

# Wohnen jenseits des Standards

Strategie für einen umweltschonenden  
Wohnbau





Philipp Wayd, BSc.

**Wohnen jenseits des Standards**

Strategie für einen umweltschonenden

Wohnbau

**MASTERARBEIT**

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium Architektur

eingereicht an der

**Technischen Universität Graz**

Betreuer

Dipl.-Des. BDA Univ.-Prof. Wolfgang Tom Kaden

Institut für Architekturtechnologie

Professur für Architektur und Holzbau

Graz, März 2020



### **Eidesstattliche Erklärung**

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

Graz, März 2020

Philipp Wayd



# Inhalt

Einleitung	08	Ein Zitat
	13	Über die Diplomarbeit
Recherche	21	Ausgangslage
	35	Entwurfsfaktor Klima
Konzept	47	Strategie Pufferraum
	63	Strategie Materialität
Entwurf	69	These
	73	Spekulativer Entwurf
Anhang	143	Schlussbetrachtung
	146	Berechnung
	148	Literaturverzeichnis
	150	Abbildungsverzeichnis

# Ein Zitat

*»Der Mensch ist nicht allein ein Vernunftwesen, sondern auch ein leibliches Wesen. Erst durch das dialektische Zusammenspiel von Verstand und sinnlich geprägtem Gefühl entsteht ein menschengerechtes Umfeld. Emotionen, Ereignisse - wiederholbare und einmalige - und gar Zufälle bereichern im Wechselspiel mit den elementaren Konstanten das Wohnen.*

*Der Versuch, solche Lebensräume zu schaffen, ist der Anspruch jeder architektonischen Intervention. Von ihren Protagonisten wird deshalb eine hohe Kompetenz gefordert. Diese kann nur eingelöst werden, wenn die Architektur das Feld nicht vollends den ausgewiesenen Spezialisten überlässt. Die Beherrschung des Raumes ist die Kernkompetenz der Disziplin. Der Architekt ist darin mehr als ein Generalist, welcher das Wissen verwaltet und technische Probleme an Fachleute delegiert. [...]*

*Klimawandel zwingt uns zum Handeln. Für erfolgversprechende Veränderungen müssen wir die Sicherheit zurückgewinnen. Eine Kernaufgabe der Architektur ist es, Orte zu schaffen, die dem Menschen Halt und Zuversicht geben. Die globale Art des Bauens hat zum Verlust des Ortes beigetragen. Das ist einerseits den technischen Errungenschaften zuzuschreiben, andererseits ist es unser eigenes (kulturelles) Verschulden. Eine ehemals bedingte Verfügbarkeit von Baumaterialien und beschränkte technische Möglichkeiten haben zu stabilen Kulturen und Räumen geführt, die wir heute so sehr schätzen. Die positiven Effekte solcher Begrenztheit kann man unter heutigen Bedingungen nicht erzwingen. Ich glaube jedoch fest daran, dass kulturelle Prozesse in eine ähnliche Richtung führen können - hin zu starken Ideen und narrativen Verknüpfungen, welche die Aspekte von Authentizität und Identität neu entfalten.*

*Das Wesen eines Ortes zurückzugewinnen und zur Geltung bringen, ist vor dem Hintergrund des Klimawandels und der Energieproblematik als eine neue Chance zu sehen. Mit dem Klima als Entwurfaktor stehen uns alt-neue Parameter zur Verfügung. [...]*

*Selbstverständlich sollen die Menschen nicht hinter ihren zivilisatorischen Status zurückfallen. Deshalb muss es den Entwerfern gelingen, sie davon zu überzeugen, dass beispielsweise unterschiedliche Wärmezonen nicht Komfortverzicht bedeuten, sondern neu zu entdeckende Wohnqualitäten eröffnen.*

*Diese Vorstellung zielt nicht prinzipiell auf den besseren Menschen ab. Es geht nicht um ein Zurück zur Natur, sondern vielmehr darum, die Entdeckung einer breiten Palette von Phänomenen zu ermöglichen, welche das Bewohnen dieses Planeten bereichern. Eine neu zu entdeckende Natur-Kultur-Beziehung, die zu einer Auflösung der bislang üblichen Gegensätzlichkeiten führt, könnte die Zielrichtung sein. [...]*

*Identitäten zu schaffen, an welchen sich Verantwortung entzünden kann, muss Leitmotiv für zukünftige Ideen sein. Orte, die eine hohe Identität ermöglichen, geben in ihrem Wert weit über den ästhetischen Genuss hinaus: Sie vermögen den Menschen Zugehörigkeit zu vermitteln. Die hier angesprochene Identität entsteht nicht durch eine Architektur, die in jedem Fall das Objektivste als Ziel setzt, sondern durch ein bewusstes Bauen, das auf kollektiven Vereinbarungen gründet.*

*Aus einer aktiven Entwurfshaltung heraus, welche mit dem Klima als Entwurfsfaktor umzugehen imstande ist, könnte auch die Tradition wieder zu einem ernsthaften und wahrhaftigen Anliegen der Architektur werden. Tradition ist nicht mehr - aber eben auch nicht weniger - als die Widerspiegelung dessen, was in Zeit und Raum sich bewährt.«<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Caminada 2013, 80f.



Abbildung 1: Grundschule Duvin, Gion A. Caminada

*»Orte schaffen, dass Leute eigentlich am  
liebsten zu Hause bleiben«*

*- Gion A. Caminada*



# Über die Diplomarbeit

Bauwerke zu errichten, die zum einen nicht dessen Benutzer und zum anderen während ihres gesamten Lebenszyklus die Umwelt und Ressourcen dieser Welt nicht mehr als nötig belasten, ist seit einigen Jahren ein mehr als wichtiges Thema im Bereich der Architektur und im gesamten Bauwesen. Wie kann ein »umweltschonendes Gebäude« im städtischen Kontext aussehen? Diese Frage stand zu Beginn meiner Recherche - Eine Thematik, welche in aller Munde ist jedoch kaum in Vorlesungen und Seminaren behandelt wurde.

Beginnen möchte ich mit dem Versuch einer Definition eines umweltschonenden Gebäudes. Ein bzw. wahrscheinlich das zentrale Wort ist das der »Nachhaltigkeit« (engl. sustainability). Ein Begriff, welcher in den letzten Jahren zu einem regelrechten In-Wort geworden ist. → [Abb. 2](#) Ein Trend, der in den 90er Jahren startete, erreicht mittlerweile ein Ausmaß, in dem dieses Wort rein für Marketingzwecke missbraucht wird. Der eigentlich aus der Forstwirtschaft stammende Begriff der Nachhaltigkeit besagt, dass dem Wald nicht mehr Bäume entnommen werden dürfen als nachwachsen können. Abseits des Forstwesens wird der Begriff jedoch ohne klare Definition verwendet. Gegenwärtig hat dies dazu geführt, dass, glaubt man so manchen Nachrichten, man mittlerweile nachhaltig fliegt, nachhaltigen Beton

produziert oder nachhaltige Passiv-Häuser auf der grünen Wiese baut. Genannt wird so ein fragwürdiges Vorgehen »greenwashing«.<sup>1</sup> Unternehmen zielen dabei darauf ab, durch gezielte Marketing-Maßnahmen sich nachhaltiger und umweltfreundlicher darzustellen, als sie tatsächlich sind.

Durch welche Ansätze man nun nachhaltiges Bauen erreicht, stellt sich als relativ komplexe Fragestellung heraus, da immer die Gesamtheit der Architektur mit seinen ökonomischen, ökologischen und gesellschaftlichen Folgen betrachtet werden muss.<sup>2</sup> → Abb. 3

Ansätze, die unter den Begriff des umweltschonenden Bauens fallen, können lauten:

Ressourcenschonend

CO<sub>2</sub>-Neutral

Nachhaltig

Ökologisch

Gesund

Energiesparend

Abgesehen vom Missbrauch der Begrifflichkeiten rund um das umweltschonende Bauen ist es wichtiger denn je, dem Thema eine bewusste Aufmerksamkeit zu widmen. Gründe dafür sind die fortschreitende Klimaerwärmung und die Ausbeutung von Menschen und Ressourcen der Erde, um den Wohlstand eines Bruchteils der Weltbevölkerung zu sichern. Betrachtet man unterschiedliche Studien zum Thema Bauen, stellt sich heraus, dass das Baugewerbe und die Unterhaltung von Gebäuden, je nach Statistik, für bis zu 1/3 der jährlich ausgestoßenen Treibhausgase verantwortlich sind und rund die Hälfte aller Ressourcen verbraucht.<sup>3</sup> → Abb. 4,5

Wie nun Architektur aussehen kann, die nicht auf Kosten von Ressourcen der Umwelt und Menschen geht, ist die große Frage. Viele Ansätze wurden bereits erprobt und sind zum Teil auch schon im Bauwesen etabliert. Drei gängige, sich selbst als nachhaltig bezeichnende Konzepte, nach denen gegenwärtig Gebäude realisiert werden, sind die nach den »ZeroWaste«, »Zero Energy« und/oder »Zero Emission« Grundsätzen. Jene Ansätze, in denen einer dieser drei Punkte - keinen Müll zu produzieren, keine Energie zu verbrauchen oder keine Emissionen bzw. Schadstoffe zu erzeugen - so gering wie möglich gehalten wird, erzeugt jedoch mit hoher Wahrscheinlichkeit einen Anstieg in

<sup>1</sup> Vgl. Greenwashing, 2019, <https://www.careelite.de>, 27.1.2020.

<sup>2</sup> Vgl. Hegger u.a. 2008, 190.

<sup>3</sup> Vgl. Green/Taggart 2017, 9.

den anderen beiden Punkten. Wie im folgenden Kapitel näher behandelt, gründen diese Ansätze meist auf wartungsintensiver Technik und besonderen Baustoffen.

Im Gegenzug dazu soll die vorliegende Arbeit neue Denkansätze und altbekannte Alternativen vereinen, welche, in den heutigen Kontext gebracht, auch im städtebaulichen Rahmen Anwendung finden können. Es soll der Versuch gewagt werden, das Gebäude von seinem hoch technologischen Charakter zu befreien und den Menschen als Bewohner wieder in die Verantwortung zu nehmen. Ein Entwurf soll entstehen, der mehr sein soll als ein hochgedämmtes Gebäude. Es soll die Sonnenenergie nützen, auf langlebige und qualitativ hochwertige Baustoffe bauen und somit eine Alternative zum komplexen Passivhaus und vielschichtigen Wärmedämmverbundsystem (WDVS) bieten. Der Entwurf soll als Low-Tech-Gebäude realisiert werden, was soviel bedeutet wie, dass ein angenehmes Raumklima mit reduzierter Haustechnik erreicht werden soll. Die »Haustechnik« soll erfahrbar gemacht werden und keine Gebrauchsanleitung benötigen.

Wie im Vorwort Caminada zitiert, wird anhand eines Entwurfs versucht, Qualitäten aufzuzeigen, die ein Gebäude mit sich bringen kann, wenn der

Grundriss in unterschiedliche Wärmezonen aufgeteilt wird. Nach einer historischen Abhandlung zum Thema »Entwerfen mit dem Klima« wird als Methode der Arbeit der Pufferraum gewählt. Seine Vor- aber auch Nachteile werden untersucht und anschließend an einem spekulativen System- Entwurf veranschaulicht.

Da das Thema aufgrund seiner Aktualität und Vielseitigkeit polarisiert und sehr komplex ist, beschränkt sich diese vorliegenden Arbeit bewusst auf das Thema der Pufferräume.

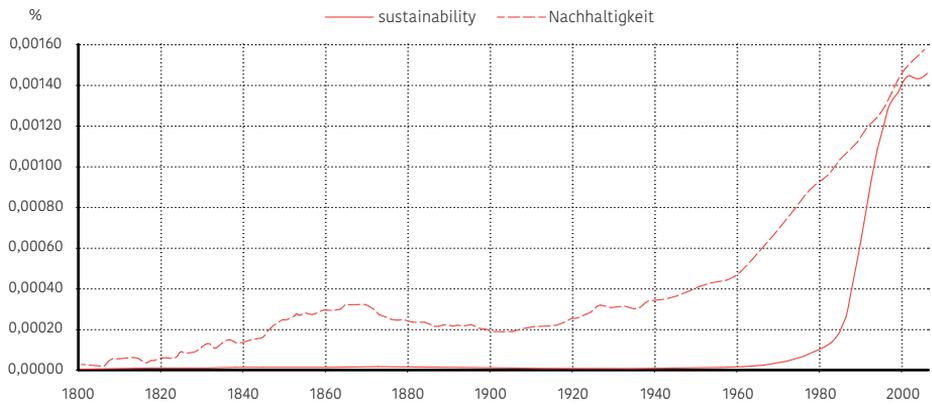
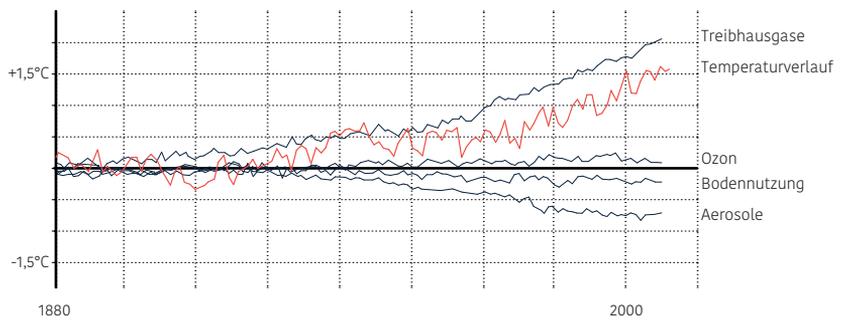


Abbildung 2: Worthäufigkeit bei Google [%]

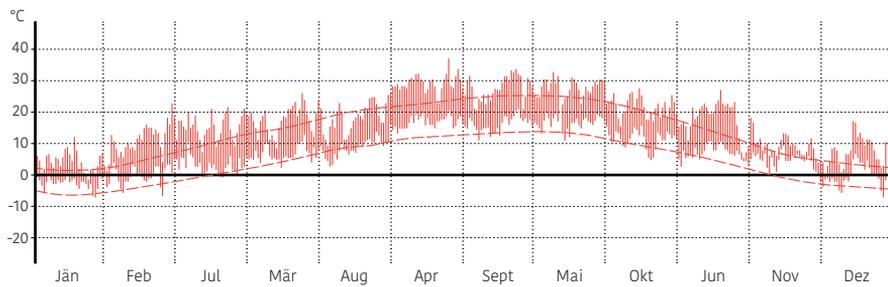


Abbildung 3: Karikatur und Text von Rubinowitz Tex



Gründe und deren errechnete Auswirkung auf den  
Temperaturanstieg

Abbildung 4: No, It Really Is Greenhouse Gases - Bloomberg Businessweek



Jahresmittel 2019

Graz +3,3°C	ø12,4°C
Wien +2,5°C	ø11,9°C
Salzburg +1,1°C	ø10,8°C
Innsbruck +1,7°C	ø10,6°C

Abbildung 5: Temperaturverlauf Graz 2019 im Vergleich zu 1981-2010 [°C]



# Ausgangslage

Um ein umweltschonendes Bauwerk zu errichten, wird allzu oft Technik dazu verwendet, das Gebäude mit ausreichend Luft, Licht, Heizung und Kühlung zu versorgen. Die sogenannte Haustechnik ist in den letzten Jahren nicht nur immer untrennbarer mit dem Gebäude verbunden, sondern nimmt immer vermehrt auch überhand.

Das war nicht immer so. Bis etwa zum Zeitalter der Industrialisierung wurde vorwiegend so gebaut, dass die Architektur selbst die Aufgabe der heutigen Haustechnik ersetzen konnte. Die Lage, die Gebäudehülle und die Anordnung der Räume wurden genützt, um Energie zu gewinnen bzw. bereits vorhandene Energie zu sparen. Das Haus war ein Gebrauchsgegenstand, der einfach und intuitiv zu benützen war. Es bot eine allgemein verständliche Form, die die Zeit überdauert und durchaus als »nachhaltig« bezeichnet werden kann. Eine andere Art von Nachhaltigkeit, die die Haustechnik nicht als additives System zur Architektur sah, sondern dessen Teil die Architektur zu übernehmen in der Lage war.

## Vernikuläres Bauen

Ein Blick in die Vergangenheit ist besonders interessant, da historische Bauten meist reine Zweckbauten waren und nach dem »Trial and Error« Verfahren gebaut und wieder aufgebaut wurden. Das vorherrschende Klima ist dabei oft eindeutig von der örtlichen Bebauung abzulesen. Keine umfangreichen technischen Hilfsmittel standen für die Erzeugung eines angenehmen Raumklimas zur Verfügung und die Bauweise übernahm großteils die Aufgabe der heutigen »Haustechnik«. Das Klima übers Jahr, der Temperaturunterschied zwischen Tag/Nacht und Sommer/Winter sowie der Wind wurden beim Bau aktiv berücksichtigt und spiegelten sich in der Materialität, Massivität, Ausrichtung und (Dach-)Form wider. Im Weiteren passten sich die Bewohner an die wechselnden Bedingungen dadurch an, dass sie Räume an unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten anders benutzten, beheizten und isolierten. Ein Beispiel sind historische Bauernhäuser, welche immer aus einer Stube mit Ofen bestehen. Richtung Norden sind Ställe (Kuh: 1.400 - 2.800 W/h) und Kammern vorgelagert und dienen als Pufferraum gegen übermäßigen Wärmeverlust. Das sogenannte »Hüllenprinzip« lässt sich auch im Schnitt erkennen, bei dem das Heulager über den Winter eine hervorragende Wärmedämmung ist. → Abb. 6

Aufgrund der Klimaerwärmung und der immer heißeren Sommer und mildereren Winter sind Beispiele von Bauten in südlichen Breiten besonders interessant, da in Zukunft das Problem der sommerlichen Überhitzung immer öfters allgegenwärtig sein wird. ← Abb. 4,5

Historische mediterrane Häuser sind massiv gebaut und mit ausreichend Beschattung ausgestattet. Hingegen sind Häuser in den Tropen meist filigran und leicht gebaut und vom feuchten Boden abgehoben. So hat sich über Jahrhunderte ein klimaabhängiges Bauen entwickelt. Überlieferungen aus der Antike zeigen, dass Häuser in Siedlungen Richtung Süden ausgerichtet waren und Nebenräume als Puffer an der Nordseite platziert wurden. Vorgelagert waren Innenhöfe oder Atrien, die die Grundlage für die passive Solarnutzung boten. Der römische Architekt und Architekturtheoretiker Vitruv widmete dem klimagerechten Bauen schon im 1 Jhd. v. u. Z., ein eigenes Kapitel. In seinem Buch Nr. 6 schreibt er wie folgt: »Diese [Häuser - Anm. d. Verf.] aber werden dann recht angelegt sein, wenn erstlich berücksichtigt worden ist, in welcher Weltgegend und in welchem Zonenstrich sie gegründet werden soll.«<sup>4</sup> Weiters empfiehlt Vitruv die Südausrichtung für Gebäude der nördlichen Breitengrade und die Berücksichtigung der örtlichen Windverhältnisse in südlichen Breitengraden.<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Reber 2004, 196.

<sup>5</sup> Vgl. Ebda, 197f.

In der vernikulären Architektur, auch als anonyme oder autochtone Architektur bezeichnet, ist das Klima meist das formwirksamste Kriterium.<sup>6</sup> Ein markantes Beispiel anonymer Architektur aus der heißen Klimazone sind »bad-gir«. Sogenannte Windtürme, welche im heutigen Pakistan, Iran und Irak zu finden sind. Diese über die Dächer aufragenden Türme fangen Wind ein und leiten ihn tagsüber in den Innenraum. Während der kühlen Nacht sorgt der Turm durch den Kamineffekt für eine Abkühlung der Innenräume.<sup>7</sup> → Abb. 7

In der Architektur ist diese Art zu bauen dem Begriff Low-Tech zuzuordnen. Im Gegensatz dazu beschreibt der Begriff High-Tech den Teil der Architektur, welcher Technik dazu benötigt, um für den Menschen eine angenehme Umgebung zu schaffen. Das Bauen unter Berücksichtigung der örtlichen Begebenheiten und des vorherrschenden Klimas änderte sich jedoch mit dem Aufkommen großer Ballungsräume und fand seinen negativen Höhepunkt am Ende des Zeitalters der Industrialisierung:

## **Industrialisierung und Moderne**

Mit dem 18. Jahrhundert begann in Europa die Industrialisierung. Erfindungen, wie die der

Dampfmaschine, machten es möglich, Massen an Waren immer schneller und günstiger zu produzieren. Zusammen mit neuen Energiequellen und billigen Rohstoffen konnte die Industrie boomen. Eine Vielzahl an neuen Entwicklungen ermöglichten den Bau neuer Fabriken und mit ihnen jener ganzer Städte. Gleichzeitig führte dies zu einer Massenarmut. Der Großteil der Landbevölkerung zog auf der Suche nach Arbeit in die Stadt. Die Folge war eine katastrophale Lebenssituation der Arbeiter und Arbeiterinnen. Aufgrund der Wohnungsnot und schlechten hygienischen Verhältnisse verkamen viele Arbeiterviertel der Stadt zu Elendsvierteln. → Abb. 8

Die Antwort der Architektur war die Moderne. Sie wandte sich von der Tradition ab, die laut den Vertretern der Moderne nur Übel und Elend in die Stadt brachte. Viele neue Bewegungen wurden gegründet, die aus Sicht der Architektur versuchten, den Problemen der Industrialisierung zu begegnen. Unter ihnen etablierte sich auch die Gruppe »Neues Bauen«, welche, in Deutschland gegründet, in ihrem Motto »Licht, Luft und Sonne« die Werte dieser neuen Architekturepoche beschrieben. → Abb. 9

Die rasante technische Entwicklung machte es möglich, dass die gebauten Beispiele der Moderne

<sup>6</sup> Vgl. Treberspurg 1994, 14.

<sup>7</sup> Vgl. Gaulhofer 2019, 19.

auf der gesamten Welt gleich aussehen können. Filigrane, immer höhere und tiefere Bauten waren dank neuer Technologien möglich.

*»Ich schlage eine einzige Bauart für alle Nationen und Klimazonen vor.«*

*- Le Corbusier*

Im Jahr 1930 machte Le Corbusier mit dieser Aussage von sich reden. Er sah moderne Häuser als hermetisch abgeriegelte Gebäude an. Luftdicht, mit glatter Fassade, Flachdach und kontrollierter Belüftung - so sollten Gebäude auf der gesamten Welt gleich aussehen. Das zuvor in den 20er Jahren entwickelte Konzept »Le mur neutralisant« bildete die Grundlage dieses Entwurfs. Inspiriert vom Kastenfenster war die Idee Le Corbusiers die, dass eine zweischalige Gebäudehülle mit einer warmen bzw. im Sommer kühlen Luftschicht für ein angenehmes Raumklima im Inneren sorgt.

→ Abb. 10

Doch bereits einige Jahre später, vor allem aufgrund fehlenden Geldes, baute er Häuser mit ausragendem Sonnenschutz und natürlicher Befeuchtung. Diese Weiterentwicklung zeigt das Projekt Cité de Refuge in Paris, das Corbusier 1933 fertigstellte. Die Südfassade bestand aus einer nicht hinterlüfteten doppelten

Vollverglasung, die dafür sorgte, dass die Sonne im Winter die Innenräume aufheizen konnte. Jedoch führte es im Sommer dazu, dass es regelmäßig zur Überhitzung des Innenraums kam. Nachdem die Fassade im zweiten Weltkrieg beschädigt wurde, entschloss sich Le Corbusier, diese nicht nach den Originalplänen wiederherzustellen, sondern sie mit der heute so bekannten, »Brise soleil« aus Betonfertigteilen auszustatten, die nun im Sommer für eine Beschattung der Fassade sorgt.<sup>8</sup> → Abb. 11

## **Nachkriegszeit**

Der Glaube an die Technik blieb jedoch auch nach dem zweiten Weltkrieg bestehen. Energie war billig und im Überfluss vorhanden. Wärmedämmungen waren noch nicht gang und gäbe, zumal die Energie zum Heizen auch um ein Vielfaches günstiger war als das Material für Dämmungen. Da die Nachfrage an Wohnungen groß war, wurde billig und standardisiert gebaut. Bis zum Ende der 60er Jahre waren die Menschen von einem »Technik Optimismus« regelrecht besessen. Der Trend zur Kernenergie, Technikerfolge wie die der Mondlandung und neue utopische Mega-City-Ideen schienen den Blick über den Tellerrand nicht zuzulassen.

<sup>8</sup> Vgl. Koolhaas 2014, 142f.

## Ölkrise und Umweltbewegungen

Erst seit einigen wenigen zurückliegenden Generationen war es durch fossile Brennstoffe möglich, dass Gebäude sich von deren Rahmenbedingungen zu lösen vermochten. Doch die Ölkrise in den 70er Jahren offenbarte die Abhängigkeit unseres Wirtschaftssystems von genau diesen fossilen – aber auch endlichen Rohstoffen. Die Grenzen des bis dato scheinbar unendlichen Wachstums und der Ressourcen wurden immer sichtbarer. Im selben Jahrzehnt veröffentlichte der »Club of Rome« eine Analyse, die die Wechselwirkungen von Überbevölkerung, Industrialisierung, Umweltverschmutzung, Nahrungsmittelproduktion und Ausbeutung von natürlichen Rohstoffen aufzeigte. Erste Ökobewegungen gründeten sich und mit ihnen etablierte sich das Interesse an neuen experimentellen Bauten: Recyclinghäuser und Erdhäuser entstehen ebenso wie Solarhäuser, die auf das architektonische Entwurfsprinzip des Gewinnens zurückgriffen.<sup>9</sup>

## Die 90er Jahre

In den 90er Jahren verschob sich die Bedeutung hin zur Technisierung und Digitalisierung, welche sich vermehrt im Bauwesen und im Bereich der

Architektur durchsetzten. Von nun an konnte das energetische Verhalten von einem Gebäude berechnet werden, noch bevor es überhaupt gebaut worden war. Ein neuer Markt entstand – ein Markt um Regelungstechnik, Zertifizierungen und den damit verbundenen Förderungen und gesetzlichen Vorgaben. Green- Blue- und Golden Buildings schossen aus dem Boden und die Industrie übernahm die Herrschaft über das Planen und Bauen. Immer mehr Techniken und neue Materialien wurden entwickelt, um Gebäude noch ökologischer zertifizieren zu können.<sup>10</sup> Die Nutzung von natürlichen Ressourcen wie Sonne und Wind wurden verdrängt, da diese nicht konstant waren und Vorhersagen nur durch aufwendige Modelle und Simulationen erreicht werden konnte. Fensterflächen wurden minimiert und machten neuen Dämmmaterialien Platz.

Bei Bürobauten und auch im normalen Wohnungsbauwesen war der Energieverbrauch ein Thema geworden. Ein Trend, welcher in der Idee der Passivhäuser seinen Höhepunkt fand. Abgekapselt von ihrer Umwelt funktionieren solche Häuser nach dem Prinzip des Sparens. Keine Energie, die im Gebäude gespeichert ist, soll verloren gehen. Die dadurch notwendige Zwangslüftung bezeichnete man als Komfortlüftung, um eine noch höhere Akzeptanz zu erreichen.

<sup>9</sup> Die Grenzen des Wachstums (The Limits of Growth), Erschienen 1972 im Auftrag von Club of Rome

<sup>10</sup> Vgl. Steiner 2016, 35-43.

