

DIPLOMARBEIT

RESSOURCEN-OPTIMIERTES BAUEN

**AM BEISPIEL EINER PASSIVWOHNHAUSBEBAUUNG
IN INNSBRUCK**

MARTIN PRETTNER

Diplomarbeit

Ressourcen-optimiertes Bauen am Beispiel einer Passivwohnhausbebauung in Innsbruck

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs
unter der Leitung von Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn Karin Stieldorf
E 253-4 Institut für Architektur und Entwerfen
Abteilung Hochbau und Entwerfen

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung



von Martin Prettner
Matrikelnummer: 0617657
Friedrich-Knauer-Gasse 1-3/3/11, 1100 Wien

Wien, am 31. Mai 2016

Unterschrift:

Abstract

Titel: Ressourcen-optimiertes Bauen am Beispiel einer Passivwohnhausbebauung in Innsbruck

Beschreibung:

Nachhaltigkeit im Bauwesen bedeutet auf mehreren Ebenen ein befriedigendes und qualitatives Ergebnis zu erreichen. Dabei relevante und ausschlaggebende Faktoren wie Materialität, Gebäudestruktur, Bewohnbarkeit oder Belichtung, müssen bereits in der Planung berücksichtigt werden. Diese Arbeit untersucht beispielhaft, welche Faktoren zu einem nachhaltigen und langanhaltenden, befriedigenden Ergebnis führen, ohne dabei die Umwelt stärker als notwendig zu belasten und der vorhandenen Stadtstruktur die notwendige Flexibilität und Wandelbarkeit zu ermöglichen.

Ausgehend von einem Wettbewerb in Innsbruck wurden mehrere Bebauungsstrukturen miteinander verglichen und analysiert.

Die dabei ausschlaggebenden Faktoren sind unter anderem die Belichtung der einzelnen Wohnungen, die Bauphysik, Landschaftsplanung und Bebauungsdichte. Anhand verschiedener Ansätze ausgewählter Architekten werden unterschiedliche Herangehensweisen aufgezeigt. Als Konsequenz der Untersuchungen in Hinblick auf Ressourcenoptimierung, wird ein Teil der Bebauung mittels Software bauphysikalisch untersucht. Zwei unterschiedliche Materialvarianten der Konstruktion des Entwurfs werden anhand ökologischer Kriterien verglichen.

Title: Resource-optimized building by example of a passive house in Innsbruck

Description:

Sustainability in building means to achieve a satisfactory and qualitative result on several levels. Relevant and decisive factors such as materiality, building structure, habitability or solar exposure must be considered already in the planning phase. This work serves as an exemplary investigation of the factors to sustainable and long-lasting satisfactory results without burdening the environment more than necessary and enable the flexibility and versatility which the existing structure of the city demands.

Starting from a competition in Innsbruck several development structures were compared and analyzed. The factors include the exposure of individual dwellings, building science, landscape planning and the density of the building. Using different approaches of selected architects different solutions are discussed. As a result of the research of resource optimization, a part of the building is analyzed with building science software and the materiality of two different construction methods (wood and concrete) are compared on environmental criteria.

DANKSAGUNG

Ich danke meinen Eltern, die mich immer unterstützt haben und mir mein Studium ermöglicht haben.

Meinen Kollegen und Freunden, die mir im richtigen Moment den Mut gegeben haben weiterzumachen und mich auch mit Rat und Hilfe unterstützt haben.

Frau Professor Stieldorf, die sich die Zeit genommen hat, mir zu helfen, als ich nicht mehr weiter wusste und die Geduld aufbrachte sich meine vielen Verirrungen und Ideen anzuschauen und mich dabei zu begleiten.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	7
Scarcity	8
Einleitung	9
Verschiedene Ansichten 1. Werner Sobek (Das Aktivhaus).....	10
Verschiedene Ansichten 2. Baumschlager-Eberle.....	12
Verschiedene Ansichten 3. Brian Cody	14
Verschiedene Ansichten 4. Werner Schmidt (Strohballenbau)	15
Hermann Kaufmann und der LCT-One Tower	17
Die Utopie und Wiederlegung	19
Kriterien der Nachhaltigkeit	21
Möglichkeiten und Ziele	22
Entwurf Bienerstrasse.....	23
Ausschreibung.....	24
Die Viaduktbögen.....	29
Lärmschutz.....	30
Lärmkarten Innsbruck	30
Analyse.....	31
Die Vergleiche	32
Konzept Entwurf	40
Landschafts- und Freiraumkonzept	41
Positionierung und Bebauungsdichte.....	43
Visualisierung	52
Wegediagramm.....	61
Die Grundrisse.....	64
Detailplanung.....	70
Fassade und Brandschutz	75
Bauphysikalische Berechnung	76
Materialspezifische Vergleiche.....	79
Wärme und Energiebedarf.....	82
Vergleich der Konstruktionen	83
Konklusio	87
Abbildungsverzeichnis	89
Definitionen	90
Quellenverzeichnis.....	91

