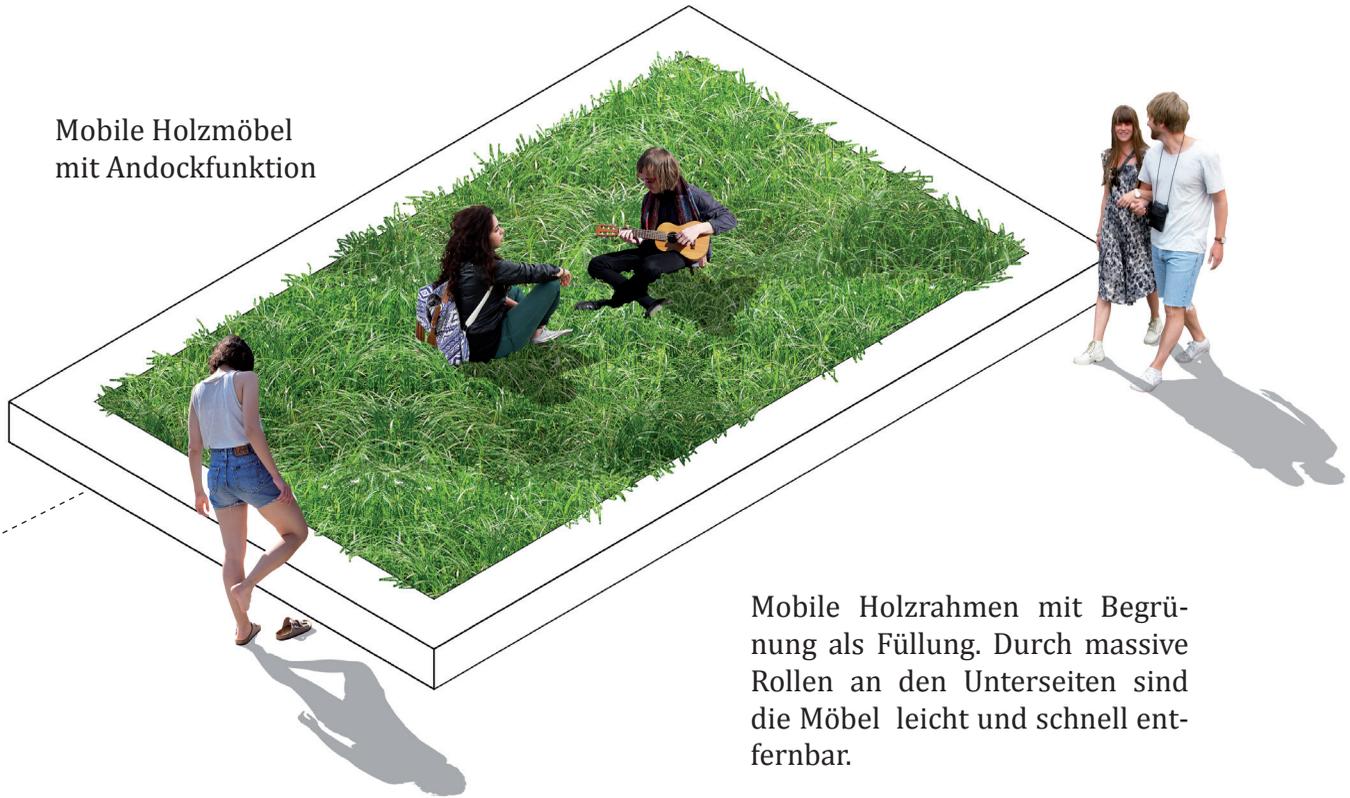
Das Projekt wird von drei sehr dominanten Bauten umringt. Das Styria Media Center im Norden und östlich die Stadthalle und die Messehalle A. Um neben diesen Bauten bestehen zu können, wird der Bestand vergrößert und mit dem Entwurf FLEX eine Identität verliehen. Auch die große asphaltierte Fläche vor den Messehallen wird mit mobilen Grün aufgewertet.

## Mobiles Grün

Es gibt Bereiche in denen ein hoher Versiegelungsgrad herrscht, der aber auf Grund von Brandschutz oder temporärer Nutzung nicht durch Bepflanzung aufgebrochen werden kann. Ein Beispiel dafür ist der Bereich vor der Messehalle östlich des Entwurfsbauplatzes. So stellt die riesige asphaltierte Fläche eine Möglichkeit für eine flexible Begrünung dar. Dieser Bereich ist die meiste Zeit ungenutzt und bietet keinerlei Attraktivität zum Verweilen. Hier bietet sich an Elemente zu positionieren, die sowohl eine Begrünung darstellen, als auch die Fläche den Städtern wieder zurückgibt. Ein mobiler Grünraum, der für die Nutzung des Bereichs für Veranstaltungen der Messe entfernt werden kann und anschließend wieder der Öffentlichkeit zurückgegeben wird. Eine Bepflanzung der Umgebung ist sowohl aus optischen Gründen als auch auf Grund des besonders hohen Versiegelungsgrades ratsam. (siehe S. 83)



Mobile Holzmöbel  
mit Andockfunktion



Mobile Holzrahmen mit Begrü-  
nung als Füllung. Durch massive  
Rollen an den Unterseiten sind  
die Möbel leicht und schnell ent-  
fernbar.

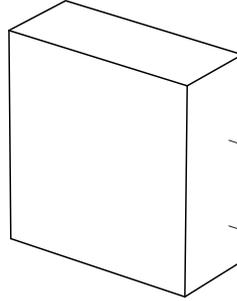


Holzliegen mit seitlicher Begrü-  
nung laden zum längeren Verwei-  
len ein.

Entwurfskonzept

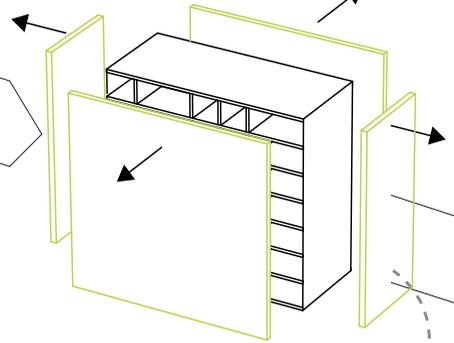
*BESTAND*

Bestandsgebäude



*ENTFERNEN / RECYCELN*

defekte, veraltete  
Fassadenelemente entfernen

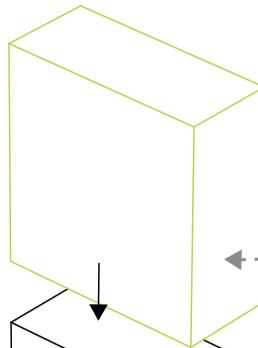


Recycling  
Betonfassadenplatten



Befonzusatz in neue  
Betonbauteile (Erschließungskern)

Holzzubau und Erweiterung  
mit nachhaltigen Systemen

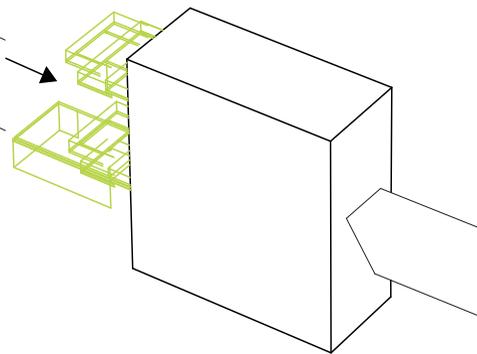


Erhöhung  
Bebauungsdichte  
von 0,98 auf 1,95

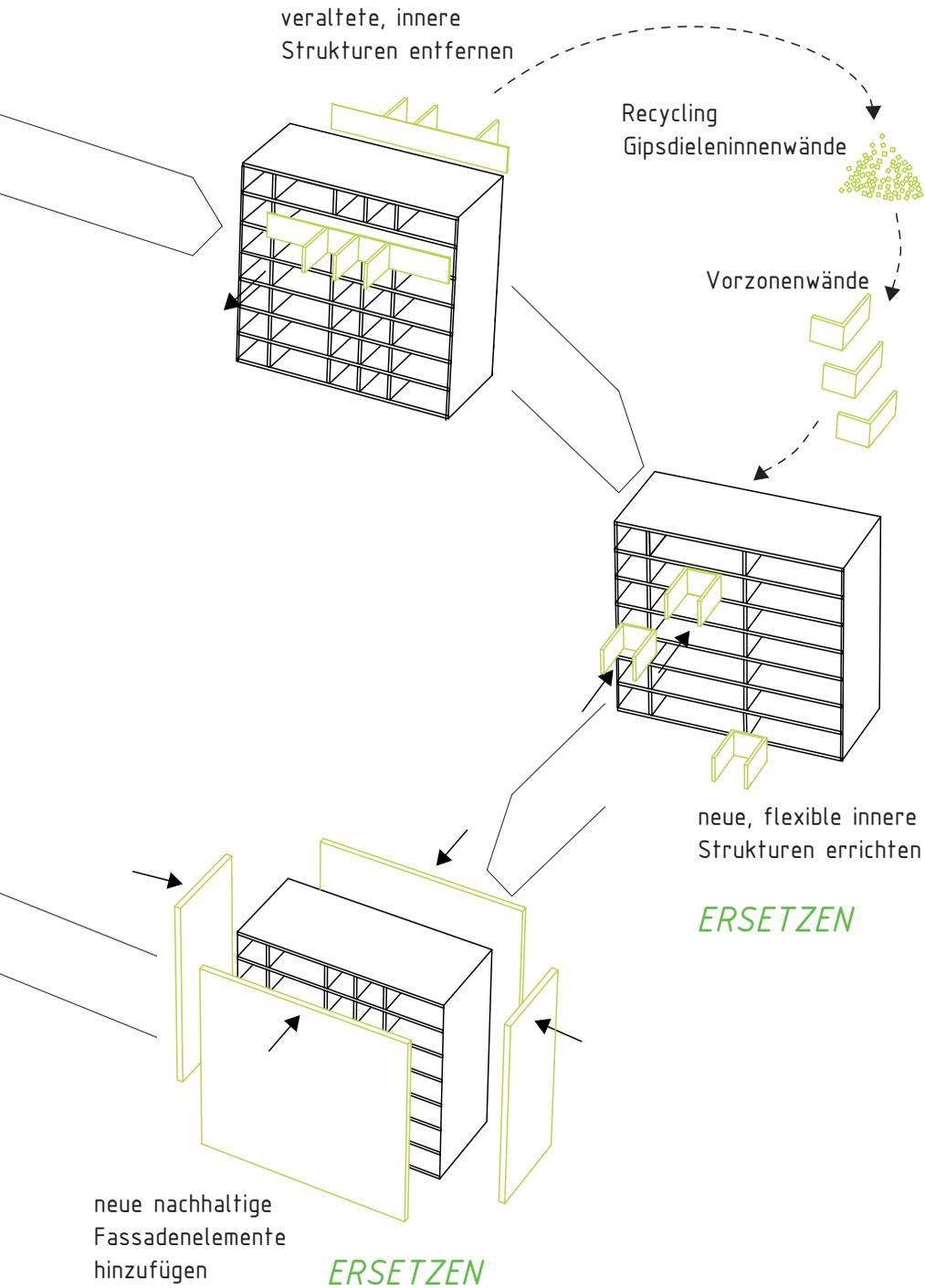
*ERGÄNZEN*

neue Strukturen hinzufügen  
(Balkone, Parkfläche, Müllraum etc.)

*ERGÄNZEN*



ENTFERNEN / RECYCELN



## Zonierung

Durch diese Zonierung ist die Flexibilität gegeben, die das Gebäude nachhaltig macht. Die einfache Wegeführung ermöglicht einen leichten Überblick über das gesamte Gebäude und die barrierefreie Erschließung.

### Zone A

Die Zone A ist der Erschließungskern. Dieser ist öffentlich zugänglich, da ein freier Zugang zu den Büros oder den gewerblich genutzten Stockwerken notwendig ist.

### Zone B

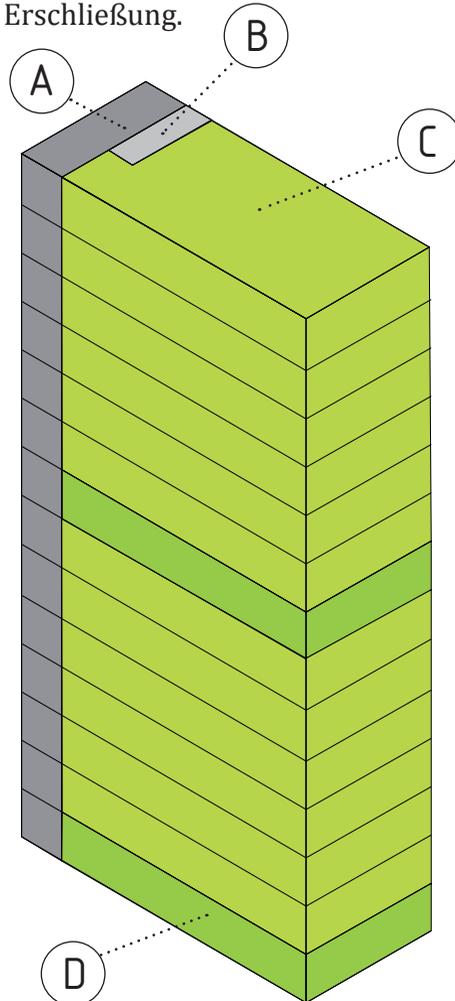
Die Zone B sind die Vorzonen zu den Wohneinheiten und Büros. Sie sind meist halböffentlich, dies hängt von der Nutzungsart des jeweiligen Geschosses ab. So können die B Zonen auch als Abstellfläche für Fahrräder und Rollstühle etc. verwendet werden.

### Zone C

Die Zone C sind die Bereiche für Wohneinheiten oder Büros. Daher wird auch hier zwischen privat und halböffentlich unterschieden, je nach Nutzungsvariante.

### Zone D

Die Zone D sind die öffentlich zugänglichen Geschosse, die durch die Ansiedlung eines Cafés oder Fitnessstudios gewerblich genutzt werden können.



Variante bei einer gemischten Nutzung:

Bei einer durchmischten Variante des Gebäudes, in der in Zone C Büro- und Wohneinheiten vorhanden sind, ist die Ansiedelung der Büros im unteren Bereich des 14-stöckigen Bauwerks zu bevorzugen. So müssen eventuelle Kunden nicht bis in die höher gelegenen Stockwerke gehen und auch die Bewohner der Wohnungen in den oberen Geschossen fühlen sich durch die Büronutzung nicht gestört. Die westlich orientierten Gemeinschaftsterrassen im Bereich des Bestandsgebäudes sind für Büros von Vorteil. Hier können sich sowohl die Angestellten, als auch die Kunden aufhalten.

---

Oberer Bereich/ Erweiterung

6 Geschosse

Wohneinheiten

---

gewerblich nutzbares Geschoss

---

Unterer Bereich/ Bestand

6 Geschosse

Büroeinheiten

---

gewerblich nutzbares Geschoss

---

## Grundkonzept

Das Grundkonzept des Projekts ist ressourcenschonend ein flexibles Gebäude zu schaffen. Das zur Hälfte leerstehende Bürogebäude aus den 1970er-Jahren stellt eine gute Basis zur Reaktivierung eines Bestandsgebäudes dar. Der Entwurf soll das Bauen mit dem Bestand erkennen lassen und den Gedanken des nachhaltigen Bauens widerspiegeln. Die Flexibilität des Gebäudes ist ein wichtiger Bestandteil zur Erhöhung der Lebensdauer des Gebäudes. Ein Grundgerüst mit vier Zonen bildet hier die Basis zur leichten Nutzungsänderung und Anpassungen. Zone A und B dienen als permanente, gleichbleibende Erschließungs- und Übergangszonen. C und D sind als Flächen mit flexibler Nutzbarkeit angelegt. Die Flexibilität und Nachhaltigkeit wird durch folgende Elemente erreicht:

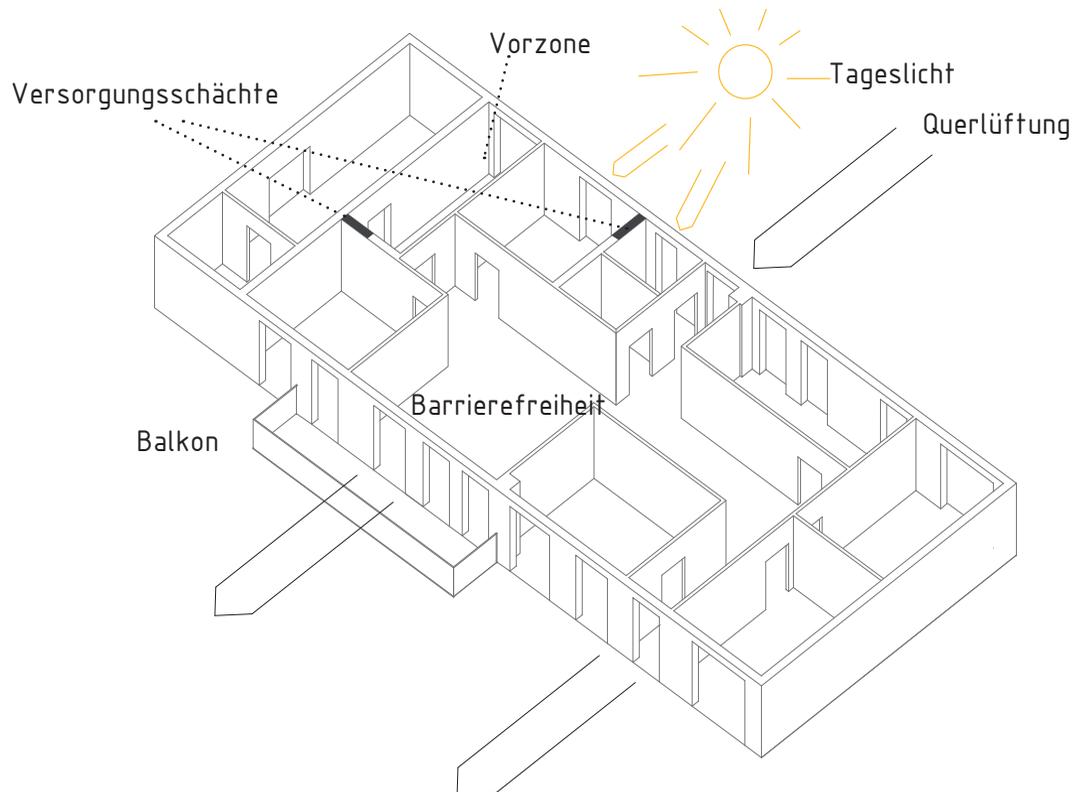
Angepasste Grundrisse, die den Nutzern die Möglichkeit für Veränderungen innerhalb der Einheit bieten und eine einfache Nutzungsänderung von Wohnen zu Büro ermöglichen.