Passivhaustechnologien wurden zu Beginn in Ein- und später auch in Mehrfamilienhäusern sowie im urbanen Wohnungsbau angewandt.<sup>11</sup>

In den vergangenen Jahren wurde allerdings vermehrt klar, dass solche Häuser im Grunde wie Maschinen zu betrachten sind, welche es zu steuern und vor allem zu warten gilt und welche nur schwer zu sanieren bzw. zu recyceln sind.<sup>12</sup>

## **Gegenwart**

Heutzutage haben wir uns, stilistisch gesehen, größtenteils von der Moderne verabschiedet - jedoch lebt die zum Allheilmittel erkorene Technologisierung der Gebäude weiter.<sup>13</sup>

Vorgaben, wie eine minimale Luftwechselrate, der Wärmedurchlasswiderstand der Gebäudehülle etc., wollen dem Menschen einen gewissen Standard zusichern. Ein Standard, der in den OIB Richtlinien und Baugesetzen niedergeschrieben ist. Um dem Geforderten gerecht zu werden, setzt die Industrie meist auf den Weg des geringsten Widerstands und verbaut Technik, die Licht in tiefe Räume bringt, kühlt, wenn es zu warm wird, heizt, wenn die Temperatur fällt und für

Frischluft sorgt, wenn der CO<sub>2</sub> Gehalt ansteigt. Das alles geschieht nach dem Prinzip des Sparens. Die Prinzipien des Gewinnens und mit ihnen die Solararchitektur der 70er Jahre liegen schon lange zurück und so entstehen gegenwärtig größtenteils Gebäude, die darauf ausgelegt sind, Energie zu sparen und die Umwelteinflüsse möglichst auszusperren.

Die energetischen Grundanforderungen an ein Gebäude - Energie sammeln, Energie verteilen, Energie speichern und wieder an den Wohnraum abgeben, vor Energieverlust schützen - sollten ausgeglichen sein. Gegenwärtige Bauten aber fungieren meist nur nach einem Prinzip. Meist schützen sie nur vor Energieverlust und vernachlässigen die weiteren Grundanforderungen. Der deutsche Architekt Günter Pfeifer analysiert das derzeitige Bauen folgendermaßen: »So hat sich die Mauerwerks-Industrie ganz auf die Dämmfähigkeit von Ziegelsteinen konzentriert und das eigentliche Können [Speicherfähigkeit - Anm. d. Verf. ] der Ziegelsteine glatt vernachlässigt.«<sup>14</sup>

## **Zukunft**

Gegenwärtig verbraucht ein Bruchteil der Weltbevölkerung einen Großteil der Ressourcen.<sup>15</sup>

<sup>11</sup> Vgl. Steiner 2016, 35-43.

<sup>12</sup> Vgl. Green/Taggart 2017, 9.

<sup>13</sup> Vgl. Unruh 2013, 82.

<sup>14</sup> Pfeifer 2016, 12.

<sup>15</sup> Vgl. Mahlke 2009, 62f.

Durch den rasanten Anstieg der Wirtschaft und des Lebensstandards in Entwicklungsländern, in denen zurzeit mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung lebt, lässt klar die Situation erkennen, mit der wir und die zukünftigen Generationen umgehen werden müssen. Auch wenn viele Prognosen zeigen, dass sich die Verteilung in Zukunft nicht rasant ändern wird, wird jedoch die Weltbevölkerung weiter ansteigen. Noch immer ist es so, dass Entwicklungsländer westliche Länder wie die der USA und Mitteleuropa als Vorbild haben und deren Art zu bauen kopieren. Genau darin liegt die Problematik. Wird in Zukunft der weitaus größere Bevölkerungsanteil der Erde so bauen wie wir gegenwärtig, wird das Problem der Klimaerwärmung und Ressourcenknappheit nicht in den Griff bekommen zu sein.

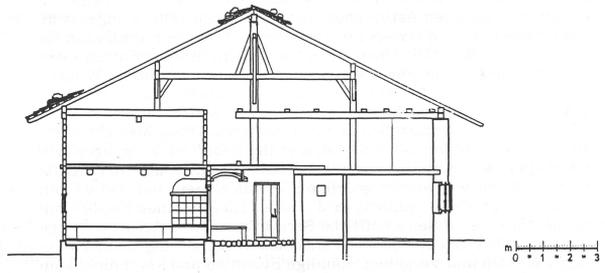
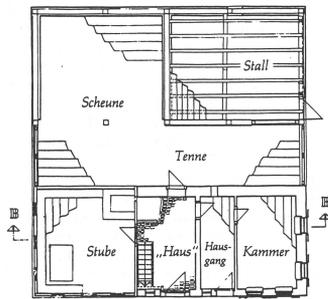


Abbildung 6: typisches Bauernhaus des Alpenvorlandes

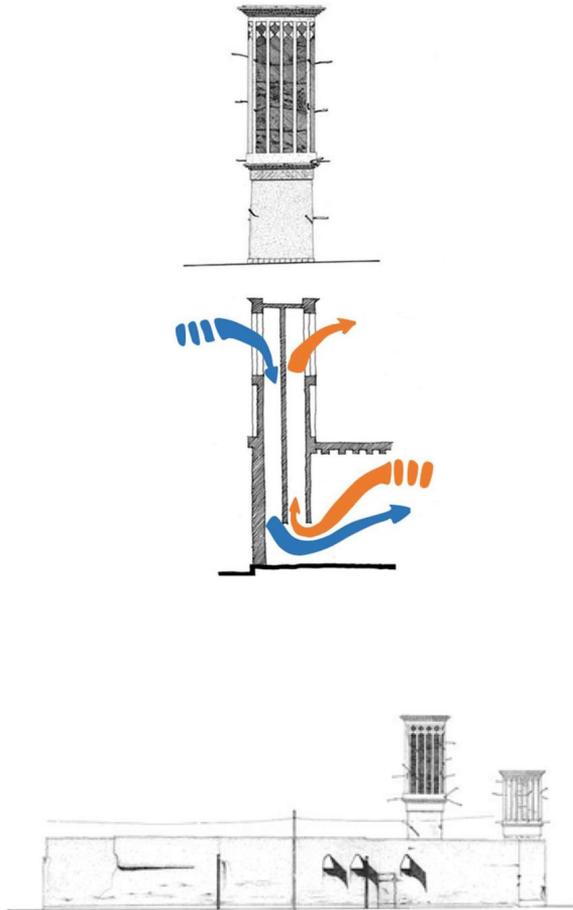


Abbildung 7: Windfänger im Mittleren Osten

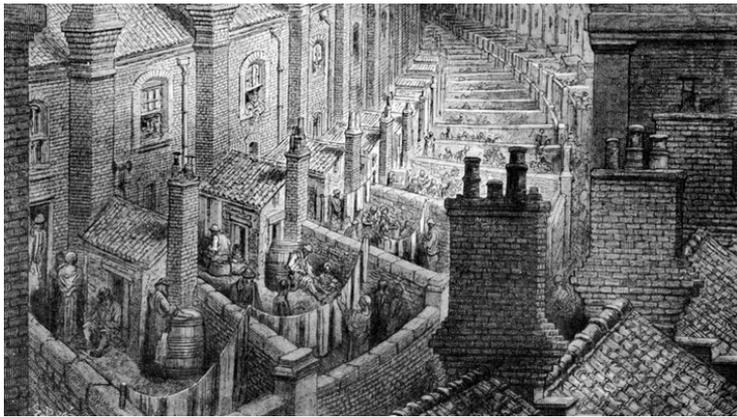
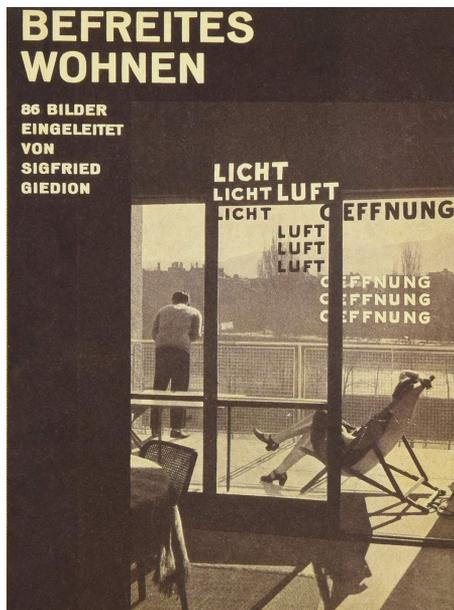


Abbildung 8: London im 19. Jhd.



»Licht, Luft und Öffnung« die Hauptziele des Neuen Bauens  
Abbildung 9: Plakat von 1931

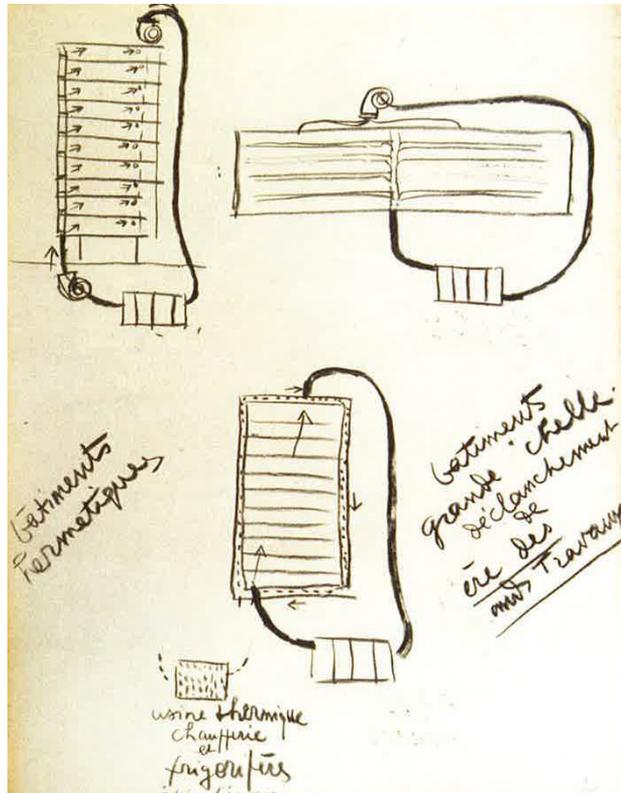


Abbildung 10: Konzept Mur neutralisant 1920's, Le Corbusier



Abbildung 11: Südfassade Cité de Refuge in Paris 1933 & 1952, Le Corbusier



# Entwurfsfaktor Klima

*»Welche Energieverschwendung, welcher Aufwand, um zu lüften, zu heizen, zu beleuchten... wenn ein Fenster genügt!«*

*- Luigi Snozzi*

Wie bereits im einleitenden Kapitel erwähnt, floss bei historischen Gebäuden das Wissen um das vorherrschende Klima nahezu immer in den Entwurf des Gebäudes mit ein. Traditionelles Bauen kann natürlich nicht 1:1 auf die heutige Zeit übertragen werden. Die heutige postindustrielle, digitale Gesellschaft mit ihrer komplexen Organisation und großen Ballungsräumen bedarf eigener Entwürfe. Jedoch können Elemente und Entwurfsgrundlagen herangezogen werden, die sich in traditionellen Bauten bewiesen haben - gerade in der heutigen Zeit, wo umweltschonendes Bauen unausweichlich geworden ist. So könnte ein Blick in die Vergangenheit ermöglichen, in der Zukunft noch zuverlässiger zu bauen.

Ob und wann ein Gebäude als umweltschonend zu bezeichnen ist, hängt von vielen Faktoren ab. Viele Parameter, wie der Standort, die Ausrichtung einzelner Wohnungen oder der genaue Nutzen etc. lassen sich im urbanen Raum nur bedingt beeinflussen. Jedoch können rein architektonische Entscheidungen, wie die verbauten

Materialien, die verwendete Typologie, die Art der Gebäudehülle und das Energiekonzept einen maßgeblichen Unterschied ausmachen.

Somit ist es in der heutigen Zeit von besonderer Bedeutung, der Planung einen noch wichtigeren Stellenwert zu geben. Denn Parameter, die über Qualität, Betriebstauglichkeit und Lebensdauer eines Gebäudes entscheiden, werden schon in der frühesten Entwurfsphase getroffen. Diese erste Phase des Entwurfs wird häufig aus Termin- und Kostengründen immer mehr verkürzt. Recherche zu Kontext, Klima, Typologie etc. sind zeitlich kaum noch möglich. Die Folge: erst wenn der architektonische Entwurf bereits feststeht, konsultiert und absegnet ist, wird über das Gesamtsystem der Haustechnik und über Einflüsse des Klimas beraten. Somit ist eine Rückführung etwaiger Änderungen und Verbesserungsvorschläge a priori ausgeschlossen.<sup>16</sup>

Wie im Zitat von Luigi Snozzi, einem Architekten der Moderne, eindeutig hervorgehoben: Ein Fenster, mit seiner Anordnung und Größe im Raum, kann bereits viel zum Klima im Gebäude beitragen - welches weitergedacht als Pufferraum das Gebäude aktiv vor Überhitzung im Sommer und vor Wärmeverlust im Winter schützen kann. Der normalerweise eindeutige Übergang zwischen Innen und Außen verschwimmt in dieser Form.

Der Grundriss und seine Benutzung ändern sich mit den Jahreszeiten. Klimatisch gesehen entstehen so Räume, deren Temperatur kontrolliert ist und solche, deren Temperatur jeglich vor Extremen geschützt wird. → Abb. 12

<sup>16</sup> Hönger/Brunner 2013, 15f.

## Solare Strahlung

Das Medium der Sonne samt ihrer Energie stehen uns in unseren Breiten uneingeschränkt zur Verfügung. Unter dem Terminus »passive Solarenergie« versteht man die direkte Umwandlung (ohne technische Hilfsmittel) der Solarstrahlung in Wärmeenergie. Im Vergleich dazu ist unter »aktiver Solarenergie« der Prozess beschrieben, welcher zum Beispiel in Photovoltaik-Anlagen oder Solarkollektoren stattfindet (mit technischen Hilfsmitteln) und die Solarstrahlung in Strom, Warmwasser etc. umwandelt.

In direktem Zusammenhang mit der passiven Energiegewinnung steht der Begriff der thermischen Masse, welche für die Speicherung der gewonnenen Energie herangezogen wird. Im folgenden Kapitel wird, aufbauend auf die Grundlage der passiven Solarnutzung, eine Methode erarbeitet, welche die Vorteile dieser Strategie aufzeigen und dem System in der heutigen Zeit eine verstärkte Berechtigung geben soll. Berücksichtigung findet dabei insbesondere die Tatsache, dass die solare Strahlung über das Jahr und über den einzelnen Tag hinweg nicht konstant ist. Um eine hohe Effektivität zu erzielen, ist deshalb eine Nord-Süd Ausrichtung besonders wichtig - für den Wärmeertrag ebenso wie für den sommerlichen Hitzeschutz. → Abb. 13

Das Sonnenstandsdiagramm und die Tabelle mit dem jährlichen Strahlungsertrag bilden die Grundlage. Mehr dazu im Kapitel Entwurf.

## Thermische Masse

Um die gewonnene solare Strahlungsenergie auch gut nutzen zu können, ist das Vorhandensein einer ausreichenden thermischen Masse Voraussetzung. Da die konstruktiven Bauteile eines Gebäudes meist diese Voraussetzungen erfüllen, macht es Sinn, diese so auszuführen, dass sie auch als thermischer Speicher fungieren können. Je größer die Speicherwirkung ist, desto geringer wird sich die Raumtemperatur erwärmen. Setzt die Energiequelle aus, wird die gespeicherte Wärme an den Raum abgegeben. Im Vergleich zu Leichtbauten bedeutet das, dass weniger überflüssige Energie weggelüftet werden muss. Durch eine hohe thermische Masse (Wärmespeicherkapazität  $c$ ) erzielt man ein langsames Ansteigen bzw. Abfallen der Raumtemperatur. Ebenso wird durch eine höhere Oberflächentemperatur und eine niedrigere Raumtemperatur ein angenehmeres Klima im Innenraum erlangt. Die thermische Masse bewirkt eine Amplitudendämpfung der Raumtemperatur. Gute Baustoffe sind Materialien mit einer hohen spez. Wärmekapazität  $c$  [ $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$ ] und einer Dichte von über  $300 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Eine hohe thermische Masse bedeutet aber auch, dass das System träge ist. Bei Wetterumsprüngen ist eine frühzeitige Abkühlung

bzw. Erwärmung Voraussetzung, um die Vorteile der Speicherwirkung nutzen zu können. → Abb. 14

An Heiztagen erwärmt die Wärmestrahlung durch Sonne oder Heizung die Speichermasse, welche über Nacht wiederum an den Raum abgegeben wird. Die Literatur empfiehlt ein Verhältnis von einer Speichermasse von 1200 kg pro 1 m<sup>2</sup> Fensterfläche, um die einfallende solare Energie auch ausreichend speichern zu können.<sup>17</sup>

Im Sommer nimmt die thermische Masse Wärmeenergie auf, die Raumtemperatur steigt dadurch nur langsam an und kann bereits am Abend ggf. mit kühler Außenluft wieder abgekühlt werden. Die Wärme, die bereits an die Speichermasse übertragen wurde, wird am Abend und in der Nacht durch Lüftung mit kühler Außenluft abgekühlt. Je größer die Temperaturdifferenz zwischen Tag und Nacht ist, umso besser und schneller erfolgt die nächtliche Abkühlung. Generell wurde festgestellt, dass bei massiver Bauweise die Raumtemperatur durchaus tiefer sein kann und trotzdem noch als angenehm empfunden wird, da die Oberflächentemperatur höher ist. → Abb. 15

Betrachtet man den gesamten Energieverbrauch (Graue Energie, Heiz/Kühl- und Lichtenergie), so erweist sich gemäß einer Forschungsstudie der

Hochschule Luzern eine Massivkonstruktion der Decken und Innenwände als besonders effektiv. Die Außenwand kann aus Leichtbau ausgeführt werden, da diese für das Innenraumklima eine vernachlässigbare Rolle spielt - jedoch durch dessen leichte Konstruktion einiges an Ressourcen und grauer Energie einspart.<sup>18</sup> → Abb. 16

<sup>17</sup> Vgl. Treberspurg 1994.

<sup>18</sup> Vgl. Stettler 2013, 76f.



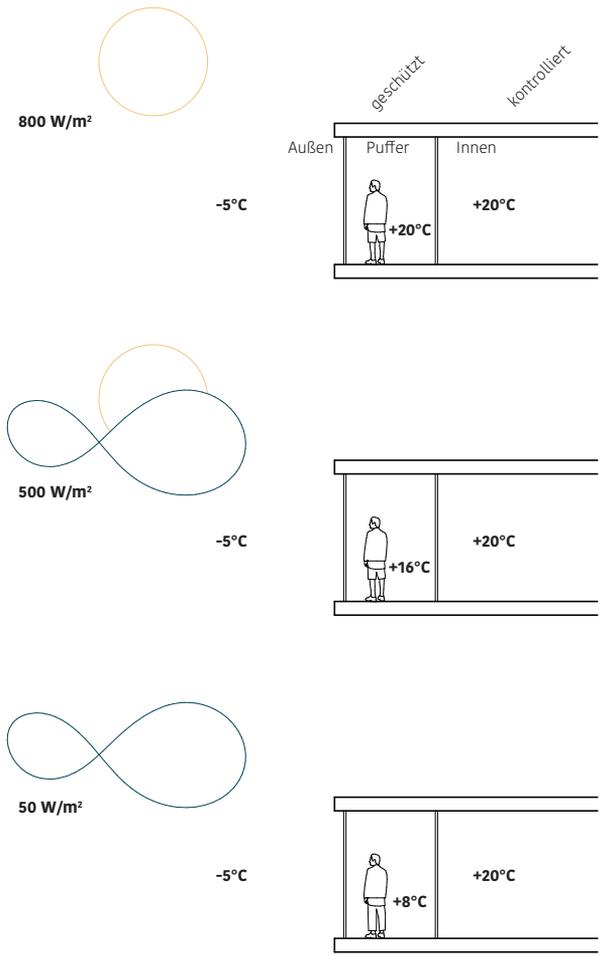


Abbildung 12: unterschiedliche Wärmezonen (Berechnung siehe Anhang 1)

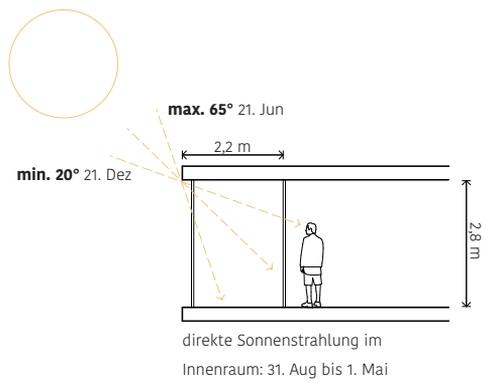


Abbildung 13: Mittagssonne im Jahresverlauf der Sonneneinstrahlung in Graz

Stahlbeton (2%)	$c = 1000$	[j/kg·K]	$\rho = 2400$	[kg/m <sup>3</sup> ]
Vollziegel	$c = 840$	[j/kg·K]	$\rho = 2000$	[kg/m <sup>3</sup> ]
Hochlochziegel	$c = 920$	[j/kg·K]	$\rho = 800$	[kg/m <sup>3</sup> ]
Massivholz	$c = 1600$	[j/kg·K]	$\rho = 450$	[kg/m <sup>3</sup> ]
EPS-Dämmung	$c = 1450$	[j/kg·K]	$\rho = 15$	[kg/m <sup>3</sup> ]
Holzfaserdämmung	$c = 2100$	[j/kg·K]	$\rho = 160$	[kg/m <sup>3</sup> ]

Abbildung 14: Materialkennwerte im Vergleich

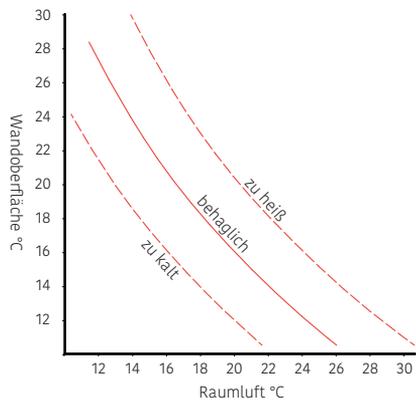
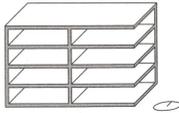


Abbildung 15: Behaglichkeitsdiagramm Wandoberflächentemperatur / Raumlufttemperatur [°C]



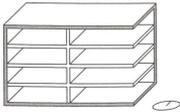
Basisvariante Massiv

Vergleich

**100%**

Gesamte Primärenergie	87 kWh/m <sup>2</sup> a
Graue Energie	32 kWh/m <sup>2</sup> a
Graue Treibhausgasemissionen	12 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> a
Q <sub>total</sub>	55 kWh/m <sup>2</sup> a
Q <sub>Heizung</sub>	36 kWh/m <sup>2</sup> a
Q <sub>Kälte</sub>	0 kWh/m <sup>2</sup> a
Q <sub>Licht</sub>	8 kWh/m <sup>2</sup> a

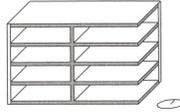
Als Primärenergie wird jene Energie bezeichnet, die als natürlich vorkommende Energieform oder Energiequelle zur Verfügung steht.



Zwischendecke und Innenwand leicht

**103%**

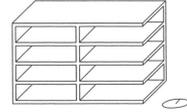
- 90 kWh/m<sup>2</sup>a
- 31 kWh/m<sup>2</sup>a
- 12 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>a
- 59 kWh/m<sup>2</sup>a
- 39 kWh/m<sup>2</sup>a
- 1 kWh/m<sup>2</sup>a
- 8 kWh/m<sup>2</sup>a



Aussenwand leicht

**97%**

- 85 kWh/m<sup>2</sup>a
- 30 kWh/m<sup>2</sup>a
- 11 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>a
- 55 kWh/m<sup>2</sup>a
- 36 kWh/m<sup>2</sup>a
- 0 kWh/m<sup>2</sup>a
- 8 kWh/m<sup>2</sup>a



Leichtbau

**102%**

- 89 kWh/m<sup>2</sup>a
- 28 kWh/m<sup>2</sup>a
- 11 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>a
- 60 kWh/m<sup>2</sup>a
- 40 kWh/m<sup>2</sup>a
- 1 kWh/m<sup>2</sup>a
- 8 kWh/m<sup>2</sup>a

Abbildung 16: Energiebedarf unterschiedlicher Konstruktionsarten



# Strategie Pufferraum

Ein Gebäude nicht bis an die Dämmebene auf 21 Grad Celsius aufzuheizen bzw. abzukühlen, sondern den Innenraum in kontrollierte und geschützte Temperaturbereiche aufzuteilen, ist keinesfalls ein neuer Ansatz, sondern ein Ansatz, der fast so alt ist, wie das Bauen selbst.

Nach der Recherche zu Typologien, die durch das örtliche Klima beeinflusst werden, kristallisierte sich schnell heraus, dass dies eine Strategie ist, die übersetzt in die heutige Zeit, durchaus ihre Berechtigung behalten kann. Bauteile der Architektur wie Veranda, Loggia, Erker, Poché, Laube oder Wintergarten zeigen auf, dass dieses Element bereits seit Jahrtausenden, in leicht abgewandelter und kulturell angepassten Weise, besteht und nicht erst eine Erfindung der Öko-Bewegungen der 70er Jahre ist. Nicht nur in Mitteleuropa sondern auf der ganzen Welt haben sich in den letzten Jahrhunderten Pufferräume aufgrund des regionalen Klimas entwickelt, und dies in Zweckbauten sowie in Prunkbauten. Beispiele sind die Galerías in Spanien → [Abb. 17](#), die Hofhäuser im Iran, Preskarjeva bajta - Almhütten in den Julischen Alpen → [Abb. 18](#), die Engawa in Japan → [Abb. 19](#) oder Tempelbauten in Marokko sowie das Kastenfenster in Mitteleuropa.

Folgend werden unterschiedliche Pufferräume kurz analysiert und für die Verwendung im eigenen Entwurf bewertet. Die ausgewählten Projekte sind jeweils in einem anderen Kontext situiert, funktionieren aber nach dem immer selben Low-Tech Prinzip - dem Entgegenwirken von Überhitzung im Sommer bzw. gegen den Wärmeverlust im Winter.