Scarcity

"Scarcity, in all its complexity, throws up new arenas for architects and designers to cope with that avoid the sometimes simplistic discourse of sustainability. Too often sustainability falls back on technical solutions in the belief that the technologies and industries that humans have already invented, let alone what might be developed in the future, are already more than capable of providing abundance for all. With architecture so often framed as a technocratic discipline, it is perhaps not surprising that responses to the perceived dangers of scarcity revolve around technical fixes. This is an approach that holds out the promise of escape while leaving the underlying conditions untouched. But issues of scarcity, and in particular its ideological and very real construction, demand other forms of intervention.

Architectural, urban, planning and design research has - as we shall see in this issue - begun to suggest some new ways of operating: developing innovative forms of analysis of global flows and scarcities, new forms of ecological thinking that look at interrelationships, and design practices that are more socially activist in orientation."

(Scarcity, Architecture in an age of depleting resources; Architectural Design 2012/04; Seite 11)

Einleitung

Nachhaltig und ressourcenschonend zu bauen ist in den letzten Jahren immer populärer und im öffentlichen Interesse immer wichtiger geworden. Von der Entwicklung des Passivhauses, oder der aktuellen Variante des Aktivhauses oder von der Entwicklung alternativer Energiequellen bis hin zu Elektroautos, es gibt viele Ansätze und Annäherungsversuche, die Natur als solches zu erhalten, und schonend mit ihr umzugehen. Der Umgang mit den immer knapper werdenden Ressourcen ist also ein zentrales Thema, in der Weltpolitik und auch im privaten Leben. Um aber einen richtigen und sinnvollen Umgang mit unseren noch verbliebenen Ressourcen zu gewährleisten, sollte man auch einen genaueren Blick riskieren, und die richtigen Fragestellungen ungeschönt und ehrlich in Angriff nehmen. Unsere Welt ist sehr komplex und viele Dinge sind von einem komplizierten Apparat (Auto, Computer oder Haus) zu etwas alltäglichem geworden, dessen Aufgaben wir für selbstverständlich nehmen, ohne dies weiter zu hinterfragen. Diese Einstellung hat die Gesellschaft an den Punkt gebracht, an dem sie heute steht, mitten in einer immer schneller und rasant anwachsenden Ressourcenknappheit.

Der sinngemässe Umgang mit Baumaterialien spielt dabei genau so eine Rolle wie andere Industrien. Beim Hausbau aufgrund der anfallenden Massen, eine nicht Unbedeutende.

Die Beschaffenheit und Konstruktion eines Gebäudes nimmt mehr oder weniger Ressourcen in Anspruch. Viele der in einem Gebäude verbauten Materialien sind natürlich unabdingbar, trotzdem können viele davon ersetzt, oder mit der richtigen Bauweise umgangen werden.

Nachwachsende Rohstoffe als Baumaterial, binden bekanntlich Co2 während ihres Wachstums und können im Normalfall recycelt werden. Beton ist beispielsweise aufgrund des Zementzuschlags und der Bewehrung energieintensiver und auch in Bezug auf Wie-

derverwertung nicht ideal. Davon ausgehend würde ein Holzhaus weniger Energie in der Herstellung benötigen als ein Betonhaus.

Nichtdestotrotz erfordern Dinge wie Brandschutz und statische Anforderungen eine gewisse Einschränkung in der Materialwahl. Viele Vorgaben und Normen gilt es zu erfüllen, was natürlich grosse Auswirkungen auf unsere gebaute Umwelt hat.

Man ist als Planer also nur bedingt fähig die Materialwahl eines Projektes zu bestimmen.

Trotzdem gibt es Möglichkeiten und Entscheidungen, die Auswirkungen auf die benötigte Energie bei der Herstellung und den Erhalt eines Gebäudes haben. Zerlegbare Konstruktionen haben zum Beispiel den Vorteil, dass sie leichter abtragbar sind und besser recycelt werden können.

Unsere Baustoffe unterliegen einer starken Durchmischung, und die Komplexität, die ein heutiger Bau mit sich bringt, gestaltet eine Wiederverwertung oft schwierig und aufwändig.