Ein Wandraaster mit einem Wandsystem, das das Versetzen von Wänden erleichtert. Zwei Positionen für die Leitungsführung, in deren Nähe die Sanitärbereiche und Küchen flexibel angesiedelt werden können.

Durch Systeme, die einen leichten Austausch von Bauteilen im Innenraum und auch im Außenraum ermöglichen, wird auf die Trennung der Elemente mit unterschiedlicher Lebensdauer (siehe Kapitel 02 S.39) eingegangen. (z.B, Innenwände, Fassadenelemente)

Die barrierefreie Umsetzung des Gebäudes ermöglicht eine größere Nutzungsbreite.

## Grundrisse allgemein



### **Querlüftung -> Verbesserte natürliche Lüftung**

In den Grundrissen ist das Querlüften über den Gemeinschaftsbereich möglich. Hier ist nur die kleine Wohnung die Ausnahme, da die Wohnungstiefe nur 3,7m beträgt.

### **Versorgungsschächte -> überlegtes Positionieren bewirkt Materialersparnis**

Diese Positionierung der zwei Hauptversorgungsschächte erlaubt die flexible Wahl zwischen den Grundrissen.

### **Tageslicht -> fördert Behaglichkeit und senkt den Stromverbrauch**

Die Bäder und WCs erhalten alle Tageslicht und werden natürlich belüftet.

### **Barrierefreiheit -> Flexibilität für Nutzer**

Sämtliche Grundrisse sind barrierefrei angelegt.

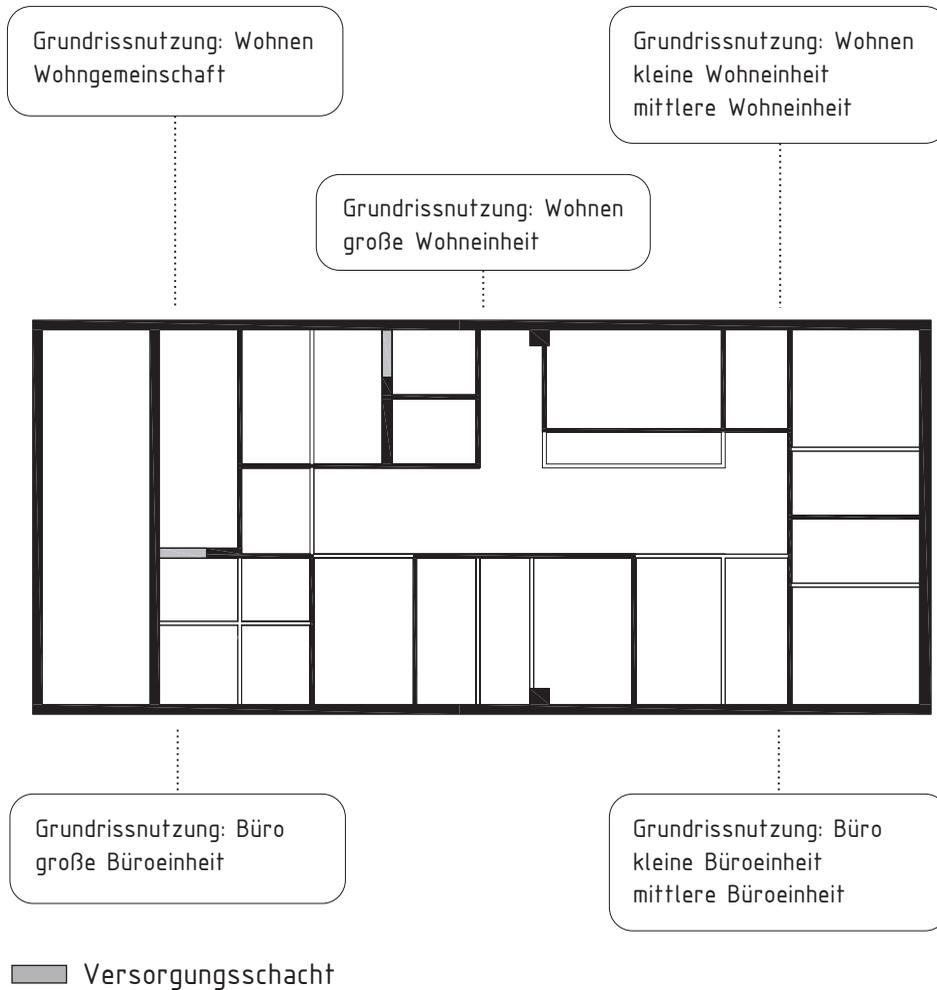
### **Balkon -> direkter Zugang zum Außenraum**

Die Balkone sind immer mindestens über den Gemeinschaftsbereich zugänglich.

### **Vorzone -> Pufferzone zu öffentl. Erschließungskern und Abstellfläche**

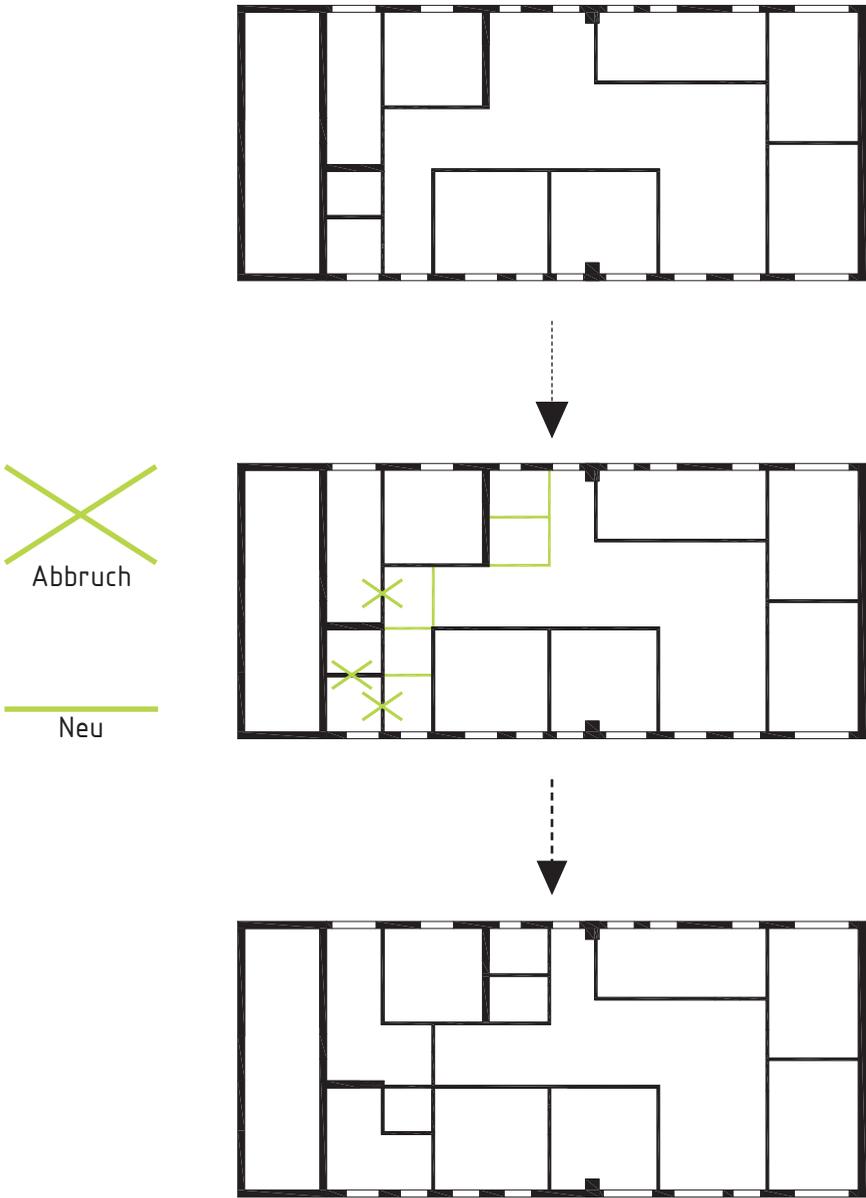
Diese Zonen sind als Abstellfläche für Fahrräder, Rollstühle etc. nutzbar.

## Wandraaster



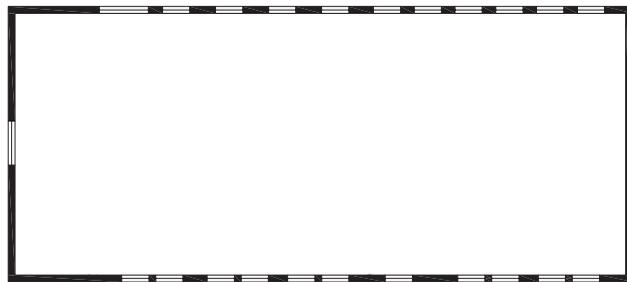
Die Grundrissvarianten beruhen auf dem Wandraaster und können flexibel variiert werden. So ist es möglich durch geringe Änderungen, wie das Versetzen von zwei bzw.-drei Wänden, aus einem Wohn- ein Bürogeschoss zu machen.

Umbau große Wohneinheit zu zwei Einheiten:

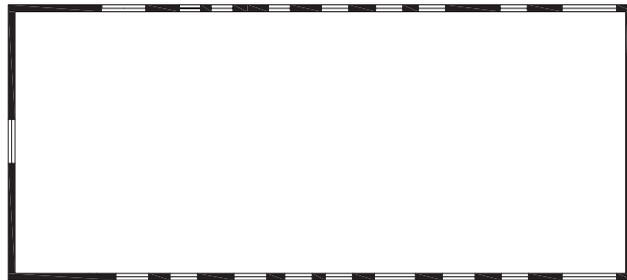


## Fensterpositionierungen:

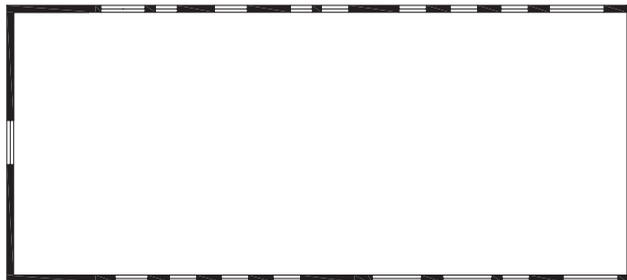
Alle drei Varianten sind so angelegt, dass alle Büro- und Wohnungsvarianten umsetzbar sind und eine der Nutzung der Räume entsprechende Lichtmenge erhalten.



Bestand

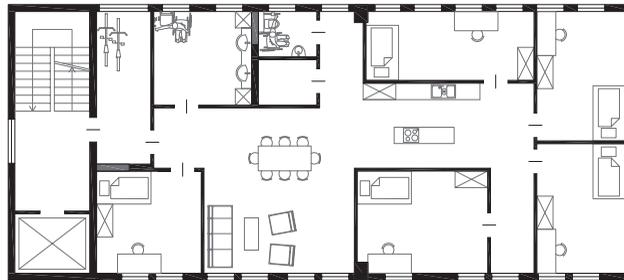


Zubau  
Variante 01

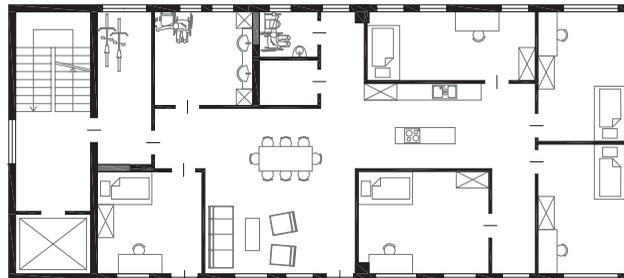


Zubau  
Variante 02

Beispielgrundriss mit den drei Fensterpositionierungen:



Grundriss W1  
Bestand

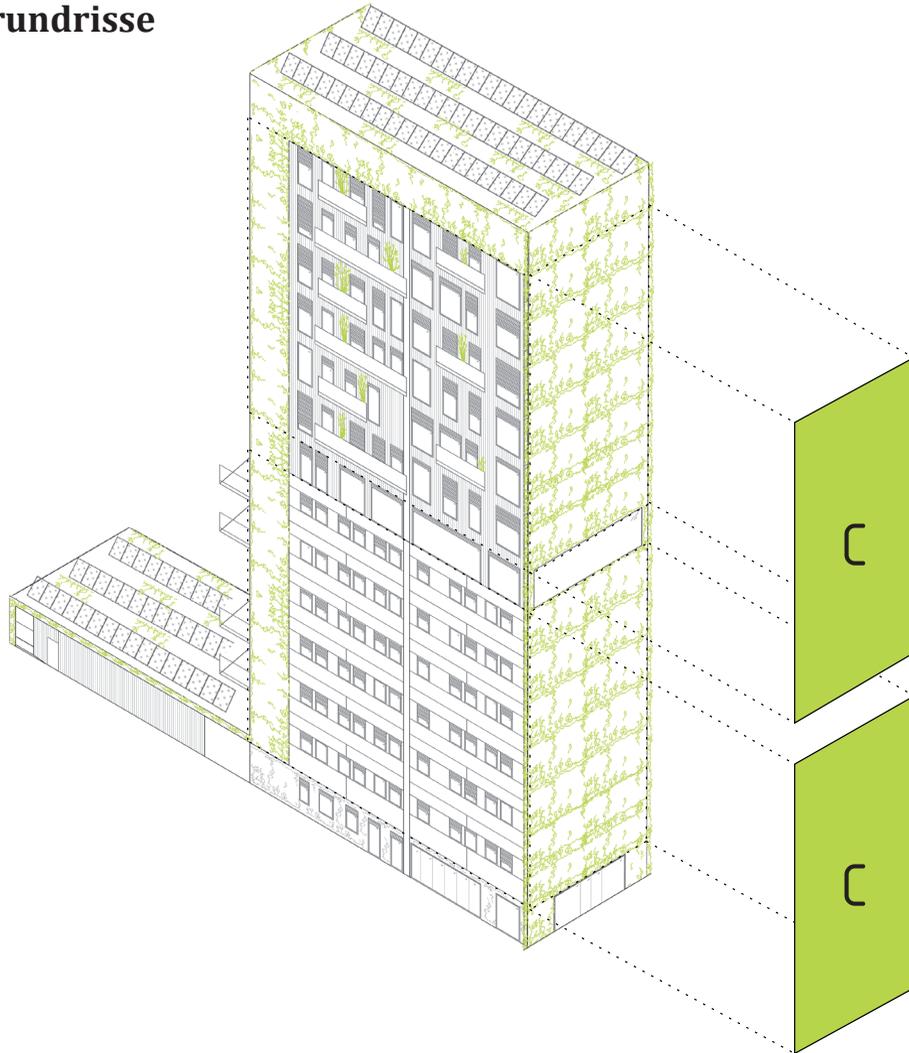


Grundriss W1  
Zubau  
Varianten 01



Grundriss W1  
Zubau  
Variante 02

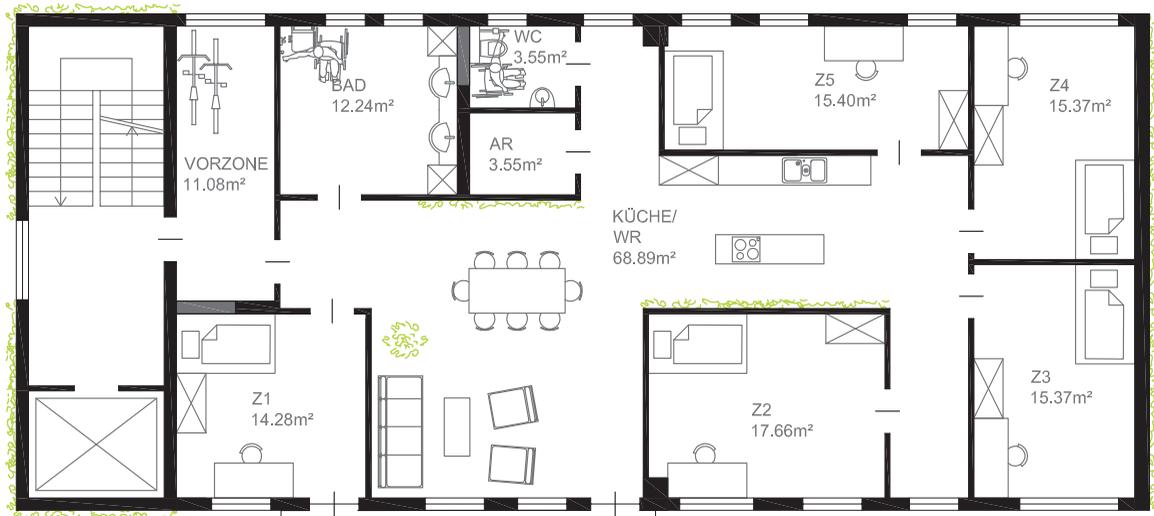
## Grundrisse



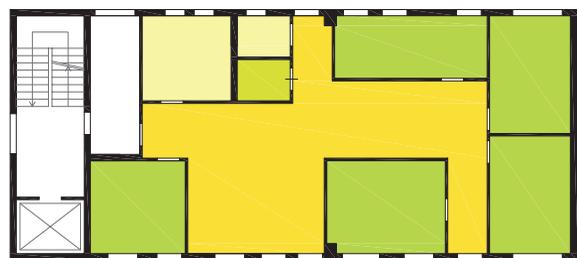
### *Variable Grundrisswahl*

Die Zone C beinhaltet die Geschosse 1.OG bis 6.OG und 8.OG bis 13.OG. In diesen Bereichen kann zwischen den unterschiedlichen Büro- und Wohngrundrissen flexibel gewechselt werden.