Beurteilungsschema der nachfolgenden Projekte:

<i>sommerlicher Hitzeschutz:</i>	<i>ja/nein</i>
<i>solarer Gewinn im Winter:</i>	<i>ja/nein</i>
<i>Nutzung des Pufferraums:</i>	<i>ja/nein</i>
<i>an Himmelsrichtung gebunden:</i>	<i>ja/nein</i>
<i>Konzept:</i>	<i>*Grafik</i>

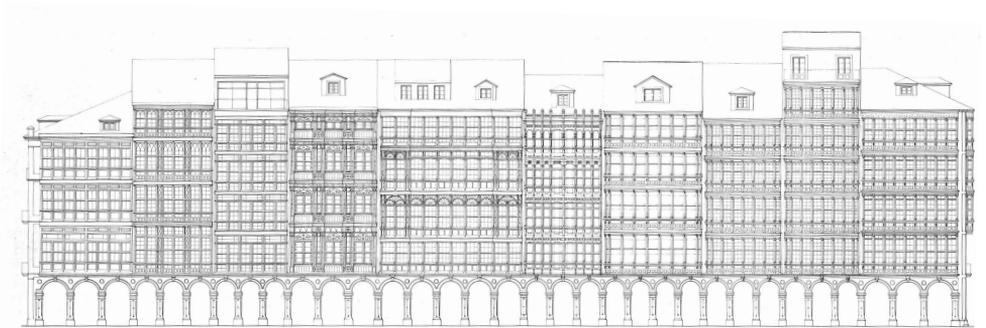


Abbildung 17: Glasvorbauten ab 1840 in La Coruña, Spanien

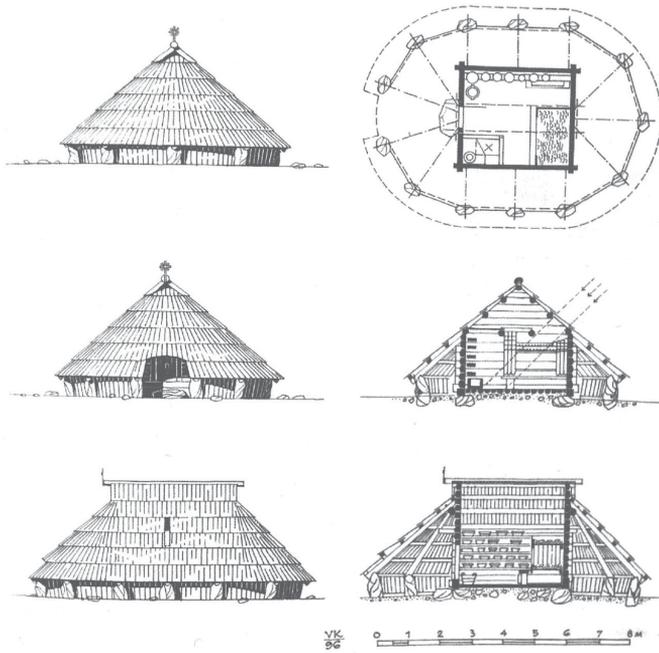


Abbildung 18: Preskarjeva bajta (zu Deutsch: Hirtenhütten) im Gebiet Velika Planina, Slowenien

## Schützen Engawa (Veranda)

Besonders interessant ist der japanische Begriff »engawa« (縁側), welcher wohl mit »Veranda« am besten übersetzt werden kann. Der überdachte Raum befindet sich zwischen dem Wohnraum und dem Garten des Hauses und liegt für gewöhnlich auf dem selben Niveau wie der Innenraum. Der klassische Engawa ist durch Schiebetüren vom Wohnraum getrennt. Im Sommer schützt er vor übermäßigem Einfall der Sonne und im Winter lässt er die Sonne tief in den Wohnraum bzw. schützt, wenn verschlossen, vor übermäßigem Wärmeverlust. Die Größe ist genormt und beträgt 0,5 oder 1ken.<sup>19,20</sup> → Abb. 19

sommerlicher Hitzeschutz: ja  
solarer Gewinn im Winter: nein  
Nutzung des Pufferraums: ja, Wohnraum  
an Himmelsrichtung  
gebunden: nein  
Konzeptgrafik:



## Erweitern Casa Latapie - Lacaton & Vassal

Im mitteleuropäischen Raum ist für diese Arbeit besonders das sogenannte Jahreszeitenzimmer interessant. In den kalten Wintermonaten erhitzt sich die Luft innerhalb des Puffers zwischen den Glasscheiben und ein Raum, der eigentlich ungeheizt ist, kann temporär genützt werden. Bei ausreichender Sonnenstrahlung kann er auch aktiv zur Heizung des dahinter liegenden Raumes beitragen. Im Norden gelegen verhindert der Pufferraum den übermäßigen Wärmeverlust nach außen ohne das zusätzliche Anbringen von Wärmedämmung.

In anderen Extremen - den Hitzetagen im Sommer - puffert das Jahreszeitenzimmer und schützt den dahinter liegenden Raum vor Überhitzung. Somit können Pufferräume, je nach Jahreszeit, Energie gewinnen bzw. den Wärmeverlust nach außen minimieren.

Pioniere von Jahreszeitenzimmern in der heutigen Architektur sind die französischen Architekten Anne Lacaton und Jean-Philippe Vassal. Im Projekt Maison Latapie, welches 1993 in Floriac in Frankreich fertiggestellt wurde, wendeten die beiden Architekten zum ersten Mal das Prinzip des Jahreszeitenzimmers an. Einem einfachen,

<sup>19</sup> Vgl. Engawa, [www.aistf.or.jp/%7Ejaanus/](http://www.aistf.or.jp/%7Ejaanus/), 03.11.2019.

<sup>20</sup> 1 ken entspricht 1,818 Meter und ist eine auch heute noch verwendete japanische Maßeinheit.

zweistöckigen Baukörper ist ein mit Polycarbonat verkleideter Raum vorgesetzt. Eigentlich von den Architekten als klassischer Wintergarten gedacht benützten die Bewohner ihn als Erweiterung des Innenraums, wenn es das Klima zuließ.<sup>21</sup> → Abb. 20

Das Projekt zeigt, dass der entstehende Raum, welcher sich weder als Innen noch als Außen bezeichnen lässt, einen neuen zusätzlichen Raum, der je nach Jahreszeit von den Bewohnern unterschiedlichst beansprucht werden kann. Im Vergleich zum klassischen, der Fassade vorgesetzten Balkon, welcher übers Jahr gesehen nur zirka vier Monate verwendet werden kann, können hingegen Pufferräume, insbesondere das Jahreszeitenzimmer, ähnliche Qualitäten wie der Balkon aufweisen, sind jedoch bis zu zehn Monate im Jahr benützlich.<sup>22</sup>

sommerlicher Hitzeschutz: ja  
 solarer Gewinn im Winter: Nein  
 Nutzung des Pufferraums: ja, Wohnraum  
 an Himmelsrichtung  
 gebunden: nein  
 Konzeptgrafik:



**Umhüllen** Das wachsende Haus - M. Wagner Stadtbaurat von Berlin, Lehrender an der Harvard-Universität, Autor von Büchern mit den Themenfeldern Städtebau, Politik, Wirtschaft und Architektur - all das beinhaltet das weitgefächerte Beschäftigungsfeld von Martin Wagner. Im Besonderen die Metropole - Mensch und die Mensch - Haus Beziehung betrachtete er eingehend genau. Dass Berlin heute zu einer der grünsten Städte Europas zählt, ist vor allem Wagner zu verdanken.<sup>23</sup>

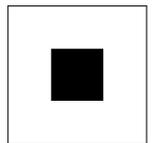
Noch in der Zeit vor dem zweiten Weltkrieg, einer Zeit, die von wirtschaftlichen und politischen Krisen gezeichnet war, verwirklichte Wagner »das wachsende Haus«. Ein Entwurf, welcher aus einem Wettbewerb hervorgegangen ist, wurde zusammen mit 23 weiteren Projekten bei der Berliner Sommerschau 1923 gebaut und ausgestellt. In seinem Entwurf verband Wagner mehrere Themenbereiche: die Vorfertigung und Standardisierung, das Leben in Naturnähe und das Zwiebelprinzip für die thermische Isolierung. Als »Bekleidung für das Haus« benannte er die vorgesetzte Fassade, die die Innenräume vor übermäßigem Wärmeverlust schützen sollte. Als zweite Schicht ordnete Wagner Schlaf-, Arbeits- und Sanitäräume um den zentral gelegenen Wohnraum an. → Abb. 21

<sup>21</sup> Vgl. Moratilla 2018, 26.  
<sup>22</sup> Vgl. Hönger 2012, 227.  
<sup>23</sup> Vgl. Wagner 1932.

Diese konnten, mussten aber nicht auf Wohnraumtemperatur gehalten werden und wirkten sich somit auch positiv auf die Wärmepufferung aus. Wichtige Merkmale sind die mögliche Verlängerung des Wohnraums in den Sommermonaten und die natürliche Belüftung und Belichtung aller Räume. Das Haus sollte »ein Raum zur Erholung sein und Belastungen aus dem Arbeitsalltag ausgleichen«<sup>24</sup> → Abb. 22

Typologisch gesehen handelt es sich beim wachsenden Haus um einen zentralisierten Typ, welchen bereits Georg Muche einige Jahre zuvor mit seinem Haus am Horn erprobte.

sommerlicher Hitzeschutz: ja  
 solarer Gewinn im Winter: ja  
 Nutzung des Pufferraums: ja, Wintergarten  
 an Himmelsrichtung  
 gebunden: nein  
 Konzeptgrafik:



## Gewinnen Haus Zankel - Konrad Frey

Der österreichische Architekt Konrad Frey verwirklichte 1972 mit dem Haus Fischer das erste Sonnenhaus Österreichs und ab 1976 das Haus Zankel in der französischen Umgebung von Genf. Karl Zankel sowie Konrad Frey teilten die Freude am Experimentieren und daraus entstand ein Solarlabor/Solarhaus. Da die Technik rund um Solarkollektoren noch nicht ausgereift und marktreif war, empfahl Frey Zankel, »doch einfach im Solarkollektor zu wohnen«.<sup>25</sup> Der anschließende Entwurf bestand aus einem aus Folien bestehenden passiven Solarkollektor und einem Schotterbett unter der Bodenplatte als Wärmespeicher. Das Experiment Haus Zankel hatte unzählige Schwachstellen, jedoch wurden Elemente wie der Solarkollektor an der Südseite, der Wärmespeicher und der Pufferraum zur Anwendung in zeitgemäßer Architektur erprobt, welche heutzutage standardmäßig Verwendung finden.<sup>26</sup> → Abb. 23

sommerlicher Hitzeschutz: nein  
 solarer Gewinn im Winter: ja  
 Nutzung des Pufferraums: ja, Wohnraum  
 an Himmelsrichtung  
 gebunden: ja  
 Konzeptgrafik:



<sup>24</sup> Vgl. Wagner 1932, 144.

<sup>25</sup> Vgl. Wagner/ Böck 2013, 6f.

<sup>26</sup> Vgl. Böllstorf 2013, 92-103.

## **Puffern** Karmeliterhof - Love Architecture

In Bezug auf die Außenhülle des Gebäudes nehmen Fenster eine wichtige Rolle ein. Sie ermöglichen einen Blickkontakt ins Freie, bringen natürliche Belichtung in das Rauminnere, wirken schallhemmend und stellen einen Wärmepuffer bzw. wirksamen Schutz vor sommerlicher Überhitzung dar. Letzteres war besonders in Zentraleuropa, wo Temperaturunterschiede zwischen Winter- und Sommermonaten schon mal 40 Grad und mehr betragen, sehr wichtig, und führte zur Erfindung bzw. Weiterentwicklung des Kastenfensters. Ein Luftpuffer zwischen zwei Glasscheiben fungierte zweierlei - als Wärmeisolation und Wärmekollektor. Es wurde zum Standardfenster und erlebte seine Blüte in der Gründerzeitlichen Bebauung. Mit dem Aufkommen von Isolierverglasungen, Zwei- und Dreifachverglasungen verschwand die Anwendung von Kastenfenstern Mitte des letzten Jahrhunderts.

Erst seit kurzem bekommt das Kastenfenster wieder vermehrte Aufmerksamkeit. Die einfache technische Herstellung und Vorteile, wie die der Sonnenfalle und dem guten Schallschutz, machen das Kastenfenster auch in heutiger Zeit wieder interessant.

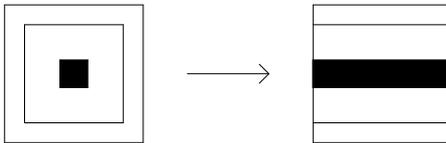
Das Grazer Architekturbüro Love Architecture hat im Rahmen der Renovierungen des Karmeliterhofs die Fenster der Büroräume durch eine neue Interpretation des historischen Kastenfensters ersetzt. → [Abb. 24](#)

sommerlicher Hitzeschutz: ja  
solarer Gewinn im Winter: nein  
Nutzung des Pufferraums: nein  
an Himmelsrichtung gebunden: nein  
Konzeptgrafik:



## Analyse

Nach der Analyse der einzelnen Projekte lässt sich sagen, dass für den Entwurf in Graz eine Mischstrategie besonders interessant wäre, um dem Pufferraum über das gesamte Jahr hinweg seine Berechtigung zu geben. Ähnlich wie O.M. Ungers in seinem, jedoch nicht realisierten Projekt, »Solarhaus«. Der Ansatz, dass Wohn- und Aufenthaltsraum sich je nach Jahreszeit und Temperatur ausdehnen und schrumpfen ist besonders interessant. Betrachtet man den Entwurf des Projekts von Martin Wagner so könnte man seinen Grundriss auch für den urbanen Raum adaptieren. → Abb. 21



## Ausrichtung

Vergleicht man die Projekte miteinander, fällt auf, dass die Ausrichtung nach Süden ausschlaggebend für den Gewinn und die Nutzung des Pufferraums ist. Pufferräume, die nicht nach Süden ausgerichtet sind, fungieren zwar als Puffer und beugen einem zu hohen Verlust an Wärme vor. Jedoch ist eine Verglasung nicht sinnvoll und sollte auf das mindeste, zur natürlichen Belichtung des Innenraums nötige Maß, beschränkt werden. Wie bereits erwähnt, liegt das Hauptaugenmerk bei Pufferräumen im Gewinn von Solarstrahlung und in der Verschattung des Innenraums in den Sommermonaten. Das Konzept beruht demnach auf einem Nord-Süd ausgerichteten Grundriss.

Im Süden angeordnet dient der Raum als zusätzliche Isolation zwischen dem Innen- und Außenraum, fungiert als »Wärmetauscher« wenn gelüftet wird, unterstützt bei ausreichend Sonnenstrahlung den dahinterliegenden Raum mit warmer Luft und schützt die innenliegende Fassade in den Sommermonaten vor direkter Sonneneinstrahlung und somit vor sommerlicher Überhitzung des Innenraumes.

Im Norden sind die solaren Gewinne praktisch null. Die Vorteile des Pufferraums sind hier der Wärmepuffer im Winter sowie eine blendfreie Belichtung der Innenräume. Da seine Funktion

als sommerlicher Hitzeschutz wegfällt, kann die Tiefe des im Norden angeordneten Puffers auch geringer sein und hängt von dessen Nutzung im Grundriss ab. Da Öffnungen nur an der Süd- und Nordfassade vorhanden sind, fällt die flach einfallende Westsonne, die im Sommer meist ein Hauptgrund für die Überhitzung ist, somit nicht ins Gewicht.

Eine Rotation des Gebäudes (um  $\pm 30^\circ$ ) ist noch gut vertretbar. Weicht jedoch der Winkel der Südfassade zuweit von der Idealausrichtung ab, minimiert sich der Wärmeeintrag im Winter und steigert diesen im Sommer. Geht die Ausrichtung gegen Ost-West, ist eine Vollverglasung nicht mehr zielführend und eine Lochfassade ist gegenüber einer Vollverglasung vorzuziehen.<sup>27</sup> Gesamt lässt sich somit sagen, dass dieses Konzept keine Alternative für den gängigen, Ost-West ausgerichteten Wohnungsbau ist sondern eine Alternative für Grundstücke darstellt, die eine nach Süden ausgerichtete Bebauung anbieten. Ich denke dabei zum Beispiel an die Möglichkeit als Teil eines städtebaulichen Konzepts einer neuen Quartiersentwicklung. → [Anhang II](#)

## **Kritisch betrachtet**

Der Pufferraum bringt aber, je nach Herangehensweise an das Thema des umweltschonenden Bauens, auch durchaus Nachteile mit sich. Wird der Pufferraum etwa zum Gewinnen von Energie genützt, muss dieser verglast werden. Befindet sich dieser vor Wohnräumen, muss dieser doppelt verglast ausgeführt sein. Da Glas jedoch ein Werkstoff ist, der eine große Menge an Energie für die Herstellung benötigt und nur bedingt recycelt werden kann, sollte dieser nur eingesetzt werden, wo er von Nöten ist.

Jedoch Positiv wirkt sich die Wiederverwendbarkeit von Glas aus - so ist es, unbeschädigt, fast grenzenlos haltbar, beständig gegenüber chemischen Umwelteinflüssen wie Abgasen etc. und erfährt nur wenige Abnutzungserscheinungen.

Im Weiteren muss die Nutzung des Pufferraums jahreszeitenabhängig bleiben. Der Nutzer darf diesen nicht als Innenraum ausbauen. Mit einer derartigen Adaption würden alle Vorteile verloren gehen.

<sup>27</sup> Vgl. Treberspurg 1994, 88.



Abbildung 19: typische japanische Engawa



Abbildung 20: Maison Latapie 1993 - Lacaton & Vassal

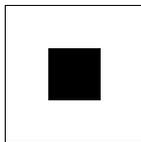
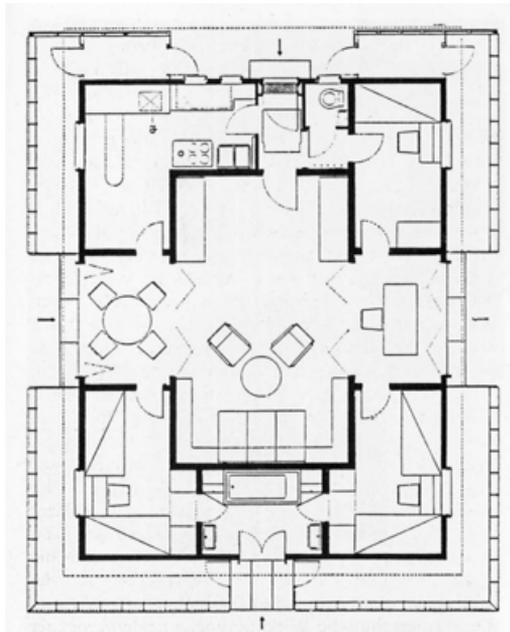


Abbildung 21: Das wachsende Haus - Martin Wagner, Grundriss

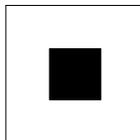
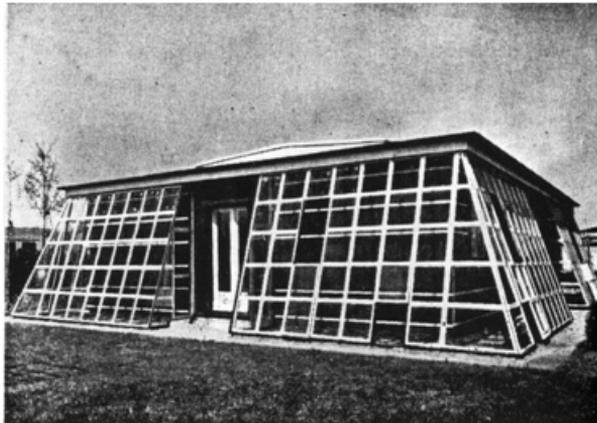


Abbildung 22: Das wachsende Haus - Martin Wagner, Westfassade

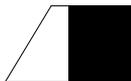


Abbildung 23: Haus Zankl 1976-1985 - Konrad Frey, Südfassade



Abbildung 24: »Klimafassade« Karmeliterhof Graz 2011 - Love architecture



# Strategie Materialität

Im Entwurf wird versucht, Baumaterialien jeweils dort einzusetzen, wo sie ihre vollen Vorteile entfalten können.

*»...probably no less than 75% of what we call architecture is, in fact, insubstantial, provisional arrangements of plasterboard that can change without effort - denying architecture its traditional aura or permanence, twice - it feels less serious, and because it is flimsy it could never be preserved / it would be absurd to preserve...«*

*- Rem Koolhaas*

Nachwachsender und regionaler Baustoff, angenehme haptische und optische Eigenschaften, recyclebar, trennbar und entsorgbar, leicht bearbeitbar, rascher Aufbau und sofortige Tragfähigkeit, gute Festigkeitswerte bei geringem Gewicht und gleichzeitig gute bauphysikalische Werte, industriefähig, CO<sub>2</sub> Speicher und die kontrollierte Abbrandrate sind Argumente, die den Baustoff Holz für das zeitgemäße Bauen unverzichtbar machen. Als Massivholzbaustoff verbaut entfallen grobe industrielle Umformungen und möglichst viele der positiven Eigenschaften bleiben erhalten. In vielen Fällen wird der Baustoff

Holz in der Rahmenbauweise mit Gipskarton beplankt und in unzählige Folien verpackt, um ihm Eigenschaften abzugewinnen, die vom klassischen Stahlbeton- und Ziegelbau bekannt und erwünscht werden. Dies geschieht oft zum Nachteil des Baustoffs Holz, der dadurch seine natürlichen guten Eigenschaften verliert.

Andererseits werden aber seit einigen Jahren diese vergessenen, guten Eigenschaften wiederentdeckt, und dem Baustoff wird wieder eine größere Bedeutung zugeschrieben. Vor allem in Bereichen, wo ein hoher Vorfertigungsgrad und eine geringe Bauzeit ausschlaggebend sind, wird gerne auf vorfabrizierte Holzmodule zurückgegriffen.

Besonders im Scheinwerferlicht stehen dabei auch seine positiven Eigenschaften im Hinblick auf den stattfindenden Klimawandel.

## **Holz und Kohlenstoffdioxid**

Wachsende Bäume nehmen im Laufe ihres Lebenszyklus  $\text{CO}_2$  aus der Atmosphäre auf und leisten zusammen mit verantwortungsvoll bewirtschafteten Wäldern einen positiven Beitrag zur Eindämmung des Klimawandels. Der Baum nützt Sonnenlicht, um  $\text{CO}_2$  einzulagern und den Kohlenstoff darauf in Zellulose umzuwandeln,

welche den Hauptbestandteil der Holzfasern ausmachen. Das gebundene  $\text{CO}_2$  bleibt solange im Baum, bis dieser beginnt abzusterben oder z.B. durch Feuer, zerstört wird. Die Menge an  $\text{CO}_2$  ist von der jeweiligen Spezies abhängig, steht allerdings direkt proportional zur Wachstumsrate. Junge Bäume wachsen zunächst schnell und nehmen viel Kohlendioxid aus der Luft auf. Mit zunehmendem Alter verringert sich jedoch die Wachstumsgeschwindigkeit. Ebenso verhält es sich mit der Absorptionsrate, die bis dahin weitgehend abnimmt, bis sich der Prozess umdreht und verrottende Bäume das gespeicherte  $\text{CO}_2$  wieder abgeben. Das Ziel ist, die Holzernte so zu steuern, dass das Verhältnis an Holzentnahme und Wachstumsphase optimal ausgenutzt wird und es zu einer  $\text{CO}_2$  Einlagerung kommt. Für die einzelnen Klimazonen und Holzarten ist dieser Vorgang immer unterschiedlich und Bedarf einer individuellen Betrachtung.<sup>28</sup> → Abb. 25

Bei der Verlängerung des Lebenszyklus des Holzes, durch dessen Verwendung in Massivholzbauteilen, ergeben sich langfristige Vorteile. Das  $\text{CO}_2$  bleibt im Holz eingeschlossen und die an ihrer Stelle eingepflanzten Bäume entnehmen der Luft weiteres  $\text{CO}_2$ , sodass sich der Zyklus fortsetzt. Mit zirka einer Tonne Kohlenstoffdioxid pro Kubikmeter Holz zeigt den Unterschied zu anderen Materialien deutlich auf. Jeder Einsatz

<sup>28</sup> Vgl. Green/Taggart 2017, 15-19.

von Holz bedeutet auch, dass andere eventuell CO<sub>2</sub> intensive Baustoffe nicht verwendet werden und sich somit ein weiterer Vorteil ergibt.<sup>29</sup>

Diese Sichtweise muss aber auch immer einer kritischen Betrachtung unterzogen werden. Holz mit dem Argument der CO<sub>2</sub>-Speicherung zu verbauen, ist zwar medienwirksame, jedoch auch zu hinterfragen. So kann ein Baum, der im Wald stehen bleibt, weitaus mehr für Klima und Natur leisten. Holz ist, wie am Anfang des Kapitels beschrieben, mehr als nur ein CO<sub>2</sub>-Speicher und sollte vorrangig unter dem Argument eines natürlichen und nachwachsenden Rohstoffs verwendet werden.

<sup>29</sup> Vgl. Green/Taggart 2017, 15-19.



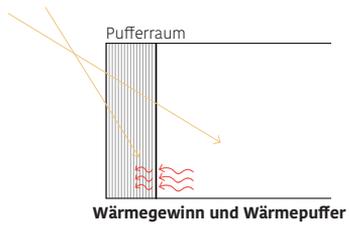
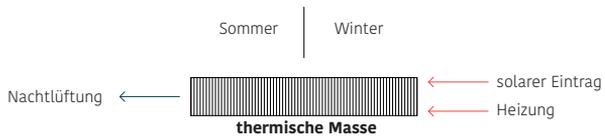


Abbildung 26: Entwurfsansätze für langfristiges Bauen unter Berücksichtigung des örtlichen Klimas



# These

Wie kann ein »umweltschonendes Gebäude« im städtischen Kontext aussehen?

Referenzbeispiele, wie die von Lacaton & Vassal oder das wachsende Haus von Martin Wagner zeigen auf, dass umweltschonende Konzepte, die mit einem Pufferraum ausgestattet sind, nur mit einem/r aktiven Bewohner/in funktionieren können. Das etwaige Ersparen von Betriebs- und Wartungskosten sowie ein erleichtertes Recycling des Gebäudes könnten wichtige Überzeugungsgründe sein. Weiters kann der vorfabrizierte Holzbau dazu beitragen, an Bauzeit zu sparen. Diese sind allesamt Vorteile, die nicht nur auf kurzzeitige Gewinne abzielen, sondern gesamtgesellschaftlich zu sehen sind.

## Die Herausforderung des Bewohnens

Projekte, die den/die Bewohner/Bewohnerin zurück in die Verantwortung nehmen, erfordern eine/n Benutzer/Benutzerin, der/die beobachtet und reagiert. Derartiges Wohnen jenseits des von uns gewohnten Standards fordert eine aktive Auseinandersetzung und ein Erleben der (gebauten) Umgebung - vielleicht fehlt es aber genau an dieser Wertschätzung in den meisten der heute errichteten Wohnbauten. Eine neue Beziehung zwischen Mensch und bewohntem Umfeld soll entstehen, die Identität schafft und Verantwortung gibt.

Um eine langfristig relevante Lösung zu bieten, soll untersucht werden, wie ein Wohnungsgrundriss aussehen kann, wenn klimatische Überlegungen bereits im Entwurf miteinbezogen werden. Auf Grundlage der Recherche habe ich für mich erkannt, dass umweltschonendes Bauen nicht bedeutet, z.B. möglichst viel Energie mit der dazugehörigen Technik und Baustoffen zu sparen. Vielmehr soll ein Gebäude entstehen, dass auf lange Sicht hin gebaut wird. Beim Bauen, während des Bewohnens und nach dem Ende der Lebensdauer sollen die verbrauchte Energie, Ressourcen und Müll auf ein Minimum reduziert werden. Als Strategie dazu wird die Verwendung von Pufferräumen festgelegt. Pufferräume schützen zusammen mit einer großen thermischen Masse vor Überhitzung und senken den Heizwärmebedarf. Im Weiteren werden Baustoffe intelligent

dort eingesetzt, wo deren Stärken optimal genutzt werden können. ← Abb. 26

Es wird anhand des Entwurfs untersucht, wie sich der Grundriss mit seinen unterschiedlichen Funktionen anpassen kann. Ziel ist es, in einem spekulativen Entwurf zu zeigen, wie ein System, das nicht nur Haustechnik einsparen, sondern auch neue Wohnqualitäten mit sich bringen kann, aussehen könnte.

Sieht man sich nochmal die zu Beginn erwähnten Konzepte Zero Energy, Zero Waste und Zero Emission an, so lässt sich nach dieser Recherche sagen, dass es wohl von Vorteil ist, einen guten Ausgleich dieser drei Ansätze zu erzielen und nicht einen für sich zu betrachten und zu optimieren.

Im nun Folgenden wird versucht, die vorangegangenen Worte in einen architektonischen Entwurf eines Systems zu übersetzen:



# Spekulativer Entwurf eines Systems

Ein System, wie ein umweltbewusstes Gebäude aussehen kann, wird durch Grundriss und Schnitt entwickelt und dargestellt. Da es sich um einen spekulativen Entwurf handelt, wird dieser zwar in Graz verortet, jedoch wird kein spezifischer Bauplatz ausgewählt. Somit begrenzt sich die Art der Darstellung auf Grundriss, Schnitt und Axonometrien. Mögliche Bauorte sind neue Quartiere wie z.B. Reininghaus, Kasernstraße, Eggenberg oder die geplante Erweiterung des Messequartiers.