Umso wichtiger ist es, das Augenmerk auf die Planung zu legen, denn Ziel sollte die sinngemässe Verwendung von Materialien sein, und im speziellen in der zukünftigen Architektur. Die Verwendung natürlicher Ressourcen hat dabei Vorteile gegenüber den konventionellen und traditionellen Baumaterialien, in Bezug auf die entstehende Graue Energie und der Herstellung selbst. Ich denke die Verantwortung liegt auch bei den Architekten, denn auch wenn die Bauherren schlussendlich zustimmen müssen, so sind es die Architekten, die die Lösungen und Alternativen anbieten können.

Architekt Werner Schmidt hat viele Gebäude die er geplant und gebaut hat in zweifacher Ausführung angeboten, in konventioneller Bauweise und in Strohballen-Bauweise und hat somit eine Alternative geschaffen, die ihn zu seinem heutigen Schaffensprozess, nur noch in Stroh zu bauen, verholfen hat.

Vor diesen Hintergründen möchte ich einen Vergleich

eines Wohnhauses anstellen, inwieweit die Materialität und Form Einfluss auf den Primärenergiebedarf haben kann. Der Kontext Stadt spielt dabei eine wichtige Rolle, da ein Wohnhaus ab einer gewissen Grösse völlig anderen Anforderungen standhalten muss als beispielsweise ein Einfamilienhaus. Somit ist es schwierig ein Strohhaus mit acht Geschossen in der Stadt zu errichten, allein aufgrund des Brandschutzes. Die möglichst naturschonende Bauweise im Einfamilienhaus ist anhand von verschiedenen Beispielen bekannt, aber oft nur in dieser Kleinheit realisierbar. In Bezug auf grössere Gebäude sind viele Dinge schlichtweg nicht möglich oder unerprobt und im Sinne der Normen nicht zulässig. Gerade deswegen soll diese Arbeit Bezug auf diese Thematik nehmen und anhand eines Beispiels von einem Wohnbau die Möglichkeiten der Ressourceneffizienz in der Stadt aufzeigen.

Schliesslich soll für viele Menschen gebaut werden, nicht für wenige Privilegierte, die sich ein Haus im Grünen leisten können.

“Zusammenfassend muss man zugeben, dass unglücklicherweise sowohl (Hand-)Bücher als auch Projekte, die sich mit alternativen Materialien befassen, noch immer dem amerikanischen Ansatz der Einfamilienhaus-Neubau-Methode leiden. Diese Vorliebe basiert auf dem Wunsch nach Autonomie, ist aber nicht besonders nachhaltig im Hinblick auf den Landverbrauch und die Auswirkungen auf unsere Umwelt.”

(Werner Schmidt, Seite 119)

Verschiedene Ansichten 1. Werner Sobek (Das Aktivhaus)

"F87

(Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität) wurde von einem interdisziplinären Team unter der Leitung von Professor Werner Sobek entwickelt. Das Haus zeigt das Potenzial auf, welches aus der bisher ungekannten Verknüpfung der Energieströme zwischen der entstehenden Elektromobilität und unserer gebauten Umwelt erwächst. Architektonisch verkörpert er diese spektakulär durch einen gläsernen „Showcase“, der alle hierfür energetisch relevanten Komponenten rational organisiert und elegant zur Schau stellt. Über die Möglichkeit hinaus, zukünftig Einfamilienhäuser in Breitenanwendung zu bauen, die weit mehr regenerative Energie erzeugen, als sie benötigen - also auch in der Lage sind, ebenso die E-Mobile der Bewohner vollständig mit Energie zu versorgen - zeigt der Entwurf auf, dass Gebäude zukünftig so entworfen und konstruiert werden können, dass nach ihrer Nutzung ein sortenreines Recycling aller Baumaterialien problemlos möglich ist."

(<http://www.wernersobek.de/projekte/material-de/glas/f87/>)

"B10

Das Forschungsprojekt – nach seinem Standort im Bruckmannweg 10 kurz "B10" genannt – ist das erste Aktivhaus der Welt. Dank eines ausgeklügelten Energiekonzepts und einer selbstlernenden Gebäudesteuerung erzeugt es das Doppelte seines Energiebedarfs selbst. Und zwar aus nachhaltigen Quellen.

Nach Abschluss des Forschungsprojekts wird das Gebäude vollständig zurückgebaut, anderswo wieder aufgebaut oder zu 100 % rezykliert."