## Wohnen: Grundriss W1



0m 1m 5m



- Gemeinschaftszone
- Sanitärzone
- Abstellraum
- Zimmer

Wohnung:  
166m<sup>2</sup>  
5 Personen

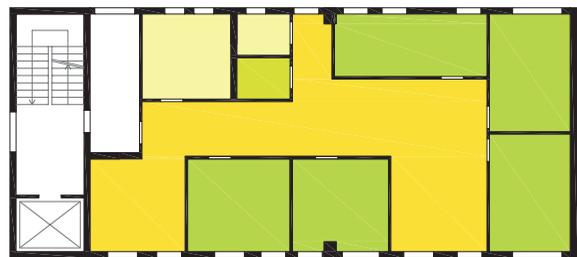
Vorzone:  
11m<sup>2</sup>

### Zonierung Typ W1

### Wohnung Typ W1

Eine 166m<sup>2</sup> Wohnung für einen Fünf-Personen-Haushalt, ideal als Wohngemeinschaft. Die Vorzone beträgt 11m<sup>2</sup>. Diese dient sowohl als Pufferzone hin zur öffentlichen Zone, als auch als Abstellfläche für Fahrräder, Rollstühle etc.. Die Wohnung ist unterteilt in die gemeinschaftlich nutzbaren Bereiche (Gelb) und die einzeln genutzten Bereiche (Grün). In diesem Wohnungstyp sind die Küche und der Wohnraum zentral angelegt, dies schafft nicht nur einen gemeinsamen Mittelpunkt, sondern ermöglicht durch die Verastelung eine gute Belichtung und Belüftung der Wohnung.

## Wohnen: Grundriss W2



- Gemeinschaftszone
- Sanitärzone
- Abstellraum
- Zimmer

Wohnung:  
166m<sup>2</sup>  
5 Personen

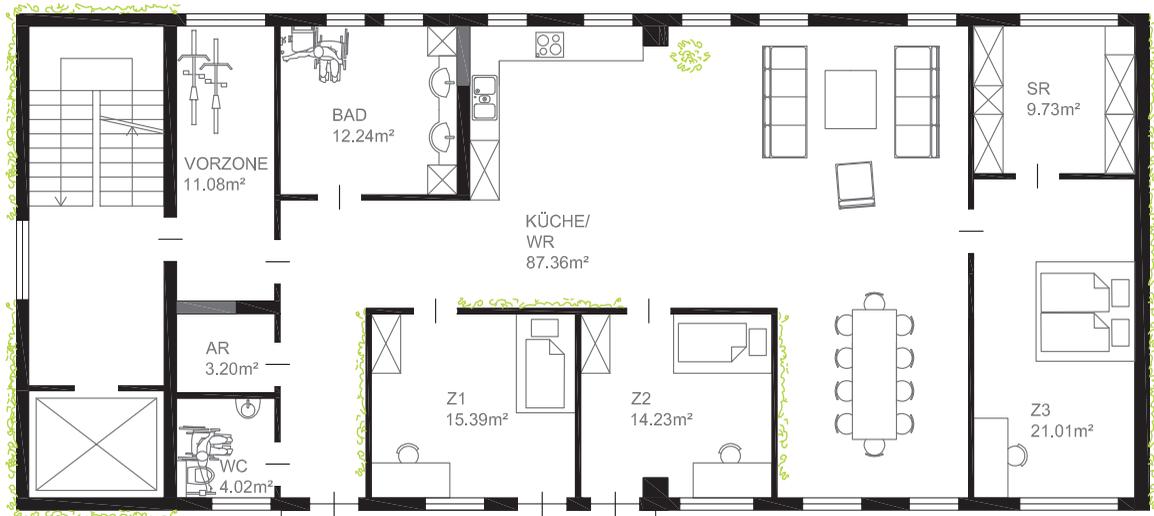
Vorzone:  
11m<sup>2</sup>

Zonierung Typ W2

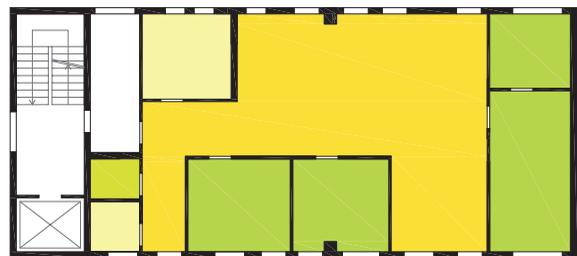
## Wohnung Typ W2

Hier sind Küche und Wohnraum nach Süden ausgerichtet. Der Essbereich wird zentral in der Wohnung positioniert. Bei dieser Variante kann bei Bedarf die Küche vom Wohnraum abgetrennt werden.

## Wohnen: Grundriss W3



0m 1m 5m



- Gemeinschaftszone
- Sanitärzone
- Abstellraum
- Zimmer

Wohnung:  
166m<sup>2</sup>  
4 Personen

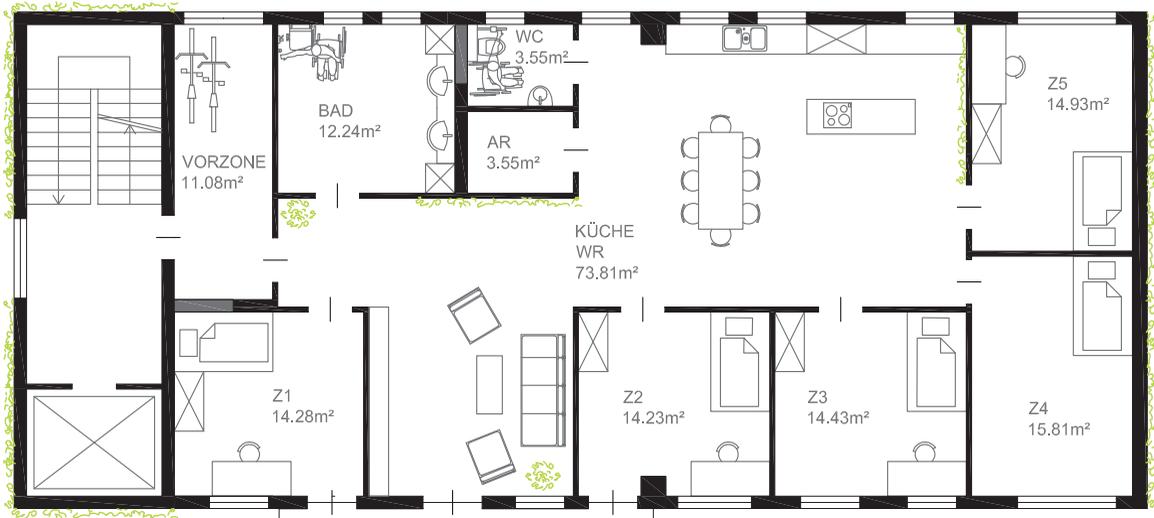
Vorzone:  
11m<sup>2</sup>

### Zonierung Typ W3

### Wohnung Typ W3

Dieser Typus eignet sich beispielsweise für eine Familie mit zwei Kindern. Es wird dabei der Wohnbereich größer gestaltet und dem Elternschlafzimmer ein eigener Schrankraum zugeordnet.

## Wohnen: Grundriss W4



0m 1m 5m



- Gemeinschaftszone
- Sanitärzone
- Abstellraum
- Zimmer

Wohnung:  
166m<sup>2</sup>  
5 Personen

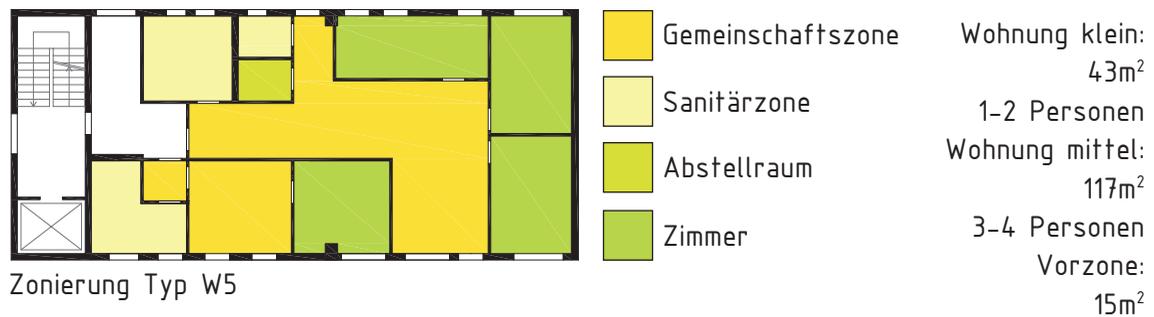
Vorzone:  
11m<sup>2</sup>

Zonierung Typ W4

## Wohnung Typ W4

In dieser Wohnungsvariante ist der Gemeinschaftsbereich so positioniert, dass es zwar nur über zwei Bereiche eine Durchlüftung und Belichtung gibt, diese sind allerdings größer bemessen als in den anderen Grundrissen. So wird auch hier ein offener Wohn- und Kochbereich geschaffen und der Essbereich wird direkt mit dem Küchenbereich verbunden.

## Wohnen: Grundriss W5

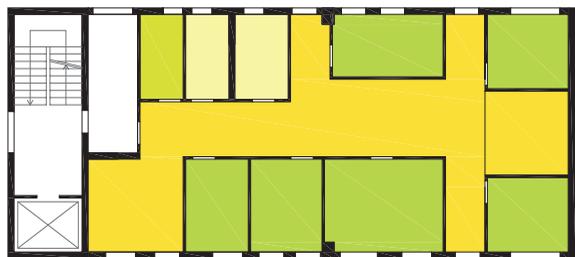
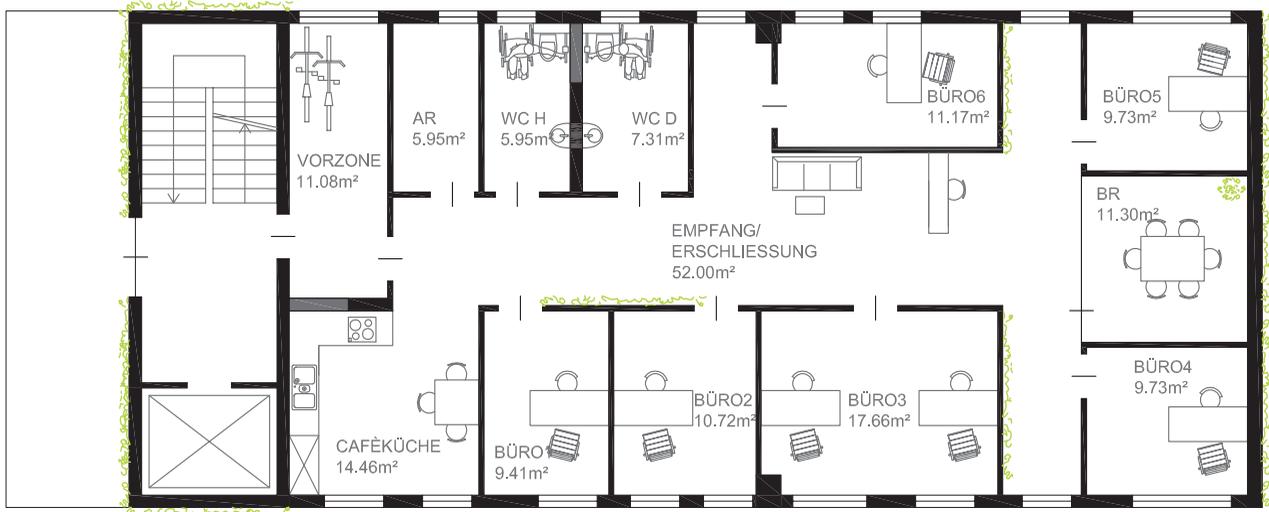


### Wohnungen Typ W5

Diese Variante besteht aus zwei Wohnungen. Einer kleinen 1-2 Personenwohnung mit 43m<sup>2</sup> und einer mittleren für 3-4 Personen mit 117m<sup>2</sup>. Diese Einheiten sind vorzugsweise in jenen Geschossen mit zwei Balkonen angesiedelt, da dadurch beiden Wohnungen ein privater Außenbereich zur Verfügung steht.

Bei den Grundrissen mit zwei Einheiten beträgt die Vorzone 15m<sup>2</sup>.

## Büro: Grundriss B1



Wohnung:  
166m<sup>2</sup>  
7-8 Personen

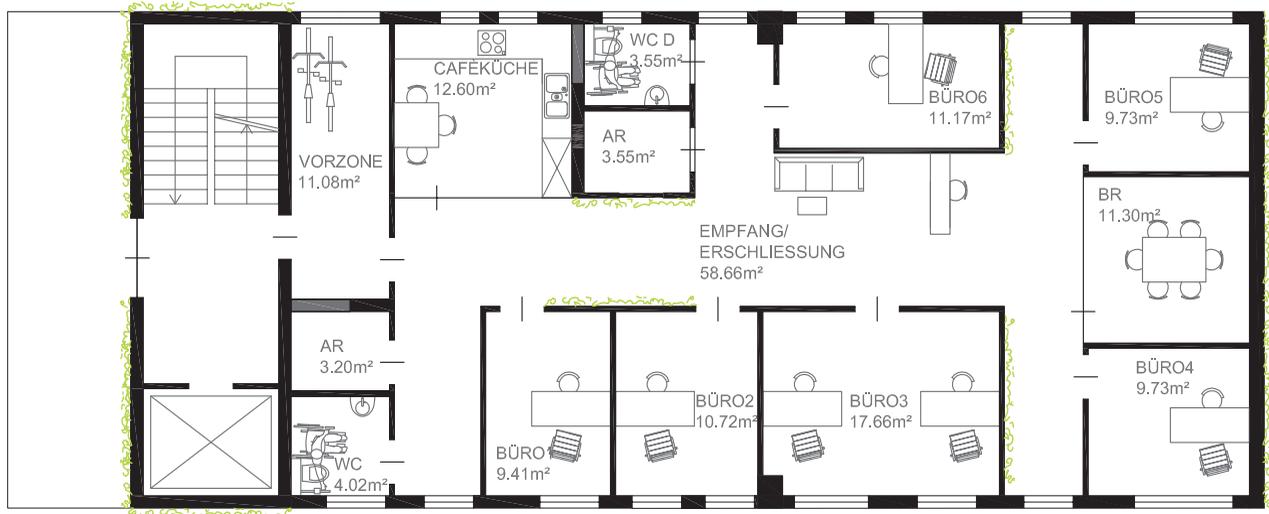
Vorzone:  
11m<sup>2</sup>

Zonierung Typ B1

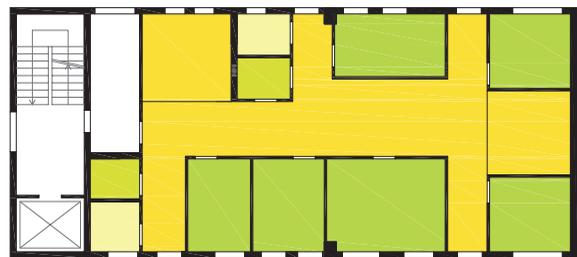
## Büro Typ B1

Ist ein Büro mit 5 Einzelbüroräumen, einem Doppelbüro und einem Besprechungsraum. Die Bürofläche beträgt 166m<sup>2</sup> mit einer 11m<sup>2</sup> Vorzone. In der Zonierung sind die gemeinschaftlich genutzten Flächen gelb und die Büros grün dargestellt. Die Gemeinschaftsküche ist wie im Plan vorzugsweise offen zugänglich eingeplant, kann bei Bedarf aber auch leicht abgetrennt werden. Der Wartebereich und der Empfang sind zentral angelegt.

## Büro: Grundriss B2



0m 1m 5m



- Gemeinschaftszone
- Sanitärzone
- Abstellraum
- Büro

Wohnung:  
166m<sup>2</sup>  
7-8 Personen

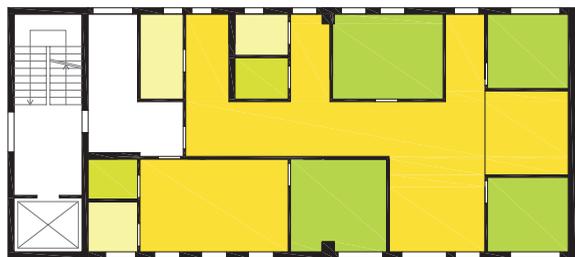
Vorzone:  
11m<sup>2</sup>

Zonierung Typ B2

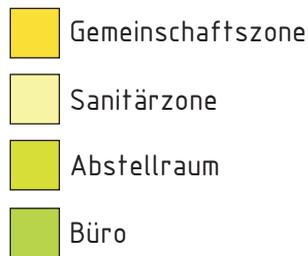
### Büro Typ B2

Der zentral liegende Empfangsbereich wird durch vier versetzte Lichtflure belichtet. Zusätzlich fällt durch die Glaswand der Küche Licht Richtung Eingangsbereich und erhellt diesen somit von beiden Seiten. Der Besprechungsraum besitzt ebenfalls eine Glaswand und wird so optisch mit dem restlichen Gemeinschaftsbereich verbunden. Auch die natürliche Belichtung erfolgt über diese.