## Annäherung an den Entwurf - Das Grazer Klima

Als Klima bezeichnet man die Witterung, die für ein geografisch bestimmtes Gebiet, sich jährlich wiederholend, typisch ist. Weltweit gibt es unterschiedlichste Klimazonen - die Tropen, Subtropen, gemäßigte-, subpolare- und polare Zone. Graz, sowie der Rest von Österreich, liegt in der gemäßigten Zone. Genau betrachtet herrscht in Graz das sogenannte Illyrische Klima, welches das Übergangsklima zwischen dem mediterranen, Alpen- und pannonischen Mesoklima bezeichnet. Geprägt ist es von einem milden Sommer und einem feuchten, mäßig kalten Winter.<sup>30</sup> → Abb. 29

Geografisch liegt Graz an einem Talaustrich südlich der Alpen in einem Becken (Grazer Becken), welches im Norden, Osten und Westen von Bergen umschlossen ist und sich im Süden zum Grazer Feld hin öffnet. Der Fluss Mur durchläuft das Becken von Norden kommend Richtung Süden. → Abb. 27

Wettertechnisch ergibt sich durch die Berge im Norden eine Abschirmung gegenüber Wettereinflüssen aus Mitteleuropa. Wetterumschwünge dringen meist aus dem Mittelmeerraum bis nach Graz durch. Der mediterrane Einfluss zeigt sich ebenfalls an den jährlich 2000 bis 2300

Sonnenstunden, einer durchschnittlichen Julitemperatur von 21,7 Grad Celsius und einer Sommernachtstemperatur von meist unter 20 Grad Celsius. → Abb. 30

Generell herrscht in Graz nur eine geringe Windströmung. Der vorwiegende Nordwind hat nur eine durchschnittliche Geschwindigkeit von ca. 1,4 m/s, was sehr gering ist und sich einerseits negativ auf die Frischluftzufuhr der Stadt auswirkt und andererseits aufgrund der Beckenlage eine Inversionswetterlage begünstigt. → Abb. 32 Aufgrund der geringen vorherrschenden Winde sind in Graz vor allem kleine thermische Windsysteme von Bedeutung. Durch die lokal unterschiedliche Erwärmung von Oberflächen kommt es zu tagesperiodischen Strömungen. Im Weiteren bringen Hang- und Talwinde nachts Frischluft in Teile der bebauten Stadt. Ebenso kommt es in Graz zu sogenannten Flurwinden aus dem Süden, welche lokal für einen Druckausgleich der Nordwinde sorgen, jedoch verschmutzte Luft wieder in die Stadtmitte leiten. → Abb. 28

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in Graz aufgrund der geringen Winde dem Druckausgleich zwischen warmen und kalten Teilen eine große Bedeutung zukommt. So können kühle Inseln, wie etwa begrünte Innenhöfe der gründerzeitlichen Bebauung, nachts für einen lokalen

<sup>30</sup> Vgl. Klimadaten Steiermark, <http://www.umwelt.steiermark.at/cms/ziel/25199/DE/> [09.09.2019]

Druckunterschied sorgen, welcher gut für die nächtliche, passive Lüftung von Gebäuden verwendet werden kann.<sup>31</sup>

Die weltweite Klimaveränderung lässt sich im Großraum Graz am Anstieg von Tropennächten (Temperatur in der Nacht fällt nicht unter 20 Grad Celsius) und am Anstieg von Unwettersituationen, wie dem gehäuftem Vorkommen von Starkregenereignissen, erkennen.<sup>32</sup> ← Abb. 5

Betrachtet man alle Klima und Wetterdaten zusammen, lässt sich feststellen, dass in Graz ein Klima vorherrscht, welches sich bei korrekter Ausrichtung der Gebäude, dafür eignet, die Vorteile von Pufferräumen zu nutzen - sowohl im Sommer als auch im Winter.

<sup>31</sup> Vgl. Hanio 2014, 4-6.

<sup>32</sup> Vgl. Graz-Universität Klimadaten, <http://www.umwelt.steiermark.at>, 09.09.2019.

Fürstenstand +754m



Kanzelkogel +615m



vorw. Nordwind ca. 1,4m/s

+353m

+474m

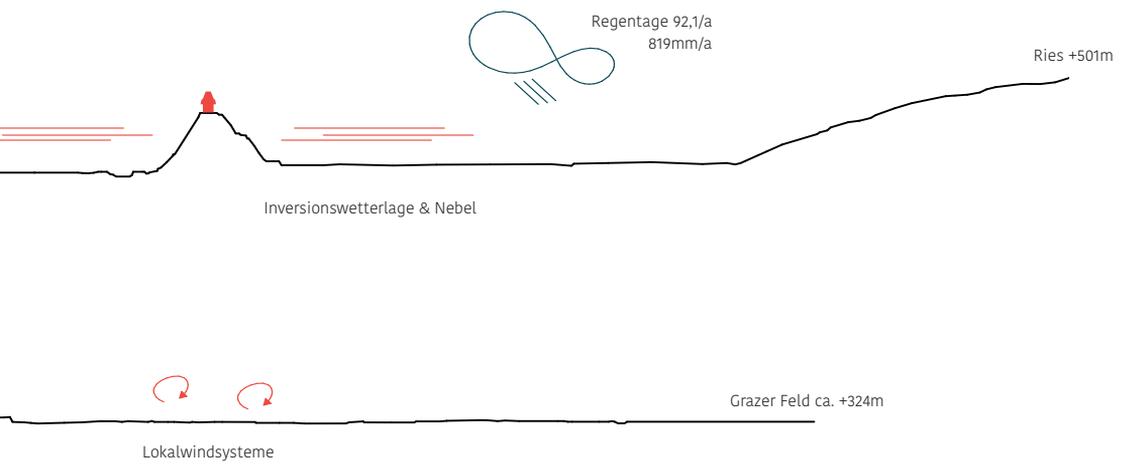


Abbildung 27: Systemschnitt Grazer Becken W-O  
Abbildung 28: Systemschnitt Grazer Becken N-S

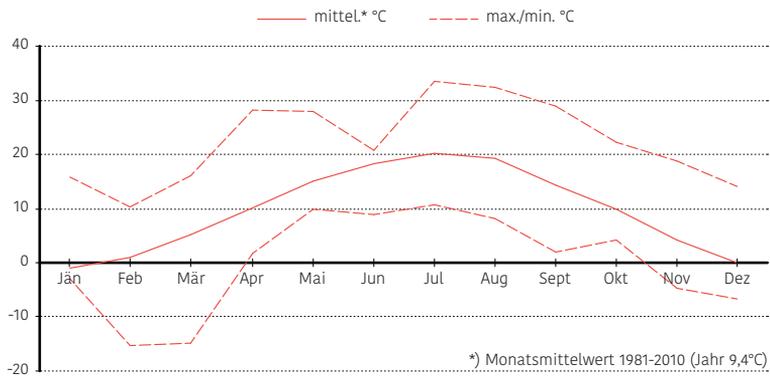


Abbildung 29: Temperaturverlauf Graz [°C]

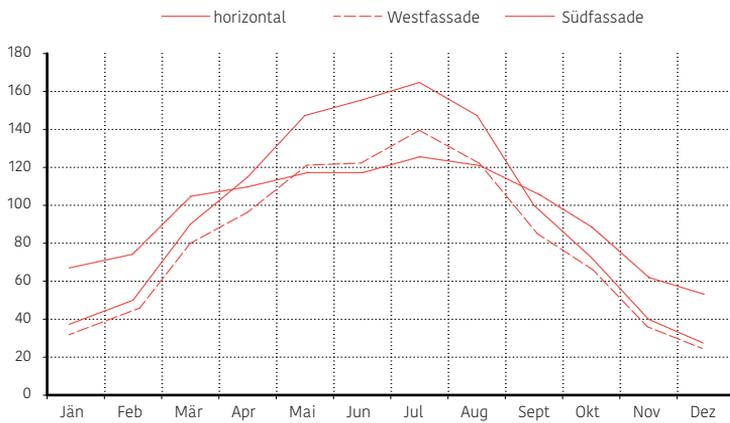


Abbildung 30: Solareinstrahlung Graz [kWh/m²]

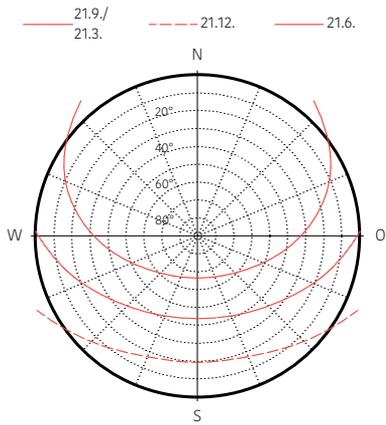


Abbildung 31: Sonnenstandsdiagramm Graz

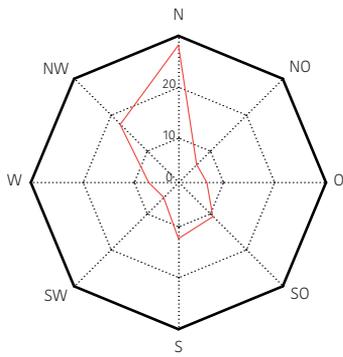


Abbildung 32: Windrose [%] Graz-Reininghaus

## **Annäherung an den Entwurf - Städtebauliche Situation**

Da es sich um einen spekulativen Entwurf handelt, wird der Städtebau nur im großen Maßstab behandelt. Entwurfsspezifische Parameter sind jene der Ausrichtung. Da die vorangegangene Arbeit gezeigt hat, dass das erstellte Konzept nur bei einer Nord-Südausrichtung funktioniert, ist keine uneingeschränkte Platzierung in der Stadt möglich. Was zu den größten Nachteilen zählt, ist zugleich auch die Stärke des Konzepts. Denn nur so lässt sich der passive Solareintrag im Winter nützen und nur so schützt der Pufferraum im Sommer vor Überhitzung. Der spekulative Entwurf ist im Besonderen für neue Quartiere gedacht, wo bereits im Masterplan auf die Anforderungen des Klimas eingegangen werden kann und nicht für die innerstädtische Nachverdichtung von z.B. Gründerzeitblöcken. Zusätzlich ist ein Mobilitätskonzept, welches auf die sanfte Mobilität setzt, Voraussetzung, um eine langfristige und attraktive Nutzung des Gebäudes sicherzustellen.

Zur Veranschaulichung des Systems wurde in den Folgenden Abbildungen ein 2-Spännertyp entwickelt der jeweils Zwei-, Drei-, oder Vierzimmer Wohnungen enthält. → [Abb. 34](#)

## **Annäherung an den Entwurf - Architektonisches Konzept**

Ein Mix aus den beiden Strategien »Sparen« und »Gewinnen« wird als Konzept gewählt. Der Pufferraum bildet zusammen mit einem massiv gebauten Wohnungskern die Grundlage des architektonischen Konzepts. Alle haustechnischen Anlagen, die mit Wasser versorgt werden müssen, befinden sich im bzw. an dem massiven Kern, der zugleich auch alle Räume, das Bad und die Küche enthält, welche Wärme »produzieren«. Der Wohnraum, der als Aufenthaltsort, Esszimmer, Arbeitszimmer etc. gesehen wird, ist Nord-Süd ausgerichtet. Vergleichbar mit dem Ofen in historischen Bauten liegen diese Räume um das Zentrum der Wohnung.

Der Pufferraum ist im Süden tiefer ausgeführt als im Norden, um im Sommer für ausreichend Beschattung zu sorgen. Im Norden dient er als Eingangsbereich und Wohnraumerweiterung. Besonders im Winter dient der Raum als Wärmepuffer und schränkt den Energieverlust nach Norden hin ein. Gleichzeitig bietet dieser eine blendfreie natürliche Belichtung. Es entsteht ein kompaktes Winterhaus, das Energie spart und versucht, den passiven Solargewinn zu maximieren - und ein, sich ausdehnendes, offenes Sommerhaus. Die Fassadenschicht bietet einen fließenden Übergang zwischen dem Innen- und Außenraum. → [Abb. 35 bis 49](#)

## Annäherung an den Entwurf - Konstruktion

Aus Sicht der Baukonstruktion werden die Vorteile des hohen Vorfertigungsgrades und Fertigteilbaus des Holzbaus genützt. Unter Fertigteilbau versteht man in der Architektur, dass Wände und Decken unter kontrollierten Bedingungen vorfabriziert werden. In Fertigteilwerken und frei von eventuell störenden Umwelteinflüssen werden sie gegebenenfalls schon inklusive Installationen, Fenster, etc. produziert und anschließend auf der Baustelle nur noch versetzt. Das System spart Zeit und minimiert Verzögerungen, wodurch Kosten gespart werden. Eine detailgenaue Planung, in die bereits alle Bauangaben der unterschiedlichen Gewerke einfließen müssen, ist vor Baubeginn nötig. Das Fertigteilbausystem hat sich in den vergangenen Jahren massiv weiterentwickelt und zählt mittlerweile schon zum Standard im Holzbau. → Abb. 50

Der Entwurf selbst setzt sich aus drei verschiedenen Systemen zusammen:

*Der Massive-Kern* ist aus 2D-Stahlbeton-Fertigteilen gefertigt und zieht sich längs durch den Grundriss. Er dient als Aussteifung und thermische Masse. Er beinhaltet gleichzeitig die komplette Haustechnik und ist bauteilaktiviert.

*Die zweite Schicht* bildet als Raumabschluss eine 2D-Fertigteil-Holzrahmenwand bzw. eine 2D-Fertigteil-Massivbauwand als Wohnungstrennwand. Dadurch wird die gegebenenfalls nötige Grundrissanpassung innerhalb einer Wohnung vereinfacht.

*Die dritte und äußerste Schicht* ist eine Stützen- und Plattenkonstruktion aus Holz, die den Pufferraum und die Unterkonstruktion der verglasten Fassade bildet. → Abb. 54, 55

Die vertikale Erschließung erfolgt über ein an der Nordseite gelegenes, etwas abgesetztes Stiegenhaus.

Da alle Systeme klar aneinandergereiht sind, können diese jeweilig ihre vollen Vorteile zeigen. Es entstehen einfache Bauteilaufbauten, die keine neuen Technologien benötigen und auf keine »besonderen« Baustoffe setzen. ← Abb. 26

Der Bau beginnt mit dem Errichten des Fundaments aus Ortbeton und anschließend dem Fertigteil-Stahlbetonkern. Nach dem Vergießen aller Stahlbetonbauteile wird der Fertigteil-Holzbau geschoßweise aufgestellt und am Stahlbetonkern befestigt. → Abb. 51 Der Rasterabstand beträgt  $a = 3,5$  m (Nebenraum) und  $b = 4,0$  m (Wohnraum) und orientiert sich nach der Funktion im Grundriss. → Abb. 53

Im Schnitt ist eine lichte Raumhöhe von 2,8 m und eine Geschoßhöhe von 3,1 m geplant. Die Raumhöhe beruht auf dem Einfallswinkel der Sonne und der nötigen Grundfläche zur Nutzung des Pufferraums. ← Abb. 13

Die Konstruktion des Systems ist im Detail auf die Gebäudeklasse 4 ausgelegt. Im Konkreten bedeutet das, dass die tragenden Bauteile auf Abbrand dimensioniert sind. Um jedoch keine zu hohen Holzquerschnitte zu erreichen, ist dieser Ansatz auf die Gebäudeklasse 4 (GK4) beschränkt. Ab der GK5 müssen tragende Bauteile gekapselt werden oder bei maximal sechs Geschoßen weiter auf den Brandfall dimensioniert werden.

Die thermische Hülle bildet jeweils die innere raumhohe Fassade des Pufferraums. Die Zweifachverglasung besitzt den nötigen U-Wert um eine möglichst große Temperaturamplitudendämpfung zu erreichen. Die äußere Fassade des Pufferraums hat die Aufgabe der Sonnenfalle und des Puffers vor zu großem Wärmeverlust. Aufwendige mehrschichtige Wandaufbauten entfallen zur Gänze. → Abb. 54 bis 66

## **Annäherung an den Entwurf - Material Konzept** → Abb. 33

### **Holz**

Wie im Kapitel zur Strategie Materialität bereits analysiert ist Holz ein Baustoff, welcher vielfältige Vorteile besitzt. So ist er, wenn vor Nässe geschützt, ein idealer Baustoff, welcher stabil und leicht zugleich ist.

In dem Entwurf wird Holz für die raumbildende Konstruktion überall dort angewendet, wo es uneingeschränkt verwendet werden kann. Bis auf den Kern des Gebäudes wird Holz in Form von BSH Stützen und Unterzügen angewandt und als BSP im Bereich der Wände und Decken. Im Bereich der Decken wird das Holz sichtbar gelassen. Sämtliche Installationen für Licht etc. werden entlang des Luftkanals geführt. → Abb. 52

### **Glas**

Bereits seit dem Jahr 1000 u. Z. wird Glas in Europa hergestellt. Es sollte noch bis ins 17. Jahrhundert dauern, bis sich die Technik und das Material so weiterentwickelten, um fixer Bestandteil des Bauwesens zu werden. In der heutigen hoch technischen Glasherstellung wird nur etwa auf 20% Altglas zurückgegriffen. Glas

ist theoretisch unendlich haltbar. Die komplexe chemische Zusammensetzung moderner Gläser, deren hoher Energieaufwand bei der Herstellung und die begrenzte Möglichkeit zum Recyclen, machen es jedoch zu einem Baustoff, der entsprechend sparsam verwendet werden soll.<sup>33</sup> Glas als Baustoff ist dennoch hinsichtlich seiner positiven solaren Einträge an der Südfassade interessant. Dass durch seine Verwendung der Verbrauch der grauen Energie ansteigt, wird damit gerechtfertigt, dass Glas im Grunde wiederverwendet werden kann. Ebenso entfallen Dämmstoffe und Sondermüllaufbauten, die nur eine begrenzte Haltbarkeit besitzen.

Folgende bauphysikalische Parameter sind für eine optimale Nutzung der Solarenergie ausschlaggebend:

*Der U-Wert* setzt sich zusammen aus dem U-Wert der Verglasung und des Fensterrahmens. Heutzutage kommen Zwei- und Dreischeibenverglasungen zur Anwendung. Im Entwurf kommt eine Zweischeibenverglasung zur Anwendung mit einem U-Wert<sub>ges.</sub> von 1,2 W/m<sup>2</sup>K

*Der g-Wert*, Gesamtenergiedurchlassgrad, gibt an, wie viel Sonnenenergie durch die Glasscheibe gelangt. Ein hoher g-Wert ermöglicht

einen hohen Wärmeeintrag. Ein niedriger g-Wert schützt hingegen vor Überhitzung. Im Entwurf wird für die äußere Südfassade eine Verglasung mit einem g-Wert von 80% gewählt, um möglichst viel der solaren Energie in den Pufferraum zu bringen. Bei gängigen Wärmeschutzverglasungen sind g-Werte unter 50% möglich.

### **(Stahl-)Beton**

Zement zusammen mit Zuschlagsstoffen und Wasser verarbeitet ist besonders in der Verbindung mit Stahl auf Druck und auf Zug beanspruchbar. Durch die energieintensive Herstellung des Zements ist Beton ein Baustoff mit einem hohen Wert an CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Beton ist dort einzusetzen, wo er als Spezialist seine guten statischen Eigenschaften entfalten kann, besonders bei erdberührten Bauteilen und Bauteilen, die mit unkontrollierter Feuchte in Berührung kommen können.

Beton hat allerdings, wenn man ihn nicht an die Außenwand sondern in den Innenraum setzt, einen weiteren Vorteil. Die hohe Wärmespeicherefähigkeit, Wärmeleitfähigkeit und Dichte machen ihn zu einem sehr guten Wärmespeicher. Da 1 m<sup>2</sup> Stahlbetonwand mit einer Stärke von 20 cm rund

<sup>33</sup> Vgl. Geschichte d. Glasherstellung, <https://www.baunetzwissen.de>, 30.7.2019.

480 kg wiegen ergibt sich eine mögliche Wärmespeicherung von etwa 480 kJ/K. (Hochlochziegel 147 KJ/K, BSP 144 kJ/K). Beton bildet im Entwurf den Kern des Grundrisses und beinhaltet die gesamte Haustechnik mit allen Leitungen. Im Sanitärbereich wird er verfliest und im Bereich der Küche sichtbar gelassen und weiß lasiert. ←Abb. 14

Aufgrund dieser Vorteile wird im Entwurf Lehm in Form von Lehmputzen an den Innenwänden angebracht.

## **Lehm**

In so gut wie allen Teilen der Welt kommt Lehm in unterschiedlichen Zusammensetzungen unter der obersten Humusschicht vor. Dadurch kann Lehm vor Ort oft direkt aus dem Aushubmaterial gewonnen werden. Er besteht aus Ton und Sand und bildet sich durch das langsame Vermahlen von anderen Gesteinen. Somit gleicht kein Lehm dem anderen. Die unterschiedlichen Sand- und Tonanteile sind entscheidend für seine Bau- und Farbeigenschaften. Durch seinen geringen Feuchtegehalt von nur 6-7% ist er trockener als Holz, hat jedoch die Fähigkeit, Feuchtigkeit aus der Luft sehr rasch aufzunehmen, aber auch sofort wieder abzugeben. Lehmputze wirken sich weiters Vorteilhaft auf die Akustik aus und Räume weisen aufgrund der geringeren elektrostatischen Aufladung ein niedrigeres Staubaufkommen auf. Im Weiteren kann Lehm ohne Rückstände der Natur zurückgeführt werden.<sup>34</sup>

<sup>34</sup> Vgl. Rauch/Kamfinger, <http://www.lehmtonerde.at>, 30.7.2019.

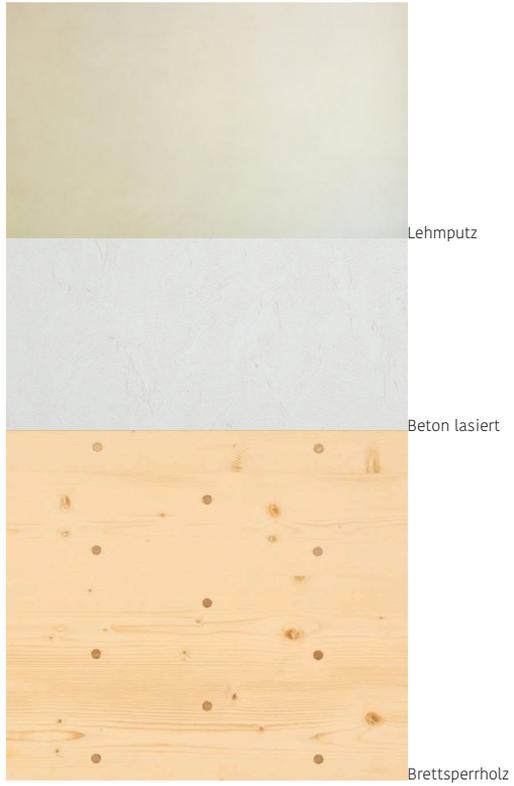


Abbildung 33: Materialcollage Innenraum

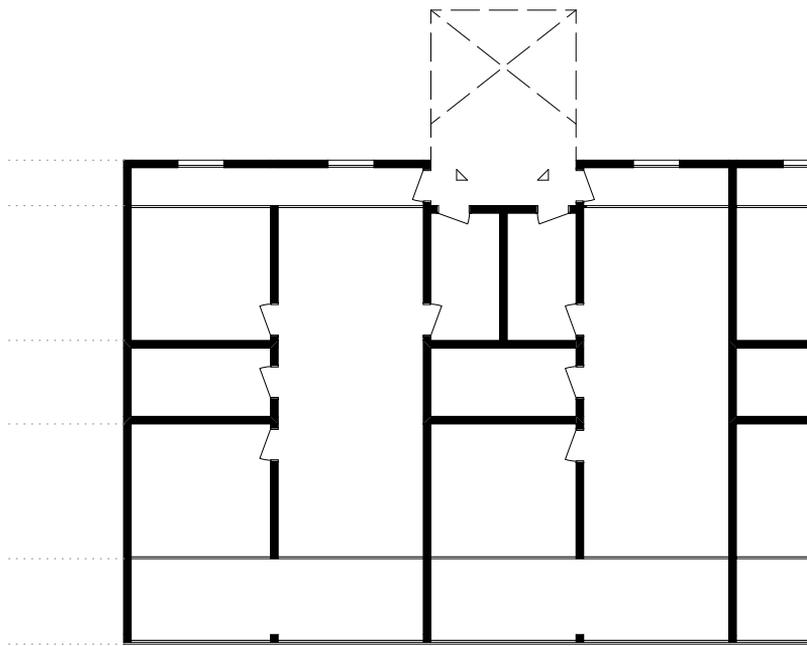
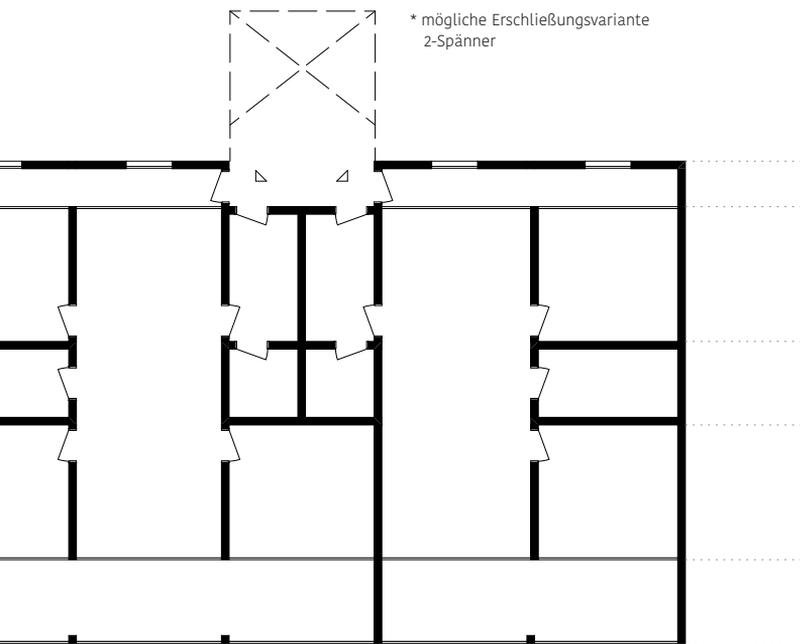


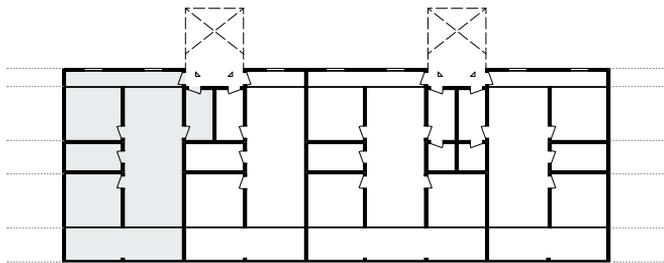
Abbildung 34: möglicher Regelgrundriss Mischtyp zwei-, drei- und vier Zimmer



