

DIPLOMARBEIT

# MINIMAL IMPACT + MAXIMUM REGENERATION

klimaresiliente innerstädtische Architektur  
zur Erhaltung und Regeneration des Ökosystems

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung  
des akademischen Grades einer Diplom-Ingenieurin

unter der Leitung von  
Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Karin Stieldorf  
E253/4  
Institut für Hochbau und Entwerfen

eingereicht an der Technischen Universität Wien  
Fakultät für Architektur und Raumplanung

Marlene Müller  
01325963

Wien, am 22.09.2020

# INHALT

1	Einführung ins Thema	5
	Einleitung	7
	Abstract	9
	Zielsetzung	11
2	Problemstellung	11
	Gebäude & Klimawandel	14
	Demografische Entwicklung & Auswirkungen	22
	Städtisches Phänomen Hitzeinsel	31
	Fazit & Ausblick	38
3	Minimal Impact	43
	CO2-Neutralität in der Gesamtlebenszyklusbetrachtung	46
	Architektonische Maßnahmen	50
	Lokales & globales Potential	62
	Fazit & Ausblick	64
4	Maximum Regeneration	67
	Städtebauliche & architektonische Maßnahmen	70
	Lokales & globales Potential	78
	Fazit & Ausblick	87

5	Entwurf	89
	Lage & Bauplatzanalyse	96
	Konzept	106
	Nutzung & Flexibilität	122
	Pläne	129
	Konstruktion	140
	Material	144
	Ökobilanzierung der Bauteile	148
	Fassadenschnitt	157
	Energiekonzept	160
	Pflanzkonzept	166
6	Schlussbetrachtung	177
	Zusammenfassung	179
	Fazit & Ausblick	182
	Danksagung	185
7	Anhang	187
	Abkürzungsliste	189
	Literaturverzeichnis	190
	Abbildungsverzeichnis	198



# 01\_EINFÜHRUNG INS THEMA





# EINLEITUNG

Der Mensch hat einen starken Einfluss auf die Natur und unseren Planeten. Es werden nicht nachwachsende Ressourcen verbraucht, Wälder gerodet um Ackerflächen zu bewirtschaften, natürliche Rohstoffe so verändert, dass sie nicht mehr in natürlichen Stoffkreisläufen integriert werden können und mehr CO<sub>2</sub> ausgestoßen, als die Erde aufnehmen kann. Die Eingriffe des Menschen gehen mit der Verschmutzung der Umwelt, Vernichtung von Lebensräumen und Klimaveränderungen einher. Jeder Eingriff in die Natur wirkt letztendlich auch wieder auf den Menschen.

Die negativen Auswirkungen der anthropogenen Einflüsse wurden über Jahrzehnte, beziehungsweise Jahrhunderte vernachlässigt. Architektur wurde vorwiegend isoliert von der Natur betrachtet, als Schutz vor dieser. Das Bauen hat mittlerweile aber Dimensionen angenommen, die eine Bedrohung für die Natur darstellen. Die Balance zwischen Mensch und Natur für ein überlebensfähiges Ökosystem, steht auf der Kippe.

Das Errichten von Gebäuden bzw. ganzer Städte erzeugt einen unübersehbaren ökologischen Fußabdruck des Menschen auf der Erde. Der Wirkungshebel des Lösungspotentials ist daher entsprechend groß. Möglichkeiten der Architektur zu reagieren, um den ökologischen Fußabdruck zu minimieren, liegen unter anderem in der Nutzung erneuerbarer Energien, der Verwendung nachhaltiger Materialien, ressourcenschonender Bauweisen sowie flächensparender und nutzungseffizienter Planung. Es ist wichtig, die negativen Auswirkungen, die durch das Bauen entstehen, so gering wie möglich zu halten. Die ökologischen Missstände sind aber dermaßen akut, dass zusätzlich regenerativ gehandelt werden muss. Es müssen Möglichkeiten untersucht werden, Architektur und Natur in Einklang und Mensch und Umwelt wieder in Balance zu bringen.

Die Arbeit versteht die Architektur als Vermittlerin zwischen Mensch und Natur, als ein unausweichliches Zusammen- und Wechselspiel. Allen voran wird untersucht welche Auswirkungen das menschliche Handeln, unter spezieller Betrachtung der Baukultur, auf das Klima hat und welche demografischen und klimatischen Entwicklungen laut Prognosen zu erwarten sind. Infolgedessen wird analysiert durch welche Methoden die negativen Auswirkungen, die durch das Bauen entstehen, in Zukunft minimiert werden können und Architektur zur Regeneration und Erhaltung des Ökosystems beitragen kann. In einem architektonischen Entwurf im innerstädtischen, dicht bebauten Gebiet, sollen die theoretisch erarbeiteten Potentiale veranschaulicht werden und ein Überblick von Möglichkeiten dargestellt werden, wie Architektur als Instrument zum lokalen und globalen Klimaschutz betrachtet werden kann.



# ABSTRACT

Humans have a strong influence on nature and our planet. Non-renewable resources are being used, forests are cleared to cultivate land, natural raw materials are changed in such a way that they can no longer be integrated into natural material cycles and more CO<sub>2</sub> is emitted than the earth can absorb. Human interventions go hand in hand with pollution of the environment, the destruction of habitats and climate changes. Every intervention in nature ultimately affects people again.

The negative effects of anthropogenic influences have been neglected for decades or centuries. Architecture was mainly viewed in isolation from nature, as protection from it. However, building has meanwhile assumed dimensions that pose a threat to nature. The balance between humans and nature, for a viable environment, is on the brink.

The construction of buildings or entire cities creates an ecological footprint. The leverage of the solution potential is therefore correspondingly large. The possibilities of architecture to react in order to minimize the ecological footprint include the use of renewable energies, the use of sustainable materials, resource-saving construction methods, as well as space-saving and use-efficient planning. It is important to keep the negative effects caused by building as low as possible, but the ecological grievances are so acute that regenerative action must be taken. Possibilities must be examined to bring architecture and nature into harmony and to bring people and the environment back into balance.

This thesis understands architecture as a mediator between humans and nature, as an inescapable interaction and interplay. Above all, it is investigated what effects human activity, with special consideration of building culture, have on the climate and what demographic and climatic developments are to be expected according to forecasts. As a result, it will be analyzed by which methods the negative effects caused by construction can be minimized in the future and how architecture can contribute to the regeneration and maintenance of the ecosystem. With an architectural design in the inner-city the theoretically developed potentials are illustrated. An overview of the possibilities show how architecture can be viewed as an instrument for local and global climate protection.



# ZIELSETZUNG

Das Ziel der Diplomarbeit ist, im Rahmen der Forschung herauszufinden, wie man durch Architektur dem Klimawandel entgegenwirken und gleichzeitig die Lebensqualität in einer, immer heißer und dichter werdenden, Stadt sicherstellen kann. Zunächst soll erhoben werden, welche Auswirkungen das menschliche Handeln, unter spezieller Betrachtung der Baukultur, auf das Klima hat und welche demografischen und klimatischen Entwicklungen laut Prognosen in Wien zu erwarten sind. Des Weiteren soll die Entstehung von Hitzeinseln sowie Faktoren, die diese begünstigen untersucht werden. Anschließend sollen daraus resultierende Anforderungen an zukunftsfähige Architektur betrachtet werden. Untersucht wird zum einen die potentielle Minimierung des ökologischen Fußabdrucks im Gesamtlebenszyklus und zum anderen die Möglichkeit durch Integration von Vegetation in Gebäuden die Regeneration und Erhaltung des Ökosystems zu maximieren. Ziel ist es, lokal die Lebensqualität der Stadtbewohner sicherzustellen und gleichzeitig auf globaler Ebene das Klima zu schützen.

In einem architektonischen Entwurf im innerstädtischen und dicht bebauten Gebiet sollen die theoretisch erarbeiteten Potentiale veranschaulicht werden und ein Überblick von Möglichkeiten dargestellt werden, wie Architektur als Instrument zum Klimaschutz betrachtet werden kann.

Das Untersuchungsziel ist, nachfolgende Prämissen aus den Ergebnissen der Vor-Recherche zu überprüfen:

Prämisse I:

Die Architektur steht vor neuen Herausforderungen: dichter und größer werdende Städte treiben den Klimawandel voran, welcher wiederum die Städte nachweislich aufheizt und die Lebensqualität reduziert.

Prämisse II:

Um das Klima zu schützen und festgelegte Klimaziele zu erreichen, ist eine Umweltbilanzierung im Gesamtlebenszyklus eines Gebäudes erforderlich, um den tatsächlichen ökologischen Fußabdruck minimieren zu können.

Prämisse III:

Durch Integration von Vegetation kann das städtische Mikroklima verbessert, die Lebensqualität positiv beeinflusst und die Erhaltung und Regeneration des Ökosystems maximiert werden.



# 02\_PROBLEMSTELLUNG

der Klimawandel. die Stadt. das Bauen

# 02\_PROBLEMSTELLUNG

der Klimawandel. die Stadt. das Bauen



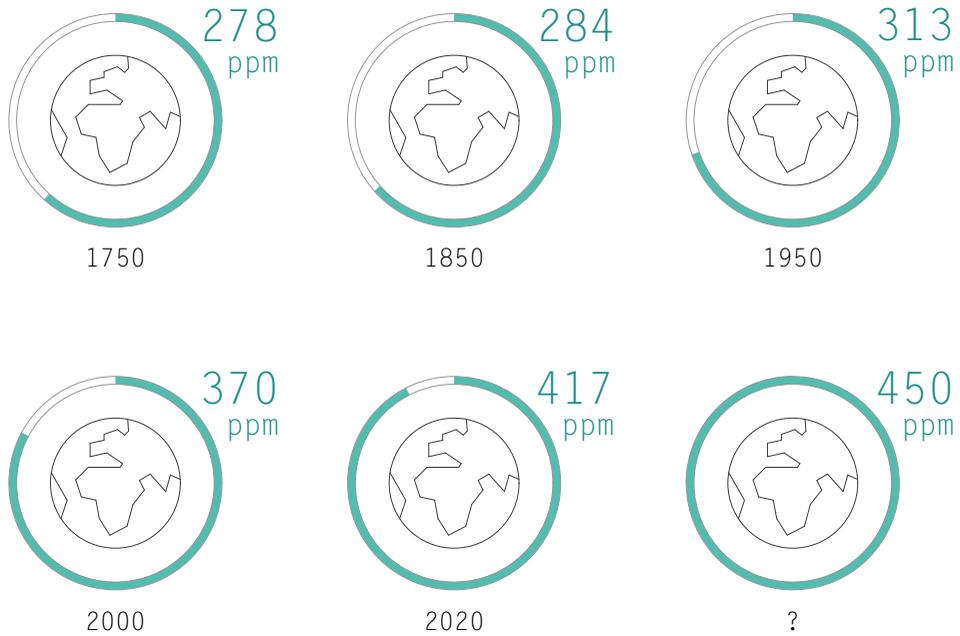
Städte sind global für über 60% der Emissionen verantwortlich, konsumieren 78% der Energien und haben einen enormen Ressourcenverbrauch. Gleichzeitig sind die Auswirkungen des menschlichen Handelns, welches den anthropogenen Klimawandel hervorgerufen hat, auch in Städten stark spürbar. Eines der bekanntesten Probleme des städtischen Klimas ist das Auftreten erhöhter Temperaturen in Form von Hitzeinseln, hervorgerufen durch eine veränderte Energiebilanz bebauter Gebiete. Klimawandel, Mensch und Stadt stehen sich also als gegenseitig anheizende Faktoren gegenüber. Die Weltbevölkerung wächst und immer mehr Mensch verbrauchen immer mehr Ressourcen der Erde. Der Anteil der Menschen, die in Städten leben nimmt aber nicht nur stetig parallel zur Weltbevölkerung zu, sondern wird auch prozentuell immer größer. Bevölkerungszuwachs und Urbanisierungsprognosen bringen die Herausforderung an Städte mit sich, auf den entsprechend wachsenden Platzbedarf zu reagieren. Zum einen werden die Städte so immer dichter, zum anderen kommt es flächenmäßig zu Ausdehnungen. Parallel dazu ist es eine der aktuellsten und wichtigsten Herausforderungen der Menschheit den Klimawandel so gut wie möglich einzudämmen und gleichzeitig die Lebensqualität bei heißer werdenden Temperaturen und zunehmenden Extremwetterereignissen sicherzustellen. Besonders im städtischen Raum stellt die Bewältigung von Hitzeinseln in Zukunft eine wichtige Aufgabe dar. Die kontinuierlich fortschreitende Urbanisierung führt zu wachsenden Städten, die mit einer immer größer werdenden Versiegelung immer stärkeren Einfluss auf natürliche Kreisläufe nehmen und immer mehr Ressourcen verbraucht werden. Was wiederum die negativen Auswirkungen auf das städtische Klima verstärkt und den globalen Klimawandel weiter vorantreibt.

Das Bewusstsein über diese Vorgänge und die einhergehenden Folgen hat in den vergangenen Jahren enorm zugenommen. Gesetzlich wird im Zuge formulierter Klimaziele und Regulierungen versucht die Emissionsausstöße einzugrenzen. Die Klimaziele für 2030 und 2050 müssen unbedingt eingehalten werden um die Auswirkungen des Klimawandels einzudämmen. Aber anstatt den Zielen näher zu kommen und die Emissionen zu senken, verbrauchen wir noch mehr Ressourcen. Im Gebäudesektor und somit auch in der Architektur besteht konkreter Handlungsbedarf.



# GEBÄUDE & KLIMAWANDEL

Abb. 2.1:  
Entwicklung des  
CO<sub>2</sub>-Gehalts in der  
Atmosphäre im Jah-  
resvergleich



Der Mensch verändert die Erdoberfläche und ist durch sein Handeln im Laufe der Zeit zu einem der größten Einflussfaktoren auf biologische, geologische und atmosphärische Prozesse der Erde geworden. Diese Eingriffe sind unter anderem in Form des Klimawandels spürbar, welcher einen weiteren Temperaturanstieg, Extremwet-

tereignisse, Artensterben, Ernteausfälle sowie auch Gletscherschmelze und Anstieg des Meeresspiegels zur Folge hat. Der Zusammenhang zwischen dem Handeln der Menschen und dem Klimawandel ist laut IPCC Bericht ohne Zweifel. Der anthropogene Einfluss wird auf 95% geschätzt. (IPCC, 2013, S. 5).



## Klimawandel global

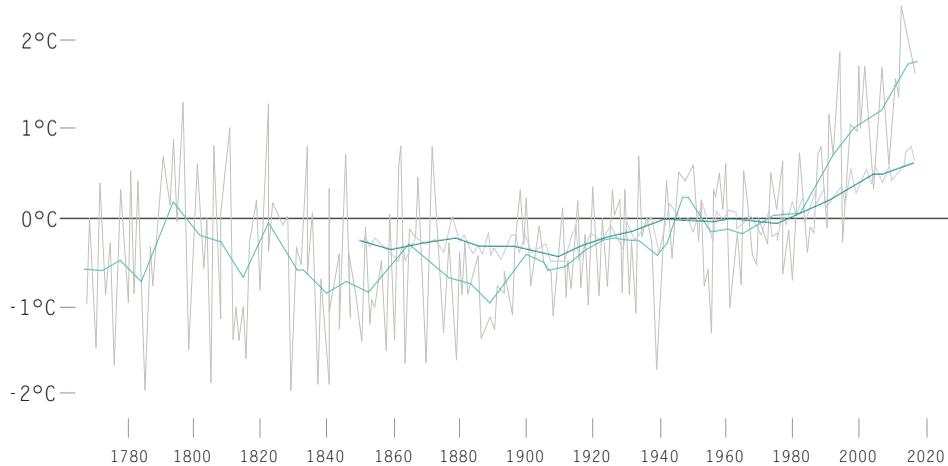
Im Jahr 1750, vor der Industrialisierung betrug die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre 278 ppm (vgl. IPCC, 2013, S.131). Seitdem hat sie um 48,5% zugenommen, während sie in den davorliegenden 10 000 Jahren annähernd gleichgeblieben ist (vgl. NOAA, 2020, online). Zurückzuführen ist diese Zunahme auf den damaligen Fortschritt in Wissenschaft und Technologie. Neben der einfacher und dadurch günstiger gewordenen Erzeugung von Rohstoffen und Energie, trug auch der ansteigende Wohlstand, welcher wiederum das Bevölkerungswachstum enorm vorantrieb, zu dieser Entwicklung bei (Energieatlas, S.40). Der globale Kohlenstoffdioxidanstieg entwickelte sich jedoch progressiv. So ließen sich 1950 im Vergleich zu 1850 um insgesamt 30 ppm mehr messen und im Verhältnis dazu von 1950 bis 2020 knapp über 100 ppm mehr. Der Anstieg hat sich den letzten 70 Jahren mehr als vervierfacht und ging noch rasanter vor sich als prognostiziert. Im Juni 2020 lag die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre bei insgesamt 417 ppm (vgl. NOAA, 2020, online). Die vermehrten Treibhausgase in der Atmosphäre sind maßgebend für den spürbaren Temperaturanstieg auf unserer Erde, da mehr Infrarotstrahlen absorbiert werden und nicht ins All, sondern zurück an die Erde gelangen. So hat sich als Begleiterscheinung des wachsenden Emissionsausstoßes die globale Durchschnittstemperatur

seit der industriellen Revolution bereits um 1,1°C erhöht (vgl. European Commission, 2018, S.2). Die nachgewiesene globale Temperaturerhöhung im 20. Jahrhundert wird auch im 21. Jahrhundert noch weiter fortschreiten. Der Anstieg gilt als unaufhaltbar, genauso wie irreversible regionale Änderungen im Meeres- und Landesökosystem. Einzig das Ausmaß ist noch ungewiss. Laut Prognosen des Potsdamer Institutes bewegen wir uns in einem Schwankungsbereich von 1,5 und 5,8°C. Somit wird sich die Erde um mindestens 1,5°C erwärmen. Bis zu 2°C Erwärmung sind laut Stand der Forschung vermutlich für unser Ökosystem noch tragbar. Ein weiterer Anstieg würde zu einer irreversiblen Schädigung des gesamten Systems führen. Um diesen Kipppunkt nicht zu erreichen, darf das CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre auf maximal 450 ppm ansteigen (vgl. Hegger et al. 2008, S.40). Da es sich allerdings bis zum jetzigen Stand der Dinge um eine progressive Entwicklung handelt, befürchtet der Klimaforscher Ralph Keeling, dass, wenn sich nicht bald ein Gegentrend zum globalen Anstieg des Emissionsausstoßes abzeichnet, diese Grenze bereits 2035 überschritten sein könnte (vgl. Keeling, 2016, online). Einzig durch Klimaschutzmaßnahmen besteht die Chance die Intensität der globalen Erwärmung und die einhergehenden Folgen einzudämmen (vgl. Weller et al. 2016, S. 5).



## PROBLEMSTELLUNG

Abb. 2.2:  
Entwicklung der  
mittleren Jahres-  
temperatur weltweit  
1850-2017 (dun-  
keltürkis) und in  
Österreich 1767-2017  
(helltürkis) + jähr-  
liche Abweichungen  
vom Mittel der Jahre  
1961-1990 (graue  
Linie)



## Klimawandel Österreich

Der Temperaturanstieg zeichnet sich in Österreich gegenüber dem globalen Mittel mehr als doppelt so stark ab. Die Entwicklung lässt sich im ganzen Land homogen beobachten. So wurden sowohl in Wien, als auch auf dem Sonnblick, in 3100 m Seehöhe, im Vergleich zur vorindustriellen Zeit bereits eine Erhöhung der Durchschnittstemperatur um mehr als 2°C gemessen. Seit 1930 lässt sich im Winter eine Erwärmung von 0,25°C pro Jahrzehnt ablesen (vgl. Anderl, 2018, S. 5). Auch in Zukunft soll die Temperatur im Alpenraum stärker ansteigen als im Durchschnitt. Zum einen liegt das daran, dass sich die Luft über dem Land schneller erwärmt als über dem Meer

und zum anderen wird die Nordwärtsverlagerung des subtropischen Hochdruckgürtels als mögliche Ursache herangezogen. Das globale Ziel von einer Eindämmung auf 2°C könnte in Österreich also eine Erwärmung um 4°C bedeuten (vgl. Anderl, 2018, S. 23).

Mögliche Folgen in Österreich sind neben der Hitze, die heißere und trockenere Sommer bringt, auch die steigende Intensität von Niederschlag, Hochwasser und Schädlingsinvasionen. Auch weniger Schneebedeckung, Gletscherrückgang und zunehmende Murenabgänge sind zu erwarten (vgl. oesterreich.gv, 2020f, online).



## PROBLEMSTELLUNG

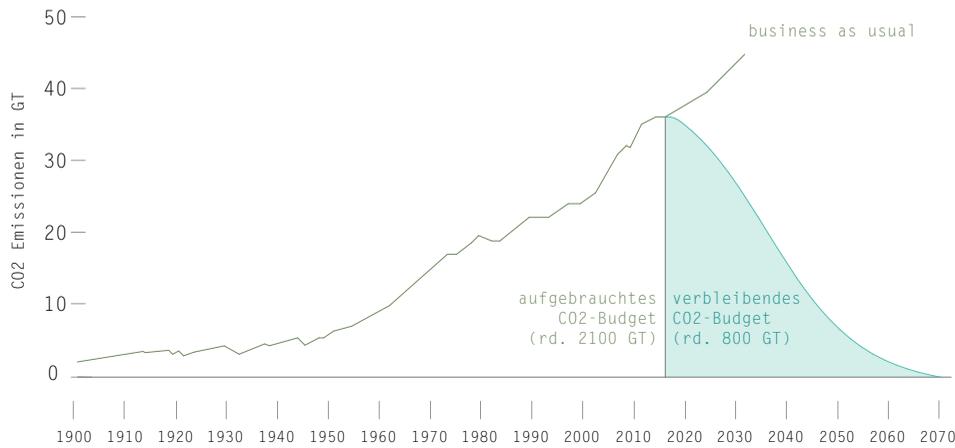


Abb. 2.3:  
Verlauf der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen und verbleibendes Budget

## Klimaziele

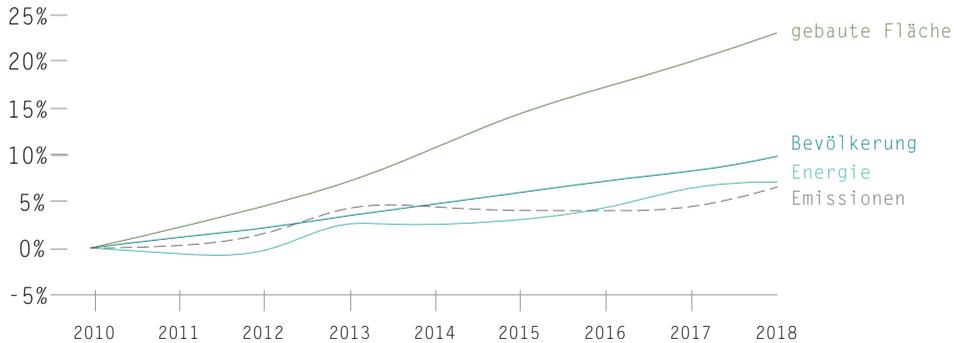
Das größer werdende Bewusstsein welches Ausmaß der Klimawandel annehmen kann führt dazu, dass das Thema auch in der Politik an Bedeutung gewinnt. Im Rahmen des Pariser Klimaabkommens haben sich im Dezember 2015 195 Länder dazu verpflichtet die globale Erwärmung unter 2°C möglichst bei 1,5°C zu halten. Durch natürliche Prozesse dauert es, auf Grund der Trägheit des Klimas, Jahrtausende bis das durch den Menschen erzeugte CO<sub>2</sub> wieder aus der Atmosphäre abgebaut ist. 1,5°C einzuhalten ist also bei jetziger atmosphärischer CO<sub>2</sub>-Konzentration nur möglich, wenn es gelingt in den nächsten Jahrzehnten überall auf der Welt und in allen Sektoren die Emissionen auf 0 zu reduzieren (vgl. IPCC, 2019, S. 5). Die EU hat es sich zur Aufgabe gemacht bis 2030 die Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 um 40% zu senken, den Anteil an erneuerbaren Energien um 32% zu erhöhen und zusätzlich die Energieeffizienz um mindestens 32,5% zu steigern (vgl. European Commission, 2020f, online). Um irreversible Schäden abzuwenden, muss der Klimawandel auf 1,5°C begrenzt werden, was langfristig nur erreicht werden kann, wenn es bis zum Jahr 2050 gelingt, die globalen CO<sub>2</sub>-Nettoemissionen auf null zu redu-

zieren (vgl. European Commission, 2018, S.4). Die EU arbeitet an Strategien diese CO<sub>2</sub>-Neutralität zu erreichen. Mit dem Klima- und Energiepaket 2020, zu dessen Einhaltung sich alle EU-Mitgliedsstaaten verpflichtet haben, sollen die Treibhausgasemissionen bereits 2020 um 20% gegenüber dem Basisjahr 1990 reduziert und der Anteil an erneuerbaren Energien um 20% erhöht werden. Österreich wurde von der Europäischen Kommission eine THG-Höchstmenge, ohne Emissionshandel, von 47,8 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent zugeschrieben (vgl. Umweltbundesamt, 2019, S.6). Das Klimaziel von 2020 kann laut dem österreichischen Klimaschutzgesetz Fortschrittsbericht von 2019 eingehalten werden. Allerdings konnte Österreich von 2013-2016 ein Emissionsguthaben von 8,4 Tonnen aufbauen, welches der THG-Bilanz von 2020 gegengerechnet werden kann (vgl. Umweltbundesamt, 2019, S.6). Da aber von nun an kein Guthaben mehr vorliegt und die Emissionen trotzdem auf das vorgegebene Maß begrenzt werden müssen, sollten die Klimaschutzmaßnahmen noch deutlich verschärft werden um die Ziele von 2030 zu erreichen.



## PROBLEMSTELLUNG

Abb.: 2.4:  
globale Entwicklung des Bausektors in den Bereichen Emissionen, Energie, gebaute Fläche im Beobachtungszeitraum von 2010-2018



## Klimawandel und Bausektor

Der Bausektor spielt hier eine zentrale Rolle, da bei der Herstellung von Baustoffen und Bereitstellung von Heiz- und Kühlenergie ein großer Teil der globalen Treibhausgase ausgestoßen wird. Laut 2019 Global Status Report of Building and Construction hat der Gebäudesektor 36% des globalen Energieverbrauchs und 39% des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes zu verantworten (vgl. IEA, 2019, S. 12-15). Davon sind allein der Zementindustrie global 8% aller CO<sub>2</sub>-Emissionen zuzuschreiben, wobei sich die durch Zement verursachten Emissionen allein seit 2000 mehr als verdoppelt haben (vgl. Andrew, 2017, S. 195-196). Anstatt sich den Klimazielen zu nähern und Emissionen und Energieverbrauch zu reduzieren, steigen diese weiter. Die globalen Emissionen im Gebäudesektor stiegen von 2010 auf 2018 um 7% und alleine in einem Jahr, von 2017 auf 2018, um 2% an. Zugleich stieg der Elektrizitätsbedarf im Zeitraum von 2010 bis 2018 um 19%. Es lassen sich jedoch auch positive Entwicklungen feststellen. Die für das Heizen aufgebrauchte Energie konnte durch höhere Effizienz um 2% gesenkt werden (vgl. IEA, 2019, S. 10) und das trotz rasant wachsender Nutzflächen. Dennoch wurden in Europa für die Temperierung von Gebäuden rund 40% der gesamten Energie verbraucht. Noch weiter würde dieser Anteil steigen, wenn man die graue Energie, die bei Errichtung, Instandhaltung und

Rückbau aufgewendet wird noch miteinbeziehen würde (vgl. Drexler, 2013, S.30). Jedoch ist mit 8% Erhöhung in nur einem Jahr der Energieverbrauch für das Kühlen von Gebäuden der am schnellsten steigende Faktor (vgl. IEA, 2019, S. 10). Wenn sich der derzeitige Trend fortsetzt, steigt der Energiebedarf im Gebäudesektor noch um weitere 50% (vgl. IEA, 2019, S. 12-15). Bedingt durch die globale Erwärmung und eine positive ökonomische Entwicklung der Entwicklungsländer wird für das 21. Jahrhundert mit einer Vervielfachung des Gebäudekühlbedarfs gerechnet (vgl. Betzler, 2016, S. 42). Wenn die festgelegten Klimaziele erreicht werden sollen, müssen die weltweiten, durch die Bau- und Gebäudesektor verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen, von 2020 an um jährlich 8% gesenkt werden (vgl. IEA, 2019, S. 12-15). Zusätzlich zu den für den Klimawandel relevanten Treibhausgasen ist der Bausektor global für 60% des Abfallaufkommens verantwortlich (vgl. Hegger et al. 2008, S. 38) und verbraucht rund die Hälfte aller aus dem Boden kommenden Ressourcen (vgl. IEA, 2019, S. 9). Die Aufmerksamkeit auf den großen Anteil am Ressourcenverbrauch und CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu richten ist nicht nur relevant um aufzuzeigen wie klimaschädigend der Gebäudesektor ist, sondern auch, um auf den großen Spielraum an Optimierungspotential hinzuweisen (vgl. Drexler, 2013, S.30).



PROBLEMSTELLUNG

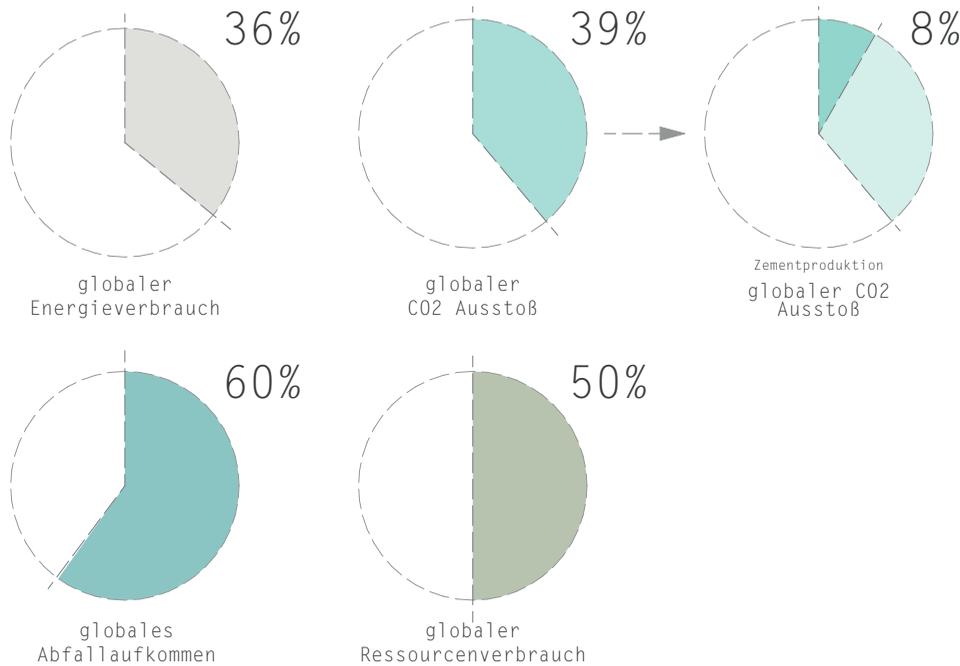


Abb. 2.5: aktuelle Anteile des Bausektors an globalen Umweltauswirkungen

## Gebäudesektor Österreich

Die Treibhausgasemissionen des Gebäudesektors in Österreich gehen seit 1990 kontinuierlich zurück. Laut dem Klimaschutzgesetz Fortschrittsbericht von 2019 sind diese von 2005 auf 2017 um 33% gesunken. Zurückzuführen sei die Abnahme vor allem auf die Reduktion fossiler Brennstoffe gegenüber erneuerbaren Energien und Fernwärme (vgl. Umweltbundesamt, 2018, S.125). Ebenso führte die thermische Sanierung von Bestandsgebäuden zu mehr Effizienz (vgl. Umweltbundesamt, 2019, S.5). Was sich wiederum nicht nur in der Energieeffizienz positiv auswirkt, sondern auch auf die Wohn- und Lebensqualität, sowie auf die Werterhaltung der Bausubstanz (vgl. Umweltbundesamt, 2018, S.134). Die Effizienzunterschiede, die sich im Heizwärmebedarf zeigen, sind enorm. 2017 konnte

dieser bei geförderten Sanierungsobjekten von 176,3 kWh/m<sup>2</sup> auf 46,7 kWh/m<sup>2</sup> reduziert werden. Der HWB sanierter Bestandsgebäude von vor 10 Jahren, 67 kWh/m<sup>2</sup>, zeigt eine Effizienzsteigerung in der thermischen Sanierung zum heutigen Stand von 43%. Im geförderten Neubau ließ sich im selben Jahr ein Heizwärmebedarf von 26,5 kWh/m<sup>2</sup> erreichen (vgl. Umweltbundesamt, 2018, S.137-38).

Der Einsatz von Öl ist von 1990 auf 2016 um 45 % zurückgegangen, der von Kohle sogar um 97%. Hingegen hat der Energieeinsatz durch Strom um 55% zugenommen, der durch Fernwärme um 167%. Bei Solarthermie und Umgebungswärme konnte ein Plus von 677% festgehalten werden (vgl. Umweltbundesamt, 2018, S.127). Als Planer gilt es allerdings diesen „nach-



## PROBLEMSTELLUNG

haltigen Fortschritt“ nicht direkt als Erfolg einer umweltfreundlicheren Architektur zu verbuchen, sondern diesen kritisch zu betrachten. 2018 war der Gebäudesektor für 10 % der gesamten österreichischen Treibhausgase verantwortlich, ohne Emissionshandel waren es 16%. Diese Zahlen beschreiben aber nur die Nutzung von Gebäuden bezogen auf Temperierung und Warmwasserbereitstellung. Die Treibhausgase, welche zu diesem Zweck aus Fernwärme und Strom entstehen, werden im Klimaschutzsektor Energie und Industrie miteingerechnet (vgl. Umweltbundesamt, 2019, S.32). Da wie bereits erwähnt, der Heizöl- und Erdgasinsatz zunehmend durch mehr Nutzung von Fernwärme und Strom ersetzt wird, und diese Emissionen dann einem anderen Sektor zugerechnet werden, kommt das dem Klimaschutzgesetz-Zielpfad zugute. Auch nicht miteinkalkuliert sind Baustoffherstellung, Transport, Errichtung sowie Abbau und Abfallentsorgung von Gebäuden. Diese werden in den Sektoren Energie und Industrie, Verkehr, und Abfallwirtschaft bilanziert und lassen sich anteilmäßig nicht eruieren. Zusätzlich sind die Treibhausgasemissionen von der Intensität und Dauer der Heizperiode abhängig. Durch den Klimawandel lässt sich hier ein Rückgang beobachten, welcher die Reduktion der Heizemissionen begünstigt. Parallel zur positiven Emissionsentwicklung des Gebäudesektors von 2005 auf 2017 lohnt sich der Blick auf die Klimastatistiken dieser Jahre, in denen das Jahr 2005 als deutlich kälter hervorgeht und dies somit die Statistik maßgeblich beeinflusst. Für eine deutliche Effizienzsteigerung spricht aber der Emissionsrückgang trotz einer Zunahme der Wohnnutzfläche um 15,1% in diesem Zeitraum (vgl. Umweltbundesamt, 2019, S.34-35). Auch zugenommen hat der Gesamtstrom-

verbrauch von Gebäuden. In Dienstleistungsgebäuden und Privathaushalten ist von 1990 auf 2018 ein Anstieg von 55,4% festzustellen (vgl. Umweltbundesamt, 2018, S.127). Der Gebäudesektor liegt zwar mit seinen Emissionen unter dem Klimaschutzgesetz-Zielpfad, dennoch gibt es noch enormes Reduktionspotential, unter anderem in der hohen Bestandszahl thermisch-energetisch noch deutlich zu verbessernder Gebäude. (vgl. Umweltbundesamt, 2018, S.134). Aber auch im Neubau soll mit der Neufassung der OIB Richtlinie 6 Schritt für Schritt eine Anpassung an den Standard Niedrigenergiehaus stattfinden. Verbindliche Anforderungen gibt es zum einen an die thermische Qualität der Gebäudehülle, zum anderen an den Einsatz hocheffizienter, alternativer Energiesysteme (vgl. Umweltbundesamt, 2019, S.39-40). Dadurch soll der Beitrag des Gebäudesektors zum Klimaschutz auch in Zukunft optimiert werden. Um ein Gebäude jedoch ganzheitlich nachhaltig bewerten zu können, müssten Gesamtlebenszyklusanalysen, sowie Regulierungen zu verwendeten Baustoffen herangezogen werden, um das Problem nicht nur zu verschieben.



## PROBLEMSTELLUNG



Abb. 2.6:  
Baustelle See-  
stadt Aspern

## Resultierende Anforderungen an die Architektur

Nach Weller ist es das oberste Ziel der Architektur den Menschen vor klimatischen Einflüssen zu schützen. Das sei unter anderem an den unterschiedlichen Bauweisen verschiedener Klimaregionen ablesbar (vgl. Weller et al. 2016, S.10-11). Klimagerecht bauen heißt also positive Klimaeinflüsse bestmöglichst zu nutzen und gleichzeitig negative Einflüsse abzuleiten. Wenn diese sich aber ändern, muss auch die Architektur entsprechend reagieren. Der Klimawandel hat mittlerweile unumstrittene Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Die Veränderungen des Ökosystems bringen nicht nur die Lebensqualität der BewohnerInnen/ NutzerInnen in Gefahr, deren Lebensräume nicht mehr in Korrespondenz zu den klima-

tischen Entwicklungen stehen. Er zeichnet sich an den Gebäuden selbst ab, die unter immer intensiver und häufiger auftretenden Unwetterereignissen Schaden nehmen können oder den sich ändernden klimatischen Anforderungen auf andere Weisen nicht mehr gerecht werden (vgl. Weller et al. 2016, S.5).

Klimagerechtes Bauen ist zu einem Doppelauftrag geworden: Zum einen muss so gebaut werden, dass Gebäude dem sich ändernden Klima standhalten können. Zum anderen sollen sie während Errichtung, Nutzung und Abbau, sprich während des gesamten Lebenszyklus das Klima so wenig wie möglich belasten und dieses so gut wie möglich schützen.



# DEMOGRAFISCHE ENTWICKLUNG & AUSWIRKUNGEN

## Bevölkerungszuwachs

Dass der Ressourcenverbrauch auf Kosten der Natur immer weiter ansteigt, ist zum einen mit unserem Wirtschaftssystem, welches auf ständigem Wachstum und Konsum basiert, zum anderen mit einer rapide wachsenden Bevölkerung zu erklären. Seit Beginn des 20. Jahrhunderts hat sich die Weltbevölkerung beinahe verfünffacht und hat heute 7,8 Milliarden erreicht. Obwohl die jährliche Bevölkerungswachstumsrate von 2,2% im Jahr 1970 bis heute auf 1,05% gefallen ist, steigt die Weltbevölkerung dennoch weiter an (vgl. Roser et al. 2020, online). Zurückzuführen ist dies auf eine zwar sinkende Fertilitätsrate aber einer zeitgleich stark ansteigenden Lebenserwartung. Laut UN soll die Weltbevölkerung

die 10 Milliarden im Jahr 2057 erreichen und ihren voraussichtlichen Höhepunkt zwischen 2075 und 2100 mit ca. 11 Milliarden Menschen erreichen (vgl. United Nations, 2020, online), das entspricht aus heutiger Sicht einem globalen Zuwachs von 41%. Während sich vor allem in Afrika und Asien die Bevölkerungszahl rasant entwickeln wird, wird in Europa nur mit einem leichten Anstieg gerechnet (vgl. Roser et al. 2020, online). Laut Prognosen soll in Österreich die derzeitige Zahl von 8.9 Millionen Einwohner bis 2100 noch auf 10 Millionen steigen (vgl. Statistik Austria, 2019), was einem Zuwachs von 12,3% entspricht.



PROBLEMSTELLUNG

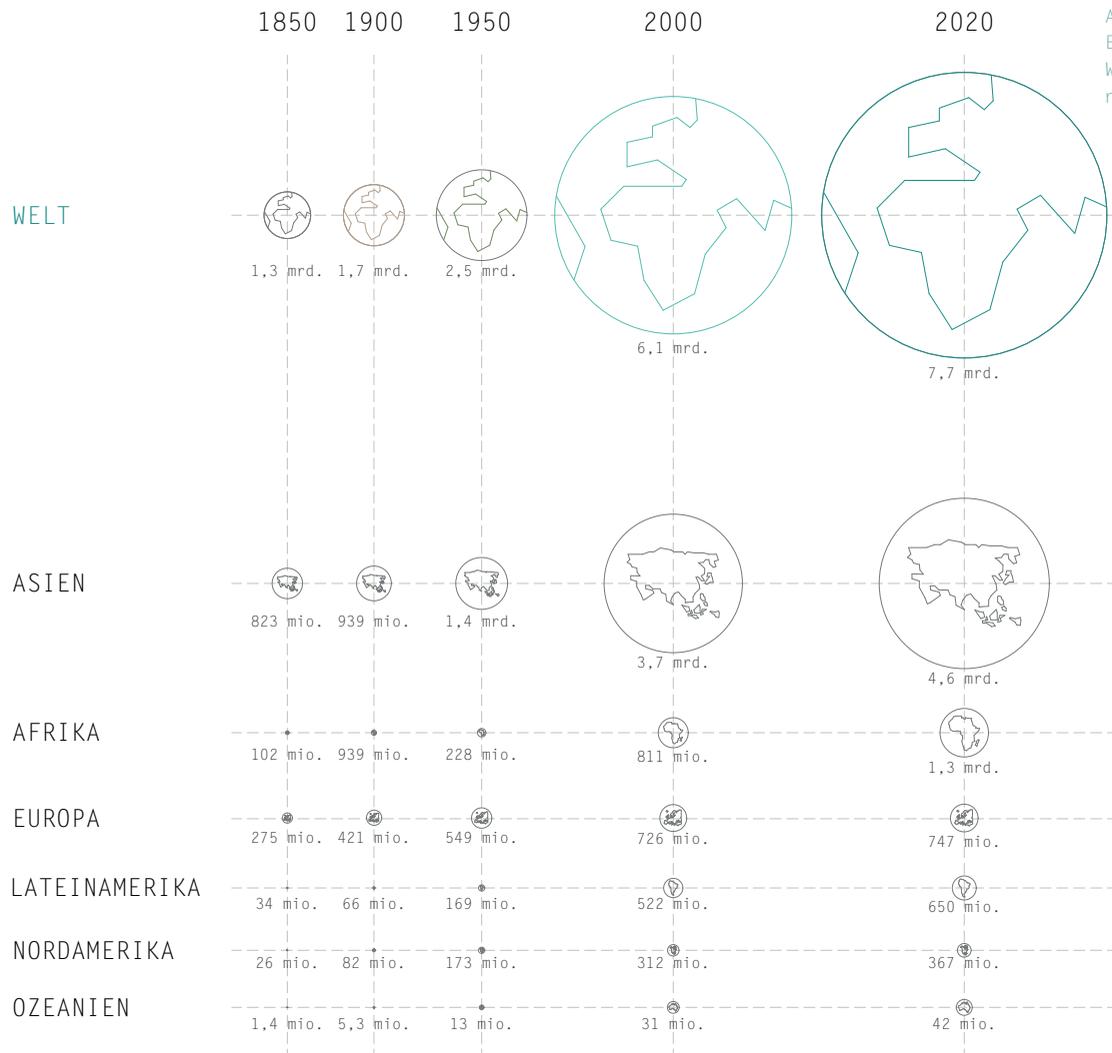
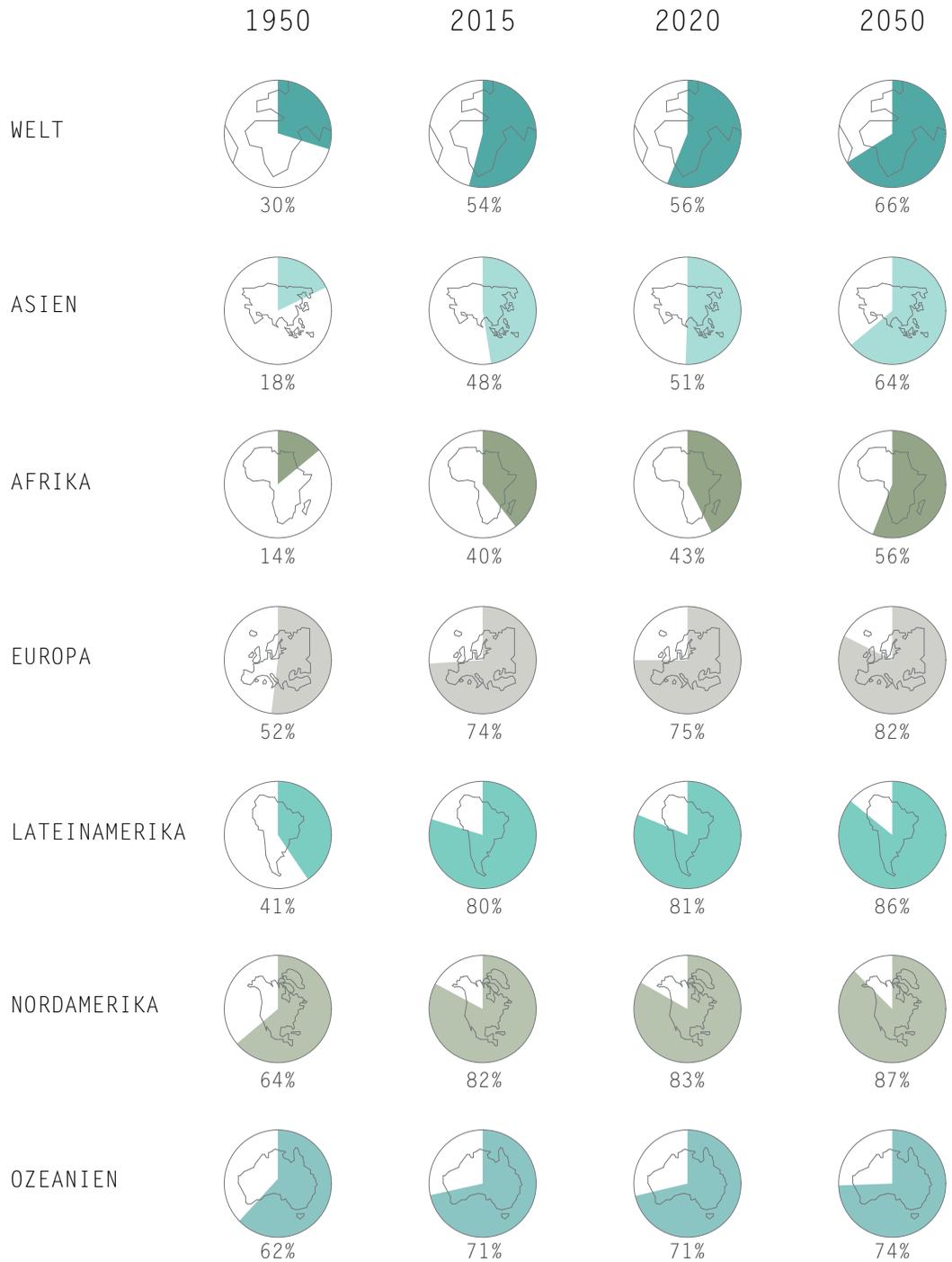


Abb. 2.7:  
Entwicklung der  
Weltbevölkerung  
nach Regionen



PROBLEMSTELLUNG

Abb. 2.8:  
Entwicklung des  
Urbanisierungsgra-  
des nach Regionen





## Urbanisierung

Parallel zur wachsenden Bevölkerung zeichnet sich ab, dass immer mehr Menschen vom Land in die Stadt ziehen. Diese räumliche Umverteilung von ruralen in urbane Gebiete wird als Urbanisierung beschrieben. Grund für diese Verschiebung ist, dass die Stadt vielen Menschen Hoffnung auf Wohlstand, Arbeit und eine neue Perspektive gibt. Während 1950 noch zwei Drittel der Weltbevölkerung in ländlichen Regionen lebten, leben heute weltweit 55% aller Menschen in Städten. Dieser Trend wird sich laut Prognosen auch in Zukunft noch weiter fortsetzen. Bis 2050 wird weltweit ein Anstieg auf 66% erwartet. Die Welt zieht einer europäischen Entwicklung nach. In Europa lebte schon 1950 die Hälfte der Menschen in Städten, heute sind es ca. 74%. Dieser Anteil soll sich laut Prognosen der UN bis 2050 noch auf über 80% erhöhen (vgl. United Nations, 2019, S. 6). In Europa wird allerdings mit einem im Vergleich zu anderen Kontinenten relativ geringen Bevölkerungszuwachs gerechnet. 90% des weltweiten Bevölkerungszuwachses werden in Afrika und Asien erwartet. Deshalb wird davon ausgegangen, dass in Zukunft in asiatischen und afrikanischen Städten die meisten Menschen leben wer-

den. Die urbane Bevölkerung in Afrika soll sich laut Prognosen bis 2050 verdreifachen. 52% aller im urbanen Raum wohnenden Menschen leben heute in asiatischen Städten (vgl. United Nations, 2019, S. 10). Auch die meisten Megacities, also Städte mit mehr als 10 Millionen Einwohnern, sind in Asien. Von ihnen wird es zukünftig mit hoher Wahrscheinlichkeit immer mehr geben. Wurden 1990 nur 10 gezählt (vgl. Betzler, 2016, S. 33), waren es 2018 bereits 33 und bis zum Jahr 2030 sollen es bereits 43 Megacities werden (vgl. United Nations, 2019, S. 16).

Die rasante Entwicklung und die räumliche Konzentration so vieler Menschen bringt für Städte neue Herausforderungen. Diese sind unter anderem der Ausbau der Infrastruktur, das Schaffen von neuem Wohnraum, die Versorgung mit Energie und Nahrung sowie die Sicherstellung sozialer Leistungen. Gleichzeitig soll die Dichte verträglich bleiben, die Lebensqualität der städtischen Bewohner sichergestellt und die Umwelt nicht unnötig belastet werden.



## PROBLEMSTELLUNG

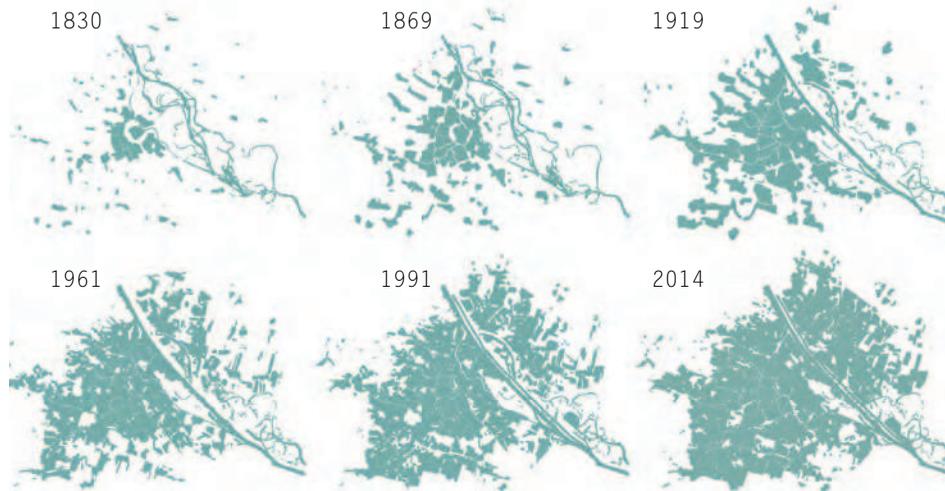


Abb. 2.9:  
Entwicklung der  
versiegelten  
Fläche in Wien

## Demografische Entwicklung in Wien

Auch Wien befindet sich im Wandel der Urbanisierung. Mit einem prognostizierten Anstieg von 16%, von den 1,9 Millionen heute in der Stadt lebenden Menschen auf 2,2 Millionen EinwohnerInnen im Jahr 2050, wird deutlich, dass die Stadt im Vergleich zum restlichen Land schneller wächst. Für Wien wird mit 3-4% mehr Zuwachs erwartet als für den Rest Österreichs (vgl. Statistik Austria a, 2019). Die Bevölkerungszunahme wird vor allem in den Bezirken, die flächen- und bebauungsmäßig noch eine Ausdehnung zulassen, also vorwiegend in den Randbezirken erwartet (vgl. Bauer, 2019, online).

Mit einem Altersdurchschnitt von 40,8 Jahren ist Wien seit 2015 das jüngste Bundesland Österreichs. Die stärkste Altersgruppe bilden die 25-35-Jährigen, durch das hohe Elternpotential 2016 wurde sogar ein neuer Geburtenhöchststand der Nachkriegsperiode aufgezeichnet. Wien entwickelte sich erst in den letzten 20-30 Jahren wieder zu einer jungen und wachsenden europäischen Metropole. Entscheidend für diese Entwicklung war und ist die Migration, denn die Gesamtfertilitätsrate liegt bei unter zwei Kindern pro Frau. Ohne Zuwanderung würde die Wiener Bevölkerung schrumpfen

und demografisch altern. Zumindest parallel zur sinkenden Fertilitätsrate die durchschnittliche Lebenserwartung der WienerInnen im letzten Jahrhundert verdoppelt hat. Laut Prognosen soll sich die Zahl der über 80-Jährigen bis 2050 verdoppeln, während der Anteil der WienerInnen im erwerbstätigen Alter etwas zurückgehen wird (vgl. Bauer/Himpele, 2019, online). Somit soll Wien zwar noch weiterwachsen, jedoch ist zu erwarten, dass das Durchschnittsalter, wenn auch langsamer als im restlichen Land, steigen wird.



## PROBLEMSTELLUNG

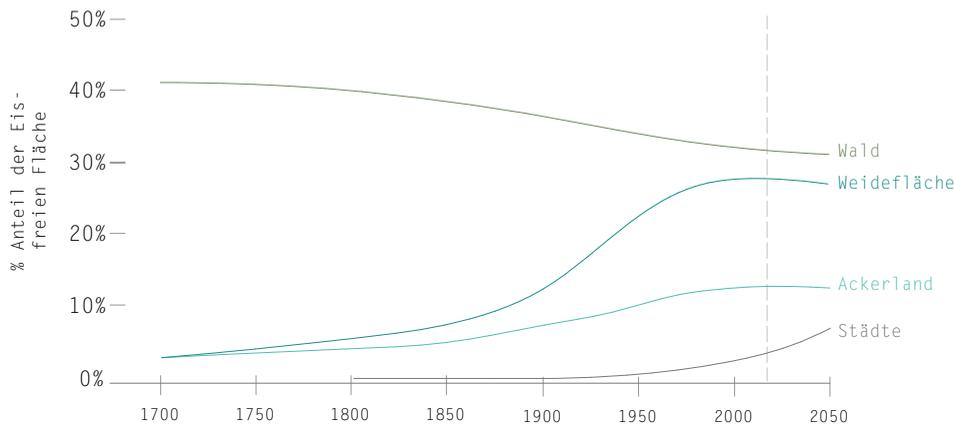


Abb. 2.10:  
Zeitliche Veränderung der Landnutzung

### Anstieg versiegelter Fläche

Mit steigender Bevölkerung steigt auch die Nachfrage an Wohn- und Lebensraum und führt so, nach heutigem Stand der Stadtentwicklung, zu einer Ausdehnung ins Umland und immer mehr versiegelter Fläche. Weltweit hat sich die vom Menschen besiedelte Fläche in nur 40 Jahren verdoppelt (vgl. European Commission, 2016, S. 45). In Europa liegt die versiegelte Fläche pro Einwohner bei ungefähr 200m<sup>2</sup>. Im Betrachtungszeitraum 2000-2030 werden sich Prognosen zufolge die versiegelten Flächen verdreifachen (vgl. Betzler, 2016, S. 33) und 2050 knapp die Hälfte der eis- und wasserfreien Erdoberfläche von Menschen bewohnt sein. Wobei mit einem Zuwachs der bewohnten Fläche und einem Rückgang von traditionellen Flächennutzungen wie Weiden und Ackerland gerechnet wird (vgl. Betzler, 2016, S.22).

In Abbildung 2.10 werden die globalen Flächenanteile in ihrer Entwicklung seit dem Jahre 1700 sowie Prognosen bis zum Jahr 2050 veranschaulicht.

In Österreich liegt die versiegelte Fläche pro Einwohner mit ca. 125m<sup>2</sup> deutlich unter dem europäischen Durchschnitt. Während die Bevölkerung Österreichs im Zeitraum 2001-2008 um 10% angestiegen ist, hat

sich die Neuversiegelung um 24% ausgeweitet, wodurch die versiegelte Fläche pro Kopf in weniger als 20 Jahren um 25m<sup>2</sup> gestiegen ist. In den letzten 5 Jahren hat sich dieser Wert aber wieder stabilisiert. Bei Siedlungs- und Verkehrsflächen in Österreich ergibt sich ein durchschnittlicher Versiegelungsgrad von 41,2%, hauptsächlich zugunsten von Verkehrs- und Bauflächen (vgl. Umweltbundesamt, 2020f, online). In Wien nimmt die versiegelte Fläche, auf Grund von dichter werdenden Strukturen zum Stadtkern hin, zu. Während in den Außenbezirken der Grünflächenanteil wesentlich größer ist, nimmt er innerstädtisch deutlich ab. Beispielsweise wurde im Bezirk Donaustadt ein Grünflächenanteil von knapp 55% gemessen, im Bezirk Neubau hingegen nur ein Anteil von knapp über 2% (vgl. Stadt Wien b, 2018, online). Zusätzlich zur wachsenden Bevölkerungszahl, welche einen immer höheren Versiegelungsgrad mit sich bringt, steigt auch weltweit die Wohnfläche pro Person. Zurückzuführen ist das auf steigenden Wohlstand und immer weniger Personen pro Haushalt. Die letzten globalen Vergleichswerte gehen auf das Jahr 2009 zurück. Vorreiter im Bezug auf Wohnfläche



## PROBLEMSTELLUNG

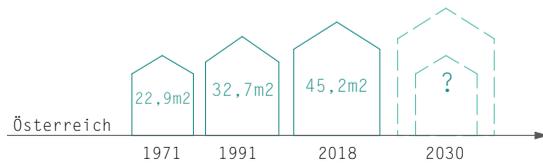


Abb. 2.11: Zeitliche Veränderung der Wohnnutzfläche pro Person in Österreich

pro Einwohner war zu diesem Zeitpunkt Australien mit  $89\text{m}^2$  pro Kopf, gefolgt von den Vereinigten Staaten von Amerika und Kanada (vgl. Betzler, 2016, S.22). Innerhalb der EU lag die Wohnnutzfläche pro Person im Jahr 2011 bei  $42,56\text{m}^2$ , wobei es deutliche Unterschiede zwischen den Mitgliedsstaaten gibt. In Rumänien beispielsweise war die Wohnfläche pro Person im genannten Jahr um  $45\text{m}^2$  kleiner als in Zypern (vgl. European Commission, 2011, online).

Der Trend der wachsenden Wohnfläche pro Person lässt sich auch in Österreich beobachten. Während 1971 die Wohnfläche pro Kopf bei  $22,9\text{m}^2$  lag, betrug sie 1991 bereits bei  $32,7\text{m}^2$  und stieg bis zum Jahr 2018 auf  $45,2\text{m}^2$  an. Dabei brauchen die WienerInnen laut den letztgültigen statistischen Aufzeichnungen mit  $36,3\text{m}^2$  österreichweit am wenigsten Wohnnutzfläche pro Person und die BurgenländerInnen mit  $53,7\text{m}^2$  pro Kopf am meisten (vgl. Statistik Austria c, 2019, online). Zur selben Zeit haben auch die Singlehaushalte in Österreich drastisch zugenommen. Lebten 1971 9% aller Österreicher alleine in Privathaushalten waren es 2018 17%. Ein großer Anteil an alleinlebenden SeniorInnen bestärkt

diese Entwicklung. Mehr als die Hälfte der über 80-jährigen lebt in einem Singlehaushalt (vgl. Statistik Austria d, 2019, online). Laut dem Global Status Report des Green Building Councils soll sich die bebaute Nutzfläche bis zum Jahr 2060 verdoppeln. Diese Entwicklung wird vor allem in Afrika und Asien stattfinden. In Europa wird hingegen davon ausgegangen, dass 80% aller im Jahr 2050 bestehenden Gebäuden schon heute gebaut sind. 35% aller heute in der EU stehenden Gebäude sind älter als 50 Jahre und 97% aller Bestandsgebäude sind nicht effizient genug um zukünftige Klimaziele zu erreichen (vgl. WorldGBC, 2019, S.22).

In Österreich hat sich die Anzahl an Gebäuden und Wohnungen von 1961 bis 2011, in nur 50 Jahren, mehr als verdoppelt. Dieser Verlauf hat sich auch in den letzten Jahren fortgesetzt. 2018 wurden in Österreich 65.987 neue Wohnungen gebaut und insgesamt 23.129 Gebäude errichtet. Der Großteil davon in Wien, Oberösterreich und Niederösterreich (vgl. Statistik Austria e, 2019, S1).



## PROBLEMSTELLUNG

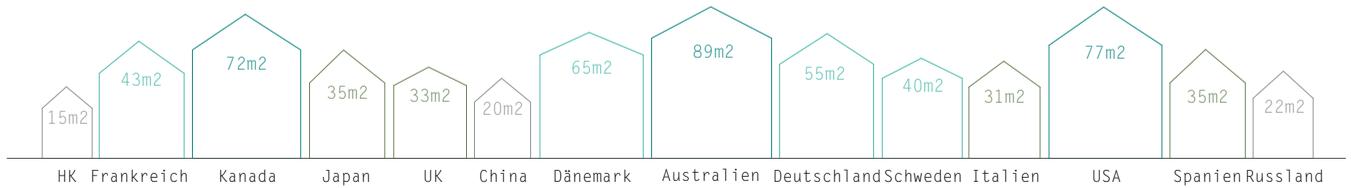


Abb. 2.12: Wohnnutzfläche pro Person nach Regionen

## Auswirkungen auf das Ökosystem

Die Menge an versiegelter Erdoberfläche, die Grund dafür ist, dass die natürliche Vegetation weichen muss, hat umfassende Auswirkungen auf das Ökosystem. Während das Regenwasser bei versiegelter Fläche nicht mehr versickert, sondern direkt in den Kanal gelangt, kann ein Hektar natürlicher Boden 2000 m<sup>3</sup> Wasser speichern (vgl. Umweltbundesamt, 2020f, online). Durch das Ableiten kann das Wasser nicht verdunsten, beziehungsweise in das Grundwasser gelangen und erhöht das Risiko auf Überfüllung des Kanalsystems bei Starkregen. Hinzu kommt, dass sich der hohe Anteil an versiegelten Flächen negativ auf die Biodiversität auswirkt. Tieren und Pflanzen wird deren Lebensraum entzogen, was zu Abwanderung oder sogar zum Verschwinden ganzer Arten führen kann.