## Büro: Grundriss B3



Zonierung Typ B3



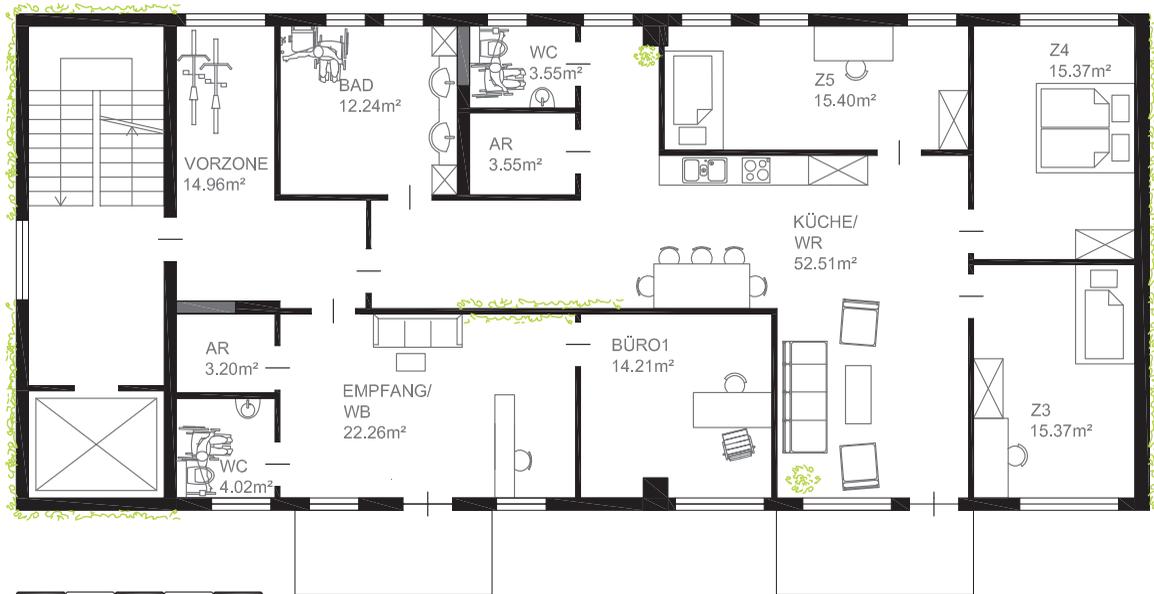
Büro klein:	43m <sup>2</sup>
1-2 Personen	
Büro mittel:	117m <sup>2</sup>
3-4 Personen	
Vorzone:	15m <sup>2</sup>

### Büros Typ B3

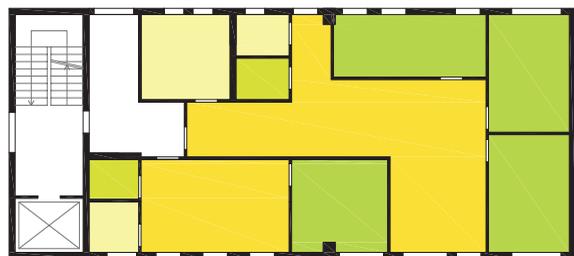
Für kleinere Firmen bietet dieser Grundriss ein kleines 43m<sup>2</sup> Büro und ein mittleres mit 117m<sup>2</sup>. So wird einem wachsenden Unternehmen auch die hausinterne Erweiterung ermöglicht.

Bei den Grundrissen mit zwei Einheiten beträgt die Vorzone 15m<sup>2</sup>.

## Mixgrundriss



0m 1m 5m



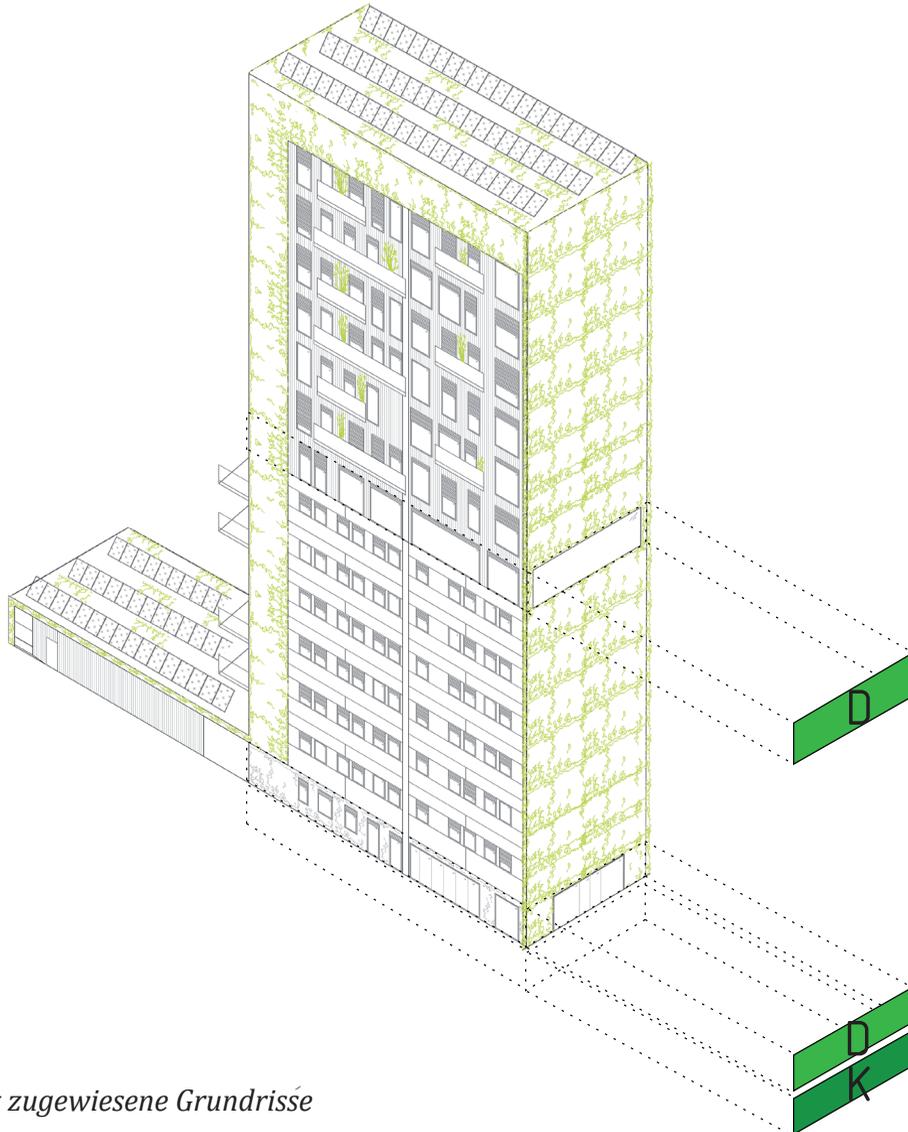
Zonierung Typ Mix

- Gemeinschaftszone
- Sanitärzone
- Abstellraum
- Zimmer/ Büro

Büro klein:  
43m<sup>2</sup>  
1-2 Personen  
Wohnung mittel:  
117m<sup>2</sup>  
3-4 Personen  
Vorzone:  
15m<sup>2</sup>

### Grundriss Typ Mix

Dieser Grundriss bietet die Möglichkeit Wohnen und Arbeiten in einem Geschoss zu vereinen. Durch die getrennten Eingänge ist die Privatsphäre für den Wohnbereich trotzdem gegeben.



### *Fix zugewiesene Grundrisse*

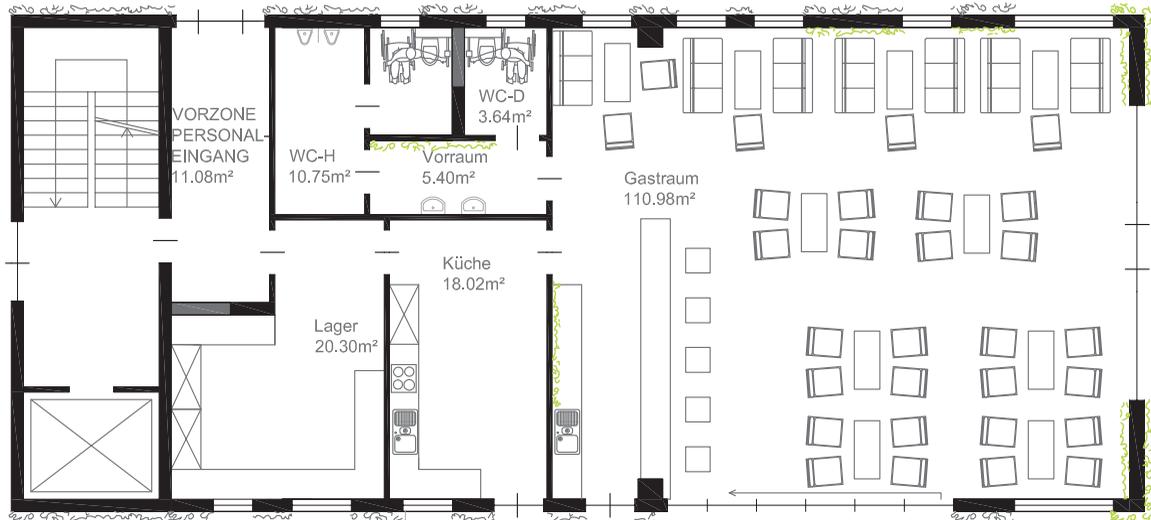
Die Zone D beinhaltet das EG und das 7.OG. Hier sind die Bestandteile der Grundrisse zwar auch flexibel gestaltet, die gewerbliche Nutzung ist allerdings fixiert. Die Zone K befindet sich im KG, sie wird den Gewerbebezonen und dem Gebäude als Gesamtem zugeschrieben.

## Grundriss KG

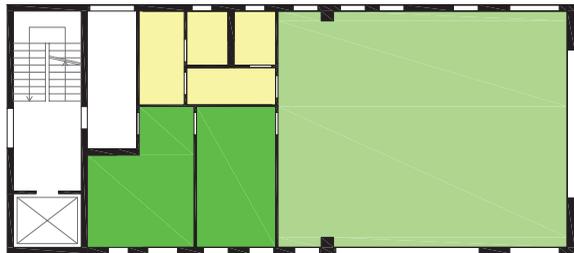
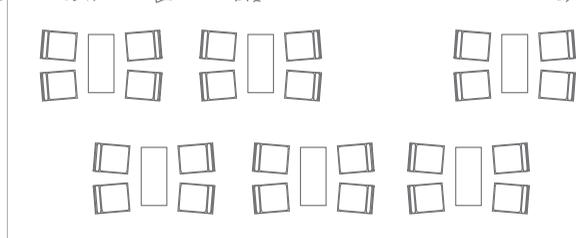


KG  
Lagerflächen für gewerblich genutzte  
Geschosse und Technikräume.

## Gewerbe EG: Grundriss G1



0m 1m 5m



Zonierung Café

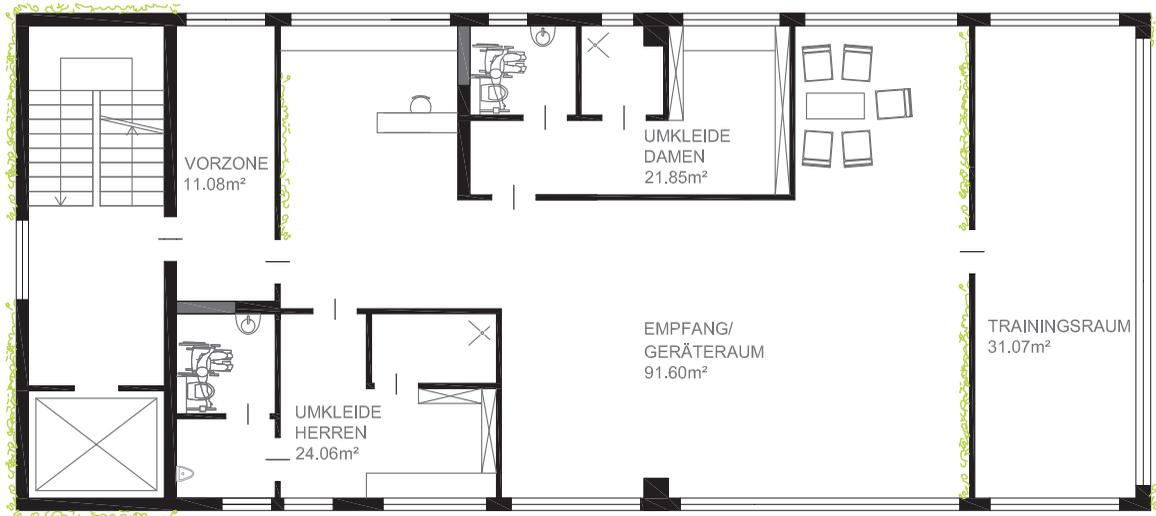
- Kundenbereich
- Sanitärzone
- Küche, Lagerraum

Café:	166m <sup>2</sup>
55 Personen	
Terrasse:	60m <sup>2</sup>
24 Personen	
Vorzone:	11m <sup>2</sup>

## Gewerbe: Café EG

Die Nutzung des Erdgeschosses als Café ist bezüglich der zentralen Lage und für die hausinternen Nutzer ideal. Der Gastraum ist direkt von der Straße zugänglich und kann zur Terrasse hin geöffnet werden. Die Zulieferung ist über einen separaten Eingang im Bereich der Parkplätze möglich.

## Gewerbe 7.0G: Grundriss G2



0m 1m 5m



Zonierung Sportstudio

- Kundenbereich
- Sanitärzone

- Sportstudio: 166m<sup>2</sup>
- Sportbereich 01: 69m<sup>2</sup>
- Trainingsraum: 31m<sup>2</sup>

## Gewerbe: Sportstudio 7.0G

Das 7. Obergeschoss ist als Zone zwischen Bestand und Neubau ausgeführt. Es ist offener gestaltet und bietet als Sportstudio ausgeführt einen sportlichen Ausgleich mit einmaligem Ausblick. Vor allem für die hausinternen Büroangestellten und Bewohner ist der 166m<sup>2</sup> große Sportbereich ideal.

## Innenperspektive Wohnung Typ W1



Wie wichtig eine schadstoffarme Raumluft für das Wohlbefinden und die Gesundheit ist, wurde bereits in Kapitel 04 erläutert. Im Projekt findet diese Schadstofffilterung und Luftverbesserung mittels Wandbegrünung und zusätzlichen Pflanzen statt. Auf die Pflanzenauswahl für Innen wird auf Seite 130 näher eingegangen.

## Wandbegrünung im Innenraum

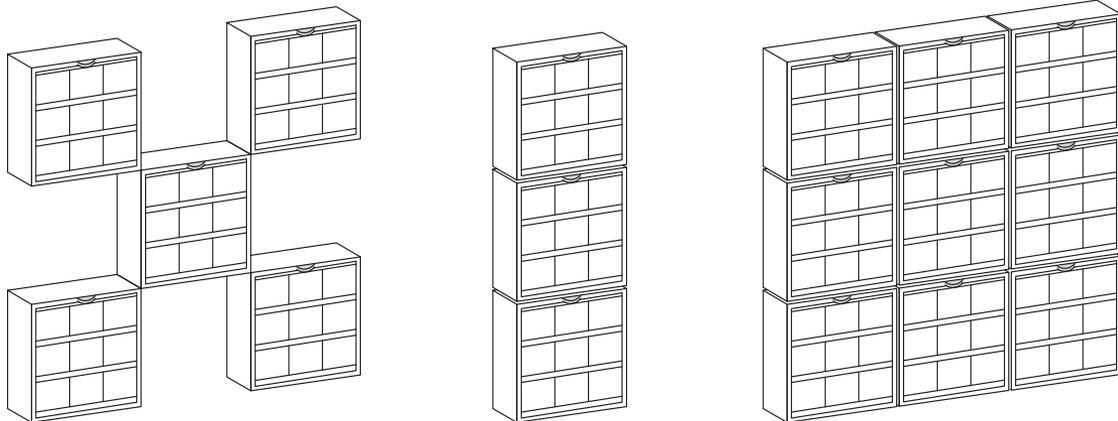


Abb.95 Begrünungssystem Innenraum



Oreganum vulgare

Rosmarinus officinalis

Thymus serpyllum

Mentha

Abb.96 Oregano, Rosmarin, wilder Thymian, Minze

Abb.97 Bewässerung

Mittlerweile gibt es sehr viele Arten zur Wandbegrünung, sowohl für innen, als auch für außen. Für den Innenraum fängt dies bei aufgehängten Gefäßen an und geht bis zu eigenen Stecksystemen. Bei diesem Projekt wird auf ein solches Stecksystem, mit den Maßen 40x40cm, zurückgegriffen. Dieses findet aufgrund seiner Flexibilität, betreffend der Befestigung und der möglichen Varianten Verwendung. So kann nicht nur die Pflanzenwahl, sondern auch die Menge und Gestaltung auf den Nutzer abgestimmt werden. Auch das einfache System zum Gießen der Begrünung macht die Handhabung in Räumen leichter. Abb. 95, Abb. 97

In den Wohneinheiten mit der zentralen Küchen wird die Begrünung an der nahegelegenen Wand mittels Kräutern ausgeführt. Dies ermöglicht es jederzeit mit frischen, wohnungseigenen Kräutern zu kochen. Arten, die sich für dieses System eignen sind in Abb. 96 angeführt.

## Grundstücksgestaltung

Bei dem Projekt findet eine Einsparung von Parkplätzen zu Gunsten der Grünraumgewinnung und der CO<sub>2</sub>-Reduktion statt. Hinzu kommt die ideale Lage des Bauwerks zu den öffentlichen Verkehrsmitteln und der Parkanlage am Nachbargrundstück.

Durch die Geländeerhöhungen wird ein privater Bereich für die Hausbewohner geschaffen. Die Erhöhung um 1,50 Meter bei der Linde schirmt gegen die Einfahrt und das Nachbargebäude ab. Die zweite Anhebung um 1,00 Meter lässt noch den Blick nach Osten zu, schafft allerdings eine dezente optische Trennung zwischen Café-Terrasse und privater Terrasse.

Die Parkflächen und der Müllraum sind barrierefrei erreichbar und überdacht.

Über einen Weg von der privaten Terrasse aus ist eine direkte Verbindung zum angrenzenden Rad- und Fußgängerweg gegeben.