\* mögliche Erschließungsvariante  
2-Spänner

Grundriss Szenario **Winter**

Variante 3-Zimmer

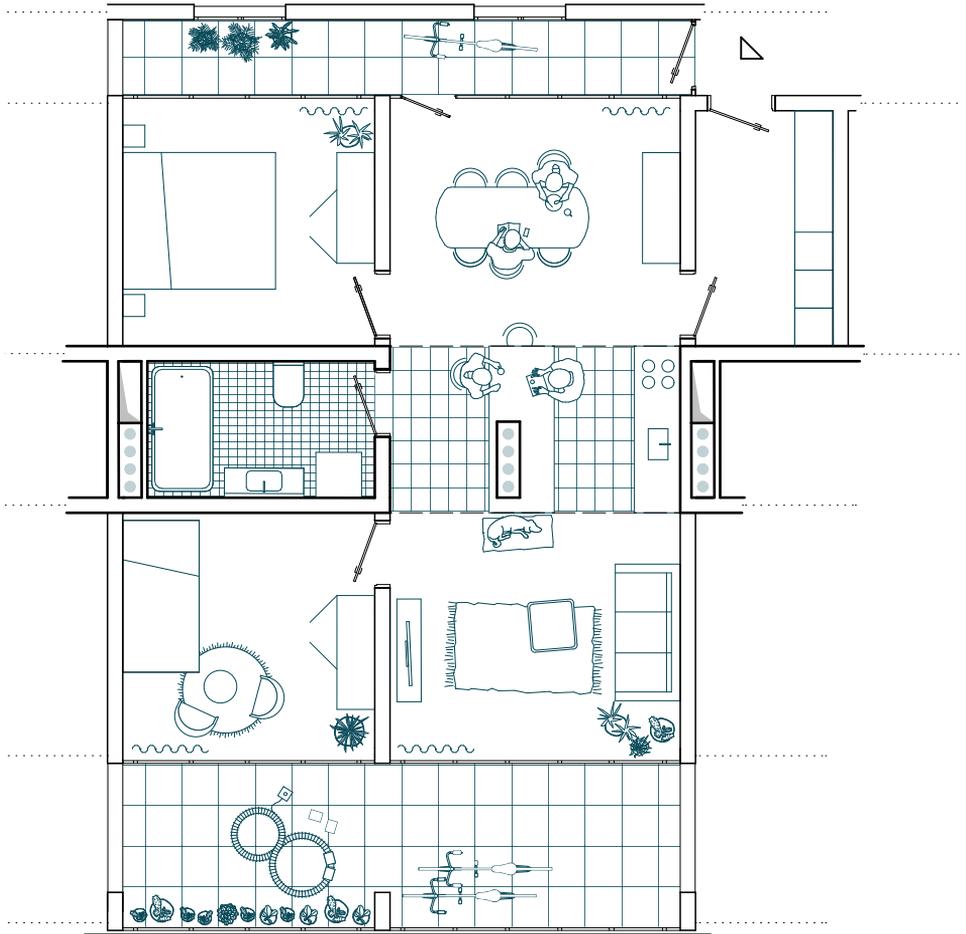


Vorzimmer	6,0m <sup>2</sup>
Wohnraum Süd	12,7m <sup>2</sup> +7,6m <sup>2</sup>
Wohnraum Nord	12,7m <sup>2</sup> +3,8m <sup>2</sup>
Küche	8,3m <sup>2</sup>
Bad/Wc	6,5m <sup>2</sup>
Zimmer Süd	12,2m <sup>2</sup> +7,3m <sup>2</sup>
Zimmer Nord	12,2m <sup>2</sup> +3,1m <sup>2</sup>

NF **70,6m<sup>2</sup> + 21,8m<sup>2</sup> = 92,4m<sup>2</sup>**

genordet | 1:1000

Abbildung 35: Grundriss Übersicht - Dreizimmer-Typ



genordet | 1:100

Abbildung 36: Grundriss Winter - Vierzimmerwohnung

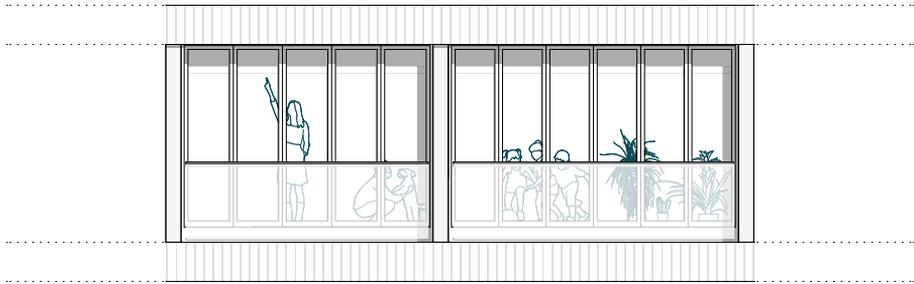
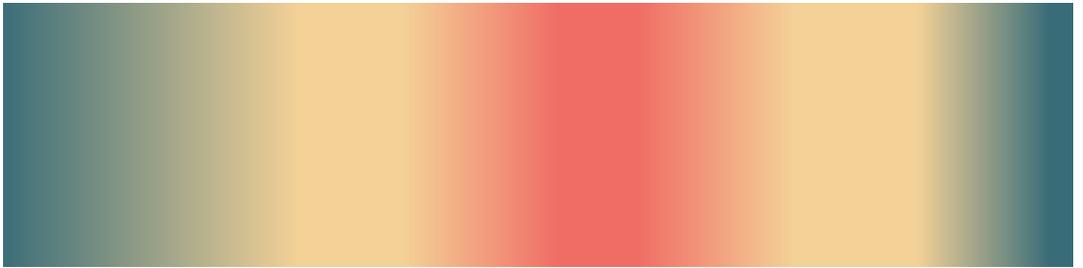
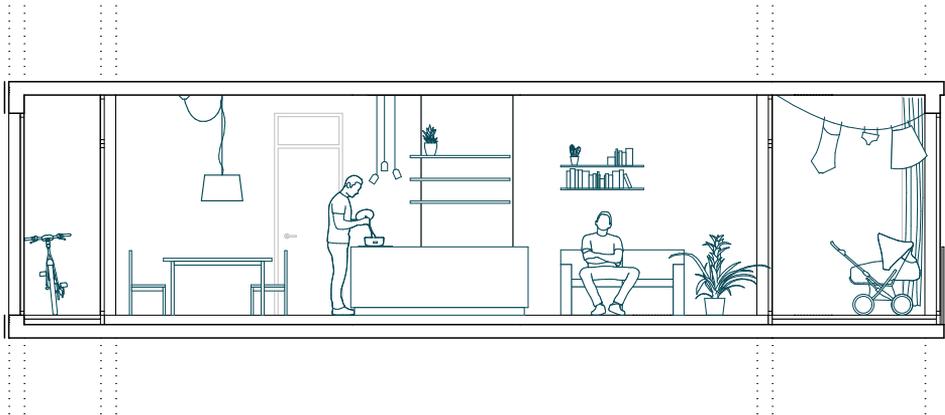


Abbildung 37: Ansicht Süd Winter

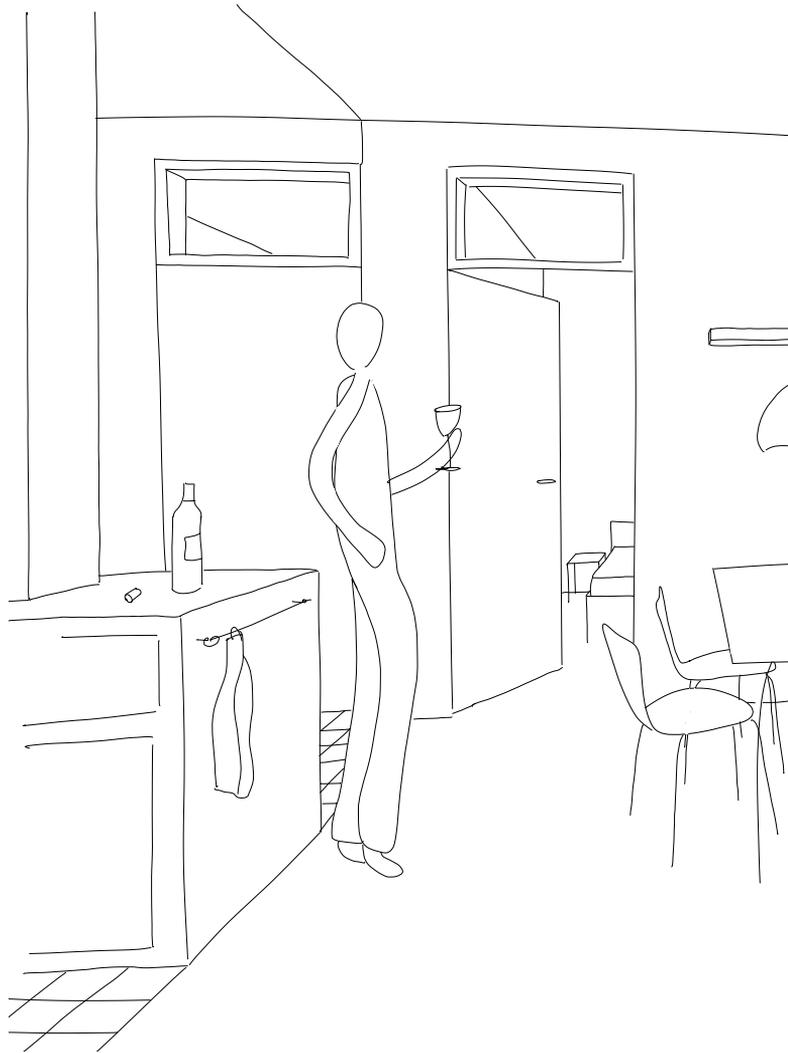


Temperaturverlauf



1:100

Abbildung 38: Schnitt Winter - Zimmer und Sanitärkern



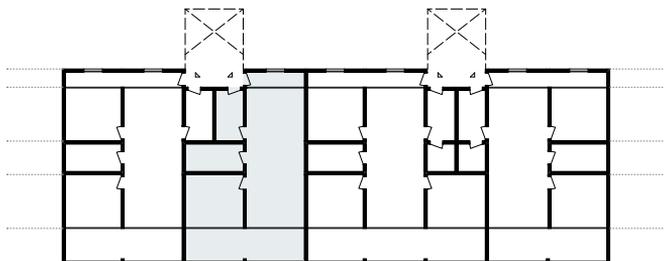
Szenario Winter



Abbildung 39: Innenraumperspektive Wohnraum Nord

Grundriss Szenario **Übergangszeit**

Variante 2-Zimmer

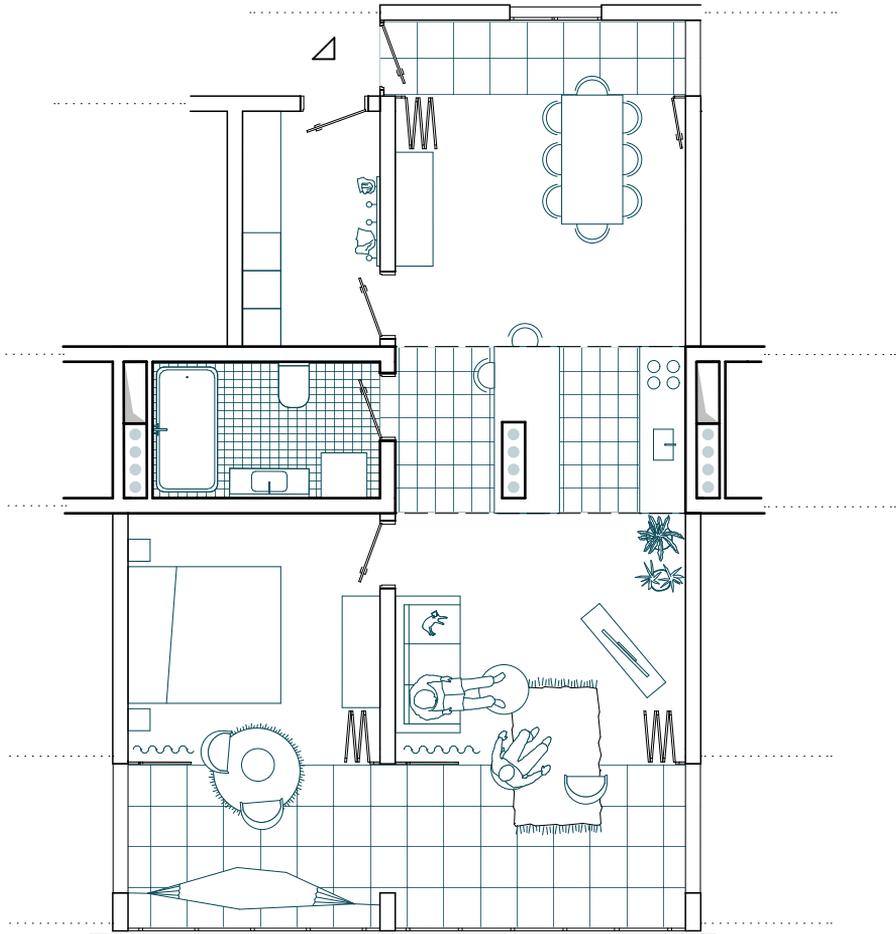


Vorzimmer	6,0m <sup>2</sup>
Wohnraum Süd	12,7m <sup>2</sup> +7,6m <sup>2</sup>
Wohnraum Nord	12,7m <sup>2</sup> +3,8m <sup>2</sup>
Küche	8,3m <sup>2</sup>
Bad/Wc	6,5m <sup>2</sup>
Zimmer Süd	12,2m <sup>2</sup> +7,3m <sup>2</sup>

NF **58,4m<sup>2</sup> + 14,5m<sup>2</sup> = 72,9m<sup>2</sup>**

genordet | 1:1000

Abbildung 40: Grundriss Übersicht - Zweizimmer-Typ



genordet | 1:100

Abbildung 41: Grundriss Übergangszeit - Dreizimmerwohnung

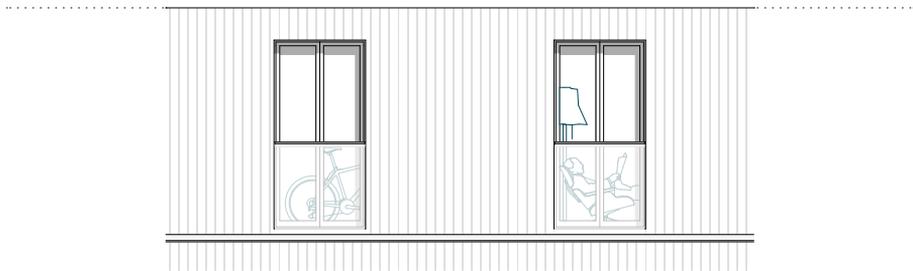
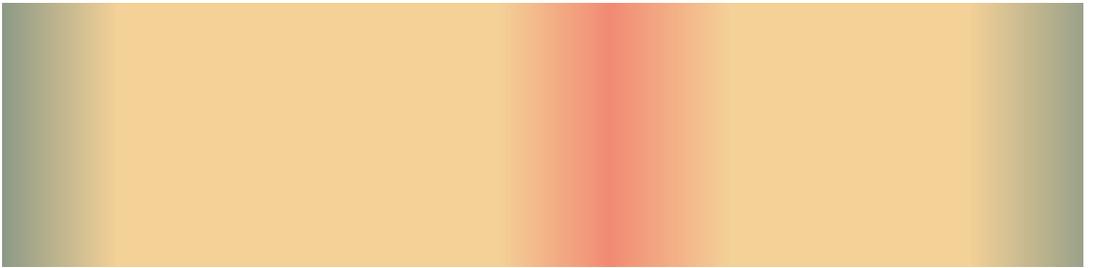


Abbildung 42: Ansicht Nord Übergangszeit

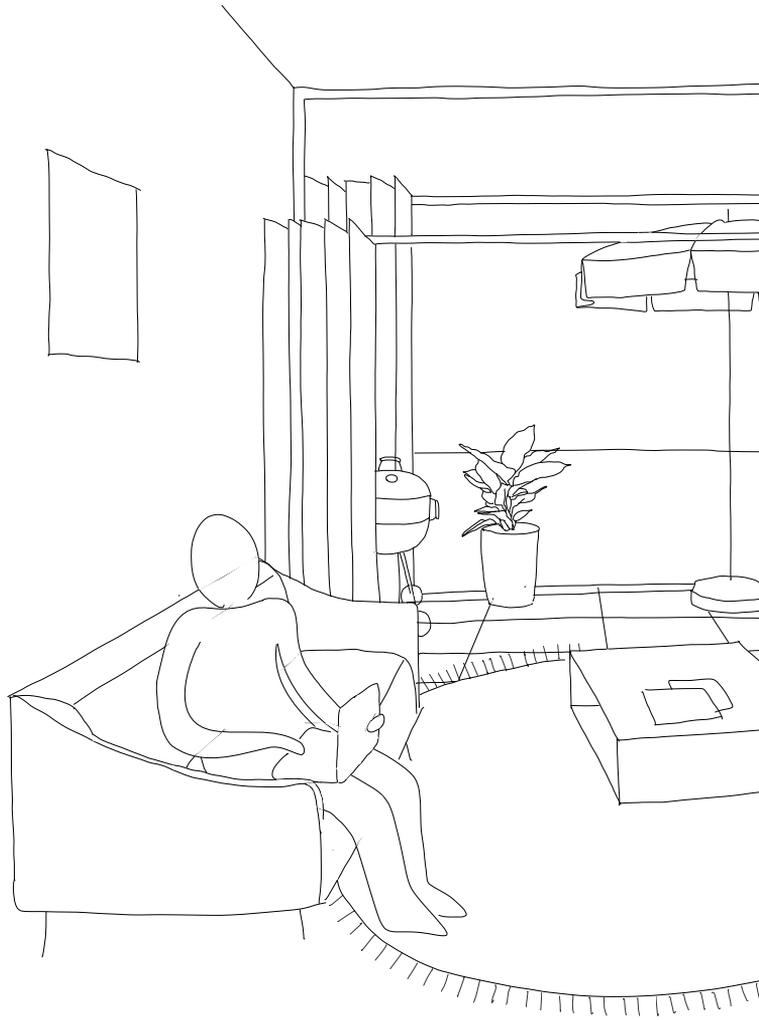


Temperaturverlauf



1:100

Abbildung 43: Schnitt Übergangszeit - Wohnraum



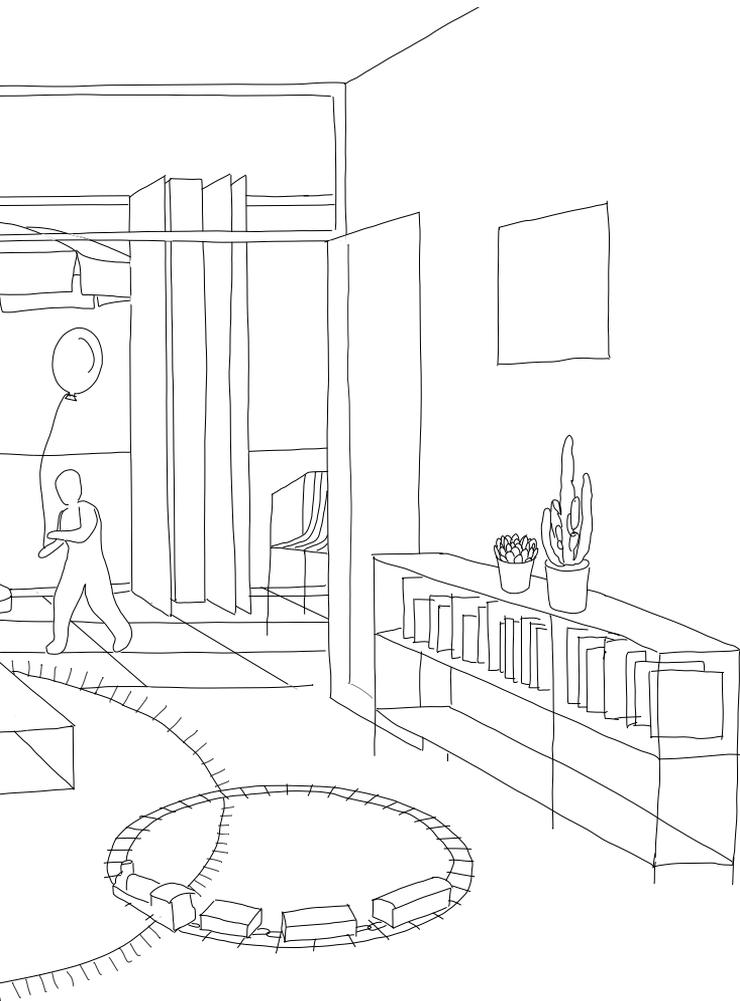
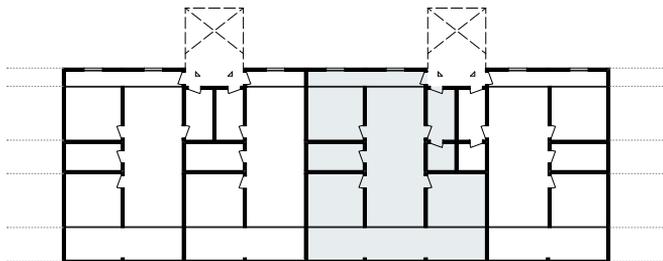


Abbildung 44: Innenraumperspektive Wohnraum Süd

Grundriss Variante **Sommer**

Variante 4-Zimmer

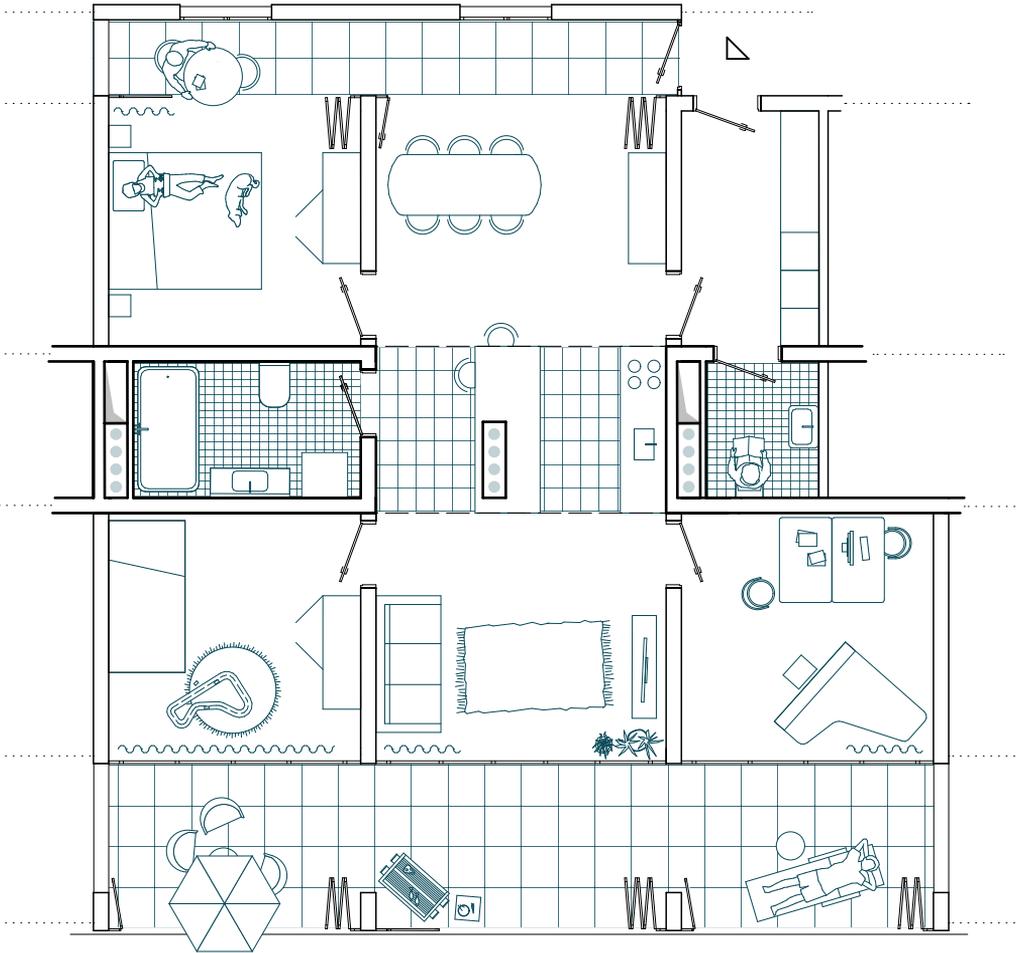


Vorzimmer	6,0m <sup>2</sup>
Wohnraum Süd	12,7m <sup>2</sup> +7,6m <sup>2</sup>
Wohnraum Nord	12,7m <sup>2</sup> +3,8m <sup>2</sup>
Küche	8,3m <sup>2</sup>
Bad/Wc	6,5m <sup>2</sup>
Zimmer Süd I	12,2m <sup>2</sup> +7,3m <sup>2</sup>
Zimmer Süd II	12,2m <sup>2</sup> +7,3m <sup>2</sup>
Zimmer Nord	12,2m <sup>2</sup> +3,1m <sup>2</sup>

NF **82,8m<sup>2</sup> + 29,1m<sup>2</sup> = 111,9m<sup>2</sup>**

genordet | 1:1000

Abbildung 45: Grundriss Übersicht - Vierzimmer-Typ



genordet | 1:100

Abbildung 46: Grundriss Sommer - Einzimmerwohnung

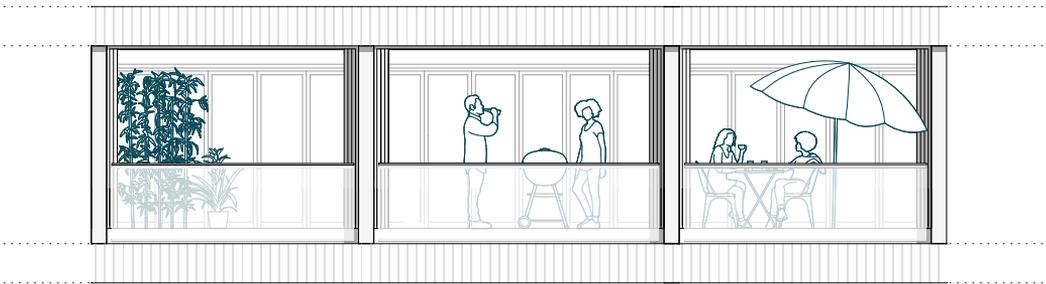
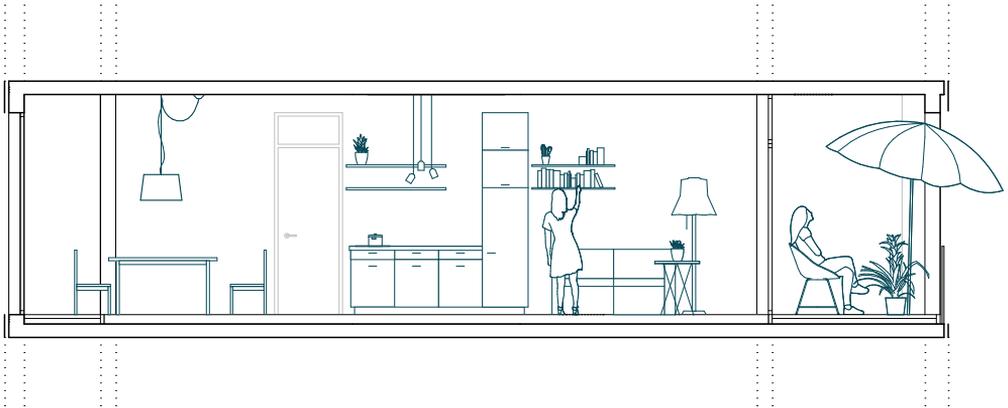