Auch auf das Klima haben die rasant wachsenden verbauten Strukturen enorme Auswirkungen. Auf der einen Seite ist das lokal als fühlbare Erhitzung spürbar, welche auf den veränderten Rückstrahlwert von UV-Strahlen und die fehlende Verdunstungsleistung versiegelter Flächen zurückzuführen ist. Auf der anderen Seite gelangt CO<sub>2</sub>, welches ursprünglich in Pflanzen und der Erde gebunden wurde, direkt in

die Atmosphäre, was wiederum global den Klimawandel vorantreibt (vgl. Betzler, 2016, S.25) und zusätzlich für eine schlechtere Luftqualität in der Stadt sorgt. Die fehlenden Verdunstungsmöglichkeiten des Niederschlags führen zu einem Ausbleiben der bedeutenden energetischen Komponente der Verdunstungskühlung und ist durch eine Veränderung des sogenannten „kleinen Wasserkreislaufs von Landoberflächen“ spürbar. So wirkt sich in einer Kettenreaktion die Reduktion der lokalen Verdunstung massiv auf den regionalen und überregionalen Niederschlag aus. Das Fehlen von 1m<sup>3</sup> Verdunstungswasser kann in Europa den regionalen Niederschlag um das Vierfache reduzieren (vgl. Pfoser, 2018, S. 126). Soll die Bodenversiegelung wieder beseitigt werden, ist neben dem hohen Aufwand auch sehr wahrscheinlich, dass durch den lang anhaltenden Ausschluss von Luft und Wasser die Bodenfauna massiv beeinträchtigt wurde. Die natürliche Bodenfruchtbarkeit kann deshalb nur verzögert und durch Verunreinigung oft gar nicht mehr in den ursprünglichen Qualitätszustand gebracht werden. Die Neubildung von einem Zentimeter Humus kann 100-200 Jahre dauern (vgl. Umweltbundesamt, 2020f, online).



## PROBLEMSTELLUNG

Abb. 2.13:  
OASIA Hotel  
Singapur, WOHA  
Architekten



## Resultierende Anforderungen an die Architektur

ArchitektInnen können durch entsprechende Entwürfe und Planung auf diese Problematik reagieren. Als Reaktionsspielraum stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Ein Ansatz liegt darin die neu bebaute Fläche durch bewusste Planung so gering wie möglich zu halten. Auch können die Nutzung und Aufwertung des Bestandes dazu beitragen, dass bereits versiegelte Flächen effizienter genutzt werden und keine weitere natürliche Fläche weichen muss. Eine andere Handlungsmöglichkeit der Architektur besteht darin, natürliche Oberflächen mit Vegetation in die Gebäude-

hülle zu integrieren und die ursprüngliche Beschaffenheit auf geändertem, meist höher gelegenen, Niveau wiederherzustellen. Durch das künstliche Vergrößern der Oberfläche gegenüber dem ursprünglichen Baugrund, ist es möglich den Grünflächenanteil weiter zu erhöhen. WOHA Architekten beschäftigen sich schon seit einigen Jahren mit diesen neuen Anforderungen. Mit dem Entwurf des Oasia Hotels in Singapur ist es gelungen, eine Wiederbepflanzung von 1.100% der bebauten Fläche zu erreichen (vgl. ArchDaily, 2016, online).



# STÄDTISCHES PHÄNOMEN HITZEINSEL



Abb. 2.14:  
Wien, Innere Stadt

Als Fazit des vorigen Punktes kann man feststellen, dass der Bevölkerungszuwachs zu einem Anstieg der versiegelten Flächen führt sowie dazu, dass Regenwasser großflächig direkt abgeführt wird, anstatt in Form von Evaporation verdunsten zu können. Die Oberfläche hat dadurch weniger Möglichkeiten sich abzukühlen. Die glatten, oft dunklen Oberflächen wie Beton und Asphalt absorbieren zudem UV-Strahlen stärker und geben noch mehr Wärme ab als helle oder begrünte Flächen. Dazu kommt, dass Städte selbst Wärme produzieren. Diese Abwärme entsteht unter anderem durch Energieerzeugung sowie Heiz- und Kühlsysteme. Die Folge dieser Effekte ist als städtische Hitze- oder Wärmeinsel bekannt und beschreibt das Phänomen,

dass es in Städten, besonders in sehr dicht besiedelten Gebieten, spürbar wärmer wird als im Umland. Auch der englische Begriff Urban Heat Island, abgekürzt als UHI, wird im deutschen Raum zur Benennung des Prinzips herangezogen (vgl. Betzler, 2016, S. 36). An sich ist es kein neues Phänomen. Schon 1820 wurde es zum ersten Mal beschrieben (vgl. Stadt Wien, 2015, S.7). Jedoch hat das Ausmaß wesentlich an Bedeutung zugenommen. Grund dafür ist, neben der Ver- und Überbauung natürlicher Oberflächen, der Klimawandel. Das Verständnis und die Bewertung möglicher Veränderungen des lokalen Klimas sind hinsichtlich nachhaltiger Stadtentwicklung und klimasensitiver Architektur von enormer Wichtigkeit.



## Erläuterung des Phänomens

Hitzeinseln werden durch eine Wechselwirkung mehrerer genannter Effekte hervorgerufen und verstärkt. Einer der Hauptgründe ist die hohe Absorption von Sonnenstrahlung auf versiegelten Oberflächen, einhergehend mit der Wärmespeicherung durch Baumaterialien und gleichzeitig reduzierter Abstrahlung langwelliger Strahlung zwischen Gebäuden. Die gebaute Stadt fungiert sozusagen als Wärmespeicher. Wie ausgeprägt sie als solcher agiert hängt von verschiedenen Faktoren ab. Die Intensität der Sonnenstrahlen hängt zum einen davon ab ob sie direkt oder diffus, also durch Wolken oder Nebel gestreut, auf die Erde treffen und zum anderen ist der Sonneneintrittswinkel entscheidend. Für Letzteres wiederum spielt der geografische Raum eine wichtige Rolle. Je näher die Sonne dem Äquator ist, desto kurzwelliger trifft sie auf die Erde, und desto wärmer wird es. Zusätzlich ist der zeitliche Kontext hier maßgebend. So kann je nach Jahres- und Uhrzeit der Abstand variieren. Die Strahlen werden zum Teil reflektiert und zum Teil von der Erdoberfläche absorbiert. Wie groß der Teil der Strahlen ist, der an der Oberfläche reflektiert wird, hängt von der Albedo ab. Die Albedo beschreibt den Rückstrahlwert einer Oberfläche. Je höher dieser ist, desto mehr Strahlen werden reflektiert und nicht absorbiert (vgl. Betzler, 2016, S. 38-39). So kann ein geringer Albedowert dazu führen, dass beispielsweise dunkle Bodenbeläge und Dächer um 50°C wärmer werden als die Lufttemperatur (vgl. Stadt Wien, 2015, S.7).

Die absorbierte Wärme solcher Materialien wird in verschiedenen Formen von thermi-

scher Energie an die Umgebung abgegeben. Neben Wärmestrahlung, Wärmeleitung und Konvektion ist auch die latente Wärme von Bedeutung für das Stadtklima (vgl. Betzler, 2016, S. 39). Während Wärmestrahlung als infrarote Energie an Oberflächen spürbar wird, erwärmt sich bei Konvektion in der Stadt die bodennahe Luftschicht, die anschließend aufsteigt. Der für den Menschen gebaute Raum führt durch neue Geometrien zu einer künstlichen Vergrößerung der Oberfläche, welche wiederum noch mehr Wärme absorbieren kann. Die vertikal erzeugten Flächen können nicht nur zusätzliche direkte Sonnenstrahlung aufnehmen, sondern nehmen reflektierte Strahlung anderer künstlicher Oberflächen auf, werden zwischen den Gebäuden abgefangen und behindern sich so gegenseitig in der Abstrahlung ins Freie (vgl. Stadt Wien, 2015, S.7).

Als latente Wärme bezeichnet man Energie die freigesetzt oder verbraucht wird, wenn sich der Aggregatzustand ändert. Bei der Verdunstung von Wasser wird der Umgebung Energie entzogen, was wiederum eine kühlende Wirkung mit sich bringt (vgl. Betzler, 2016, S. 39). Der geringe Vegetationsanteil in dichten Gebieten ist ein weiterer Hitzeinsel verstärkender Faktor. Einerseits, da das Niederschlagswasser an versiegelten Flächen schneller abläuft und dadurch nur ein geringer Anteil verdunsten kann, was dazu führt, dass in der Stadt wenig vom natürlichen Verdunstungskühlungseffekt übrig bleibt. Andererseits, weil Pflanzen durch Evapotranspiration auch ohne frischen Niederschlag Verdunstungskälte über die Blätter an die Umgebung

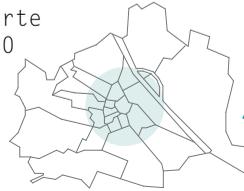




# PROBLEMSTELLUNG

Abb. 2.16:  
Entwicklung der  
Tage, die in eine  
Hitzeepisode fallen

Jahreswerte  
1971-2000



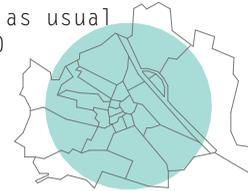
4,8 TAGE

Klimaschutz- Szenario  
2021-2050



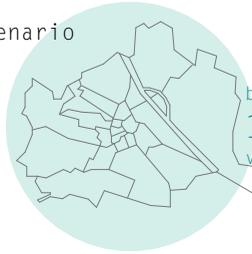
bis 12,7 TAGE  
9,9 TAGE  
von 8,3 TAGE

business as usual  
2021-2050



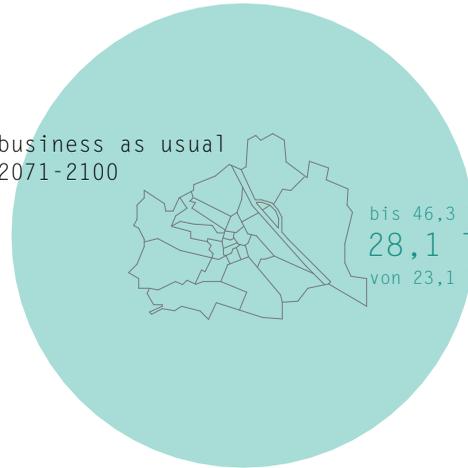
bis 14,1 TAGE  
10,1 TAGE  
von 8,6 TAGE

Klimaschutz- Szenario  
2071-2100



bis 21,3 TAGE  
15,1 TAGE  
von 11,1 TAGE

business as usual  
2071-2100



bis 46,3 TAGE  
28,1 TAGE  
von 23,1 TAGE



## Hitzeinseln Wien- Ist-Stand und Prognosen

Auch in Wien wird die globale Erwärmung durch eine Zunahme der mittleren Jahrestemperatur sowie häufiger auftretende und länger andauernde Hitzewellen deutlich. Als Hitzetag wird ein Tag mit einer Höchsttemperatur von 30°C oder mehr bezeichnet. Als Hitzeperiode werden mindestens drei aneinander folgende Tage beschrieben, an denen die Tageshöchsttemperaturen 30°C erreichen und auch die Tagestiefsttemperaturen über 18°C liegen (vgl. Stadt Wien, 2016, S.2). Besonders für das Stadtklima ist die Betrachtung der Hitzeperioden von Bedeutung, da durch anhaltend hohe Temperaturen die Stadt im Vergleich zum Umland auch in der Nacht nicht mehr abkühlen kann.

In Wien wurden im Jahr 2018 42 Hitzetage gemessen. Das sind doppelt so viele wie durchschnittlich von 1981-2010 gemessen wurden. Darüber hinaus lag die aufgezeichnete Durchschnittsjahrestemperatur im Jahr 2019, im Osten Österreichs, um 2,6°C über dem Mittel, (vgl. Zamg, 2020, S. 1). Der Trend der immer heißer werdenden Sommer setzt sich fort. Laut ZAMG-Klimatologe Alexander Orlik sind unter den 20 wärmsten Sommern seit dem Beginn der Messgeschichte 1767 zwölf innerhalb der letzten 20 Jahre (vgl. Zamg a, 2020f, online). An erster Stelle der wärmsten Jahresdurchschnittstemperatur liegt das Jahr 2018, gefolgt von 2019 auf Platz 2 (vgl. Zamg, 2020, S. 1). 2018 gab es in Wien sogar 42 Tropennächte, das heißt Nächte, in denen die Temperatur nicht unter 20°C absinkt. Vom 24. Juli bis zum 10. August gab es die längste ununterbrochene Reihe an Tropennächten seit der Messgeschichte (vgl. Hofstätter et al. 2019, S.16).

Für einen Ausblick wurden von der Stadt Wien zwei Szenarien simuliert. Das Szenario RCP8.5 „business as usual“ beschreibt eine Entwicklung bei ungebremsten

Treibhausgasemissionen und das RCP4.5 ein „Klimaschutz-Szenario“, bei welchem wirksame Maßnahmen zu einer Reduktion der Emissionen um 50% bis 2080 führen. Die Hitzeepisodentage werden laut Prognosen in beiden Szenarien im Mittel um ca. 5 Tage von 2021 bis 2050 zunehmen (vgl. Stadt Wien, 2016, S.2-9). Die Anzahl der warmen Nächte, mit einer Tiefsttemperatur von und über 18°C, soll in diesem Zeitraum von 9,9 auf 33,6 Nächte ansteigen (vgl. Zamg b, 2020f, online). Von 2071 bis 2100 lassen sich allerdings deutliche Unterschiede zwischen den beiden Simulationen zeigen. Während beim Klimaschutz-Szenario die Anzahl der Hitzetage im Mittel um 10 Tage zunimmt, wird im business as usual-Szenario mit einer Zunahme von 23 Tagen in diesem Zeitraum gerechnet (vgl. Stadt Wien, 2016, S.2-9).

Besonders stark betroffen sind die inneren, dicht bebauten Bezirke. Auf Grund eines höheren Maßes an gespeicherter Wärme durch versiegelte Fläche und Dichte, kann man auf Thermalbildern Wiens jetzt schon deutlich die Überhitzung und die Unterschiede zum Umland erkennen. Durch die vom Stadtrand zur Stadtmitte zunehmende Bebauung nimmt auch die Temperaturintensivität und das Hitzeinselvorkommen zu. So wurde in Wien in der inneren Stadt an einem Referenztag in den Abendstunden ein Temperaturunterschied von 6°C gegenüber der im Umland liegenden Stadt Baden gemessen. In den Morgenstunden reduzierte sich diese Abweichung auf 2°C (vgl. Stadt Wien, 2015, S.8). Die durch den Klimawandel hervorgerufene Temperaturerhöhung wird durch diesen Effekt noch verstärkt.



## Auswirkungen auf den Menschen

Für die Lebensqualität der Menschen ist das Klima, insbesondere das Innenraumklima, welches Schutz vor den äußeren Bedingungen erwirken soll, von zentraler Bedeutung. Vor allem in westlichen Industriestaaten halten sich Menschen im jährlichen Durchschnitt beinahe 90% der Zeit im Inneren auf. Bei Erwachsenen sind es auch während der Sommermonate durchschnittlich 79 - 84% der Zeit (vgl. Weller et al. 2016, S.53). Hitzewellen belasten den menschlichen Organismus und wirken sich auf Leistungsfähigkeit, Wohlbefinden und Morbidität, also Krankheitshäufigkeit und Mortalität aus. Die Idealtemperatur des menschlichen Körpers schwankt je nach Tageszeit zwischen 36,4°C und 37,4°C. Regulieren kann er diese Temperatur durch verhaltensgesteuerte Maßnahmen, wie das An- und Ausziehen von Kleidung, beziehungsweise Aufsuchen einer Wärme- oder Kühlquelle, oder durch physiologische, also körperliche, Vorgänge. Überschreitet die Körpertemperatur den Idealwert und sind keine verhaltensgesteu-

erten Maßnahmen zur Verbesserung möglich, setzen die physiologischen Vorgänge ein. Es erweitern sich die Gefäße und die Durchblutung steigt um über den ganzen Körper Wärme in Form von Strahlung abgeben zu können. (vgl. ebd. 2016, S.53-54). Schon bei einem Grad Unterschied zu Idealtemperatur kann die Mortalitätsrate durch Überanstrengung des Herz-Kreislaufsystems um 1-6% zunehmen. Besonders für ältere Menschen und Kleinkinder kann der Temperaturanstieg eine Belastung sein (vgl. Hofstätter et al. 2019, S.16). Im Rahmen einer Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Raumtemperatur und Leistungsfähigkeit konnte festgestellt werden, dass zwischen 21°C und 25°C Innenraumtemperatur die Leistungsfähigkeit uneinträchtig funktioniert. Darüber hinaus nimmt sie jedoch mit jedem zunehmenden Grad um 2% ab (vgl. Weller et al. 2016, S.53-54).



## PROBLEMSTELLUNG

## Resultierende Anforderungen an die Architektur

Die Anforderungen an die klimagerechte Anpassung der gebauten Umgebung unterscheiden sich regional. Während in Küstengebieten der ansteigende Meeresspiegel den vom Menschen geschaffenen Lebensraum gefährdet, greifen in anderen Regionen der Erde die durch den Klimawandel vermehrt auftretenden Extremwetterereignisse wie Überschwemmungen, Hochwasser und Stürme die gebaute Umgebung an. So ist im Gegensatz zu den meisten klimatischen Einflüssen, die zu direkten Schäden

an Gebäuden führen, durch die zunehmenden Hitzeperioden im Sommer kein materieller Schaden an der Bausubstanz zu erwarten. In Wien ist also nicht die gebaute Umgebung an sich in Gefahr, sondern vor allem die Lebensqualität der BewohnerInnen (vgl. Weller et al. 2016, S.53). Umso wichtiger ist in diesem Kontext ein angenehmes Innenraumklima sicherzustellen, das städtische Mikroklima zu verbessern und die Emissionen hinblickend auf den Klimawandel zu reduzieren.



## FAZIT & AUSBLICK

Die Bauindustrie hat global enorme Auswirkungen auf unsere Umwelt. Weltweit ist sie für 39% aller Treibhausgase und 35% des Energieverbrauches verantwortlich. Nach den derzeitigen Entwicklungen deutet viel darauf hin, dass die Anpassungen, die notwendig wären, um den Klimawandel auf 1,5°C bis maximal 2°C einzugrenzen und so die irreversible Zerstörung unseres Ökosystems zu verhindern, noch lange nicht erreicht werden. Österreich hat sich im Rahmen von internationalen Übereinkünften zu einer signifikanten Reduzierung seiner CO<sub>2</sub>-Emissionen verpflichtet und hat Maßnahmen ergriffen um dies zu erreichen. Erreicht wird das Ziel dieses Jahr voraussichtlich aber nur auf Grund eines früher aufgesparten CO<sub>2</sub>-Puffers. Im Gebäudesektor tauchen neue Klimaschutzmaßnahmen auf, jedoch sind diese vorwiegend auf den Energieverbrauch in der Nutzung reduziert. Längst ist aber klar, dass alleine die Effizienzsteigerung in der Nutzung nicht ausreicht, um die vereinbarten Reduktionsziele zu erreichen. Darüber hinaus ist auch die Bauweise, Wahl der Baumaterialien, sowie Transport und Auf- und Abbau entscheidend für die Gesamt- CO<sub>2</sub>-Bilanz.

Gleichzeitig weicht natürlicher Lebensraum den wachsenden Strukturen. Im Kontext der globalen und regionalen Erwärmung und der wachsenden Bevölkerung, einhergehend mit fortschreitender Urbanisierung und Flächenversiegelung, können die negativen Auswirkungen auf das städtische Klima in Zukunft noch stärker werden. Österreichweit ist die Klimaerwärmung mehr als doppelt so stark wie im globalen Mittel. Dies führt dazu, dass besonders in Wien, wo der hohe Bebauungsgrad als Wärmespeicher dient und die Stadt in extremen Hitzeperioden nachts nicht mehr abkühlt, das Klima zur Belastung wird. Durch die zunehmende Hitze ist nicht die Bausubstanz an sich in Gefahr ist, sondern die Gesundheit und Lebensqualität der StadtbewohnerInnen. Die Zukunft verlangt nach einer klimasensitiven, klimaresilienten und nachhaltigen Architektur und Stadtplanung, um zum einen die Auswirkungen des Klimawandels einzudämmen und zum anderen auf die Veränderungen zu reagieren und die Planung entsprechend anzupassen. Neben Anreizen für Bauherren müssen auch gesetzliche Regulierungen geschaffen



PROBLEMSTELLUNG



Abb. 2.17:  
resultierende Anforderungen an  
Architektur

werden, die umfassenden Klimaschutz auf allen Ebenen des Gebäudezyklus miteinbezieht. Der Klimawandel hat bereits ein ernst zu nehmendes Ausmaß angenommen. Jedoch kann er auch eine Chance sein, den Fokus des menschlichen Handelns nicht auf wirtschaftliche Erträge zu richten, sondern für Mensch und Umwelt eine auf allen Ebenen nachhaltige und qualitätsmaximierte Umgebung zu schaffen. Der Ressourcen- und Energieverbrauch, sowie die Emissionen, die auf den Bausektor zurückzuführen sind, sind immens. Als großer Teil des Problems ist das Potential der Optimierung entsprechend vorhanden. Möchte man Architektur nun nicht mehr als Teil des Problems, sondern auch als Teil

der Lösung betrachten, sollten zum einen der ökologische Fußabdruck soweit wie möglich minimiert und gleichzeitig der natürliche Lebensraum maximiert werden. Zum anderen bedeutet dies natürliche Ökosysteme in Gebäude zu integrieren, um die Leistung von natürlichem Boden und Vegetation, welche sonst durch Versiegelung verloren geht, zu nutzen. Zum anderen soll so die Erhaltung und die Regeneration des Ökosystems unterstützt und die lokale Lebensqualität sichergestellt, beziehungsweise verbessert werden. Des Weiteren soll durch eine gesamtheitliche ökologische Betrachtung des Gesamtlebenszyklus eines Gebäudes auf globaler Ebene ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden.



## PROBLEMSTELLUNG

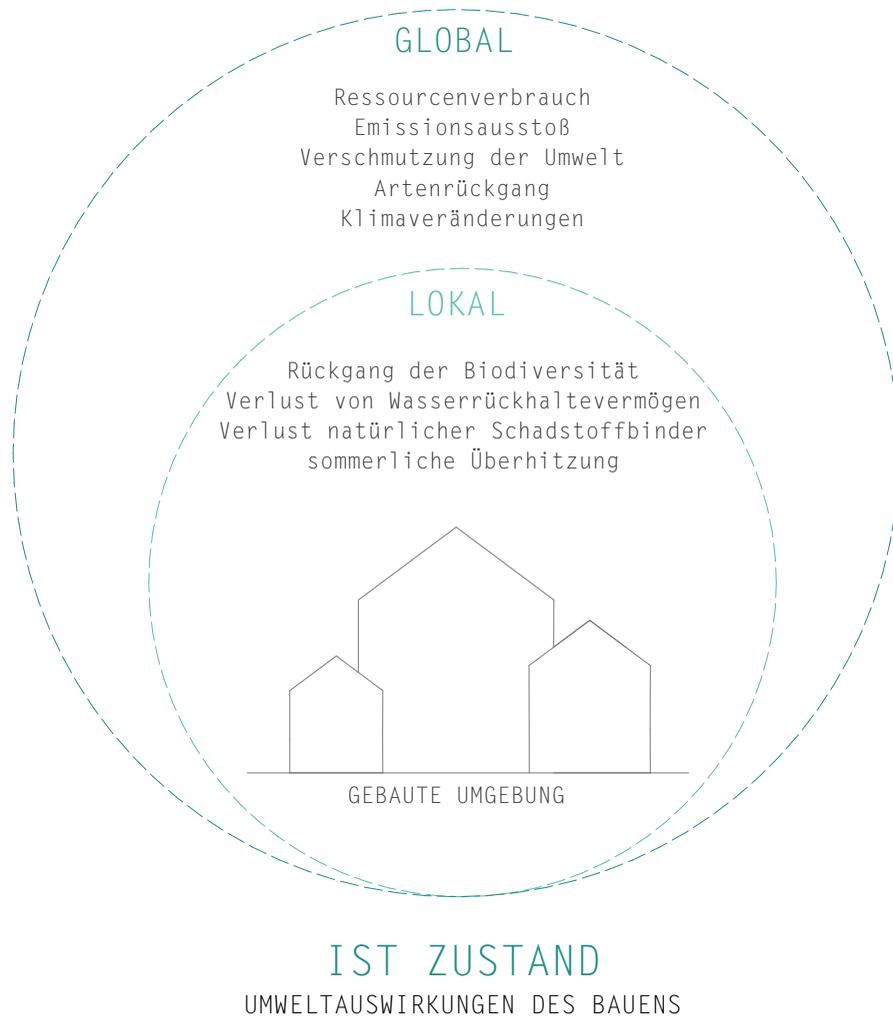


Abb. 2.18:

Umweltauswirkungen  
gen des Bauens,  
Ist Zustand



PROBLEMSTELLUNG



Abb. 2.19:  
Umweltauswirkungen  
des Bauens,  
Soll Zustand



# 03\_MINIMAL IMPACT

Minimierung des ökologischen Fußabdrucks

# 03\_MINIMAL IMPACT

## Minimierung des ökologischen Fußabdrucks



Das minimierende Potential bezieht sich vor allem auf die Reduktion von negativen Umweltauswirkungen im Gesamtlebenszyklus eines Gebäudes. Wie im vorherigen Kapitel erläutert, sind die derzeitigen Auswirkungen des Bauens auf die Umwelt sowohl in der Errichtung, als auch in der Nutzung, Instandhaltung und im Rückbau, beziehungsweise der Entsorgung, enorm. Der Anspruch, die Netto-Null-Emissionsziele für 2050 zu erreichen, ist zur Sicherung des Ökosystems von enormer Wichtigkeit. Die CO<sub>2</sub>-Bilanzen von Neubauten sind heute allerdings unter Betrachtung der gesamtheitlichen ökologischen Wahrheit noch ein weites Stück von der oft angeführten „Neutralität“ entfernt. Das Problem der globalen Erwärmung ist so akut, und die jetzigen CO<sub>2</sub>-Ausstoße zukunftsentscheidend, dass es ganzheitliche Untersuchungen zu Minimierungspotentialen des ökologischen Fußabdruckes im Gesamtlebenszyklus erfordert, um das Klima und den Planeten bestmöglich zu schützen.

Im Folgenden soll zunächst erläutert werden, was eine ehrliche Betrachtung von CO<sub>2</sub>-Neutralität für das Bauwesen bedeutet und welche Werkzeuge und Vergleichswerte zur Aussage der Umweltauswirkungen eines Gebäudes herangezogen werden können. Zusätzlich werden architektonische Maßnahmen vorgestellt, die als Hebel zur Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks eines Gebäudes eingesetzt werden können. Anschließend werden die globalen und lokalen Potentiale, die eine solche Minimierung mit sich bringt, betrachtet.



# CO<sub>2</sub>-NEUTRALITÄT IN DER GESAMTLEBENSZYKLUSBETRACHTUNG

Um das Klimaziel von einem Temperaturanstieg von maximal 1,5°C einzuhalten bedarf es einer vollständigen Entkarbonisierung. Bis zum Jahr 2050 sollen Netto-Null-Treibhausgasemissionen erreicht werden. Dieses Ziel, oft auch als CO<sub>2</sub>-Neutralität, Klimaneutralität oder Netto-Null-Emissionen bezeichnet, erfordert, dass die Klimabilanz der Erde netto, also nach Abzug der natürlichen und künstlichen CO<sub>2</sub>-Reduktionsfaktoren, Null entspricht. Die überschüssigen anthropogenen Treibhausgase müssen durch Reduktionsmaßnahmen wieder aus der Atmosphäre entfernt werden. Ein Ziel, von dem wir nach heutigem Stand der Technik weit entfernt sind. In dem Paper *building as a global carbon sink* beschreibt Galina Churkina et al., dass, wenn Städte auch in Zukunft wie bisher geplant und umgesetzt werden, allein für die Errichtung von Gebäuden und Infrastruktur bis 2050 35-60% des verbleibenden globalen Kohlenstoffbudgets verbraucht würden (vgl. Churkina et al. 2020, S. 2). In der Architektur möchte man vorschnell annehmen, dass CO<sub>2</sub> neutrale Gebäude mit Nullenergiehäusern gleichzusetzen sind. Diese decken den eigenen Energiebedarf im Jahresmittel komplett durch eigene

Energieerzeugung. Erreicht wird dies meistens unter Verwendung von Solarenergie und Nutzung der Umgebungswärme (vgl. Grimm, 2015, online). Fälschlicherweise werden so allerdings nur die Emissionen im betrieblichen Verbrauch bilanziert. Um bei Gebäuden ganzheitliche CO<sub>2</sub>-Neutralität zu erreichen, müssen die Emissionen, die dem gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes zugeordnet werden können, in die Emissionsbilanz eingerechnet werden. Diese setzen sich neben den nutzungs-, beziehungsweise betriebsbedingten Emissionen, auch operative Emissionen (englisch *operational carbon*) genannt, auch aus baustoffspezifischen, materialgebunden Emissionen (englisch *embodied carbon*), die auch als graue Emissionen, unmittelbar verbunden mit grauer Energie bekannt sind, zusammen. Die nutzungsbedingten Emissionen beschreiben das im Betrieb anfallende CO<sub>2</sub>, verursacht durch Raumtemperierung, Energiebedarf und technische Geräte. Baustoffspezifische Treibhausgase betrachten sozusagen den verkörperten CO<sub>2</sub>-Gehalt eines Gebäudes, also Emissionen, die der Materialgewinnung und Verarbeitung inklusive Errichtung und Abbau, zugeschrieben werden. (vgl. WorldGBC, 2019, S.18).



MINIMAL IMPACT

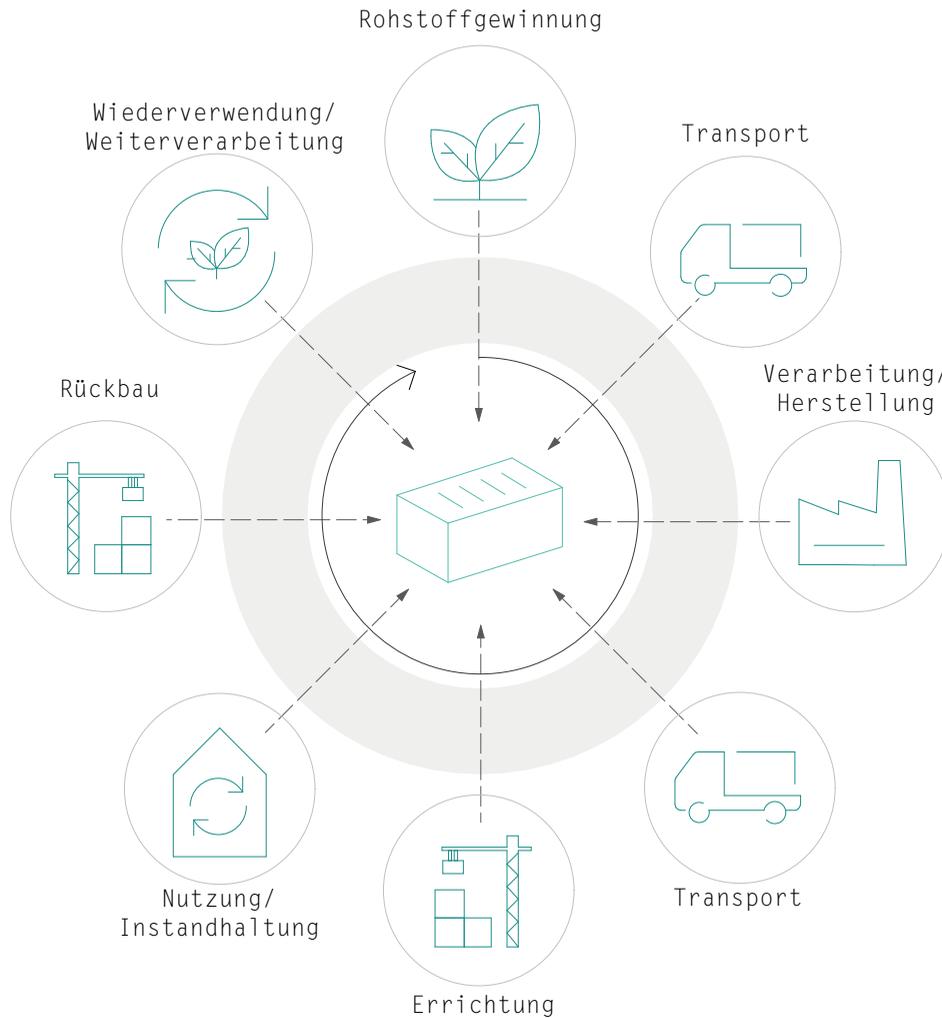


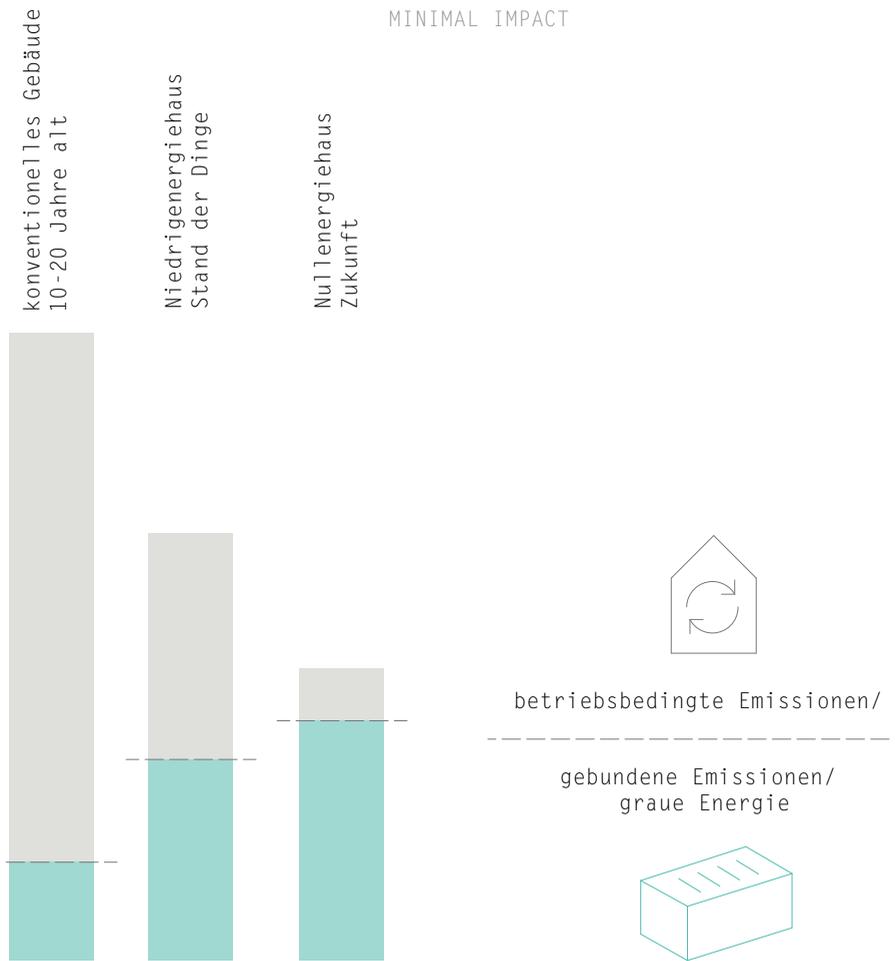
Abb. 3.1:  
graue Umweltwirkungen als Summe aus unterschiedlichen Lebenszyklusphasen

Schon seit dem Beginn der grünen Bewegung in den 1970er Jahren, einhergehend mit der Forderung nach einer nachhaltigeren Architektur, lag der Fokus vor allem darauf, die Emissionen, die durch die Gebäudenutzung entstehen, zu reduzieren. Unter Betrachtung der Gesamtlebensspanne eines Bauwerks von 80 Jahren machten diese betriebsbedingten Treibhausgase im Durchschnitt rund 80% sämtlicher Emissionen aus (vgl. King, 2017, S10). Da in diesem Bereich das Einsparungspotential entsprechend höher war, lag die Effizienzsteigerung von Gebäuden im Gebrauch im Vordergrund und die baustoffspezifischen Emissionen, die durchschnittlich nur für 20% der Gesamtemissionen der Gebäudelebensspan-

ne verantwortlich waren, wurden vernachlässigt. Das führte auch in Österreich dazu, dass im Gebäudebetrieb auf Grund von strenger werdenden gesetzlichen Vorgaben, wie die Erstellung eines Energieausweises oder bautechnischer Regulierungen, eine Verbesserung in der Energieeffizienz zu beobachten ist (vgl. Umweltbundesamt, 2018, S.125). Diese Vorgaben sind zur Einhaltung des Netto-Null-Emissionsziels von 2050, zur Sicherung unseres Ökosystems, von enormer Wichtigkeit. Den Standard langsam anzupassen kann sich nicht rentieren. Gebäude, die heute gebaut werden und in der Nutzung nicht emissionsneutral agieren, können das ohne zusätzlichen Aufwand auch in Zukunft nicht. Müssten also selbst



MINIMAL IMPACT

 Abb. 3.2:  
 Verhältnis von  
 betrieblichen und  
 grauen Umweltwir-  
 kungen im Wandel  
 der Zeit


die Bauten, die heute errichtet werden in den nächsten 30 Jahren noch einmal nachgerüstet werden, würden zusätzliche durch Materialgewinnung und Errichtung verursachte Emissionen zum Tragen kommen. Der Großteil der nachhaltig zertifizierten Neubauten setzt auf effiziente Strukturen, die Strom aus erneuerbaren Energien am Bauplatz produzieren, um sich selbst CO<sub>2</sub>-frei zu versorgen (vgl. King, 2017, S9). Auch die thermische Sanierung von Altbauten verdeutlicht das Potential der Effizienzsteigerung im Betrieb. Allerdings bilden die in der Nutzung entstehenden Treibhausgase nur einen Teil der zu betrachtenden Emissionen ab. Oft unberücksichtigt bleibt jedoch die sogenannte graue Energie, die bei der Rohstoffgewinnung und Weiterverarbeitung, sowie auch bei der Errichtung und beim Rückbau von Bau-

werken angewendet werden muss. Bevor ein Gebäude überhaupt genutzt wird, hat es bereits einen ökologischen Fußabdruck hinterlassen, bei heute konventioneller Bauweise meist in einem signifikanten Ausmaß (vgl. ebd. 2017, S9). Sollen die Klimaziele für das Jahr 2050 erreicht werden und wir in einer emissionsneutral gebauten Umgebung leben, ist es also nicht ausreichend den Fokus auf die Minimierung des ökologischen Fußabdrucks auf die maximale Effizienz in der betrieblichen Nutzung zu reduzieren, sondern müssen auch die lang unterschätzten, beziehungsweise lange nicht miteinkalkulierten, baustoffspezifischen Umweltauswirkungen mitberücksichtigt und entsprechend optimiert werden. Bei der Betrachtung der Gesamtlebensdauer herkömmlich gebauter Gebäude übertreffen die betriebsbedingten Emissionen, meistens



die Baustoffspezifischen. Vorausgesetzt das Bauwerk erreicht die erwartete Lebensspanne von durchschnittlich 80-100 Jahren und wird nicht vorzeitig abgerissen (vgl. ebd. 2017, S11). Im deutschen Gebäudebestand entspricht die gebundene Energie in etwa der von 25 Jahren betrieblich aufgebrauchter Energie (vgl. El khouli et al. 2014, S.15). Durch den heute erreichbaren Stand der Effizienzmöglichkeit in der Nutzung und dem Festsetzen neuer Standards und Normen verschiebt sich der Schwerpunkt der Umweltauswirkungen. Zunehmend sind die Aufwände im Gebrauch gegenüber den Auswendungen bei der Herstellung zu vernachlässigen (vgl. Passer 2018, online). Je näher wir dem Jahr 2050 kommen und je effizienter die Gebäudenutzung wird, desto größer wird im Verhältnis dazu der Anteil der baustoffspezifischen Emissionen. Das ist auch dem vermehrten Einsatz zusätzlicher Produkte, wie Dämmung und Haustechnik, die wiederum der Effizienzsteigerung dienen, geschuldet (vgl. Passer et al. 2018, S29). Es gilt zu hinterfragen mit welchem Aufwand die operativen Emissionen nahe Null gesenkt werden. Wenn High-Performance Gebäude zum Standard werden und die Effizienz nur durch aufwendige Konstruktionen und einem hohen Maß an Technik erreicht werden kann, könnte die tatsächliche Einsparung die Lebensspanne der eingebauten Technik oder des ganzen Gebäudes nicht überdauern. In Anbetracht dessen, sollte beim Einsatz betriebsbedingter Effizienzmaßnahmen der Zeitpunkt der tatsächlichen Einsparung dem Errichtungsmehraufwand gegenübergestellt werden. Das Problem der globalen Erwärmung ist so akut, dass es sich nicht lohnt auf Maßnahmen zu setzen, die sich emissionstechnisch erst nach 20 Jahren in Verwendung rentieren.

Stahl und Zement verursachen einen Großteil der industriellen Emissionen und dennoch wird ein gehöriger Anteil der neugebauten Häuser auf der Welt, wie auch in Österreich, aus Stahlbeton errichtet. Es wird zwar an Verfahren gearbeitet, welche die Beton- und Stahlherstellung nachhaltiger machen können, jedoch stehen diese Forschungen am Anfang und können vermutlich erst in 10 bis 15 Jahren kommerziell zum Einsatz kommen (vgl. European Commission, 2019, S. 15). Es ist aber kein gangbarer Weg, in dem heutigen Ist-Zustand der CO<sub>2</sub>-intensiven Gebäudebereitstellung weiter zu machen und darauf zu hoffen, dass sich die Methoden der Herstellung so bald wie möglich ändern. Es gibt keinen Spielraum mehr auf neue Technologien zu warten und bis dahin so weiter zu machen wie bisher. Bis zum Jahr 2050 wird voraussichtlich eine enorme Fläche neu bebaut oder grundsaniiert werden. King prognostiziert das Ausmaß so, als würde über eine Zeitspanne von 30 Jahren, alle 35 Tage die ganze Stadt New York City neu gebaut werden. Er geht davon aus, dass diese neuen Gebäude im Schnitt doppelt so energieeffizient in der Nutzung sein werden wie die Neubauten der letzten Jahre, und die CO<sub>2</sub>- Bilanzierung, mit entsprechender Lebensdauer bis 2050, zu 80-90% den baustoffspezifischen Emissionen zugerechnet werden müssen (vgl. King, 2017, S11). Das bestätigt die Relevanz der Auseinandersetzung mit den baustoffspezifischen Emissionen in Anbetracht des knappen CO<sub>2</sub>-Kontingents. Es muss jetzt damit begonnen werden, Treibhausgase einzusparen wo es möglich ist und von bereits bestehenden Alternativen Gebrauch zu machen.



# ARCHITEKTONISCHE MASSNAHMEN

## Gesamtlebenszyklusanalysen und Ökobilanz

Die zeitliche Dimension von Gebäuden wurde lange Zeit außer Acht gelassen. Bauwerke wurden bis ins 20. Jahrhundert vorwiegend über Generationen hinweg errichtet und für die Ewigkeit gebaut. Nutzungsflexibilität und Wandelbarkeit widersprachen dem Verständnis der Architektur als Zeichen der Dauerhaftigkeit und Beständigkeit. Auch heute endet mit der Errichtung des Gebäudes bei vielen Planenden der Betrachtungshorizont (vgl. Drexler, 2014, S.37), was in Anbetracht der Klimakrise zu kurz gedacht ist. Bedürfnisse und Anforderungen ändern sich fortlaufend, die Gesellschaft ist einem ständigen Wandel unterzogen. Schon in der Planung sollten die Möglichkeiten auf Veränderungen zu reagieren untersucht und das Gebäude über seine ganze Lebensspanne hinaus betrachtet werden. Die Lebenszyklusanalyse dient als Instrument dazu. Sie betrachtet die Summe aller Auswirkungen während der gesamten Lebensspanne, von der Gewinnung der Rohstoffe, über die Nutzung, bis zur Entsorgung der verwendeten Baustoffe. Sie beleuchtet technische, konstruktive, ökologische und ökonomische Aspekte, die Nutzungstauglichkeit, sowie Anpassungsfähigkeit und fasst neben kulturellen auch

persönliche Werte mit ein (vgl. Drexler, 2014, S.64).

Im Zeichen des Klimawandels liegt in der Lebenszyklusanalyse vor allem der ökologische Aspekt, in Betrachtung der Zusammenhänge und Auswirkungen auf die Umwelt, im Vordergrund. Diese können allerdings nicht differenziert von anderen Positionen betrachtet werden. Grund dafür ist, dass die Nachhaltigkeit und somit auch sorgsame und langfristige Verwendung eng mit den kulturellen und persönlichen Werten der NutzerInnen verknüpft und auf der anderen Seite wiederum von ökonomischen Faktoren abhängig ist. Durch die Gesamtlebenszyklusanalyse soll erreicht werden, dass Gebäude auf sich immer schneller ändernde Anforderungen reagieren können und nicht vorzeitig abgerissen, beziehungsweise nach kurzer Zeit bereits umgebaut oder entsprechend neuer Vorgaben adaptiert werden müssen (vgl. Drexler, 2014, S.64).

Die Ökobilanzierung, oft als LCA (Life Cycle Assessment) bezeichnet, hat sich in den letzten Jahren als Werkzeug für systematische Analyse und Bewertung der potentiellen Umweltauswirkung etabliert. Dabei werden Stoff- und Energieflüsse von Baustoffen, Systemen und Prozessen über



den gesamten Lebenszyklus bilanziert. Internationalen Standards zur Erstellung von Ökobilanzen sind in ISO 14040 und ISO 14044 erläutert (vgl. El khouli et al. 2014, S.23). Zur Bestimmung der potentiellen Umweltwirkungen im Gebäudebereich können folgende Wirkungskategorien betrachtet werden:

**Klimawandel- Treibhauspotential GWP [kg CO<sub>2</sub> – Äq.]:** Anthropogene Treibhausgase wie Methan und CO<sub>2</sub> werden durch menschliche Aktivitäten freigesetzt und verstärken dadurch den natürlichen Treibhauseffekt. Das Globale Erwärmungspotential, im Englischen Global Warming Potential, ist ein relatives Maß, das angibt, welchen Einfluss ein bestimmtes Treibhausgas auf die Erdatmosphäre und somit die globale Erderwärmung hat. CO<sub>2</sub> wird als Referenzeinheit für das Treibhausgaspotential verwendet (vgl. El khouli et al. 2014, S.30). Mit Charakterisierungsfaktoren wird die Wirkung anderer Treibhausgase zu CO<sub>2</sub> ins Verhältnis gesetzt und ausgedrückt (vgl. Hartwig, 2011, online).

**Primärenergieinhalt PEI [MJ]:** Der Primärenergieinhalt eines Baustoffs beschreibt den Aufwand an Primärenergieträgern, der zur Herstellung, Nutzung und Entsorgung des Materials erforderlich ist. Dabei wird zwischen nicht erneuerbaren Energieträgern, wie Erdöl, Erdgas oder Kohle und erneuerbaren wie Strom aus Windkraft, differenziert (vgl. Hartwig, 2011, online). Es wird der Verbrauch von begrenzt vorhandenen Ressourcen beschrieben, die Nutzungsphase wird nicht in die Berechnung miteinbezogen. Der Primärenergieverbrauch nicht erneuerbarer Energien wird auch als graue Energie bezeichnet und wird in Megajoule (MJ) Primärenergie angegeben (vgl. El

khouli et al. 2014, S.30).

**Versauerungspotenzial AP [kg SO<sub>2</sub>-Äq.]:** Das Versauerungspotential beschreibt die Abnahme des pH-Werts von Niederschlag durch die Umwandlung von Luftschadstoffen zu Säuren, auch bekannt als saurer Regen. Die Versauerung von Gewässern und Böden führt zur Schädigung des Ökosystems wie Waldsterben oder zu korrosiven Schäden der Bausubstanz wie die Zersetzung von Metallen und Naturstein. Die Versauerung ist hauptsächlich auf Emissionen aus der Verbrennung schwefelhaltiger fossiler Brennstoffe wie Öl und Kohle zurückzuführen sowie auf Stickoxide, die ebenfalls bei Verbrennungsprozessen freigesetzt werden. Das Versauerungspotenzial wird in kg Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)-Äquivalent angegeben, andere Substanzen wie Ammoniak oder Stickoxide werden als relative Äquivalente ausgedrückt (vgl. El khouli et al. 2014, S.30).

**Ozonabbaupotenzial ODP [kg R11-Äq.]:** Die Ozonschicht absorbiert einen Teil der UV-Strahlung der Sonne und verhindert das Auftreffen auf der Erdoberfläche. Als Ozonabbau bezeichnet man die Ausdünnung, beziehungsweise Zerstörung der Ozonschicht und somit den Wegfall ihrer Schutzwirkung. Hauptverursacher sind vor allem halogenierte Kohlenwasserstoffe, die zum Beispiel als Treibmittel in Sprays, bei der Herstellung von Schaumstoffen, als Kälte- und als Reinigungsmittel eingesetzt werden. Das Ozonabbaupotenzial wird in kg R11 (Trichlorfluormethan) Äquivalent angegeben (vgl. El khouli et al. 2014, S.30).

**Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial POCP [kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äq.]:** Das Photochemische Oxidantienbildungs-

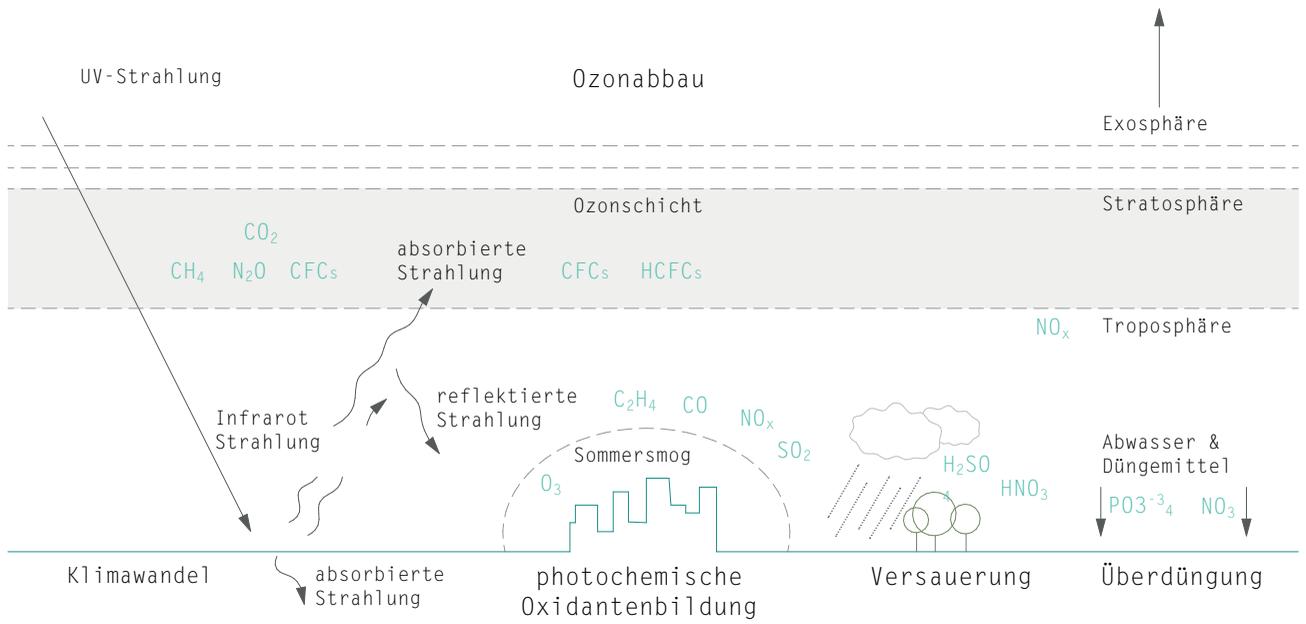


Abb. 3.3: schematische Darstellung der wichtigsten Wirkungskategorien in einer Ökobilanz



potential beschreibt die Entstehung von aggressiven Schadstoffen unter Einwirkung von Sonnenstrahlung. Auch bekannt als Sommersmog. Bodennahes Ozon hat in höherer Konzentration eine toxische Wirkung auf Menschen, Nutzpflanzen und das gesamte Ökosystem. Vor allem der Autoverkehr trägt durch Ausstoß von Stickoxiden und Kohlenwasserstoff zu photochemischen Oxidantienbildung bei. Das Ozonbildungspotenzial bezieht sich auf Photooxidanten bildende Wirkung von Ethen (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>). Andere Substanzen werden als relative Äquivalente ausgedrückt (vgl. El khouli et al. 2014, S.30).

Eutrophierungspotential EP [kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-Äquivalent]: Eutrophierung, beziehungsweise Überdüngung ist die lokale Anreicherung von Luftschadstoffen und Nährstoffen in einem Ökosystem. Hauptverursacher sind Phosphor und Stickstoff, beispielsweise aus Düngemitteln oder Haushalts- und Industrieabwässern. Folgen von überdüngten Gewässern sind vermehrtes Algenwachstum und Fischsterben bis zum biologischen Kippen des Gewässers. Durch überdüngte Böden weisen Pflanzen eine Schwächung des Gewebes und eine geringere Widerstandsfähigkeit gegen Umwelteinflüsse auf. Nitrat im Grund- und Trinkwasser kann chemisch reagieren und für den Menschen toxisch werden. Das Überdüngungspotenzial wird in PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-Äquivalent angegeben (vgl. Hartwig, 2011, online).

Oekoindex OI3: Das Österreichische Institut für Bauen und Ökologie hat als Vereinfachung der verschiedenen Wirkungsaussagen den Ökoindikator Oekoindex OI3 entwickelt. Er basiert auf der IBO Richtwerte-Tabelle für Ökologische Baumaterialien. Der Indikator trifft als Ein-

zahlange eine Aussage zu den Wirkungskategorien GWP - Treibhausgaspotential, PEI - Primärenergiebedarf und AP - Versauerungspotential. Er kann zur Bewertung einzelner Baustoffe und Bauteile oder ganzer Gebäude herangezogen werden. Ab einer gewissen Bezugsgrenze können unterschiedliche Nutzungsdauern der verschiedenen Bauteilschichten mit einhergehenden Sanierungs- und Instandhaltungsaufwänden mitberücksichtigt werden (vgl. IBO, 2020f, online).

Die Resultate einer solchen Bilanz sollten jedoch vorsichtig und nicht als absolut betrachtet werden. Unsicherheiten, bezogen auf potentielle zukünftige Auswirkungen, die man jetzt noch nicht richtig abschätzen oder einbeziehen kann, können in der Bilanzierung nicht berücksichtigt werden. Auch sind die tatsächlichen Umweltwirkungen eines Baustoffes unter anderem von deren Lebensdauer abhängig und müssen dementsprechend mit möglichen Alternativen und deren Lebensdauer verglichen werden. Die in der Ökobilanz angeführten Wirkungskategorien sollten gemeinsam betrachtet werden und nicht durch singuläre Einschätzung nach unterschiedlichen Wichtigkeiten gewertet werden.

Planenden ist bei der Betrachtung der Gesamtlebenszyklusanalyse eines Gebäudes ein großes Potential geboten, die negativen Umweltauswirkungen zu minimieren. Je nachdem, welche Materialien, Bauweisen, Transportwege man für das Bauwerk verwendet, sind die anteilmäßigen Auswirkungen unterschiedlich. Laut Bruce King sind von materialgebundenen, „grauen“ Umweltauswirkungen durchschnittlich 60-80 % dem Material, 5-15% dem Transport, 5-15% der Konstruktionsweise und 5-15% der Baustelle geschuldet (vgl. King, 2017, S.35).



## Materialwahl

Die Wahl der verwendeten Baustoffe kann erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt haben. Global sind 11% aller globalen Treibhausgase auf die Bereitstellung von Baustoffen zurückzuführen (vgl. World GBC, 2019, S.7). Eine allgemeine Aussage dazu, welches Baumaterial verwendet werden soll, beziehungsweise welches aus nachhaltiger Sicht am sinnvollsten ist, gibt es nicht, sondern ist situationsabhängig von verschiedenen Faktoren abhängig. Das macht die Baustoffwahl zu einer grundlegenden Kompetenz von ArchitektInnen, die eine intensive Auseinandersetzung mit Anforderungen und dem gegebenen Kontext bedarf (vgl. El khouli et al. 2014, S.14). Um die materialbezogene Umweltbelastung ermitteln zu können, müssen verschiedenen Zusammenhänge untersucht und abgewogen werden. Wichtig ist unter anderem der ortsabhängige Kontext. Wo das Material gewonnen, bearbeitet und schlussendlich verwendet wird, aber auch welches Verfahren angewendet wird, beeinflusst den ökologischen Fußabdruck. Abhängig von der Region kann also jeweils ein anderes Material das geeignetere sein. In Anbetracht der Materialgewinnung ist es wichtig die materialspezifischen Treibhausgase nicht rein territorialbasiert, sondern konsumbasiert zu erfassen. Das heißt die Emissionen nicht der geografischen Lage ihrer Entstehung zuzuschreiben, sondern dort wo sie im Endverbrauch verwendet werden (vgl. Passer, 2018, online). Dadurch soll vermieden werden, dass Aussagen zu Nachhaltigkeit schön gerechnet, die Emissionen aber anstatt reduziert, nur verschoben werden.

Auch sollten schon bei der Materialwahl die entsprechenden Rückbau-, Wiederverwendung-, Recycling- oder Entsorgungsmöglichkeiten berücksichtigt werden. Die Rückführung in Materialkreisläufe ist auf Grund des hohen Anteils an Verbundwerkstoffen oder fixen Bauteilfugungen oft erschwert, die verwendeten Materialien schwer ersicht-lich. Eine neue Art der Dokumentation von verwendeten und verbauten Baustoffen könnte späteres wiederverwerten vereinfachen, da Recycling eine klare Beschreibung der verbauten Ressourcen erfordert, um diese sachgemäß weiterverarbeiten zu können (vgl. El khouli et al. 2014, S.15). Ein großer Einflussfaktor auf den ökologischen Fußabdruck eines Baustoffes ist, ob er aus mineralischen Rohstoffen oder aus nachwachsenden Rohstoffen besteht. Mineralische Rohstoffe haben im Vergleich zu nachwachsenden Rohstoffen zum einen erheblichen Emissionsaufwand in der Gewinnung, zum anderen eine geringe CO<sub>2</sub>-Speicherfähigkeit. Während Stahl beispielsweise mit einer CO<sub>2</sub>-Speicherkapazität von 0,004 Tonnen pro Tonne Stahl zu vernachlässigen ist, kann eine Tonne Holz zwischen 0,44 und 0,52 Tonnen CO<sub>2</sub> speichern. Beton kann im Idealfall über mehrere Jahrhunderte hinweg bis zu 0,12 Tonnen pro Tonne speichern. Zur Bereitstellung einer Tonne Material werden je nach Prozess für Holz 0,05-0,2 Tonnen CO<sub>2</sub>, Zement 0,05-0,29 Tonnen CO<sub>2</sub> und für Stahl 0,37-1,04 Tonnen CO<sub>2</sub> ausgestoßen (vgl. Churkina et al. 2020, S.3).