Rubus idaeus/  
Himbeeren



Rubus sect. Rubus/  
Brombeeren



Malus domestica/  
Apfelbaum



Hedera helix/ Efeu



Tilia cordata/  
Winterlinde



Taxus baccata/  
Eibe

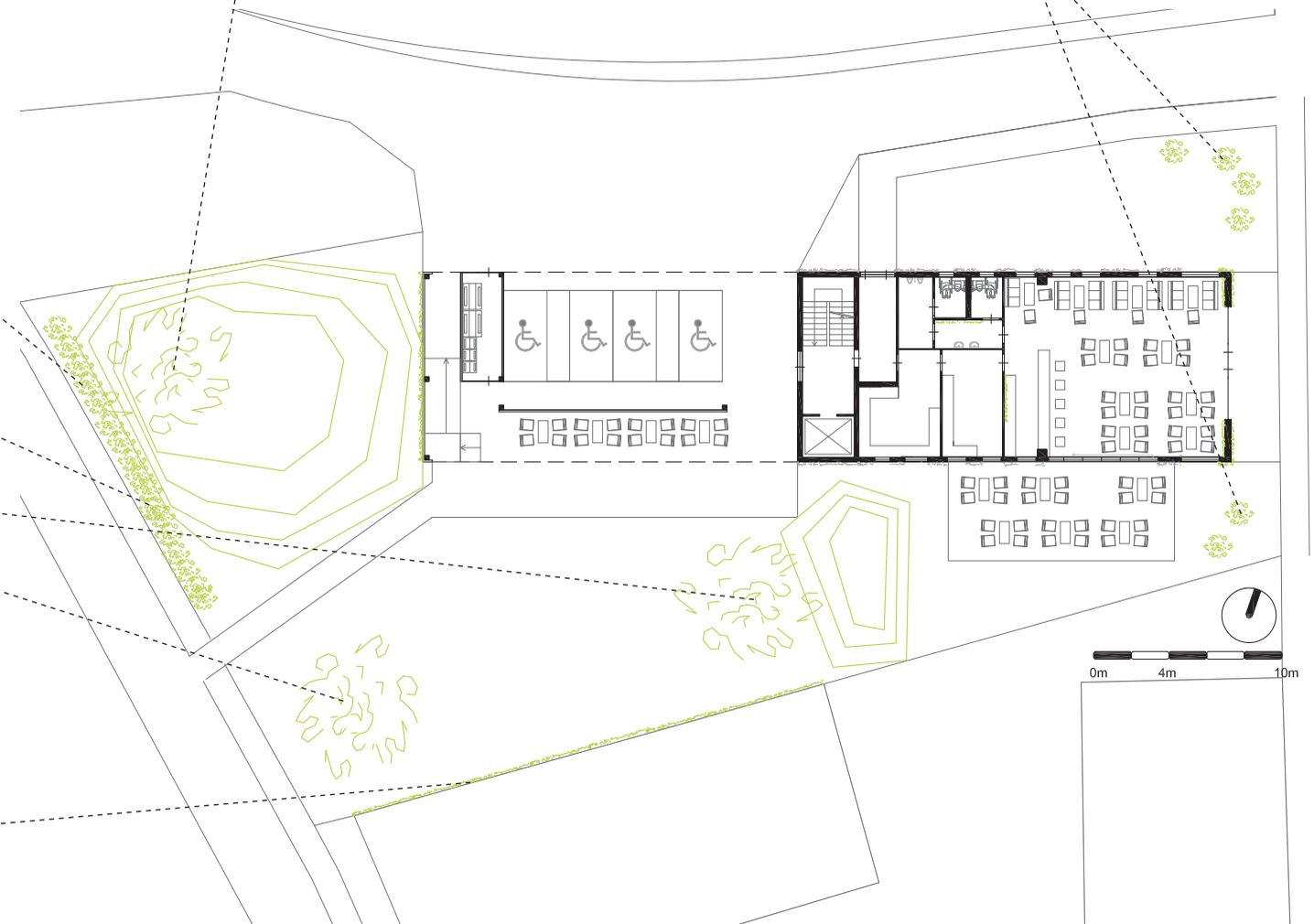


Abb.98 Grundstücksbegrünung

# Innenraum

## *Nephrolepis exaltata/ Schwertfarn*

Herkunft: Afrika, Amerika, Asien

Filter: Formaldehyd, Xylol, erhöht Luftfeuchte

Kultur: mäßig anspruchsvoll

Standort: hell, wenig Sonne

Temperatur: mind. 10°C, ideal 15- 21°C,

Wasser: hohe Luftfeuchte, ständig Feuchtigkeit

Krankheiten: Läuse, Schildläuse

## *Spathiphyllum/ Blattfahne*

Herkunft: Amerika, Asien

Filter: Formaldehyd, Xylol, Toluol, Ammoniak, Alkohole, Aceton, Trichloräthylen, Benzol

Kultur: einfach

Standort: hell bis schattig

Temperatur: 18-25°C

Wasser: nicht zu trocken

Krankheiten: Thripse, Spinnmilben, Wurzelfäule

## *Sansevieria/ Bogenhanf*

Herkunft: Afrika, Äthiopien, Indien

Filter: Trichloräthylen, Benzol, Toluol, Xylol, Formaldehyd

Kultur: sehr leicht

Standort: mäßig hell-hell

Temp.: mind. -10°C, ideal 18-30°C

Wasser: sparsam, regelmäßig

Krankheiten: selten

## *Hedera-helix/ Efeu*

Herkunft: alle gemäßigten Zonen

Filter: Formaldehyd, Xylol, Benzol, Toluol, Trichloräthylen

Kultur: sehr leicht

Standort: mäßig hell bis hell

Temperatur: mind. -8°C, ideal 10-15°C

Wasser: feucht halten

Krankheiten: Spinnmilben

## *Dracaena/ Drachenbaum*

Herkunft: Afrika

Filter: Formaldehyd, Xylol, Benzol,

Toluol, Kohlenmonoxid, Trichloräthylen

Kultur: einfach

Standort: mäßig hell bis hell

Temperatur: 18-24°C

Wasser: wenig

Krankheiten: selten

## *Chrysalidocarpus/*

### *Goldfruchtpalme*

Herkunft: Madagaskar

Filter: Formaldehyd, Xylol, Benzol, Toluol,

Kultur: mäßig anspruchsvoll

Standort: hell, nicht direkte Sonne

Temperatur: 15-25°C

Wasser: leicht feucht halten

Krankheiten: Spinnmilben

## *Epipremnum pinnatum/ Efeutute*

Herkunft: Südostasien, Borneo

Filter: Formaldehyd, Hexan, Benzol, Toluol, Kohlenmonoxid,

Trichloräthylen

Kultur: einfach

Standort: mäßig hell bis hell

Temperatur: mind. 10°C, ideal

15-25°C

Wasser: feucht halten

Krankheiten: selten

## *Schefflera/*

### *Strahlenaralie*

Herkunft: Polynesien,

Australien, Neuguinea

Filter: Formaldehyd,

Xylol, Benzol

Kultur: mäßig anspruchsvoll

Standort: hell bis halbschattig

Temperatur: mind. 12°C,

ideal 18-25°C

Wasser: Sommer regelmäßig,

Winter sparsam

Krankheiten: Schildläuse,

Spinnmilben



Außenraum

*Rubus idaeus/ Himbeere*

Höhe/Breite: 0.8-2.5m/ 0.5m

Blüte: Mai - Juni

Ernte: Juli - September

Lage: sonnig bis halbschattig, windgeschützt

Wuchs: (Halb-) Strauch

*Rubus sect. Rubus/ Brom-  
beere*

Höhe/Breite: 2-2.5m/ 1m

Blüte: Mai - August

Ernte: Ende Juli - Mitte Oktober

Lage: sonnig, wind- und frostge-  
schützt

Wuchs: (Halb-) Strauch

*Malus domestica/ Apfelbaum*

Höhe/Breite: 2.5-8m/ 3-5m

Blüte: April - Mai

Ernte: August - September

Lage: sonnig, nicht heiß, luftfeucht

Info: Schnitt im späten Winter

*Tilia cordata/ Winter-  
linde*

Höhe/Breite: 10-30m/ 10-15m

Blüte: Juni - Juli

Lage: sonnig, halbschattig  
tolerierbar

Info: herzförmige Blätter,  
Nussfrüchte, angenehmer Duft

*Taxus baccata/ Eibe*

Schnitthöhe/Heckenbreite: 1-4m/0.6-1m

Blüte: März - April

Lage: halbschattig, schattig aber auch  
sonnig

Info: immergrünes Nadelholz, giftig, sehr  
schnittfest, pflegeleicht, anspruchslos



Abb.99 Pflanzen im Außenraum

## Fassadenbegrünung

An den Fassaden befinden sich Pflanzen für eine Intensivbegrünung.

Zwischen den Photovoltaikzellen auf dem Dach und am Carboard ist eine Extensivbegrünung optimal.

Alchemilla mollis



Arabis caucasica



Lavandula angustifolia



Geranium macrorrhizum

WESTEN

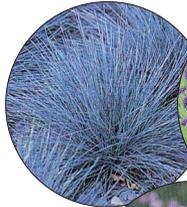


Thymus vulgaris

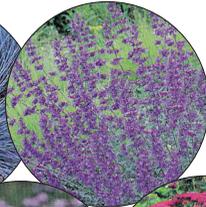
Sedum reflexum

DACH  
CARBOARDDACH

Festuca cinerea



Nepeta x faassenii



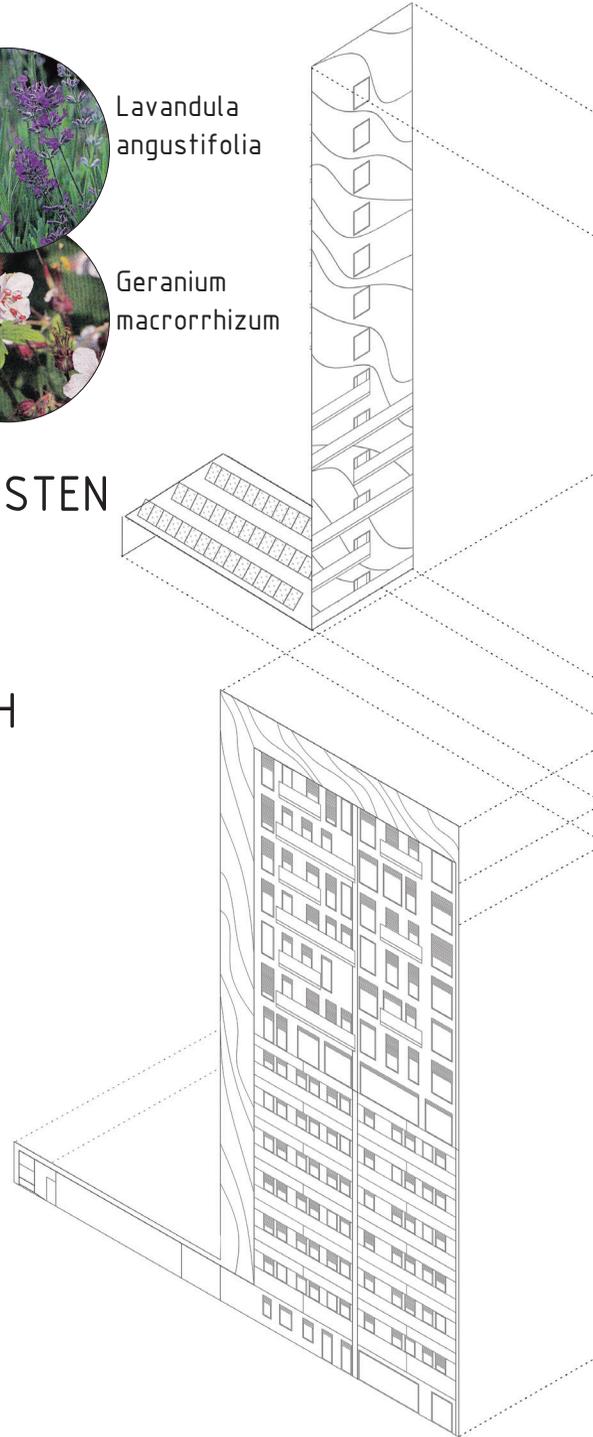
SÜDEN



Thymus vulgaris



Sedum reflexum



NORDEN

Adiantum pedatum



Hedera helix



Lonicera pileata



Alchemilla mollis



OSTEN

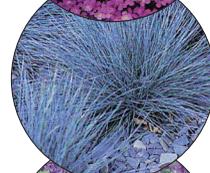
Heuchera



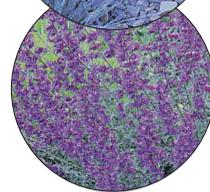
Aubrieta



Festuca cinerea



Nepeta x faassenii



EG  
NORDEN  
& SÜDEN

Cerastium tomentosum



Abb.100 Fassadenbegrünung



## **Adiantum pedatum/ Pfauenradfarn**

Höhe: 40-60cm

kriechender Wurzelstock , Wedel weit ausgebreitet

handförmig bis fächerartig geteilt, dünne drahtartige Stiele

Standort: lichter bis Halbschatten

# F A S S A D E N



## **Alchemilla mollis/ Frauenmantel**

Höhe: 30-50cm

kompakter, horstiger Wuchs

dekorative Blätter

Blüten: gelb, klein; Juni - August

Standort: sonnig bis halbschattig  
anspruchlos



## **Arabis caucasica/ Gänsekresse**

Höhe: 10-20cm

polsterförmig

graugrüne Blättchen

Blüte: weiß, rosa; April - Mai

Standort: sonnig



## **Aubrieta- Hybriden/ Blaukissen**

Höhe: 5-15cm

polsterförmig

schmale, elliptische Blättchen

Blüte: blau, lila, rosa, rot; April - Mai

Standort: sonnig



## **Cerastium tomentosum/ Filziges Hornkraut**

Höhe: ca. 20 cm

längliche, gräuliche Blätter

Blüte: weiß; April - Juni

Standort: sonnig bis halbschattig



## **Festuca cinerea/ Blauschwingel**

Höhe: 30-60cm

halbkugelige Horste

Blätter 1mm schmal, graugrün - stahlblau

Blüte: graugrün; Juni - Juli

Standort: volle Sonne, warm bis heiß



## **Geranium macrorrhizum/ Felsenstorchnabel**

Höhe: 20-30cm

kriechendes Rhizom

Blätter handförmig eingeschnitten

Blüte: einfach, weißlich, rosa bis dunkelrot; Mai - Juli

Standort: sonnig bis lichter Schatten

# P F L A N Z E N

## **Hedera helix / Efeu**

Höhe: ca. 10cm

langtriebige Gehölz; blauschwarze, giftige Beeren

Blüte: grünlich gelb, unscheinbar; September - Oktober

Standort: sehr schattenverträglich  
anspruchlos



## **Heuchera- Hybriden / Purpurglöckchen**

Höhe: 40-70cm

polsterförmig

herzförmige Blätter

Blüte: glöckchenförmig, weiß, rosa bis karminrot; Mai - Juli

Standort: sonnig bis halbschattig



## **Lavandula angustifolia/ Lavendel**

Höhe: 40-60cm

polsterartig, dichte, walzenförmige Blütenstände

schmale, grün bis silbergraue Blätter

Blüte: lavendelblau; Juli - September

Standort sonnig  
duftend



## **Lonicera pileata/ Immergrüne Kriechheckenkirsche**

Höhe: bis 40cm

breitbuschiger Kleinstrauch; violette Beeren im Herbst

Blüten: blassgelb; Mai

Standort: gut schattenverträglich  
anspruchlos



## **Nepeta x faassenii/ Katzenminze**

Höhe: 30-50cm

Stauden, lockere, breite Horste

graugrüne, schmal - herzförmige Blätter

Blüte: Lippenblüten in lockeren Quirlen,

blauviolett; Juni - September

Standort: sonnig  
aromatisch



## **Sedum reflexum/ Tripmadam**

Höhe 15-30cm

polsterartig, niederliegend

blaugrüne, dachziegelartige Blätter

Blüte: gelb; Juli - August

Standort: sonnig



## **Thymus vulgaris/ Thymian**

Höhe: 20-40cm

polsterartig, Halbstrauch

dunkelgrüne Blättchen

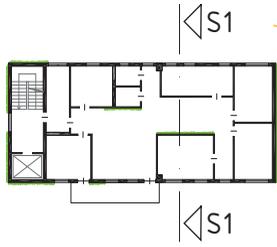
Blüten: rosa, violett; Mai - Oktober

aromatisch duftend, Würzkräuter



Schnitt und Ansichten

Gebäudeschnitt S1

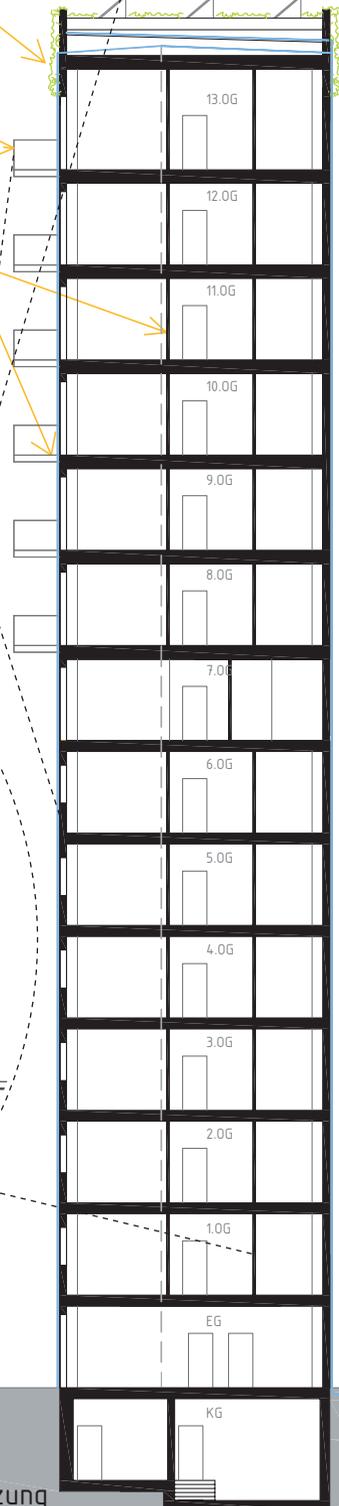
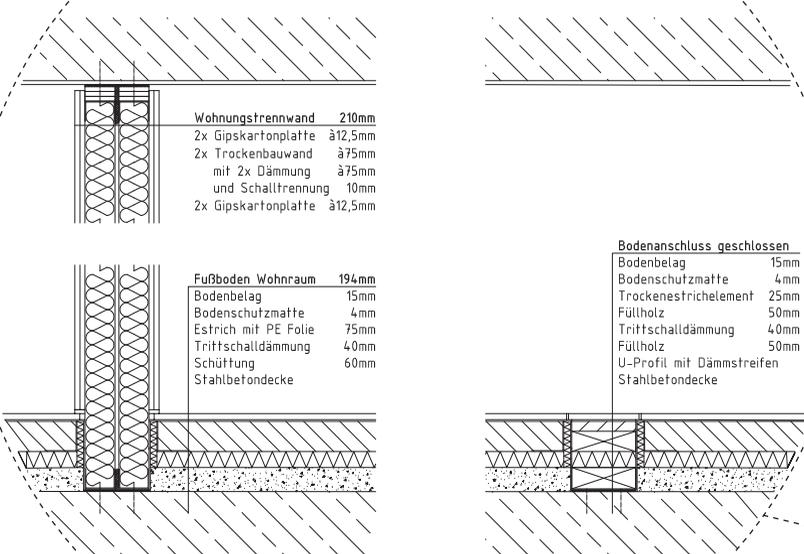