Abbildung 47: Ansicht Süd Sommer

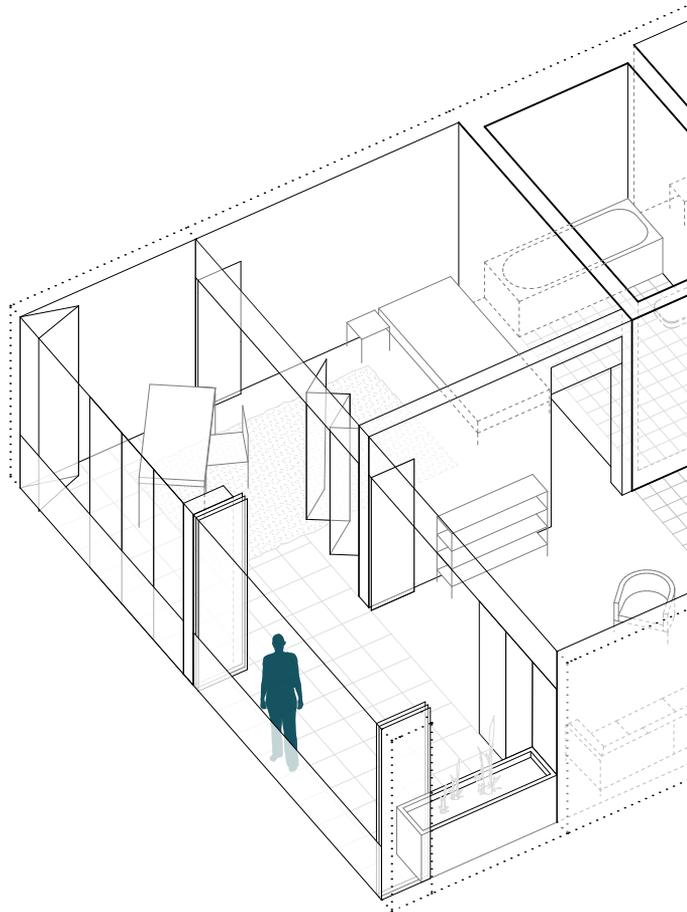


Temperaturverlauf



1:100

Abbildung 48: Schnitt Sommer - Wohnraum



Variante 3-Zimmer

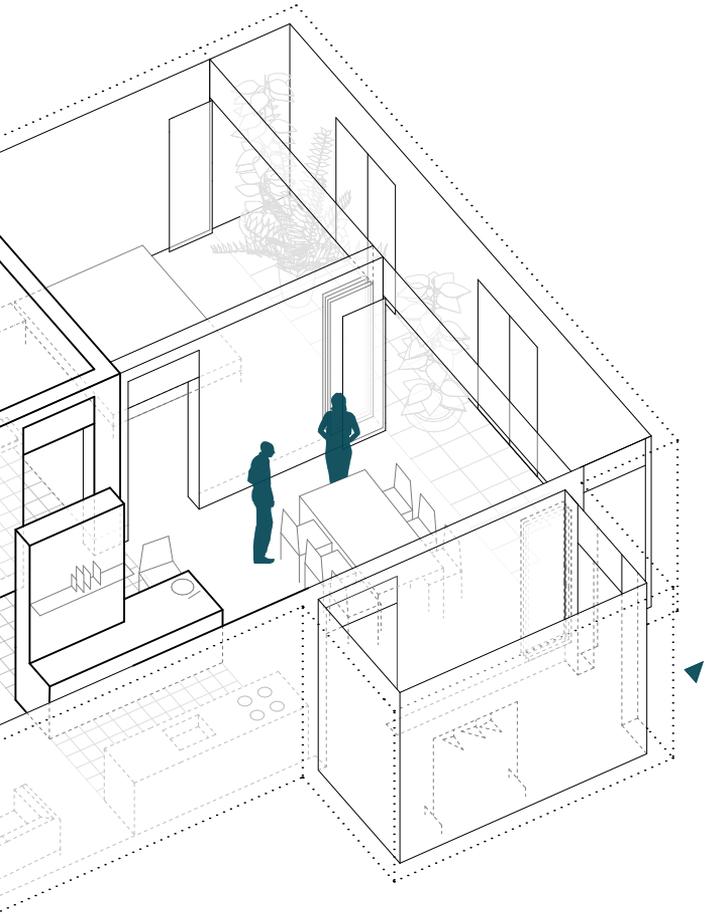
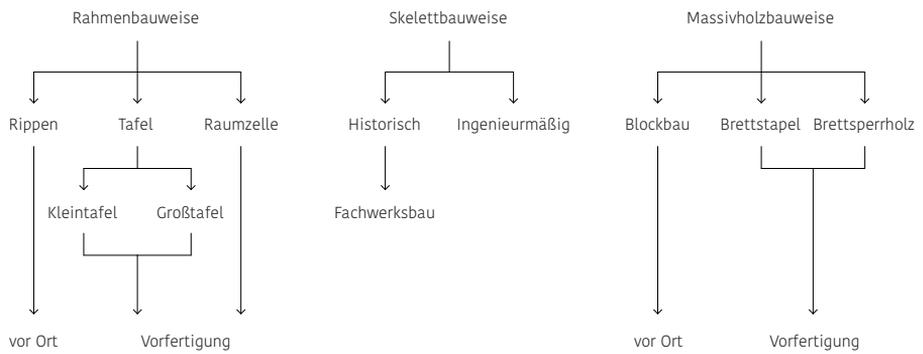


Abbildung 49: Axonometrie



\* und Mischformen

Abbildung 50: Unterschiedliche Holzbauweisen im Geschößwohnungsbau

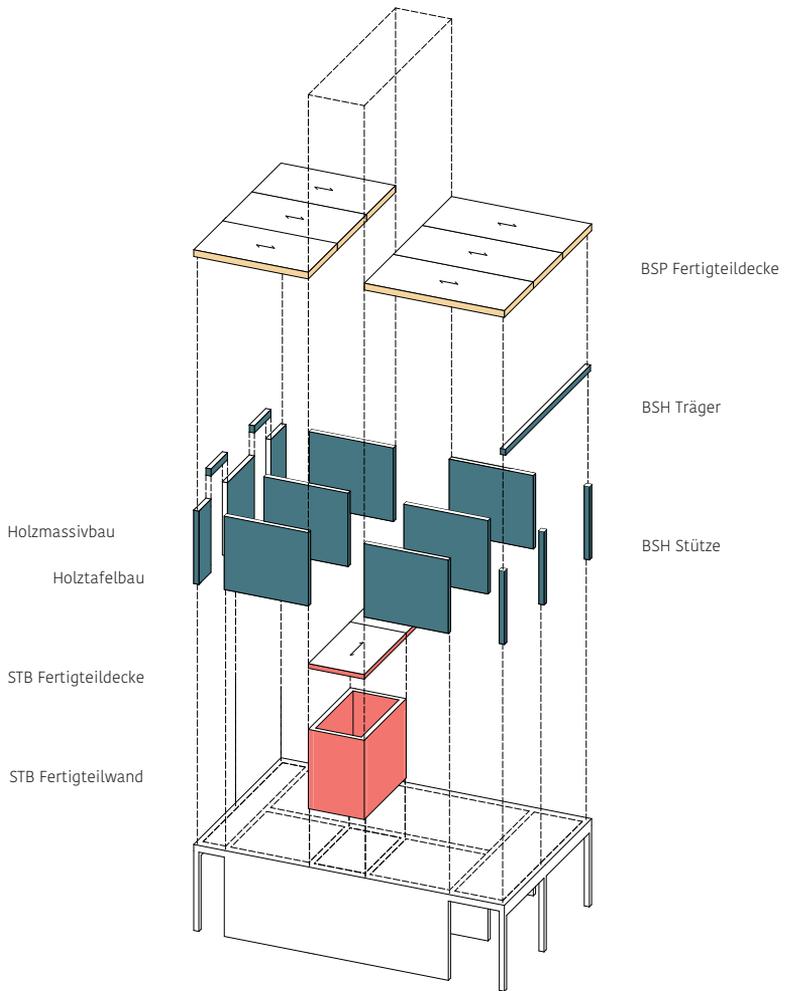


Abbildung 51: Axonometrie Bauablauf

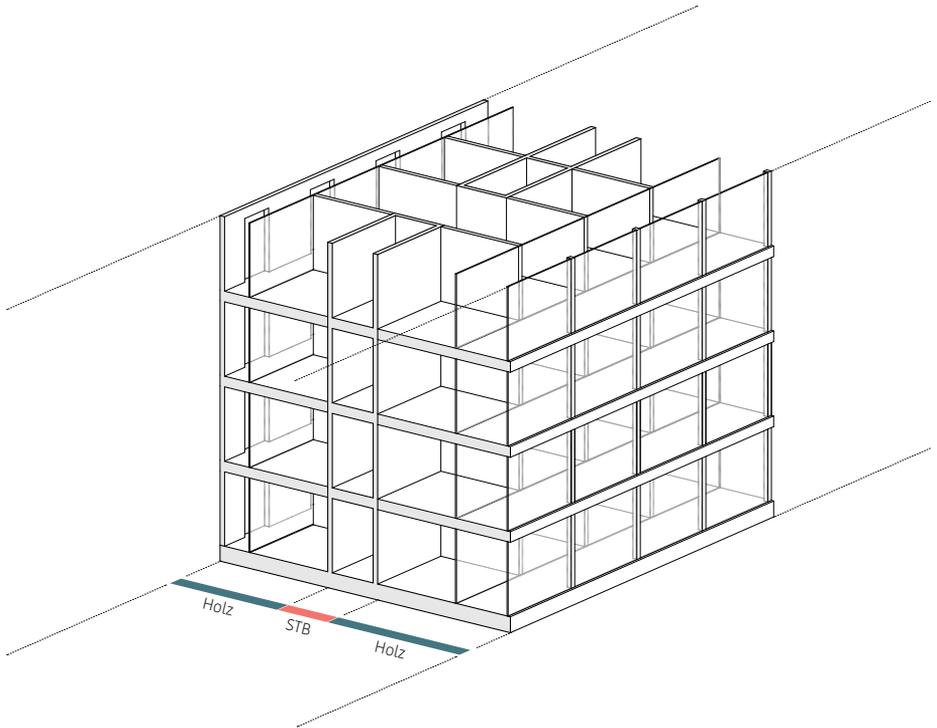
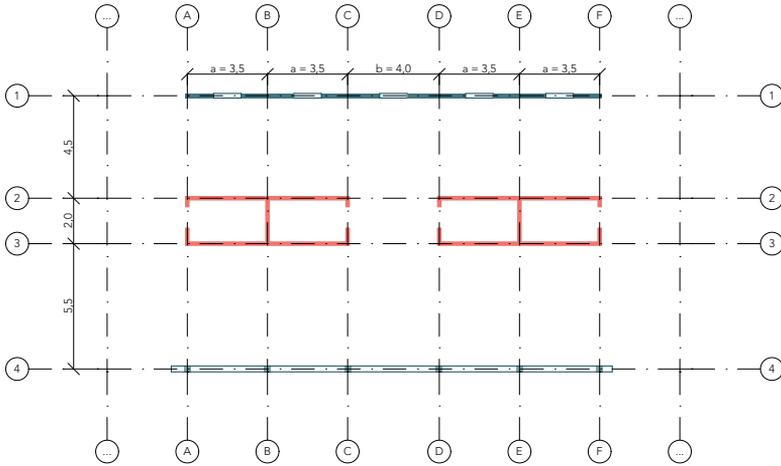


Abbildung 52: Axonometrie Grundsystem des Entwurfs, Holzbau und Stahlbetonbauanteil

- STB Fertigteilwand d=200mm
- BSP Fertigteilwand d=170mm
- BSH Stütze 200/200mm
- BSH Träger 200/240mm



- STB Fertigteildecke d=160mm
- BSP Fertigteildecke d=176mm
- Tragende Unterkonstruktion

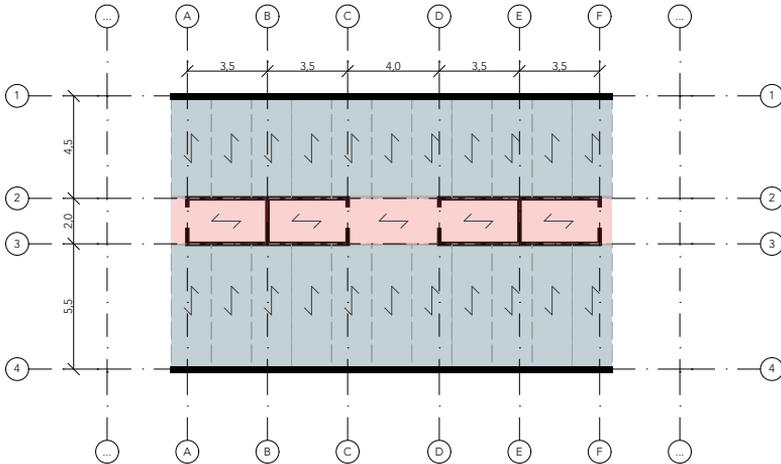


Abbildung 53: Statisches Konzept - Tragende Wände und Decken

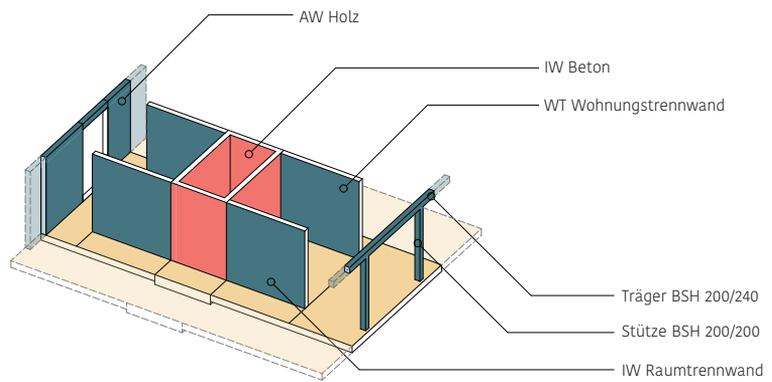
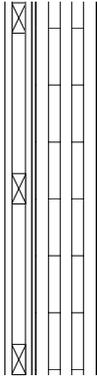


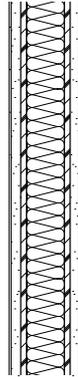
Abbildung 54: Bauteilanordnung Wände, Stützen und Unterzüge



U-Wert 0,59 W/m<sup>2</sup>K  
Brandverhalten D / R60

#### AW Holz

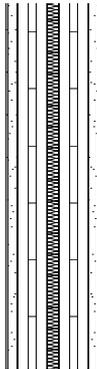
Schalung Holz	1,9 cm
Horizontallattung 35/80	3,5 cm
Horizontallattung 16/80	1,8 cm
BSP	17,0 cm
	<b>24,2 cm</b>



Schallschutz R<sub>w</sub> 38

#### IW Rauntrennwand

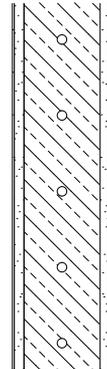
Feinputz	0,5 cm
Lehm- oder Gipsbauplatte	2,5 cm
Dämmung + Holz UK 6/10	10,0 cm
Lehm- oder Gipsbauplatte	2,5 cm
Feinputz	0,5 cm
	<b>16,0 cm</b>



U-Wert 0,39 W/m<sup>2</sup>K  
Brandverhalten REI160  
Schallschutz R<sub>w</sub> 56

#### WT Wohnungstrennwand

Feinputz	0,5 cm
Lehm- oder Gipsbauplatte	2,5 cm
BSP	7,8 cm
Dämmung	3,0 cm
BSP	7,8 cm
Lehm- oder Gipsbauplatte	2,5 cm
Feinputz	0,5 cm
	<b>24,6 cm</b>



Brandverhalten A2

#### IW Stahlbeton

Steinzeug	0,8 cm (Variante Nassraum)
Dünnbettmörtel	0,5 cm
Verputz	2,5 cm
STB (Bauteilaktiviert)	20,0 cm
Lehm- oder Gipsbauplatte	2,5 mm
Feinputz	0,5 cm
	<b>26,8 cm</b>

Abbildung 55: Regel-Wandaufbauten

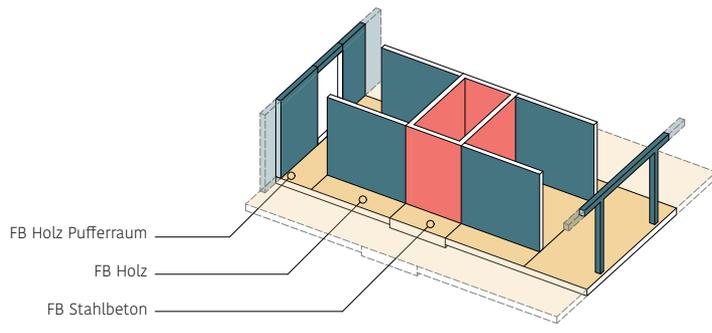
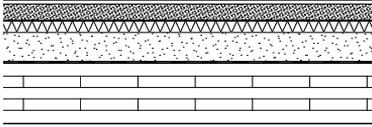
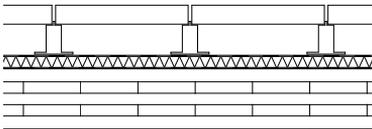


Abbildung 56: Bauteilanordnung Decken



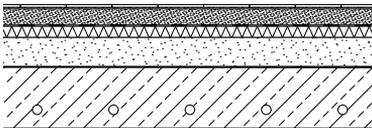
### FB Holz

Belag Parkett	1,0 cm	U-Wert 0,44 W/m <sup>2</sup> K
Estrich	4,5 cm	Brandverhalten REI60
Trennschicht	-	Schallschutz $R_{w}$ 60 / $L_{n,w}$ 57
Trittschalldämmung	3,0 cm	
Schüttung	8,0 cm	
Rieselschutz	-	
BSP	16,0 cm	
	<b>32,5 cm</b>	



### FB Holz Pufferraum

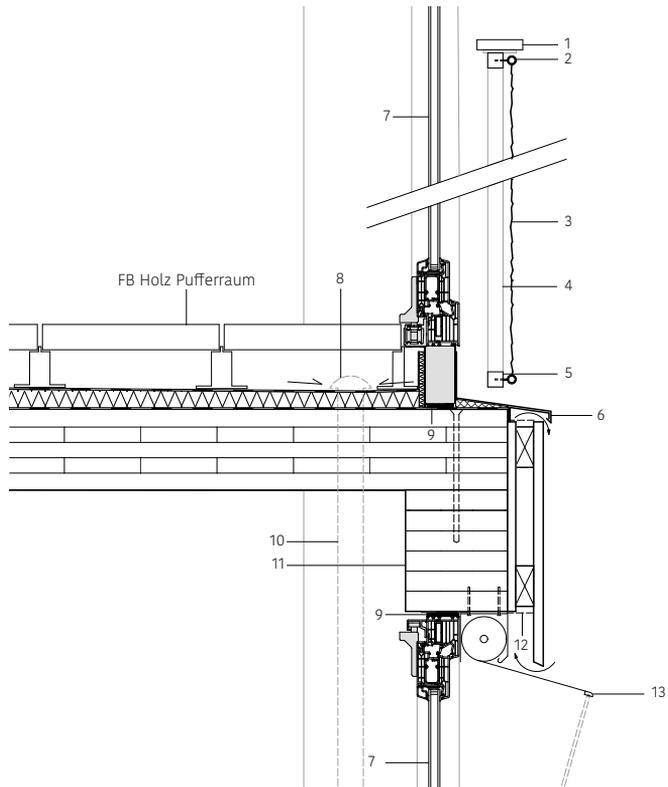
Belag Betonplatten	5,0 cm	Brandverhalten REI60
Unterkonstruktion	3,0 - 8,5 cm	
Abdichtung	-	
Trittschalldämmung im Gefälle 2,0%	3,0 - 8,5 cm	
Notabdichtung	-	
BSP	16,0 cm	
	<b>32,5 cm</b>	



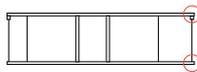
### FB Stahlbeton

Belag Steinzeug	0,6 cm	U-Wert 0,53 W/m <sup>2</sup> K
Dünnbettmörtel	0,4 cm	Brandverhalten A2
Estrich	4,5 cm	
Trennschicht	-	
Trittschalldämmung	3,0 cm	
Schüttung	8,0 cm	
STB (Bauteilaktiviert)	16,0 cm	
	<b>32,5 cm</b>	

Abbildung 57: Regel-Deckenaufbauten

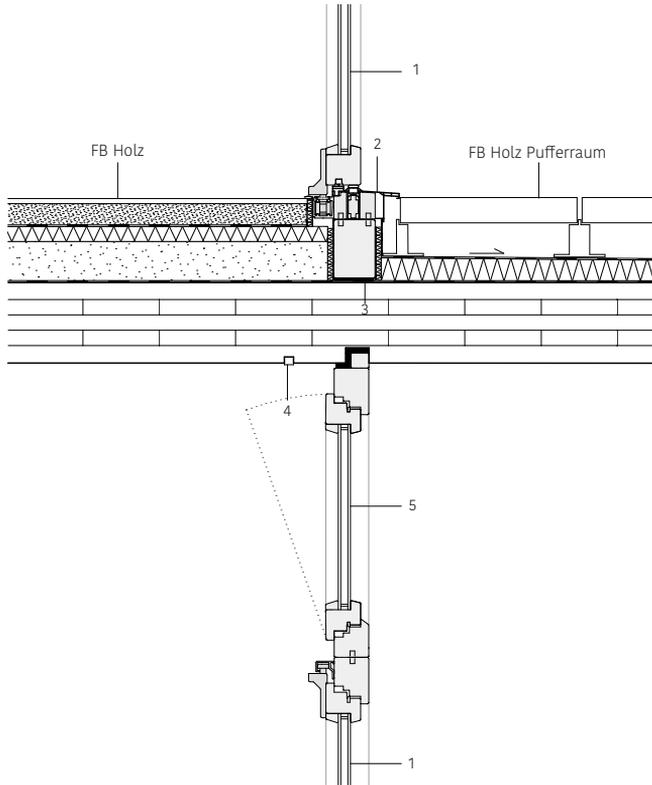


- 1 Handlauf Holz 90/20, 2 Verankerung Netz, 3 Edelstahlseilnetz, 4 Formrohr verzinkt 40/40, 5 Formrohr verzinkt 40/40, 6 Stahlblech verzinkt, 7 Falt-Schiebetür (2-fach Verglasung  $g=0,8$ ), 8 Regenwassergully, 9 Fensterabdichtung, 10 Fallleitung Regenwasser DN50, 11 BSH Unterzug 200/240, 12 Insektenschutzgitter, 13 Fallarmmarkiese

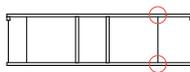


1:15

Abbildung 58: Detail 01 - Südfassade

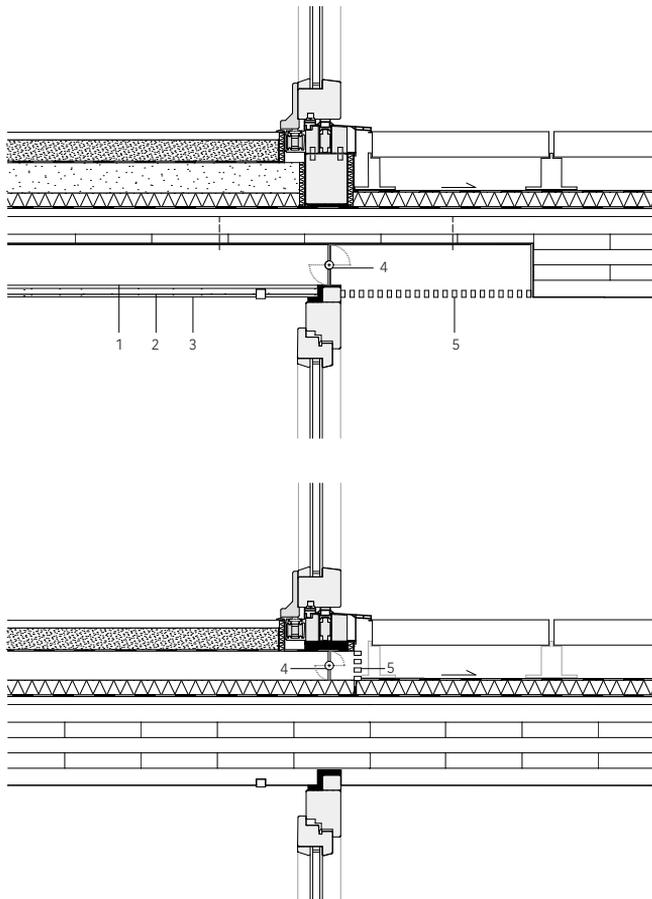


1 falt-schiebetür (2-fach Verglasung  $g=0,6$ ), 2 Übergangprofil (Barrierefrei), 3 Fensterabdichtung,  
 4 Vorhangschiene, 5 Kippfenster (2-fach Verglasung  $g=0,6$ )

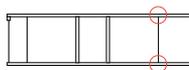


1:15

Abbildung 59: Detail 02a - Pufferraum

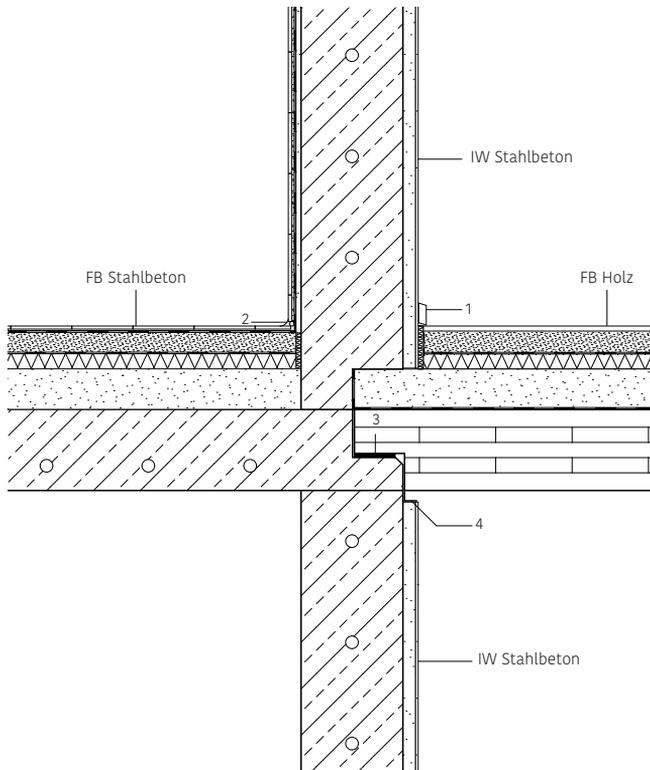


1 Lüftungskanal, 2 Lehmbauplatte, 3 Feinputz, 4 Rückstauklappe, 5 Lüftungsgitter (verzinkt)

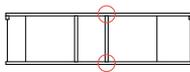


1:15

Abbildung 60: Detail 02b - Lüftungskanal Ein- und Auslass

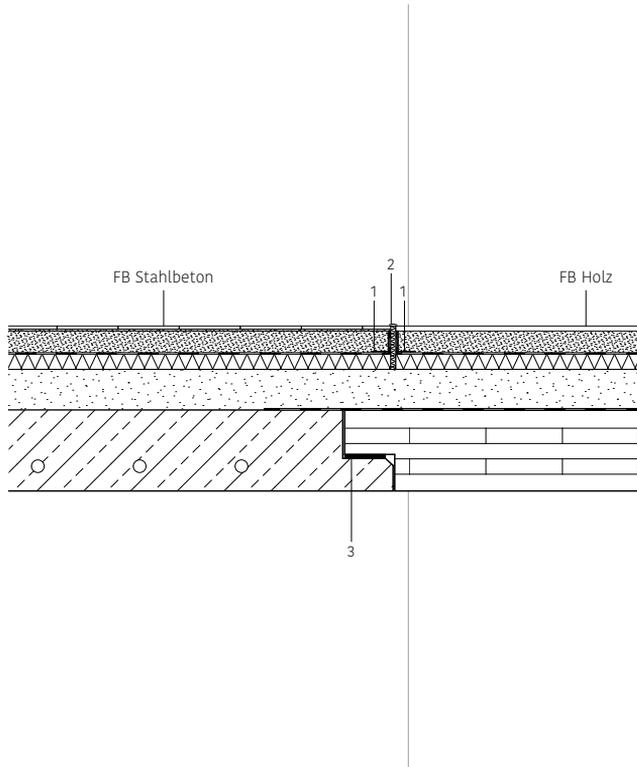


1 Sockelleiste, 2 Dichtband und Silikonfuge, 3 Elastomerauflager, 4 Putzprofil



1:15

Abbildung 61: Detail 03 - Innenwand Kern

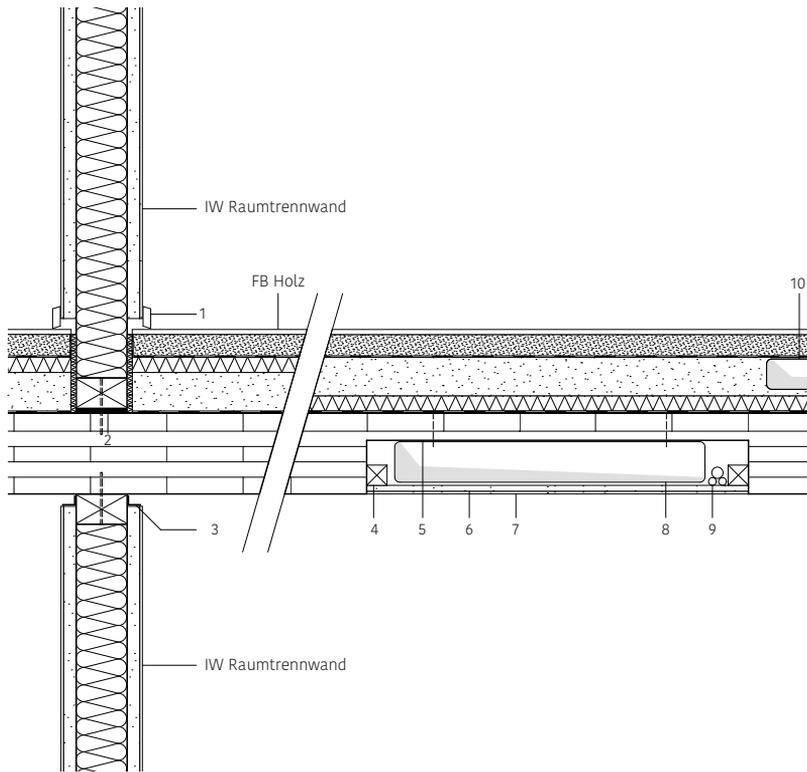


1 Estrichwinkel, 2 Bodenfuge und Abdeckprofil, 3 Elastomerauflager

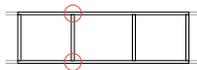


1:15

Abbildung 62: Detail 04 - Bodenfuge

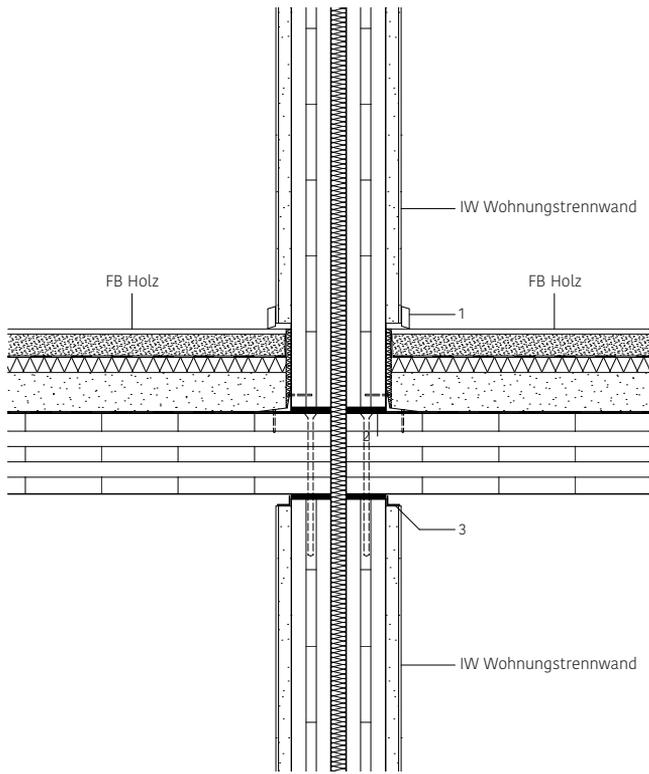


- 1 Sockelleiste, 2 Elastomerauflager, 3 Putzprofil, 4 Konstruktionsholz 40/40, 5 BSH 70cm,  
 6 Lehm- bauplatte, 7 Feinputz, 8 Luftkanal Zuluft, 9 E-Leitungen, 10 Luftkanal  
 Fortluft (nicht lagerichtig)