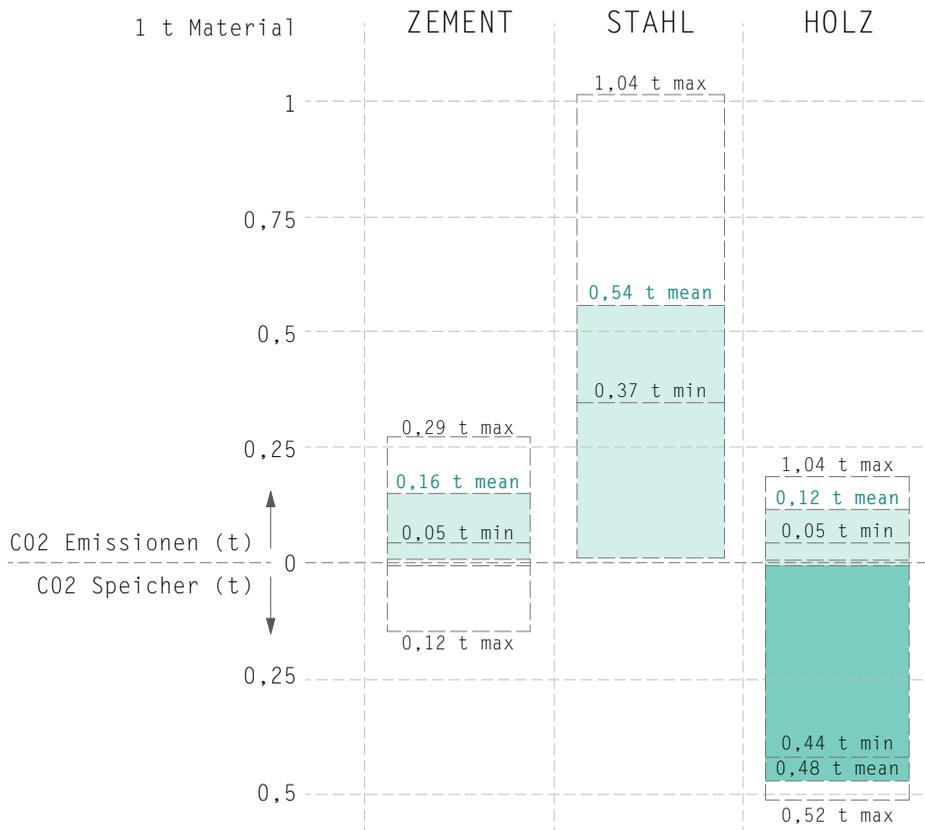


Abb. 3.4: CO<sub>2</sub>-Emission und Speicherkapazität von Zement, Stahl und Holz

Stahl und Stahlbetonbauten werden heute konventionell zur Errichtung von mehrgeschossigen Bauten und Hochhäusern herangezogen (vgl. Organschi/Churkina 2020, online). Portland Zement ist als Hauptbestandteil von Beton für den Großteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. Dafür sind 2 Phasen in der Herstellung ausschlaggebend. Ungefähr 40% werden im Zuge der Gewinnung durch Verbrennung fossiler Brennstoffe verursacht und die ausstehenden 60% entstehen durch natürlich auftretende chemische Prozesse in der Verarbeitung. Entscheidend für die ausgestoßene Menge CO<sub>2</sub> ist der Anteil an Zement im Beton. Der Anteil kann verringert werden, wenn man auf andere Mischmethoden setzt, bei welchen diese durch andere Zuschlagstoffe ersetzt werden können. Anstatt Portlandzement kann die modifizierte Version Portland Limestone

Zement verwendet werden, welcher durch einen höheren Kalksteinanteil eine bessere CO<sub>2</sub>-Bilanz aufweist. Auch der verwendete Ofentyp sowie die Anwendung kohlenstoffbindender Prozesse beeinflussen die Gesamtemissionen (vgl. Architecture 2030 a, 2020f, online). Beim Stahl kann vor allem durch zwei Methoden CO<sub>2</sub> eingespart werden. Zum einen kann durch einen hohen Recyclinganteil der ökologische Fußabdruck verringert werden, auf der anderen Seite ist das gewählte Verfahren entscheidend. Der Lichtbogenofen, auch als EAF (electric arc furnace) bekannt, verbraucht weniger als halb so viel CO<sub>2</sub> wie das Sauerstoffblasverfahren, auch BOF (basic oxygen furnace) abgekürzt. Heute werden 71% des Stahls durch BOF Verfahren hergestellt und lediglich 29% durch das umweltfreundlichere EAF Verfahren (vgl. Architecture 2030 b, 2020f, online).



Abb. 3.5:  
Baustoffe als bio-  
gene CO<sub>2</sub>- Binder:  
Hanf, Stroh, Bambus

Laut Prognosen des World Green Building Councils wird der globale Zementbedarf bis 2050 um 12-23% zunehmen. Der Stahlbedarf über die gleiche Zeitspanne hinweg sogar um 30%, wobei die Bereitstellung durch recycelten Stahl stärker zunimmt als die durch Primärproduktion (vgl. WorldGBC, 2019, S.24). Stahlbeton wird oft nachgesagt, dass er vor allem im Sinne der Dauerhaftigkeit als besonders robust und dementsprechend nachhaltig gilt und damit der hohe CO<sub>2</sub>-Ausstoß, der bei der Errichtung entsprechender Gebäude entsteht, gerechtfertigt wird. Auch wenn das Argument der Qualität der Langlebigkeit berechtigt ist, geht die Rechnung zum heutigen Stand der Klimaentwicklungen und -prognosen nicht auf: bis 2060 wird sich der Gebäudebestand allen Erwartungen nach verdoppeln (vgl. WorldGBC, 2019, S.22). Das globale CO<sub>2</sub> Budget ist aber dermaßen limitiert, dass der akute Emissionsausstoß von Stahlbeton verglichen mit alternativen Baustoffen nicht mehr durch Langlebigkeit gerechtfertigt werden kann.

Bäume binden im Zuge ihres Lebens Kohlenstoff und ziehen so CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre. Pro Kilogramm Holz werden

1,5 kg CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre gezogen und in Form von Masse gespeichert, bis es durch Verbrennung oder Verrottung wieder freigesetzt wird. Somit tragen Bäume einen großen Anteil zur Regulierung der Kohlenstoffemissionen bei (vgl. Architecture 2030 b, 2020f, online).

Doch auch bei der Verwendung von Holz gilt es die baustoffspezifischen Emissionen verschiedener Produkte und Anwendungsmöglichkeiten zu differenzieren. Generell ist festzuhalten, dass umso roher und unverarbeiteter ein Holzwerkstoff ist, desto besser die CO<sub>2</sub>-Bilanz ausfällt. So weisen beispielsweise OSB Platten und Sperrholz vergleichbare Eigenschaften auf, jedoch ist der ökologische Fußabdruck von Ersterem doppelt so groß. Auch Brettschichtholz weist zwar eine höhere Festigkeit auf als Schnittholz, ist jedoch auch entsprechend CO<sub>2</sub> intensiver. Hier wiederum muss abgewogen werden, ob durch eine entsprechend geringere Materialmenge Emissionen insgesamt reduziert werden können (vgl. Architecture 2030 b, 2020f, online). Generell gilt es Altholz, recycelte Holzprodukte und Holz aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern zu verwenden und Klebstoffe zu vermeiden. Außerdem ist die Wahl der an-



Abb. 3.6:  
Baustoffe als bio-  
gene CO<sub>2</sub>-Binder:  
Holz, Lehm

zuwendenden Holzart entscheidend, da sich unterschiedliche Holzarten für unterschiedliche Verwendungen am besten eignen. Zum einen ist darauf zu achten, dass bei alten Wäldern oder Regenwäldern ein bedeutend höherer Anteil an Kohlenstoff im Boden um den Baum herum gespeichert wurde als bei neu wachsenden Wäldern. Bei der Abholzung oder Ernte dieser Wälder wird ein großer Anteil des gebundenen Kohlenstoffs wieder freigesetzt. Zum anderen können schnellwachsende Bäume das CO<sub>2</sub> schneller speichern (vgl. Architecture 2030 b, 2020f, online).

Auch andere, vorwiegend biobasierte Materialien absorbieren Kohlenstoff aus der Atmosphäre. Neben Holz sind beispielsweise für die Bauindustrie auch Bambus, Stroh und Hanf als biogene CO<sub>2</sub>-Binder von Bedeutung. Die Verwendung großer Mengen solcher Produkte, die im Kreislauf wieder aufgeforstet werden und nachwachsen können, haben das Potential einen großen Beitrag zur Dekarbonisierung zu leisten (vgl. WorldGBC, 2019, S.26).

In Österreich und vielen anderen Ländern gewinnen auf Grund des ökologischen Potentials, neben Holzhäusern, auch Lehm- und Strohkonstruktion wieder zunehmend

an Bedeutung und Beliebtheit.

Stroh ist ein pflanzliches und regional in großen Mengen zur Verfügung stehendes Material. Es spielt als Kohlenstoff bindende Masse und möglicher Baustoff eine wichtige Rolle im Klimaschutz. Stroh bietet als hohles und leichtes, aber dennoch festes Material vielseitige Einsatzmöglichkeiten (vgl. King, 2017, S.59). Es findet unter anderem als Wärmedämmstoff für Außenbauteile, als Strohhallensystemwand, sowohl lasttragend, als auch zu Konstruktionsausfachung, sowie als Dachabdeckung und Zuschlagmittel, oft in Kombination mit Lehm, Anwendung (vgl. Scharmer/ Kaesberg, 2017, 4-5).

Lehm bringt als alter, heimischer Baustoff einige ökologische Vorteile mit sich. Er muss nicht gebrannt werden und ist daher nicht mit aufwendigen Produktionsprozessen verbunden. Im Idealfall kann er direkt vor Ort aus dem Aushub gewonnen und verarbeitet werden und ist unbedenklich in der Versorgung und Wiederverwendung. Auch ist er in seinen Anwendungsbereichen vielseitig und kann zum Beispiel für tragende Außen- und Innenwände, als Estrich oder Putz, im Trockenbau und für die Herstellung von Öfen und Kaminen herangezogen werden (vgl. IBO, 2019, online).



## Konstruktion (Auf- und Abbau)

Die Bauweise beziehungsweise Konstruktion spielt eine zentrale Rolle in der Lebenszyklusbetrachtung von Gebäuden. Je nach Bauweise bedarf der Aufwand auf der Baustelle aufwendigere Maschinen und Verfahren, sowohl in der Errichtung, als auch im Abbau. Die Lebensdauer der Bauteile ist unterschiedlich. Sie müssen verschieden frequentiert und je nach Abnutzung ausgetauscht werden (vgl. WorldGBC, 2019, S. 22). Die Konstruktion bestimmt, ob und wie einfach bei Schäden oder Nutzungsänderung einzelne Teile ausgetauscht, ergänzt oder abgebaut werden können. Immer mehr unterschiedliche Materialien werden immer dauerhafter konstruktiv miteinander verbunden, gleichzeitig verkürzt sich die Lebenserwartung der Gebäude. Zum einen sind dadurch in Zukunft immer größere Mengen an Sondermüll zu erwarten, zum anderen werden durch den Austausch festverbundener Bauteile oft angrenzende Elemente in Mitleidenschaft gezogen (vgl. Drexler/El Khouli, 2014, S.66). Konstruktionen, die sich leicht wieder auseinandernehmen lassen, wie Steck- oder Schraubverbindungen, können dem entgegenwirken. Bauteile können repariert, ausgetauscht und wiederaufgebaut werden, wodurch die

Umweltauswirkungen minimiert werden (vgl. ebd., 2014, S.66). Allein auf die Tragstruktur sind heute durchschnittlich 30-50% aller baustoffspezifischen Emissionen eines Gebäudes zurückzuführen (vgl. King, 2017, S.22). Die Planung der Konstruktion und entsprechender Baustoffe ist mit einem hohen Einsparungspotential verbunden. Besonders bei der Planung der Haustechnik sollte auf Austauschbarkeit oder auf Nachrüstbarkeit geachtet werden, da der Stand der Technik sich ständig verbessert und einzelne Komponenten effizienter werden. Die Anpassung der Technik sollte mit einem möglichst geringen Eingriff in die Bausubstanz realisiert werden (vgl. ebd., 2014, S.66).

Bei der Verwendung CO<sub>2</sub> aufwendigerer Materialien kann durch effiziente Konstruktionsplanung der Ressourcenaufwand reduziert werden. Durch Analyse bei der Dimensionierung und Bestimmung der einzelnen Bauteile kann Gewicht und Material optimiert und Emissionen entsprechend eingespart werden (vgl. Architecture 2030 b, 2020f, online).

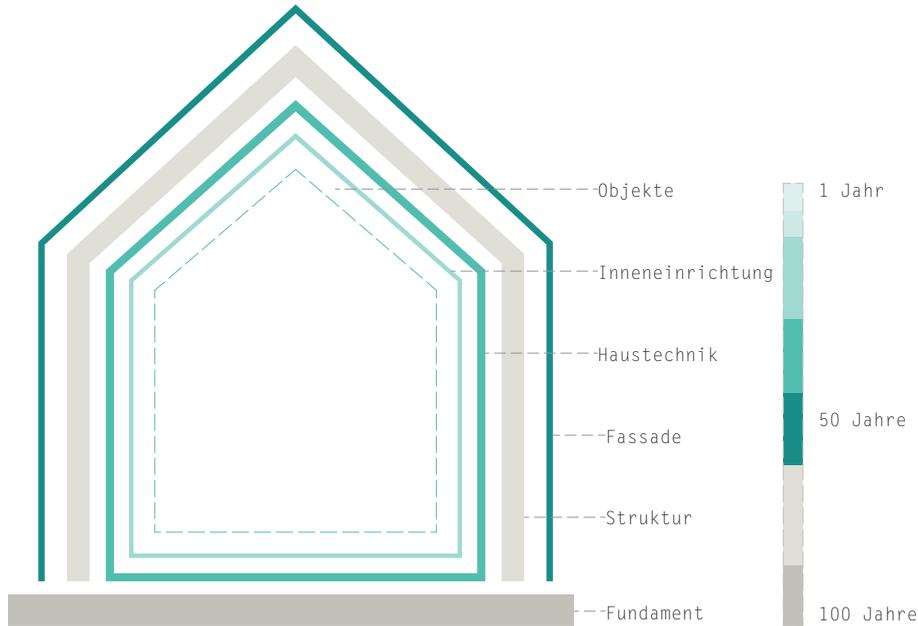


Abb. 3.7: durchschnittliche Lebensspanne verschiedener Gebäudeelemente

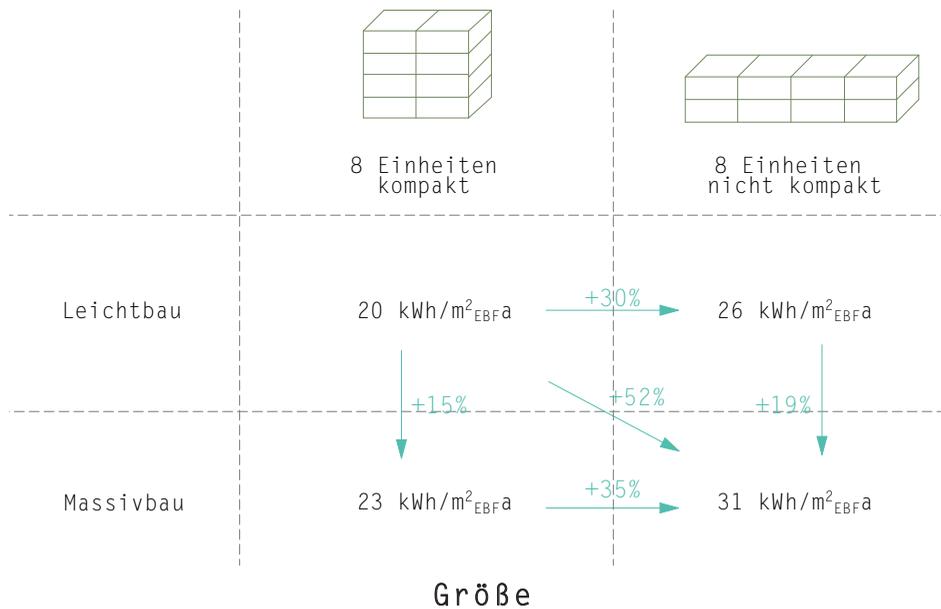
## Lage/ Transport

Ebenso ist die Standortwahl für Neubauten entscheidend für die nachhaltige Gesamtbetrachtung. Dementsprechend kann der Transport der erforderlichen Materialien zur Baustelle, beziehungsweise die Errichtung aufwendig oder einfach und demnach besonders CO<sub>2</sub>-intensiv oder -arm sein. Regionale Ressourcen, die möglichst lokal bearbeitet werden, sorgen für den kleinsten ökologischen Fußabdruck. Doch nicht nur die Entfernung der Baustelle zu dem Ort an dem die Baustoffe gewonnen und bearbeitet werden ist entscheidend, sondern auch wo sie schlussendlich wieder recycelt, beziehungsweise abgebaut oder gelagert werden (vgl. Drexler/El Khouli, 2014, S. 36).

Darüber hinaus ist die vorhandene, beziehungsweise geplante Infrastruktur von zentraler Bedeutung für die Standortwahl. Befinden sich im Umkreis von 1000m nötige Einrichtungen für den täglichen Bedarf, können diese Wege zu Fuß oder mit dem Fahrrad erledigt werden. Auch die Möglichkeit umweltfreundlicher Mobilität an Stelle von motorisiertem Individualverkehr sollte in diesem Rahmen untersucht werden (vgl. Schrattenecker et al. 2019, S. 9-10). Bei unzureichender Infrastruktur müssen notwendige Wege mit dem Auto zurückgelegt werden, was sich wiederum negativ auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz auswirkt.



Abb. 3.8:  
Vergleich der  
grauen Energie  
von kompakten und  
nicht kompakten  
Passivhäusern



Je größer das Objekt und je mehr Nutzfläche pro Person zu Verfügung stehen soll, desto mehr Material wird zur Errichtung benötigt und desto größer wird der Aufwand auf der Baustelle. Auch muss entsprechend mehr Fläche im Winter geheizt und im Sommer gekühlt werden und mehr natürliche Fläche versiegelten Strukturen weichen. Dementsprechend groß ist der Einfluss der neu gebauten Fläche auf die Umwelt. Würde die Wohnfläche pro Person anstatt größer zu werden etwa um 50% reduziert und pro Kopf nur noch 22,5m<sup>2</sup>, anstatt der heutigen Fläche von 45,2m<sup>2</sup> (vgl. Statistik Austria b, 2019, online) zur Verfügung stehen, würde auch nur noch die Hälfte an Ressourcen, die für den Neubau notwendig sind, verbraucht werden. Auf der einen Seite ist zwar der Anstieg der Wohnfläche pro Person zu beobachten,

auf der anderen Seite zeichnen sich auch Gegentrends, wie die Tiny Homes ab. Sie reduzieren die Wohnfläche, in Abwägung der Notwendigkeit verschiedener Funktionen, auf ein Minimum (vgl. King, 2017, S.122).

Als PlanerIn gilt es auch den Flächenverbrauch in der Horizontalen in Beziehung zur Gebäudehöhe, der vertikalen Ebene, zu setzen und zu vergleichen. Es kann zwar durch Ausrichtung in die Höhe mehr natürliche Fläche erhalten werden, jedoch steigen mit der Höhe auch die Anforderungen an die Konstruktion, die entsprechend emissionsintensiver wird (vgl. ebd. 2017, S.28-29). Auch ist die Kubatur und das Verhältnis von Volumen und Nutzfläche zu Gebäudehülle von Bedeutung für den Ressourcen-, Energie- und Emissionsverbrauch (vgl. Drexler/El Khouli, 2014, S.39).



## Nutzung

Das Minimierungspotential des ökologischen Fußabdrucks in der Nutzung ist durch Nutzungsflexibilität, effiziente Energie- und Haustechnik und durch das Verhalten der NutzerInnen bestimmt. Die Nutzungsflexibilität ist entscheidend für den Lebenszyklus eines Gebäudes, beziehungsweise von seinen Gebäudeteilen. Meistens ist ein Wechsel der Nutzung mit Umbauten verbunden, die je nach Gebäudestruktur einen kleinen oder großen Aufwand bedeuten. Ziel ist es, ein Gebäude so lange wie möglich, durch möglichst kleine Eingriffe, nutzbar zu machen. Familienkonstellationen und Bedürfnisse ändern sich, unsere Gesellschaft ist einem ständigen Wandel unterzogen, den die Architektur bereits in der Planung, mit Aufbereitung verschiedener Nutzungsszenarien, berücksichtigen sollte. Entweder durch kurzfristige Anpassungsfähigkeit, wie schaltbare Räume, langfristige Anpassungsfähigkeit, die die technischen Voraussetzungen für einen einfachen Umbau erfüllt, oder Nutzungsneutralität, die ermöglicht, dass Räume unterschiedlich genutzt werden können. Je flexibler das Gebäude auf verschiedene Nutzungsszenarien reagieren kann, desto positiver ist es in der Gesamtlebenszyklusbetrachtung zu bewerten (vgl. Drexler/El Khouli, 2014, S. 67-69).

Auch ist das Energie- und Haustechnikkonzept entscheidend für die ökologische Betrachtung. Primär gilt es, das Gebäude so zu konzipieren, dass die Wärme- beziehungsweise Kühlnachfrage gesenkt wird und der gewählte Energieträger die Umwelt so wenig wie möglich belastet (vgl. Schratenecker et al. 2019, S. 15). Dazu soll der Heizwärmebedarf (HWB), jene Wärmemenge die ein Gebäude pro Jahr pro Quadratmeter benötigt, um eine Innenraumtemperatur von 20°C zu ermöglichen, gesenkt

werden. Klimaaktiv, eine Klimainitiative des österreichischen Umweltministeriums, hat die Grenze zu Bestwertung im Neubau für den HWB bei 22 kWh/m<sup>2</sup> angesetzt (vgl. ebd., 2019, S. 16). Darüberhinausgehende Raumtemperaturwünsche, erhöhen den Heizwärmebedarf. In erster Linie soll das passive Potential des Gebäudes untersucht werden und dann nach Erfordernis ergänzt werden. Die Technik ermöglicht eine Gebäudenutzung unabhängig von äußeren Gegebenheiten wie Witterung und Licht. Oft wird sie dazu verwendet, Mängel in Gebäudekonzipierung durch technische Lösungen zu kompensieren. Wird das Energieangebot im Umfeld aber nicht berücksichtigt muss zusätzliche Energie aufgewendet werden (vgl. Drexler/El Khouli, 2014, S. 40-41).

Grundsätzlich gilt es als PlanerIn die Stellung der Eigenverantwortung der GebäudenutzerInnen zu hinterfragen und die Planung entsprechend auszurichten. Lowtech Lösungen verlangen in den meisten Fällen eine Zusammenarbeit mit den NutzerInnen, High-Tech Lösungen agieren meist unabhängig. Während beispielsweise manuell steuerbarer Sonnenschutz und Lüftung den NutzerInnen obliegen, werden diese immer öfter von automatischen, dafür aufwendigeren Systemen mit situativ reagierenden Sensoren, abgelöst. Das Energie- und Ressourceneinsparungspotential von Gebäuden ist auch hinsichtlich eines bewussten Verbrauches von Wasser, Strom, Heiz- und Kühlbedarf, sowie durch achtsamen Umgang, beziehungsweise Instandhaltung und somit Langlebigkeit der Bausubstanz, von den NutzerInnen abhängig.



# LOKALES & GLOBALES POTENTIAL

## Ökologisches Potential:

Die schädlichen Auswirkungen sind meistens nicht sofort, beziehungsweise vor Ort bemerkbar, sondern werden oft zeitverzögert und räumlich entfernt spürbar. Der steigende Emissionsgehalt der Atmosphäre wird seine Auswirkungen erst in den nächsten Jahrzehnten in vollem Ausmaß zeigen und an Orten, an denen Menschen leben, die wenig zu diesem Anstieg beigetragen haben, spürbar werden (vgl. Drexler/El Khouli, 2014, S. 35).

Durch die Minimierungsmaßnahmen des ökologischen Fußabdruckes profitiert die Umwelt sowohl auf lokaler, als auch globaler Ebene. Global ist vor allem die Einsparung von Emissionen, durch niedrigeren CO<sub>2</sub>-Zuwachs in der Atmosphäre bemerkbar, was wiederum das weitere Voranschreiten der globalen Erwärmung reduziert. Lokal kann durch die Verwendung natürlicher Baustoffe vor allem der Schadstoffgehalt, sowohl in der Luft, als auch durch Abschwemmungen bei Regen, reduziert und die Gesundheit und das Wohlbefinden von Menschen, Tieren und Pflanzen gesteigert und werden.

## Kontextbezogenes Potential:

Architektur wird heute oft ohne Rücksicht auf den Kontext, soziale, kulturelle oder klimatische Unterschiede errichtet. So ist oft zu beobachten, wie wenig sich moderne Gebäude an verschiedenen Orten der Welt, in allen geografischen Breiten, unterscheiden. Gebäude reagieren dann nicht mehr auf das lokale Klima, was wiederum zu einem hohen Energieverbrauch in der Nutzung führt (vgl. Drexler/El Khouli, 2014, S. 35). Die globalisierte und industrialisierte Produktion vernachlässigt auch meist regionale Tradition und lokale Ressourcen. Der Gebrauch lokaler Materialien bringt also nicht nur, wie bereits beschrieben, Energie und Emissionseinsparungen durch kürzere Transportwege, sondern lässt in Verbindung mit Tradition und Menschen vor Ort neue Potentiale entstehen. Regionale Baustoffe bringen die Chance lokale Handwerks-traditionen zu unterstützen und durch die Produktion vor Ort die lokalen Wirtschafts- und Gemeinschaftsstrukturen zu stärken (vgl. ebd., 2014, S. 67-69). Dadurch entfalten sich die entstehenden lokalen Strukturen wieder verstärkt und können identitätsstiftend auf die Orte wirken.



### Gesundheitliches Potential:

Es gilt die Gesundheit der BewohnerInnen, sowie auch der BauarbeiterInnen, die mit den Baustoffen in direkten Kontakt kommen oder durch Lärm oder Staubeentwicklung belastet werden können, zu schützen. Muss schon bei der Errichtung des Gebäudes, wie bei der Verarbeitung von Zement, Silikon, Schäumen und Lacken, eine PPE-Maske zum Schutz vor schädlichen Chemikalien getragen werden, lässt dies schon einen Eindruck auf die umwelt- und gesundheitspezifischen Eigenschaften des Materials schließen (vgl. King, 2017, S.103). Für Wohlbefinden und Gesundheit im Innenraum ist die Raumluftqualität entscheidend. Natürliche Baustoffe und regelmäßiger Luftwechsel reduzieren Allergene, Pilze, Bakterien und Staub. Je unbehandelte und naturbelassene die Materialien, desto gesünder sind sie in der Regel (vgl. Liedl/Rühm, 2019, S.12-13). Auch ist die Raumluftfeuchtigkeit entscheidend für ein gesundes Innenraumklima und zwischen 40% und 60% für den Menschen am gesündesten (vgl. King, 2017, S.103). Ist die Luft zu trocken, werden die Schleimhäute und Atemwege stärker belastet und es kommt unter anderem vermehrt zu Kopfschmerzen. Zu feuchte Luft hingegen kann zu Erschöpfung führen, Gerüche werden intensiver wahrgenommen und der Anteil an Krankheitskeimen in der Luft erhöht sich und kann im Extremfall zu Schimmel und Bauschäden führen. Nachwachsende Rohstoffe im Innenraum können dem entgegenwirken, indem sie Feuchtigkeit aufnehmen und abgeben, und so zu einer ausgeglichenen Raumluftfeuchte beitragen. Sie gleichen die Schwankungen des Luftwassergehalts aus und verhindern die Entstehung von Oberflächenkondenswasser und Schimmel (vgl. Liedl/Rühm, 2019, S.146).

### Ökonomisches Potential:

Während vor nicht allzu langer Zeit nachhaltige Konzepte als alternativ belächelt wurden, werden damit heute ein positives Image und wirtschaftliche Vorteile verbunden. Dieser ökonomische Trend zeichnet sich auch in der Architektur ab. In seiner Studie Nachhaltigkeit im Immobilienmanagement (2010) stellt Roland Berger fest, dass 70% der BauherrInnen und InvestorInnen bereit sind, höhere Investitionskosten für nachhaltige Immobilien in Kauf zu nehmen. Außerdem sind nach ihm 80% der MieterInnen bereit, einen Aufschlag von bis zu 4,5% für mehr Nachhaltigkeit zu zahlen (vgl. Berger, 2010, S.2f). Auf Grund der oft höheren Kosten wurde in der Vergangenheit oft gegen die Verwendung natürlicher Baustoffe entschieden. Mit wachsendem Bewusstsein und Sorgen über die gesundheitlichen Auswirkungen herkömmlicher Materialien wächst die breite Nachfrage nach ökologischen Materialien (vgl. King, 2017, S.109-110), wodurch sich jene Projekte besser vermarkten lassen. Auch passive Energienutzung bringt ökonomische Vorteile, da die Umweltenergien am Standort kostenfrei zur Verfügung stehen und zudem relativ zukunftssicher sind (vgl. Drexler/El Khouli, 2014, S. 40-41). Die Kosten von Emissionen blieben lange Zeit unbewertet. Mit dem Emissionshandel wurden Emissionen erstmals ein finanziell beurteilbarer Preis gegeben, wobei sich der Preis pro Tonne von Jahr zu Jahr erhöht. Der Emissionshandel unterstützt dort CO<sub>2</sub> einzusparen, wo es am billigsten ist. Früher oder später sind wir also eventuell an dem Punkt, an dem es kostentechnisch am günstigsten sein wird, ein Haus aus natürlichen Materialien mit geringem Emissionsausstoß zu bauen (vgl. King, 2017, S. 138f).



## FAZIT & AUSBLICK

Die operativ-bedingten Emissionen sind auf Grund großer Effizienzsteigerung in der Nutzung bereits stark zurückgegangen. Nach heutigem Stand der Forschung weiß man bereits, wie Gebäude, die im Gebrauch emissionsneutral agieren, errichtet werden können. Durch entsprechende Vorschriften nähern sich Neubauten immer mehr diesem Nullenergiehaus-Standard. Diesen Anspruch zu erreichen, ist vor allem in Anbetracht des Netto-Null-Emissionsziels von 2050, zur Sicherung unseres Ökosystems, von enormer Wichtigkeit.

Sollen die Klimaziele erreicht werden und Menschen in Zukunft in einer emissionsneutral gebauten Umgebung leben, ist es nicht ausreichend den Fokus nur auf die CO<sub>2</sub>-Ersparnis in der betriebsbedingten Nutzung zu legen, sondern müssen auch die lang unterschätzten, beziehungsweise lange nicht miteinkalkulierten, baustoffgebundenen, „grauen“ Umweltauswirkungen berücksichtigt und entsprechend optimiert werden. Dazu braucht es eine Nachvollziehbarkeit der grauen Umweltauswirkungen. Nur so können diese evaluiert, den betriebsbedingten Emissionen gegenübergestellt und unter Darlegung des Gesamtlebenszyklus abgeglichen werden. Ökobilanzen und

-indikatoren wie der GWP, PEI, oder OI3 können als Werkzeug zur Abschätzung der Umweltauswirkungen herangezogen werden, jedoch ist auch bei deren Betrachtung auf Grund möglicher, noch nicht einschätzbarer, zukünftiger Erkenntnisse zu Umweltauswirkungen Vorsicht geboten.

Die nachhaltige Planung, über den Horizont der Errichtung hinausgedacht, wird in den nächsten Jahren eine grundlegende und wichtige Kompetenz von ArchitektInnen. Der große Ressourcenverbrauch durch die Architektur erfordert große Verantwortung und eine intensive Auseinandersetzung mit Anforderungen und dem gegebenen Kontext. Das größte Potential der Verringerung des ökologischen Fußabdruckes liegt bei der Materialwahl. Durch die Verwendung CO<sub>2</sub>-bindender, nachwachsender Materialien, kann das Klima im Gegensatz zu dem Einsatz mineralischer Baustoffe geschont werden. Die Regionalität der Baustoffe sowie eine einfache Erreichbarkeit des Gebäudes sind weitere Faktoren. Eine weitere Möglichkeit der Minimierungspotential des ökologischen Fußabdrucks auszuschöpfen, liegt in einer intelligenten Baukonstruktion, die ein Austauschen einzelner Teile zulässt, und mit möglichst geringem Aufwand auf-

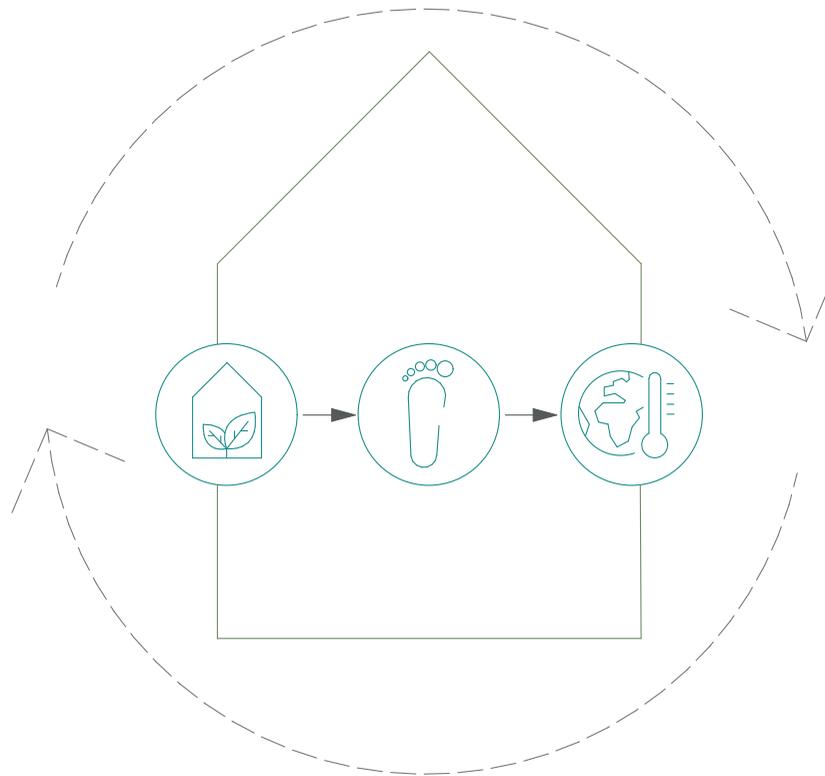


Abb 3.9:  
Minimierung des  
ökologischen Fuß-  
abdruckes

und wieder abgebaut und entsprechend weiterverwendet oder -verarbeitet werden kann. Weiters auch bedarfsoptimierte Flächennutzung, Nutzungsflexibilität, effiziente Energie- und Haustechnik und Eigenverantwortung der NutzerInnen. Von diesen Maßnahmen profitiert nicht nur das Klima, sondern sie bringen auch andere Potentiale, wie gesündere Baustellen und Innenraumluft sowie Stärkung lokaler, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Strukturen. Aus ökonomischer Sicht ist zu hoffen, dass sich in Zukunft negative Umweltauswirkungen verstärkt finanziell,

beispielsweise durch Besteuerung, abbilden lassen. Dadurch würden ökologische Alternativen schnell profitabler werden und somit weitere Anreize für InvestorInnen und BauherrInnen geschaffen werden. Das Emissionshandelsabkommen bietet ein erstes, aber auch langsam greifendes Modell dieser Art. In Anbetracht des knappen CO<sub>2</sub>-Kontingents muss sofort damit begonnen werden Treibhausgase einzusparen wo es möglich ist und bereits bestehende Alternativen zu nutzen. Der Schutz des Klimas und des Planeten sollten auch in der Architektur oberste Priorität bekommen.

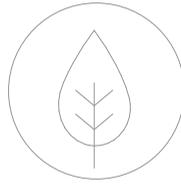


# 04\_MAXIMUM REGENERATION

Erhaltung und Regeneration des Ökosystems

# 04\_MAXIMUM REGENERATION

Erhaltung und Regeneration des Ökosystems



Das maximierende Potential bezieht sich vor allem auf die Regeneration der Natur mitsamt ihren vielfältigen Funktionen. Durch wachsende Infrastrukturen mussten, beziehungsweise müssen natürliche Flächen weichen, welche allerdings von großer Bedeutung für ein intaktes Ökosystem sind. Der Wegfall von Kühlleistung, Beschattung und Verdunstungskapazität zugunsten von versiegelten Flächen mit hohem Wärmereflexions- und -Absorptionsgrad, führt zu dem bereits erläuterten Effekt der Hitzeinselbildung.

Im Folgenden werden verschiedene Technologien und Möglichkeiten zur Einbindung der Natur und natürlicher Systeme in der Architektur, durch welche verloren gegangene Grünfläche wieder in die Stadt zurückgeholt werden kann, vorgestellt und auf ihre Wirksamkeit untersucht. Das Ökosystem soll sich regenerieren, die Lebensqualität der StadtbewohnerInnen verbessert werden und ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden. Es werden die damit einhergehenden Potentiale, die ökologischen Aspekte, wie Wasserkreisläufe, Biodiversität und klimatische Wirkung, sowie die gesundheitlichen Aspekte, wie Luftqualität, Lärmbelastigung und die psychologische Wirkung, beleuchtet. Diese Potentiale werden nicht differenziert voneinander betrachtet, sondern stehen miteinander in Wechselbeziehung.



# STÄDTEBAULICHE & ARCHITEKTONISCHE MASSNAHMEN

Tabelle 4.1.:  
Lowtechmaßnahmen zur Reduzierung des UHI Effekts in Städten und der zu erwartende Effekt auf Mikroklima & Wohnkomfort (+ positiver Beitrag, 0 neutral, - negativer Beitrag)

	zu erwartender Effekt in Bezug auf die UHI Reduktion	mögliche realistische Durchführbarkeit der Maßnahme, inkl. Kosten	zusätzlich positive Effekte auf das Stadtklima	zusätzlich positive Effekte auf den Wohnkomfort in Gebäuden
Parks und Grünflächen	++	0(+)	++	0(+)
Bäume und Vegetation	+	+++	++	++
Dachbegrünung	++	++	++	++
Fassadenbegrünung	++	+	++	+++
Albedoänderung von Dachflächen und Fassaden	++	++	+	++
Albedoänderung anderer horizontaler Flächen	+++	+	0	0

Das Ziel ist, dem Rückgang natürlicher Flächen entgegenzuwirken und die in der Stadt herrschenden klimatischen Unterschiede zum Umland möglichst auszugleichen und die Entstehung von Hitzeinseln zu reduzieren. Diese Unterschiede sind, wie bereits beschrieben, unter anderem auf den hohen Grad der versiegelten Flächen, einhergehendem Ausbleiben von Versickerungs- und Verdunstungsmöglichkeiten und auf die erhöhte Wärmespeicherkapazität der bebauten Strukturen wie Straßen und Gebäuden, zurückzuführen. Maßnahmen umfassen vor allem die Erhöhung des Grünanteils im urbanen Raum. Städtebaulich beinhaltet das die Flächenentsiegelung, das Pflanzen neuer Bäume und Sträucher, das Anlegen von Rasen- und Wiesenflächen sowie von grünen Wandelementen und die Schaffung grüner Innenhöfe. Gebäudetechnisch liegen hier die Möglichkeiten vor allem in der Fassaden- und Dachbegrünung. Durch das erhöhte Maß an städtischem Grün soll das Mikroklima und die Luftqualität ver-

bessert werden, Verdunstung und Abkühlung maximiert, Synergieeffekte wie Biodiversität und Wasserrückhalt gefördert, sowie das Stadtbild attraktiver werden. Um Verdunstungseffekte auszugleichen, wird auch auf die Erhöhung des Wasseranteils im urbanen Raum gesetzt. Dies geschieht beispielsweise durch Bewässerung und Regenwassermanagement, Wasserinstallationen, Erhöhung des Anteils an Wasserflächen und dem Freilegen von verrohrten Gewässern (vgl. Stadt Wien, 2015, S.51-66).

Als architektonischer Gestaltungsraum der Begrünung ist vor allem die Betrachtung der freistehenden Gebäudehülle, welche sich aus Außenwänden/Fassade und Dach zusammensetzt, naheliegend, da diese als Schutzschicht für den Menschen die physikalische Grenze zwischen Innen- und Außenraum darstellt. An dieser Grenze liegt der anzusetzende Hebel, um sowohl den Innenraum als auch den Außenraum profitieren zu lassen.



## Dachbegrünung

	Anteil gesamt Wien %	Anteil Zentrum Wien %	Albedo ohne Schneebedeckung %
Eternitdach	24	24	0,13
Ziegeldach schräg	31	36	0,2
Blechedach flach	9	7	0,13
Blechedach schräg	7	8	0,13
Glasdach	3	3	0,5
Schotterdach flach	24	20	0,1
Gründach flach	2	2	0,3
Weißer Fläche	-	-	0,68

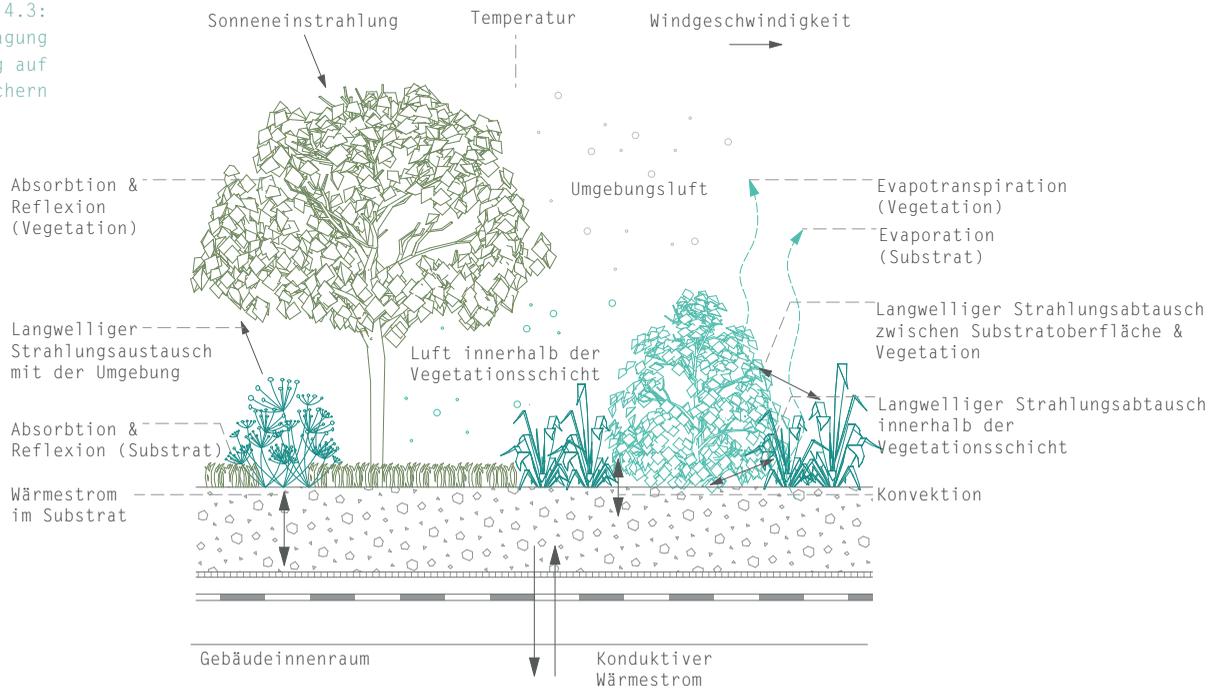
Tabelle 4.2:  
Flächenanteile  
ausgewählter  
Dachkategorien  
aus Stichpro-  
beninventur und  
deren spezifische  
Albedowerte für  
Wien als Mittel-  
wertsbereiche

Durch die aktive Transpiration und Beschattung der Dachhülle, helfen Dachbegrünungen das Phänomen der urbanen Hitzeinseln einzudämmen. Zusätzlich zur klimatischen Wirkung steigern sie die städtische Biodiversität und wirken sich durch Filterwirkung positiv auf die Luftqualität und durch thermische Isolation positiv auf das Raumklima im Inneren aus. Dachflächen prägen die städtische Fläche erheblich. 30-50% der versiegelten Stadtfläche sind auf Dächer zurückzuführen, bleiben in den meisten Fällen jedoch ungenutzt (vgl. Brune et al. 2017, S. 6). In Wien nehmen, bezogen auf die Gesamtfläche, die Dachflächen 13% ein, in den inneren, dicht bebauten Gebieten teilweise sogar über 50% (vgl. Vali, 2011 S. 9f). Auch hier sind sie weitgehend unbegrünt und ungenutzt. Bei einer Dachflächenuntersuchung, durchgeführt durch die Stadt Wien, wurden im Zufallsverfahren 10000 Stichprobenpunkte über die Stadt verteilt und in Dachtypen

kategorisiert. Die Auswertung zeigt, dass nur 2% aller Dächer in Wien Gründächer sind, wohingegen mit einem gesamten Flachdachanteil von 34% das Potential der begrünbaren Dächer entsprechend hoch wäre (vgl. Schwaiger et al. 2018, S. 47). 20% sind Flachdächer mit einer Neigung von 0-5° und somit als potentielle intensiv und extensiv begrünte Dächer nutzbar und 14% der Dächer entsprechen einer Neigung von 5-20° und sind somit als extensive Gründächer geeignet (vgl. Vali, 2011 S. 60). In dicht bebauten Teilen Wiens wie Wieden, Neubau oder Alsergrund könnte durch Dachbegrünung der potentiellen Dächer die wenig vorhandene Nettogrünfläche im Bezirk um mehr als 10% erhöht werden (vgl. Vali, 2011 S. 60), in Industriegebieten mit einem deutlich höheren Anteil an Flachdächern ist das Potential entsprechend größer.



Abb. 4.3:  
Wärmeübertragung  
und Wirkung auf  
begrüntem Dächern



Da für eine extensive Begrünung oft nur eine dünne Substratschicht, Aufbauhöhe ab 8 cm., für die Vegetation ausreicht und deshalb das Gewicht gegenüber intensiver Begrünung deutlich geringer ist, ist oft kein statischer Mehraufwand notwendig, weshalb sie sich besonders für den Bestand eignen (vgl. Stadt Wien 2019, S. 64). Auch der Pflegeaufwand extensiver Dächer ist gering. Großteils werden sie nur durch Niederschlagswasser gespeist und werden vorwiegend mit Moosen, Gräsern und Kräutern bepflanzt (vgl. Brune et al. 2017, S.

8). Sie sind meistens nicht zu Nutzung, beziehungsweise Betretung durch Menschen geeignet, was sie dafür aber zum wertvollen und ungestörten Lebensraum für Wildtiere und Wildpflanzen macht (vgl. grünstattgrau c, 2020f, online). Intensive Dachbegrünungen beginnen bei einer Aufbauhöhe von 20 cm und können durch entsprechende Erhöhung der Substratschicht sogar Bäume halten. Intensiv begrünte Dächer können als Erholungsraum, zum Sport und auch zum Gemüse- und Obstbau genutzt werden. Sie können alle Funktionen eines Gartens



erfüllen, müssen aber auch demensprechend bewässert und gepflegt werden (vgl. grünstattgrau c, 2020f, online). Während bei einer extensiven Dachbegrünung der technische Anspruch niedriger liegt als bei intensiver Begrünung, sind diese auf ökologischer Ebene deutlich profitabler. Sowohl aus Sicht des Wasserrückhaltevermögens, welche durch das höhere Substrat deutlich besser ausfällt, als auch aus Sicht der mikroklimatischen Wirkung, welche sich durch die intensive Vegetation deutlich erhöht (vgl. Brune et al. 2017, S. 8). Ebenso spielt die Pflanzenart eine entscheidende Rolle im Hinblick auf den mikroklimatischen Effekt und mögliche Energieeinsparung, wobei Pflanzen mit einem hohen Blattflächenindex die besten Werte erzielen (vgl. Stangl et al. 2019, S25).

Das Ausmaß der ökologischen Wirkung von Gründächern konnte in einer Reihe von Untersuchungen festgehalten werden. In einer anderen Studie, durchgeführt in Washington, kam man zu dem Ergebnis, dass Gründächer in amerikanischen Städten zu Energieeinsparung von 15-45% führen können und die Lebensdauer der darunterliegenden Dachhaut um 40% verlängert werden kann, da diese vor UV-Strahlen, Hagelschlag und Temperaturspitzen geschützt wird (vgl. Foster et al. 2011, S. 6). Eine ähnliche Studie belegt die deutlich reduzierte erforderliche Kühlleistung im Gebäudeinneren bei einem begrüntem Dach auf 110 kWh/m<sup>2</sup>, gegenüber einem Dach ohne Begrünung von 123 kWh/m<sup>2</sup> (vgl. Stangl et al. 2019, S25).

In einer Untersuchung zur Reduktion städtischer Wärmeinseln in Wien wurden verschiedene Maßnahmen zur Reduktion städtischer Hitzeinseln getestet. Unter anderem war die Oberflächenalbedo ein

entscheidendes Untersuchungsmerkmal. In verschiedenen Simulationen wurden verschiedene Dach-optimierungsvarianten verglichen. Ergebnis war, dass obwohl die Albedo der Dachbegrünung signifikant schlechter als die einer weißen Dachhaut ist, durch die Evaporationsleistung der Pflanzen, ab einem Dachbegrünungsgrad von 75% der schlechtere Albedowert ausgeglichen wird und in Kombination mit weißen Restoberflächen den besten Wirkungsgrad erzielt (vgl. Schwaiger et al. 2018, S. 74f). Berücksichtigt man noch die Beeinträchtigung des hohen Albedowertes von weißen Flächen bei Verschmutzung, welche sich gerade auf horizontalen Flächen im städtischen Raum gut absetzt, ist mit einer jährlichen Abnahme des Wertes von 0,15% zu rechnen (vgl. Stangl et al. 2019, S25), was wiederum noch einmal die Vorteile der Begrünung in einer Gegenüberstellung betont. Auch die TU Berlin hat zwei Dächer in Berlin-Tempelhof verglichen und konnte festhalten, dass ein extensiv begrüntes Dach 58% der Strahlungsbilanz in Verdunstung umwandelt, während ein nicht begrüntes Dach 95% der Strahlungsbilanz in Wärme umwandelt (vgl. Reichmann 2020f, online). In einer Klimasimulation für die deutsche Stadt Bochum wurde gezeigt, dass eine Ergänzung der vorhandenen Grünflächen um 10% ausreichen würde, um die Temperaturen trotz der globalen Erwärmung konstant zu halten (vgl. Schwaiger et al. 2018, S. 37).



Abb. 4.4: Arten der Fassadenbegrünung



## Fassadenbegrünung

So wie Dachbegrünung können auch grüne Fassaden durch aktive Transpiration und Beschattung der Wände dazu beitragen, den städtischen Hitzeinseln entgegenzuwirken. Sie wirken sich durch Schadstofffilterung und Sauerstoffproduktion positiv auf die Luftqualität aus, steigern die städtische Biodiversität und wirken sich durch thermische und akustische Isolation positiv auf das Raumklima im Inneren aus. Zudem wirkt sich das vertikale Grün nachweisbar positiv auf die menschliche Psyche aus und erzeugt durch ein „Aufbrechen“ der meist harten städtischen Wände ein Gefühl von Tiefe und Weite (vgl. Pfoser, 2018, S. 21f). Fassaden nehmen je nach Gebäudehöhe gegenüber der bebauten Fläche einen sehr unterschiedlichen Flächenanteil ein. Je höher der künstlich extrudierte Körper, desto größer wird seine Oberfläche und umso höher wird das Potential der Begrünung (vgl. Brune et al. 2017, S. 9).

Es wird zwischen bodengebundener, wandgebundener und troggebundener Begrünung unterschieden. Bodengebundene Pflanzen können entweder als Selbstklimmer direkt an der Fassade ohne Kletterhilfe hochwachsen oder sich als Gerüstkletterpflanze mit einer vorgehängten Konstruktion wie Seile, Gitter oder Stangen nach oben ranken. Wandgebundene Systeme funktionieren ohne Bodenkontakt, indem auch das erforderliche Substrat in ein entsprechendes Fassadensystem integriert wird. Sie lassen zwar eine größere Pflanzenvielfalt zu, sind jedoch auch technisch aufwendiger (vgl. Preiss, 2019, S. 46-65).

Begrünte Fassaden repräsentieren eine wichtige Maßnahme, um der Hitze in der Stadt entgegenzuwirken. Während sich die thermische Wirkung einer Dachbegrünung im Inneren des Gebäudes vor allem auf das Dachgeschoss reduziert, erstreckt sie sich

bei der Fassadenbegrünung auf alle begrünten Geschosse (vgl. Brune et al. 2017, S. 9). Besonders bei thermisch schlecht intakten Gebäuden sind die Effekte hoch. Im Mittelmeerraum konnte die Oberflächentemperatur gegenüber nicht begrünten Bauteilen in den Sommermonaten um bis zu 15,2°C gesenkt werden, Temperaturunterschiede, die auch im Innenraum spürbar werden (vgl. Schwaiger et al. 2018, S. 37). Basierend auf Simulationen wurde das Energieeinsparungspotential von Fassadenbegrünung untersucht und abhängig von der Exposition der jeweiligen Wand eine Reduktion des Kühlenergiebedarfs von 12- 42% festgehalten (vgl. Stangl et al. 2019, S26). Beachtliche Messungen wurden auch beim Gebäude der MA48 in Wien Margareten festgehalten. Ein ungedämmter Ziegelbau aus den 60er Jahren sollte thermisch effizient saniert werden. Durch die Anbringung von fassadengebundener Begrünung auf einer Fläche von 850m<sup>2</sup> konnte der Wärmedurchgang um 20% verringert werden. Die Begrünung ersetzt 75 Klimageräte, die in 8 Stunden Betrieb 3000 Watt Kühlleistung erzeugen (vgl. Pfoser, 2018, S. 50) und die Sauerstoffproduktion ist der von vier hundertjährigen Buchen gleichzusetzen (vgl. grünstattgrau b, 2020f, online). Ebenso konnte am Institut für Physik an der Humboldt Universität durch aktive Verschattung und Kühlleistung der Pflanzen bis zu 50% des Primärenergiebedarfs für die Kühlung eingespart werden (vgl. Pfoser, 2018, S. 50).

Die Stadt Wien hat hierzu als Planungshilfe für ArchitektInnen, BauherrInnen und Ausführende einen Leitfaden zur Fassadenbegrünung erstellt. Gesetzliche Vorgaben gibt es bislang keine.



Abb. 4.5 -4.6,  
von li. nach re.:  
MA48,  
Mur végétal



## Betrachtung des Kontextes

Die Einbindung von Pflanzen in Gebäuden ist allerdings auf die Sinnhaftigkeit, bezogen auf den Kontext, zu überprüfen. So ist Österreich ein sehr wasserreiches Land, sowohl was die Menge, als auch die Qualität des Wassers anbelangt. Jährlich werden nur 3% des zur Verfügung stehenden Wassers genutzt (vgl. Längauer, 2018, online). In anderen Ländern und Städten, in denen Wasserknappheit herrscht, kann das Erhalten von Begrünung ein großes Problem darstellen.

Auch sind durch das Grün oft aufwendige Konstruktionen erforderlich, die oftmals nicht aus erneuerbaren oder recyclebaren Materialien hergestellt werden, welche wiederum die Umwelt stark belasten. Das richtige Maß an Ressourcenverbrauch und Technik sind entscheidend. Das jeweilige Projekt sollte mit dem umliegenden Ökosystem im Einklang konzipiert werden. Entsprechende Pflanzarten, bestehende Wasserkapazitäten und lokal zur Verfügung stehende Materialien sollten berücksichtigt werden, um eine situativ reagierende Architektur zu schaffen.

Die fassadengebundene Begrünung des MA 48-Gebäudes bringt zwar eine erstaunliche

Verbesserung der Energiemesswerte, jedoch ist auch hier der Ressourcenverbrauch beachtlich. Die vertikal begrünte Fläche von 850m<sup>2</sup> wird durch 2.850 Laufmeter Aluminiumpflanztrögen gehalten und von 3.500 Lautmeter Tropfschläuchen mit Wasser versorgt (vgl. Grünstattgrau b, 2020f, online). Auch hinter dem natürlich wirkenden System „mur végétal“ des vertikalen Gartens von Patrick Blanc steckt viel mehr Technik, verbunden mit der Verwendung nicht ökologischer Materialien, als man auf den ersten Blick annimmt. Um die Anforderungen der Traglast zu erfüllen, wird eine Unterkonstruktion aus Stahl mit Abstand zur Wand angebracht, um Feuchtigkeitsschäden entgegenzuwirken. Auf dieser Konstruktion werden PVC-Platten montiert, die als Trägerschicht für ein doppelt gelegtes Acrylvlies dienen (vgl. Becker/Schmal, 2010, S. 30). Der Wasserverbrauch für die Wände liegt je nach Jahreszeit zwischen 0,5 und 5 Litern pro Quadratmeter pro Tag, umgerechnet auf das gesamte Jahr ergibt das einen durchschnittlichen Verbrauch von 3 Liter pro Quadratmeter pro Tag. Bei der flankierten Brandmauer in Madrid mit einer Fläche von 600 Quadratmetern macht das eine Summe von 1800

Abb.: 4.7:  
Bosco Verticale

Liter Wasser pro Tag aus (vgl. ebd., 2010, S. 28) und das obwohl die Stadt oft knapp an Wasserreserven ist. Das von Patric Blanc aufwendige System künstlich geschaffener Natur wird oft mit ökologischen Vorteilen in Verbindung gebracht, beruht allerdings vor allem auf dekorativen, kommerziellen und ästhetischen Prinzipien (vgl. Gandy; Giessen, 2010, S. 33).

Beim Bosco Verticale (übersetzt: vertikaler Wald) handelt es sich um zwei in Mailand stehende Wohntürme, die 2013 errichtet wurde. Die Architekten Stefano Boeri, Giandrea Barreca und Giovanni La Varra pflanzen auf den 80 und 112 Meter hohen Türmen, mit insgesamt 780 Bäumen, 5000 Büschen und 11000 Bodendeckern, eine Summe von 10000 Quadratmetern vertikaler Waldfläche (vgl. Testa, 2015, S.82). Das Projekt basiert auf der Idee mit Hilfe von Architektur die harte Steinoberfläche der Innenstadt aufzulockern, der Zersiedelung der Stadt entgegenzuwirken und die Artenvielfalt zu schützen. Die äußere Erscheinung des Gebäudes soll durch das Blätterkleid, welches sich im Laufe der Jahreszeiten verändert, ein Farbspektakel in die Stadt bringen (vgl. Müller-Boscaro, S. 44). Die Vegetation auf den Balkonen produziert ein angenehmes Mikroklima und bietet den Wohnungen einen natürlichen Lärmschutz sowie Schatten im Sommer. Außerdem soll durch die in Gang gebrachte

Wiederansiedelung der Pflanzen, Vögeln und Insekten Schutz und Unterschlupf gewährt werden (vgl. Boeri, S.116 f.). Für die Bewässerung der Pflanzen wurde ein System entwickelt, das laufend den Wasserstand und die Bodenqualität mittels Sensoren prüft und die Daten an einen zentralen Computer weiterleitet, der die Zuteilung der richtigen Wassermenge steuert und in heiklen Situationen ein Alarmsignal sendet (vgl. Kietzmann, 2013, S.51). Für die Bewässerung wird recyceltes Wasser, wie zum Beispiel Grundwasser, das ursprünglich für die Klimaanlage verwendet wurde, verwendet. Auf dem Dach wurden Photovoltaikpaneele installiert, welche die zwei Türme mit Energie versorgen (vgl. Müller-Boscaro, S. 47). Um die Bäume vor Windbelastung zu schützen, werden sie jeweils von zwei Stahlträgern, die sich um ihren Stamm klammern und einem zusätzlichen Stahlseil an der Decke des darüber liegenden Balkons gesichert (vgl. Kietzmann 2013, S.51). Auch wenn beim Bosco Verticale vor allem wegen der massiven Auslegung der Balkone, welche das Gewicht von Pflanzen und Substrat tragen müssen, nicht besonders ressourcenschonend gebaut wurde und gerade das intergrierte Bewässerungssystem eine umfangreiche Technik erfordert, so gibt das Gebäude der Stadt dennoch wieder ein Stück funktionierende Natur zurück.



# LOKALES & GLOBALES POTENTIAL

## ökologisches Potential

Klimatische Wirkung:

Wie schon im Kapitel „Problemstellung“ beschrieben geht durch versiegelte Flächen ein großes Potential an Verdunstungskühlung verloren, was vor allem die Hitzeinselnbildung im Stadtraum begünstigt. Pflanzen haben das Potential einer doppelten Kühlwirkung, der direkten und indirekten Kühlung. Die Direkte findet durch Evaporation statt, bei welcher durch Verdunstung die umgebende Luft abgekühlt wird. Bei der Indirekten kann zum einen durch Verschattung eine mögliche Aufheizung von Oberflächen, welche in Folge wieder Wärme abstrahlen, verhindert werden, zum anderen die Albedo verbessert werden (vgl. Pfoser, 2018, S. 126f.). Laut Shashua-Bar und Hoffman werden 20% des kühlenden klimatischen Effekts von Bäumen auf Evaporation und 80% auf Beschattung zurückgeführt (vgl. Shashua-Bar, 2000, S. 234). In einem Referenzgebiet in Berlin konnte in einer Modellierung gemessen werden, dass die Luft an einem entsprechenden sommerlichen Referenztag direkt unter einem Baum um 10 Grad kühler und im direkten Umfeld um bis zu 3 Grad kühler als die der Umgebung ist.