Natürliche Lüftung  
Querlüftung



Energiegewinnung

System Innenwand  
problemlos veränder- und  
austauschbar



+50.70

+23.80

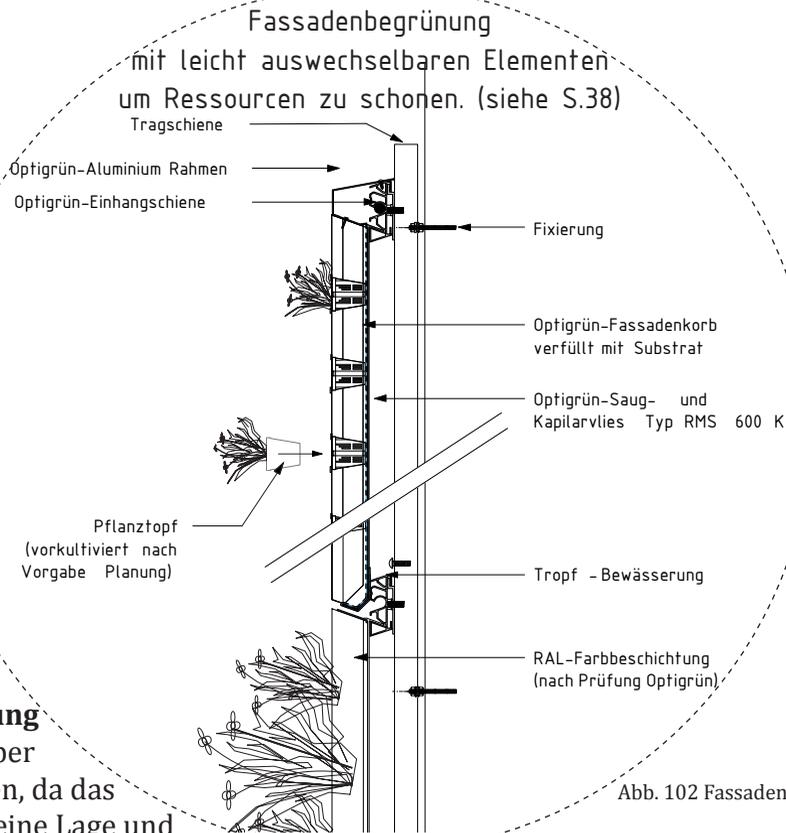
+3.40

Tank  
Regenwasser

±0.00

MASSE  
IN  
METER

Fassadenbegrünung  
Kühlung durch  
Verschattung und  
Pflanzen



### Energiegewinnung

Sie erfolgt hier über Photovoltaikzellen, da das Gebäude durch seine Lage und Positionierung optimale Flächen dafür aufweist. Durch Wasser- und Windmangel an diesem Standort sind diese nicht möglich. Biomasse würde für die Größe des Gebäudes eine sehr große Lagerfläche benötigen. Balkongeländer Westen: 41m<sup>2</sup>; Balkongeländer Süden: 52m<sup>2</sup>; Bestandsgebäudebereich Süden Fassadenplatten: 104m<sup>2</sup>; Dach und Carboarddach: 197m<sup>2</sup> mit 40° Neigung Süden

### Wassertank

Das Regenwasser wird von der Photovoltaikanlage und vom begrünten Dach in der Dränschicht im Dachaufbau gespeichert. Der Überschuss an Regen wird in einen Wasserspeicher geleitet. Dieser dient in erster Linie zur Bewässerung der Fassadenbegrünung. Erst bei Bedarf wird zusätzliches Wasser zur Bewässerung dem System zugeführt.

### Verschattung:

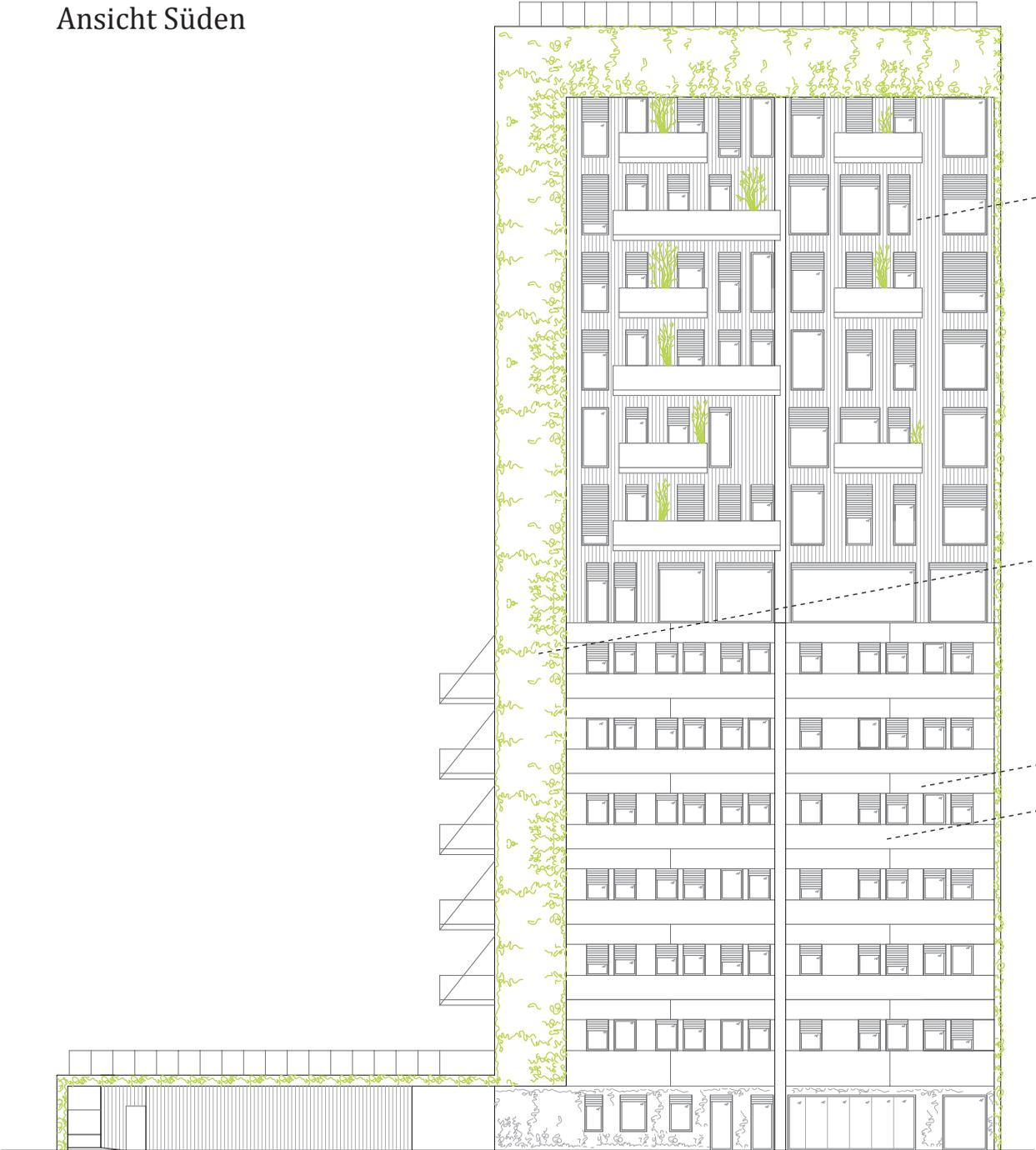
Um in den oberen Geschossen mit raumhohen Fensterelementen zusätzlich zum außenliegenden Sonnenschutz, einen Schutz gegen die Überhitzung zu erreichen, sind die Balkone an der Südfassade positioniert. So halten sie die hochstehende Sommersonne ab und lassen die weniger intensive, tieferstehende Wintersonne herein.

Im unteren Gebäudebereich ist durch das Parapet und den Sturz der Fensterbereich geringer und somit auch die Überhitzungsgefahr. Hier würden Balkone eine zu starke Verschattung verursachen, daher sind sie in diesem Bereich an der Westfassade positioniert. Auch die Nähe zum Nachbargebäude verringert im Vergleich zum oberen Teil den Verschattungsbedarf.

### Fassadenbegrünung

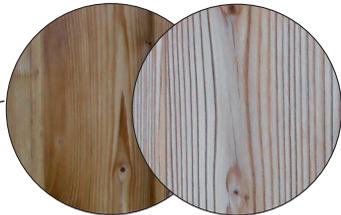
Sie verleiht dem Gebäude nicht nur eine attraktive Außenhaut, sondern schützt das Gebäude zusätzlich vor Lärm und Überhitzung. (Siehe Kapitel 04) Daher wird die gesamte Ost- und Westfassade begrünt, so wie Teile der Süd- und Nordfassade.

Ansicht Süden



0m 2m 10m

## Fassadenmaterialität

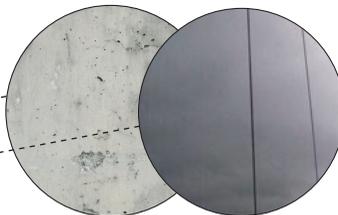


### Bereich Zubau:

Die Materialität des Zubaus wird durch die Holzfassade auch nach außen hin sichtbar. Die Lärchenholzelemente bleiben unbehandelt und nähern sich mit der Zeit durch die Verwitterung dem Grau des Bestandsgebäudes an. Dies ist ideal um zwar den Materialwechsel der Bauetappen zu erkennen, aber doch ein harmonisches Bild durch die Farbannäherung zu erreichen.



Die Fassadenbegrünung stellt das Bindeglied zwischen Bestand und Zubau dar. Sie umfasst den gesamten Erschließungskern, Carboard, sowie Dachbereich, Ost- und Westfassade. Sie fügt sich in die alte Struktur des Bestands und ebenso in die neue des Zubaus ein. Hier ist bei der Pflanzenwahl die Winterfestigkeit wichtig, damit die Fassade im Winter nicht kahl wird und auch eine Mehrjährigkeit



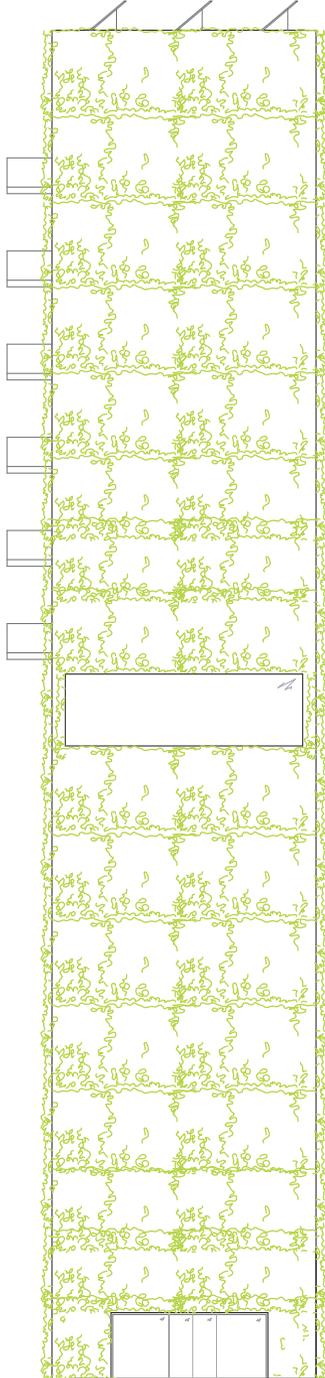
### Bestand:

Die intakten Sichtbetonfassadenplatten werden beibehalten, um das Bauen mit Bestand sichtbar zu machen. Die Bereiche mit den defekten Waschbetonfassadenplatten werden entfernt und durch Photovoltaikzellen ersetzt. Die alten Fassadenplatten im EG werden durch eine Fassadenbegrünung mit filzigem Hornkraut ersetzt. Diese Pflanze bildet ein gräuliches Blätterwerk und fügt sich so dezent in den Bestand ein.

Abb.103 Fassadenmaterialien

Der Bestand und der Zubau des Gebäudes sind durch die Materialwahl eindeutig erkennbar. Sowohl die Betonkonstruktion des unteren Bauwerks, als auch die Holzbauweise des oberen Gebäudeteiles ist an der Fassade ablesbar. Beim Holz fällt die Wahl auf die Lärche, da sie von Haus aus widerstandsfähig ist und so hier unbehandelt verwendet werden kann.

Ansicht Osten



0m 2m 10m

Ansicht Westen



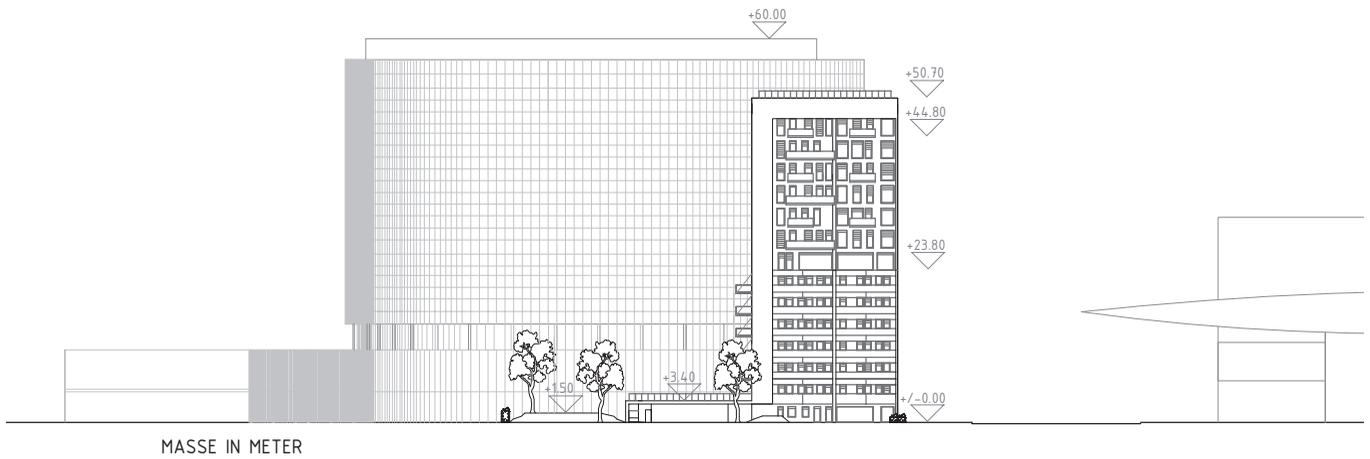
0m 2m 10m

Ansicht Norden

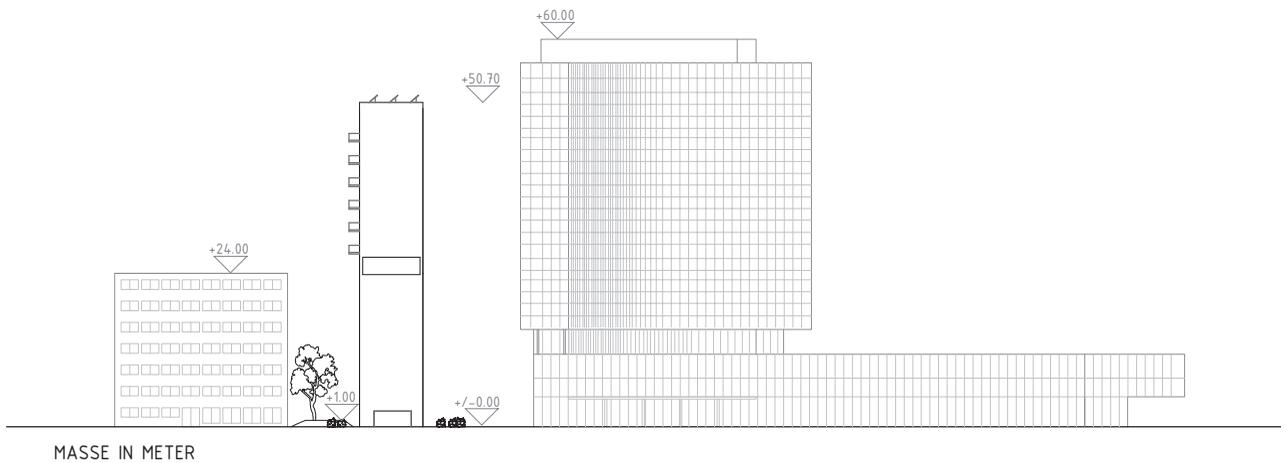


0m 2m 10m

## Ansicht Süden mit Umgebungsbauten



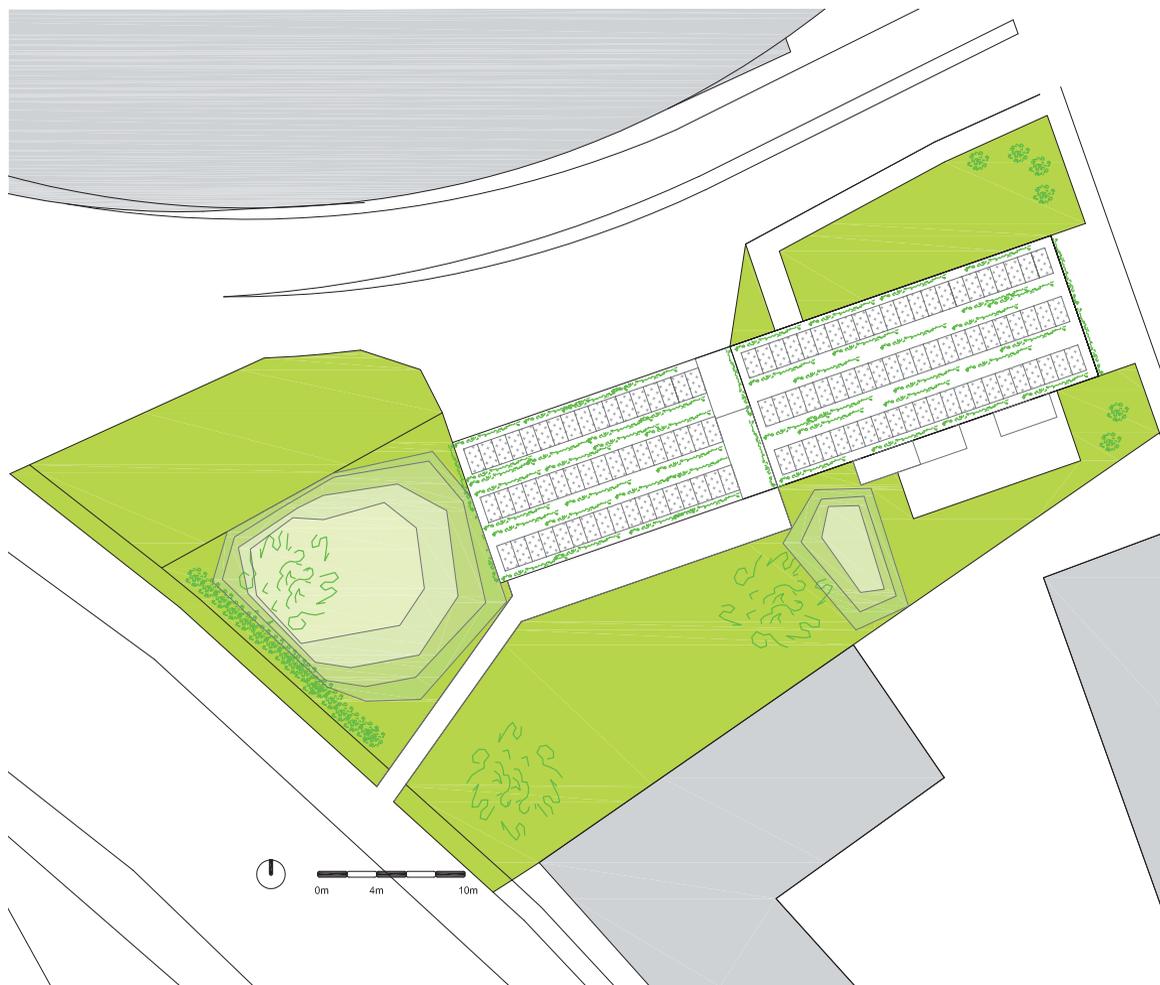
## Ansicht Osten mit Umgebungsbauten



## Draufsicht

Die Begrünung am Dach schützt das Gebäude gegen die äußeren Einwirkungen, wie Sonne, Regen, Wind etc.. Die Fassadenbegrünung gegen Osten und Westen unterstützt die Schallminimierung. (siehe Kapitel 04 S.70ff)