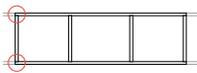


1:15

Abbildung 63: Detail 05 - Innenwand

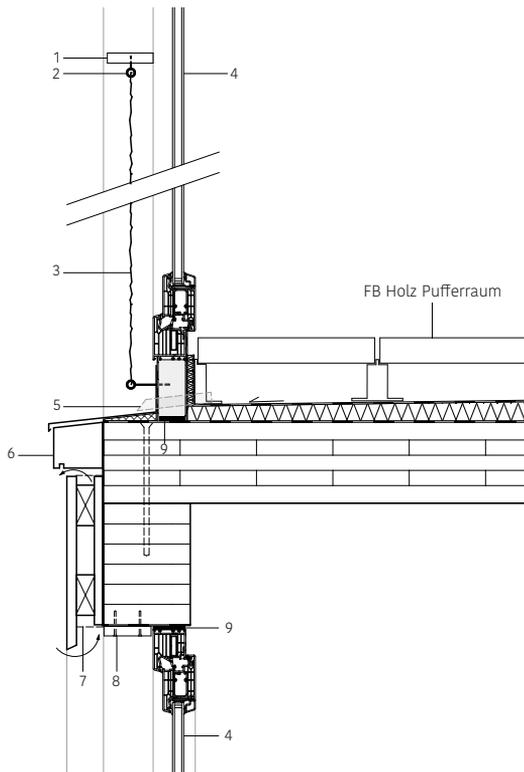


1 Sockelleiste, 2 Elastomerauflager, 3 Putzprofil

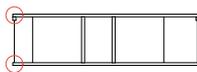


1:15

Abbildung 64: Detail 06 - Wohnungstrennwand

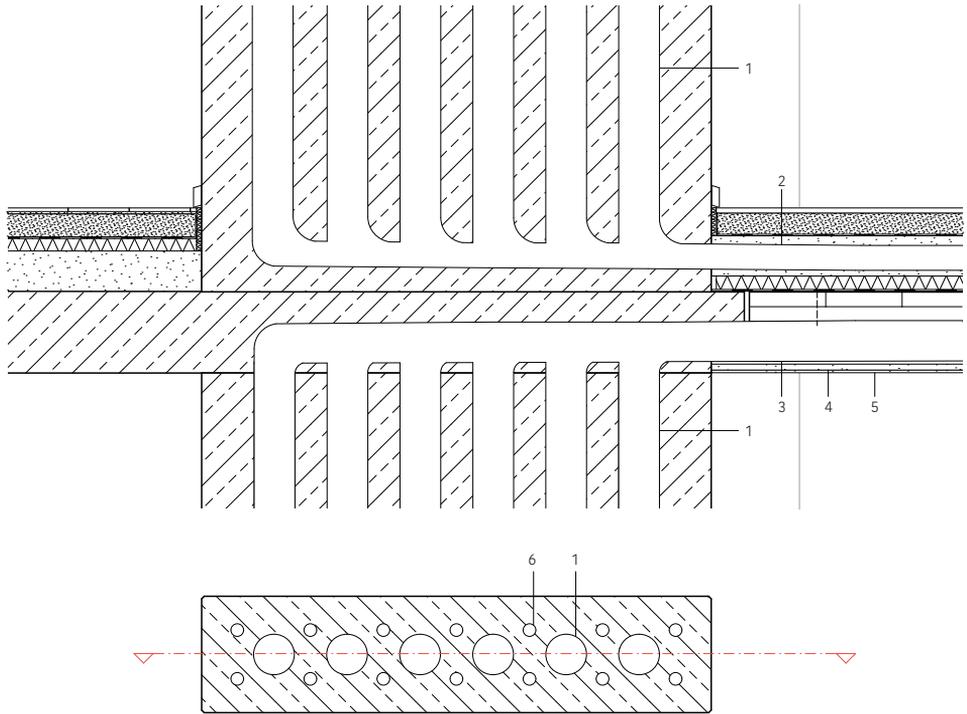


- 1 Handlauf Holz 90/20, 2 Verankerung Netz, 3 Edelstahlseilnetz, 4 Dreh-/ Kippfenster (2-fach Verglasung  $g=0,6$ ), 5 Regenwasserablauf, 6 Fassadenriegel, 7 Insektenschutzgitter, 8 Fenstereinfassung, 9 Fensterabdichtung

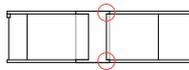


1:15

Abbildung 65: Detail 07 - Nordfassade



1 Lüftungsrohre, 2 Luftkanal Zuluft, 3 Luftkanal Fortluft, 4 Lehmbauplatte, 5 Feinputz, 6 Bauteilaktivierung



1:15

Abbildung 66: Detail 08 - Heiz/Kühlschacht



## Annäherung an den Entwurf - Raumklima

Der außenliegende Pufferraum, der massive Kern und die massiven Holzdecken der Räume haben die Aufgabe, die Raumtemperatur auf einem angenehmen Niveau zu halten. Die Temperatur in den Wohn- und Sanitäräumen sollte nicht unter 20 Grad Celsius fallen und nicht über 26 Grad Celsius ansteigen. In den Schlafräumen ist die Minimaltemperatur mit 18 Grad Celsius angesetzt.

In sehr kalten Monaten wird das Gebäude über eine Niedertemperatur-Bauteilaktivierung der Betondecke und Wände geheizt. Bei Sonnenschein fungiert der Pufferraum im Süden als Sonnenfalle und unterstützt bzw. ersetzt die Bauteilaktivierung. Die Sonnenfalle bzw. der Pufferraum wird hierfür ähnlich aufgebaut wie die sogenannte Trombe-Wand. → Abb. 67

Der französische Ingenieur Felix Trombe entwickelte 1967, motiviert durch die anhaltende Energiekrise, die sogenannte Trombe-Wand. Darunter versteht man ein Luftkollektorsystem, welches über eine Glasscheibe und eine dahinterliegende thermische Masse Sonnenenergie einfängt und durch Konvektion die Wärme in den Wohnraum leitet.<sup>35</sup>

Auf Grundlage dieser Trombe-Wand wurde das Energiekonzept für den Entwurf entwickelt. Die Sonnenstrahlen erwärmen die Luft und die Steinplatten im Pufferraum. Die Luft gelangt über einen Luftkanal in der Decke in den Stahlbetonkern der Wohnung, wo diese ihre Wärme abgibt und in einem Schacht in Richtung Boden sinkt. Von dort verläuft ein weiterer Lüftungskanal im Fußbodenaufbau zurück in den Pufferraum, wo die abgekühlte Luft erneut durch die Sonneneinstrahlung erwärmt werden kann. → Abb. 71, 72

Zur Unterstützung der Konvektion wird im Fortluftkanal ein handelsüblicher Ventilator verbaut. Sobald die Temperatur des Kerns die Temperatur des Pufferraums erlangt, kommt die Konvektion zum Erliegen bzw. kehrt sich um. Um bei einem Umkehren der Konvektion nicht wieder die gesammelte Wärme aus dem Kern zu ziehen, sind die Lüftungskanäle in der Decke und im Fußbodenaufbau mit einer Rückstauklappe ausgestattet. Über Nacht wird so der Innenraum über den Kern weiterhin erwärmt. Eine neue Interpretation der Trombe-Wand ermöglicht die Nutzung des solaren Direktgewinns zusammen mit dem Konvektionsgewinn und der Speicherung in der thermischen Masse im Wohnungskern. → Abb. 68

Betrachtet man auf der anderen Seite die heißen Sommertage, so bietet die massive Bauweise des Stahlbetonkerns die Möglichkeit, den Innenraum

<sup>35</sup> Vgl. Koolhaas 2014, 144.

vor Überhitzung zu schützen. Zur selben Zeit erreicht man durch den vorgesetzten Pufferraum im Süden eine komplette Verschattung der eigentlichen Fassade. Durch kippbare Öffnungen in der Fassade können die Räume über Nacht gelüftet werden und die gespeicherte Wärme wird abgeführt, damit am Folgetag die thermische Masse erneut eindringende Wärme aufnehmen kann.

Alternativ zur Heizung und Kühlung über das Luftkanalsystem kann dies allerdings auch über ein im Fassadenbereich angebrachte Kippfenster geschehen. Per Hand oder auch gesteuert wird es geöffnet/geschlossen, sobald die Pufferraumtemperatur steigt/sinkt.

In Summe lässt sich sagen, dass es nötig ist, den Grundriss in den heißen Sommermonaten und den kalten Wintermonaten unterschiedlich zu betrachten. Hierfür wird der Entwurf im Folgenden an sechs unterschiedliche Jahreszeitszenarien exemplarisch näher beschrieben:  
→ Abb. 71, 72

#### *Situation 1 - klarer Wintertag*

*Außentemperatur -5°C / Pufferraum 22°C*

*800W Sonneneinstrahlung*

Die Sonne erwärmt den Pufferraum auf bis zu 22°C. Die warme Luft gelangt über Konvektion in den Wohnungskern, wo die Wärme an die umliegenden Wände abgegeben wird. Nachts gibt die Masse eine angenehme Strahlungswärme an die Innenräume ab. ← Abb. 38

#### *Situation 2 - wechselhafter Frühlingstag*

*Außentemperatur 10°C / Pufferraum 23°C*

*500W Sonneneinstrahlung*

Die Fassade zwischen Innenraum und Außenraum kann zur Gänze geöffnet werden und der Wohnraum sowie die Zimmer können um die Pufferraumfläche erweitert werden. Auf die Heizung kann auch nachts verzichtet werden.

#### *Situation 3 - heiterer Sommertag*

*Außentemperatur 21°C / Pufferraum -*

*500W Sonneneinstrahlung*

Alle Fassadenelemente können geöffnet werden. Die Südfassade zwischen Pufferraum und Außenraum muss geöffnet bleiben oder verschattet, da es sonst zu einem großen Wärmeeintrag kommt und zu einer Überhitzung des Innenraums kommen würde. ← Abb. 43

*Situation 4 - schwüler Hitzetag*  
*Außentemperatur 35°C / Pufferraum -*  
*800W Sonneneinstrahlung*

Die Südfassade zwischen Pufferraum und Außen wird geöffnet, zum Innenraum aber geschlossen. Der Pufferraum dient über die Sommermonate als Loggia. ← Abb. 48

*Situation 5 - bedeckter Herbsttag*  
*Außentemperatur 12°C / / Pufferraum 16°C*  
*50W Sonneneinstrahlung*

Da es keine Solarstrahlung gibt, erwärmt sich der Pufferraum nicht. War der Vortag sonnig, kann die gespeicherte Wärme durch die thermischen Masse den Wohnraum am darauffolgenden Tag noch aufheizen. Die Wandheizung muss anschließend aber dazugeschaltet werden. Dies geschieht manuell oder über einen klassischen Raumluftthermostat. Von Vorteil haben sich auch »intelligente« Thermostate erwiesen. Bei einem bevorstehendem Wetterumschwung kann die Wandheizung früher eingeschaltet werden und so deren Trägheit minimiert werden. Sogenannte »Predictiv Smart Thermostat Controller - PSTC« können den eigentlichen Low-Tech Ansatz des Entwurfs positiv ergänzen. Die Heizung an sich bleibt bestehen. Nur die Regelung der Heizung - eine einfache Ein/Aus - Steuerung kann durch einen PSTC ersetzt werden. Somit widersetzt sich der Entwurf nicht der heutigen Technologisierung

- setzt diese aber nur dort ein, wo es auch langfristige Sinn ergibt und keine Kosten für Wartung etc. anfallen.<sup>36</sup>

*Situation 6 - trüber Wintertag*  
*Außentemperatur -10°C / Pufferraum 5°C*  
*50W Sonneneinstrahlung*

Die Sonnenenergie reicht nicht aus, um mit dem Pufferraum den Wohnungsinnenraum zu erwärmen. Die Wandheizung wärmt die Räume. Ein Teil der Wärme fließt auch über die Luftschächte in der Decke in Richtung Fassade, wo sie ebenfalls die Räume erwärmt. Zusätzliche Abwärme von Bad und Küche wird ebenfalls im Kern gespeichert und sorgt für eine angenehme Oberflächentemperatur der Räume. Der Pufferraum selbst bleibt aufgrund der Zweifachverglasung nach Außen und Innen frostfrei.

<sup>36</sup> Soudari, <https://www.researchgate.net>, 2.2.2020.

## Das Gebäude als Energiesystem

Betrachtet man das Gebäude rein rechnerisch, so muss zwischen dem Wärmegewinn und Wärmeverlust immer ein Gleichgewicht herrschen. Die dazugehörige Formel nennt sich Energiebilanzgleichung und wird in der Bauphysik zur Berechnung von Gebäuden herangezogen. Zu den Wärmeverlusten zählen die Transmissionswärmeverluste der Außenhaut des Gebäudes und Lüftungswärmeverluste. Zu den Wärmegewinnen zählen die Sonneneinstrahlung, die Heizung und Wärmequellen von Personen, Geräten etc.<sup>37</sup>

→ Anhang I

Die Möglichkeit, Wärme dezentral zu erzeugen und z.B. über Fernwärmeleitungen zu den einzelnen Haushalten zu führen, ist hier weitaus sinnvoller. Umgelegt auf den Sommer unterstützt die Bauteilaktivierung die Nachtlüftung und führt überschüssige Wärme ab. → Abb. 69, 70

## Bauteilaktivierung

Aufgrund der nicht immer konstanten Sonnenstrahlung muss im Raum Graz an sonnenscheindauerschwachen Tagen - besonders im November, Dezember und Jänner - auf ein klassisches Heizsystem zurückgegriffen werden. Verfolgt man einen Low-Tech Ansatz, ist das Heizen mit Holz eine Möglichkeit, ein einfaches Haustechniksystem beizubehalten. Da jedoch in Graz aufgrund der Beckenlage die Problematik der Inversionswetterlage und die damit verbundene Feinstaubbelastung vorherrscht, ist es nicht zielführend, mit festen Brennstoffen zu heizen.

<sup>37</sup> Vgl. Kautsch 2019, 28.

### Trombe-Wand

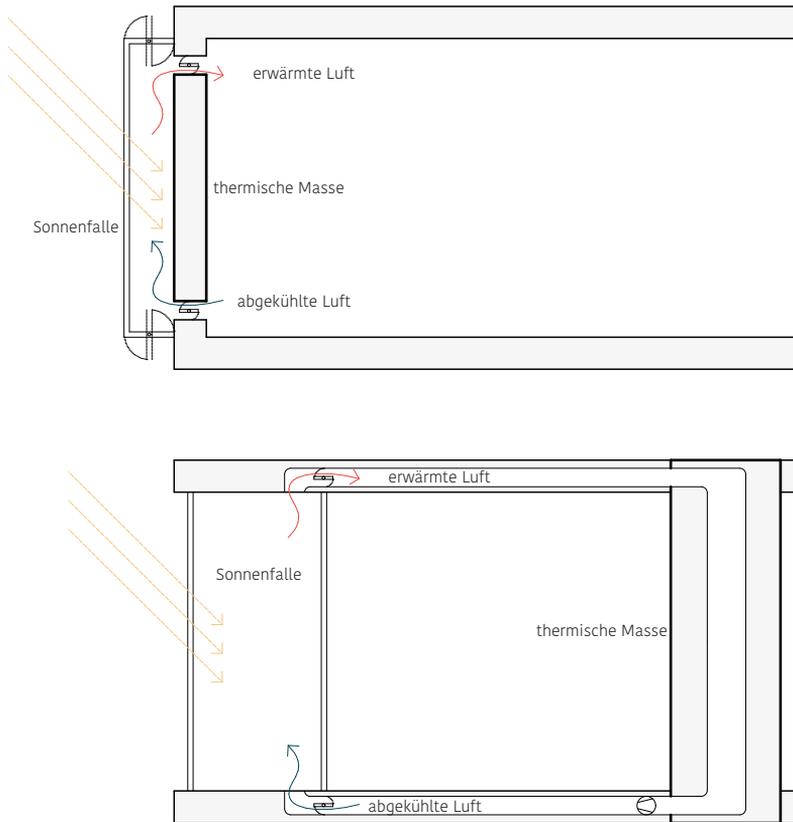


Abbildung 67: Funktionsweise der Trombe-Wall - im Vergleich dazu das System des eigenen Entwurfes

**Kältetage**

**Hitzetage**

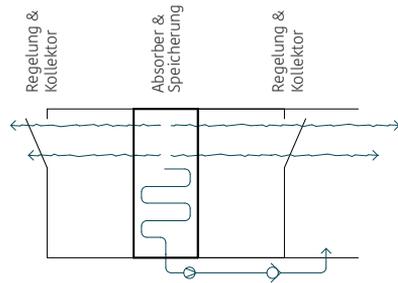
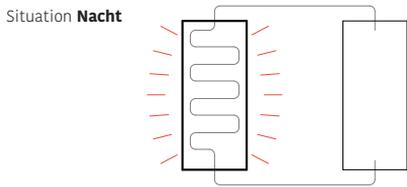
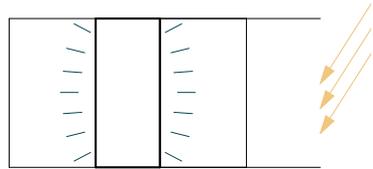
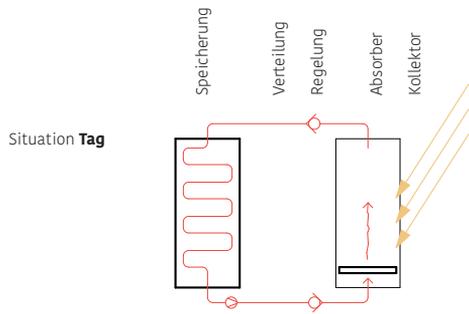


Abbildung 68: Systemschnitt Haustechnik Konzept

## Kältetage

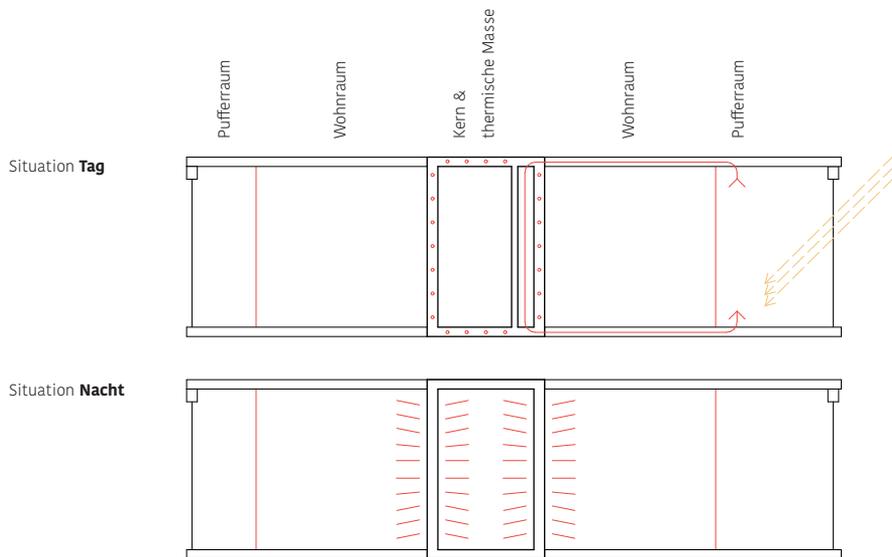


Abbildung 69: Systemschnitt Haustechnik Winter

## Hitzetage

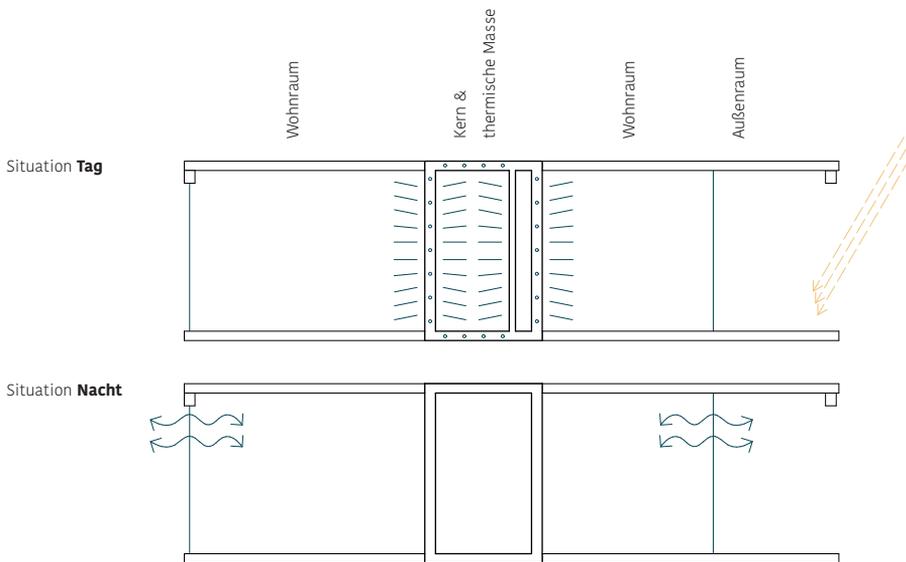
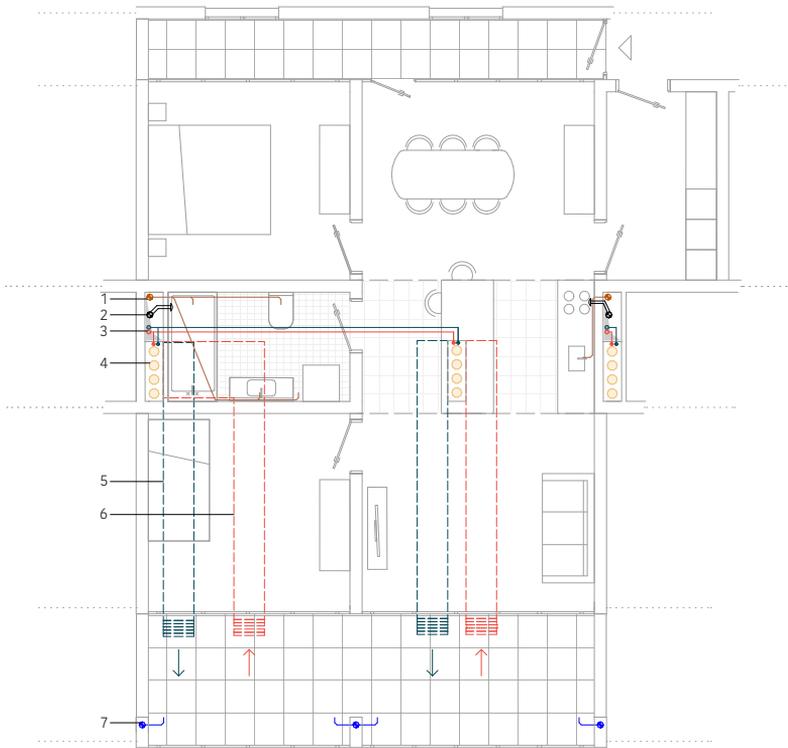


Abbildung 70: Systemschnitt Haustechnik Sommer



- 1 Schmutzwasser, 2 Abluft, 3 Einspeisung Bauteilaktivierung, 4 Luftrohre,  
 5 Luftkanal Fortluft (im Fußbodenaufbau) , 5 Luftkanal Zuluft (in der Decke),  
 5 Regenwasser

genordet | o.M.  
 Abbildung 71: Haustechnik Schema

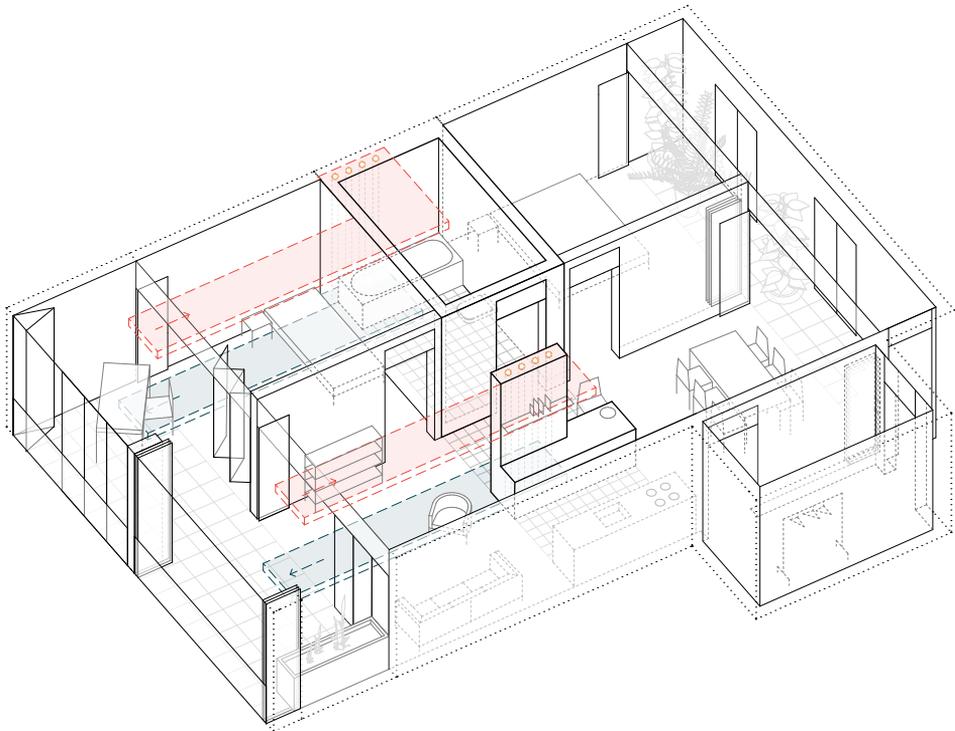


Abbildung 72: Haustechnik Axonometrie



## Schlussbetrachtung

Als ich vor zirka einem Jahr die Türe zu diesem Themenfeld öffnete, ahnte ich nicht, welch große Komplexität darin steckt. Doch die aktuelle Baukultur, spannende Projekte (wie z.B. die von Lacaton Vassal) und Literatur (wie z.B. die von Caminada) motivierten mich, dieses Thema näher zu untersuchen. Wie kann man einen umweltschonenden Bau schaffen? Das war eine Frage, die mich vor dem Beginn meiner Recherche beschäftigte. Doch von Anfang an bestand die Gefahr, dass das eigentlich gewählte Thema in der Komplexität untergehen würde. Handlungsfelder, wie Umbau statt Neubau, verwendete Baustoffe, Gebäudetechnik, Lebenszyklus, Anpassungsfähigkeit und der städtebauliche Kontext, haben alle eine enorme Auswirkung auf die Umweltverträglichkeit des Gebauten. Ein spannendes aber auch ein sehr breitgefächertes Themenfeld, welches den Rahmen der Masterarbeit überstiegen hätte.