Im selben Projekt wurde auch die kühlende Wirkung von Dach- und Fassadenbegrünungen untersucht. In beiden Bereichen der Gebäudebegrünung konnte die unmittelbar im Bereich liegende Lufttemperatur um 10°C reduziert werden. Auf die oberflächennahen Temperaturen im Straßenraum wirken sich beide Begrünungen je nach Intensität unterschiedlich aus, sind jedoch in den meisten Fällen kaum messbar (vgl. Brandl et al. 2011, S. 36-37). Die begrünte Fassade der MA 48, insgesamt eine Fläche von 850m<sup>2</sup> verzeichnet eine Verdunstungsleistung von vier 100 Jahre alten Buchen. Bei Messungen wurde festgehalten, dass die Vegetation zu einer Absenkung der Oberflächentemperatur der Gebäudehülle um 15°C führen kann (vgl. Pfoser, 2018, S. 127). Ein kühlender Effekt ist zwar bei allen Begrünungsvarianten vorhanden, jedoch ist er bei intensiver Vegetation mit höheren Verdunstungsraten entsprechend höher (vgl. Pfoser, 2018, S. 126f.) Im Online-Fachportal Baunetzwissen wurden einige Pflanzen auf ihre Verdunstungskapazität untersucht und verglichen und die Ergebnisse wie folgt wiedergegeben (vgl. Baunetzwissen, (2020f), online):

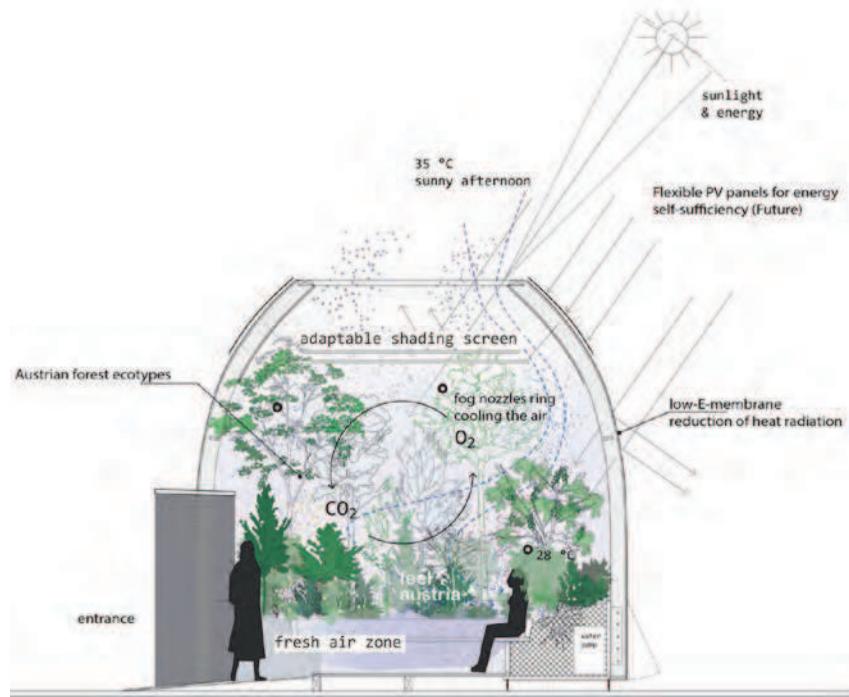


Abb. 4.8:  
schematische Darstellung der klimatischen Effekte im Airship 01

- Farn (*Comptonia asplenifolia*):  
7 - 15 g/Stunde
- Mittelgroßer Gummibaum (*Ficus elastica*):  
10 - 20 g/Stunde
- Wasserpflanzen ( z.B. *Nymphaea alba*):  
6 - 8 g/Stunde
- Freie Wasseroberfläche:  
ca. 40 g/m<sup>2</sup>/ h
- Jungbäume (2 bis 3 m) z.B. Buche (*Fagus*):  
2 - 4 kg/Stunde

Die kühlende Wirkung von Pflanzen wurde nicht nur durch Messungen bestätigt, sondern auch in einer architektonischen Umsetzung sensorisch für den Menschen spürbar gemacht. Im Airship 01, einem mobilen Wald des breathe earth Kollektivs, wird das Phänomen der natürlichen Kühlung durch Verdunstung spürbar gemacht. In Form eines Leichtbau-Pavillions wurden auf einer Fläche von 5m<sup>2</sup> Bäume, Stauden, Gräser und Blumen gepflanzt und sorgen so für ein eigenes Mikroklima nach dem Prinzip eines Kaltluftsees. Die Verdunstungswirkung des kleinen Waldes kühlt die umgebende Luft, welche dann absinkt und in der Zone des Sitzbereiches besonders intensiv erlebbar wird. Sprühnebel, Ventilatoren und ein

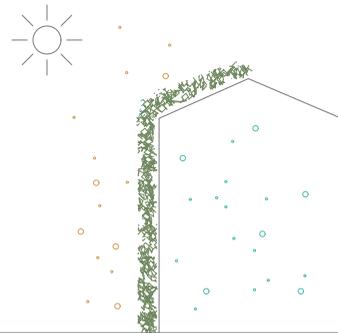
modulares Verschattungssystem verstärken diesen Effekt, der dazu führt, dass die Luft im Pavillion um bis zu 7°C kühler ist, als die der Umgebung (vgl. Minixhofer, 2019, online). Das Prinzip funktioniert energieautark. Als mobile Klimainstallation soll das sinnliche Erlebnis eines Waldes in die Stadt geholt werden. Die Luft wird gereinigt, gekühlt und frischer Sauerstoff produziert. Mit dem prototypischen Konzept hat es sich das Kollektiv zur Aufgabe gemacht, auf die Kraft der Natur in unserer gebauten Umgebung aufmerksam zu machen und die Möglichkeiten der Wechselbeziehung in den Vordergrund zu stellen (vgl. breathe earth, 2020, online).



Abb. 4.9:  
Ökologisches Potential von Gebäudebegrünung

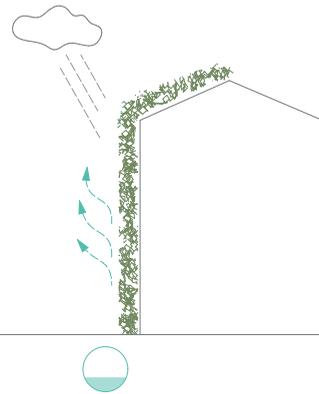
### KLIMATISCHE WIRKUNG

- + Kühlung durch Verdunstung & Verschattung
- + Minderung städtischer Hitzeinseln
- + Verminderung Aufheizung durch Verschattung
- + Reduktion von Wärmeverlusten der Gebäudehülle
- + Aussenliegender Sonnenschutz



### WASSERKREISLAUF

- + Wasserrückhalt durch Minderung des Abflusswertes
- + Verhinderung hoher Belastung der Kanalisation
- + Reduktion versiegelter Flächen
- + Erhöhung der Verdunstungsrate
- + Umgebungskühlung
- + natürliche Reinigung



### BIODIVERSIÄT

- + Erweiterung des Lebensraums für Flora & Fauna
- + trägt lokal zu Artenvielfalt bei
- + Erweiterung des Nahrungs- und Lebensraums





### Biodiversität:

Die Artenvielfalt und -häufigkeit ist für die Erhaltung des Ökosystem von zentraler Bedeutung. So sind beispielsweise Insekten essentiell für die Bestäubung von Naturpflanzen, die natürliche Regulierung von Schädlingen sowie die Erhaltung von unzähligen natürlichen Kreisläufen. Nun ist ein rasanter Anstieg des Artensterbens festzustellen. Die Hauptgründe dafür sind die Vergiftung der Lebensräume durch Pestizide und Hormone, das Einschleppen fremder Arten, der Klimawandel, der Lebensraumverlust und die Verstädterung. Der Insektenbestand in Mitteleuropa nahm in den vergangen 27 Jahren um 75-80% ab. Prognosen für die Zukunft zeigen eine rasante Weiterentwicklung dieses Trends. Die derzeitige Entwicklung des Arten- und Häufigkeitsverlustes läuft Richtung Systemversagen, welches in der Land- und Forstwirtschaft als Erstes spürbar wird (vgl. Naturschutzbund Österreich, 2019, online).

Die Gebäudebegrünung wird zum Baustein für urbane Biodiversität und ist eine Möglichkeit Wildtieren wie Insekten und Vögeln Rückzugs- und Lebensraum zurückzugeben. Sie dient als Verknüpfung und Erweiterung des Raumangebotes zu naheliegenden Parks und eventuell angrenzenden Wäldern und Feldern. Die Tiere können, je nach Art, die Begrünung als Nahrungsquelle, Paarungsraum, Nistplatz, Verpuppungs-ort, Versteck- und Sonnenplatz oder als Witterungsschutz nutzen (vgl. Pfoser, 2018, S. 140). So kann Gebäudebegrünung durch die Sicherung von Lebensraum, Bestäubung und Fortführung der Nahrungskette einen Beitrag zum Artenschutz leisten und wiederum das Gleichgewicht unseres Ökosystem unterstützen.

### Wasserkreislauf:

Da das Niederschlagswasser über Vegetation und Substrat, durch Versickerung und Verdunstung wieder in den natürlichen Wasserkreislauf zurückkehrt, wirkt sich das positiv auf das Mikroklima und das regionale Ökosystem aus und reduziert infolgedessen den anthropogen verursachten Klimawandel.

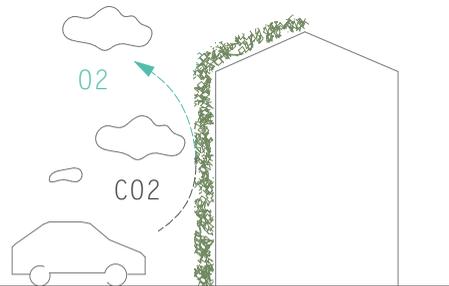
Vom Wasserrückhaltevermögen der Begrünung profitiert aber nicht nur das Klima, sondern auch Entwässerungssysteme wie Gullys, Regenrinnen und das Kanalsystem werden durch die Begrünung entlastet. Zum einen, weil die Blätter das Abrinnen von Wasser verlangsamen und reduzieren, zum anderen funktioniert die Erde wie ein Schwamm. Das Wasser wird entweder zur Gänze zurückgehalten und zeitlich optimiert wieder an die Atmosphäre abgegeben, oder rinnt bei großen Mengen zu einem Anteil zeitverzögert ab, wodurch die Entwässerungssysteme entsprechend geringer dimensioniert werden können. Ein Quadratmeter begrünte Fläche, mit einer Aufbauhöhe von 25cm, kann 137 Liter Wasser aufnehmen, was der Füllmenge einer Badewanne entspricht (vgl. Grünstattgrau, 2020, online). Vor allem bei Starkregenereignissen, welche kürzer, dafür aber intensiver ausfallen, kann das Kanalsystem so entlastet werden. Ein weiterer positiver Aspekt liegt darin, dass gegenüber versiegelten Flächen, bei denen Schmutz und Schadstoffe direkt mitgeschwemmt werden, verunreinigtes Wasser durch die Vegetation und das Substrat natürlich gefiltert wird (vgl. Schröpfer, 2016, S60).



Abb. 4.10:  
gesundheitliches  
Potential von Ge-  
bäudebegrünung

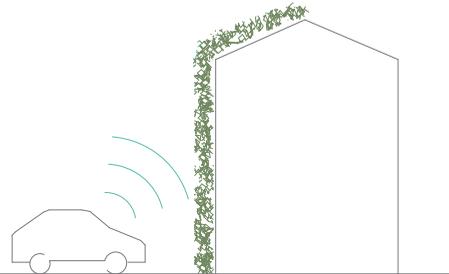
### VERBESSERUNG DER LUFTQUALITÄT

- + Luftreinigung
- + Sauerstoffproduktion
- + Feinstaubbindung und Verstoffwechslung
- + Luftbefeuchtung



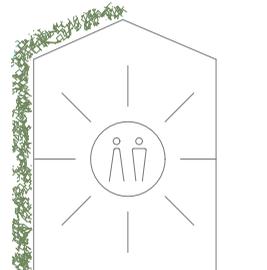
### MINDERUNG DER LÄRMBELASTUNG

- + Streuung und Dämpfung der Schallenergie
- + Minderung der Lärmbelastung
- + Reduktion Transmission Gebäude



### WOHLBEFINDEN

- + Verbesserung der Aufenthaltsqualität
- + Steigerung der Akzeptanz
- + Fernwirkung
- + verbesserte Konzentrationsfähigkeit





## gesundheitliches & psychologisches Potential

Das Grün in der Stadt setzt nicht nur Maßnahmen gegen die globale Erwärmung, sondern bringt auch eine unmittelbar verbesserte Lebensqualität und Wohlbefinden für StadtbewohnerInnen. So können für NutzerInnen eine Verbesserung der Luftqualität, reduzierte Lärmbelastung und Stressminderung festgestellt werden. Laut Europäischer Kommission konnte in einer Studie, durchgeführt in Amsterdam, nachgewiesen werden, dass eine Erweiterung der vorhandenen städtischen Grünflächen um 10% in Form von Bäumen und begrünten Fassaden, die Gesundheitskosten für 10 Millionen EinwohnerInnen um 400 Millionen Euro pro Jahr senkt (vgl. European Commission, 2020f, online).

### Verbesserung der Luftqualität:

Vor allem in der Stadt stellt die Feinstaubbelastung, mit Verkehr und Industrie als Hauptverursacher, oft ein Problem dar. Auf engem Raum konzentrieren sich die schädlichen Stoffe und können schwerwiegende Auswirkungen auf die Gesundheit haben. Pflanzen wirken als Staub und Schadstofffilter und reinigen so auf natürlichem Weg die Luft. Sie können dadurch die Bausubstanz vor Verunreinigungen schützen, und die Luftqualität und somit Gesundheit von Menschen und Tieren verbessern. Je nach Pflanze können unterschiedliche Mengen an Schadstoffen gebunden werden. Der Staub, beziehungsweise die Feinpartikel setzen sich auf den Blättern ab und werden dann mit dem nächsten Regen weggeschwemmt, während sich ohne Bepflanzung

die Partikel auf dem Boden absetzen, immer wieder aufgewirbelt werden und so in die Lungen gelangen (vgl. Schröpfer, 2016, S.65). Die Research Agency of the Forestry Commission in Großbritannien hat diesen Effekt in einer Untersuchung bestätigt. In einem Stadtgebiet wurde die Feinstaubbelastung mehrerer Straßen getestet: Straßen mit Bäumen, und Straßen ohne. Die Studie ergab, dass in den Straßen mit Bäumen der Anteil der Feinstaubpartikel nur einem Viertel der Partikel der Straßen ohne Bäumen entsprechen (vgl. Sarajevs, 2011, S.6-7).

### Lärminderung:

In Betrachtung der Lebensqualität in der Stadt spielt auch die Lärmbelastung eine große Rolle. Autos, öffentliche Verkehrsmittel wie Busse und Straßenbahnen, Baustellen, Musik oder laute Gespräche können in den Ballungsräumen für zusätzlichen Stress sorgen. Die Stadt ist hier im Vergleich zum ländlicheren Umfeld besonders betroffen, da zum einen die Dichte an Geräuschverursachern höher ist, zum anderen kann sich der Schall durch den hohen Reflexionsgrad glatter Gebäudeoberflächen mit geringem Absorptionsgrad weiter ausbreiten. Die Schallintensität wird durch Entfernung, Windrichtung, Typologie, sowie Luftfeuchtigkeit, Reflexion und Absorption beeinflusst und durch Körper- und oder Luftschall übertragen. Entfernung der Schallquelle, Streuung und Dämpfung können sie reduzieren, da so die Schallenergie verzehrt wird (vgl. Pfoser, 2018, S. 135f).

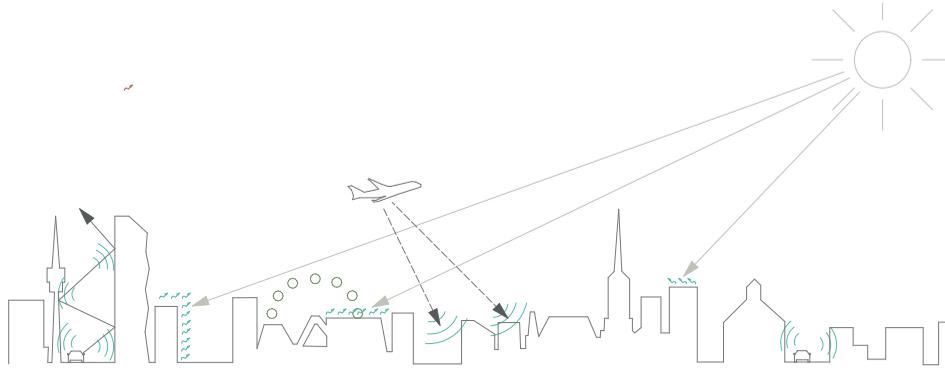


Abb. 4.11.  
Wirkung städtischer  
Oberflächen  
ohne Vegetation

Je nach Pflanze, ihrer Blattdichte und Oberflächenbeschaffenheit ist der Schallminderungseffekt entsprechend unterschiedlich. Intensive Begrünungen erweisen sich hier als effektiv, da das Massengewicht und das Substrat die Schallenergie reduzieren. Besonders hoch ist die Schallminderung bei dicken, dichten Blättern und dünnen, beweglichen Stängeln. Die Energie wird hier in mechanische Bewegung umgewandelt (vgl. Schröpfer, 2016, S65). Besonders die Fassade ist als Absorptionsfläche ideal, um mit Begrünung eine Ausbreitung des Schalls im Straßenprofil zu reduzieren (vgl. Pfoser, 2018, S. 135f).

Wohlbefinden:

Der Mensch hat evolutionär das Verlangen nach Naturnähe und so steigert eine natürliche Umgebung das menschliche Wohlbefinden, dessen Effekte mit den Begriffen Phytophilie und Biophilie beschrieben werden. Phytophilie bezeichnet die positive Reaktion des Menschen auf Pflanzen und Bevorzugung einer natürlichen Umgebung. Design, das Mensch und Natur gesamtheitlich verbinden soll, wird heute als biophiles, oft auch englisch biophilic Design, be-

zeichnet. Als Begründer dieses Begriffes gilt Erich Fromm, ein deutsch-amerikanischer Psychoanalytiker. Er führte 1964 in seinem Buch „die Seele des Menschen“ den Begriff Biophilie ein, wobei bios, im Lateinischen Leben und philia, im Lateinischen Liebe bedeutet (vgl. Westphal, 2017, online). Die University of Washington hat die Wirkung von Grünraum in der Nachbarschaft untersucht und großen sozialen Nutzen feststellen können. Unter anderem wurde entdeckt, dass das Wohnen an, oder in unmittelbarer Nähe von Grünflächen, Stress, Angstzustände und Depressionen reduzieren kann. In einem anderen Versuch konnte durch Messung der Gehirnaktivität nachgewiesen werden, dass eine grüne Umgebung psychische Überforderungen reduziert und sich dadurch positiv auf die Konzentrationsfähigkeit auswirkt (vgl. Schröpfer, 2016, S65). Die positive Wirkung von Fassaden und Dachbegrünung auf Menschen wurde auch auf der medizinischen Universität Wien untersucht. Besonders in dicht verbauten Gebieten sind die gesundheitlichen Effekte durch die verbesserte Luftqualität sowie die unmittelbare positive Auswirkung auf die Lebensqualität und somit auch das Wohlbefinden und die

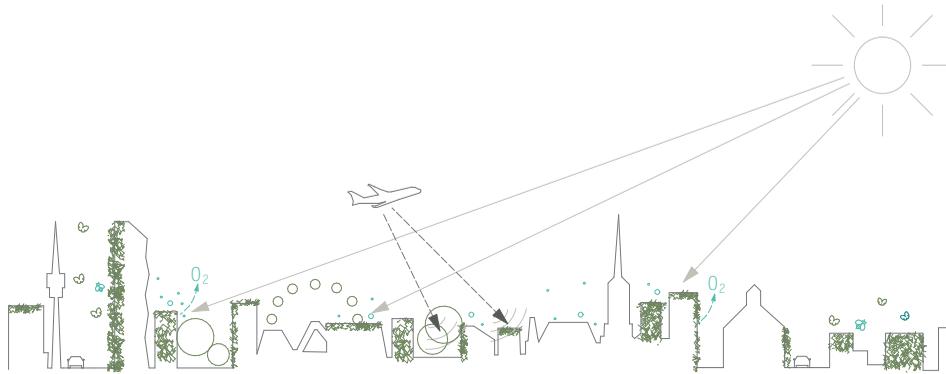


Abb. 4.12.  
Wirkung städtischer Oberflächen mit Vegetation

Gesundheit am größten (vgl. Stadt Wien, 2013, S.7). Auch wirkt sich das städtische Grün auf die physische Aktivität aus. Die University of Glasgow kam in Zusammenarbeit mit der WHO in einer Studie zu dem Ergebnis, dass sich Menschen, die in einer grünen Umgebung leben im Schnitt dreimal so viel Bewegung machen wie Menschen, die in einer Umgebung ohne natürlichem Grün wohnen. Nach dem Grad der Begrünung steigt hier die sportliche Aktivität. Das wirkt sich wiederum positiv auf die Gesundheit aus (vgl. Ellaway et al. 2005, online).

Im Leitfaden für Fassadenbegrünung der Stadt Wien wird sogar empfohlen, zur Förderung der öffentlichen Gesundheit einen Mindestanteil an Begrünung bei neu erbauten Gebäuden im urbanen Umfeld gesetzlich vorzuschreiben (vgl. Stadt Wien, 2013, S.9).

Fassaden und Dachflächen prägen das Stadtbild und haben dementsprechend einen maßgebenden Anteil auf unsere optische und emotionale Wahrnehmung. Durch Begrünung kann das Naturerlebnis der Jahreszeiten, ergänzend zu Straßenbepflanzung und Parks, in innerstädtische Bereiche zurückgeholt werden. Auch sind Ver-

änderungen der Raumwahrnehmung durch das Hinzufügen von natürlichem Grün zu beobachten. So wirkt das Grün nicht nur beruhigend auf den Menschen, sondern wirkt zusätzlich raumerweiternd, was vor allem in dicht bebauten Gebieten das Wohlbefinden steigert. Zudem wirkt der im Gebäude integrierte Grünraum identitätsstiftend und als verbindende Schnittstelle zwischen Privatem und Öffentlichem (vgl. Pfoser, 2018, S. 135f).

Dass die Sehnsucht nach unmittelbarem Grün beim Wohnen groß ist, beweist nicht nur die Zufriedenheit der Menschen, die in begrüneten Gebäuden leben, sondern spiegelt sich auch in der Nachfrage, die bei Bauträgern eingeht, wieder. Laut dem Wiener Wohnbauträger EBG sind Wohnungen mit Begrünung wesentlich schneller vergriffen und in der Nutzung beliebter, als jene ohne (vgl. Stadt Wien, 2013, S.10).

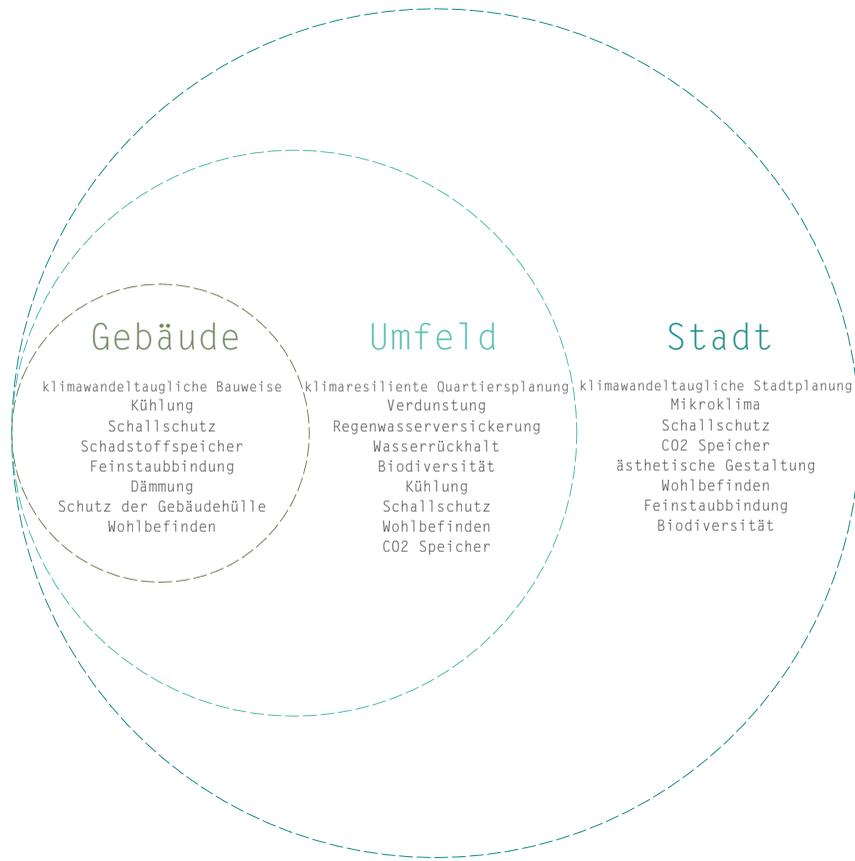


Abb. 4.12:  
Wirkung der Gebäudebegrünung auf Gebäude-, Umfeld- und Stadtebene



## FAZIT & AUSBLICK

Bei der wissenschaftlichen Wirkung von grüner Infrastruktur in der Stadt handelt es sich um ein sehr junges Forschungsfeld, wobei das breite Interesse und das Erscheinen neuer Studien in den letzten Jahren massiv zugenommen hat (vgl. Stangl et al. 2019, S9). Die Wichtigkeit der Erhaltung und Neuplanung von Vegetationsflächen in der Stadt ist unumstritten und wird in Anbetracht des Klimawandels und des Anstiegs von Hitzetagen und -perioden noch weiter an Relevanz gewinnen.

Laut der Studie „Wirkung grüne Stadt“ im Auftrag der Stadt Wien machen es sich derzeit viele Stadtverwaltungen und Programme zur Aufgabe, die Umsetzung von grünen Infrastrukturen voranzutreiben. Die Wichtigkeit wird nicht nur auf den bodennahen Stadtraum begrenzt, sondern schließt Gebäude, sowohl im Bestand, als auch im Neubau, mit ihren potentiellen Begrünungsflächen ein (vgl. ebd. 2019, S.17). Durch vermehrte Einbindung der Natur in Städtebau und Architektur ist das Potential vorhanden, die Lebensqualität der StadtbewohnerInnen trotz der globalen Erwärmung sicherzustellen, beziehungsweise zu verbessern. Beschattung und Evapotranspiration durch Vegetation wirken sich positiv auf das Mikroklima aus und wirken der Entstehung von Hitzeinseln entgegen. Neben den klimatischen und ökologischen Aspekten tragen auch gesundheitliche und psychologische Aspekte zu einer Aufwertung der Lebensqualität bei. Gleichzeitig profitierten das Ökosystem und die Biodiversität. Zahlreiche Untersuchungen und Studien bestätigen diese Effekte.

Um die Vegetation möglichst sinnvoll einzusetzen, und auf die jeweiligen Anforderungen wirksam zu reagieren, erfordert es eine integrative Auseinandersetzung mit dem energetischen und ökologischen Potential der Begrünung. Wichtig ist, dass das Konzept mit dem umliegenden Ökosystem im Einklang konzipiert wird und entsprechende Pflanzarten und Wasserkapazitäten sowie lokal zur Verfügung stehende Materialien berücksichtigt werden, um eine situativ reagierende, nachhaltige Architektur zu schaffen.

Wünschenswert wäre, dass die Integration von Vegetation, als wichtiger Baustein zum Klimaschutz, sowohl im Bestand, aber vor allem bei der Errichtung von Neubauten zum fixen Teil der Planungsanforderungen wird. Jedes einzelne Gebäude, das diese Möglichkeiten der Begrünung nutzt, ist eine Bereicherung sowohl auf lokaler als auch auf globaler Ebene. Die Vorstellung von ganzen städtischen grünen Straßenzügen und Gebieten und einem „Zurückholen“ der Natur in den urbanen Raum im großen Stil lässt aufatmen und gibt auch in Zeiten des Klimawandels die Vision einer lebenswerten Zukunft in der Stadt.

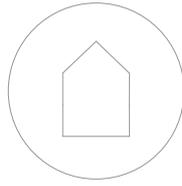


# 05\_ENTWURF

grünes Stadtwohnhaus

# 05\_ENTWURF

grünes Stadtwohnhaus

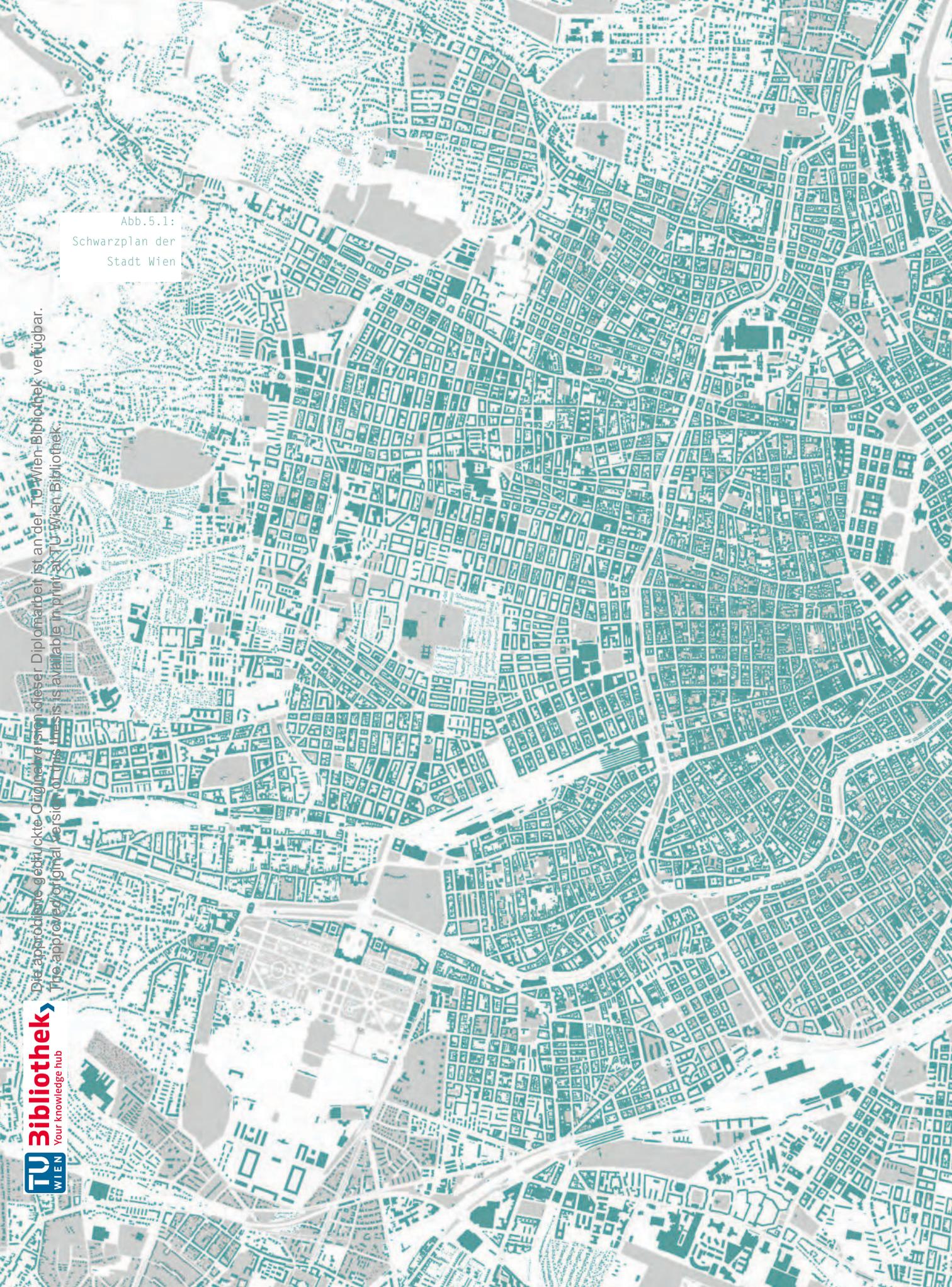


In einem architektonischen Entwurf im innerstädtischen, dicht bebauten Gebiet, sollen die theoretisch erarbeiteten Potentiale veranschaulicht und ein Überblick von Möglichkeiten dargestellt werden, wie Architektur als Instrument zum lokalen und globalen Klimaschutz betrachtet werden kann.

Als Bauplatz wurde ein Grundstück in einem der am dicht bebautesten und vom Hitzeinseleffekt am stärksten betroffenen Gebiete Wiens gewählt. Eine durch einen Abriss entstandene Baulücke in der Zieglergasse im Bezirk Neubau soll neu bebaut werden. Gleichzeitig soll die Zieglergasse, angesichts der steigenden Hitze in der Stadt, durch städtebauliche Maßnahmen zur "Kühlen Meile" werden. Die Umbaumaßnahmen im urbanen Raum, die auch innerstädtisch die Lebensqualität bei heißer werdenden Temperaturen sichern sollen, sind oft mit hohem Aufwand verbunden und durch bestehende und zu erhaltende Straßenraumnutzungen räumlich eingeschränkt. In Anbetracht dessen ist es sinnvoll das Potential der Lebensqualitätssicherungs- und Klimaschutzmaßnahmen auch bei der Neuerrichtung von Gebäuden miteinzubeziehen und zu nutzen. Die in den letzten Jahren neu gebauten Gebäude im Bezirk berücksichtigen aber nicht nur dieses Potential nicht, sondern ließen auch, soweit das in der Entstehung beobachtet werden konnte, umweltschonende Bauweisen außer Acht.

Im Entwurf hingegen sollen die genannten Potentiale der Lebensqualitätssicherungs- und Klimaschutzmaßnahmen im Gebäude integriert werden und der ökologische Fußabdruck mit seinen negativen Auswirkungen minimiert werden.

Abb.5.1:  
Schwarzplan der  
Stadt Wien







ENTWURF

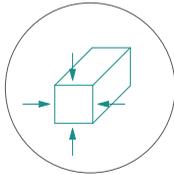


## MINIMALER ÖKOLOGISCHER FUSSABDRUCK

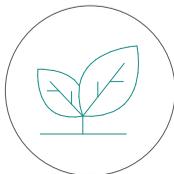
Umweltbilanzierung im Gesamtlebenszyklus



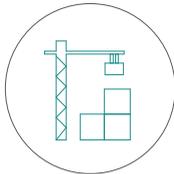
**EINFACHE TRAGSTRUKTUR**  
ressourcenschonende Spannweiten  
flexible Raumstrukturen



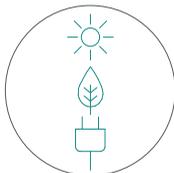
**KOMPAKTE WOHNFORMEN**  
flächenoptimiert  
anpassbar



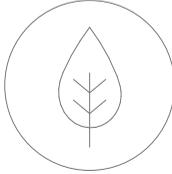
**CO<sub>2</sub>-BINDENDE, NACHWACHSENDE BAUSTOFFE**  
lokal verfügbar  
möglichst unbehandelt



**EINFACHE ERRICHTUNG, INSTANDHALTUNG & RÜCKBAU**  
Trennung & Recycling oder Kompostierung der Baustoffe

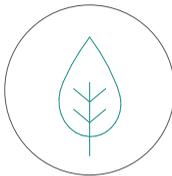


**NUTZUNG PASSIVER UND ERNEUERBARER ENERGIEN**  
passive Nutzung der Umgebungsenergien  
darüberhinausgehende Bedarfsdeckung durch erneuerbare  
Energieträger



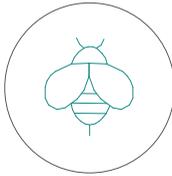
## MAXIMALE REGENERATION

Integration von Vegetation zur Erhaltung des Ökosystems



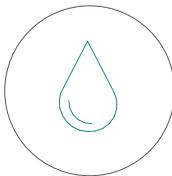
### VEGETATION IN FASSADENEBENE & DACH

Nutzung der klimatischen Effekte  
Nutzung der gesundheitlichen & psychologischen Effekte



### BIODIVERSITÄT STEIGERN

Integration von heimischen Wildpflanzen



### WASSERRÜCKHALTEVERMÖGEN ERHÖHEN

Substrat als Wasserspeicher



### SOZIALE NACHHALTIGKEIT

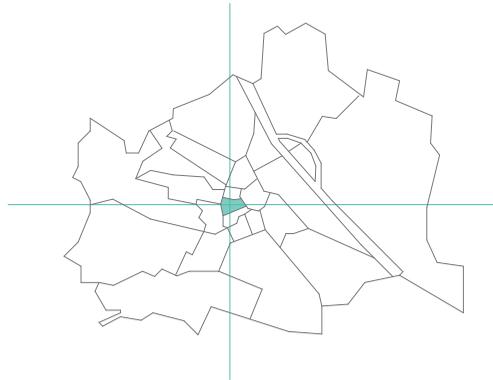
Erholung und Begegnung  
gemeinschaftlicher Mehrwert



ENTWURF

Abb.5.2:  
geografische Lage  
7. Bezirk, Wien

## LAGE & BAUPLATZANALYSE



### Geografie, Topografie und Demografie

Situiert liegt der 7. Bezirk Wiens westlich der Inneren Stadt, zwischen dem Höhenrücken der Mariahilfer Straße und der Senke des heute kanalisiertes Ottakringerbaches. Südlich grenzt der 6. Bezirk Mariahilf, nördlich der 8. Bezirk Josefstadt und westlich der 15. Bezirk Rudolfsheim-Fünfhaus an. Die Meereshöhe liegt im Bereich des Neubaugürtels bei 212m ü. A. , nimmt zum Stadttinneren hin ab und liegt beim Museumsquartier bei 182 m. ü. A. Mit einer Fläche von 160,8ha zählt er zu einem der kleinsten Bezirke Wiens und nimmt eine Fläche von 0,39% der Hauptstadt ein. Der 7. Bezirk, Wien Neubau, ist mit einer bebauten Fläche von 73% der am dichtesten bebaute aller Bezirke in Wien. 80% des bebauten Gebietes sind Wohnbaugebiete. (vgl. Stadt Wien, Nutzungsklassen, 2020f). Mit einer Gesamtdachfläche von 58% ist auch hier der Bezirk an oberster Stelle (vgl. Vali, 2011 S. 26). Der Anteil der öffentlich zugänglichen

Grünflächen liegt nur knapp über 2%. Geringer ist dieser Wert nur in der Josefstadt und in Mariahilf. (vgl. Stadt Wien, 2018, online). Die Nettogrünfläche, inklusive begrünter Innenhöfe und bereits begrünter Dächer, liegt bei 11%, gemeinsam mit Mariahilf der niedrigste Wert Wiens (vgl. Vali, 2011 S. 26).

Heute ist der 7. Bezirk mit 32.288 EinwohnerInnen (vgl. Stadt Wien, 2019, online) um einiges weniger dicht besiedelt als er einmal war. 1869, einhergehend mit dem großen Bevölkerungszuwachs der Gründerzeit, erreichte der Bezirk die Spitze an BewohnerInnen mit knapp über 80.043 Einwohnern (vgl. Statistik Austria, 2009, online). Gegenüber dem Wiener Durchschnitt liegt das Bildungsniveau mit einem Akademikeranteil von über 35% besonders hoch und auch das Durchschnittseinkommen liegt über dem Mittelmaß. Der Migrantenanteil liegt mit 25,1 % nur leicht über dem Wiener Mittel.

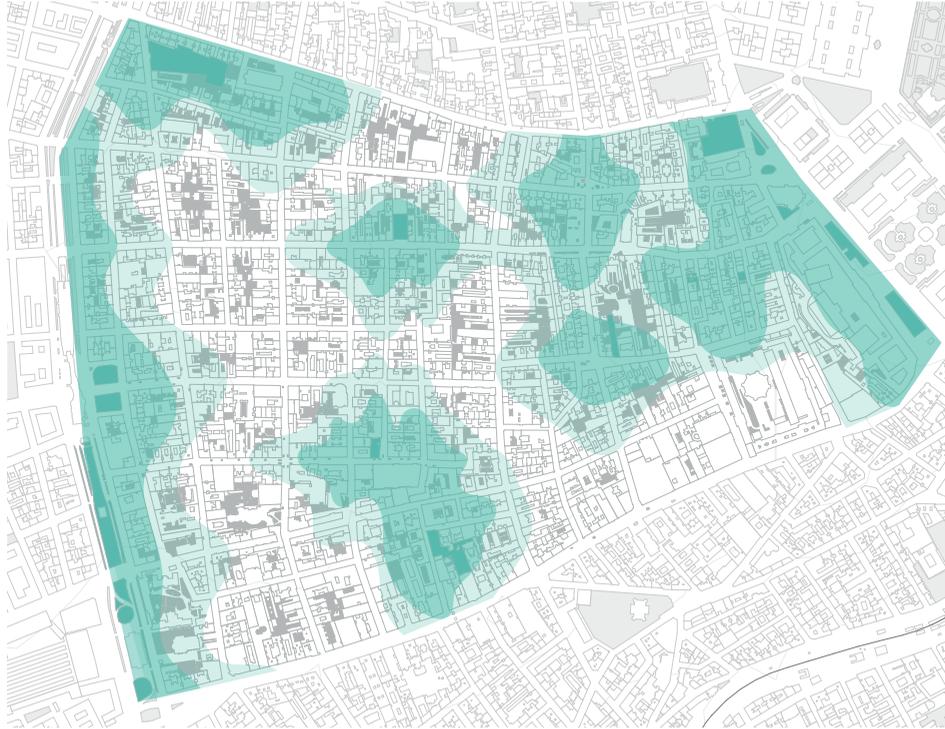
Abb. 5.3:  
Schwarzplan 7.  
Bezirk





ENTWURF

Abb.5.4:  
öffentliche Grün-  
flächen nach Er-  
reichbarkeit



## Grünflächen

Wie bereits beschrieben liegt der Anteil der Nettogrünfläche im 7. Bezirk, inklusive begrünter Innenhöfe und bereits begrünter Dächer, bei 11%. Der Anteil der öffentlich zugänglichen Grünflächen liegt bei nur knapp über 2%.

Öffentliche Grünflächen stellen für StadtbewohnerInnen eine wichtige Rolle in der städtischen Infrastruktur dar. Sie bieten Raum für Erholung und soziale Begegnung, sind von großer Bedeutung für das Naturverständnis und außerdem aus ökologischer Sicht von enormer Wichtigkeit für die Stadt. Die Erreichbarkeit und Nutzbarkeit dieser Flächen wirkt sich auf die Lebensqualität und das Freizeitverhalten der BewohnerInnen aus und ist mitunter

ein wichtiger Entscheidungsfaktor für die Wahl eines Wohnstandortes. Die Stadt Wien untersucht die Erreichbarkeit der öffentlichen Grünflächen, um zu überprüfen, wie viel WienerInnen in angemessener Gehweite mit Grünraum versorgt sind. Dazu wurde erfasst bei welchen Gebäuden sich der Hauseingang in einem Radius von maximal 150m vom Grünflächenzugang befindet. Als erweiterte Entfernung wurde eine Erreichbarkeit auf 250m Gehdistanz geprüft. Mit dieser Analyse, in Kombination mit der umliegenden Wohndichte wird ersichtlich, wo der Bedarf an Grünfläche besonders hoch ist. (vgl. Stadt Wien b 2020f, online).

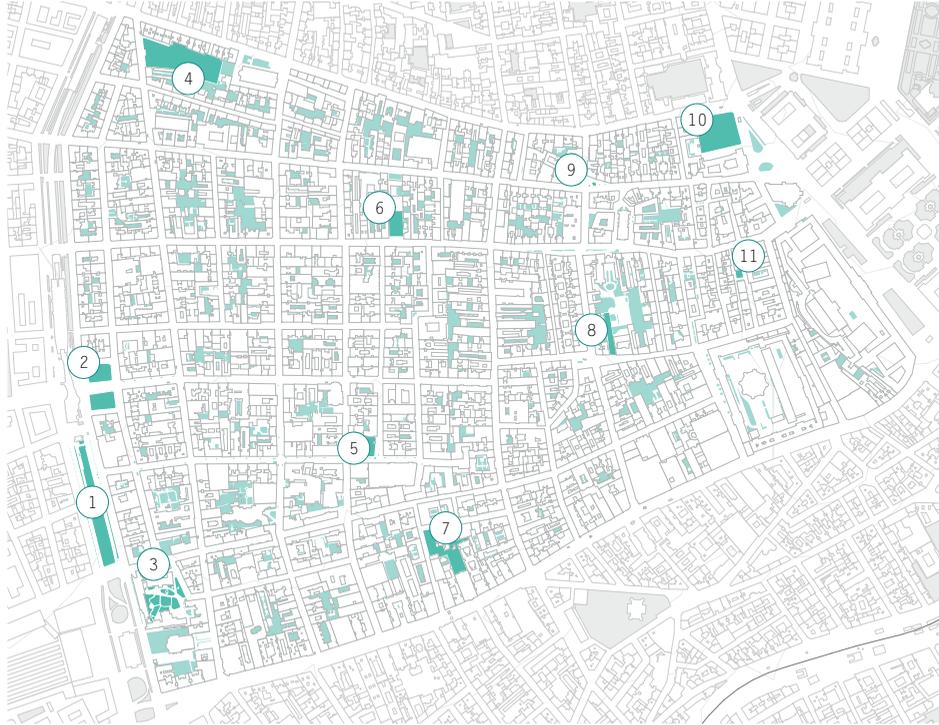


Abb. 5.5:  
öffentliche Grün-  
flächen im 7.  
Bezirk

- |   |                    |    |                  |
|---|--------------------|----|------------------|
| 1 | Emil Maurer Park   | 7  | Andreasark       |
| 2 | Urban Loritz Park  | 8  | Siebensternpark  |
| 3 | Sophienpark        | 9  | GA Augustinplatz |
| 4 | Josef-Strauß-Park  | 10 | Weghuberpark     |
| 5 | Dorothea Neff Park | 11 | Gutenbergpark    |
| 6 | Karl Farkas Park   |    |                  |



ENTWURF

Abb.5.6:  
Kühle Meile  
Zieglergasse



## Klimaresilienz und Klimaschutz im 7. Bezirk

Der 7. Bezirk ist auf Grund seines hohen Versiegelungsgrades und dem geringen Anteil an Grünflächen besonders stark vom Hitzeinsellekt betroffen. Der Bezirk Neubau, politisch durch die grüne Partei vertreten, steht der Thematik einer nachhaltigen Zukunft ambitioniert gegenüber und möchte auf die klimawandelbedingten Problematiken reagieren. Zur Anpassung der Stadt an den Klimawandel, im speziellen um der Hitzebelastung in der Stadt entgegenzuwirken, wurde als Pionierprojekt im Sommer 2019 die Zieglergasse zur „Kühlen Meile“ umgebaut. Im Zuge dieses Projektes wurden 24 neue Bäume gepflanzt und die Bodenbeläge großflächig durch helle Pflastersteine ersetzt, welche über einen größeren Versickerungsgrad und einen höheren Abstrahlwert verfügen. Zusätzlich wurden vier Kühlbögen, welche ab 27 °C Außenlufttemperatur Sprühnebel verbreiten und die Straßenzüge kühlen sollen, integriert. Durch neue Möblierung in Form von Sitzgelegenheiten und Pergolen wurden neue Verweilmöglich-

keiten mit Beschattung geschaffen, sowie neue Trinkbrunnen installiert. Im Zuge des Projektes mussten 48 Autostellplätze weichen, als Ausgleich dazu wurden 150 neue Fahrradstellplätze angelegt. So setzt die „Kühle Meile“ nicht nur durch Kühlung eine Klimawandelanpassung, sondern auch durch autoverkehrsberuhigende Schritte. (vgl. Stadt Wien a, 2020f, online). Während man mit dem Umbau von Straßenzügen bereits auf den Klimawandel reagiert, wird die Chance Klimaschutzmaßnahmen in Gebäuden zu integrieren bislang nicht, beziehungsweise kaum, genutzt. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die Straßenzüge in öffentlicher Hand liegen, während die Bauplätze meistens in den Händen von Investoren liegen. Diese können innerhalb des gesetzlich vorgegebenen Rahmens Entscheidungen treffen, welche vor allem durch finanzielle Anreize bestimmt werden, aber meistens nicht zugunsten ökologischer Bauweisen ausgelegt sind.



Abb.5.7:  
Baustelle Zieg-  
lergasse 53,  
Jahr 2019



Abb.5.8:  
neu gepflanzte  
Bäume in der  
Kandlgasse, Som-  
mer 2020

Abb.5.9:  
Baulücke, Zieg-  
lergasse 52

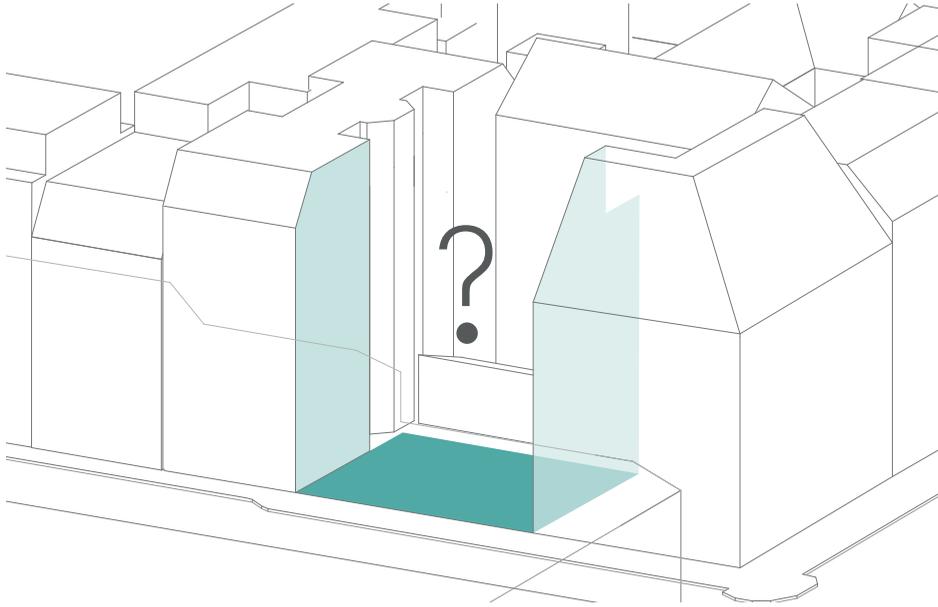
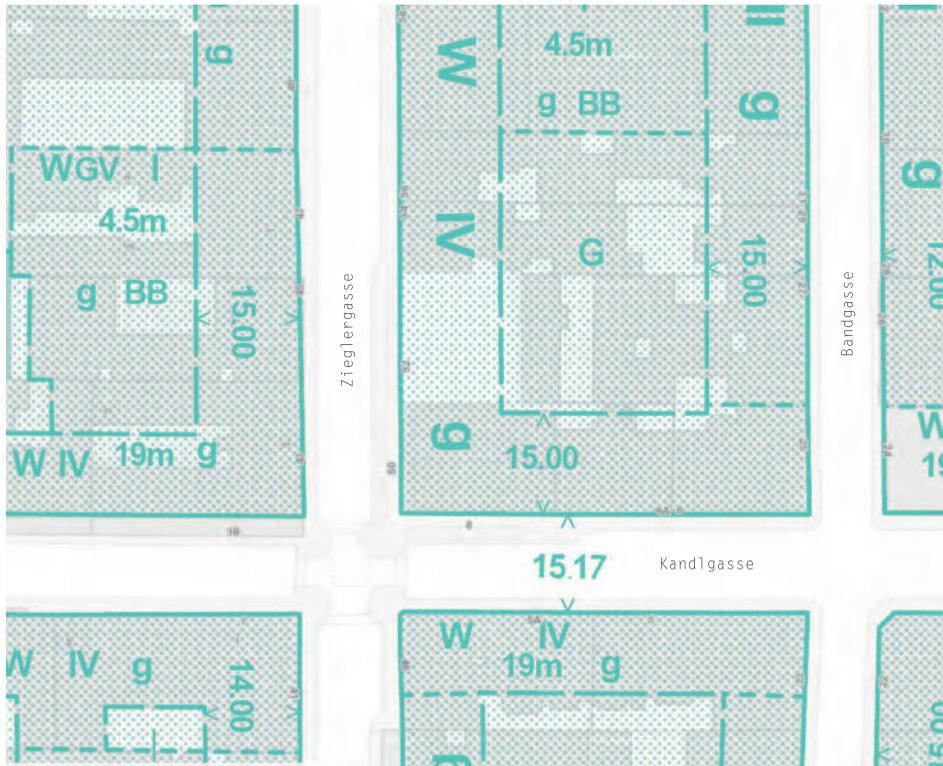


Abb.5.10:  
Auszug aus Flä-  
chenwidmungsplan



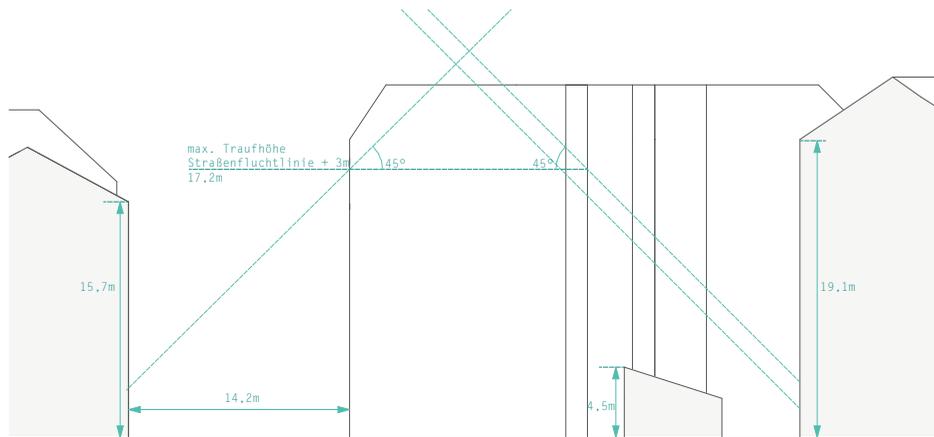


Abb.5.11:  
maximales Bau-  
volumen

## Bauplatzanalyse

Bis Juni 2018 stand auf dem Grundstück in der Zieglergasse 52 ein Biedermeierhaus, welches im Jahre 1834 erbaut wurde. Das Gebäude galt als eines der letzten Zeitzeugen aus der Vorgründerzeit. 2018 kam es zu einer Novelle in der Bauordnung, nach welcher auch Altbauten außerhalb von Schutzzonen nur noch mit Genehmigung abgerissen werden dürfen. Davor waren diese nur anzeigepflichtig (vgl. Scherer. 2018, online). Um diese neue Verordnung zu umgehen, wurde kurz vor Inkrafttreten nicht nur das Gebäude in der Zieglergasse 52 abgerissen, sondern ebenso jenes in der Zieglergasse 51 sowie auch einige andere Altbauten in Wien. Die ein- bis dreigeschossigen Gebäude, die noch an eine Zeit in Wien vor dem großen Bevölkerungszuwachs und ein entsprechend weniger dichtes Wien erinnerten, mussten schlussendlich doch neueren, höheren Gebäuden mit größerer Dichte und entsprechend mehr Rendite weichen (vgl. Scherer. 2018, online).

Laut Bebauungsplan unterliegt der Bauplatz der Gebäudeklasse IV, das entspricht einer Gebäudehöhe von 12-21m und geschlossener Bauweise. Die Grundfläche des Bauplatzes beträgt mit einer Länge von rund 19m und einer Breite von rund 18m ca. 340m<sup>2</sup>, wobei die Baufluchtlinie das Gebäude auf eine Tiefe von 15m reduziert und somit nur eine Fläche von 285m<sup>2</sup> bebaut werden darf. Der Bauplatz liegt in einer nicht geschützten Wohnzone (vgl. Stadt Wien d 2020f, online).

Die Baulücke ist Ost-West ausgerichtet. Südlich, an der Ecke Zieglergasse und Kandlgasse grenzt ein Neubau mit einer Traufhöhe von 17,2m und auf der anderen Seite, nördlich des Grundstückes, ein Altbau aus der Gründerzeit mit einer Traufhöhe von 19,7m an. Außerdem befindet sich ostseitig, direkt angrenzend an den Bauplatz, die Brandmauer eines eingeschossigen Gebäudes mit einer Traufhöhe von 2,8m (vgl. ebd. 2020f, online).



ENTWURF

Abb.5.12:  
Zieglergasse 52,  
Vorgründerzeit-  
gebäude vor dem  
Abbruch



Abb.5.13:  
Zieglergasse  
52, Abbruch des  
Vorgründerzeit-  
gebäudes





Abb.5.14:  
Zieglergasse 52,  
Baulücke

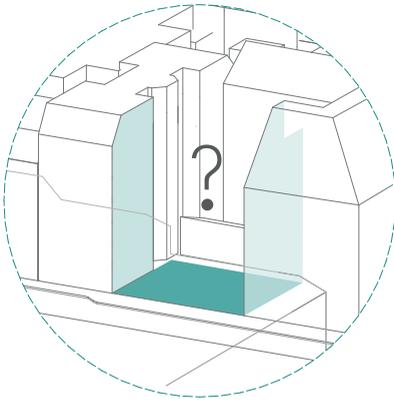


Abb.5.15:  
Zieglergasse 52,  
Baulücke

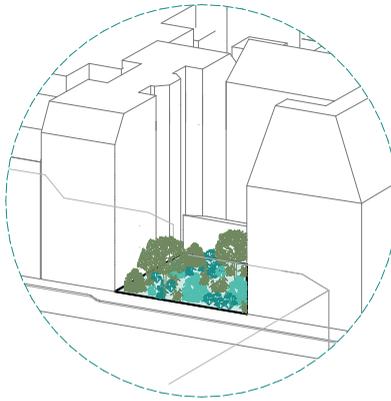


ENTWURF

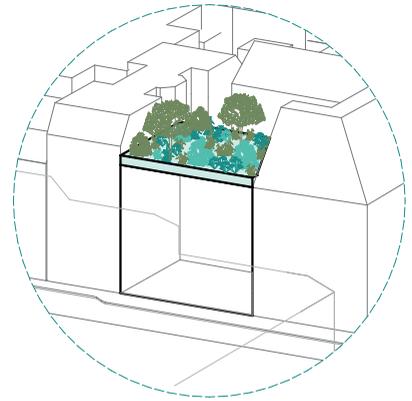
# KONZEPT



Durch einen Abriss entstandene  
 Baulücke im sehr dicht bebauten  
 innerstädtischen Wohngebiet,  
 auf der Suche nach Öffnung,  
 Weite & Natur



Regeneration für die Stadt  
 durch natürliche Vegetation und  
 Nutzung der klimatischen und  
 gesundheitlichen Wirkung  
 (Wasserrückhalt, Evaporation,  
 Feinstaubbindung...)

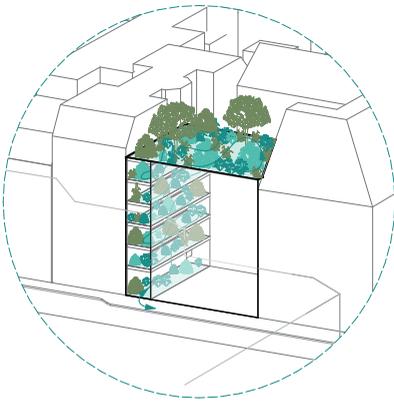


Verlagerung der grünen Ebene  
 um wertvollen Wohnraum zu  
 generieren. "Wald" am Dach  
 als öffentlicher,  
 gemeinschaftlich nutzbarer  
 Grünraum

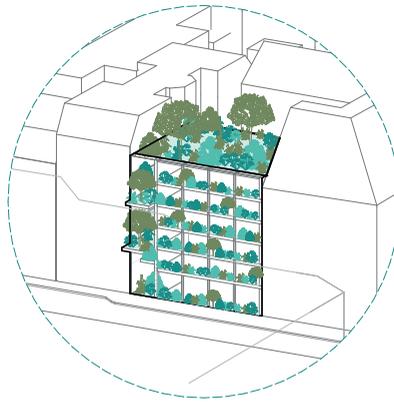


ENTWURF

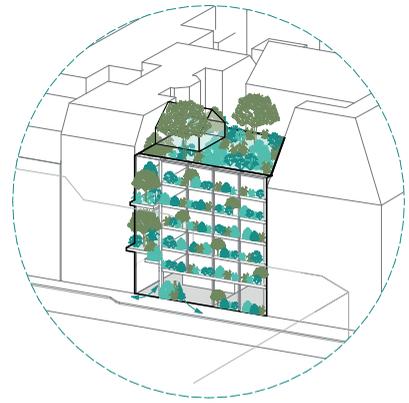
Abb.5.16:  
Konzeptklärung



Vertikaler Park als  
Verbindung zum öffentlichen  
Stadtraum.  
Erschließung wird zum  
Erlebnis-/Begegnungs-/  
Erholungsraum



Minimierung des ökologischen  
Fußabdrucks durch effiziente  
Wohnstrukturen.  
Vorgesetzte grüne Pufferzone  
sorgt für ein angenehmes  
Mikroklima und schafft ein  
Gefühl von Weite



Öffnung der Erdgeschosszone  
+  
"Gewächshaus" am Dach als  
geschützter Aufenthaltsort  
im Grünen

## Konzeptbeschreibung

Der Entwurf soll die, im theoretischen Teil der Arbeit, erarbeiteten Anforderungen und Potentiale veranschaulichen und einen Überblick von Möglichkeiten darstellen, wie Architektur als Instrument zum lokalen und globalen Klimaschutz betrachtet, der ökologische Fußabdruck minimiert und das Regenerationspotential des Ökosystems maximiert werden kann.

Zunächst wird auf die Anforderung, die Leistungen eines natürlichen Bodens wie Wasserrückhaltvermögen, Evapotranspiration und Biodiversität zu erhalten, reagiert. Durch die Errichtung des Gebäudes soll keine Vegetationsfläche und deren klimatisches und gesundheitliches Potential verloren gehen. Um den wertvollen Raum in der Stadt dennoch auszunutzen, wird die Vegetation auf eine andere Ebene verlagert. Diese neue Ebene bildet als „Wald am Dach“ einen öffentlich zugänglichen Ort für Erholung und Begegnung und schafft neuen Raum für Biodiversität.

Als Schnittstelle zum Straßenraum wird die Gebäudeerschließung zum „vertikalen Park“ erweitert, der auf verschiedenen Ebenen das Aktivitätsangebot eines Parks erfüllt. Die Gärten, die die Wohnungen umfassen, fungieren als grüne Pufferzone zwischen Innen und Außen und schaffen ein Gefühl von Weite im dicht bebauten Gebiet. Um die

Biodiversität weiter zu stärken und das Regenerationspotential zu maximieren, wird eine Vielzahl an heimischen Wildpflanzen für die Begrünung verwendet.

Die Minimierung des ökologischen Fußabdruckes erfolgt einerseits durch eine einfache Konstruktion, bestehend aus einem Holzskelettbau mit gesteckten, wieder auseinandernehmbaren Elementen, und aussteifenden Massivholzwänden. Die Struktur ermöglicht die Bildung kompakter Einheiten und kann durch ihr hohes Maß an Flexibilität auf verschiedene Bedarfsanforderungen reagieren. Bei der Baustoffwahl werden Materialien gewählt, die die Umwelt schonen, lokal zur Verfügung stehen und im besten Fall zusätzlich CO<sub>2</sub> binden. Die verschiedenen Materialien sind mechanisch miteinander verbunden und können so sortenrein wieder getrennt und dem jeweiligen Materialzyklus rückgeführt werden. Des Weiteren wird der ökologische Fußabdruck durch die Nutzung von passiven Umweltenergien reduziert. Die Vegetation sorgt durch Evapotranspiration für zusätzliche Kühlung im Sommer. Im Winter werden solare Erträge in den Lehm Böden gespeichert. Der über die passiven Energien hinausgehende Energiebedarf wird durch eine Wärmepumpe und PV Paneele abgedeckt.