Weiters bewirken die Pflanzen auch eine verbesserte Wirkung der Photovoltaikzellen, da sie die Umgebungsluft kühlen und dies einen positiven Einfluss auf die Anlage hat.<sup>77</sup>



77 Vgl. Optigrün 2014.

## Tragstruktur

Der aufgestockte Bereich des Gebäudes wird als Holzkonstruktion ausgeführt. Wie in Kapitel 04 erläutert, sind Faktoren wie die Regionalität, die Nachhaltigkeit des Baustoffes etc. ausschlaggebend. Ein wichtiger Punkt, der hier beim Bauen im Bestand noch zusätzliche Vorteile verschafft, ist die erheblich geringere Staub- und Lärmbelastung beim Bau, die eine Holzkonstruktion mit sich bringt.

Um die Lastabtragung zu gewährleisten, wird in der Hälfte der 19,45m Spannweite, vom Stahlbetonerschließungskern bis zu den Außenstützen ein Unterzug mit zwei Stützen eingebracht.

Der Erschließungskern wird aus brandschutztechnischen Gründen auch im Neubau aus Stahlbeton hergestellt. Hier werden die alten Fassadenplatten aus dem Bestandsgebäude recycelt und als Betonzuschlag beigemischt.

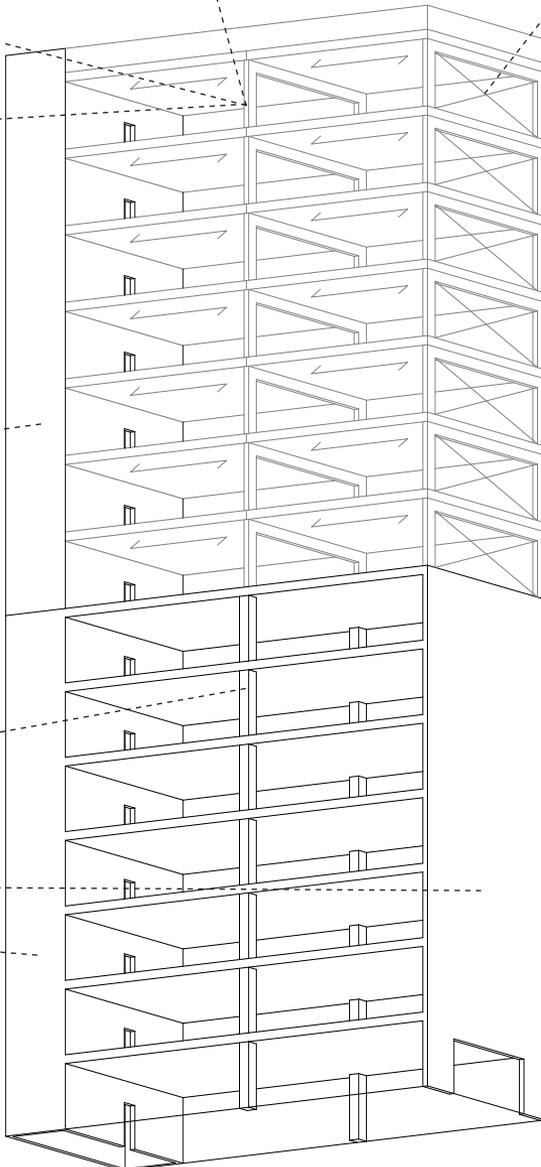
Im Bestandsbereich werden die Kräfte von der STB-Decke in die östliche Außenwand, die mittleren Stützen und in den Erschließungskern abgeleitet.

Leimbinder Träger  
und Unterzug bilden  
hier die Basis für die  
Lastabtragung im Zubaubereich.

Zur Aussteifung  
und Stabilisierung  
werden an der  
Ostfassade Stahl-  
seile gespannt.

Holztragwerk

Stahlbetontragwerk







## FLEX

FLexible EXistence Ein anpassungsfähiger Lebensraum, mit einem Bestandsgebäude als Basis, der sich seinen Nutzern angleicht und ihnen Raum für Veränderung bietet.



A  
NH  
A  
NG

## Literaturverzeichnis

### *Selbstständige Publikationen:*

Eberle, Dietmar/Simmendinger, Pia: Von der Stadt zum Haus eine Entwurfslehre. Zürich 2007

Grollmund, Marc/Hannebicque, Isabelle: Prima Klima mit Pflanzen. Wohnräume natürlich entgiften, Stuttgart 2010

Hensel, Wolfgang u. a. (Hg.): Das große GU PraxisHandbuch GARTEN. Guter Rat für ein ganzes Gärtnerleben, München 2006

Hertzberger, Herman: Vom Bauen. Vorlesungen über Architektur, München 1995

Kaufmann, Hermann/Nerdinger, Winfried: Bauen mit Holz. Wege in die Zukunft, [anlässlich der Ausstellung „Bauen mit Holz - Wege in die Zukunft“ im Architekturmuseum der TU München in der Pinakothek der Moderne, 10. November 2011 bis 5. Februar 2012], München 2011

Petzet, Muck/Heilmeyer, Florian: Reduce Reuse Recycle. Ressource Architektur Deutscher Pavillion 13. Internationale Architekturausstellung La Biennale di Venezia 2012, Ostfildern 2012

Rau, Ulrike u. a. (Hg.): barrierefrei bauen für die zukunft. Berlin 2013

Saul, Louis: Bauen für die Zukunft. Was zu beachten ist, wenn man heute ein Haus baut oder eine Wohnung kauft. Ein Leitfa-  
den für Bauherren und alle, die es werden wollen, Deutschland 2014

### *Unselbstständige Publikationen*

flexible, in: Weis, Erich (Hrsg.): Pons Schulwörterbuch für die Oberstufe, Wien 2003, 202

existence, in: Weis, Erich (Hrsg.): Pons Schulwörterbuch für die Oberstufe, Wien 2003, 184

## Online Publikationen:

Aman, Eduard, (2009): Zimmerpflanzen als Luftfilter und Klimaanlage, <https://www.sein.de/zimmerpflanzen-als-luftfilter-und-klimaanlage/#comments>, in: <https://www.sein.de/>, 18.03.2015

BP (2014): Carbon Dioxide Emissions, [http://www.bp.com/content/dam/bp/excel/Energy-Economics/statistical-review-2014/BP-Statistical\\_Review\\_of\\_world\\_energy\\_2014\\_workbook.xlsx](http://www.bp.com/content/dam/bp/excel/Energy-Economics/statistical-review-2014/BP-Statistical_Review_of_world_energy_2014_workbook.xlsx) in: <http://www.bp.com/>, 13.3.2015

Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (2011): Ressourcennutzung in Österreich Bericht 2011, [http://www.bmwf.gv.at/EnergieUndBergbau/PublikationenBergbau/Documents/Ressourcennutzung\\_Bericht%202011.pdf](http://www.bmwf.gv.at/EnergieUndBergbau/PublikationenBergbau/Documents/Ressourcennutzung_Bericht%202011.pdf), in: <http://www.bmwf.gv.at/Seiten/default.aspx>, 16.3.2015

Fjeld, Tove, (2000): The Effect of Interior Planting on Health and Discomfort among Workers and School Children, <http://horttech.ashspublications.org/content/10/1/46.full.pdf+html>, in: <http://horttech.ashspublications.org/>, 18.03.2015

Füssler, Urs/Leeser, Jörg: Der Blumenladen in Oberbarmen. Entwerfen in Wuppertal, in: Candide. Journal for Architectural Knowledge No. 04 (07/2011), Online unter: [http://www.candidejournal.net/wp-content/uploads/downloads/2013/08/CAN04\\_Encounters\\_FuesslerLeeser.pdf](http://www.candidejournal.net/wp-content/uploads/downloads/2013/08/CAN04_Encounters_FuesslerLeeser.pdf) (Stand: 27.11.2014)

HHS Planer + Architekten AG ,(o.J.): Aktiv-Stadthaus Frankfurt, <http://www.hhs.ag/projekte--aktiv-stadthaus-frankfurt.de.html>, in: <http://www.hhs.ag/>, 09.04.2015

Leuzinger, Sebastian (2011): Blatttemperatur von Bäumen im städtischen Umfeld, [http://www.infratec.at/fileadmin/downloads/pdf/2011\\_05\\_12\\_Thermografie\\_Umweltstudien\\_Blatttemp\\_ProBaum\\_01\\_11.pdf](http://www.infratec.at/fileadmin/downloads/pdf/2011_05_12_Thermografie_Umweltstudien_Blatttemp_ProBaum_01_11.pdf), in: <http://www.infratec.at/>, 18.3.2015

proHolz Austria: Holz und Klimaschutz, in: edition:Holz 09 (2015), Online unter: [http://www.proholz-stmk.at/images/Infomaterial/holz\\_und\\_klimaschutz\\_web.pdf](http://www.proholz-stmk.at/images/Infomaterial/holz_und_klimaschutz_web.pdf) (Stand: 18.03.2015)

proHolz Austria, Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft (2015): Waldflaeche und Waldvorrat in Österreich, in: <http://www.proholz.at/co2-klima-wald/waldflaeche-und-vorrat/waldflaeche-und-waldvorrat-in-oesterreich/>, 18.03.2015

ReNew Concept & Design, (2014): Quellen Erneuerbarer Energie, <http://www.erneuerbare-energie.a>, 18.03.2015

Sigmund, Bettina/Weyand, Barbara, (2014): Wohnen statt Arbeiten, <http://www.detail.de/research/forschung-entwicklung/wohnen-statt-arbeiten-umnutzung-innerstaedischer-buerohaeuser-023933.html>, in <http://www.detail.de/>, 18:03:2015

VCÖ, (2015): Feinstaub-Jahresgrenzwert wurde bei 11 Messstellen im Vorjahr überschritten, <http://www.vcoe.at/de/presse/aussendungen-archiv/details/items/vcoe-feinstaub-jahresgrenzwert-wurde-bei-11-messstellen-im-vorjahr-ueberschritten> in: <http://www.vcoe.at/>, 04.04.2015

## Sonstige Publikationen:

Cody, Brian (Hg.): Bauphysik, Graz 2009

Nutzerbefragung: Interview mit Frau N.N., geführt von Johanna Huber, Graz, 03.06.2014  
 Interview mit Frau N.N., geführt von Johanna Huber, Graz, 01.07.2014  
 Interview mit Frau N.N., geführt von Johanna Huber, Graz, 01.07.2014  
 Interview mit Frau N.N., geführt von Johanna Huber, Graz, 01.07.2014  
 Interview mit Herrn N.N., geführt von Johanna Huber, Graz, 01.07.2014  
 Interview mit Herrn N.N., geführt von Johanna Huber, Graz, 01.07.2014  
 Interview mit Herrn N.N., geführt von Johanna Huber, Graz, 01.07.2014

## Abbildungsverzeichnis

- Abb. 01    Hauptelemente            S.15-16  
Q: Eigene Darstellung
- Abb. 02    Engergiebedingte CO2-Emissionen weltweit            S.18  
Q: Eigene Darstellung / Vgl. BP-Statistical\_Review\_of\_world\_energry\_2014\_workbook (13.3.2015)
- Abb. 03    Sektoraler Materialeinsatz in Österreich 2005            S.19  
Q: Eigene Darstellung / Vgl. [https://www.bmwfw.gv.at/EnergieUndBergbau/PublikationenBergbau/Documents/Ressourcennutzung\\_Bericht%202011](https://www.bmwfw.gv.at/EnergieUndBergbau/PublikationenBergbau/Documents/Ressourcennutzung_Bericht%202011) (16.03.2015)
- Abb. 04    3R-Strategie            S.20-21  
Q: Eigene Darstellung / Vgl. Petzet, Muck/Heilmeyer, Florian: Reduce Reuse Recycle. Ressource Architektur Deutscher Pavillion 13. Internationale Architekturausstellung La Biennale di Venezia 2012, Ostfildern 2012
- Abb. 05    Beethovenhalle von der Beueler Rheinseite            S.22  
Q: <https://www.probeethovenhalle.de/about-us/beethovenhalle/#> (16.03.2015)
- Abb. 06    Beethovenhalle großer Saal von der Empore            S.22  
Q: <https://www.probeethovenhalle.de/about-us/beethovenhalle/#> (16.03.2015)
- Abb. 07    Auswirkung Änderung im Verhalten            S.23  
Q: <https://www.realities-united.de/#PROJECT,152,3,1383> (16.03.2015)
- Abb. 08    Olympiadorf München Plan            S.24  
Q: [http://www.heinlewischerpartner.de/Olympisches\\_Dorf,\\_M%C3%BCnchen.73.0.html](http://www.heinlewischerpartner.de/Olympisches_Dorf,_M%C3%BCnchen.73.0.html) (25.02.2015)
- Abb. 09    Olympiadorf München            S.24  
Q: [http://www.heinlewischerpartner.de/Olympisches\\_Dorf,\\_M%C3%BCnchen.73.0.html](http://www.heinlewischerpartner.de/Olympisches_Dorf,_M%C3%BCnchen.73.0.html) (25.02.2015)
- Abb. 10    Kohlekraftwerk vor 2005            S.25  
Q: <http://www.poe-statik.de/de/projekt/hkw-wuerzburg-gud-anlage> (25.02.2015)
- Abb. 11    Kohlekraftwerk nach redesign            S.25  
Q: <http://www.poe-statik.de/de/projekt/hkw-wuerzburg-gud-anlage> (25.02.2015)
- Abb. 12    Eichbaumoper Abendveranstaltung            S.26  
Q: <http://raumlabor.net/eichbaumoper/> (29.11.2014)
- Abb. 13    Eichbaumoper            S.26  
Q: <http://www.omm.de/veranstaltungen/musiktheater20082009/GE-eichbaumoper.html> (11.06.2015)
- Abb. 14    Neues Museum Berlin Innenraum            S.27  
Q: <http://www.detail.de/architektur/themen/neues-museum-in-berlin-2009-000874.html> (29.11.2014)
- Abb. 15    Neues Museum Berlin Zusammenspiel            S.27  
Q: <http://www.detail.de/architektur/themen/neues-museum-in-berlin-2009-000874.html> (29.11.2014)
- Abb. 16    Haus Neumann Straßenseite            S.28  
Q: <http://www.dailytonic.com/house-neumann-by-peter-grundmann-de/> (25.02.2015)

- Abb. 17 Haus Neumann Hofseite S.28  
Q: <http://www.dailytonic.com/house-neumann-by-peter-grundmann-de/> (25.02.2015)
- Abb. 18 Wohnhaus in Ihlow S.29  
Q: <http://www.zrs-berlin.de/architektur/stampflehmhaus-in-ihlow> (16.03.2015)
- Abb. 19 Wohnhaus in Ihlow Innenraum S.29  
Q: <http://www.zrs-berlin.de/architektur/stampflehmhaus-in-ihlow> (16.03.2015)
- Abb. 20 Urbaner Wald Leipzig S.30  
Q: <http://www.irene-burkhardt.de/de/auszeichnungen/> (25.02.2015)
- Abb. 21 Urbaner Wald Ausführungsplan S.30  
Q: <http://www.irene-burkhardt.de/de/auszeichnungen/> (25.02.2015)
- Abb. 22 Recycling von Bauabfällen in Deutschland S.31  
Q: Eigene Darstellung; Vgl. Petzet, Muck/Heilmeyer, Florian: Reduce Reuse Recycle. Ressource Architektur Deutscher Pavillion 13. Internationale Architekturausstellung La Biennale di Venezia 2012, Ostfildern 2012
- Abb. 23 Wohnhochhaus S.32  
Q: <http://www.iba-see2010.de/de/projekte/projekt18> (27.02.2015)
- Abb. 24 Stadtvillen aus Wohnhochhausbestandteilen S.32  
Q: <http://www.iba-see2010.de/de/projekte/projekt18> (27.02.2015)
- Abb. 25 Klostergarten Lehel München Innenraum S.33  
Q: <http://ecola-award.eu/project/su/klostergarten-lehel> (25.02.2015)
- Abb. 26 Klostergarten Lehel Fassade S.33  
Q: <http://ecola-award.eu/project/su/klostergarten-lehel> (25.02.2015)
- Abb. 27 Bürogebäude 1970er-Jahre S.35  
Q: Eigene Fotografie
- Abb. 28 Bürogebäude Styria Mediacenter 2015 S.35  
Q: Eigene Fotografie
- Abb. 29 Bürogebäude Bogenallee S.36  
Q: <http://www.blauraum.eu/architektur/project/2/> (25.02.2015)
- Abb. 30 Grundstruktur Bogenallee S.36  
Q: <http://www.blauraum.eu/architektur/project/2/> (25.02.2015)
- Abb. 31 Wohnbau Bogenallee S.37  
Q: <http://www.blauraum.eu/architektur/project/2/> (25.02.2015)
- Abb. 32 Wohnbau Bogenallee Innenraum S.37  
Q: [http://www.german-architects.com/de/projects/27598\\_Umbau\\_70er\\_Jahre\\_Buero\\_Parkhaus\\_Hamburg](http://www.german-architects.com/de/projects/27598_Umbau_70er_Jahre_Buero_Parkhaus_Hamburg) (25.01.2015)
- Abb. 33 Wohnbau Bogenallee Grundriss S.37  
Q: [http://www.german-architects.com/de/projects/27598\\_Umbau\\_70er\\_Jahre\\_Buero\\_Parkhaus\\_Hamburg](http://www.german-architects.com/de/projects/27598_Umbau_70er_Jahre_Buero_Parkhaus_Hamburg) (25.01.2015)