Meiner Meinung nach bedeutet umweltschonendes Bauen nicht, möglichst viel Energie mittels Technik und verwendeter Baustoffe zu sparen, sondern ein Gebäude zu errichten, das für eine lange Zukunft gebaut wird. Auf lange Sicht bedeutet das, beim Bau, während des Bewohnens und nach Ende der Lebensdauer die verbrauchte Energie, Ressourcen und den Müll auf ein Minimum zu reduzieren. Damit wäre die Umwelt

nicht mehr als nötig zu belasten und Baumaterial dort einzusetzt, wo es sinnvoll ist und wo es seine vollen Vorteile entfalten kann.

Wie kann nun ein umweltschonendes Gebäude im innerstädtischen Kontext aussehen? In der vorliegenden Masterarbeit wurde versucht, das Klima als Entwurfsmittel mit einzubeziehen und dadurch neue Denkansätze und altbekannte Strategien im Konzept zu vereinen und anzuwenden. Es wurde versucht, dies mit der Strategie des Pufferraumes zu erreichen.

Nur durch die bewusste Beschränkung auf das Thema der Pufferräume und deren positiver Beitrag zum Raumklima wurde es möglich, einen roten Faden zu finden und dieser Arbeit eine Berechtigung zu geben.

Nach dieser umfangreichen Auseinandersetzung mit dem Thema der Pufferräume entdeckte ich eine breite Palette von Phänomenen, die neue Wohnqualitäten anbieten, die derzeit im gewöhnlichen Geschoßwohnbau nicht zu finden sind. Das Grazer Klima, geprägt von einem milden Sommer und einem feuchten, mäßig kalten Winter, zeigte sich für die Strategie des Pufferraumes als geeignet. Ein Gebäude, das im städtebaulichen Konzept mit Nord-Süd Ausrichtung geplant wird, kann die Sonnenenergie optimal nutzen. Somit kann das Bauwerk als ein Low-Tech-Gebäude geplant und vom heutzutage

standardisierten, hoch technologischen Charakter befreit werden. Der Pufferraum übernimmt somit aktiv die Funktion des Schutzes gegen Wärmeverlust im Winter und gegen Überhitzung im Sommer. Weiters wurde im Rahmen dieser Masterarbeit versucht, auf weitere - eventuell kostenreduzierende - Aspekte einzugehen. So konnte gezeigt werden, dass niedrigere Betriebs- und Wartungskosten zu erwarten sind, weil die BewohnerInnen in diesem Konzept vermehrt Verantwortung für die Regelung des Raumklimas übernehmen. Durch ein gezieltes Lüftungssystem (Konvektionsgewinn und Nachtlüftung) wurde im Entwurf eine Mischstrategie aus „Sparen“ und „Gewinnen“ angewendet.

Durch die bewusste Auswahl eines Fertigteile-Holzbaus mit hohem Vorfertigungsgrad, zusammen mit ressourcenschonenden und recyclingfähigen Materialien, wird sowohl den kostenreduzierenden als auch den umweltschonenden Aspekten Rechnung getragen.

Im spekulativen Entwurf wurden im Innenraum unterschiedliche Wärmezonen genutzt. Der Grundriss ändert sich mit den Jahreszeiten und nimmt somit den Bewohner/die Bewohnerin in die Verantwortung. Ein »**Wohnen jenseits des Standards**« fordert demnach Bewohner, bietet aber gleichzeitig ein Leben in unmittelbarer Nähe zu den Umwelteinflüssen, ohne auf Komfort verzichten zu müssen.



# Anhang I

Die Temperatur in Pufferräumen lässt sich über die Energiebilanzgleichung stationär ermitteln:

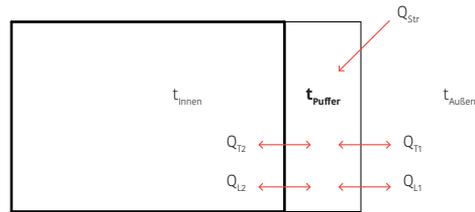
$$\sum Q = \sum Q_T + \sum Q_L + \sum Q_I = 0$$

Transmission  $Q_T = U \cdot A \cdot \Delta t$   $[W/m^2K] \cdot [m^2] \cdot [K] = [W]$

Lüftung  $Q_L = c_{pL} \cdot \dot{V} \cdot \Delta t$   $[Wh/m^3K] \cdot [m^3/h] \cdot [K] = [W]$

Solarenergie  $Q_I$   $[W]$

$$t_p = \frac{\sum U \cdot A \cdot t_b + \sum c_{pL} \cdot \dot{V} \cdot t_b + \sum Q}{\sum U \cdot A + \sum c_{pL} \cdot \dot{V}}$$



$c_{pL} = 0,34$ [Wh/m <sup>3</sup> K]	... spezifische Wärmekapazität der Luft
$U_1 = U_2 = 1,2$ [W/m <sup>2</sup> K]	... Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters (inkl. Rahmen)
$t_{innen} = 20$ [°C]	... Innenraumtemperatur
$t_{außen} = -5 / +10 / +30$ [°C]	... Außentemperatur (kalt / mittel / warm)
$Q_{str} = 50 / 500 / 800$ [W/m <sup>2</sup> ]	... Sonneneinstrahlung auf vertikale Fläche (bedeckt / bewölkt / heiter)
$A = 21$ [m <sup>2</sup> ]	... Fensterfläche
$V = 1\text{fach} = 7,25$ [m <sup>3</sup> /h]	... Lüftungsvolumen
$t_{puffer} = ?$ [°C]	... Pufferraumtemperatur

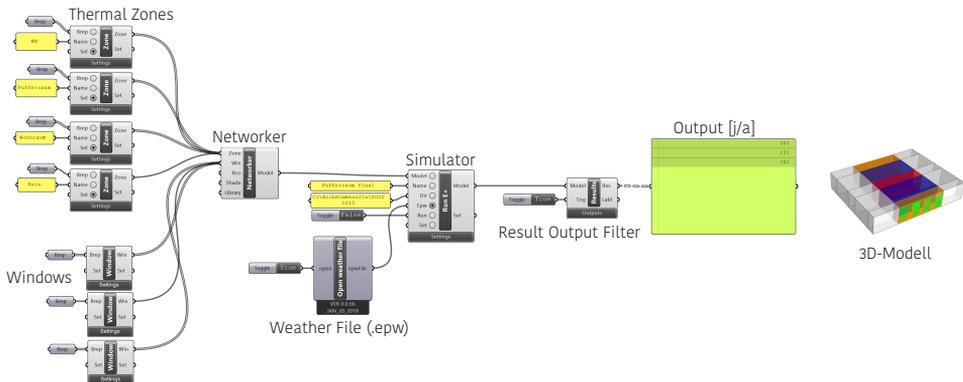
Abbildung 73: Energiebilanzgleichung zur Berechnung der Momentantemperatur des Pufferraums

# Anhang II

Heizlastberechnung (angenähert) über eine Simulation in Rhinoceros3D (Grasshopper/ArchiSim)

*SIMULATION 1:* Pufferraum (24 m<sup>2</sup> nicht beheizt)/Wohnraum+Kern (66 m<sup>2</sup>)

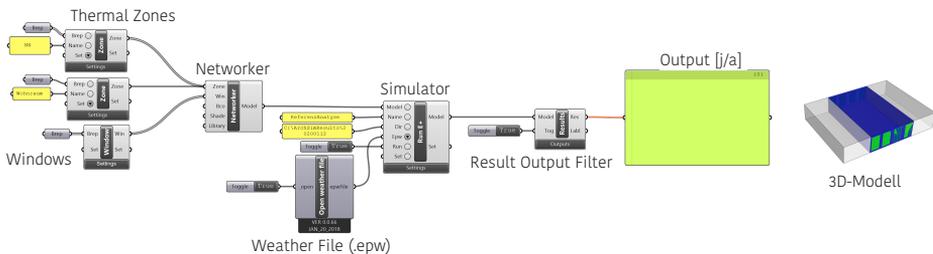
Result  $Q_{\text{Heizlast}} = 25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$



*SIMULATION 2:* Standard-Wohnung (90 m<sup>2</sup>)

Var. A (2fachVerglasung)Result  $Q_{\text{Heizlast}_A} = 41 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Var. B (3fachVerglasung/mech.Lüftung)Result  $Q_{\text{Heizlast}_B} = 25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$



*RESÜMEE:* Die Berechnung zeigt, dass die verringerte Raumfläche in der Heizperiode sich günstig auf die Heizlast auswirkt. Es wird aber auch sichtbar, dass eine 3-fach Verglasung, zusammen mit einer mechanischen Lüftung inkl. Wärmerückgewinnung (Passivhaus), die Heizlast weiter senken kann. Da dies jedoch nicht dem in der Diplomarbeit verfolgtem »Low-Tech« Ansatz gerecht wird, ist der Vergleich nur zur Veranschaulichung gedacht.

# Literaturverzeichnis

## Gebunden

**Aicher, Florian:** Baustoff, Bauart, Baustelle, in: Eberle, Dietmar/ Aicher, Florian (Hg.): be 2226. Die Temperatur der Architektur. Portrait eines energieoptimierten Hauses, Basel 2016, 131-142

**Böllstorff, Michaela:** Die Haustechnik: Experiment Sonnenenergie, in: Wagner, Anselm/ Böck, Ingrid (Hg.): Konrad Frey: Haus Zankel. Experiment Solararchitektur, Berlin 2013, 92-103

**Brotzer, Michael:** LOW-TECH. Untersuchung zum architektonischen Potenzial alternativer Haustechnik, Thesis, Hochschulen für Angewandte Wissenschaften Winterthur 2015

**Caminada, Gion:** Klima und Verhalten, in: Unruh, Tina (Hg.): Das Klima als Entwurfsfaktor. Architektur und Energie, Luzern 2013, 80f

**Green, Michael/Taggart, Jim:** Hoch bauen mit Holz. Technologie, Material, Anwendung, Basel 2017

**Hanio, David:** Stadtklima und Windsysteme in Graz, München/Ravensburg 2014

**Hegger, Manfred u.a.:** Energie Atlas. Nachhaltige Architektur, Basel/Boston/Berlin 2008

**Hönger, Christian/Brunner, Roman:** These, in: Unruh, Tina (Hg.): Das Klima als Entwurfsfaktor. Architektur und Energie, Luzern 2013, 10-17

**Hönger, Christian:** Ein bewohnbares Fenster, in: Wilhelm, Elena/ Sturm, Ulrike (Hg.): Gebäude als System, Zürich 2012, 225-237

**Moratilla, José-Mayoral:** Lacaton & Vassal: Open Conditions for Permanent Change. Interview with Anne Lacaton, in: Materia Arquitectura 18 (2018), 22-29

**Pfeifer, Günter.:** Kybernetische Architektur, Freiburg 1016

**Reber, Franz.:** Vitruv De Architectura Libri Decem. Zehn Bücher über Architektur, Wiesbaden 2004

**Rem, Koolhaas u.a.:** Elements of architecture. façade, Venedig 2014, 142f

**Schranuhofer, Hermann u.a.:** Warum passive Kühlung?, in: Pretenthaler, Franz/ Gobiet, Andreas (Hg.): Studien zum Klimawandel in Österreich. Heizen und Kühlen im Klimawandel - Teil 1, Wien 2008, 13-28

**Snozzi, Luigi:** Es lebe der Widerstand!, in: Frank, Ute u.a. (Hg.): adreizehn. 2014/2015, Berlin 2016, 71

**Steiner, Dietmar:** Wir bauen den größten Sondermüll der Baugeschichte, in: Wiener Zeitung, 6.4.2018

# Literaturverzeichnis Online

**Steiner, Dietmar:** Zurück zur Architektur, in: Eberle, Dietmar/ Aicher, Florian (Hg.): be 2226. Die Temperatur der Architektur. Portrait eines energieoptimierten Hauses, Basel 2016, 35-43

**Stettler, Christoph u.a.:** Körperstudien. in; Unruh, Tina (Hg.): Das Klima als Entwurfsmittel. Architektur und Energie, Luzern 2013, 62-78

**Töglhofer, Christoph u.a.:** In welchem Klima werden wir künftig heizen & kühlen?, in: Pretenthaler, Franz/ Gobiet, Andreas (Hg.): Studien zum Klimawandel in Österreich. Heizen und Kühlen im Klimawandel - Teil 1, Wien 2008, 13-28

**Unruh, Tina (Hg.):** Das Klima als Entwurfsmittel. Architektur und Energie, Luzern 2013

**Wagner, Anselm/Böck, Ingrid:** Vorwort, in: Wagner, Anselm/Böck, Ingrid (Hg.): Konrad Frey: Haus Zankel. Experiment Solararchitektur, Berlin 2013, 6f

**Wagner, Martin.:** Das Wachsende Haus. Ein Beitrag Zur Lösung Der Städtischen Wohnungsfrage, Berlin/Leipzig 1932

**Fritzenwallner, Christine:** Dämmstoffwahn?. [www.db-bauzeitung.de/db-themen/energie/daemmstoffwahn-co2-panik-lobbyismus/#slider-intro-9](http://www.db-bauzeitung.de/db-themen/energie/daemmstoffwahn-co2-panik-lobbyismus/#slider-intro-9) [26.08.2019]

**Engawa:** <http://www.aisf.or.jp/%7Ejaanus/> [03.11.2019]

**Geschichte d. Glasherstellung:** <https://www.baunetzwissen.de/glas/fachwissen/herstellung-eigenschaften/geschichte-der-glasherstellung-159069> [30.7.2019]

**Graz-Universität Klimadaten:** [http://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/11682476\\_125083565/53afceaf/Graz-Universitaet.pdf](http://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/11682476_125083565/53afceaf/Graz-Universitaet.pdf) [09.09.2019]

**Greenwashing:** <https://www.careelite.de/greenwashing/> [27.1.2020]

**Rauch, Martin / Kamfinger, Otto:** <http://www.lehmtonerde.at/de/lehm> [30.7.2019]

**Soudari, Mallikarjun u.a.:** Predictive smart thermostat controller for heating, ventilation, and air-conditioning systems. [https://www.researchgate.net/publication/327394743\\_Predictive\\_smart\\_thermostat\\_controller\\_for\\_heating\\_ventilation\\_and\\_air-conditioning\\_systems](https://www.researchgate.net/publication/327394743_Predictive_smart_thermostat_controller_for_heating_ventilation_and_air-conditioning_systems) [2.2.2020]

# Abbildungsverzeichnis

**Abbildung 1:** Grundschule Duvin, Gion A. Caminada

Online unter: <http://www.archipicture.eu/Architekten/Schweiz/Caminada%20Gion%20A/GionCaminada%20-%20PrimarySchoolDuvin%206.html>, 4.12.2019

**Abbildung 2:** Worthäufigkeit bei Google [%]  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik,  
Datenquelle: <https://books.google.com/ngrams/>  
[27.1.2020]

**Abbildung 3:** Karikatur und Text von  
Rubinowitz Tex  
LandLuft Programmzeitung, Wien 2019, 3

**Abbildung 4:** No, It Really Is Greenhouse  
Gases - Bloomberg Businessweek  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik,  
Datenquelle: <https://www.bloomberg.com/graphics/2015-whats-warming-the-world/>  
[28.1.2020]

**Abbildung 5:** Temperaturverlauf Graz 2019 im  
Vergleich zu 1981-2010 [°C]  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik,  
Datenquelle: <https://www.nytimes.com/interactive/2020/world/year-in-weather.html#11290>

**Abbildung 6:** typisches Bauernhaus des  
Alpenvorlandes  
Quelle unter: Pöttler, Viktor Herbert.  
Freilichtmuseum. Archive der Hausforschung,  
Wien 1993, 39

**Abbildung 7:** Windfänger im Mittleren Osten  
Online unter: [https://www.researchgate.net/publication/325315061\\_Lessons\\_from\\_Yazd's\\_nature-friendly\\_architecture\\_to\\_contemporary\\_nature-based\\_solutions](https://www.researchgate.net/publication/325315061_Lessons_from_Yazd's_nature-friendly_architecture_to_contemporary_nature-based_solutions), [19.01.2020]

**Abbildung 8:** London im 19. Jhd.

Online unter: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dore\\_London.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dore_London.jpg), 19.11.2019

**Abbildung 9:** Plakat von 1931

Online unter: <http://klimagerechtesbauen.blogspot.com/2013/11/licht-luft-und-sonne-die-siedlung.html>, 19.11.2019

**Abbildung 10:** Konzept Mur neutralisant  
1920's, Le Corbusier

Online unter: [https://www.researchgate.net/figure/Mur-neutralisant-by-Le-Corbusier\\_fig21\\_307766500](https://www.researchgate.net/figure/Mur-neutralisant-by-Le-Corbusier_fig21_307766500) [25.11.2019]

**Abbildung 11:** Südfassade Cité de Refuge in  
Paris 1933 & 1952, Le Corbusier

Online unter: [https://www.researchgate.net/figure/Mur-neutralisant-by-Le-Corbusier\\_fig21\\_307766500](https://www.researchgate.net/figure/Mur-neutralisant-by-Le-Corbusier_fig21_307766500), [25.11.2019]

**Abbildung 12:** unterschiedliche Wärmezonen  
(Berechnung siehe Anhang 1)

Philipp Wayd, Graz, 2019, Vektorgrafik, Quelle:  
eigene Berechnung

**Abbildung 13:** Jahresverlauf der  
Sonneneinstrahlung in Graz

Philipp Wayd, Graz, 2019, Vektorgrafik

**Abbildung 14:** Materialkennwerte im Vergleich  
Philipp Wayd, Graz, 2019, Tabelle, Datenquelle:  
Zürchner, Christoph/ Frank, Thomas:  
Bauphysik. Bau & Energie, Zürich 2014, 273-  
277

**Abbildung 15:** Behaglichkeitsdiagramm  
Wandoberflächentemperatur /  
Raumlufthtemperatur [°C]

Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik,  
Datenquelle: <https://www.nytimes.com/interactive/2020/world/year-in-weather.html#11290>

**Abbildung 16:** Energiebedarf unterschiedlicher Konstruktionsarten

Quelle unter: Stettler, Christoph u.a.: Körperstudien. in; Unruh, Tina (Hg.): Das Klima als Entwurfsmittel. Architektur und Energie, Luzern 2013, 76f

**Abbildung 17:** Glasvorbauten ab 1840 in La Coruña, Spanien

Quelle unter: Treberspurg, Martin: Neues Bauen mit der Sonne, Wien/New York 1994, 20

**Abbildung 18:** Preskarjeva bajta (zu Deutsch: Hirtenhütten) im Gebiet Velika Planina, Slowenien

Quelle: Kopač, Vlasto: Velika planina. in: OUTSIDER, 15 (2018), 51

**Abbildung 19:** typische japanische Engawa

Online unter: <http://www.interactiongreen.com/engawa-gallery/>, 25.08.2019

**Abbildung 20:** Maison Latapie 1993 - Lacaton & Vassal

Online unter: <https://www.lacatonvassal.com/index.php?idp=25>, [4.12.2019]

**Abbildung 21:** Das wachsende Haus - Martin Wagner, Grundriss

Quelle: Wagner, Martin.: Das Wachsende Haus. Ein Beitrag Zur Lösung Der Städtischen Wohnungsfrage, Berlin/Leipzig 1932, 146

**Abbildung 22:** Das wachsende Haus - Martin Wagner, Westfassade

Quelle: Wagner, Martin.: Das Wachsende Haus. Ein Beitrag Zur Lösung Der Städtischen Wohnungsfrage, Berlin/Leipzig 1932, 149

**Abbildung 23:** Haus Zankl 1976-1985 - Konrad Frey, Südfassade

Online unter: [http://akk.tugraz.at/website\\_zankel/startseite.html](http://akk.tugraz.at/website_zankel/startseite.html), 4.12.2019

**Abbildung 24:** »Klimafassade« Karmeliterhof Graz 2011 - Love architecture

Online unter: <https://www.nextroom.at/building.php?id=34574>, [29.1.2020]

**Abbildung 25:** Holz im Kreislauf der Bauindustrie

Quelle: <https://www.stark-inspiration.de/beratung-planung/nachhaltigkeit-qualitaet/> [30.1.2020]

**Abbildung 26:** Entwurfsansätze für langfristiges Bauen unter Berücksichtigung des örtlichen Klimas

Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 27:** Systemschnitt Grazer Becken W-O

Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik, Datenquelle: <https://gis.stmk.gv.at> [21.01.2020]

**Abbildung 28:** Systemschnitt Grazer Becken N-S

Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik, Datenquelle: <https://gis.stmk.gv.at> [21.01.2020]

**Abbildung 29:** Temperaturverlauf Graz [°C]

Philipp Wayd, Graz, 2019, Vektorgrafik, Datenquelle: Graz-Universität Klimadaten, [http://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/11682476\\_125083565/53afceaf/Graz-Universitaet.pdf](http://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/11682476_125083565/53afceaf/Graz-Universitaet.pdf) [09.09.2019]

**Abbildung 30:** Solareinstrahlung Graz [kWh/m<sup>2</sup>]

Philipp Wayd, Graz, 2019, Vektorgrafik, Datenquelle: [https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz\\_pdf/skriptum\\_hochbauplanung\\_3\\_energieeffiziente\\_haustechnik.pdf?m=1469661053&](https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz_pdf/skriptum_hochbauplanung_3_energieeffiziente_haustechnik.pdf?m=1469661053&) [1.2.2020]

**Abbildung 31:** Sonnenstandsdiagramm Graz  
Philipp Wayd, Graz, 2019, Vektorgrafik,  
Datenquelle: <http://www.renewable-energy-concepts.com/german/sonnenenergie/basiswissen-solarenergie/verschattung-solarmodul/sonnenstand/diagramm-AT-8042-Graz.html> [02.01.2020]

**Abbildung 32:** Windrose [%] Graz-Reininghaus  
Philipp Wayd, Graz, 2019, Vektorgrafik,  
Datenquelle: [https://www.graz.at/cms/dokumente/10282564\\_7759359/ec6d9561/131128\\_StadtklimaTeil3.pdf](https://www.graz.at/cms/dokumente/10282564_7759359/ec6d9561/131128_StadtklimaTeil3.pdf)  
[02.01.2020]

**Abbildung 33:** Materialcollage Innenraum  
Philipp Wayd, Graz, 2020

**Abbildung 34:** möglicher Regelgrundriss  
Mischtyp zwei-, drei- und vier Zimmer  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 35:** Grundriss Übersicht -  
Dreizimmer-Typ  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 36:** Grundriss Winter -  
Vierzimmerwohnung  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 37:** Ansicht Süd Winter  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 38:** Schnitt Winter - Zimmer und  
Sanitärkern  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 39:** Innenraumperspektive  
Wohnraum Süd  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 40:** Grundriss Übersicht -  
Zweizimmer-Typ  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 41:** Grundriss Übergangszeit -  
Dreizimmerwohnung  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 42:** Ansicht Nord Übergangszeit  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 43:** Schnitt Übergangszeit -  
Wohnraum  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 44:** Innenraumperspektive  
Wohnraum Nord  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 45:** Grundriss Übersicht -  
Vierzimmer-Typ  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 46:** Grundriss Sommer -  
Einzimmerwohnung  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 47:** Ansicht Süd Sommer  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 48:** Schnitt Sommer - Wohnraum  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 49:** Axonometrie  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 50:** Unterschiedliche  
Holzbauweisen im Geschoßwohnbau  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik,  
Datenquelle: [http://www.mm-holz.com/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Folder/Sonstige/Planungsbroschuere-Brettspertholz.pdf](http://www.mm-holz.com/fileadmin/user_upload/Downloads/Folder/Sonstige/Planungsbroschuere-Brettspertholz.pdf)  
[29.1.2020]

**Abbildung 51:** Axonometrie Bauablauf  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 52:** Axonometrie Grundsystem des  
Entwurfs, Holzbau und Stahlbetonbauanteil  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik,  
Datenquelle: Rem, Koolhaas u.a.: Elements  
of architecture. façade, Venedig 2014, 144  
[29.1.2020]

**Abbildung 53:** Statisches Konzept - Tragende  
Wände und Decken  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 54:** Bauteilanordnung Wände,  
Stützen und Unterzüge  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 55:** Regel-Wandaufbauten  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 56:** Bauteilanordnung Decken  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 57:** Regel-Deckenaufbauten  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 58:** Detail 01 - Südfassade  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 59:** Detail 02a - Pufferraum  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 60:** Detail 02b - Lüftungskanal Ein-  
und Auslass  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 61:** Detail 03 - Innenwand Kern  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 62:** Detail 04 - Bodenfuge  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 63:** Detail 05 - Innenwand  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 64:** Detail 06 -  
Wohnungstrennwand  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 65:** Detail 07 - Nordfassade  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 66:** Detail 08 - Heiz/Kühlschacht  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 67:** Funktionsweise der Trombe-  
Wall - im Vergleich dazu das System des eigenen  
Entwurfes  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik,  
Datenquelle: Rem, Koolhaas u.a.: Elements  
of architecture. façade, Venedig 2014, 144  
[29.1.2020]

**Abbildung 68:** Systemschnitt Haustechnik  
Konzept  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 69:** Systemschnitt Haustechnik  
Winter  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 70:** Systemschnitt Haustechnik  
Sommer  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 71:** Haustechnik Schema  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 72:** Haustechnik Axonometrie  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik

**Abbildung 73:** Energiebilanzgleichung zur  
Berechnung der Momentantemperatur des  
Pufferraums  
Philipp Wayd, Graz, 2020, Vektorgrafik,  
Datenquelle: Bauphysik 1 Skriptum, Inst.  
Hochbau TU Graz, Prof. Kautsch 2019, 28

Grafiken inspiriert von  
Bryan Maddock ([dimension.guide.com](http://dimension.guide.com))



## **Danke**

Meinen Eltern, Brüdern und Iveta,  
Dipl.-Des. BDA Univ.-Prof. Wolfgang Tom Kaden,  
Univ.Ass. Aleksandar, Alexander und Christiane (IGE)  
den ArbeitskollegInnen des Büros J-C-K,  
Saša, Tadej, Mario, Silvio, Loïc, Lisa, Johannes  
und dem AZ1.