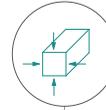
ENTWURF

**NUTZUNG PASSIVER UND ERNEUERBARER ENERGIEN**  
Kühlung durch Evapotranspiration, solare Erträge,  
Wärmepumpe, PV Paneele



**EINFACHE TRAGSTRUKTUR**  
Holzskelettbauweise

**EINFACHE ERRICHTUNG, INSTANDHALTUNG & RÜCKBAU**  
Stecksysteme, mechanische Befestigung,  
ermöglicht sortenreine Trennung einzelner Baustoffe



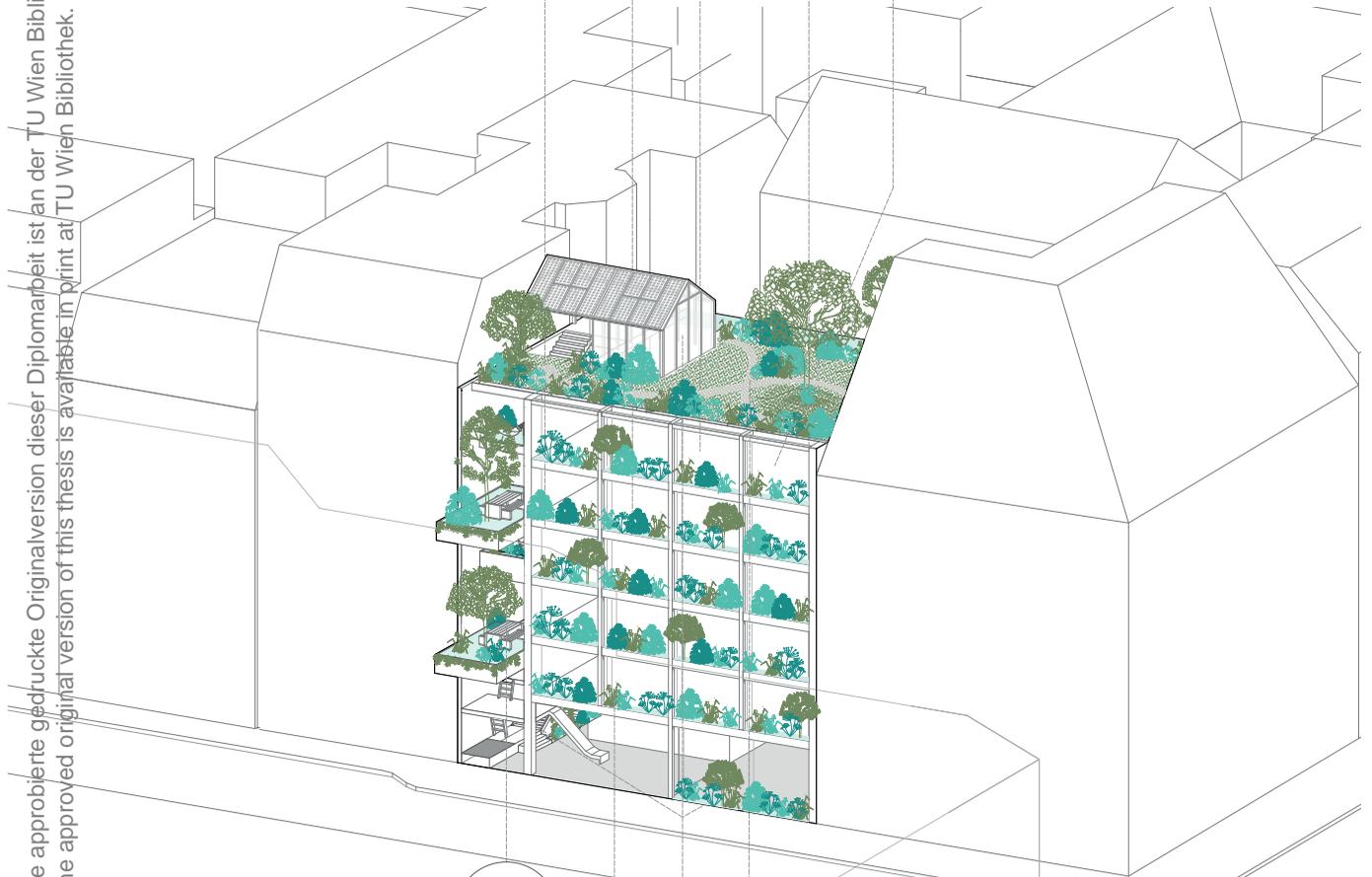
**KOMPAKTE WOHNFORMEN**  
Flächenoptimiert  
Anpassbar

Abb.5.17:  
Umsetzung der  
Entwurfsanforde-  
rungen

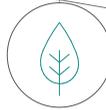
**CO2-BINDENDE, NACHWACHSENDE BAUSTOFFE**  
Holz, Hanf, Lehm



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



**VEGETATION IN FASSADENEBENE & DACH**  
der klimatischen, gesundheitlichen  
& psychologischen Wirkungen



**BIODIVERSITÄT STEIGERN**  
Integration von heimischen  
Wildpflanzen

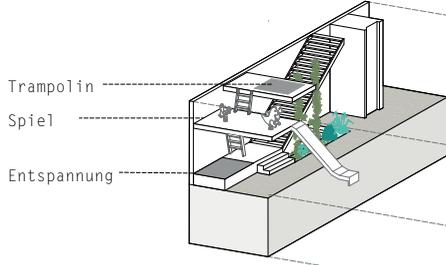
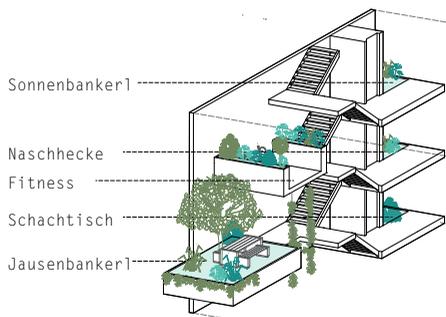
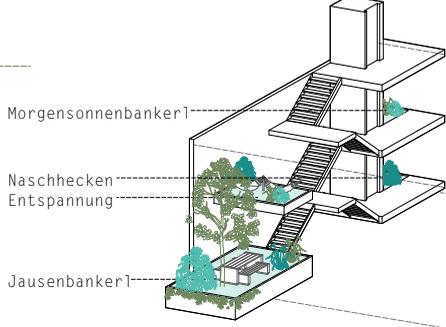


**WASSERRÜCKHALTEVERMÖGEN ERHÖHEN**  
Substrat als Wasserspeicher



**SOZIALE NACHHALTIGKEIT**  
Café, Waschraum, Vertikaler  
Park, Wald am Dach

VERTIKALER PARK



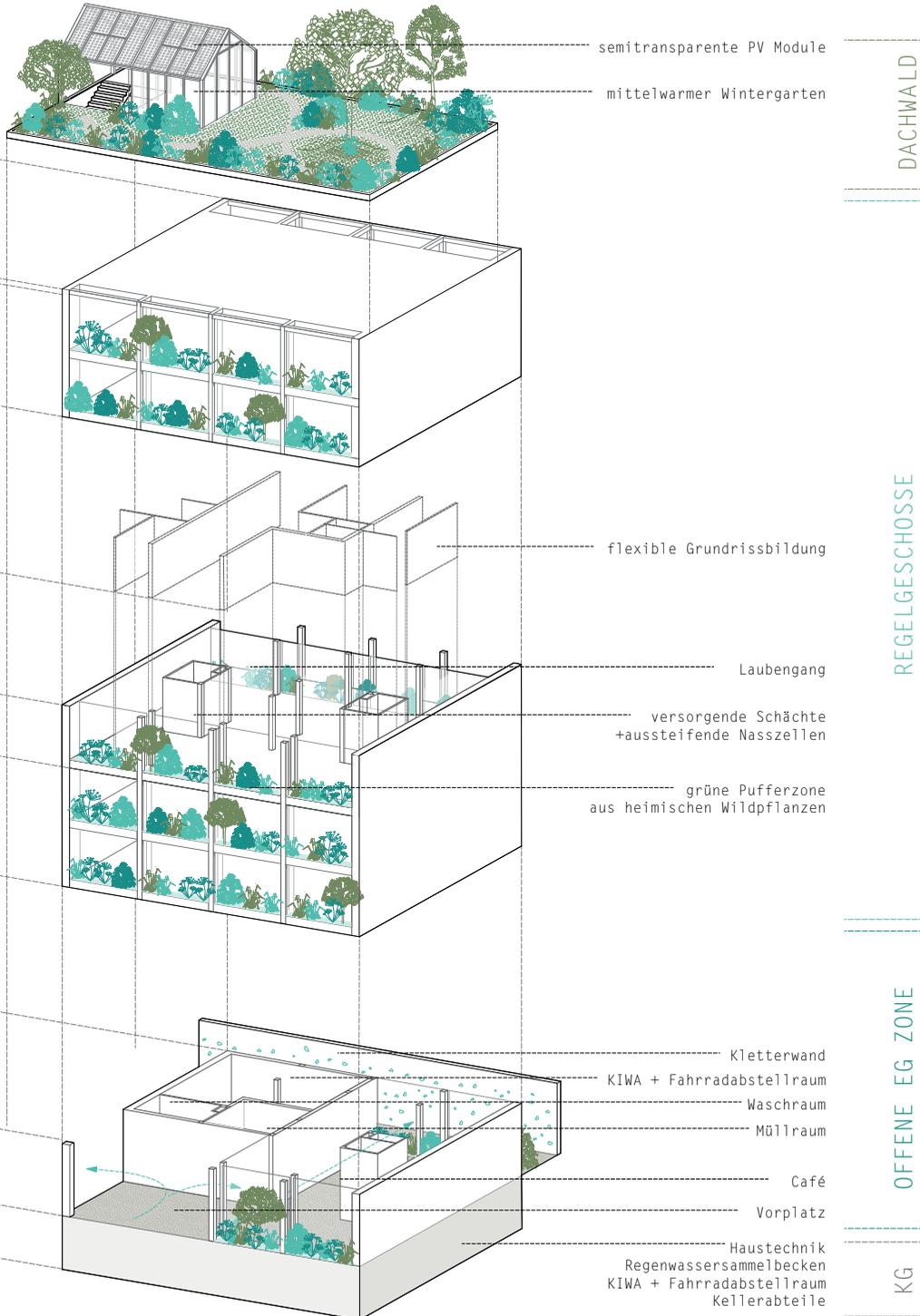
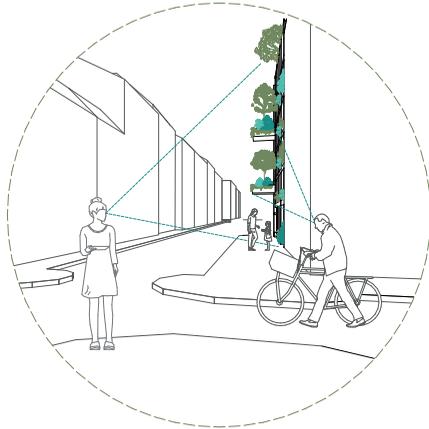


Abb.5.18:  
Explosionsaxono-  
metrie, ganzes  
Gebäude



ENTWURF



in den öffentlichen Raum  
vorspringende Parkebenen,  
erwecken schon bei weiter  
Entfernung Aufmerksamkeit



Öffnung der  
Erdgeschosszone + soziale  
Begegnung auf mehreren  
Ebenen

## Grünraumpotential & städtebauliche Bedeutung

Der Entwurf betrachtet das maximierende Potential der Vegetation auf zwei Ebenen. Zum einen die ökologischen und klimatischen Wirkungen und Möglichkeiten und zum anderen den gesundheitlichen, psychologischen und sozialen Mehrwert. Von beidem sollen sowohl die HausbewohnerInnen, als auch die StadtbewohnerInnen profitieren.

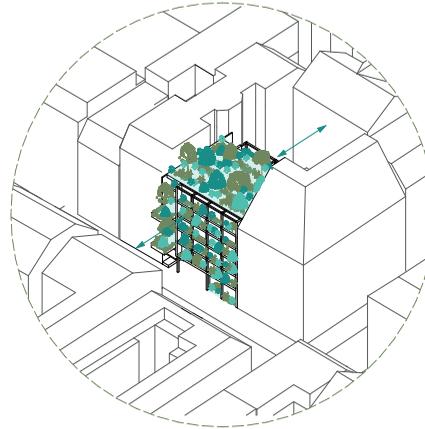
In der Untersuchung der Erreichbarkeit von öffentlicher Grünfläche der Stadt Wien befindet sich genau im Radius des Bauplatzes in der Zieglergasse 52 ein nicht erschlossener Bereich. In dem der Öffentlichkeit am Grundstück Grünfläche zu Verfügung gestellt wird, soll diesem Defizit entgegen gewirkt werden und ein weiterer Bereich

im 7. Bezirk in angemessener Gehweite mit Grünraum versorgt werden.

In diesem Fall muss allerdings kein ganzes Baufeld dafür aufgekauft werden, so wie das beispielsweise beim Andreaspark 1994 und 1998 nach dem Abriss einiger Häuser der Fall war (vgl. Stadt Wien c, 2020f, online), sondern, der Park wird in das Gebäude integriert. Die sonst ebenerdige, horizontale Parkebene kann so, in der Vertikalen verteilt, auf mehreren Ebenen genutzt werden. Zum einen wird die Gebäudeerschließung zum vertikalen Park, der als Schnittstelle zum öffentlichen Straßenraum fungiert. Durch Vorsprünge der Parkebenen ist dieser auch von weiter Entfernung und an Straßenkreuzungen ersichtlich und tritt so



durch das Verlagern der Vegetationsebene entsteht ein sonniger Park mit Weitblick, mitten in der Stadt.



grüne Pufferzone mit klimatischer und psychologischer Wirkung. Gefühl von Weite im dichten Gebiet.

Abb.5.19:  
Grünraum-  
potential und  
städtebauliche  
Bedeutung

in Kontakt mit den StadtbewohnerInnen und PassantInnen. Im Erdgeschoss bildet der vertikale Park einen kleinen Platz, als fließender Übergang zwischen Gehweg und Park.

Zum anderen steht auf der Dachfläche ein großzügiger, grüner Erholungsraum zur Verfügung. Durch die Verlagerung in die Höhe wird, im Vergleich zu den umliegenden Parks, nicht nur ganztägig und ganzjährig die Möglichkeit zum Sonne tanken geboten, sondern auch eine, in der Stadt sonst seltene, Weite über den Dächern Wiens. Als zusätzlicher, witterungsgeschützter Aufenthaltsort im Grünen dient das Gewächshaus, als mittelwarmer Wintergarten konzipiert. Dieser wird im Winter und in

den Übergangszeiten zwischen 12 und 19 Grad temperiert.

Der im Gebäude integrierte Park wird, so wie auch die anderen öffentlichen Parks im Bezirk, von der Stadt Wien verwaltet und gepflegt und steht der Öffentlichkeit zu Verfügung.

Zusätzlich zum öffentlich nutzbaren Grünraumangebot, den der Entwurf im Gebäude integriert, wird durch das Vorsetzen einer wild begrüneten Vegetationsebene, sowohl zum Innenhof, als auch zu Straße hin, eine grüne Pufferzone geschaffen, die ein Gefühl von Weite in der sehr dicht bebauten Umgebung vermittelt.

Abb.5.20: perspektivische Darstellungen, Vertikaler Park



Die Ebenen des vertikalen Parks öffnen sich verspielt zum Straßenraum und laden zur Erholung im Grünen ein



Spaziergang durch den vertikalen Park, zwischen der Fitness- und Jausenbankebene



Blick vom "Jausenbankerl" in die Zieglergasse





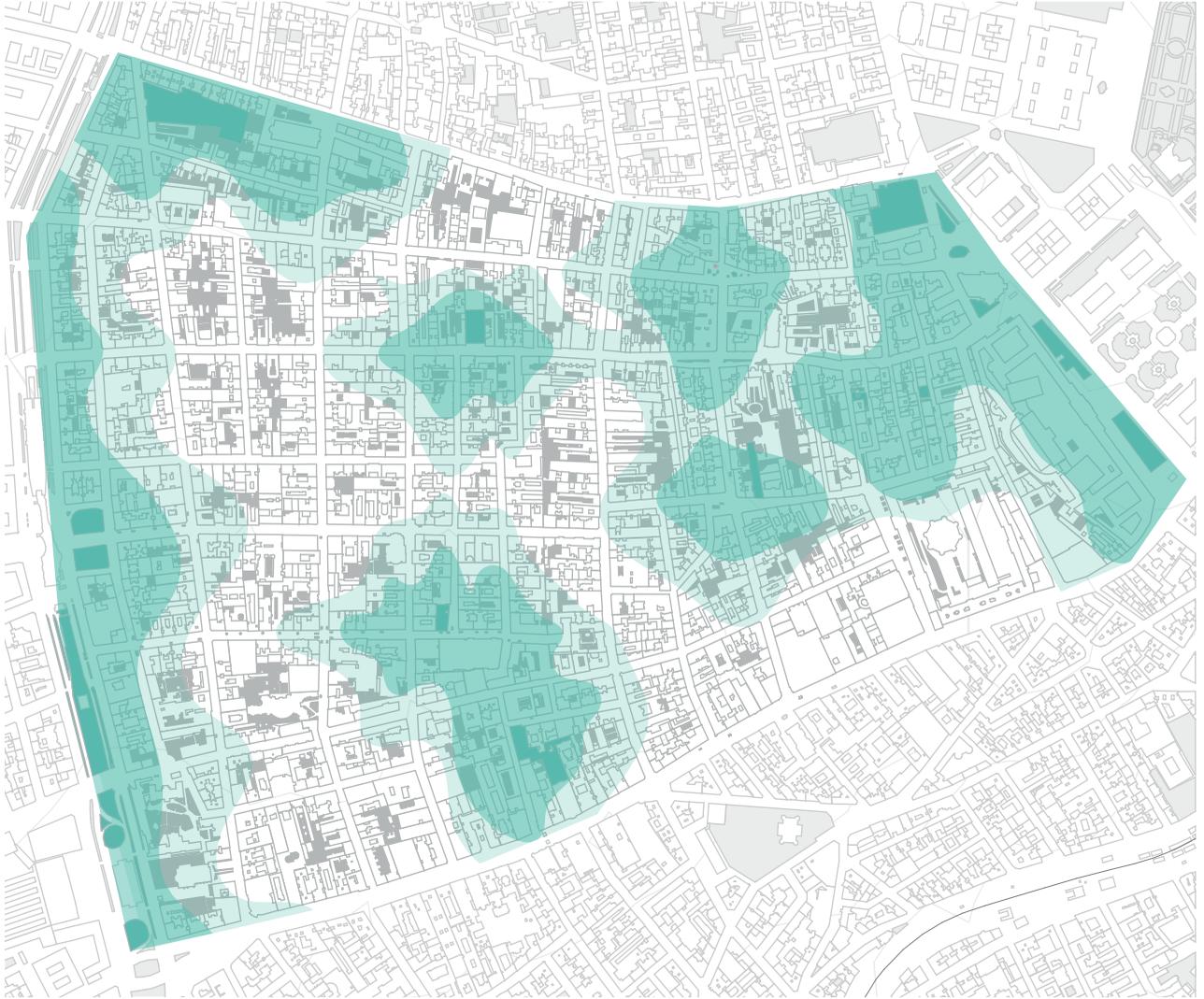


Abb.5.22:  
Öffentliche Grün-  
flächen nach  
Erreichbarkeit,  
aktueller Stand

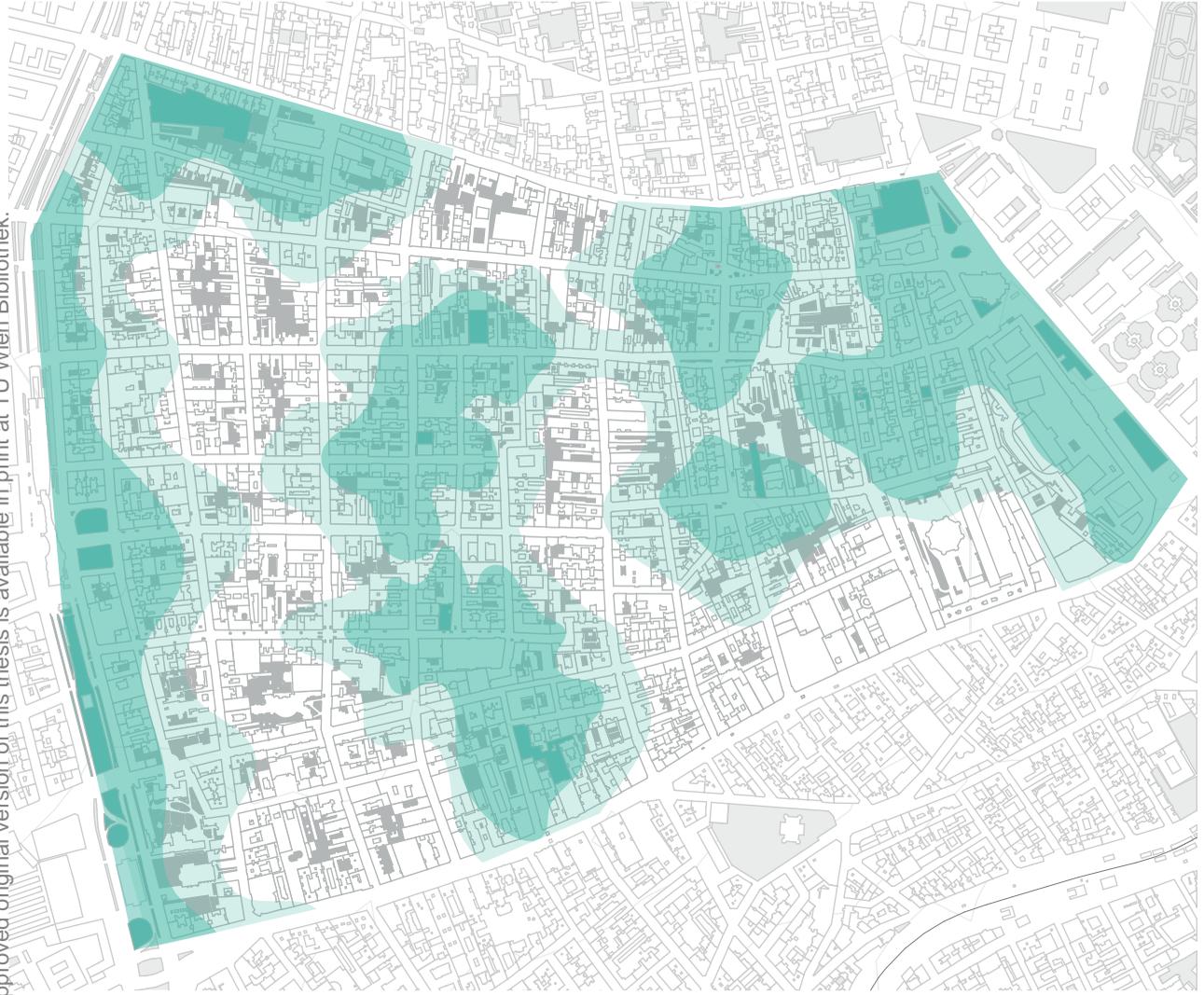
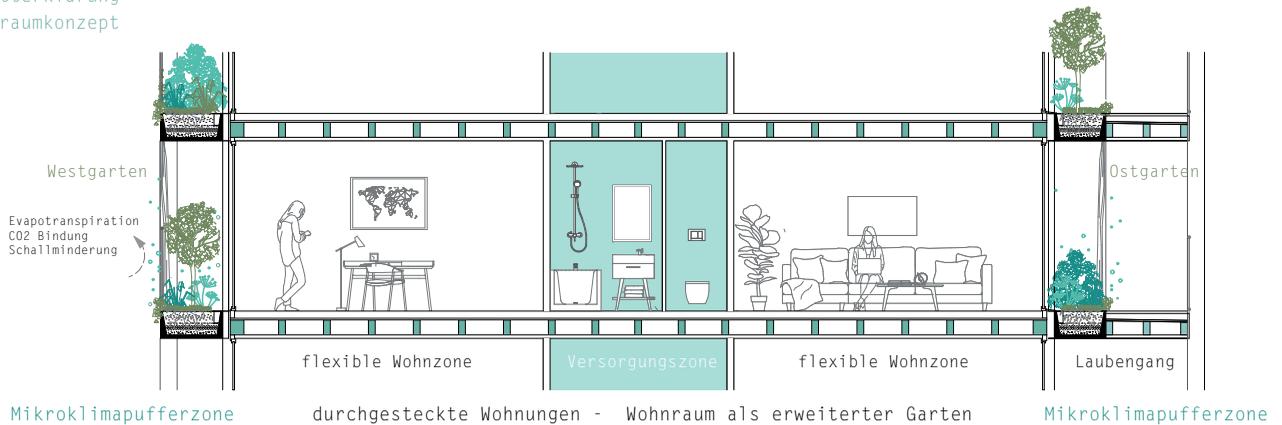


Abb.5.23:  
öffentliche Grün-  
flächen nach  
Erreichbarkeit,  
inklusive des im  
Projekt integrierten  
Parks



ENTWURF

Abb.5.24:  
Schnitterklärung  
Wohnraumkonzept



Konzept 118  
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

## Wohnkonzept

Da das Gebäude nach Norden und Süden hin an Feuermauern grenzt, kann es nur nach Osten und Westen belichtet werden. Die Belichtungsstudie (im Punkt „Energiekonzept“ abgebildet) zeigt, dass vor allem nach Westen hin, ganzjährig in allen Wohngeschossen Sonnenstunden zu erwarten sind. Um die Belichtung gantztägig auszunutzen und von den klimatischen Vorteilen einer Querlüftung Gebrauch zu machen, sind alle Wohnungen im Gebäude durchgesteckt und somit sowohl nach Osten, als auch nach Westen orientiert. In der Mitte befindet sich jeweils die Versorgungszone mit Sanitäranlagen und Küchenzeile, nach Westen und Osten die

flexibel zu gestaltende Wohnzone, die nach Belieben und bevorzugter Nutzung und entsprechender Ausrichtung eingerichtet werden kann. Die Bäder sind direkt an den Schacht angeschlossen, Zuleitung und Abwasser der Küchen werden über einen Bodenschlitz zum Schacht geführt. Der Bezug zum Freiraum und zur Natur spielt im Entwurf eine zentrale Rolle. Die Wohnungen sind beidseitig von Gärten, die klimatisch als grüne Pufferzone fungieren, umschlossen. Der Sonnen- und Sichtschutz, in Form von Low E- Textil Vorhängen, wird als äußerste Schicht hinter den Gärten positioniert. Bei zugezogenen Vorhängen kann auch bei geöffneten Fenstern im Som-



Abb.5.25:  
perspektivische  
Darstellung, Wohn-  
raumkonzept

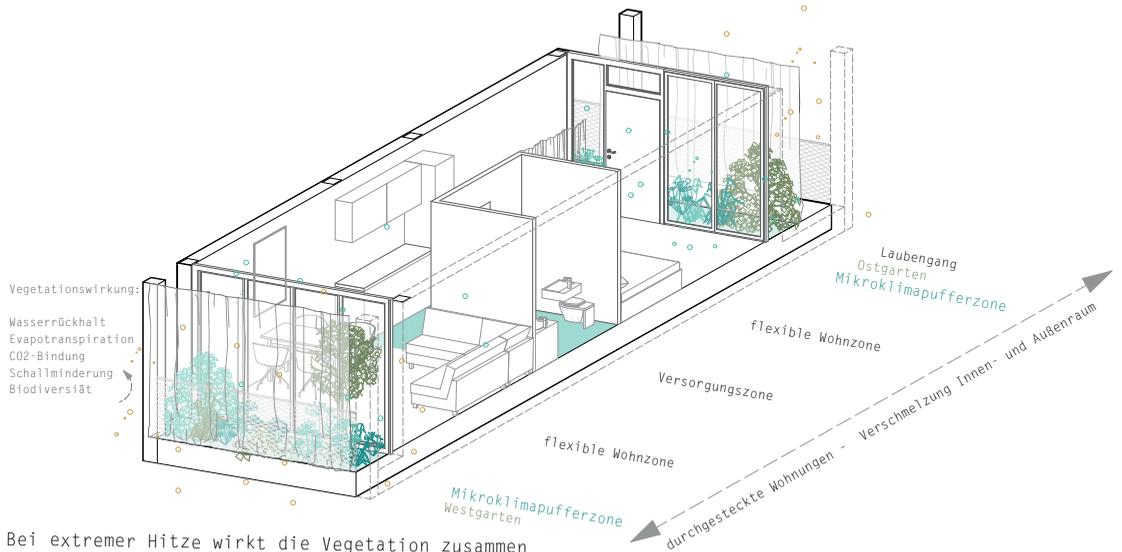
mer die größte Hitze abgeschirmt und die kühlende Wirkung der Pflanzen ein angenehmes Puffer-Mikroklima schaffen. Durch das Versetzen der Sonnen und Sichtschutzebene hinter die Vegetationsebene, steht das Grün in ständiger Sichtbeziehung zu den BewohnerInnen. Diese werden dadurch auch bei zugezogenem Sonnen- und Sichtschutz nicht von ihrer Umwelt isoliert und können gantztägig und ganzjährig von den gesundheitlich-psychologischen Effekten der Pflanzen Gebrauch machen. Die raumhohen Glasfronten nach Westen sind als Faltschiebetüren ausgebildet und ermöglichen durch die großzügige, vollflächige Öffnung eine Verschmelzung von

Innen- und Außenraum. Der Wohnraum wird zum Garten und der Garten wird zum Wohnraum.

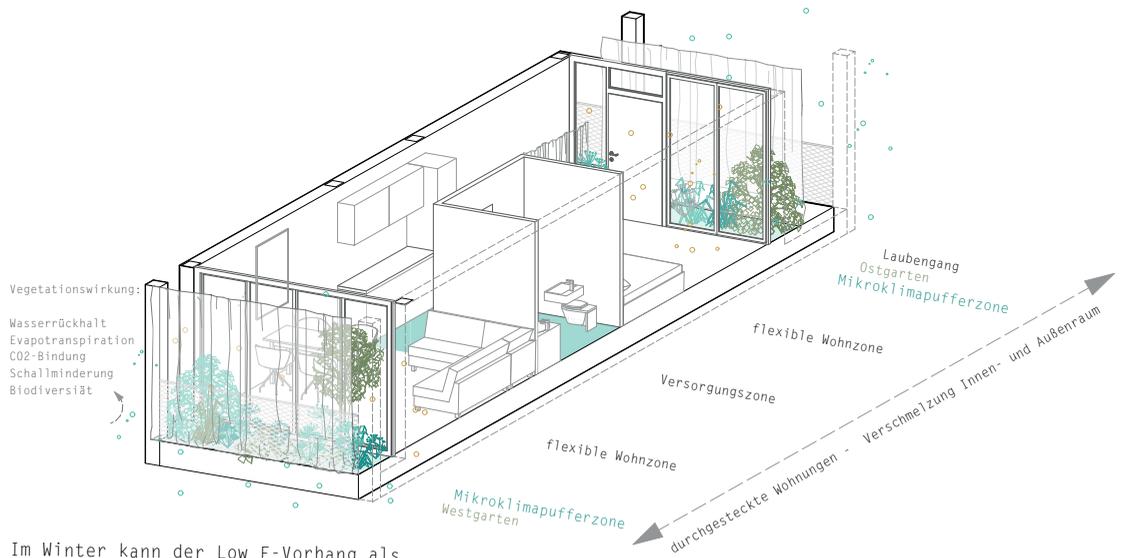
Ostseitig befindet sich der Laubengang und somit auch der Wohnungseingang. Dieser setzt sich aus opaker Türe, mit kippbarem Oberlicht für die Nachtlüftung, und seitlichem Glasschwert zusammen. Zum Wohnraum hin können Garten und Innenraum über raumhohe Doppelfügel Fenster geöffnet werden. Die Pflanzen sorgen für Abstand und Sichtschutz. Bei zusätzlichem Wunsch nach Privatsphäre kann der Low-E Textil Vorhang, welcher von Innen manuell gesteuert wird, eingesetzt werden.



ENTWURF



Bei extremer Hitze wirkt die Vegetation zusammen mit dem Low-E Textilvorhang als kühlender Mikroklimapuffer. Je nach Wirkungsgrad der Kühlung durch Evapotranspiration können die Fenster geöffnet bleiben.



Im Winter kann der Low E-Vorhang als zusätzliche thermisch wirksame Schicht zum Einsatz kommen und Energie einsparen.



ENTWURF

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

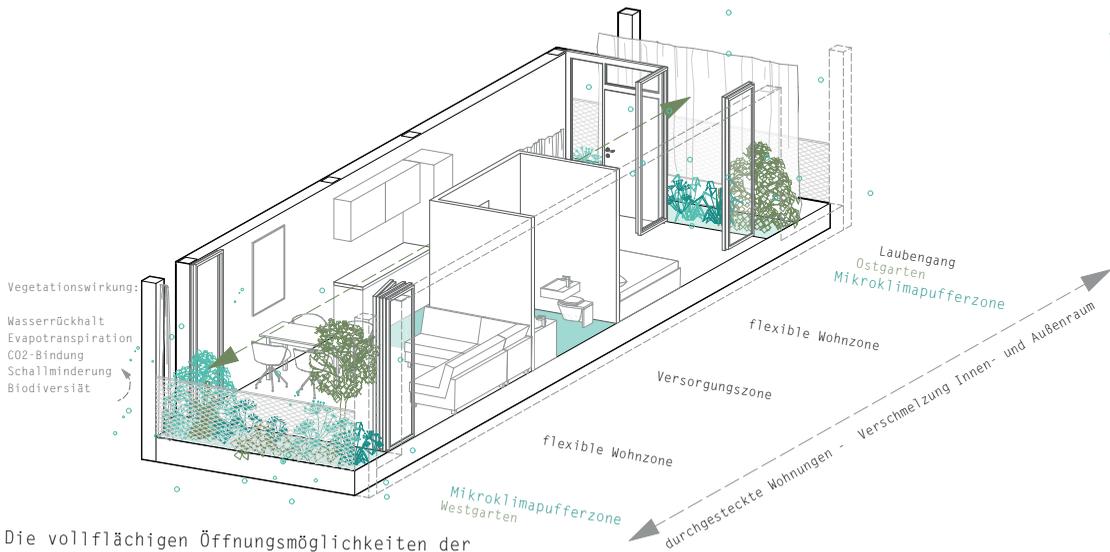
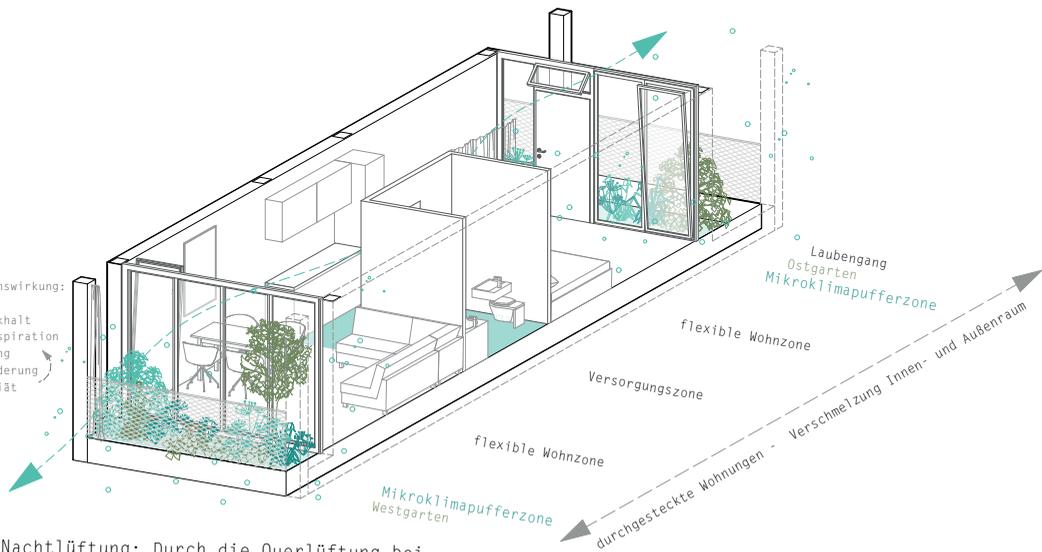


Abb.5.26:  
Beziehung zwischen  
Innen und Außen-  
raum

Die vollflächigen Öffnungsmöglichkeiten der Glasfronten lassen Innen und Außenraum miteinander verschmelzen. Durch das Versetzen des Sonnen- und Sichtschutzbereiches hinter die Vegetationsebene, stehen die BewohnerInnen in ständigem Kontakt mit der Natur.



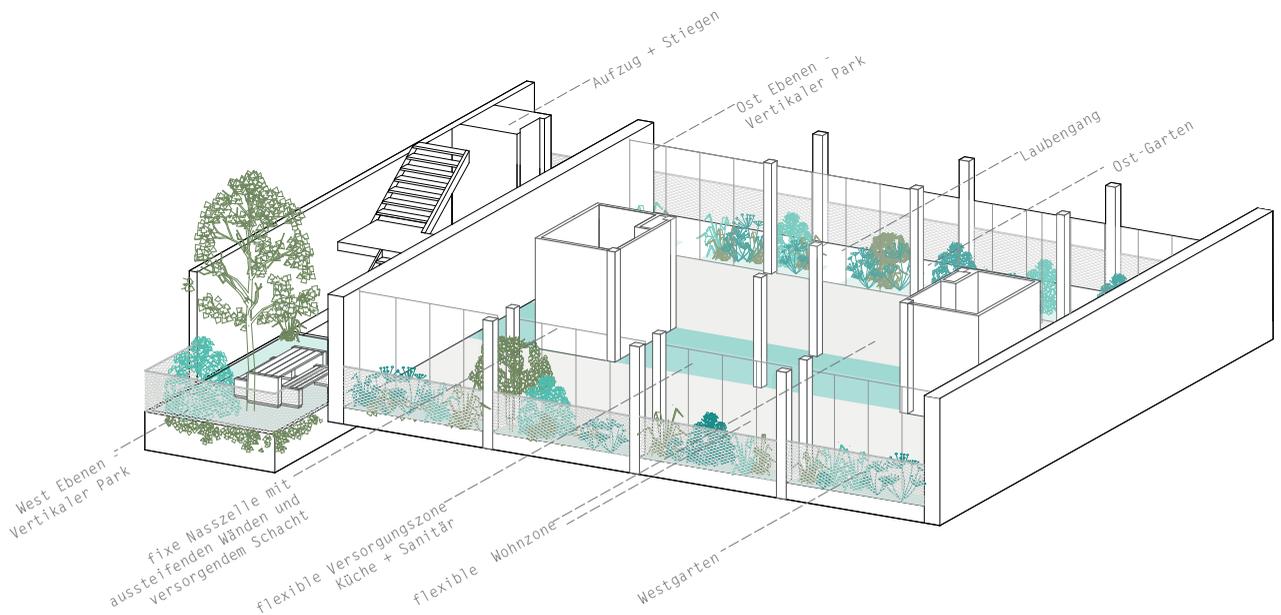
Freie Nachtlüftung: Durch die Querlüftung bei Nacht kann die thermische Speicherkapazität, erzeugt durch den dicken Lehmestrich, die am Tag gespeicherte Wärme abgeben und entsprechend abkühlen.



ENTWURF

Abb. 5.27:  
axonometrische  
Darstellung,  
Regelgeschoss

## NUTZUNG & FLEXIBILITÄT



Das Stützenraster der Tragstruktur lässt die Bildung verschieden großer Einheiten zu. Die kleinste durchgesteckte Einheit ist  $42\text{m}^2$  groß, die größte, welche sich über das gesamte Geschoss erstreckt, ist  $168\text{m}^2$  groß. Dazwischen sind in 10er, beziehungsweise 16er-Sprüngen alle Größen möglich. Je nach Bedarf lassen sich die verschiedenen Einheitstypen innerhalb eines Geschosses kombinieren. Auch die Verbindung mehrerer Geschosse durch Treppen ist möglich. Die große Flexibilität in der Grundrissbildung ist auch im Hinblick der Gesamtlebenszyklusbetrachtung des Gebäudes von enormer Wichtigkeit. So kann das Gebäude

durch kleine Eingriffe auf sich ändernde Nutzungsanforderungen reagieren. Wohnungen können mit geringem Aufwand zusammengesetzt, einzelne Räume nach Bedarf geschaltet und Grundrisse innerhalb einer Einheit angepasst werden. Außerdem ist durch den freien Grundriss eine Änderung der Nutzungsfunktionen möglich, wodurch das Gebäude in der Langzeitbetrachtung auf verschiedene mögliche Nutzungsszenarien reagieren kann.

Die Struktur lässt außerdem die Bildung von kompakten SMART Wohnungen zu, die von der Stadt Wien gefördert werden (vgl. Wohnberatung Wien, 2020f, online).

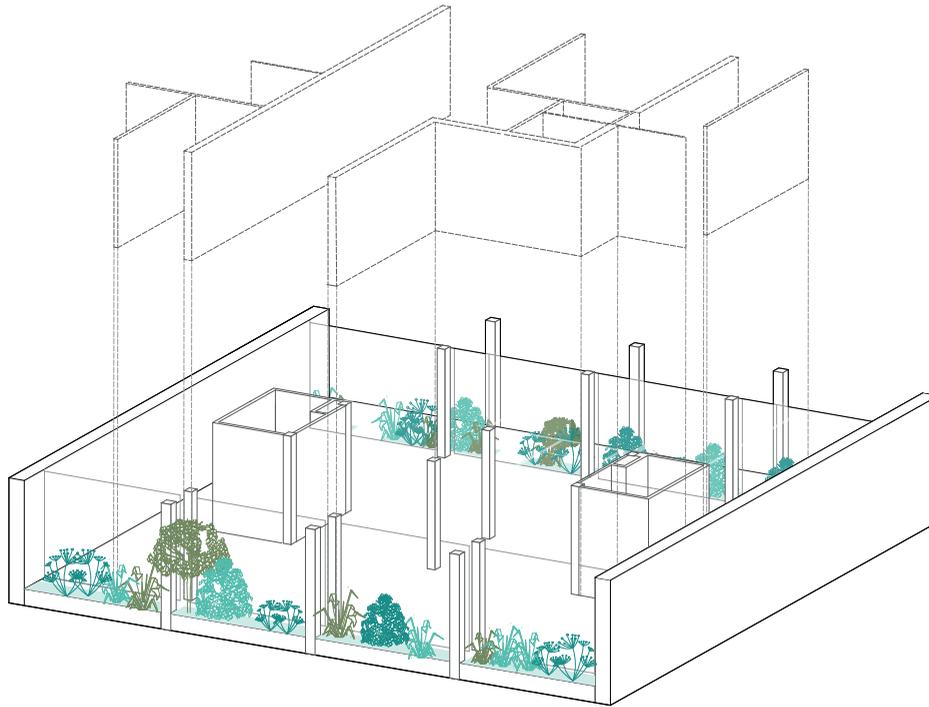


Abb.5.28:  
flexible Grund-  
rissbildung

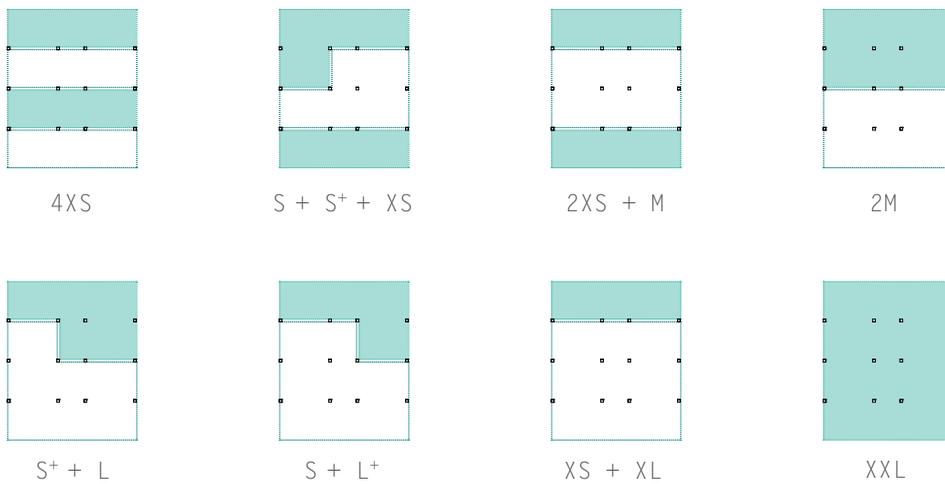


Abb.5.29: Einhei-  
ten und Kombinati-  
onsmöglichkeiten



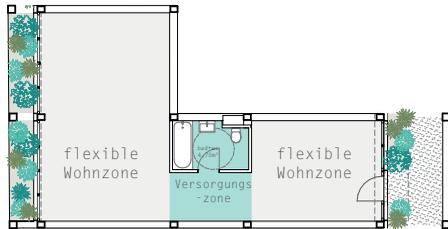
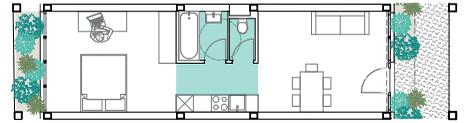
ENTWURF

M\_1:250



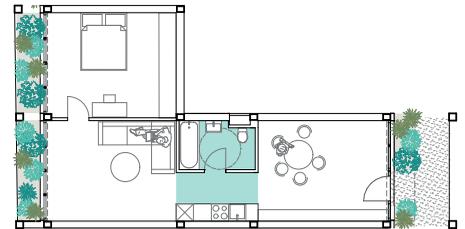
TYP XS - 42 m<sup>2</sup>

mögliche Grundrissbildung ->



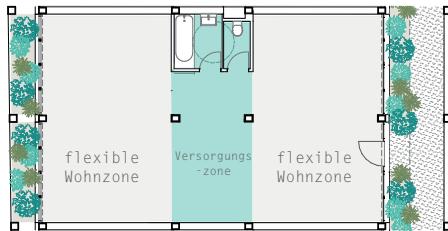
TYP S - 58 m<sup>2</sup>

mögliche Grundrissbildung ->



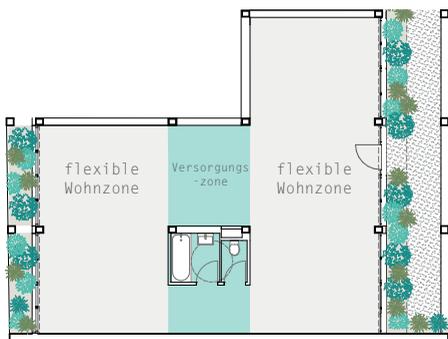
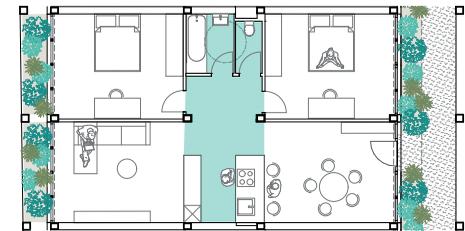
TYP S+ - 68 m<sup>2</sup>

mögliche Grundrissbildung ->



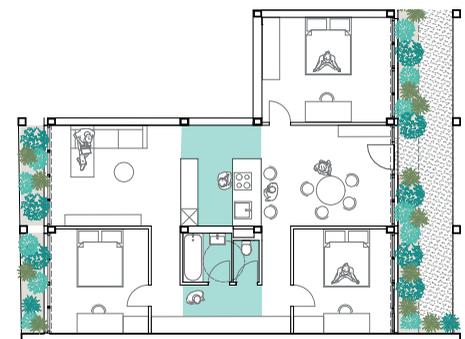
TYP M - 84 m<sup>2</sup>

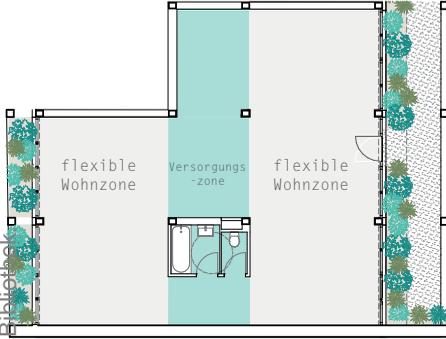
mögliche Grundrissbildung ->



TYP L - 100 m<sup>2</sup>

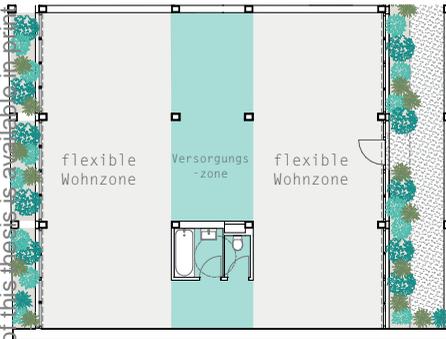
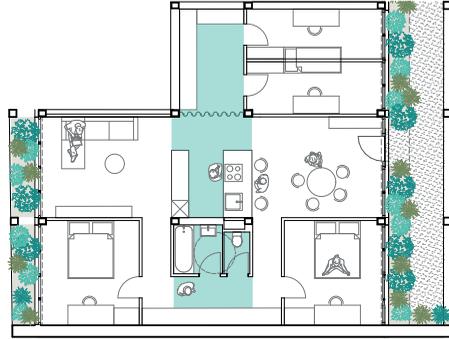
mögliche Grundrissbildung ->





TYP L+ - 110 m<sup>2</sup>

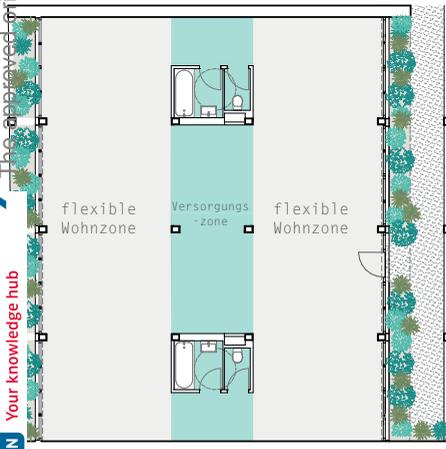
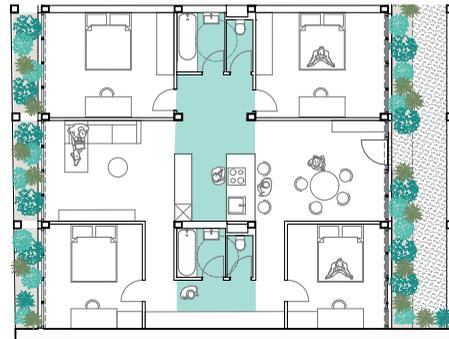
mögliche Grundrissbildung ->



TYP XL - 126 m<sup>2</sup>

mögliche Grundrissbildung ->

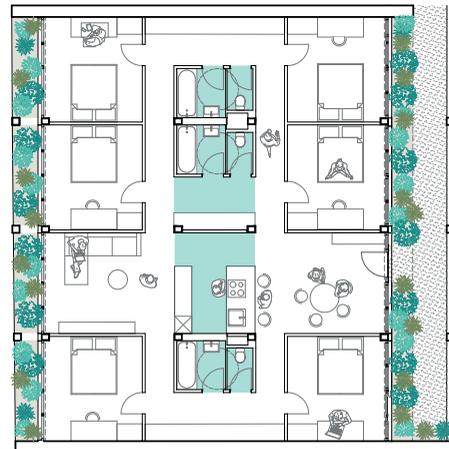
als CoHousing, bzw. Betreutes Wohnen-Einheit geeignet



TYP XXL - 168 m<sup>2</sup>

mögliche Grundrissbildung ->

als CoHousing, bzw. Betreutes Wohnen-Einheit geeignet





ENTWURF

M\_1:250

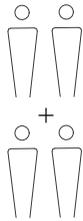
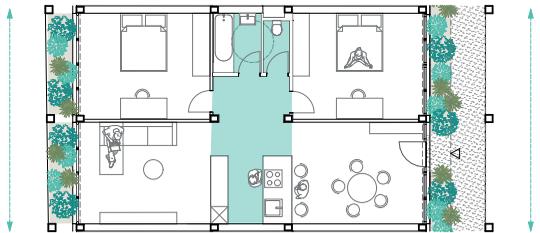
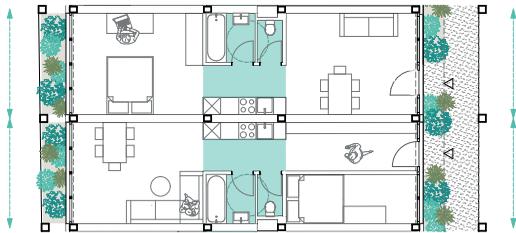


### Zusammenfügung/ Trennung zweier Einheiten

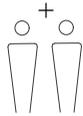
Szenario:

Zwei Einheiten werden von zwei Paaren bewohnt.

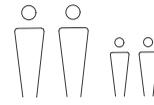
-> Ein Paar zieht aus, das zweite Paar möchte die beiden Einheiten zusammenlegen und zukünftig als Familienwohnung nutzen.



TYP XS	42 m <sup>2</sup>
Schlafz. :	16,00 m <sup>2</sup>
Wohnzimmer:	16,00 m <sup>2</sup>
Bad:	4,70 m <sup>2</sup>
Küche:	4,70 m <sup>2</sup>



TYP XS	42m <sup>2</sup>
Schlafz. :	8,00 m <sup>2</sup>
Wohnzimmer:	16,00 m <sup>2</sup>
Vorraum:	8,00 m <sup>2</sup>
Bad:	4,70 m <sup>2</sup>
Küche:	4,70 m <sup>2</sup>



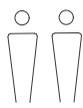
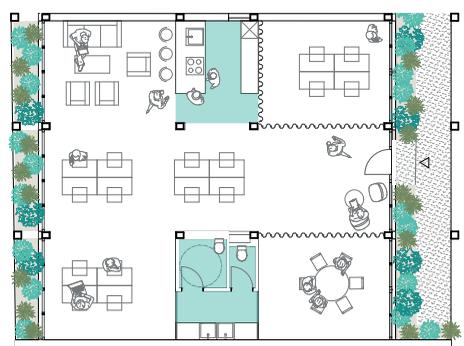
TYP M	84 m <sup>2</sup>
Schlafz. 1:	16,00 m <sup>2</sup>
Schlafz. 2:	16,00 m <sup>2</sup>
Wohnzimmer:	32,00 m <sup>2</sup>
Vorraum:	8,00 m <sup>2</sup>
Bad:	4,70 m <sup>2</sup>
Küche:	4,70 m <sup>2</sup>

### Änderung der Nutzung

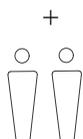
Szenario:

Der Bedarf an Coworking Plätzen im 7. Bezirk steigt stark an.

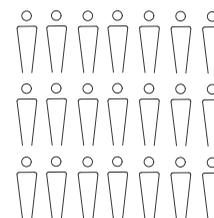
-> 2 Wohneinheiten werden zu einer großzügigen Open Work Space Einheit zusammgelegt



TYP M	84 m <sup>2</sup>
Schlafz. 1:	16,00 m <sup>2</sup>
Schlafz. 2:	16,00 m <sup>2</sup>
Wohnzimmer:	32,00 m <sup>2</sup>
Vorraum:	8,00 m <sup>2</sup>
Bad:	4,70 m <sup>2</sup>
Küche:	4,70 m <sup>2</sup>



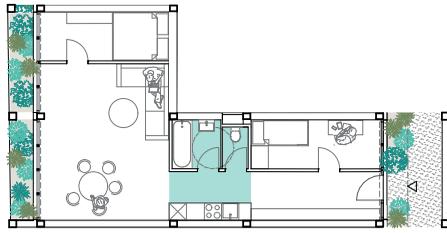
TYP XS	42 m <sup>2</sup>
Schlafz. :	16,00 m <sup>2</sup>
Wohnzimmer:	16,00 m <sup>2</sup>
Bad:	4,70 m <sup>2</sup>
Küche:	4,70 m <sup>2</sup>

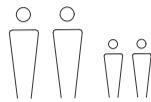


TYP XL	126 m <sup>2</sup>
Open Workspace:	106,00 m <sup>2</sup>
Bad:	9,40 m <sup>2</sup>
Küche:	9,04 m <sup>2</sup>

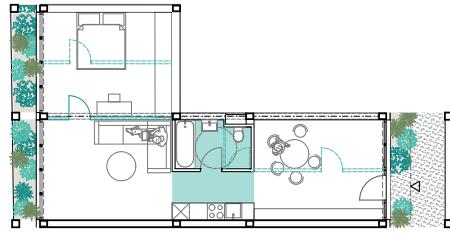
### Bedarfsanpassung innerhalb einer Einheit

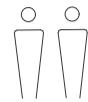
Szenario:  
 Zuerst wird die Wohnung von einer Familie genützt; die Schlafzimmer sind kompakt, das Wohnzimmer nach Westen ausgerichtet.



	<b>TYP S - 58m<sup>2</sup></b>
	Schlafz. 1: 8,00 m <sup>2</sup>
	Schlafz. 2: 8,00 m <sup>2</sup>
	Wohnzimmer: 25,00 m <sup>2</sup>
	Vorraum: 8,00 m <sup>2</sup>
	Bad: 4,70 m <sup>2</sup>
	Küche: 4,70 m <sup>2</sup>

-> Kind(er) ziehen aus, Eltern werden älter, Wohnung wird barrierefrei umgebaut, Wohnzimmer ist durchgesteckt.