- Abb. 34 Lebensdauer der Bestandteile S.38-39  
Q: Eigene Darstellung
- Abb. 35 Flexibilität S.42  
Q: Eigene Darstellung
- Abb. 36 Schwellenfrei und kontrastreich S.43  
Q: <http://www.alumat.de/en/barrier-free-magnetic-door-seals/for-external-doors/external-plastic-and-aluminum-doors/> (11.06.2015)
- Abb. 37 Schwellenfreie Übergänge S.43  
Q: <http://www.sbz-online.de/SBZ-2012-3/Die-Norm-als-Ratgeber-supDIN-18040-2sup,QUIEPTMONTU5MiZNSUQ9MTAxOTAy.html> (11.06.2015)
- Abb. 38 Zielgruppen baulicher Maßnahmen S.44  
Q: eigene Darstellung Vgl. Rau, Ulrike u. a. (Hrsg.): barrierefrei bauen für die zukunft. Berlin 2013
- Abb. 39 Modulvarianten S.45  
Q: Eigene Darstellung; Vgl. Saul, Louis: Bauen für die Zukunft. Was zu beachten ist, wenn man heute ein Haus baut oder eine Wohnung kauft. Ein Leitfaden für Bauherren und alle, die es werden wollen, Deutschland 2014
- Abb. 40 S.46  
Q: Hertzberger, Herman: Vom Bauen. Vorlesungen über Architektur, München 1995
- Abb. 41 S.46  
Q: Hertzberger, Herman: Vom Bauen. Vorlesungen über Architektur, München 1995
- Abb. 42 S.46  
Q: Hertzberger, Herman: Vom Bauen. Vorlesungen über Architektur, München 1995
- Abb. 43 S.47  
Q: Hertzberger, Herman: Vom Bauen. Vorlesungen über Architektur, München 1995
- Abb. 44 S.47  
Q: Hertzberger, Herman: Vom Bauen. Vorlesungen über Architektur, München 1995
- Abb. 45 S.47  
Q: Hertzberger, Herman: Vom Bauen. Vorlesungen über Architektur, München 1995
- Abb. 46 Kreislauf Holz S.52  
Q: proHolz Austria: Holz und Klimaschutz, in: edition:Holz 09 (2015), Online unter: [http://www.proholz-stmk.at/images/Infomaterial/holz\\_und\\_klimaschutz\\_web.pdf](http://www.proholz-stmk.at/images/Infomaterial/holz_und_klimaschutz_web.pdf) (Stand: 18.03.2015)
- Abb. 47 CO2-Speicher S.52  
Q: proHolz Austria: Holz und Klimaschutz, in: edition:Holz 09 (2015), Online unter: [http://www.proholz-stmk.at/images/Infomaterial/holz\\_und\\_klimaschutz\\_web.pdf](http://www.proholz-stmk.at/images/Infomaterial/holz_und_klimaschutz_web.pdf) (Stand: 18.03.2015)
- Abb. 48 Regionalität von Werkstoffen S.53  
Q: proHolz Austria: Holz und Klimaschutz, in: edition:Holz 09 (2015), Online unter: [http://www.proholz-stmk.at/images/Infomaterial/holz\\_und\\_klimaschutz\\_web.pdf](http://www.proholz-stmk.at/images/Infomaterial/holz_und_klimaschutz_web.pdf) (Stand: 18.03.2015)
- Abb. 49 Aktivhaus mit 74 Wohneinheiten S.56  
Q: Saul, Louis: Bauen für die Zukunft. Was zu beachten ist, wenn man heute ein Haus baut oder eine Wohnung kauft. Ein Leitfaden für Bauherren und alle, die es werden wollen, Deutschland 2014

- Abb. 50 Aktivhaus Schnitt S.56  
Q: Saul, Louis: Bauen für die Zukunft. Was zu beachten ist, wenn man heute ein Haus baut oder eine Wohnung kauft. Ein Leitfaden für Bauherren und alle, die es werden wollen, Deutschland 2014
- Abb. 51 Gebäudeorientierung S.57  
Q: eigene Darstellung Vgl. Cody, Brian (Hg.): Bauphysik, Graz 2009
- Abb. 52 Ausrichtung Kühllast S.58  
Q: eigene Darstellung Vgl. Cody, Brian (Hg.): Bauphysik, Graz 2009
- Abb. 53 Dachüberstand Sommer/Winter S.59  
Q: eigene Darstellung Vgl. Cody, Brian (Hg.): Bauphysik, Graz 2009
- Abb. 54 Geneigte Flächen Sonneneinstrahlungswinkel S.59  
Q: eigene Darstellung Vgl. Cody, Brian (Hg.): Bauphysik, Graz 2009
- Abb. 55 Varianten Lichteinfall S.60  
Q: eigene Darstellung Vgl. Cody, Brian (Hg.): Bauphysik, Graz 2009
- Abb. 56 Lüftungsgründe S.61  
Q: eigene Darstellung Vgl. Cody, Brian (Hg.): Bauphysik, Graz 2009
- Abb. 57 Lüftungsvarianten S.61  
Q: eigene Darstellung Vgl. Cody, Brian (Hg.): Bauphysik, Graz 2009
- Abb. 58 Kühlung thermische Masse S.62  
Q: eigene Darstellung Vgl. Cody, Brian (Hg.): Bauphysik, Graz 2009
- Abb. 59 Klimahaus Bremerhaven S.63  
Q: Saul, Louis: Bauen für die Zukunft. Was zu beachten ist, wenn man heute ein Haus baut oder eine Wohnung kauft. Ein Leitfaden für Bauherren und alle, die es werden wollen, Deutschland 2014
- Abb. 60 Klimahaus Schnitt S.63  
Q: Saul, Louis: Bauen für die Zukunft. Was zu beachten ist, wenn man heute ein Haus baut oder eine Wohnung kauft. Ein Leitfaden für Bauherren und alle, die es werden wollen, Deutschland 2014
- Abb. 61 Pflanzenfilterung der Schadstoffe im Raum S.64  
Q: eigene Darstellung Vgl. Grollmund, Marc/Hannebicque, Isabelle: Prima Klima mit Pflanzen. Wohnräume natürlich entgiften, Stuttgart 2010
- Abb. 62 Luftreiniger Vergleich S.65  
Q: eigene Darstellung, Drachenbaum  
Vgl. Grollmund, Marc/Hannebicque, Isabelle: Prima Klima mit Pflanzen. Wohnräume natürlich entgiften, Stuttgart 2010  
Q: eigene Darstellung Kombigerät  
Vgl. [http://www.philips.at/c-p/AC4080\\_10/2-in-1-kombigeraet-zur-luftreinigung-u.-befeuchtung](http://www.philips.at/c-p/AC4080_10/2-in-1-kombigeraet-zur-luftreinigung-u.-befeuchtung) (17.3.2015)
- Abb. 63 S.66  
Q: eigene Darstellung Vgl. Fotografie Magdalena Huber
- Abb. 64 Pflanzen für Schlafzimmer, Küche, Arbeitszimmer S.67  
Q: eigene Darstellung Vgl. Grollmund, Marc/Hannebicque, Isabelle: Prima Klima mit Pflanzen. Wohnräume natürlich entgiften, Stuttgart 2010

- Abb. 65 Studienergebnisse Fjekld T. S.68  
Q: eigene Darstellung Vgl. Studienergebnisse Fjekld T.
- Abb. 66 Bogenhanf S.69  
Q: Grollimund, Marc/Hannebicque, Isabelle: Prima Klima mit Pflanzen. Wohnräume natürlich entgiften, Stuttgart 2010
- Abb. 67 Efeutute S.69  
Q: Grollimund, Marc/Hannebicque, Isabelle: Prima Klima mit Pflanzen. Wohnräume natürlich entgiften, Stuttgart 2010
- Abb. 68 Goldfruchtpalme S.69  
Q: Grollimund, Marc/Hannebicque, Isabelle: Prima Klima mit Pflanzen. Wohnräume natürlich entgiften, Stuttgart 2010
- Abb. 69 Stadtbegrünung S.70  
Q: Saul, Louis: Bauen für die Zukunft. Was zu beachten ist, wenn man heute ein Haus baut oder eine Wohnung kauft. Ein Leitfaden für Bauherren und alle, die es werden wollen, Deutschland 2014
- Abb. 70 Fassadenbegrünung S.70  
Q: Saul, Louis: Bauen für die Zukunft. Was zu beachten ist, wenn man heute ein Haus baut oder eine Wohnung kauft. Ein Leitfaden für Bauherren und alle, die es werden wollen, Deutschland 2014
- Abb. 71 Blattsystem S.71  
Q: eigene Darstellung  
Vgl. Leuzinger, Sebastian (2011): Blatttemperatur von Bäumen im städtischen Umfeld, [http://www.infratec.at/fileadmin/downloads/pdf/2011\\_05\\_12\\_Thermografie\\_Umweltstudien\\_Blatttemp\\_ProBaum\\_01\\_11.pdf](http://www.infratec.at/fileadmin/downloads/pdf/2011_05_12_Thermografie_Umweltstudien_Blatttemp_ProBaum_01_11.pdf),  
in: <http://www.infratec.at/>, 18.3.2015
- Abb. 72 Temperaturunterschiede mit und ohne Begrünung S.72  
Q: eigene Darstellung  
Vgl. Leuzinger, Sebastian (2011): Blatttemperatur von Bäumen im städtischen Umfeld, [http://www.infratec.at/fileadmin/downloads/pdf/2011\\_05\\_12\\_Thermografie\\_Umweltstudien\\_Blatttemp\\_ProBaum\\_01\\_11.pdf](http://www.infratec.at/fileadmin/downloads/pdf/2011_05_12_Thermografie_Umweltstudien_Blatttemp_ProBaum_01_11.pdf),  
in: <http://www.infratec.at/>, 18.3.2015
- Abb. 73 Baumarten mit Blatttemperaturen S.73  
Q: eigene Darstellung  
Vgl. Leuzinger, Sebastian (2011): Blatttemperatur von Bäumen im städtischen Umfeld, [http://www.infratec.at/fileadmin/downloads/pdf/2011\\_05\\_12\\_Thermografie\\_Umweltstudien\\_Blatttemp\\_ProBaum\\_01\\_11.pdf](http://www.infratec.at/fileadmin/downloads/pdf/2011_05_12_Thermografie_Umweltstudien_Blatttemp_ProBaum_01_11.pdf),  
in: <http://www.infratec.at/>, 18.3.2015
- Abb. 74 Standort S.76  
Q: eigene Darstellung
- Abb. 75 Supermärkte S.77  
Q: eigene Darstellung
- Abb. 76 Verkehr S.78  
Q: eigene Darstellung
- Abb. 77 Gesundheitseinrichtungen S.79  
Q: eigene Darstellung
- Abb. 78 Kinderbetreuung und Bildungseinrichtungen S.80  
Q: eigene Darstellung

- Abb. 79 Verwaltung und öffentliche Sicherheit S.81  
Q: eigene Darstellung
- Abb. 80 Grünanlagen S.82  
Q: eigene Darstellung
- Abb. 81 Klimatopkarte Stadtportal S.83  
Q: [www.geoportal.graz.at](http://www.geoportal.graz.at) <http://geodaten1.graz.at/WebOffice/synserver?client=&project=stadtklima>  
(25.03.2015)
- Abb. 82 S.84  
Q: eigene Fotografie
- Abb. 83 S.85  
Q: eigene Fotografie
- Abb. 84 S.87  
Q: eigene Fotografie
- Abb. 85 Bestandspläne S.88, S.89  
Q: Stadtarchiv Graz
- Abb. 86 S.90  
Q: Stadtarchiv Graz
- Abb. 87 S.90  
Q: eigene Fotografie
- Abb. 88 S.91  
Q: eigene Fotografie
- Abb. 89 S.91  
Q: eigene Fotografie
- Abb. 90 S.91  
Q: eigene Fotografie
- Abb. 91 S.91  
Q: eigene Fotografie
- Abb. 92 S.91  
Q: eigene Fotografie
- Abb. 93 Befragtenverteilung S.92  
Q: eigene Darstellung
- Abb. 94 Analyse S.97  
Q: eigene Darstellung
- Abb. 95 Begrünungssystem Innenraum (eigene Darstellung) S.131  
Q: <http://www.wandbegruenung.com/infos/einfache-montage/> (14.4.2015)
- Abb. 96 Oregano, Rosmarin, wilder Thymian, Minze S.131  
Q: <http://www.wandbegruenung.com/infos/einfache-montage/> (14.4.2015)

- Abb. 97 Bewässerung S.131  
Q: <http://www.wandbegruenung.com/infos/einfache-montage/> (14.4.2015)
- Abb. 98 Grundstücksbegrünung (eigene Darstellung) S.132-133  
Q: Apfelbaum: [http://pixabay.com/static/uploads/photo/2014/09/27/18/43/apple-tree-463979\\_640.jpg](http://pixabay.com/static/uploads/photo/2014/09/27/18/43/apple-tree-463979_640.jpg) (20.04.2015)  
Linde: Q: [http://de.wikipedia.org/wiki/Hemmendorf\\_%28Salzhemmendorf%29#/media/File:Tilly-Linde.JPG](http://de.wikipedia.org/wiki/Hemmendorf_%28Salzhemmendorf%29#/media/File:Tilly-Linde.JPG) (20.04.2015)  
Eibe: Q: <http://www.heckenpflanzendirekt.at/koniferen/eibe/gemeine-eibe.html> (18.09.2015)  
Himbeeren, Brombeeren: Q: Hensel, Wolfgang u. a. (Hg.): Das große GU PraxisHandbuch GARTEN. Guter Rat für ein ganzes Gärtnerleben, München 2006
- Abb. 99 Pflanzen Innen, Außen S. 134-135  
Pflanzen Innen: Bild und Text Q: Grollimund, Marc/Hannebicque, Isabelle: Prima Klima mit Pflanzen. Wohnräume natürlich entgiften, Stuttgart 2010  
Pflanzen Außen:  
Text Q: Hensel, Wolfgang u. a. (Hg.): Das große GU PraxisHandbuch GARTEN. Guter Rat für ein ganzes Gärtnerleben, München 2006  
Bild Apfelbaum Q: [http://pixabay.com/static/uploads/photo/2014/09/27/18/43/apple-tree-463979\\_640.jpg](http://pixabay.com/static/uploads/photo/2014/09/27/18/43/apple-tree-463979_640.jpg) (20.04.2015)  
Bild Linde: Q: [http://de.wikipedia.org/wiki/Hemmendorf\\_%28Salzhemmendorf%29#/media/File:Tilly-Linde.JPG](http://de.wikipedia.org/wiki/Hemmendorf_%28Salzhemmendorf%29#/media/File:Tilly-Linde.JPG) (20.04.2015)  
Bild Eibe Q: <http://www.heckenpflanzendirekt.at/koniferen/eibe/gemeine-eibe.html> (18.09.2015)  
Bild Himbeeren, Brombeeren Q: Hensel, Wolfgang u. a. (Hg.): Das große GU PraxisHandbuch GARTEN. Guter Rat für ein ganzes Gärtnerleben, München 2006
- Abb.100 Fassadenbegrünung S. 136-137  
Cerastium tomentosum: Q: <http://winterharte-stauden.com/cerastium-tomentosum-filziges-hornkraut/> (20.09.15)  
Arabis caucasia: Q: <http://www.bio-gaertner.de/pflanzen/Gaensekresse> (20.09.2015)  
übrigen: Q: Hensel, Wolfgang u. a. (Hg.): Das große GU PraxisHandbuch GARTEN. Guter Rat für ein ganzes Gärtnerleben, München 2006
- Abb. 101 Pflanzen Fassade S. 138-139  
Bild und Text Cerastium tomentosum: Q: <http://winterharte-stauden.com/cerastium-tomentosum-filziges-hornkraut/> (20.09.15)  
Bild Arabis caucasia: Q: <http://www.bio-gaertner.de/pflanzen/Gaensekresse> (20.09.2015)  
Text Arabis caucasia: Q: Hensel, Wolfgang u. a. (Hg.): Das große GU PraxisHandbuch GARTEN. Guter Rat für ein ganzes Gärtnerleben, München 2006  
Bild und Text restliche Pflanzen : Q: Hensel, Wolfgang u. a. (Hg.): Das große GU PraxisHandbuch GARTEN. Guter Rat für ein ganzes Gärtnerleben, München 2006
- Abb. 102 Fassadenelemente S. 141  
Q: <http://www.optigruen.at/systemloesungen/fassadengarten/loesung-1/> (17.4.2015)
- Abb. 103 Fassadenmaterialien S. 143  
Q: Beton [http://fc02.deviantart.net/fs70/i/2010/210/7/d/beton\\_wall\\_by\\_torqks.jpg](http://fc02.deviantart.net/fs70/i/2010/210/7/d/beton_wall_by_torqks.jpg) (20.04.2015)  
Q: Photovoltaikzellen: <http://www.solarserver.de/news/news-10810.html> (07.09.2015)  
Q: Cerastium tomentosum: Q: <http://winterharte-stauden.com/cerastium-tomentosum-filziges-hornkraut/> (20.09.15)

## SONSTIGE QUELLEN

Personen von S. 95,103, 128, 148, 149  
Q: <http://skalgubbar.se/>