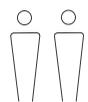


	<b>TYP S - 58m<sup>2</sup></b>
	Schlafz. 1: 16,00 m <sup>2</sup>
	Wohnzimmer: 33,00 m <sup>2</sup>
	Bad: 4,70 m <sup>2</sup>
	Küche: 4,70 m <sup>2</sup>

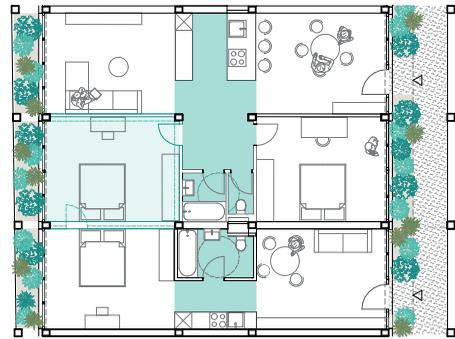
### Anpassung der Einheitsgrößen

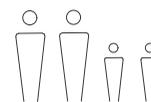
Szenario:  
 in Einheit A gibt es Familienzuwachs, in Einheit B ist die Wohnung nach einer Trennung zu groß für eine Person

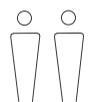


	<b>TYP S+ - 68m<sup>2</sup></b>
	Schlafz. 1: 16,00 m <sup>2</sup>
	Wohnzimmer: 33,00 m <sup>2</sup>
	Bad: 4,70 m <sup>2</sup>
	Küche: 10,00 m <sup>2</sup>
	VR: 4,70 m <sup>2</sup>

-> Zimmer wird von Einheit B abgezogen und Einheit A hinzugefügt



	<b>TYP M - 84m<sup>2</sup></b>
	Schlafz. 1: 16,00 m <sup>2</sup>
	Schlafz. 2: 16,00 m <sup>2</sup>
	Wohnzimmer: 33,00 m <sup>2</sup>
	Bad: 4,70 m <sup>2</sup>
	Küche: 10,00 m <sup>2</sup>
	VR: 4,70 m <sup>2</sup>

	<b>TYP S - 58m<sup>2</sup></b>
	Schlafz. 1: 16,00 m <sup>2</sup>
	Wohnzimmer: 33,00 m <sup>2</sup>
	Bad: 4,70 m <sup>2</sup>
	Küche: 4,70 m <sup>2</sup>

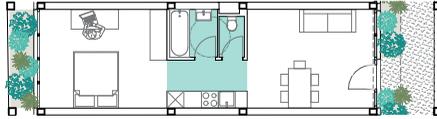
	<b>TYP XS - 42m<sup>2</sup></b>
	Schlafz. 1: 16,00 m <sup>2</sup>
	Wohnzimmer: 16,00 m <sup>2</sup>
	Bad: 4,70 m <sup>2</sup>
	Küche: 4,70 m <sup>2</sup>



ENTWURF

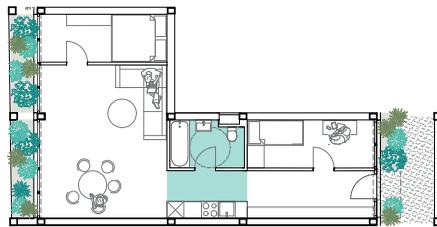
TYP XS - 42 m<sup>2</sup>

als 2-Zimmerwohnung  
-> SMART B



TYP S - 58 m<sup>2</sup>

als 3-Zimmerwohnung  
-> SMART C



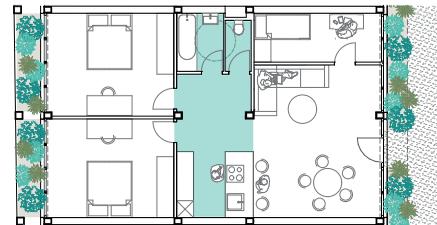
TYP S+ - 68 m<sup>2</sup>

als 3-Zimmerwohnung  
-> SMART C



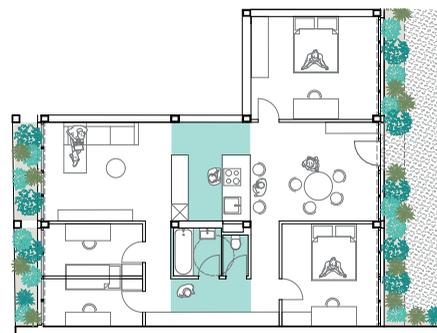
TYP M - 84 m<sup>2</sup>

als 4-Zimmerwohnung  
-> SMART D



TYP L - 100 m<sup>2</sup>

als 5-Zimmerwohnung  
-> SMART E



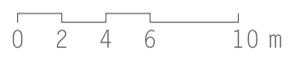
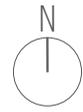
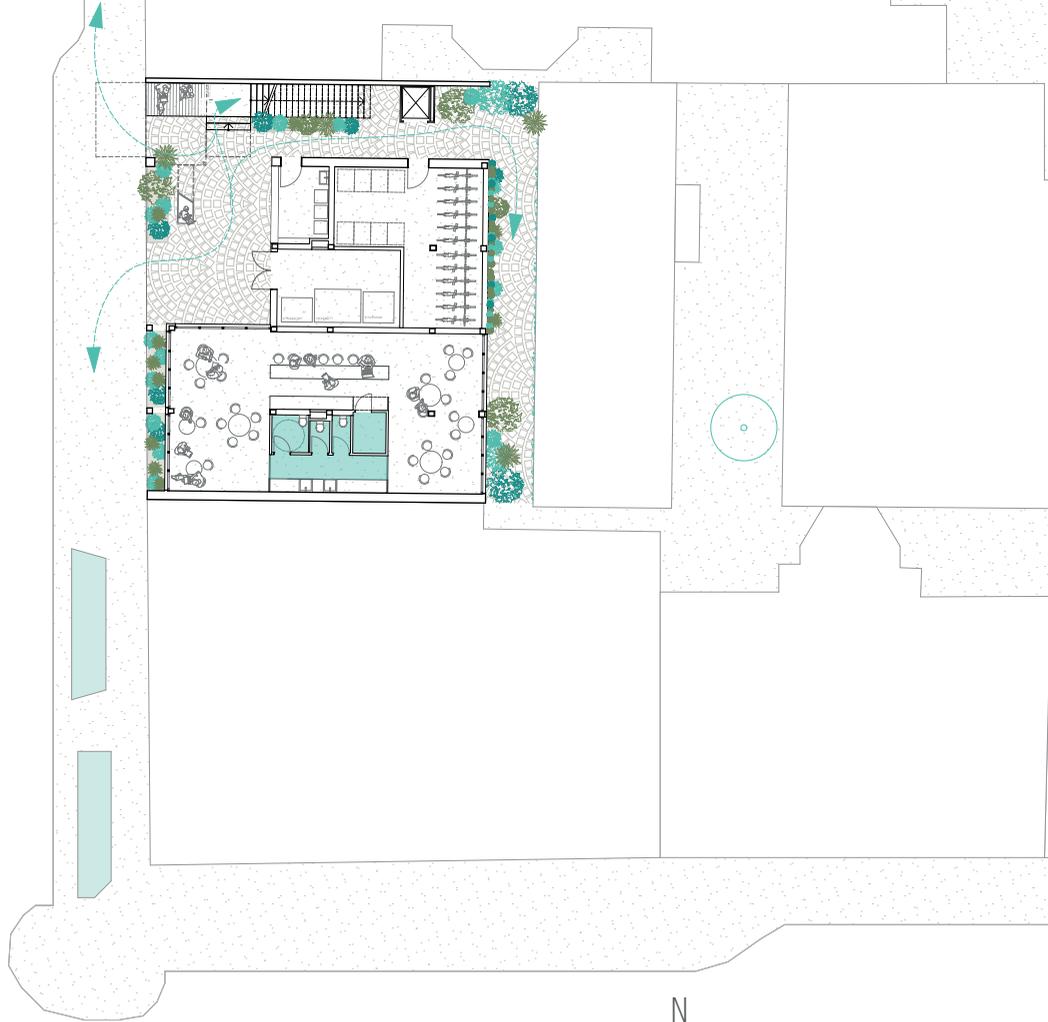
### SMART wohnen Wohnungsschlüssel

- A -> 1 Zimmer < 40 m<sup>2</sup>
- B -> 2 Zimmer < 55 m<sup>2</sup>
- C -> 3 Zimmer < 70 m<sup>2</sup>
- D -> 4 Zimmer < 85 m<sup>2</sup>
- E -> 5 Zimmer ≤ 100m<sup>2</sup>

M<sub>1</sub>:250



# PLÄNE



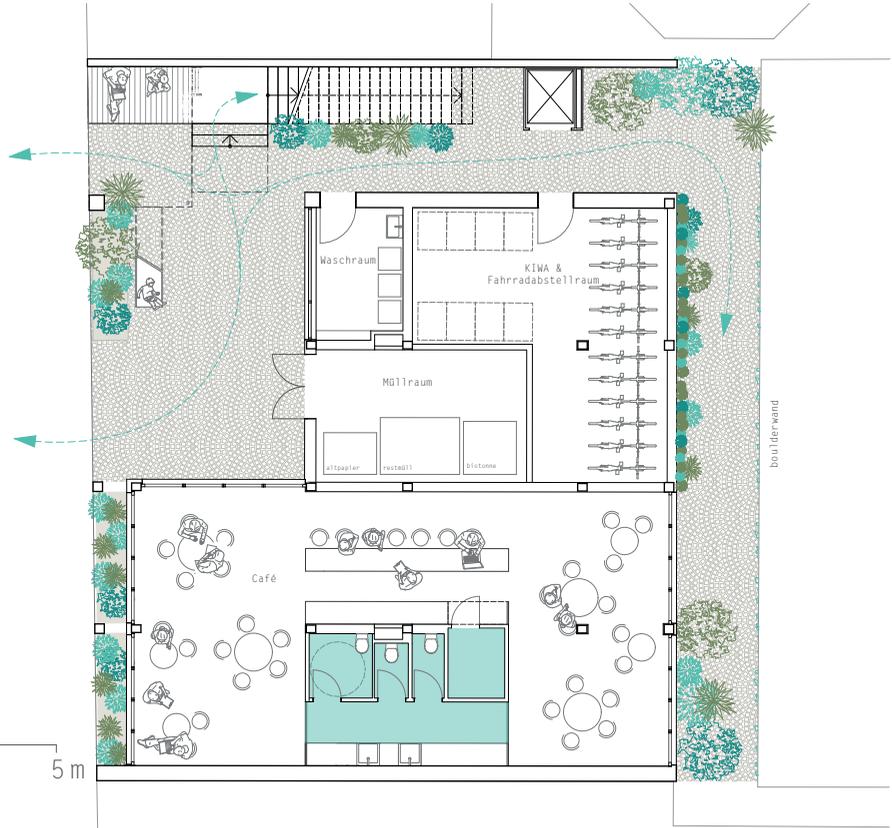
EG

Café  
Waschraum  
KIWA + Fahrrad

M\_1:200



0 1 2 5 m



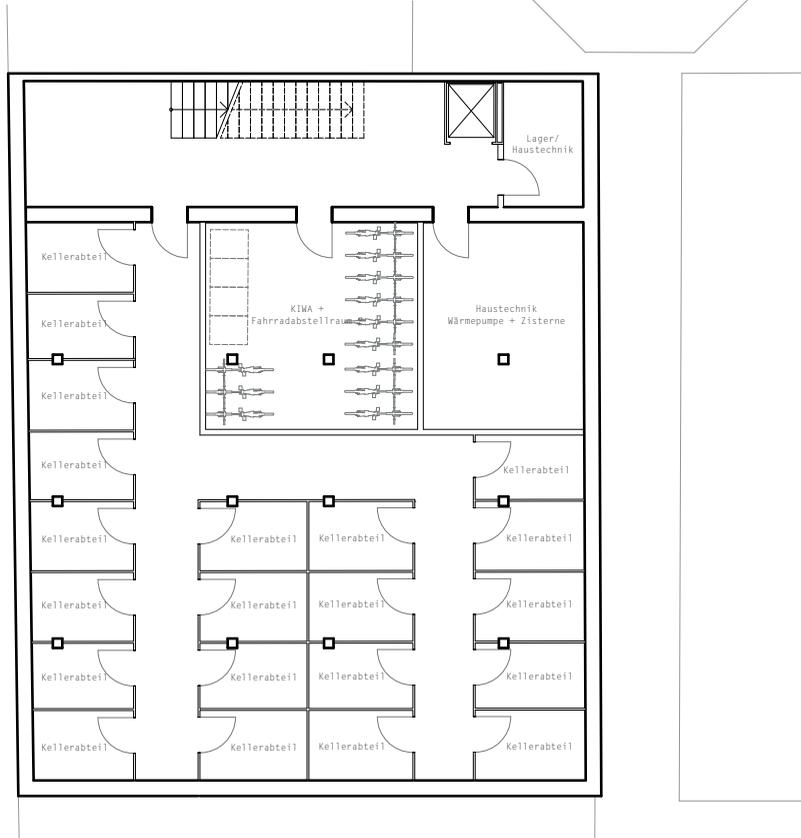
KG

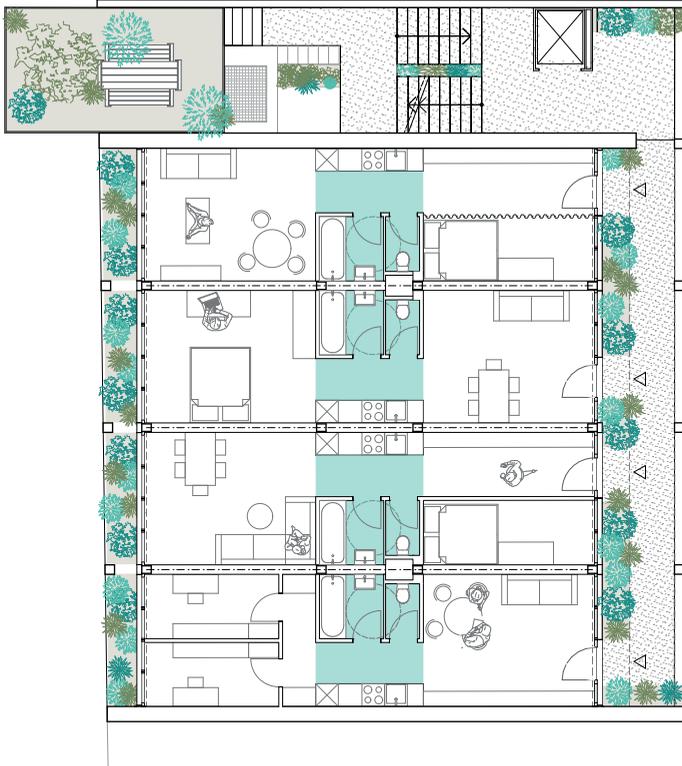
Haustechnik  
KIWA + Fahrrad  
Kellerabteile

M\_1:200



0 1 2 5 m





## OG 2

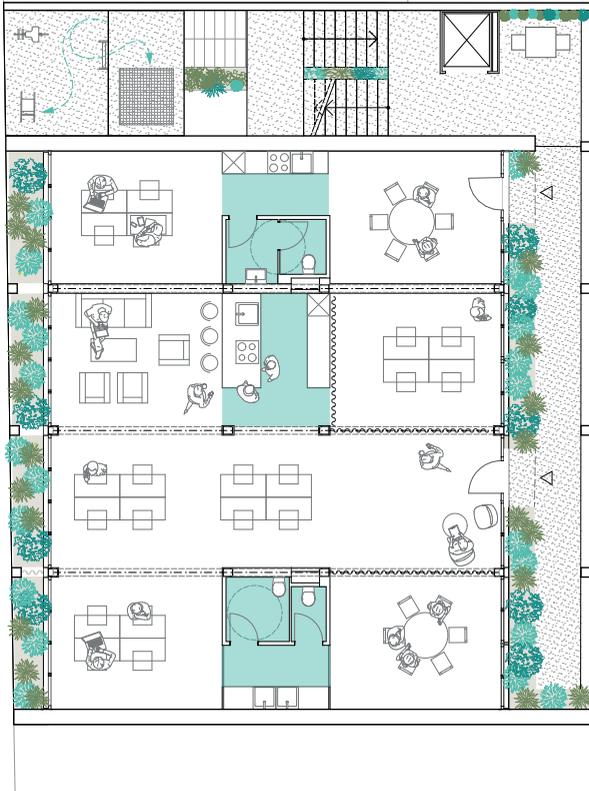
Vertikaler Park:  
Jausenbankerl  
Naschhecke

Einheiten:  
4x Typ XS

M<sub>1</sub>:200



0 1 2 5 m



## OG 1

Vertikaler Park:  
Spiel, Rutsche &  
Trampolin  
Schachttisch

Einheiten:  
1x Typ XS  
1x Typ XL  
mögliche Büronutzung

M<sub>1</sub>:200



0 1 2 5 m

## OG 4

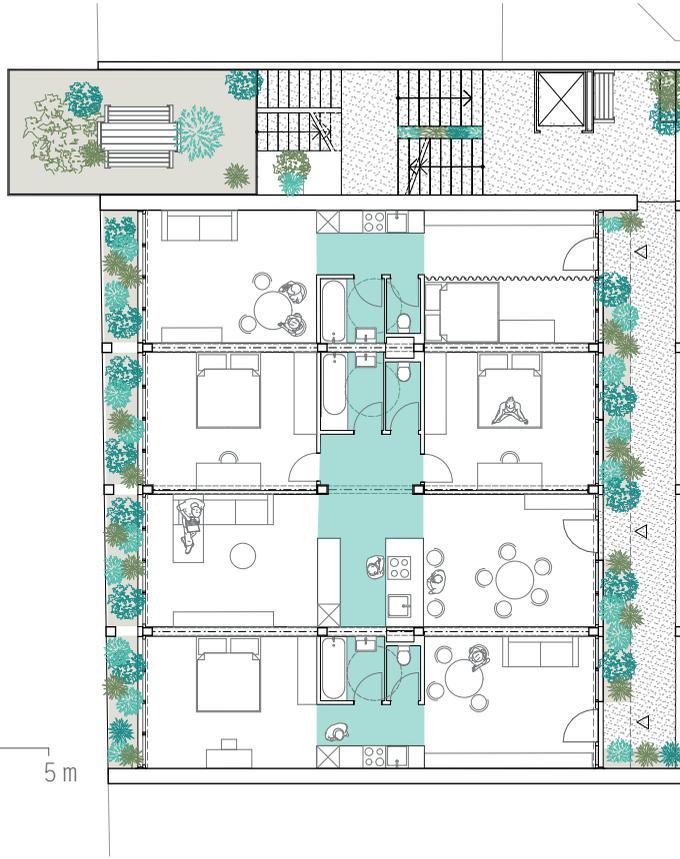
Vertikaler Park:  
Jausenbankerl  
Sonnenbank

Einheiten:  
2x Typ XS  
1x Typ M

M<sub>1</sub>:200



0 1 2 5 m



## OG 3

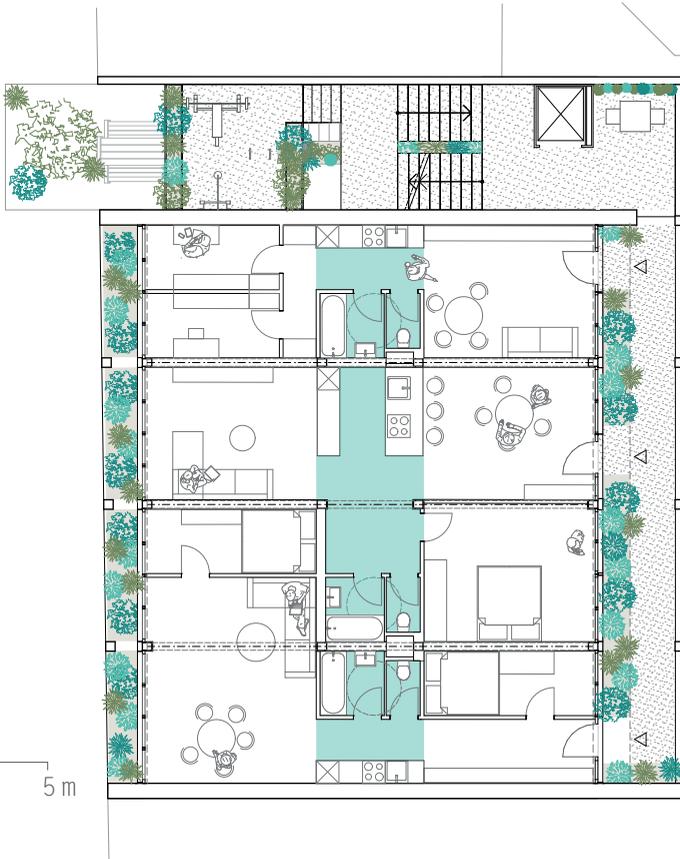
Vertikaler Park:  
Fitness  
Schachtisch

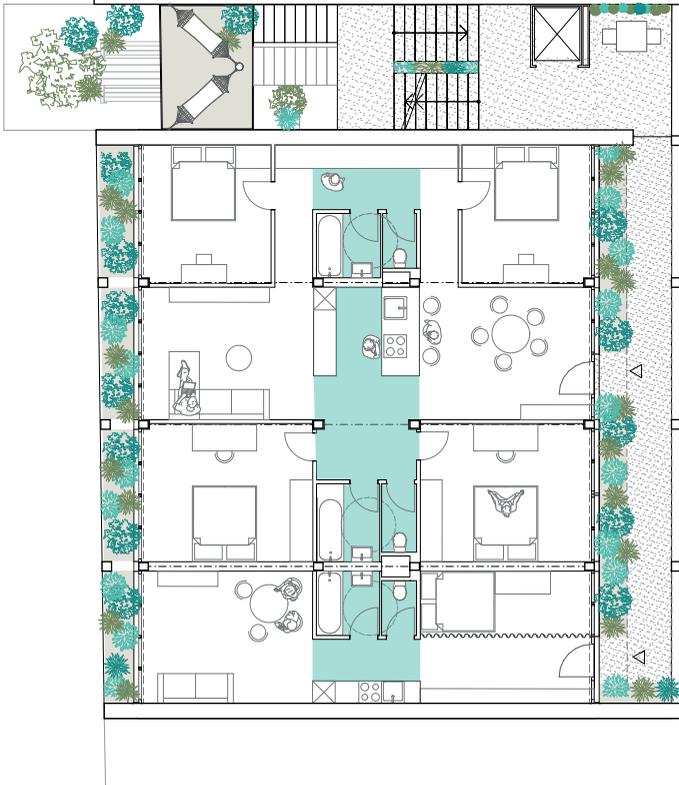
Einheiten:  
1x Typ XS  
1x Typ S+  
1x Typ S

M<sub>1</sub>:200



0 1 2 5 m





OG 5

Vertikaler Park:  
Hängematten  
Jausentisch

Einheiten:  
1x Typ XL  
1x Typ XS

M\_1:200



0 1 2 5 m



DG

Dachwald  
Gewächshaus

M\_1:200



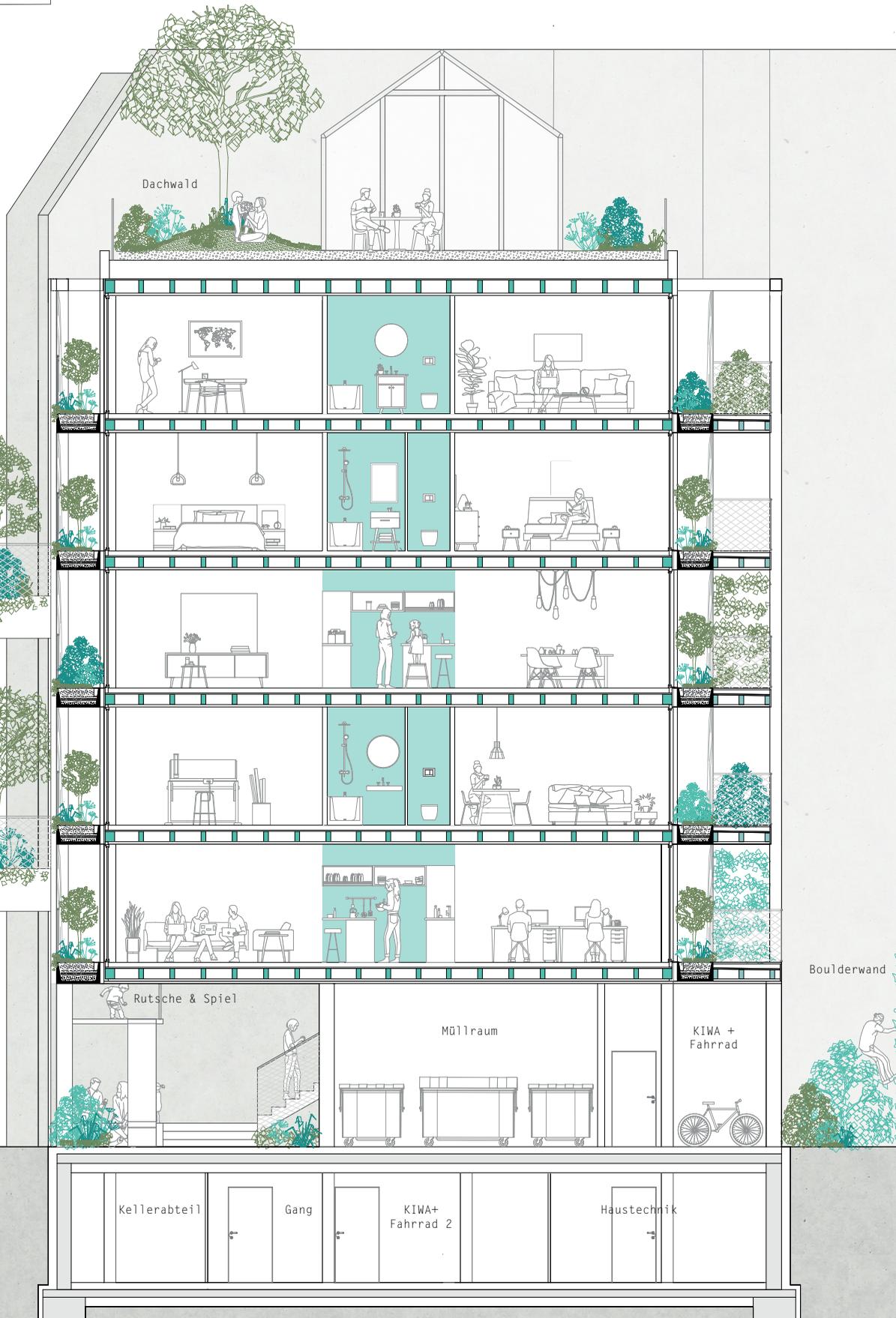
0 1 2 5 m



ENTWURF

M\_1:120

0 0,5 1 2 3 m



Dachwald

Rutsche & Spiel

Müllraum

KIWA + Fahrrad

Kellerabteil

Gang

KIWA+ Fahrrad 2

Haustechnik

Boulderwand

Pläne 134 Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Bibliothek Your knowledge hub



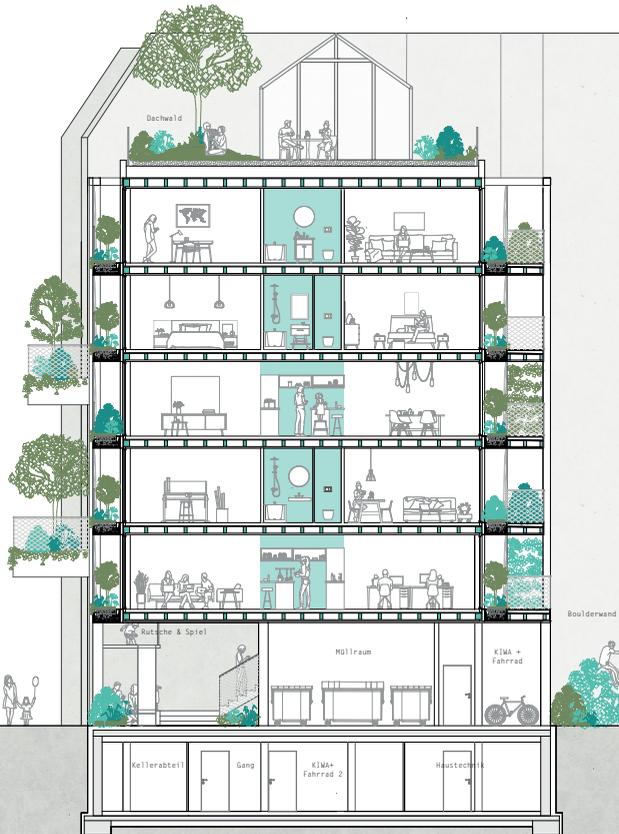
ENTWURF

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



M\_1:250

0 1 2 5m 10

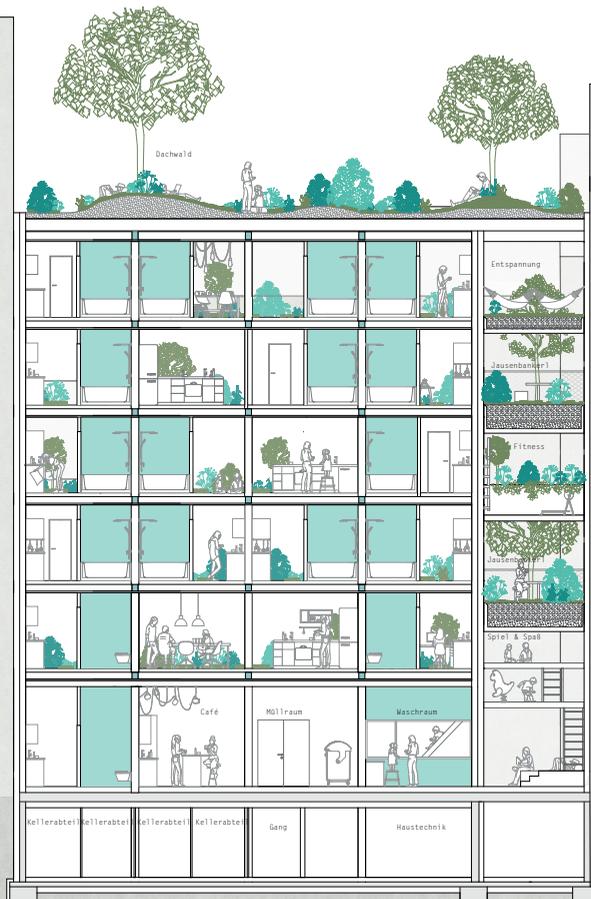




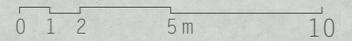
ENTWURF

Pläne 136

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



M\_1:250

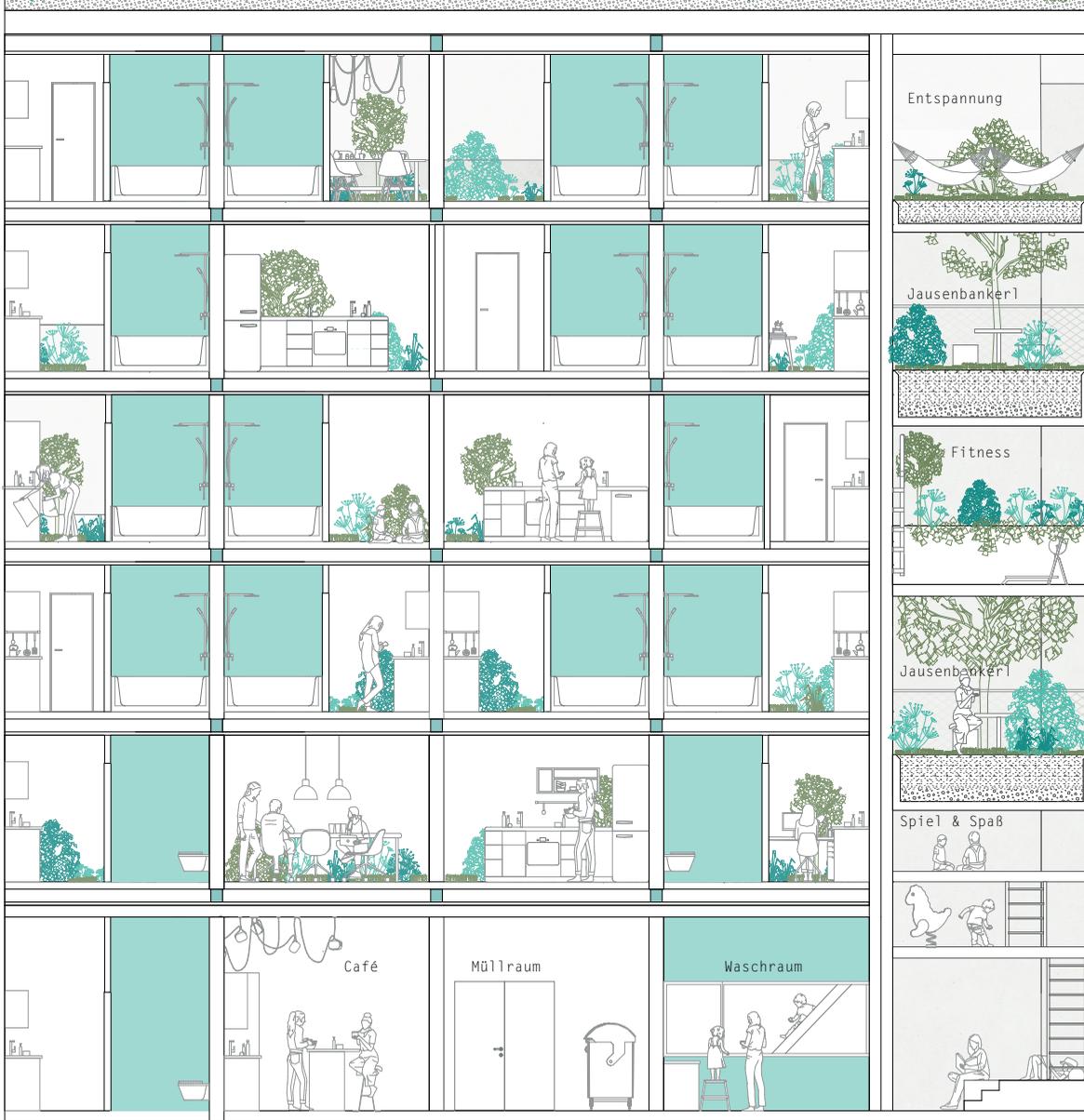
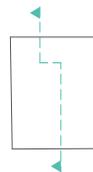




ENTWURF

M\_1:120

0 0,5 1 2 3 m



Entspannung

Jausenbankerl

Fitness

Jausenbankerl

Spiel & Spaß

Kellerabteil Kellerabteil Kellerabteil Kellerabteil Gang Waschraum

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

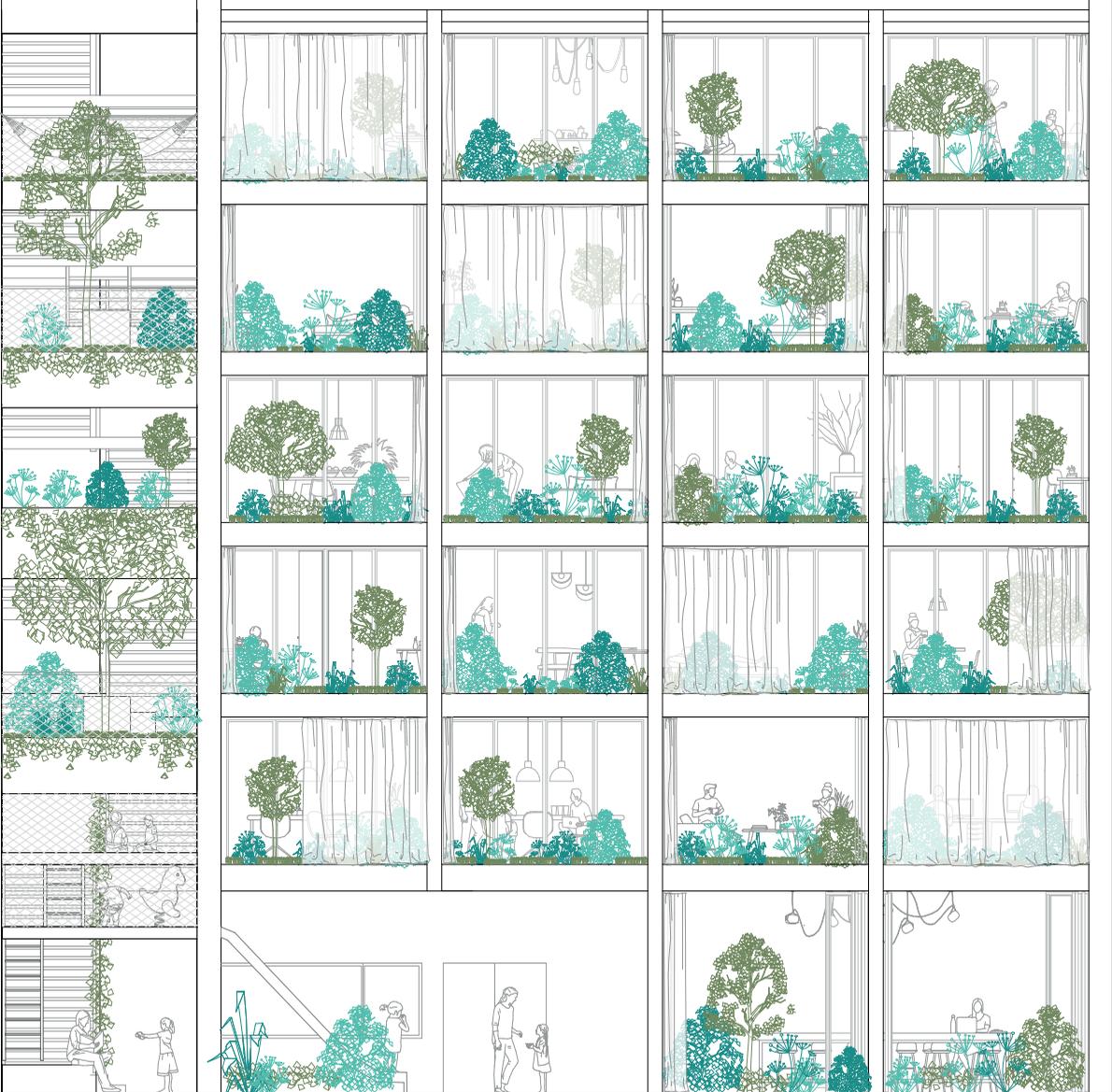
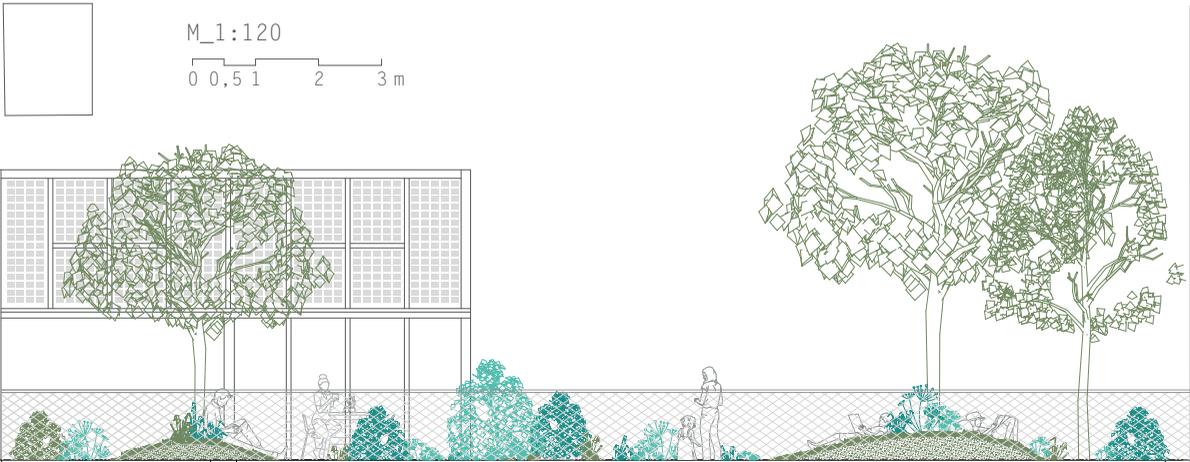




ENTWURF

M\_1:120

0 0,5 1 2 3 m



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.





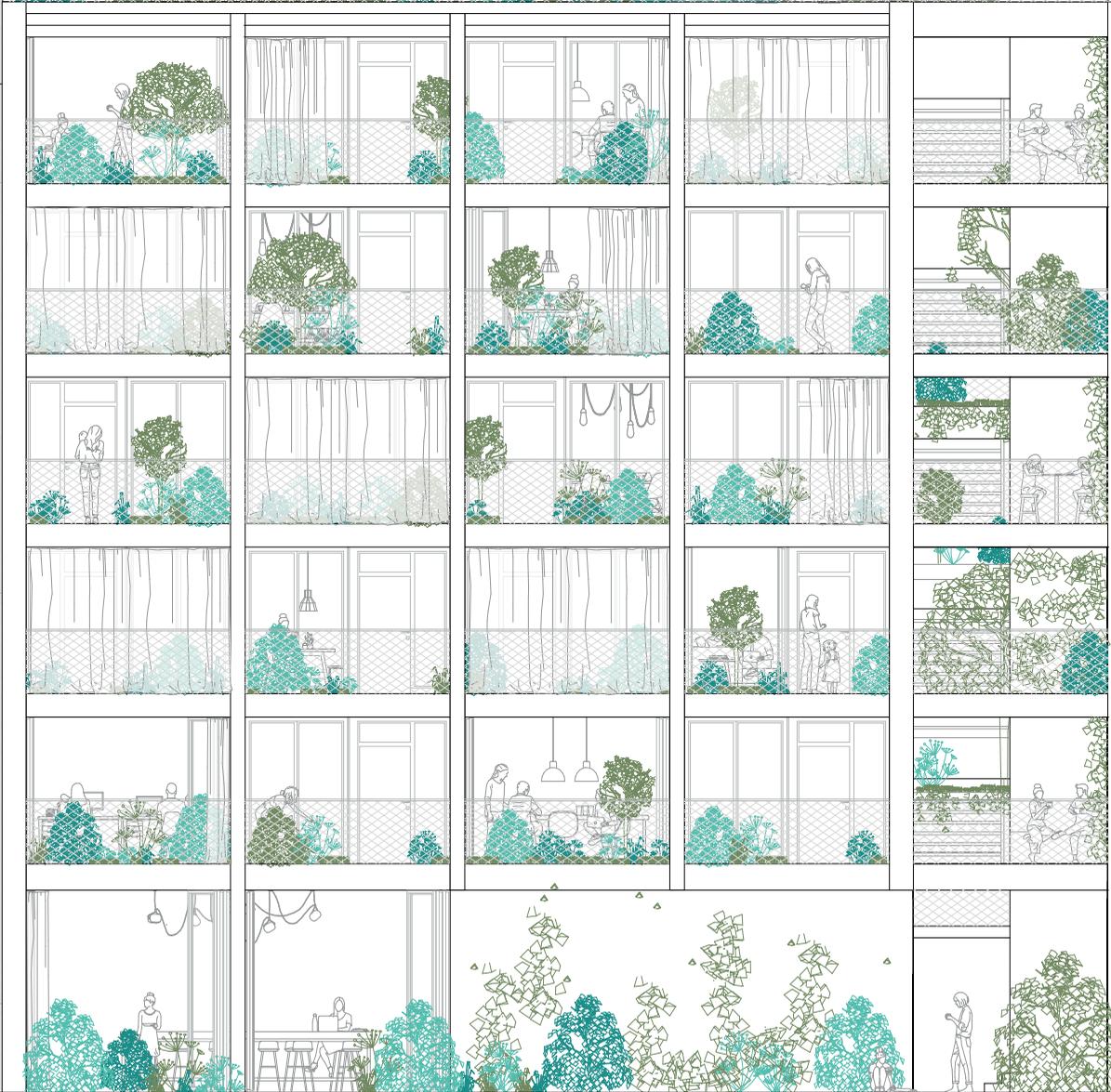
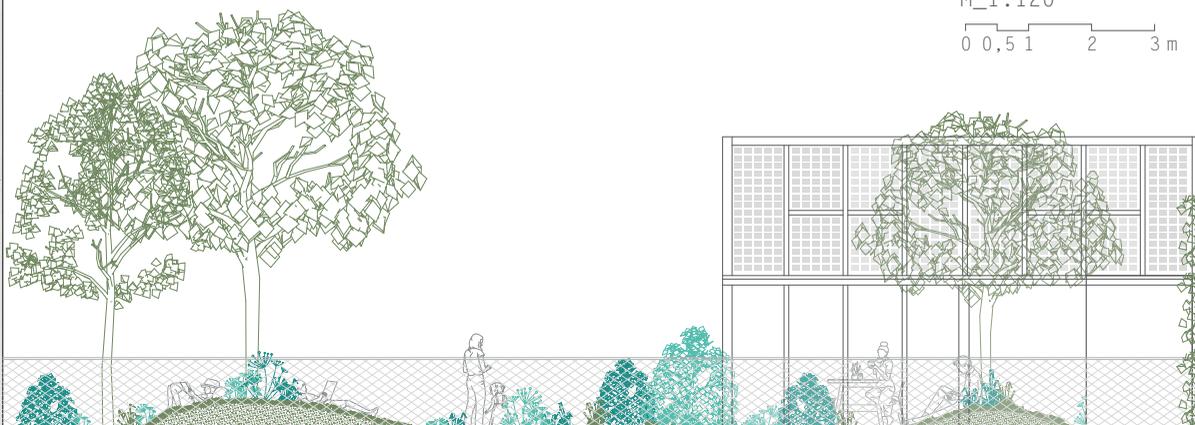
ENTWURF

M\_1:120

0 0.5 1 2 3 m



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.





ENTWURF

# KONSTRUKTION

Bei der Konzipierung der Konstruktionen waren die Anforderungen zum einen die primäre Verwendung nachwachsender Baustoffe und zum anderen die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Struktur sowie deren sortenreine Trennung beim Abbau. Reagierend auf diese Anforderungen fiel die Wahl der Hauptstruktur des Gebäudes auf einen Holzskelettbau. Dieser lässt in einem Achsraster von 3,75m eine freie Grundrissbildung zu. Die einzelnen Holzelemente können im Werk vorgefertigt werden und durch Steck- oder Schraubverbindungen leicht vor Ort zusammengesetzt, beziehungsweise am Ende ihrer Lebensdauer wieder auseinandergenommen werden. Außerdem können durch die Steck und Schraubverbindungen einzelne Bauteile im Zuge von Umbauten oder Instandhaltungen ohne großen Aufwand repariert, ausgetauscht und wiederaufgebaut werden, ohne die angrenzenden Elemente zu beschädigen, wodurch die Umweltauswirkungen weiter minimiert werden.

Nur in erdberührten Gebäudeteilen, in denen Konstruktionen aus Holz nicht geeignet sind, kommt der mineralische Baustoff Beton zum Einsatz. Der Brandschutz der Holzkonstruktion wird durch verschiedene Maßnahmen gewährleistet. Während er in den Außenbereichen durch Überdimensionierung sowie durch das im Brandfall als Sprinkler wirksame Bewässerungssystem der Pflanzen

erfolgt, wird die Tragstruktur im Inneren durch entsprechende Bepflanzung sichergestellt. Die Holzbalkendecke wird durch 4,5cm dicke, ineinandergesteckte Holzdielen geschützt. Diese stellen einen Brandschutz von REI60 sicher, vermitteln durch die naturbelassene Untersicht ein warmes Raumgefühl und wirken sich zu dem durch ihre feuchteregulierenden und schadstoffabsorbierenden Eigenschaften gut auf die Raumluftqualität aus. Die Wohnungstrennwände werden mit Lehm- oder Gipsbauplatten beplankt. Laut Lehm Austria können diese bei einer Stärke von 2,2cm bereits eine Feuerwiderstandsfähigkeit von 104 Minuten gewährleisten.

Die Aussteifung des Skelettbaus erfolgt einerseits quer über die massiven Außenwände und andererseits über die aussteifenden Wände der beiden äußeren Nasszellen. Zwei Schächte, angeordnet neben, beziehungsweise integriert in diese beiden aussteifenden Nasszellen, versorgen die bis zu 4 Einheiten pro Geschoss. Im vertikalen Park wirkt der Aufzugschacht zusätzlich aussteifend. Innerhalb der durch Stützen, aussteifende Elemente und Schächte vorgegebenen Struktur ist eine flexible Grundrissbildung, von kompakten Einheiten bis hin zu ganz offenen Geschossen, möglich. Auch die hinterlüftete Holzfassade lässt sich am Ende ihrer Lebensdauer geordnet rückbauen und sortenrein trennen.

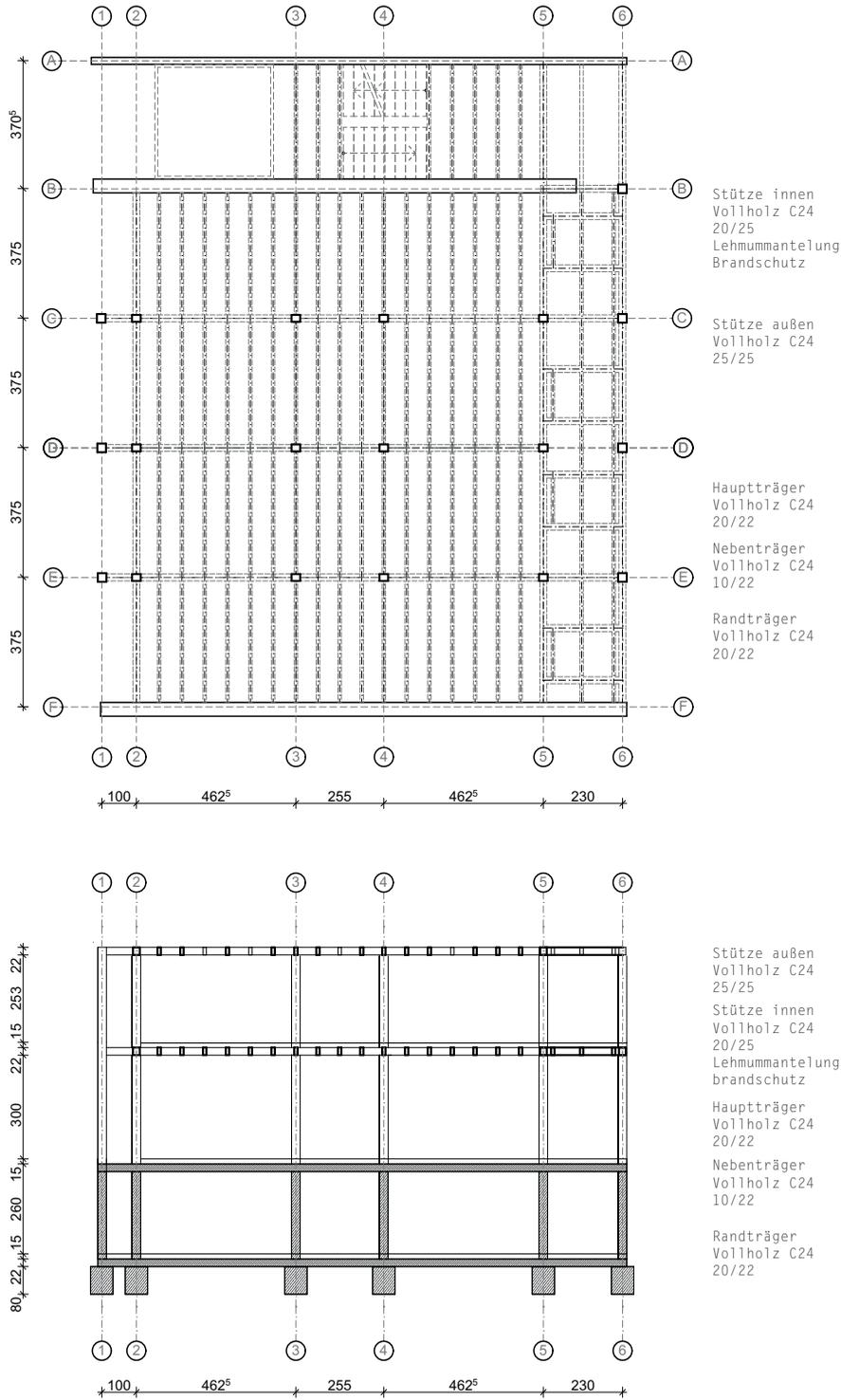
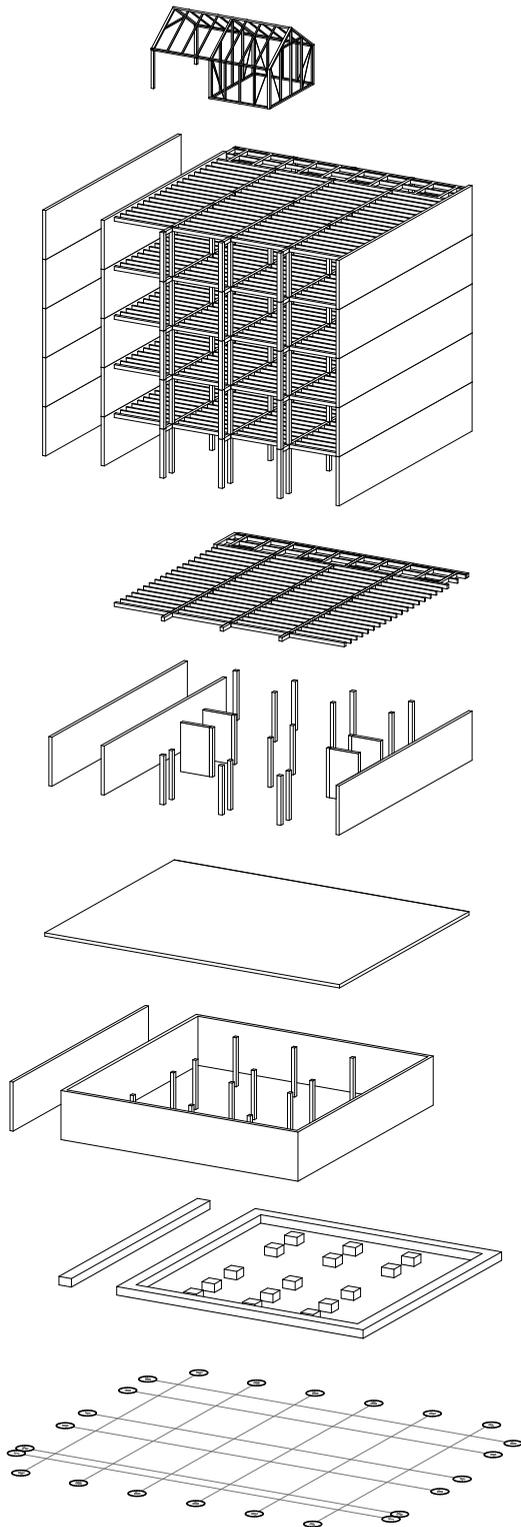


Abb.5.30:  
Tragwerksdimen-  
sionierung

Abb.5.31:  
Explosionsaxono-  
metrie, Tragwerk



DACH

Leichtbaukonstruktion -Holz  
+ aussteifende Glasfelder

REGELGESCHOSSE

Holz balkendecke

Holzstützen + massive  
aussteifende Wände

ERDBERÜHRTE BAUTEILE

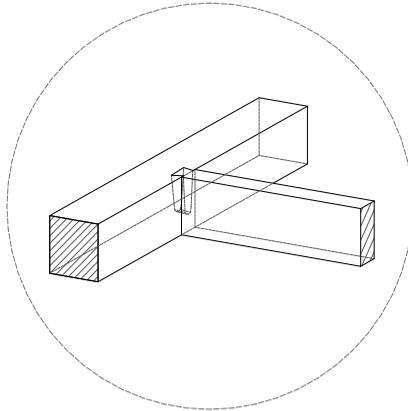
Kellerdecke aus Stahlbeton

Wände aus Betonhohlsteinen  
Stahlbetonstützen

Punkt- und Streifenfundament  
unter Bodenplatte

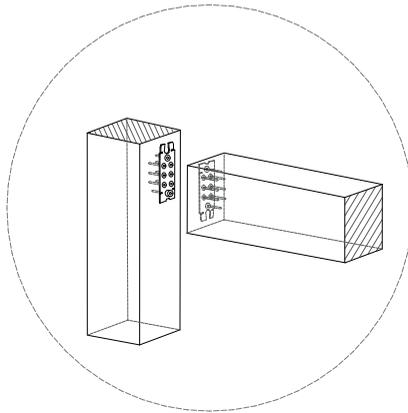


Abb.5.32:  
Konstruktions-  
verbindungen



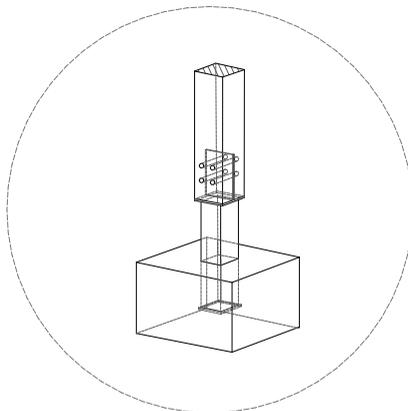
Hauptträger & Nebenträger  
Zapfenverbindung

Zimmermannsmäßige Verbindung



Stütze & Hauptträger  
Flachverbinder

Ingenieurmäßige Verbindung



Fußpunkt Holzstütze

bis mind. 30 cm über GOK  
Quadratrohrstütze



ENTWURF

# MATERIAL

Abb. 5.33:  
Innenraumpers-  
pektive,  
Materialcollage



Die vorgeschlagenen Materialien wurden nach lokaler Verfügbarkeit und guter Ökobilanz ausgewählt. Zusätzlich sind sie vorwiegend Baustoffe aus nachwachsenden, kompostierbaren und CO<sub>2</sub>-bindenden Rohstoffen. Nicht kompostierbare Materialien werden so befestigt, dass diese problemlos demontiert und recycelt werden können.

Davon profitiert die Umwelt sowohl auf lokaler, als auch globaler Ebene. Global ist vor allem die Einsparung von Emissionen, durch niedrigeren CO<sub>2</sub>-Zuwachs in der

Atmosphäre bemerkbar, was wiederum das weitere Voranschreiten der globalen Erwärmung reduziert. Lokal kann durch die Verwendung natürlicher Baustoffe vor allem der Schadstoffgehalt, sowohl in der Luft, als auch durch Abschwemmungen bei Regen, reduziert und die Raumluftqualität durch Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe natürlich reguliert werden.

Dadurch kann Gesundheit und Wohlbefinden von Menschen, Tieren und Pflanzen sichergestellt und das Klima geschont werden.



Fichtenholz

Für die witterungsgeschützte Tragkonstruktion wurde das Fichtenholz gewählt. Dabei handelt es sich um einen schnell nachwachsenden und günstigen Rohstoff, der sich durch sein günstiges Verhältnis von Gewicht zu Festigkeitseigenschaften und Verfügbarkeit hervorragend als Bau- und Konstruktionsholz eignet. Es ist wenig witterungsfest und ungeschützt und unbehandelt oder in direktem Kontakt mit dem Erdboden schnell vergänglich.



Lärchenholz

Als Konstruktionsholz, das der freien Witterung ausgesetzt wird, wurde das Lärchenholz gewählt. Das Kernholz der Lärche findet unter anderem für hochbeanspruchte Konstruktionen wie für den Erd-, Brücken-, und Wasserbau Verwendung. Es kann auch ohne chemischen Holzschutz der freien Witterung ausgesetzt werden, ist schwer tränkbar und sehr resistent gegen holzerstörende Insekten.

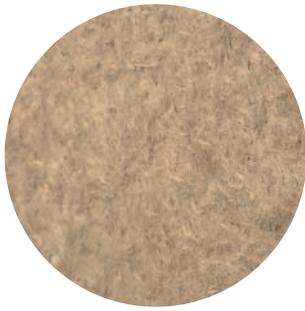


Lehmestrich

Lehm bietet als Estrich eine ökologische Alternative zu herkömmlichen Zementestrichen. Lehmestrich ist zu 100% recyclingfähig und feuchte- und wärmeregulierend. Durch die wachsbehandelte Oberfläche kann auf einen weiteren Bodenbelag verzichtet werden, wodurch wieder chemiegebundene Materialien, wie beispielsweise Kleber zur Holzbodenverlegung, eingespart werden können.

Abb.5.34-36  
von li. n. re.:  
Fichtenholz,  
Lärchenholz,  
Lehmestrich

Abb.5.37-39 von  
li. n. re.:  
Holzfaserdäm-  
mung, Hanfdäm-  
mung, Dämmkork



Holzfaserdämmung

Holzfaserdämmplatten sind der in Österreich am weitesten verbreitete Naturdämmstoff und sehr vielseitig einsetzbar. Sie werden fast ausschließlich aus Restholz gewonnen. Außerdem eignen sich besonders gut als Schutz vor sommerlicher Überhitzung, da sie über mehr Wärmespeicherkapazität als mineralische Dämmstoffe verfügen und so überschüssige Wärmeenergie aufnehmen können und sorgen für ein behagliches Raumklima.



Hanfdämmung

Hanf ist ein sehr schnell wachsender Rohstoff mit einer sehr guten CO<sub>2</sub>-Bilanz und weist ähnliche Eigenschaften wie die Holzfaserdämmplatten auf. Auch die Hanfdämmung kann aktiv Wärme speichern und wirkt positiv auf das Raumklima. Sie ist sehr robust, schädlingfrei und verfügt über sehr gute Schallschutzeigenschaften.



Dämmkork

Kork ist sehr beständig gegenüber Verrottung, behält auch bei hoher Druckbelastung seine Dämmeigenschaften und Form und ist im Gegensatz zu anderen Dämmstoffen auf Holzbasis schwer entflammbar. Er eignet sich daher im Innenbereich für unverkleidete Dämmungen von Kellerdecken und für den Einsatz druckbelasteter Bereiche, wie Trittschalldämmungen oder begehbare Flachdächer. Durch die weiteren Transportwege des nicht heimischen Naturstoffes, sollte die Korkdämmung nur gezielt eingesetzt werden.



Lehmbauplatte

Alternativ zu klassischen Gipskartonplatten im Innenausbau werden Lehmbauplatten vorgeschlagen. Diese können genauso verplant werden, sind jedoch ressourcenschonender und in der Herstellung energiesparender. Die Platten können entweder durch Schilfrohmatten armiert oder wie bei Lehmbausteinen durch Holz- oder Strohfasern verstärkt werden. Sie wirken wärme- und feuchteregulierend und weisen sehr gute Schallschutzeigenschaften auf.



Kraftpapier

starkes Kraftpapier eignet sich zum ökologischen Einsatz als Rieselschutz, beziehungsweise Dampfbremse aus Papier. Für die Herstellung von Kraftpapier wird ausschließlich Holz Zellstoff eingesetzt. Es kann zu einem großen Teil aus recyceltem Altpapier hergestellt werden, der restliche Anteil aus Schwachholzstoffen und ist biologisch abbaubar.



EPDM

EPDM Abdichtungsbahnen auf Naturkautschukbasis stellen eine Alternative zu herkömmlichen bituminösen Abdichtungen dar. Sie sind im Gegensatz zu anderen Abdichtungen frei von Weichmachern, wodurch keine schädlichen Stoffe durch Auswaschungen in die Umwelt gelangen. Durch mechanische Befestigung statt Verklebung kann das Material vollständig getrennt und wiederverwendet, beziehungsweise recycelt werden.

Abb.5.40-42 von  
li. n. re.:  
Lehmbauplatte,  
Kraftpapier,  
EPDM



ENTWURF

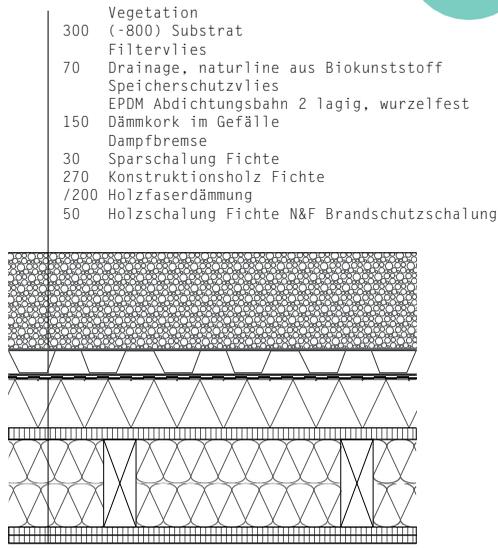
# ÖKOBILANZIERUNG DER BAUTEILE

Um eine Aussage zur Ökobilanz und einer entsprechenden Minimierung des ökologischen Fußabdruckes treffen zu können, werden für den Entwurf optimierte Bauteile mit konventionellen Aufbauten verglichen. Die Bauteile, die dazu herangezogen werden, stammen aus einem eben gestellten Wohnbau in einem Neubaugebiet Wiens. Da die U-Werte im Entwurf jenen eines Passivhauses entsprechen, wurden die Dämmstärken der Bauteile im Vergleichsprojekt entsprechend angepasst. Die ökologische Aussage der Bauteile wurde mit Hilfe der Web-Plattform *baubook*, einer Datenbank für Bauprodukte und deren Energie- und Ökologiekennzahlen, generiert. Zur vereinfachten Ökobilanzierung verschiedener ökologischer Wirkungsaussagen wird der Ökoindikator *Oekoindex OI3*, entwickelt vom österreichischen Institut für Bauen und Ökologie, herangezogen. Der Indikator trifft als Einzulangabe eine Aussage zu den Wirkungskategorien GWP - Treibhausgaspotential, PEI - Primärenergiebedarf und AP - Versauerungspotential. Weil thermisch sinnvolle Aufbauten generell mit einem höheren Ressourcenaufwand verbunden sind, wird durch die U-Wert Korrektur die energetische Leistung in die

ökologische Bewertung miteinbezogen. Bei der Zuordnung in die verschiedenen OI-Klassen wird je nach Bauteilgruppe und einhergehenden unterschiedlichen Unter- und Obergrenzwerten differenziert (vgl. IBO, 2020f, online). Ersichtlich wird, dass sich die Ökobilanz der Bauteile deutlich verbessert, wenn auf Erdölprodukte wie XPS, EPS oder bituminöse Abdichtungen und Stahlbeton möglichst verzichtet wird und diese durch natürliche, im besten Fall nachwachsende, Rohstoffe ersetzt werden. Holz bietet in Österreich hier für nicht erdberührte Bauteile eine gute umweltschonende Alternative zu Stahlbeton. Auch durch die Verwendung natürlicher Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, anstatt der Sondermüll-Erdölprodukte EPS und XPS, kann ein großer Anteil an umweltschädlichen Auswirkungen eingespart werden. Bei Abdichtungen kann beispielsweise statt der klassischen Bitumenabdichtung eine EPDM-Abdichtung auf Kautschukbasis zum Einsatz kommen. Andere Kunststofffolien, wie Dampfbremsen, können durch Baupapier ersetzt werden. Während die im weniger beanspruchten, nicht erdberührten Bereich liegenden

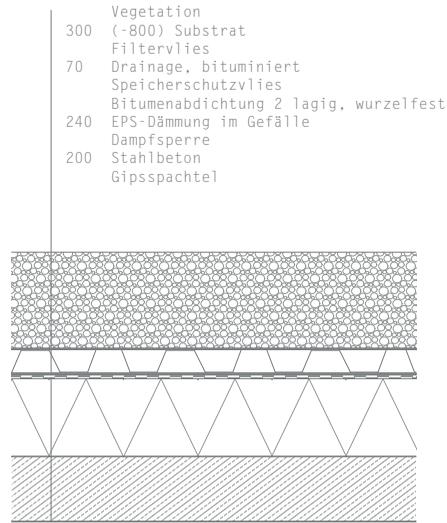
## intensiv begrüntes Flachdach

-75%  
Einsparung OI3



optimiertes Bauteil

PERNT:	782 MJ/m <sup>2</sup>
GWP total:	-79,1 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
AP:	0,167 kg SO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
OI-Klasse:	A++
OI3:	32
U-Wert:	0,12 W/m <sup>2</sup> K



konventionelles Bauteil

PERNT:	1889 MJ/m <sup>2</sup>
GWP total:	111 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
AP:	0,334 kg SO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
OI-Klasse:	D
OI3:	126
U-Wert:	0,12 W/m <sup>2</sup> K

Bauteile relativ einfach durch umweltschonendere Baustoffe ersetzt werden können, existieren bislang im erdberührten Bereich kaum Alternativen zu Stahlbetonfundamenten und XPS als Perimeterdämmung. Um eine Aussage zur Gesamtökobilanz der verwendeten Bauteile treffen zu können, wurde die GEQ OI3 Klassifizierung im Rahmen der Erstellung eines GEQ Energieausweises herangezogen. Die Bewertung bezieht sich allerdings nur auf die wärmeabgebenden Bauteile und Zwischendecken. Das heißt, der unconditionierte Keller mit Bodenplatte und Außenwänden wurde nicht berücksichtigt. Auch die Laubgänge und der vertikale Park werden nicht miteinkalkuliert.

Für die Berechnung wurden die mit

baubook generierten Bauteile herangezogen und die Umweltauswirkungen des Entwurfsgebäudes einmal mit den optimierten Bauteilen und einmal mit den konventionellen Bauteilen berechnet. Die Gegenüberstellung der Ergebnisse zeigt das Minimierungspotential der negativen Umweltauswirkungen. Laut des Ökoindaktors OI3-lc liegt dieses bei bei 90%. Während der Energieausweis, der die Energieeffizienz und ökologischen Auswirkungen im Gebäudebetrieb beschreibt, bei der Errichtung neuer Gebäude, oder auch bei größeren Renovierungen zwingend vorzuweisen ist, ist die OI3 Klassifizierung nicht verpflichtend.



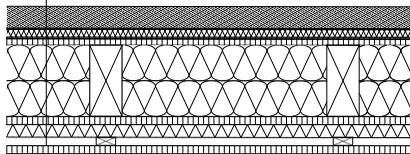
ENTWURF

### Decke über Außenluft

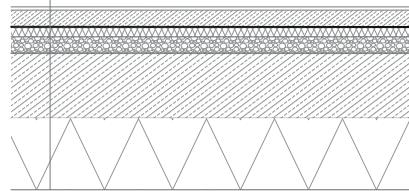
-79%

Einsparung OI3

65	Wachs-behandelte Oberfläche
	Heizestrich (Lehm)
	Kraftpapier
40	TSD - Holzfaserdämmplatte
25	Sparschalung Fichte
220	Konstruktionsholz Fichte
/220	Hanf-dämmung
	Dampfbremse
25	Federschiene zwischen Sparschalung Fichte
40	Holzfaserdämmplatte
	= winddichte Ebene
25	Holzschalung Fichte N&F Brandschutzschalung



15	Parkettboden
50	Zementestrich
	Dampfbremse PE
30	TSD EPS
50	Schüttung
200	Stahlbeton
	Kleber
220	EPS Dämmung
	Kunstharzputz



#### optimiertes Bauteil

PERNT:	534 MJ/m <sup>2</sup>
GWP total:	-45 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
AP:	0,128 kg SO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
OI-Klasse:	A++
OI3:	22

U-Wert: 0,14 W/m<sup>2</sup>K

#### konventionelles Bauteil

PERNT:	1347 MJ/m <sup>2</sup>
GWP total:	102 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
AP:	0,311 kg SO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
OI-Klasse:	B
OI3:	103

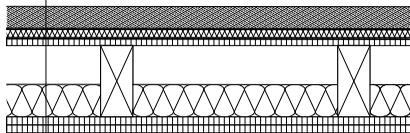
U-Wert: 0,14 W/m<sup>2</sup>K

### Geschossdecke

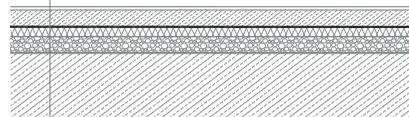
-88%

Einsparung OI3

65	Wachs-behandelte Oberfläche
	Heizestrich (Lehm)
	Kraftpapier
40	TSD - Holzfaserdämmplatte
25	Sparschalung Fichte
220	Konstruktionsholz Fichte
/100	Holzfaserdämmung
25	Federschiene zwischen Sparschalung Fichte
25	Holzschalung Fichte N&F Brandschutzschalung



15	Parkettboden
50	Zementestrich
	Dampfbremse PE
30	TSD EPS
50	Schüttung
200	Stahlbeton
	Gipsspachtel



#### optimiertes Bauteil

PERNT:	307 MJ/m <sup>2</sup>
GWP total:	-74,8 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
AP:	0,0923 kg SO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
OI-Klasse:	A++
OI3:	10

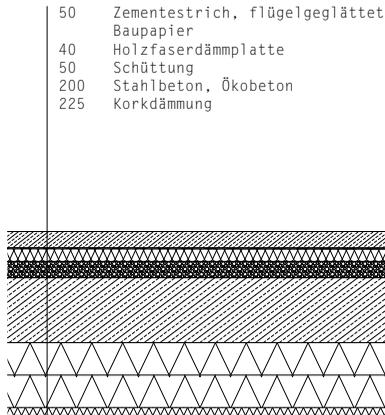
#### konventionelles Bauteil

PERNT:	1010 MJ/m <sup>2</sup>
GWP total:	84,3 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
AP:	0,247 kg SO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
OI-Klasse:	G
OI3:	81

Ökobilanzierung der Bauteile 1.50  
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

## Kellerdecke

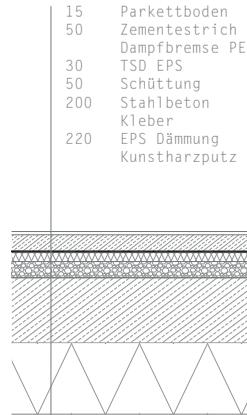
-32%  
Einsparung 013



optimiertes Bauteil

PERNT: 912 MJ/m<sup>2</sup>  
GWP total: 36,9 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
AP: 0,249 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
OI-Klasse: A  
OI3: 70

U-Wert: 0,14 W/m<sup>2</sup>K



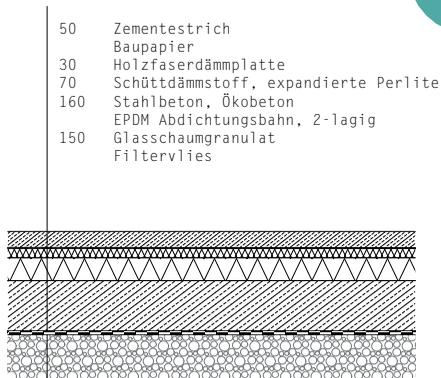
konventionelles Bauteil

PERNT: 1347 MJ/m<sup>2</sup>  
GWP total: 102 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
AP: 0,311 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
OI-Klasse: B  
OI3: 103

U-Wert: 0,14 W/m<sup>2</sup>K

## Bodenplatte

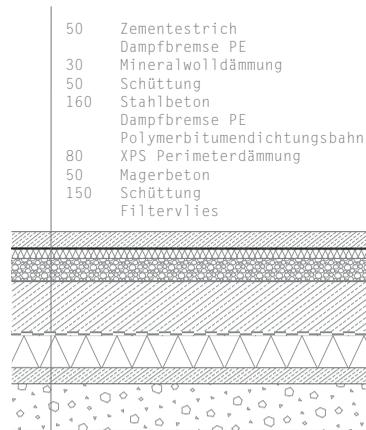
-20%  
Einsparung 013



optimiertes Bauteil

PERNT: 1043 MJ/m<sup>2</sup>  
GWP total: 74 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
AP: 0,238 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
OI-Klasse: B  
OI3: 79

U-Wert: 0,31 W/m<sup>2</sup>K



konventionelles Bauteil

PERNT: 1339 MJ/m<sup>2</sup>  
GWP total: 91,3 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
AP: 0,297 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
OI-Klasse: C  
OI3: 99

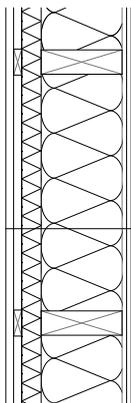
U-Wert: 0,33 W/m<sup>2</sup>K



ENTWURF

### Außenwand

**-58%**  
Einsparung OI3

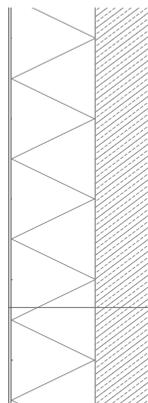


#### optimiertes Bauteil

PERNT: 621 MJ/m<sup>2</sup>  
GWP total: -52,9 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
AP: 0,148 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
OI-Klasse: A+  
OI3: 32

U-Wert: 0,14 W/m<sup>2</sup>K

- 24 Holz Lärche Außenwandverkleidung
- 25 Fichte Lattung versetzt Hinterlüftung
- 60 Holzfaserdämmplatte  
= winddichte + 2. wasserführende Ebene
- 250 Konstruktionsholz/  
Hanfdämmung
- Kraftpapier Luftdichtheit + Dampfbremse
- 14 Lehmbauplatte
- 14 Lehmbauplatte



#### konventionelles Bauteil

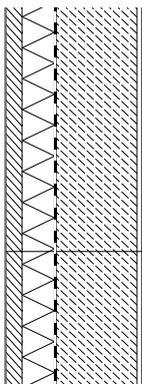
PERNT: 999 MJ/m<sup>2</sup>  
GWP total: 76,9 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
AP: 0,212 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
OI-Klasse: B  
OI3: 74

U-Wert: 0,14 W/m<sup>2</sup>K

- 260 Kunstharz/Silikatputz
- EPS-Dämmung
- Kleber
- 180 Stahlbeton
- Gipsspachtel

### Erdberührte Außenwand

**-51%**  
Einsparung OI3

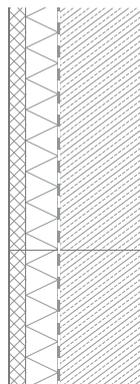


#### optimiertes Bauteil

PERNT: 809 MJ/m<sup>2</sup>  
GWP total: 57,5 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
AP: 0,157 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
OI-Klasse: B  
OI3: 57

U-Wert: 0,35 W/m<sup>2</sup>K

- Filtervlies
- 50 Beton-Drainsteine
- 100 Perimeterdämmung XPS-Dämmung, HKFW-frei
- EPDM Abdichtungsbahn 2 lagig
- Dichtschlämme
- 250 Betonhohlsteine
- 15 Lehmputz



#### konventionelles Bauteil

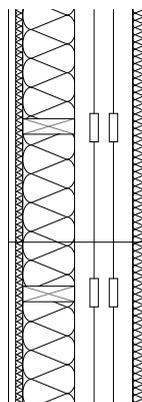
PERNT: 1674 MJ/m<sup>2</sup>  
GWP total: 107 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
AP: 0,318 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
OI-Klasse: E  
OI3: 116

U-Wert: 0,36 W/m<sup>2</sup>K

- Filtervlies
- 50 Drainplatte EPS
- 100 Perimeterdämmung XPS-Dämmung
- Bitumendichtungsbahn, 2 lagig
- Bitumenanstrich
- 250 Stahlbeton
- 15 Gipsspachtel

### Außenwand mit Installationsebene, erhöhte Brandschutzanforderung

**-77%**  
Einsparung OI3

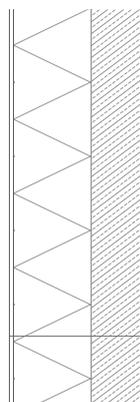


#### optimiertes Bauteil

PERNT: 678 MJ/m<sup>2</sup>  
GWP total: -129 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
AP: 0,181 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
OI-Klasse: A++  
OI3: 25

U-Wert: 0,15 W/m<sup>2</sup>K

- 15 GK-Feuerschutzplatte
- 21 Holzfaserdämmplatte Steico Protect
- 140 Hanfdämmung/  
Konstruktionsholz
- 170 Massivholzwandsystem Holz 100
- 40 Hanfdämmung/  
Konstruktionsholz
- 14 Lehmbauplatte
- 14 Lehmbauplatte



#### konventionelles Bauteil

PERNT: 1037 MJ/m<sup>2</sup>  
GWP total: 101 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
AP: 0,450 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
OI-Klasse: D  
OI3: 111

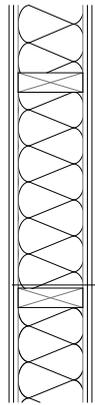
U-Wert: 0,15 W/m<sup>2</sup>K

- 15 GK Feuerschutzplatte
- 240 Mineralwolle
- 180 Stahlbeton
- Gipsspachtel

Ökobilanzierung der Bauteile 152  
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

### Wohnungstrennwand

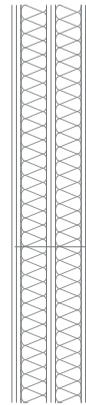
**-61%**  
Einsparung OI3



#### optimiertes Bauteil

PERNT: 303 MJ/m<sup>2</sup>  
 GWP total: -10,8 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
 AP: 0,0562 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
 OI-Klasse: A++  
 OI3: 16  
 U-Wert: 0,22 W/m<sup>2</sup>K

- 12 Lehmauflage
- 12 Lehmauflage
- 200 Konstruktionsholz/  
Hanfdämmung
- 12 Lehmauflage
- 12 Lehmauflage



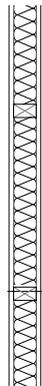
#### konventionelles Bauteil

PERNT: 544 MJ/m<sup>2</sup>  
 GWP total: 29,1 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
 AP: 0,133 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
 OI-Klasse: A  
 OI3: 41  
 U-Wert: 0,31 W/m<sup>2</sup>K

- 12,5 Gipskartonplatte
- 12,5 Gipskartonplatte
- 80 CW Profil + Mineralwolle
- 12,5 Gipskartonplatte
- 10 Luftraum
- 80 CW Profil + Mineralwolle
- 12,5 Gipskartonplatte
- 12,5 Gipskartonplatte

### Trennwand Innenwand, innerhalb einer Einheit

**-65%**  
Einsparung OI3



#### optimiertes Bauteil

PERNT: 117 MJ/m<sup>2</sup>  
 GWP total: -3,9 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
 AP: 0,022 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
 OI-Klasse: A+  
 OI3: 6  
 U-Wert: 0,54 W/m<sup>2</sup>K

- 12 Lehmauflage
- 75 Konstruktionsholz/  
Hanfdämmung
- 12 Lehmauflage



#### konventionelles Bauteil

PERNT: 229 MJ/m<sup>2</sup>  
 GWP total: 12,4 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
 AP: 0,0571 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
 OI-Klasse: A  
 OI3: 17  
 U-Wert: 0,31 W/m<sup>2</sup>K

- 12,5 Gipskartonplatte
- 75 CW Profil + Mineralwolle
- 12,5 Gipskartonplatte



ENTWURF

-90 %  
Einsparung OI3

### OI 3 Klassifizierung nach GEQ-Energieausweis optimierte Bauteile

Brutto-Grundfläche temperiert (BGF) =	1.106,0 m <sup>2</sup>
Brutto-Volumen temperiert (VB) =	3.460,0 m <sup>3</sup>
Gebäude-Hüllfläche (A) =	1.447,0 m <sup>2</sup>
Kompaktheit (A/V) =	0,42 1/m
charakteristische Länge (lc) =	2,39 m
Körperoberfläche (KOF) =	2.2420,47m <sup>2</sup>

BAUTEILE	Fläche A [m <sup>2</sup> ]	PENRT [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> ]	AP [kg SO <sub>2</sub> ]	OI3
Außenwand Massivholz	447,9	380.733,4	-48.145,2	106,9	42,2
Außenwand hinterlüftet	254,0	126.061,5	-9.484,9	28,4	25,2
Decke über Außenluft	33,8	20.315,1	-2.584,2	5,2	27,8
begrüntes Flachdach	183,0	151.353,0	-12.745,7	32,8	39,9
Decke über Keller	191,0	194.957,9	7.177,5	51,4	76,2
Geschossdecke	955,8	540.440,7	-73.416,5	156,6	27,9
Fenster & Türen	377,3	285.851,3	10.201,1	120,6	80,9
<b>SUMME:</b>		<b>1.699.713</b>	<b>-128.998</b>	<b>502</b>	

PERNT (Primärenergiegehalt nicht ern.)	[MJ/m <sup>2</sup> KOF]	707,39
Ökoindex PERNT	OI PERNT Punkte	20,74
GWP (Global Warming Potential)	[kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> KOF]	-53,69
Ökoindex GWP	OI GWP Punkte	-1,84
AP (Versäuerung)	[kg SO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> KOF]	0,21
Ökoindex AP	OI AP Punkte	-0,44

**OI3-Ic (Ökoindex)**  
**OI3-Ic = (PENRT + GWP + AP) / (2+Ic)** **4,20**

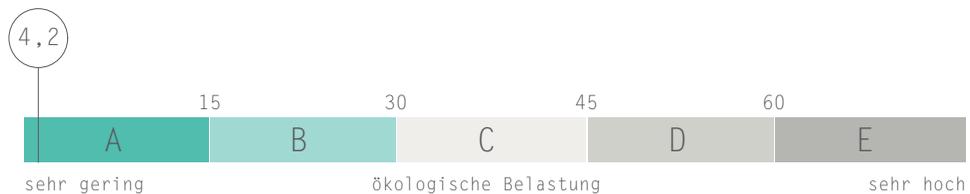


Abb.5.43 : Auswertung GEQ OI3 Klassifizierung, optimierte Bauteile



ENTWURF

### OI 3 Klassifizierung nach GEQ-Energieausweis konventionelle Bauteile

Brutto-Grundfläche temperiert (BGF) =	1.106,0 m
Brutto-Volumen temperiert (VB) =	3.460,0 m
Gebäude-Hüllfläche (A) =	1.447,0 m <sup>2</sup>
Kompaktheit (A/V) =	0,42 1/m
charakteristische Länge (lc) =	2,39 m
Körperoberfläche (KOF) =	2.2420,47m <sup>2</sup>

BAUTEILE	Fläche A [m <sup>2</sup> ]	PENRT [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> ]	AP [kg SO <sub>2</sub> ]	OI3
Außenwand	456,0	584.059,5	42.397,3	131,1	96,5
Außenwand	236,6	337.627,4	24.508,6	75,8	96,5
Decke über Außenluft	33,8	53.613,7	3.900,9	12,7	122,2
begrüntes Flachdach	183,0	412.767,5	23.550,2	80,5	155,3
Decke über Keller	191,0	258.402,3	19.594,3	55,5	100,9
Geschossdecke	955,8	1.147.440	94.415,8	301,5	98,5
Fenster & Türen	377,3	285.851,3	10.201,1	120,6	80,9
SUMME:		3.079.762	218.568	778	
		PENRT (Primärenergiegehalt nicht ern.) Ökoindex PENRT	[MJ/m <sup>2</sup> KOF] OI PENRT Punkte		1.272,35 77,24
		GWP (Global Warming Potential) Ökoindex GWP	[kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> KOF] OI GWP Punkte		90,30 70,15
		AP (Versäuerung) Ökoindex AP	[kg SO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> KOF] OI AP Punkte		0,32 44,52
		OI3-1c (Ökoindex) OI3-1c = (PENRT + GWP + AP) / (2+Ic)			43,58

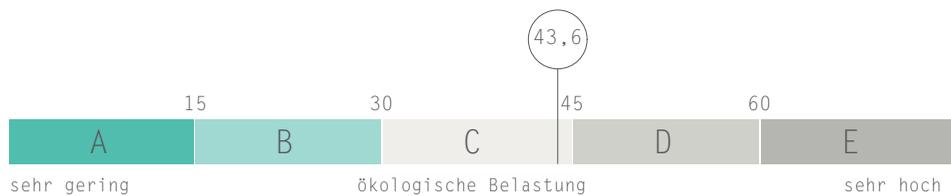
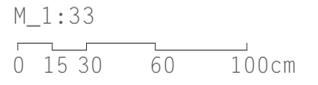


Abb.5.44 : Auswertung GEQ OI3 Klassifizierung, konventionelle Bauteile





ENTWURF

# FASSADENSCHNITT

The printed original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

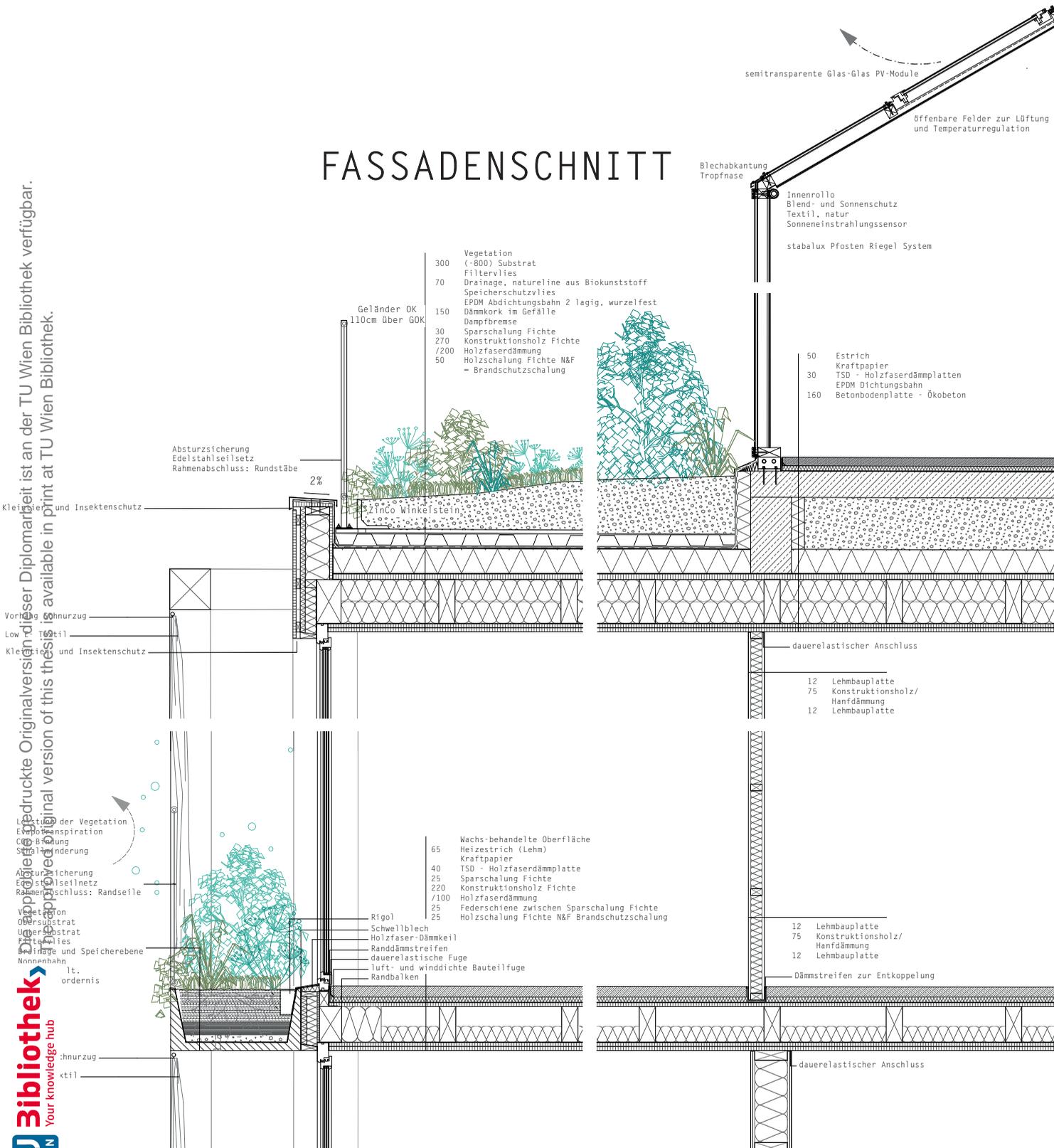
The printed original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

The printed original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

The printed original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

The printed original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

The printed original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



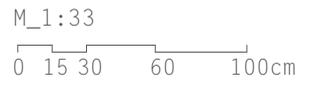
- 300 Vegetation
- (-800) Substrat
- Filtervlies
- 70 Drainage, natureline aus Biokunststoff
- Speicherschichtvlies
- 150 EPDM Abdichtungsbahn 2 lagig, wurzelfest
- Dämmkork 1m Gefälle
- 30 Dampfbremse
- 30 Sparschalung Fichte
- 270 Konstruktionsholz Fichte
- /200 Holzfaserdämmung
- 50 Holzschalung Fichte N&F
- Brandschutzschalung

- 50 Estrich
- Kraftpapier
- 30 TSD - Holzfaserdämmplatten
- EPDM Dichtungsbahn
- 160 Betonbodenplatte - Ökobeton

- 65 Wachs-behandelte Oberfläche
- Heizestrich (Lehm)
- Kraftpapier
- 40 TSD - Holzfaserdämmplatte
- 25 Sparschalung Fichte
- 220 Konstruktionsholz Fichte
- /100 Holzfaserdämmung
- 25 Federschiene zwischen Sparschalung Fichte
- 25 Holzschalung Fichte N&F Brandschutzschalung

- 12 Lehmbauplatte
- 75 Konstruktionsholz/
- Handdämmung
- 12 Lehmbauplatte

- 12 Lehmbauplatte
- 75 Konstruktionsholz/
- Handdämmung
- 12 Lehmbauplatte





ENTWURF

Leistung der Vegetation  
 Evapotranspiration  
 CO<sub>2</sub>-Bindung  
 Schallminderung

Absturzicherung  
 Edelstahlseilnetz  
 Rahmenabschluss: Randseite

Vegetation  
 Substrat  
 Filtervlies  
 Drainage und Speicherebene  
 Regenbahn  
 Entwurf lt. Erfordernis

- 65 Wachs-behandelte Oberfläche
- Heizestrich (Lehm)
- Kraftpapier
- 40 TSD - Holzfaserdämmplatte
- 25 Sparschalung Fichte
- 220 Konstruktionsholz Fichte
- Handdämmung
- Dampfbremse
- 25 Federschiene zwischen Sparschalung Fichte
- 40 Holzfaserdämmplatte
- = winddichte Ebene
- 25 Holzschalung Fichte N&F Brandschutzschalung

- Rigol
- Schwellblech
- Holzfaser-Dämmkeil
- Randdämmstreifen
- = dauerelastische Fuge
- Luft- und winddichte Bauteilfuge
- Auffangträger Baubuche, Dimens. lt. Statik

- 12 Lehmbauplatte
- 12 Lehmbauplatte
- 200 Konstruktionsholz/
- Handdämmung
- 12 Lehmbauplatte
- 12 Lehmbauplatte

Dämmstreifen zur Entkopplung

Kleintier- und Insektenschutz

- 24 Holz Lärche Außenwandverkleidung
- 25 Fichte Lattung versetzt Hinterlüftung
- 60 Holzfaserdämmplatte
- = winddichte + 2. wasserführende Ebene
- Konstruktionsholz/
- Handdämmung
- Kraftpapier Luftdichtheit + Dampfbremse
- 14 Lehmbauplatte
- 14 Lehmbauplatte

Terraway:  
 wasser- und luftdurchlässiger Bodenbelag  
 umweltverträglich, problemlos entsorgbar

- 100 Abdichtung 2-lagig EPDM
- Dämmkork im Gefälle
- Dampfbremse Baupapier
- 50 Schüttung
- 200 Stahlbeton
- 200 Korkdämmung

Abdichtungshochzug

mind. 30cm

Zementgebundene Platte

Kleintier- und Insektenschutz

Sockelblech, Tropfnase

Kellerdecke

- 50 Zementestrich, flügelgegl.
- Baupapier
- 70 Holzfaserdämmplatte
- Abdichtung gegen
- aufsteigende
- Feuchtigkeit
- 50 Schüttung
- 200 Stahlbeton
- 225 Korkdämmung
- Luftdichter Verschluss
- der Bauteilfuge

Außenwand erdberührt

- 50 Filtervlies
- Beton-Drainsteine
- 100 Perimeterdämmung XPS-Dämmung
- EPDM Abdichtungsbahn
- Dichtschlämme
- 250 Betonhohlsteine
- 15 Lehmputz

Bodenplatte auf Glasschaumgranulat

- 50 Zementestrich, flügelgeglätet
- Baupapier
- 30 Holzfaserdämmplatte
- 70 Schutzdämmstoff, expandierte Perlite
- 160 Stahlbeton
- EPDM Abdichtungsbahn, 2-lagig
- Glasschaumgranulat
- Filtervlies

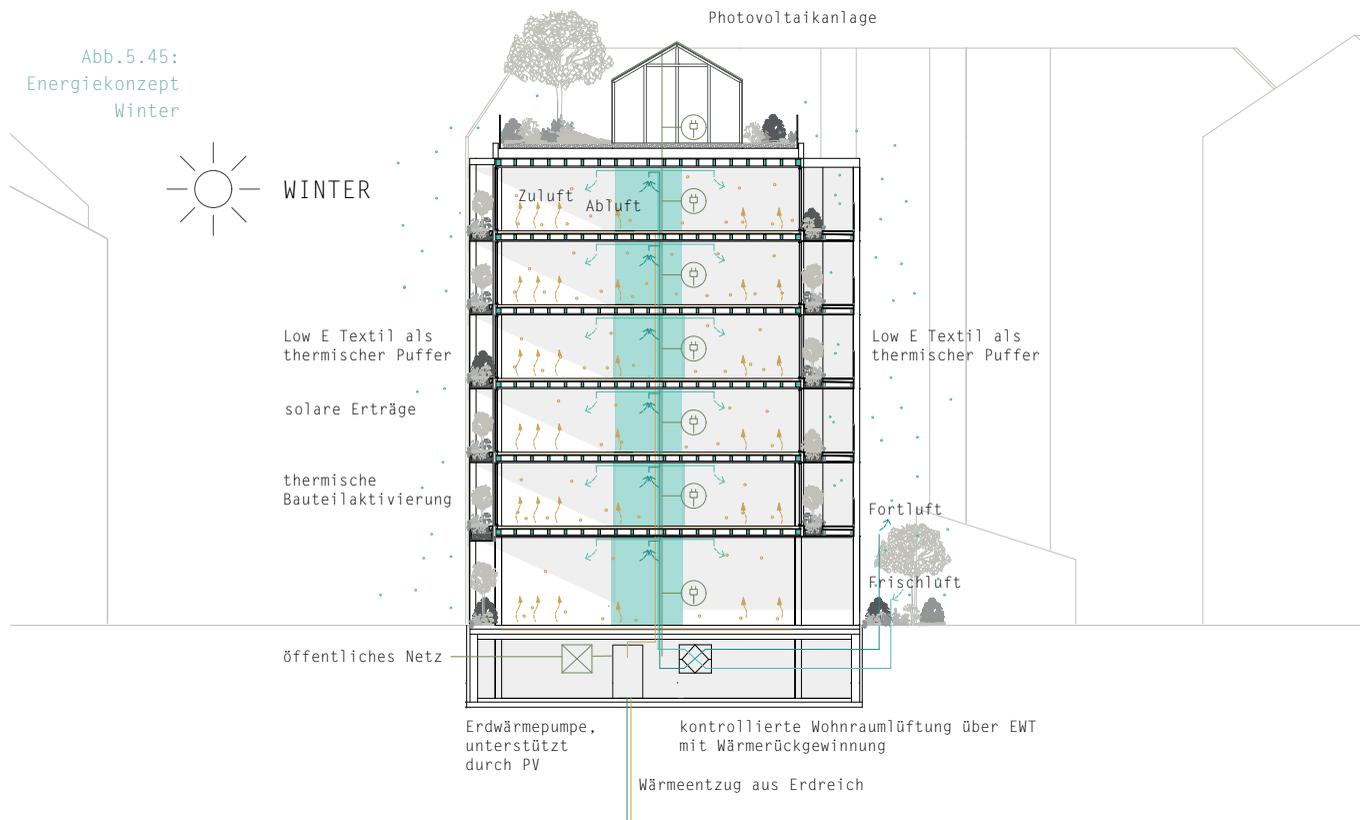
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek erhältlich.  
 The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



ENTWURF

# ENERGIEKONZEPT

Abb.5.45:  
Energiekonzept  
Winter



Im Entwurf werden, soweit es die Umweltenergien am Bauplatz zulassen, natürliche passive Heiz- und Kühleffekte genutzt. Ergänzt wird der passive Gewinn durch PV Paneele am Dach und eine Erdwärmepumpe. Auf Heizwärmeverluste wird mit einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung reagiert.

Passive Energienutzung Winter:  
Im Winter ist vor allem die Nutzung solarer

Erträge essentiell für die passive Temperierung. Eine Gebäudehülle mit geringem U-Wert hält die produzierte Wärme im Inneren. Zusätzlich fällt im Winter die Verschattung durch die Pflanzen weg und die solaren Erträge werden durch Aktivierung des Estrichs als Masse gespeichert. Das Low-E Textil kann an sonnenfreien Tagen, an denen keine solaren Erträge zu erwarten sind, als zusätzliche thermische Hülle wirken.

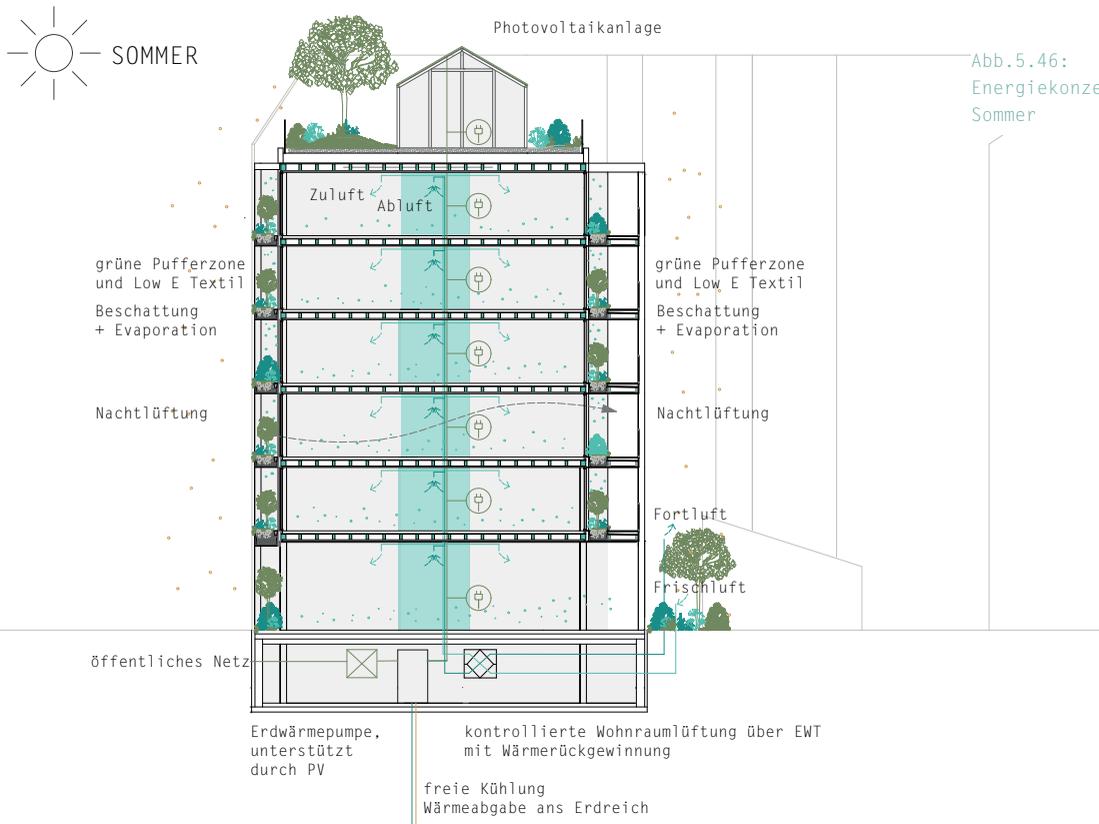


Abb.5.46:  
Energiekonzept  
Sommer

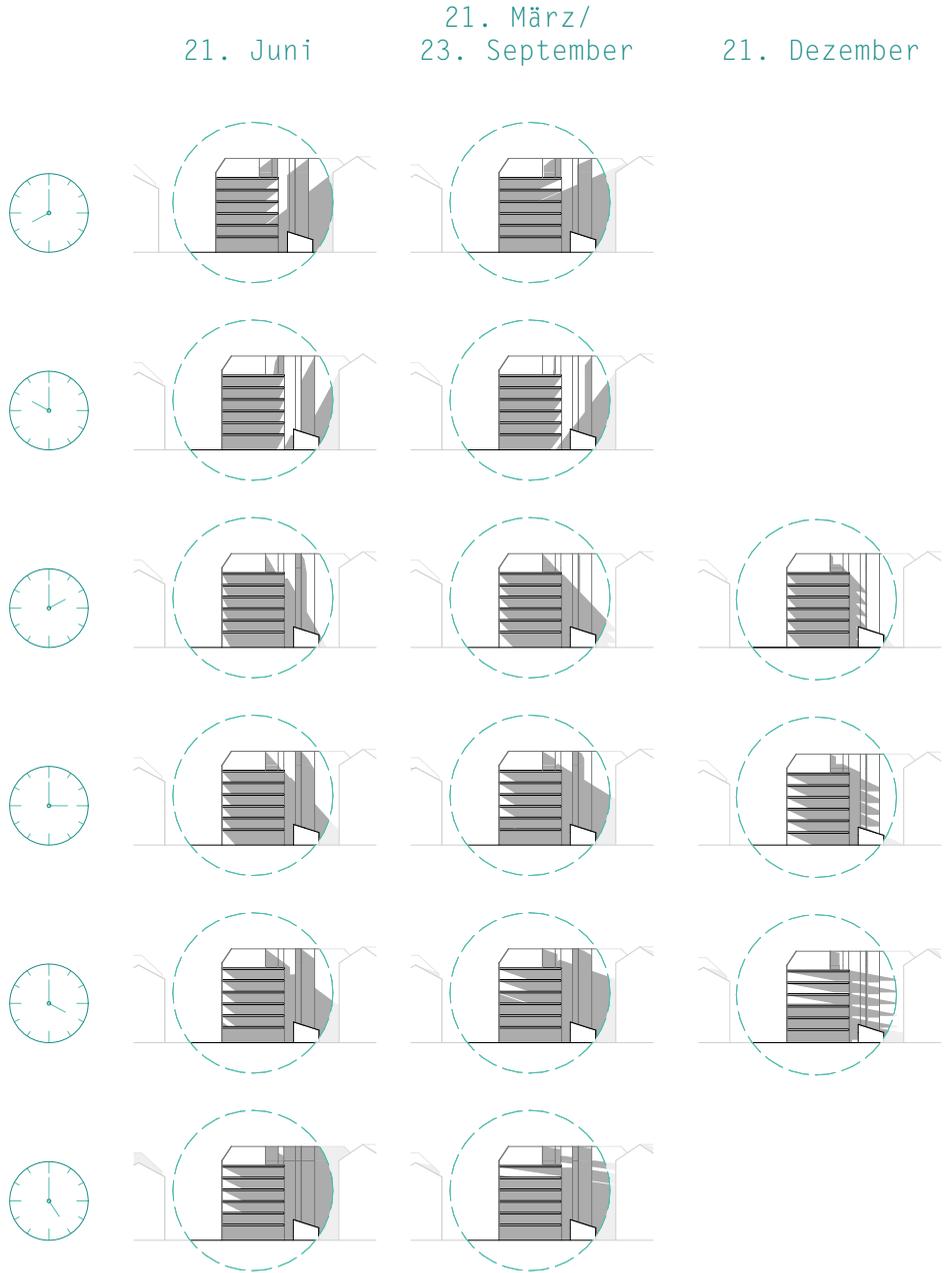
**Passive Energienutzung Sommer:**  
Im Sommer basiert das passive Kühlkonzept auf Beschattung, Evapotranspiration und freier Nachtlüftung. Die „Gärten“ dienen dabei als grüne Pufferzone. Die Pflanzen halten einerseits durch Beschattung die Bauteile kühl, andererseits sorgt die Evaporationsleistung für zusätzliche Abkühlung. Dieser Effekt kann durch Verwendung der Low-E Textil verstärkt werden. Durch Reflexion der Wärmestrahlen kann die heiße

Stadtluft von außen ferngehalten werden. Trotz eines UV-Reflexionsanteils von 79% ist das Textil lichtdurchlässig. Zusätzlich trägt die freie Nachtlüftung zur passiven Temperierung im Sommer bei. Durch die Querlüftung bei Nacht kann die thermische Speicherkapazität, erzeugt durch den dicken Lehmestrich, die am Tag gespeicherte Wärme abgeben und entsprechend abkühlen.



ENTWURF

Abb.5.47:  
Sonnenstudie





Kombiniert werden diese passiven Energieerträge durch aktive Maßnahmen zur lokalen und regenerativen Energieerzeugung. Dies geschieht einerseits durch PV Module am Dach, andererseits durch eine Erdwärmepumpe. Um zusätzlichen Lüftungsbedingten Energieverlusten entgegenzuwirken, wird eine kontrollierte Wohnraumlüftung integriert. Die Photovoltaikpaneele am Dach sind als semi-transparente Glas-PV Module zur Dachflächenverglasung am Gewächshaus und Überdachung des Laubengangs im Dachgeschoss angebracht und umfassen zusammen 86m<sup>2</sup>. Die PV-Anlage produziert die für den Gebäudebetrieb notwendigen Hilfsstrom und Haushaltsstrom. Überschüsse werden ins öffentliche Netz eingespeist. Auch die Erdwärmepumpe, beziehungsweise Sole-Wasser-Wärmepumpe, wird durch Unterstützung von Solarenergie betrieben, was den Strombezug aus dem Netz reduziert. Der Vorteil einer Nutzung der Erdwärmepumpe ist, dass sie sowohl für das Heizen, als auch zur freien Kühlung herangezogen werden kann. Die im Winter entnommene Wärme des Erdreiches kann sich während der Sommermonate regenerieren. Im sogenannten free cooling-Betrieb wird überschüssige Wärme im Sommer in die

tiefen Schichten der Erde abgegeben und steht zu Beginn der Heizperiode wieder zu Verfügung. Im Gegensatz zur Luftwärmepumpe wird keine Abluft an die Umgebung abgegeben, was den Hitzeinseleffekt im städtischen Raum weiter verschlechtern würde. Auch die Kühlung mit Grundwasser stößt in Wien an ihre Grenzen, da die Temperatur des Grundwassers teilweise zu hoch ist.

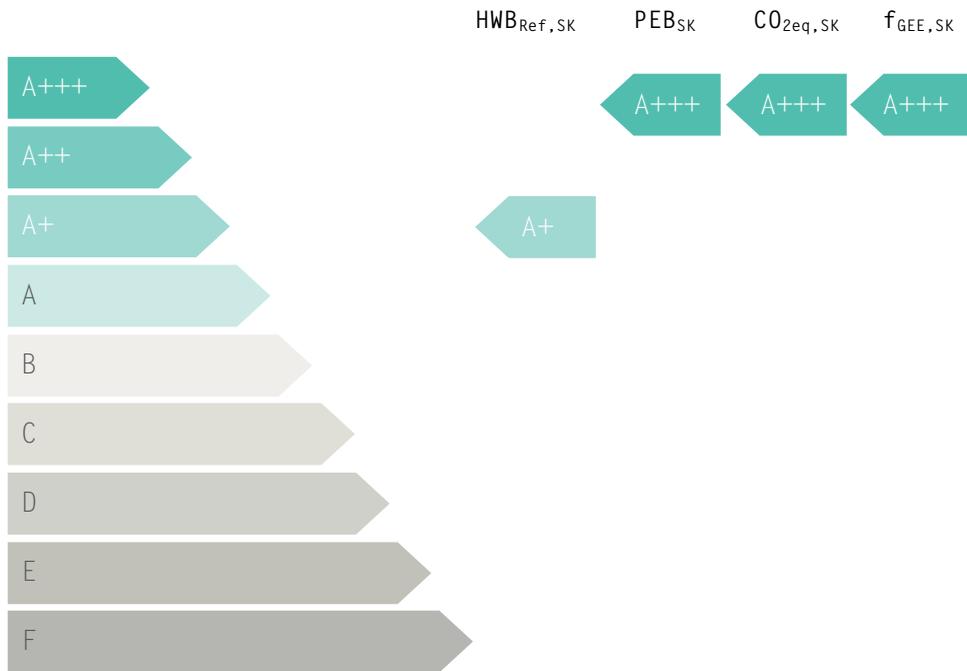
Zur Reduktion des Lüftungswärmeverlustes wird die Wärmepumpe mit einer dezentralen kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung kombiniert. Als dezentrales System erfolgt die Leitung der Zuluft über die Bereiche der flexiblen Wohnzonen. Die Abluft wird über die Versorgungszonen, also Küche und Sanitärräumen entzogen. Die Außenluft wird dabei im Winter vorgeheizt und im Sommer abgekühlt, bevor sie den Räumen zugeführt wird. Die Vorwärmung erfolgt über das Erdreich, zusätzlich wird durch die Wärmerückgewinnung der bereits verbrauchten Luft Wärme entzogen und zur Erwärmung der frischen Luft genutzt. Dieses Prinzip lässt sich im Sommer umkehren, sodass die ins Gebäude geführte Luft abgekühlt werden kann.



ENTWURF

Abb.5.48 : Energieausweis für Wohngebäude  
Auswertung GEO  
Energieausweis

Spezifischer Referenz-Heizwärmebedarf, Primärenergiebedarf, Kohlendioxidemissionen & Gesamtenergieeffizienz-Faktor jeweils unter Standortklima- (SK)-Bedingungen



**HWB<sub>Ref</sub>:** Der Referenz-Heizwärmebedarf ist jene Wärmemenge, die in den Räumen bereitgestellt werden muss, um diese auf einer normativ geforderten Raumtemperatur, ohne Berücksichtigung allfälliger Erträge aus Wärmerückgewinnung, zu halten.

**f<sub>GEE</sub>:** Der Gesamtenergieeffizienz-Faktor ist der Quotient aus einerseits dem Endenergiebedarf abzüglich allfälliger Endenergieerträge und zuzüglich des dafür notwendigen Hilfsenergiebedarfs und andererseits einem Referenz-Endenergiebedarf (Anforderung 2007).

**CO<sub>2eq</sub>:** Gesamte dem Endenergiebedarf zuzurechnenden äquivalenten Kohlendioxidemissionen (Treibhausgase), einschließlich jener für Vorketten.

**PEB:** Der Primärenergiebedarf ist der Endenergiebedarf einschließlich der Verluste in allen Vorketten. Der Primärenergiebedarf weist einen erneuerbaren (PEB<sub>ern.</sub>) und einen nicht erneuerbaren (PEB<sub>n.ern.</sub>) Anteil auf.

**RK:** Das Referenzklima ist ein virtuelles Klima. Es dient zur Ermittlung von Energiekennzahlen.

**SK:** Das Standortklima ist das reale Klima am Gebäudestandort. Dieses Klimamodell wurde auf Basis der Primärdaten (1970 bis 1999) der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik für die Jahre 1978 bis 2007 gegenüber der Vorfassung aktualisiert.



## GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche temperiert (BGF)	1.106,0 m <sup>2</sup>
Bezugsfläche (BF)	884,8 m <sup>2</sup>
Brutto-Volumen temperiert (VB)	3.460,0 m <sup>3</sup>
Gebäude-Hüllfläche (A)	1.447,0 m <sup>2</sup>
Kompaktheit (A/V)	0,42 1/m
charakteristische Länge (lc)	2,39 m
Heiztage	174d
Heizgradtage	3.673 Kd
Klimaregion	N
Norm-Außentemperatur	-11,3 °C
Soll-Innentemperatur	20,0 °C
mittlerer U-Wert	0,24 W/m <sup>2</sup> K
Bauweise	mittelschwer
Art der Lüftung	RLT mit WRG
Photovoltaik	12,9 kWp

## WÄRME- &amp; ENERGIEBEDARF (Referenzklima)

Nachweis über den Gesamtenergieeffizienz-Faktor

	Ergebnisse		Anforderungen
Referenz-Heizwärmebedarf	HWB <sub>Ref,RK</sub> = 21,4 kWh/m <sup>2</sup> a	entspricht	HWB <sub>Ref,RK</sub> = 36,1 kWh/m <sup>2</sup> a
Heizwärmebedarf	HWB <sub>RK</sub> = 9,8 kWh/m <sup>2</sup> a		
Energiebedarf	EEB <sub>RK</sub> = 27,5 kWh/m <sup>2</sup> a		
Gesamtenergieeffizienz-Faktor	f <sub>GEE,RK</sub> = 0,43	entspricht	f <sub>GEE,RK</sub> = 0,8
Erneuerbarer Anteil	alternatives Energiesystem	entspricht	Punkt 5.2.3 a, b oder c

## WÄRME- UND ENERGIEBEDARF (Standortklima)

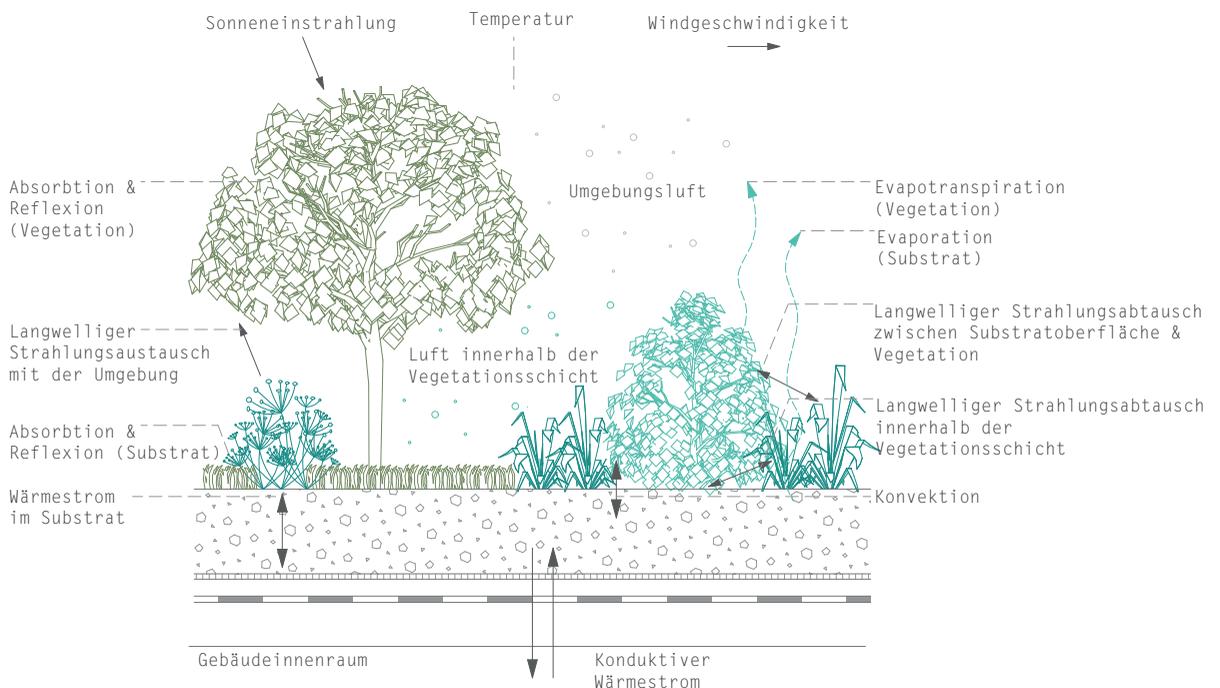
Referenz-Heizwärmebedarf	Q <sub>h,Ref,SK</sub> = 22.381 kWh/a	HWB <sub>Ref,SK</sub> = 20,2 kWh/m <sup>2</sup> a
Heizwärmebedarf	Q <sub>h,SK</sub> = 10.274 kWh/a	HWB <sub>SK</sub> = 9,3 kWh/m <sup>2</sup> a
Warmwasserwärmebedarf	Q <sub>tw</sub> = 11.303 kWh/a	WWWB = 10,2 kWh/m <sup>2</sup> a
Heizenergiebedarf	Q <sub>HEB,SK</sub> = 14.142 kWh/a	HEB <sub>SK</sub> = 12,8 kWh/m <sup>2</sup> a
Energieaufwandszahl Warmwasser		e <sub>AMZ,WW</sub> = 0,82
Energieaufwandszahl Raumheizung		e <sub>AMZ,RH</sub> = 0,22
Energieaufwandszahl Heizen		e <sub>AMZ,H</sub> = 0,42
Haushaltsstrombedarf	Q <sub>HHSB</sub> = 25.190 kWh/a	HHSB = 22,8 kWh/m <sup>2</sup> a
Endenergiebedarf	Q <sub>EEB,SK</sub> = 30.458 kWh/a	EEB <sub>SK</sub> = 22,7 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf	Q <sub>PEB,SK</sub> = 49.486 kWh/a	PEB <sub>SK</sub> = 44,7 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf nicht ern.	Q <sub>PEBn.ern.,SK</sub> = 30.967 kWh/a	PEB <sub>n.ern.,SK</sub> = 28,0 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf erneuerbar	Q <sub>PEBern.,SK</sub> = 18.519 kWh/a	PEB <sub>ern.,SK</sub> = 16,7 kWh/m <sup>2</sup> a
äquivalente Kohlendioxidemissionen	Q <sub>CO2eq,SK</sub> = 6.892 kg/a	CO <sub>2eq,SK</sub> = 6.892 kg/m <sup>2</sup> a
Gesamtenergieeffizienz-Faktor		f <sub>GEE,SK</sub> = 0,43
Photovoltaik-Export	Q <sub>PVE,SK</sub> = 523 kWh/a	PVE EXPORT,SK = 0,5 kWh/m <sup>2</sup> a



ENTWURF

# PFLANZKONZEPT

Abb. 5.49:  
Wärmeübertragung und  
Wirkung auf  
begrünten Dächern



Für die Gärten wird eine Auswahl heimischer Gehölze, Stauden und anderen Wildpflanzen zusammengeführt. Diese sind besonders pflegeleicht, da sie sich als nicht gezüchtete Pflanzen ihre Anpassungsfähigkeit bewahren konnten und stellen den natürlichen Lebensraum heimischer Wildtiere dar. Gemeinsam mit einem Botaniker kann man die Pflanzauswahl nach entsprechender Verdunstungsleistung möglicher Pflanzen eruieren, um den klimatischen

Effekt zu maximieren. Zusätzlich muss die erforderliche Substrathöhe, die Wuchshöhe, die Resistenz gegen Krankheitserreger, die Standorttauglichkeit und Belichtung sowie die Blattdichte bei der Wahl berücksichtigt werden. Auch ist bei der Zusammenstellung verschiedener Pflanzen auf deren Verträglichkeit mit der benachbarten Vegetation zu achten, um sie zu funktionierenden Mischkulturen zu vereinen.

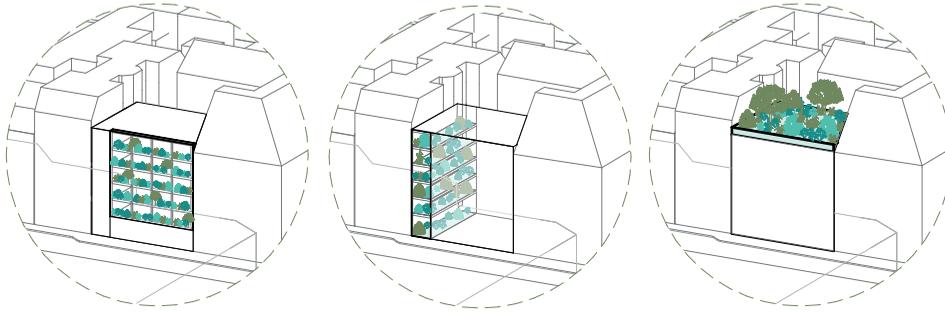


Abb. 5.50:  
Verortung von  
privaten Gärten,  
vertikalem Park &  
Dachwald

#### Private Gärten:

Auf Grund der auf 35cm begrenzten Substrathöhe, aber auch wegen der nach oben räumlich eingegrenzten Wuchshöhe werden Gehölze wie Zwergsträucher, welche schon ab 25-30 cm Wurzelraumdicke eine Wuchshöhe von bis zu 2m erreichen können, sowie Stauden und Gräser gesetzt. Ostseitig, beziehungsweise in den unteren Geschossen, muss bei der Pflanzauswahl insbesondere Vegetation gewählt werden, die halbschattige, oder schattige Standorte bevorzugt. Den BewohnerInnen ist die Möglichkeit gegeben Teile des Gartens auch zum Obst-, Gemüse- und Kräuteraanbau zu nutzen. Vorschläge zum Selbstanabau und funktionierender Mischkulturen dienen als Inspiration.

#### Vertikaler Park:

Auch der vertikale Park bietet durch eine Auswahl an heimischen Wildpflanzen einen neuen Raum für Biodiversität. Die Bepflanzungsmöglichkeiten sind auf den jeweiligen Ebenen unterschiedlich und abhängig vom jeweiligen Wurzelraum und der Belichtung. In Bereichen mit einer Substrathöhe von 80 cm können Bäume mit einer Wuchshöhe von bis zu zehn Metern gepflanzt werden. Auf anderen Ebenen ermöglichen geringere Substrathöhen eine Vegetation bestehend aus Sträuchern, Stauden und Gräsern. Ostseitig können sich die BewohnerInnen und auch StadtbewohnerInnen an Naschhecken bedienen und die vertical farming Möglichkeiten nutzen.

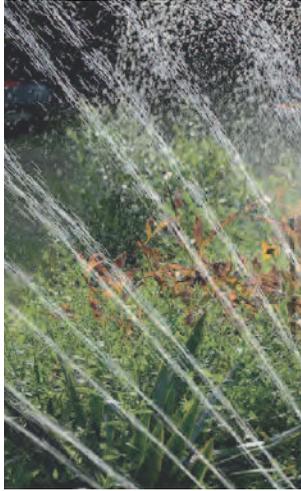
#### Dachwald:

Der Dachwald kann auf Grund der höheren Wuchs- und Substratmöglichkeit wie ein ebenerdiger Garten behandelt werden. Die Substrathöhe variiert dabei und kann der örtlichen Aufbauhöhe entsprechend bepflanzt werden. An den höchsten Stellen, mit einer Wurzelraumhöhe von bis zu einem Meter, können auch Bäume mit einer Wuchshöhe von bis zu zehn Metern gepflanzt werden. Diese können vor allem an heißen Sommertagen ideale Schattenplätze bieten, müssen aber entsprechend gegen Windlasten abgesichert und verankert werden. Eine Komposition verschiedener heimischer Bäume, Sträucher, Stauden und Gräser sorgt für Artenvielfalt, großzügige Rasenflächen schaffen Verweilorte für die StadtbewohnerInnen.



ENTWURF

Abb. 5.51-53,  
von li. nach re.:  
Sprühschlauch,  
Tropfschlauch, Hoch-  
druckbewässerung



## Bewässerung

Um sicherzustellen, dass die Pflanzen nicht austrocknen, ist ein zusätzliches Bewässerungssystem notwendig.

Der Dachwald wird durch großflächig angelegte Sprühschläuche bewässert, die Gärten bei den Wohnungen und die Ebenen des vertikalen Parks mittels Tropfschläuchen. Die Tropfschläuche werden in den privaten Gärten oberirdisch verlegt, da sie im Vergleich zu Unterflurbewässerung leichter kontrolliert werden können und auf zusätzliche technische Maßnahmen wie Auslaufschutz, Be- und Entlüftungsventil und Vakuumunterbrechung verzichtet werden kann. Die oberirdisch verlegten Tropfschläuche haben zwar einen höheren Wasserverbrauch, da die Wurzeln weniger effektiv versorgt werden, jedoch bringt die zusätzliche Oberflächenverdunstung

verstärkte klimatische Effekte. Auch ist der geringe Wartungsaufwand dieses Niederdrucksystems ein Argument dafür. Im vertikalen Park hingegen sind die Tropfschläuche trotz des Mehraufwandes unterirdisch verlegt, um diese besser zu schützen (vgl. Stadt Wien, 2013, S. 35).

Hochdrucksysteme, die Sprühnebel beziehungsweise feine Tropfen erzeugen, kommen auf Grund der nicht kontrollierbaren Luftströme nur selten bei der Bewässerung für Fassadenbegrünung zum Einsatz und werden meist ergänzend zu einem weiteren System genutzt. Die Kühleffekt dieser Nebelanlagen ist allerdings groß und kommt im öffentlichen Raum und Restaurants verstärkt zum Einsatz (vgl. Stadt Wien, 2013, S. 34). Auch bei dem geplanten Entwurf kommen sie ergänzend



Abb. 5.54:  
Garten mit heimischen Wildpflanzen

## Pflanzauswahl

zu den bereits vorgestellten Niederdrucksystemen wie Tropf- und Sprühschläuchen zum Einsatz. An besonders heißen Tagen kann diese Hochdruckbewässerung durch vermehrte Evaporation die Umgebungsluft zusätzlich abkühlen. In den privaten Gärten ist die Zusatzbewässerung individuell von den BewohnerInnen schaltbar und kommt nur bei Feuer, zur Vermeidung von Brandausbreitung, automatisch zum Einsatz. An ausgewählten Orten am Dachwald und im vertikalen Park wird dieser ab einer Außenlufttemperatur von über 27 Grad Celsius automatisch aktiviert.

Überschüssiges Regenwasser, das die Speicherkapazitäten des Substrates übersteigt, kann in einem Regenwasserauffangbecken im Keller gesammelt und für die Bewässerung wiederverwendet werden.

Da zum derzeitigen Stand keine umfangreichen Pflanzenlisten für Bauwerksbegrünung aus ausschließlich heimischen Pflanzen existiert, wurden für die vorgeschlagene Vegetationsauswahl verschiedene Pflanzenlisten abgeglichen und auf gemeinsame Nenner untersucht, die sowohl die Kriterien der heimischen Wildpflanzen, als auch die Eignung zur Bauwerksbegrünung mit entsprechender Wurzelhöhe und Standorttauglichkeit erfüllen. Die genaue Zusammenstellung der Vegetation, in Anbetracht der nachbarschaftlichen Verträglichkeit, muss infolge noch weiter mit einem Botaniker abgesprochen werden. Je nach erforderlicher Substrathöhe und Standortanforderung können sie in unterschiedlichen Bereichen des Gebäudes eingesetzt werden.



ENTWURF

Abb. 5.55-57,  
von li. nach re.:  
Zittergras, Schaf-  
schwingel, Hirsch-  
zungenfarn



## Gräser

Zittergras  
*Briza media*

Dekoratives, besonders lang-  
lebiges, robustes Horstgras,  
zittert schon bei leichtem  
Wind.  
Standort: sonnig-halbschattig  
Blüte: V-VI, grün  
Wuchshöhe: 20-50 cm  
Substrathöhe: ab 20 cm  
Tiere: Schmetterlinge, Vögel,  
Fliegen

Schaf-Schwingel  
*Festuca ovina* agg

Dichter, herzförmiger  
Wuchs, sehr anpassungsfä-  
hig, auf extremen Plätzen gut  
zur Bodenbefestigung.  
Standort: sonnig  
Blüte: V-VIII, grün  
Wuchshöhe: 20-70 cm  
Substrathöhe: ab 20 cm  
Tiere: Vögel

Hirschkungenfarn  
*Asplenium scolopendri-  
um*

Langlebig und vital, wird  
von Schädlingen gemieden.  
Standort: schattig  
Wuchshöhe: 40 cm  
Substrathöhe: ab 20 cm  
Tiere: Vögel



Abb. 5.58-60,  
von li. nach re.:  
gemeine Schafgarbe,  
Katzenminze, Johan-  
niskraut

## Stauden

Gemeine Schafgarbe  
*Achillea millefolium*

Nährstoff- und Stickstoffzeiger, passt sich gut an unterschiedlichste Standorte an.  
Standort: sonnig  
Blüte: VI–X, weiß bis rosa  
Wuchshöhe: 15–60 cm  
Substrathöhe: ab 10 cm  
Tiere: Fliegen, Käfer, Bienen

Katzenminze  
*Nepeta cataria*

Intensiver Duft, lange Blütezeit, sehr pflegeleicht und anziehend auf Insekten aller Art.  
Standort: sonnig-halbschattig  
Blüte: VI – X, violett  
Wuchshöhe 30-60 cm  
Substrathöhe: ab 15cm  
Tiere: Bienen, Hummeln, Schmetterlinge

Johanniskraut  
*Hypericum perforatum*

Eignet sich für Gruppenpflanzung, auch als Heilpflanze nutzbar.  
Standort: halbschattig  
Blüte: VI–VIII, gelb  
Wuchshöhe: 30–60 cm  
Substrathöhe: ab 25 cm  
Tiere: Fliegen, Schmetterlinge, Bienen



ENTWURF

Abb. 5.61-63,  
von li. nach re.:  
Purpur-Weide, ge-  
wöhnliche Hecken-  
kirsche, Hängefrucht  
Rose



## Sträucher // Zwergsträucher

Purpur-Weide  
*Salix purpurea*

anspruchlos mit sehr biegsamen Zweigen, auch im Winter mit Farbe, guter Sichtschutz.

Standort: sonnig  
Blüte: III-IV, gelb bis rot  
Wuchshöhe: ~8 m  
Substrathöhe: ab 25 cm  
Tiere: Fliegen, Hummeln, Bienen

Gewöhnlich-Heckenkirsche  
*Lonicera xylosteum*

Aufrechter, buschiger, niedrigwüchsiger Strauch mit dünnen Zweigen und zarten Blättern, anspruchslos.  
Standort: sonnig-schattig  
Blüte: IV-V, gelblich, Früchte: rot, giftig  
Wuchshöhe: 1-3 m  
Substrathöhe: ab 25 cm  
Tiere: Hummeln, Schmetterlinge, Vögel

Hängefrucht-Rose  
*Rosa pendulina*

Niedrigbleibende, fast stachellose Wildrose mit roten Blüten.  
Standort: halbschattig  
Blüte: VI-VII, rosa-purpurn  
Wuchshöhe: 0,5-2 m  
Substrathöhe: ab 30 cm  
Tiere: Schmetterlinge, Vögel, Kleinsäuger, Bienen

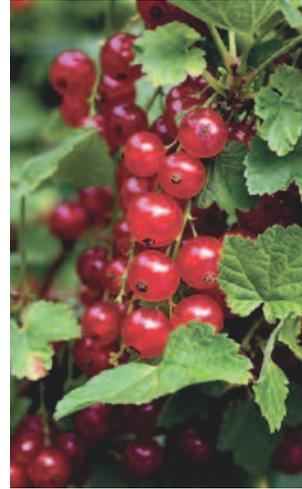


Abb. 5.64-66,  
von li. nach re.:  
Wald-Erdbeere, Him-  
beere, rote Johan-  
nisbeere

## Stauden & Sträucher zum Naschen

Wald-Erdbeere  
*Fragaria vesca*

für viele Standorte geeignet,  
pflegeleicht.  
Standort: sonnig-halbschattig  
Blüte: V–X, weiß, Früchte:  
rot  
Wuchshöhe: 5–10 cm  
Substrathöhe: ab 20 cm  
Tiere: Fliegen, Kleinsäu-  
ger, Schmetterlinge, Vögel,  
Bienen

Himbeere  
*Rubus idaeus*

Anspruchslos und langlebig,  
sehr beliebte Kulturpflanze.  
Standort: sonnig-halbschattig  
Blüte: V–VIII, weiß, Früch-  
te: rot  
Wuchshöhe: 0,5–2 m  
Substrathöhe: ab 30 cm  
Tiere: Schmetterlinge, Vögel,  
Kleinsäuger

Rote Johannisbeere  
*Ribes rubrum*

In Österreich und Südtirol  
Ribisel genannt, sehr beliebte  
Kulturpflanze.  
Standort: halbschattig  
Blüte: IV–V, gelbgrün  
Wuchshöhe: 0,8–1,5 m  
Substrathöhe: ab 30 cm  
Tiere: Hummeln, Vögel,  
Kleinsäuger, Bienen



ENTWURF

Abb. 5.67-69,  
von li. nach re.:  
Feldahorn, gewöhnli-  
che Traubenkirsche,  
Wald-Kiefer



## Bäume

Feld-Ahorn  
*Acer campestre*

Lichtliebender Baum mit kompakter Krone, anspruchslos und robust, langlebig.

Standort: sonnig-schattig  
Blüte: V, grün  
Wuchshöhe: 10 m  
Substrathöhe: ab 80 cm

Gewöhnl. Traubenkirsche  
*Prunus padus*

Raschwüchsiger mittelgroßer Baum mit kompakter Krone. Anspruchslos, liebt wasserzügige Böden.

Standort: sonnig-schattig  
Blüte: IV-V, weiße Trauben  
Wuchshöhe: 10 m  
Substrathöhe: ab 80 cm

Wald-Kiefer  
*Pinus sylvestris*

Tiefwurzler, auf durchlässigen Böden sehr anspruchslos, Krone anfangs kegel-, im Alter schirmförmig.

Standort: sonnig  
Blüte: V-VI, gelb  
Wuchshöhe: 10 m  
Substrathöhe: ab 80 cm



ENTWURF

"What if every single act of design and  
construction made the world a better place?"

International Living Future Institute,  
Living Building Challenge 4.0.



# 06\_SCHLUSSBETRACHTUNG





# ZUSAMMENFASSUNG

Die Bauindustrie hat global enorme Auswirkungen auf unsere Umwelt. Weltweit ist sie für 39% aller Treibhausgase und 35% des Energieverbrauches verantwortlich. Nach den derzeitigen Entwicklungen deutet viel darauf hin, dass die Anpassungen, die notwendig wären, um den Klimawandel auf 1,5°C bis maximal 2°C einzugrenzen und so die irreversible Zerstörung unseres Ökosystems zu verhindern, noch lange nicht erreicht werden. Österreich hat sich im Rahmen von internationalen Übereinkünften zu einer signifikanten Reduzierung seiner CO<sub>2</sub>-Emissionen verpflichtet und hat Maßnahmen ergriffen, um dies zu erreichen. Erreicht wird das Ziel dieses Jahr voraussichtlich aber nur auf Grund eines früher aufgesparten CO<sub>2</sub>-Puffers. Auch im Gebäudesektor tauchen neue Klimaschutzmaßnahmen auf. Jedoch sind diese vorwiegend auf den Energieverbrauch in der Nutzung reduziert. Längst ist aber klar, dass alleine die Effizienzsteigerung in der Nutzung nicht ausreicht, um die vereinbarten Reduktionsziele zu erreichen. Darüber hinaus ist auch die Bauweise, die Wahl der Baumaterialien, der Transport, sowie der Auf- und Abbau entscheidend für die Gesamt- CO<sub>2</sub>-Bilanz. Gleichzeitig weicht

natürlicher Lebensraum den wachsenden Strukturen. Im Kontext der globalen und regionalen Erwärmung und der wachsenden Bevölkerung, einhergehend mit fortschreitender Urbanisierung und Flächenversiegelung, können die negativen Auswirkungen auf das städtische Klima in Zukunft noch stärker werden. Österreichweit ist die Klimaerwärmung mehr als doppelt so stark wie im globalen Mittel. Dies führt dazu, dass besonders in Wien, wo der hohe Bebauungsgrad als Wärmespeicher dient und in extremen Hitzeperioden nachts nicht mehr abkühlen kann, das Klima zur Belastung wird. Durch die zunehmende Hitze ist weniger die Bausubstanz an sich in Gefahr, sondern die Gesundheit und Lebensqualität der StadtbewohnerInnen.

Zwar sind die operativ-bedingten Emissionen auf Grund großer Effizienzsteigerung in der Nutzung bereits stark zurückgegangen. Nach heutigem Stand der Forschung weiß man bereits wie Gebäude, die im Gebrauch emissionsneutral agieren, errichtet werden können. Durch entsprechende Vorschriften nähern sich Neubauten immer mehr diesem Nullenergiehaus-Standard. Diesen Anspruch zu erreichen ist vor allem in Anbetracht des Netto-Null-Emissions-



ziels von 2050, zu Sicherung unseres Ökosystems, von enormer Wichtigkeit. Sollen die Klimaziele erreicht werden und Menschen in Zukunft in einer emissionsneutral gebauten Umgebung leben, ist es nicht ausreichend den Fokus nur auf die CO<sub>2</sub>-Ersparnis in der betriebsbedingten Nutzung zu legen, sondern müssen auch die lang unterschätzten, beziehungsweise lange nicht miteinkalkulierten, baustoffgebunden, „grauen“ Umweltauswirkungen mitberücksichtigt und entsprechend optimiert werden. Dazu braucht es eine Nachvollziehbarkeit der grauen Umweltauswirkungen. Nur so können diese evaluiert und den betriebsbedingten Emissionen gegenübergestellt und unter Darlegung des Gesamtlebenszyklus abgeglichen werden. Ökobilanzen und -indikatoren wie der GWP, PEI, oder OI3 können als Werkzeug zur Abschätzung der Umweltauswirkungen herangezogen werden, jedoch ist auch bei deren Betrachtung auf Grund möglicher, noch nicht einschätzbarer, zukünftiger Erkenntnisse zu Umweltauswirkungen Vorsicht geboten. Die nachhaltige Planung, über den Horizont der Errichtung hinausgedacht, wird in den nächsten Jahren zu grundlegender und wichtiger Kompetenz von ArchitektInnen. Der große Ressourcenverbrauch durch die Architektur erfordert große Verantwortung und eine intensive Auseinandersetzung mit Anforderungen und dem gegebenen Kontext. Das größte Potential der Verringerung des ökologischen Fußabdruckes liegt bei der Materialwahl. Durch die Verwendung CO<sub>2</sub>-bindender, nachwachsender Materialien, kann das Klima, im Gegensatz zu dem Einsatz mineralischer Baustoffe, geschont werden. Die Regionalität der Baustoffe sowie eine einfache Erreichbarkeit des Gebäudes sind weitere Faktoren. Eine weitere Möglichkeit, das Minimierungs-

potential des ökologischen Fußabdruckes auszuschöpfen, liegt in einer intelligenten Baukonstruktion, die ein Austausch einzelner Teile zulässt, und mit möglichst geringem Aufwand auf- und wieder abgebaut und entsprechend weiterverwendet oder -verarbeitet werden kann. Weiters auch bedarfoptimierte Flächennutzung, Nutzungsflexibilität, effiziente Energie- und Haustechnik und Eigenverantwortung der NutzerInnen.

Von diesen Maßnahmen profitiert nicht nur das Klima, sondern sie bringen auch andere Potentiale, wie gesündere Baustellen und Innenraumluft sowie Stärkung lokaler, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Strukturen. Das Emissionshandelsabkommen bietet ein erstes, aber auch langsam greifendes Modell zur finanziellen Bewertung der negativen Umweltauswirkungen. Auch die Integration von Natur mit ihren vielseitigen Funktionen, bietet vor allem im urbanen Raum Antworten auf die globale Erwärmung. Bei der wissenschaftlichen Wirkung von grünen Infrastrukturen in der Stadt handelt es sich zwar um ein sehr junges Forschungsfeld, wobei das breite Interesse und Erscheinen neuer Studien in den letzten Jahren massiv zugenommen hat (vgl. Stangl et al. 2019, S9). Die Wichtigkeit der Erhaltung und Neuplanung von Vegetationsflächen in der Stadt ist unumstritten und wird in Anbetracht des Klimawandels und des Anstiegs von Hitzetagen und -perioden noch weiter an Relevanz gewinnen. Laut der Studie „Wirkung grüne Stadt“ im Auftrag der Stadt Wien machen es sich derzeit viele Stadtverwaltungen und Programme zur Aufgabe, die Umsetzung von grünen Infrastrukturen voranzutreiben. Die Wichtigkeit wird nicht nur auf den bodennahen Stadtraum begrenzt, sondern schließt Gebäude sowohl im Bestand, als



auch im Neubau mit ihren potentiellen Begrünungsflächen ein (vgl. Stangl et al. 2019, S.17). Durch vermehrte Einbindung der Natur in Städtebau und Architektur ist das Potential gegeben, die Lebensqualität der Stadtbewohner trotz der globalen Erwärmung sicherzustellen, beziehungsweise zu verbessern. Beschattung und Evapotranspiration durch Vegetation wirken sich positiv auf das Mikroklima aus und wirken der Entstehung von Hitzeinseln entgegen. Neben den klimatischen und ökologischen Aspekten tragen auch gesundheitliche und psychologische Aspekte zu einer Aufwertung der Lebensqualität bei. Gleichzeitig profitieren das Ökosystem und die Biodiversität. Zahlreiche Untersuchungen und Studien bestätigen diese Effekte.

Um die Vegetation möglichst sinnvoll einzusetzen, und auf die jeweiligen Anforderungen wirksam zu reagieren, erfordert es eine integrative Auseinandersetzung mit dem energetischen und ökologischen Potential der Begrünung. Wichtig ist, dass das Konzept mit dem umliegenden Ökosystem im Einklang konzipiert wird und entsprechende Pflanzarten und Wasserkapazitäten sowie lokal zur Verfügung stehende Materialien berücksichtigt werden, um eine situativ reagierende, nachhaltige Architektur zu schaffen.



## FAZIT & AUSBLICK

Der Klimawandel kann und wird allem Anschein nach ein ernst zu nehmendes Ausmaß annehmen. Weiter zu bauen wie bisher ist kein gangbarer Weg. Die Zukunft verlangt nach einer klimasensitiven und -resilienten, nachhaltigen Architektur und Stadtplanung, um zum einen die Auswirkungen des Klimawandels einzudämmen, zum anderen auf die Veränderungen zu reagieren und die Planung entsprechend anzupassen. In Anbetracht des knappen CO<sub>2</sub>-Kontingents muss sofort damit begonnen werden Treibhausgase einzusparen wo es möglich ist und von bereits bestehenden Alternativen Gebrauch zu machen. Neben Anreizen für Bauherren müssen auch gesetzliche Regulierungen geschaffen werden, die umfassenden Klimaschutz auf allen Ebenen des Gebäudezyklus miteinbezieht. Auch die Integration von Vegetation sollte als wichtiger Baustein zum Klimaschutz, sowohl im Bestand, aber vor allem bei der Errichtung von Neubauten, ein fester Bestandteil der Planungsanforderungen werden. Verlorengegangene, wichtige Leistungen einer natürlichen Fläche können mit Architektur als Instrument wiederhergestellt werden. Zurückgehender Biodiversität, Versickerungs- und Verdunstungsfläche

sowie natürlichen Schadstoffbindern, wird neuer Raum zu Entfaltung geboten. Das Ökosystem Stadt kann sich regenerieren. Jedes einzelne Gebäude, das diese Möglichkeiten der Begrünung nutzt, ist eine Bereicherung sowohl auf lokaler als auch auf globaler Ebene. Die Vorstellung von ganzen städtischen grünen Straßenzügen und Gebieten und einem „Zurückholen“ der Natur in den urbanen Raum im großen Stil, lässt aufatmen und gibt auch in Zeiten des Klimawandels die Vision einer lebenswerten Zukunft in der Stadt.

Der Schutz des Klimas und des Planeten sollte in der Architektur oberste Priorität bekommen. In erster Instanz gilt es die Entscheidungstragenden aufzuklären und das bereits bestehende Wissen zu den ökologischen Auswirkungen des Bauens zu verbreiten. Planende müssen die Auswirkungen und Missstände der derzeitigen Bauindustrie verstehen und sich im Rahmen von Schulungen, Weiterbildungen und Selbststudium über bereits bestehende Alternativen bewusstwerden sowie neue Lösungswege untersuchen. Besonders in der Ausbildung sollte nachhaltige Entwicklung einen fächerübergreifenden Schwerpunkt



darstellen.

Zudem sollten finanzielle Argumente und gesetzliche Vorgaben auf Seite der ökologischeren Lösung ausgelegt sein. Umweltschutz darf keine Frage des Geldes sein. Es ist zu hoffen, dass sich in Zukunft negative Umweltauswirkungen verstärkt finanziell, beispielsweise durch Besteuerung, abbilden lassen, wodurch ökologische Alternativen schnell profitabler werden und somit weitere Anreize für InvestorInnen und BauherInnen geschaffen werden. Gleichzeitig ist darauf zu achten, dass durch Normen und gesetzliche Vorgaben unkonventionelle Lösungen mit einem kleinen ökologischen Fußabdruck nicht schon im Vorhinein ausgeschlossen werden. Der Fokus sollte darauf gelegt werden, mit entsprechender Anpassung der Vorgaben und Normen die Anwendung alternativer Lösungswege zu erleichtern.

Eine allgemein gültige Aussage, beziehungsweise die eine ökologischste Lösung gibt es nicht, sondern ist immer kontextabhängig zu betrachten. War die ökologische Wahrheit von Gebäuden lange Zeit unbekannt oder nur mäßig bewertbar, ist sie heute von enormer Wichtigkeit und sowohl die Nachfrage als auch der Wunsch nach einer ganzheitlichen Ökobilanzierung groß. Aktuell werden bereits Instrumente verwendet, die die Umweltauswirkungen verschiedener Baustoffe und Verfahren untersuchen, die als Basis für eine Entscheidung herangezogen werden können. Sie treffen allerdings nach heutigem Stand oft nur stark isolierte Aussagen, da die Berücksichtigung des örtlichen, zeitlichen und sozialen Kontextes eine komplexe Herausforderung darstellt. Es ist anzunehmen, dass in Zukunft immer mehr solcher Instrumente, beziehungsweise Vergleichswerte, zur Anwendung kommen und diese immer aussagekräftiger werden

und die Entscheidungen für Planende erleichtern.

Solange diese Instrumente aber noch unzureichende Aussagen liefern, beziehungsweise auch als Ergänzung, können sich Planende folgende Fragen stellen, die die Einschätzung und Entscheidung erleichtern können:

- Mit welchem Aufwand können verwendete Baustoffe und Bauteile gewonnen und wieder in natürliche Stoffkreisläufe integriert werden?*
- Woher kommt das Material und welche Wege werden dafür zurückgelegt?*
- Welche Flexibilität lässt die Konstruktion zu?*
- Wie viel Fläche/ Volumen ist wirklich erforderlich?*
- Wie kann das Gebäude möglichst viel passive Energien nutzen und den darüberhinausgehenden Bedarf aus erneuerbaren Energieträgern decken?*
- Wie können die Leistungen des verlorengegangenen natürlichen Bodens und der Vegetation wiederhergestellt werden?*

Der Klimawandel ist ein akutes und sehr ernstzunehmendes Problem, das ein konkretes Handeln und Umdenken auf vielen Ebenen erfordert. Er kann dadurch aber auch eine Chance sein, sich globaler Zusammenhänge und Abhängigkeiten bewusst zu werden, Entwicklungen, die das Bauen angenommen hat, kritisch zu betrachten und Werte neu zu positionieren. Der Klimawandel sollte zur Motivation werden, das Verständnis des Zusammenspiels von Umwelt und der gebauten Umgebung zu erweitern und Architektur und Natur miteinander arbeiten zu lassen. Dadurch könnte nicht nur das Klima und die Umwelt geschützt, sondern auch die gebaute Umgebung in Zukunft eine Attraktivere und Gesundere werden – in enger Verbundenheit und Balance mit der Natur.





## SCHLUSSBETRACHTUNG

# DANKE ,

meiner Familie,  
meinen Freunden,  
meinen ArbeitskollegInnen von Caramel Architekten,  
meiner Diplombetreuerin Karin Stieldorf.



# 07\_ ANHANG





# ABKÜRZUNGSLISTE

AP	Versauerungspotenzial
BOF	basic oxygen furnace/ Sauerstoffblasverfahren
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
EAF	Electric arc furnace/ Lichtbogenofen
EU	Europäische Union
EP	Eutrophierungspotential
GWP	Global Warming Potential/ Treibhausgaspotential
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IBO	Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie
ISO	(von griechisch isos, deutsch ‚gleich‘) Internationale Organisation für Normung
LCA	Life Cycle Assessment
ODP	Ozonabbaupotential
OIB	Österreichisches Institut für Bautechnik
PEI	Primärenergieinhalt
POCP	Photochemisches Oxidantienbildungspotential
PPM	parts per million
PV	Photovoltaik
THG	Treibhausgase
UN	United Nations/ Vereinten Nationen
UV	Ultraviolettstrahlung
ZAMG	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik



ANHANG

# LITERATURVERZEICHNIS

## Bücher

- ANDREW Robbie M. (2017). Global CO2 emissions from cement production, Oslo: CICERO Center for International Climate Research
- BECKER, Anette, SCHMAL Peter (2010) STADTGRÜN: Europäische Landschaftsarchitektur für das 21. Jahrhundert, Basel: Birkhäuser, S. 26-31
- BERGER, Roland. (2010) Nachhaltigkeit im Immobilienmanagement: Kurzfassung der Studie, Berlin: Roland Berger Strategy Consultants S. 2-27
- BETZLER Florian. (2016). GDF - Green Density Factor and GCF - Green Cooling Factor - A specific calculation method to integrate green roofs, green facades and their evapotranspiration cooling rate into the general planning procedure of architects and planners. Dissertationsschrift, Marburg: Tectum Verlag, S. 21-46
- BOERI, Stefano. (2012). Vertical Forest, Milan. 2G Internation Architecture Magazine, N.62, S. 116-117
- BRANDL Heinz, FALTERMAIER Monika., HERMENAU Christina., SCHUMANN Gisela., STOCK Heike., TONNDORF Thorsten., WELSCH Jörn. (2011). Stadtentwicklungsplan Klima. Urbane Lebensqualität im Klimawandel sichern. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, S37-38
- BRUNE Miriam, BENDER Steffen, GROTH Markus. (2017). Gebäudebegrünung und Klimawandel, Anpassung an die Folgen des Klimawandels durch klimawandeltaugliche Begrünung, Hamburg: Climate Service Center Germany
- CHURKINA Galina, ORGANSCHI Alan, REYER Christopher P.O., RUFF Andrew, VINKE Kira, LIU Zhu, RECK Barbara, SCHELLNHUBER Hans Joachim. (2020). Buildings as a global carbon sink, Berlin: Springer Nature S. 3
- DREXLER Hans, EL KHOULI Sebastian. (2013). Nachhaltige Wohnkonzepte: Entwurfsmethoden und Prozesse, München: DETAIL, S. 30



EL KHOULI Sebastian, JOHN Viola, ZEUMER MARTIN. (2014). Nachhaltig Konstruieren – vom Tragwerksentwurf bis zu Materialwahl: Gebäude ökologisch bilanzieren und optimieren, München: DETAIL,

EUROPEAN COMMISSION. (2018). COMMUNICATION FROM THE COMMISSION, A Clean Planet for all, A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy, Brussel: European Commission

FOSTER Josh., LOWE Ashley, WINKELMAN Steve (2011), The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation, The Center for Clean Air Policy, Washington DC: 2011

GANDY, Matthew. (2010) THE ECOLOGICAL FACADES. In: GIESSEN, David. (2010). TERRITORY: Architecture Beyond Environment, London: Academy Press, S. 28-33

HEGGER Manfred, FUCHS Matthias, STARK Thomas, ZEUMER Martin. (2008). Energieatlas, Basel: Birkhäuser, S.40

HOFSTÄTTER Michael, ORLIK Alexander, ANDRE Konrad, HIEBL Johann, STEYRER Gottfried, FORMAYER Herbert, STANGL Martha, MICHL Claudia. (2019). KlimaStatusbericht Österreich 2018, Wien: CCCA Geschäftsstelle S.16

IEA. (2019). 2019 Global Status Report for Buildings and Construction, Nairobi: United Nations Environment Programme, S.

IPCC. (2019). Global warming of 1.5°C, Intergovernmental Panel on Climate Change, KIETZMANN, Norman (2013). Grüne Alternative. BAUMEISTER, B10, S 49-53

KING Bruce. (2017). THE NEW CARBON ARCHITECTURE, Building to cool the climate, Kanada: new society publishers,

LIEDL Petra, RÜHM Bettina. (2019). Gesundes Bauen und Wohnen – Baubiologie für Bauherren und Architekten, München: DVA, S. 12-13

MÜLLER\_BOSCARO, Melanie (2013). A Vertical Forest in Milan. Topomagazine, Plants and Design, 83, S. 44-47

PASSER, A., KREINER H., RÖCK M., et al. (2018). IEA Energie in Gebäuden und Kommunen (EBC) Annex 57: Evaluierung der konstruktionsspezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen und der grauen Energie, Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

PFOSE Nicole. (2018). Vertikale Begrünung, Stuttgart: Ulmer

RHOMBERG Hubert. (2015). BAUEN 4.0 – vom Ego zum Lego-Prinzip, Hohenems: BUCHER Verlag

SANTAMOURIS Mat, CARTALIS Constantinos, KOLOKOTSA Denia, SYNNEFA Afroditi. (2014). Energy and Buildings - On the energy impact of urban heat island and global warming on buildings. Energy and Buildings, Bd. 82, Athen: Elsevier B.V., S. 100–113.



## ANHANG

- SARAJEVS Vadims. (2011). Health benefits of street trees, Großbritannien: The Research Agency of the Forestry Commission S.6.
- SCHARMER Dirk, KAESBERG Benedikt. (2017) Strohgedämmte Gebäude - Naturbaustoffe, Rostock: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe
- SCHRATTENECKER Inge, TREBUT Franziska, LUBITZ-PROHASKA Beate. (2019). Klimaaktiv Kriterienkatalog - für Wohnbauten – Neubau und Sanierung, Wien: klimaaktiv, Bundesministerium Nachhaltigkeit und Tourismus
- SCHRÖPFER Thomas. (2016). DENSE+GREEN, Innovative Building Types for Sustainable Urban Architecture, Basel: Birkhäuser, S. 9
- SCHWAIGER Hannes, NEIL BIRD David, GALLUN Heinz, ZUVELA-ALOISE Maja. (2015). Reduktion städtischer Wärmeinseln durch Verbesserung der Abstrahleigenschaften von Gebäuden und Quartieren, KELVIN, Graz: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
- STADT WIEN (2013). Leitfaden Fassadenbegrünung, Wien: Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22
- STADT WIEN (2015). Urban Heat Islands, Strategieplan Wien, Wien: Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22
- STADT WIEN. (2016). Klimaszenarien für das Bundesland Wien bis 2100, Wien: Ministerium für ein lebenswertes Österreich
- STADT WIEN c. (2019). Cooling Cities, Innovative Lösungen für Lebenswerte Ballungsräume, Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
- STANGL R., MEDL, A., SCHARF B., PITHA U. (2019) Wirkung der grünen Stadt – Studie zur Abbildung des aktuellen Wissensstands im Bereich städtischer Begrünungsmaßnahmen, Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
- STATISTIK AUSTRIA a. (2019). Vorausberechnete Bevölkerungsstruktur für Wien 2018-2100 laut Hauptszenario, Wien: Statistik Austria
- STATISTIK AUSTRIA b. (2019). Vorausberechnete Bevölkerungsstruktur für Österreich 2018-2100 laut Hauptszenario, Wien: Statistik Austria
- STATISTIK AUSTRIA c. (2019) Wohnungsgröße von Hauptwohnsitzwohnungen nach Bundesland (Zeitreihe), Wien: Statistik Austria
- STATISTIK AUSTRIA d. (2019). Ergebnisse im Überblick: Lebensformen 1971 bis 2019, Wien: Statistik Austria
- STATISTIK AUSTRIA e. (2019). 2005 bis 2018 fertiggestellte Wohnungen und neue Gebäude nach Gebäudeeigenschaften und Art der Bautätigkeit, Wien: Statistik Austria



TESTA, Caterina. (2015). Taylor made for Bosco Verticale. In: The Plan- Architecture & Technologies in De-tail, N°085, S. 80-87

UMWELTBUNDESAMT. (2018). Klimaschutzbericht 2018, Wien: Umweltbundesamt GmbH

UMWELTBUNDESAMT. (2019). Fortschrittsbericht 2019 nach § 6 Klimaschutzgesetz inkl. Evaluierung der gesetzten Maßnahmen, Wien: Umweltbundesamt GmbH

UNITED NATIONS. (2019). World Urbanization Prospects 2018, Highlights, New York: United Nations

VALI Nima. (2011). Analyse des Dachbegrünungspotentials- Wien, Wien: MA 22, Bereich Räumliche ENT-wicklung

WELLER Bernhard, FAHRION Marc-Steffen, HORN Sebastian, NEUMANN Thomas, NIKOLOWSKI Johannes. (2016). Baukonstruktion im Klimawandel, Wiesbaden: Springer Vieweg, S.5-19, S.53-70, S.302-306

WorldGBC. (2019). Bringing embodied carbon upfront, Coordinated action for the building and construction sector to tackle embodied carbon, London: World Green Building Council

ZAMG. (2020). HISTALP LANGZEITKLIMAREIHEN – ÖSTERREICH JAHRESBERICHT 2019. Wien: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, S.1,5



## Weblinks

ARCHDAILY. (2016). Oasia Hotel Downtown /WOHA [online] URL: <https://www.archdaily.com/800878/oasia-hotel-downtown-woha> [05.03.2020]

Architecture 2030 a. (2020f). Carbon Impact of Concrete [online] URL: <https://materialpalette.org/concrete/> [05.03.2020]

Architecture 2030 b. (2020f). Carbon Impact of Steel [online] URL: <https://materialpalette.org/steel/> [05.03.2020]

BAUER Ramon, HIMPELE Clemens. (2019). Auf dem Weg zurück zur Zwei-Millionen-Stadt – die Entwicklung der Wiener Bevölkerung [online] URL: <https://wien1x1.at/site/bev-entwicklung-3/> [15.02.2020]

Baunetzwissen. (2020f). Feuchtigkeitsquellen [online] URL: <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/bauphysik/feuchtigkeitsquellen-684802> [19.05.2020]

BREATHE EARTH. (2020). Airship 01 – mobile forest. [online] URL: <https://breatheearth.net/airship-01-mobile-forest/> [10.05.2020]

ELLAWAY Anne, MACINTYRE Sally, BONNEFOY Xavier. (2005). Graffiti, greenery, and obesity in adults: secondary analysis of European cross sectional survey [online] URL: <https://www.bmj.com/content/331/7517/611> [19.05.2020]

European Comission. (2011). Housing per person [online] URL: [https://ec.europa.eu/energy/content/housing-space-person\\_en](https://ec.europa.eu/energy/content/housing-space-person_en) [04.02.2020]

European Comission a. (2020f). Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030 [online] URL: [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030\\_de](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_de) [04.02.2020]

European Comission b. (2020f). Innovating with Nature [online] URL: <https://ec.europa.eu/research/environment/index.cfm?pg=nbs> [04.05.2020]

GRIMM, Roland. (2015). Energetisches Bauen- Was sind Nullenergie- und Plusenergiehäuser? [online] URL: <https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoffknowhow/energetisches-bauen/was-sind-nullenergie-und-plus-energiehaeuser/> [25.02.2020]

GRÜNSTATTTGRAU a. (2020). Leistungen von Begrünungen [online] URL: <https://gruenstattgrau.at/urban-greening/leistungen-von-begruenung/> [25.05.2020]

GRÜNSTATTTGRAU b. (2020). MA 48 [online] URL: <https://gruenstattgrau.at/projekt/ma-48/> [25.05.2020]

GRÜNSTATTTGRAU c. (2020). Technik [online] URL: <https://gruenstattgrau.at/urban-greening/technik/> [25.05.2020]



- HARTWIG Joost. (2011). Ökobilanzierung von Gebäuden [online] URL: <https://www.baulinks.de/architektur/oekobilanz-oekobilanzierung.php> [25.06.2020]
- IBO. (2019). Transformation – wandelbarer Lehm [online] URL: <https://www.ibo.at/meldungen/detail/data/transformationen-wandelbarer-lehm/> [25.06.2020]
- IBO. (2020f). Oekoindex OI3 – Das Instrument zu ökologischen Optimierung von Gebäuden [online] URL: <https://www.ibo.at/materialoekologie/lebenszyklusanalysen/oekoindex-oi3/> [25.06.2020]
- KEELING Ralph. (2016). Comment on Recent Record-Breaking CO<sub>2</sub> Concentrations [online] URL: <https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/2016/04/20/comment-on-recent-record-breaking-co2-concentrations/#more-1406> [10.02.2020]
- LÄNGAUER Martin. (2018). Wasserrechtsgesetz [online] URL: <https://www.lko.at/wasserrechtsgesetz+2500+2908296> [20.06.2020]
- MINIXHOFER Pia. (2019). Das Airship 01 im Museumsquartier. [online] URL: <https://www.energieleben.at/das-airship-01-im-museumsquartier/> [10.05.2020]
- NATURSCHUTZBUND ÖSTERREICH- (2019). Das Insektensterben – ein weltweites multiples Systemversagen [online] URL: <https://naturschutzbund.at/newsreader-36/items/das-insektensterben-ein-weltweites-multiples-systemversagen.html> [10.05.2020]
- NOAA. (2020f). Trends in Atmospheric Carbon Dioxide [online] URL: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/mlo.html> [10.02.2020]
- OESSTERREICH.GV. (2020f.). Der Klimawandel und seine Folgen [online] URL: [https://www.oesterreich.gv.at/themen/bauen\\_wohnen\\_und\\_umwelt/klimaschutz/Seite.1000200.html#Oesterreich](https://www.oesterreich.gv.at/themen/bauen_wohnen_und_umwelt/klimaschutz/Seite.1000200.html#Oesterreich) [10.02.2020]
- ORGANSCHI Alan, CHURKINA Galina. (2020). Buildings as a global carbon sink, Berlin: Springer Nature [online]. URL: <https://sustainabilitycommunity.nature.com/users/338942-galina-churkina/posts/59221-buildings-as-a-global-carbon-sink> [02.03.2020]
- PASSER Alexander. (2018). Keine CO<sub>2</sub> Emissionen- Bedeutung für den Bausektor[online] URL: <https://www.tugraz.at/tu-graz/services/news-stories/planet-research/einzelansicht/article/keine-co2-emissionen-bedeutung-fuer-den-bausektor/> [30.01.2020]
- PEETZ Andrea. (2018). Abrissbirne am Neubau: Aus für Gründerzeithäuser. [online] URL: [https://www.mein-bezirk.at/neubau/c-lokales/abrisssbirne-am-neubau-aus-fuer-gruenderzeithaeuser\\_a209589](https://www.mein-bezirk.at/neubau/c-lokales/abrisssbirne-am-neubau-aus-fuer-gruenderzeithaeuser_a209589) [17.05.2020]
- ROSER Max, RITCHIE Hannah, ORTIZ-OSPINA Esteban. (2020f). World Population Growth [online] URL: <https://ourworldindata.org/world-population-growth> [05.02.2020]
- REICHMANN Brigitte. (2020d). Institut für Physik in Berlin-Adlershof – Städtökologisches Modellvorhaben [online]. URL: [https://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches\\_bauen/download/modellvorhaben/faltblatt\\_institut\\_physik.pdf](https://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/download/modellvorhaben/faltblatt_institut_physik.pdf) [10.05.2020]



- SCHERER Georg. (2018). Nach 184 Jahren: Haus in der Zieglergasse demoliert. [online] URL: <https://www.wienschauen.at/abriss-nach-184-jahren-haus-in-der-zieglergasse-demoliert/> [17.05.2020]
- STADT WIEN. (2020f). Wachsende Stadt – Statistiken [online]. URL: <https://www.wien.gv.at/statistik/wachsende-stadt/> [30.01.2020]
- STADT WIEN. (2020f). Auf dem Weg zurück zur Zwei-Millionen-Stadt – die Entwicklung der Wiener Bevölkerung [online]. URL: <https://wien1x1.at/site/bev-entwicklung-2/> [30.01.2020]
- STADT WIEN . (2018). Stadtgebiet an Nutzungsklassen und Bezirken 2020. [online]. URL: <https://www.wien.gv.at/statistik/lebensraum/tabellen/nutzungsklassen-bez.html> [30.01.2020]
- STADT WIEN. (2019). Bevölkerung nach Bezirken 2004 bis 2019 [online]. URL: <https://www.wien.gv.at/statistik/bevoelkerung/tabellen/bevoelkerung-bez-zr.html> [30.05.2020]
- STADT WIEN a. (2020f). Die Zieglergasse wird zu „kühlen Meile“ [online]. URL: <https://www.wien.gv.at/bezirke/neubau/umwelt/kuehlemeile.html> [30.05.2020]
- STADT WIEN b. (2020f). öffentlich zugängliche Grünflächen-Analyse [online]. URL: <https://www.wien.gv.at/bezirke/neubau/umwelt/kuehlemeile.html> [30.05.2020]
- STADT WIEN c. (2020f). Andreaspark [online]. URL: <https://www.wien.gv.at/flaechenwidmung/public/> [30.05.2020]
- STADT WIEN d. (2020f). Flächenwidmung [online]. URL: <https://www.wien.gv.at/umwelt/parks/anlagen/andreas.html> [30.05.2020]
- Statistik Austria. (2009). Volkszählung vom 15. Mai 2001 Endgültige Wohnbevölkerung und Bürgerzahl (mit der Bevölkerungsentwicklung seit 1869) [online] URL <https://www.statistik.at/blickgem/vz1/g90701.pdf> [30.05.2020]
- Umweltbundesamt (2018). Bodenversiegelung, [online].URL: <https://www.umweltbundesamt.at/bodenversiegelung/> [30.01.2020]
- Umweltbundesamt. (2020f). Flächeninanspruchnahme, [online].URL: [https://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/raumordnung/rp\\_flaecheninanspruchnahme/](https://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/raumordnung/rp_flaecheninanspruchnahme/) [17.02.2020]
- UNITED NATIONS. a (2020f). PCities and Pollution contribute to climate change [online] URL: <https://www.un.org/en/climatechange/cities-pollution.shtml> [19.02.2020]
- UNITED NATIONS b. (2020f). Population [online] URL: <https://www.un.org/en/sections/issues-depth/population/index.html> [17.02.2020]
- WESTPHAL Tim (2017). Biophilic Design als ganzheitliches Konzept. [online] URL: <https://www.detail.de/artikel/biophilic-design-als-ganzheitliches-konzept-29608/> [17.05.2020]



## ANHANG

WOHNBERATUNG WIEN. (2020f). SMART-Wohnungen [online] URL: <https://wohnberatung-wien.at/wohnberatung/smart-wohnungen>

ZAMG a. (2020f). Viertwärmster Sommer der Messgeschichte [online] URL: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/viertwaermster-sommer-der-messgeschichte> [05.02.2020]

ZAMG b. (2020f). Hitze - Heiße Tage und Sommertage nehmen zu [online] URL: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimazukunft/alpenraum/hitze> [05.02.2020]

ZAMG c. (2020f). Lufttemperatur [online] URL: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimavergangenheit/neoklima/lufttemperatur> [10.02.2020]



# ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2.1: Entwicklung des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Atmosphäre im Jahresvergleich; eigene Darstellung, Daten beruhen auf: NOAA. (2020f). Trends in Atmospheric Carbon Dioxide [online]

Abbildung 2.2: Entwicklung der mittleren Jahrestemperatur weltweit; eigene Darstellung, basierend auf: ZAMGG. (2020f). Lufttemperatur [online]

Abbildung 2.3: Verlauf der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen und verbleibendes Budget; eigene Darstellung, basierend auf: UMWELTBUNDESAMT. (2018). Klimaschutzbericht 2018

Abbildung 2.4: globale Entwicklung des Bausektors in den Bereichen Emissionen, Energie, gebaute Fläche im Beobachtungszeitraum von 2010-2018; eigene Darstellung, basierend auf: IEA. (2019). 2019 Global Status Report for Buildings and Construction;

Abbildung 2.5: aktuelle Anteile des Bausektors an globalen Umweltauswirkungen; eigene Darstellung, Daten beruhen auf: IEA. (2019). 2019 Global Status Report for Buildings and Construction; ANDREW Robbie M. (2017). Global CO<sub>2</sub> emissions from cement production; HEGGER Manfred, FUCHS Matthias, STARK Thomas, ZEUMER Martin. (2008). Energieatlas

Abbildung 2.6: Baustelle Seestadt Aspern; APA/ HOCHMUTH Georg, Baustellenführung Seestadt <https://www.news.at/a/wien-seestadt-aspern-erste-dachgleichen>

Abbildung 2.7: Weltbevölkerung in Regionen; eigene Darstellung, Daten beruhen auf: ROSER Max, RITCHIE Hannah, ORTIZ-OSPINA Esteban. (2020f). World Population Growth

Abbildung 2.8.: Entwicklung des Urbanisierungsgrades nach Regionen; eigene Darstellung, Daten beruhen auf: UNITED NATIONS. (2019). World Urbanization Prospects 2018

Abbildung 2.9: Entwicklung der versiegelten Fläche in Wien; eigene Darstellung, basierend auf: <https://www.wien.gv.at/statistik/pdf/wien-waechst.pdf>



Abbildung 2.10: Zeitliche Veränderung der Landnutzung; eigene Darstellung, Daten beruhen auf: BETZLER Florian. (2016). GDF - Green Density Factor and GCF - Green Cooling Factor

Abbildung 2.11: Zeitliche Veränderung der Wohnnutzfläche pro Person in Österreich; eigene Darstellung, Daten beruhen auf: STATISTIK AUSTRIA c. (2019) Wohnungsgröße von Hauptwohnsitzwohnungen nach Bundesland

Abbildung 2.12: Wohnnutzfläche pro Person nach Regionen; eigene Darstellung, basierend auf: BETZLER Florian. (2016). GDF - Green Density Factor and GCF - Green Cooling Factor

Abbildung 2.13: OASIA Hotel Singapur, WOHA Architekten; eigene Darstellung, Daten beruhen auf: IEA. (2019). 2019 Global Status Report for Buildings and Construction

Abbildung 2.14: Wien, Innere Stad; © Robert Jahns: <https://www.falstaff.at/nd/zwei-neue-rooftops-in-wien-freiluft-juwel/>

Abbildung 2.15: Energiebudget von Siedlungsgebieten & UHI-Effekt; eigene Darstellung, basierend auf: STADT WIEN (2015). Urban Heat Islands, Strategieplan Wien

Abbildung 2.16: Entwicklung der Tage, die in eine Hitzeepisode fallen; eigene Darstellung, Daten beruhen auf: STADT WIEN. (2016). Klimaszenarien für das Bundesland Wien bis 2100

Abbildung 2.17: resultierende Anforderungen an Architektur; eigene Darstellung

Abbildung 2.18: Umweltauswirkungen des Bauens, Ist Zustand; eigene Darstellung

Abbildung 2.19: Umweltauswirkungen des Bauens, Soll Zustand; eigene Darstellung

Abbildung 3.1: graue Umweltwirkungen als Summe aus unterschiedlichen Lebenszyklusphasen; eigene Darstellung, basierend auf: PASSER, A., KREINER H., RÖCK M., et al. (2018). IEA Energie in Gebäuden und Kommunen (EBC) Annex 57: Evaluierung der konstruktionsspezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen und der grauen Energie

Abbildung 3.2: Verhältnis von betrieblichen und grauen Umweltwirkungen im Wandel der Zeit; eigene Darstellung, basierend auf: PASSER, A., KREINER H., RÖCK M., et al. (2018). IEA Energie in Gebäuden und Kommunen (EBC) Annex 57: Evaluierung der konstruktionsspezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen und der grauen Energie

Abbildung 3.3: schematische Darstellung der wichtigsten Wirkungskategorien in einer Ökobilanz; eigene Darstellung, basierend auf: EL KHOULI Sebastian, JOHN Viola, ZEUMER Martin. (2014). Nachhaltig Konstruieren

Abbildung 3.4: CO<sub>2</sub>-Emission und Speicherkapazität von Zement, Stahl und Holz  
ORGANSCHI Alan, CHURKINA Galina. (2020). Buildings as a global carbon sink

Abbildung 3.5: Baustoffe als biogene CO<sub>2</sub>-Binder: Hanf, Stroh, Bambus: Hanf: [https://www.haus.de/sites/default/files/styles/textbreite\\_2\\_spalten\\_tablet\\_klein/public/2020-05/hanfdaemmung\\_hanf\\_1195372054\\_istock.jpg?itok=jrL0jzP1](https://www.haus.de/sites/default/files/styles/textbreite_2_spalten_tablet_klein/public/2020-05/hanfdaemmung_hanf_1195372054_istock.jpg?itok=jrL0jzP1); , Stroh: <data:image/jpeg;base64,/9j/4AAQSkZJRg>; , Bambus: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcTMsacuDScDZNYe934CGDB5bIPUpRb4XRCrSQ&usqp=CAU>

Abbildung 3.6: Baustoffe als biogene CO<sub>2</sub>-Binder: Holz, Lehm: Holz: <https://cdn03.plentymarkets.com/chg0wln2n7ix/item/images/114360/full/Tischset-Platzset-Holzoptik-MOTIV-Holz-Holz-scheibe.jpgg>;



Lehm: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcSXsQb0mki8NCpcbxX72ncJtQIE-Euaapz9tKw&usqp=CAU>

Abbildung 3.7: durchschnittliche Lebensspanne verschiedener Gebäudeelemente  
WorldGBC. (2019). Bringing embodied carbon upfront

Abbildung 3.8: Vergleich der grauen Energie von kompakten und nicht kompakten Passivhäusern  
Eigene Darstellung, basierend auf: EL KHOULI Sebastian, JOHN Viola, ZEUMER Martin. (2014). Nachhaltig Konstruieren

Abbildung 3.9: Minimierung des ökologischen Fußabdruckes; eigene Darstellung

Abbildung 4.1: Lowtechmaßnahmen zur Reduzierung des UHI Effekts in Städten und der zu erwartende Effekt auf Mikroklima & Wohnkomfort (+ positiver Beitrag, 0 neutral, - negativer Beitrag); eigene Darstellung, basierend auf: SCHWAIGER Hannes, NEIL BIRD David, GALLUN Heinz, ZUVELA-ALOISE Maja. (2015). Reduktion städtischer Wärmeinseln durch Verbesserung der Abstrahleigenschaften von Gebäuden und Quartieren

Abbildung 4.2: Flächenanteile ausgewählter Dachkategorien aus Stichprobeninventur und deren spezifische Albedowerte für Wien als Mittelwertsbereiche; eigene Darstellung, basierend auf: SCHWAIGER Hannes, NEIL BIRD David, GALLUN Heinz, ZUVELA-ALOISE Maja. (2015). Reduktion städtischer Wärmeinseln durch Verbesserung der Abstrahleigenschaften von Gebäuden und Quartieren

Abbildung 4.3: Wärmeübertragung und Wirkungen auf begrünten Dächern; eigene Darstellung, basierend auf: BRUNE Miriam, BENDER Steffen, GROTH Markus. (2017). Gebäudebegrünung und Klimawandel

Abbildung 4.4: Arten der Fassadenbegrünung; eigene Darstellung, basierend auf: GRÜNSTATTGRAU a. (2020). Leistungen von Begrünungen [online]

Abbildung 4.5.: MA 48: [https://gruenstattgrau.at/wp-content/uploads/2019/08/gsg\\_ma48.png](https://gruenstattgrau.at/wp-content/uploads/2019/08/gsg_ma48.png)

Abbildung 4.6: Mur végétal; <http://inhabitat.com/patrick-blancs-lush-vertical-garden-is-a-green-oasis-in-the-middle-of-madrid/>

Abbildung 4.7: Bosco Verticale; <http://www.houzz.com.au/ideabooks/64761992/list/art-and-architecture-coexist-in-the-bosco-verticale>

Abbildung 4.8: schematische Darstellung der klimatischen Effekte im Airship 01: <https://breatheearth.net/wp-content/uploads/2016/06/BEC-AIRSHIP-SECTION.jpg>

Abbildung 4.9: ökologisches Potential von Gebäudebegrünung; eigene Darstellung, basierend auf: PFOSER Nicole. (2018). Vertikale Begrünung

Abbildung 4.10: gesundheitliches Potential von Gebäudebegrünung; eigene Darstellung, basierend auf: PFOSER Nicole. (2018). Vertikale Begrünung

Abbildung 4.11. Wirkung städtischer Oberflächen ohne Vegetation; eigene Darstellung, basierend auf: PFOSER Nicole. (2018). Vertikale Begrünung



Abbildung 4.12: Wirkung städtischer Oberflächen mit Vegetation; eigene Darstellung, basierend auf: PFOSEr Nicole. (2018). Vertikale Begrünung

Abbildung 4.13: Wirkung der Gebäudebegrünung auf Gebäude-, Umfeld- und Stadtebene; eigene Darstellung, basierend auf: PFOSEr Nicole. (2018). Vertikale Begrünung

Abbildung 5.1.: Schwarzplan der Stadt Wien; eigene Darstellung

Abbildung 5.2.: geografische Lage 7. Bezirk, Wien; eigene Darstellung

Abbildung 5.3: Schwarzplan 7. Bezirk; eigene Darstellung

Abbildung 5.4: öffentliche Grünflächen nach Erreichbarkeit; eigene Darstellung, basierend auf: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/umweltgut/pdf/alle-fuss.pdf>

Abbildung 5.5: öffentliche Grünflächen 7. Bezirk; eigene Darstellung, basierend auf: <https://www.wien.gv.at/Stadtplan/>

Abbildung 5.6: Kühle Meile Zieglergasse; <https://www.wien.gv.at/bezirke/neubau/images/zieglergasse1.jpg>

Abb. 5.7: Baustelle Zieglergasse 53, Jahr 2019; <http://www.maierbau.at/dsc02047-edited/>

Abb.5.8: neu gepflanzte Bäume in der Kandlgasse, Sommer 2020; <https://pbs.twimg.com/media/EgMhqTvWkAA6ub7.jpg>

Abb.5.9: Baulücke, Zieglergasse 52; eigene Darstellung

Abbildung 5.10: Auszug aus Flächenwidmungsplan; grafisch verändert: <https://www.wien.gv.at/flaechenwidmung/public/>

Abbildung 5.11: maximales Bauvolumen, eigen Darstellung, Daten basieren auf: <https://www.wien.gv.at/flaechenwidmung/public/>; <https://www.wien.gv.at/ma41datenviewer/public/>

Abbildung 5.12: Zieglergasse 52, Vorgründerzeitgebäude vor dem Abbruch: <https://www.wienschauen.at/abriss-nach-184-jahren-haus-in-der-zieglergasse-52-demoliert/>

Abbildung 5.13: Zieglergasse 52, Abbruch des Vorgründerzeitgebäudes: <https://www.wienschauen.at/abriss-nach-184-jahren-haus-in-der-zieglergasse-52-demoliert/>

Abbildung 5.14: Zieglergasse 52, Baulücke: [https://www.google.com/maps/place/zieglergasse+52/@48.2030954,16.345015,3a,75y,88.96h,90t/data=!3m4!1e1!3m2!1sPMrBH2EJ72HerQ56yxbBSQ!2e0!4m2!3m1!1s0x476d07f2bc37d715:0x7acbc9af53faa51d?sa=X&hl=de&ved=2ahUKEwjhanTqenrAhWlw4sKHUM\\_DpMQxB0wAHoE-CAsQAq](https://www.google.com/maps/place/zieglergasse+52/@48.2030954,16.345015,3a,75y,88.96h,90t/data=!3m4!1e1!3m2!1sPMrBH2EJ72HerQ56yxbBSQ!2e0!4m2!3m1!1s0x476d07f2bc37d715:0x7acbc9af53faa51d?sa=X&hl=de&ved=2ahUKEwjhanTqenrAhWlw4sKHUM_DpMQxB0wAHoE-CAsQAq)

Abbildung 5.15: Zieglergasse 52, Baulücke; eigene Darstellung

Abbildung 5.16: Konzeptklärung ; eigene Darstellung



## ANHANG

Abbildung 5.17: Umsetzung der Entwurfsanforderungen; eigene Darstellung

Abbildung 5.18: Explosionsaxometrie, ganzes Gebäude; eigene Darstellung

Abbildung 5.19: Grünraumpotential und städtebauliche Bedeutung; eigene Darstellung

Abbildung 5.20: perspektivische Darstellungen, Vertikaler Park; eigene Darstellung

Abbildung 5.21: axonometrische Darstellung, Vertikaler Park; eigene Darstellung

Abbildung 5.22.: öffentliche Grünflächen nach Erreichbarkeit, aktueller Stand; eigene Darstellung, basierend auf: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/umweltgut/pdf/alle-fuss.pdf>

Abbildung 5.23: öffentliche Grünflächen nach Erreichbarkeit, inklusive des im Projekt integrierten Parks; eigene Darstellung, basierend auf: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/umweltgut/pdf/alle-fuss.pdf>

Abbildung 5.24.: Schnitterklärung Wohnraumkonzept; eigene Darstellung

Abbildung 5.25: perspektivische Darstellung, Wohnraumkonzept; eigene Darstellung

Abbildung 5.26: Beziehung zwischen Innen und Außenraum; eigene Darstellung

Abbildung 5.27: axonometrische Darstellung, Regelgeschoss; eigene Darstellung

Abbildung 5.28: flexible Grundrissbildung; eigene Darstellung

Abbildung 5.29: Einheiten und Kombinationsmöglichkeiten; eigene Darstellung

Abbildung 5.30: Tragwerksdimensionierung; eigene Darstellung

Abbildung 5.31: Explosionsaxometrie, Tragwerk; eigene Darstellung

Abbildung 5.32: Konstruktionsverbindungen; eigene Darstellung

Abbildung 5.33: Innenraumperspektive, Materialcollage; eigene Darstellung

Abbildung 5.34: Fichtenholz; <https://www.lignotrend.de/fileadmin/bilder/profile/h05-o04.jpg>

Abbildung 5.35: Lärchenholz; <https://www.ratgeber-haus-garten.com/wp-content/uploads/2014/08/Vorteile-Nachteile-Lärchenholz-Tipps-1200x800.jpg>

Abbildung 5.36: Lehmestrich; <https://www.hausjournal.net/lehmestrich-eigenschaften-anwendungsmoeglichkeiten>

Abbildung 5.37: Holzfaserdämmplatte; <https://www.naturanum.de/media/image/10/84/a2/pavadentro1.jpg>

Abbildung 5.38: Hanfdämmung; [https://www.haus.de/sites/default/files/styles/textbreite\\_2\\_spalten\\_tablet\\_klein/public/2020-05/hanfdaemmung\\_hanf\\_1195372054\\_istock.jpg?itok=jrL0jzP1](https://www.haus.de/sites/default/files/styles/textbreite_2_spalten_tablet_klein/public/2020-05/hanfdaemmung_hanf_1195372054_istock.jpg?itok=jrL0jzP1)



Abbildung 5.39: Dämmkork; <https://lh3.googleusercontent.com/proxy/2lQ1yx83pqtYkE9bjJE-Arult-cVKa81IGNGErioGwYmcOoBz4FJduH6sV9LYxuc5pvS0w3ufGeSeq5Ea-6B1SQ-PORLfu2hbpbGaZ-ouT9W>

Abbildung 5.40: Lehmbauplatte; [https://lehm.com/fileadmin/\\_processed\\_/7/f/csm\\_L2216\\_Vorderseite\\_e06293e423.jpg](https://lehm.com/fileadmin/_processed_/7/f/csm_L2216_Vorderseite_e06293e423.jpg)

Abbildung 5.41: Kraftpapier; <https://www.daemwool.at/de/produkte/details/21/ko-naturdampfbremse.html>

Abbildung 5.42: EPDM; <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcQeyAPlvqmaaCvXQH-VtsEMy3gtEadpYC7FTNw&cusqp=CAU>

Abbildung 5.43 : Auswertung GEQ OI3 Klassifizierung, optimierte Bauteile; eigene Darstellung, basierend auf: <https://www.geq.at/#c1>

Abbildung 5.44 : Auswertung GEQ OI3 Klassifizierung, konventionelle Bauteile; eigene Darstellung, basierend auf: <https://www.geq.at/#c1>

Abbildung 5.45: Energiekonzept Winter; eigene Darstellung

Abbildung 5.46: Energiekonzept Sommer; eigene Darstellung

Abbildung 5.47: Sonnenstudie; eigene Darstellung

Abbildung 5.48 : Auswertung GEQ Energieausweis; eigene Darstellung, Daten basierend auf: <https://www.geq.at/#c1>

Abbildung 5.49: Wärmeübertragung und Wirkung auf begrünten Dächern; eigene Darstellung, basierend auf: BRUNE Miriam, BENDER Steffen, GROTH Markus. (2017).Gebäudebegrünung und Klimawandel

Abbildung 5.50: Verortung von privaten Gärten, vertikalem Park & Dachwald; eigene Darstellung

Abbildung 5.51: Sprühschlauch; <https://gartenprimus.de/wp-content/uploads/2019/02/garten-bewässerung-sprühschlauch.jpg>

Abbildung 5.52: Tropfschlauch; <https://www.rekubik.de/magazin/wp-content/uploads/2019/07/perlschlauch-oder-tropfschlauch-802x402.jpg>;

Abbildung 5.53: Hochdruckbewässerung; <https://www.dhresource.com/600x600/f2/albu/g6/M01/0F/89/rBVaSFrK0DqA0OJAAADpTFcLcBU692.jpg>

Abbildung 5.54: Garten mit heimischen Wildpflanzen; <https://www.naturimgarten.ch/naturgarten/wildpflanzen-beet.html>

Abbildung 5.55: Zittergras; <https://www.allgaeustauden.de/Graeser/Graeser-von-A-Z/Briza-media-Herz-Zittergras::10304.html>

Abbildung 5.56: Schafschwingel; <https://petra-pelz.com/zarte-graeser-im-sonnigen-garten/>



## ANHANG

Abbildung 5.57: Hirschzungenfarn; <https://de.wikipedia.org/wiki/Hirschzungenfarn#/media/Datei:Phyllitis.jpg>

Abbildung 5.58: gemeine Schafgarbe; [https://www.apotheken-de.apocdn.net/uploads/pics/PIX\\_Schafgarbe-a.jpg](https://www.apotheken-de.apocdn.net/uploads/pics/PIX_Schafgarbe-a.jpg)

Abbildung 5.59: Katzenminze; <https://www.gartenrot.com/out/pictures/master/product/1/katzenminze-walkerslow.jpg>

Abbildung 5.60: Johanniskraut; <https://www.kostbarenatur.net/wp-content/uploads/2015/10/johanniskraut-hypericum-perforatum-9.jpg>

Abbildung 5.61: Purpur-Weide; <https://www.hauenstein-rafz.ch/de/pflanzenwelt/pflanzenportrait/laubgehoeelze/Purpurweide-Salix-purpurea.php>;

Abbildung 5.62: gewöhnliche Heckenkirsche; <https://www.naturimgarten.ch/images/Galerie/Hecke/rote-heckenkirsche-K-7954.jpg> ;

Abbildung 5.63: Hängefrucht Rose; <https://www.pflanzeninfothek.de/Content/files/17955/Wildrose-ROSA-PEN-DULINA--x-.jpg>

Abbildung 5.64: Wald-Erdbeere; <https://www.gartenrot.com/walderdbeere-samen.html#&gid=1&pid=1>

Abbildung 5.65: Himbeere; <https://www.neudorff.de/pflanzenwissen/balkonpflanzen/obst/himbeere.html>

Abbildung 5.66: rote Johannisbeere; <https://www.pflanzmich.de/produkt/34040/rote-johannisbeere-stanza.html>

Abbildung 5.67: Feldahorn; <https://www.garten-treffpunkt.de/lexikon/ahornbaeume.aspx>

Abbildung 5.68: gewöhnliche Traubenkirsche; <https://www.mein-schoener-garten.de/pflanzen/kirsche-zierkirsche/traubenkirsche>

Abbildung 5.69: Wald-Kiefer; [https://www.mein-schoener-garten.de/sites/default/files/styles/chameleon\\_product/public/externals/38c9e6cc4aceea4538fb65fa725d86cb.jpg?itok=Eu5DWtUH](https://www.mein-schoener-garten.de/sites/default/files/styles/chameleon_product/public/externals/38c9e6cc4aceea4538fb65fa725d86cb.jpg?itok=Eu5DWtUH)