(<http://www.aktivhaus-b10.de/projektbeschreibung/>)

"Vorsprung durch Technik" ist ein durchaus bekannter Werbeslogan, der auch in der Architektur gewissermaßen Einzug genommen hat. Die Wege, die Werner Sobek beschreitet, sind durchaus modern und zeitgemäß, und nutzen die in den letzten Jahren so populär und gesellschaftlich wichtig gewordenen Medien wie Internet, Computer und Smartphones für die Steuerung des Hauses. Der Ansatz die auftretenden Energielasten zu beobachten und darauf zu reagieren, beziehungsweise sie auf den Benutzer abzustimmen steht dabei im Vordergrund.

So erfolgt die Energieeinsparung und oder die gleichzeitige Überproduktion aus der Verbindung der benötigten Lasten, der Pufferung und Speicherung und Einspeisung der Energie in das öffentliche Netz und der Überwachung der Lasten (Monitoring), um die Energie optimal nutzen zu können. Alltägliche Verbrauchsfaktoren wie das tägliche Duschen oder Kochen werden sinngemäss zuerst über die von dem Haus direkt erzeugten Energien gedeckt. Zusätzliche Lasten werden über Sekundärsysteme oder auch durch das öffentliche Netz eingespeist.

Die Anforderungen an die Gebäude sind sehr strikt ausgelegt und auch hoch angesetzt, was als Experiment durchaus sinnvoll und gerechtfertigt ist. Darüber hinaus funktioniert das Prinzip an sich, ein Haus kann mehr Energie erzeugen, als es benötigt.

Jedoch gilt es auch die Relationen des Weges dort hin zu beachten. Wie viele Arbeitsstunden und Planungsstunden, die ein solches Projekt mit sich bringt, braucht es, um es auch funktionieren zu lassen? Ob es für die Masse an Gebäuden, die in Zukunft gebaut wird möglich ist, immer diesen Aufwand zu betreiben ist unklar.

Der Passivhausstandard, der inzwischen auch schon seit den 80er Jahren bekannt ist, hat es erst in den letzten

Jahren geschafft sich im Wohnungsbau zu etablieren, wobei die eingebaute Technik in einem Aktivhaus diesen Standard noch übertrifft - Messungen werden durchgeführt und das Gebäude verfügt über intelligente Prozessoren, die auf den Bewohner reagieren, um das Optimum an Energieeinsparung zu erreichen. Die Komplexität eines solchen Gebäudes ist noch höher als der Passivhausstandard und die Instandhaltung und Renovierung wahrscheinlich teurer.

Bild 1, Das Haus F87



Ob diese Zielsetzung für die Zukunft richtig ist, wird sich erst herausstellen. Die Ansätze ein Haus über Monitoring und Adaption der Energieerzeugung auf die Benutzer abzustimmen, bringt jedenfalls grosse Einsparungen mit sich. Ein weiterer interessanter Punkt, der als logische Konsequenz von Aktivhäusern folgt, ist das Smart Grid oder Lastmanagement :

"Nicht nur das Gebäude an sich, sondern die sie bedienenden Netze bedürfen einer komplexer werdenden Regelung. Bisher wurde die Energieerzeugung an die Nachfrage angepasst, zunehmend geht es darum, die Nachfrage an die Erzeugung anzupassen. Das sogenannte Lastmanagement bedeutet, dass der Verbrauch vorzugsweise dann erfolgt, wenn die meiste Energie kostengünstig zur Verfügung steht. Energie aus erneuerbaren Quellen steht im Gegensatz zu fossil erzeugter Energie nicht ständig zur Verfügung. Um ein funktionierendes System zu erzeugen, sind intelligente Stromnetze - so genannte Smart Grid - notwendig. Sie beziehen alle Verbraucher und Energielieferanten - zentrale und dezentrale Stromerzeuger - mit ein. ... Durch intelligente Netze können die Auslastung der Netze optimiert und teure Lastspitzen vermieden werden."

(Das Aktivhaus; Seite 196)

Der kritische Punkt ist sicherlich die Rezyklierbarkeit der Bauteile, denn diese sind dem Zahn der Zeit ausgesetzt - der Witterung und der Be/Abnutzung.

Kann man eine Fliese wiederverwenden, oder eine Vierfach-Verglasung nach einer Laufzeit von 50 Jahren, und wenn ja, wie?

Zu behaupten, dass ein Haus zu 100% rezyklierbar ist, halte ich für schwer möglich. Genau genommen verliert man immer etwas, nämlich die Energie, die in der Produktion und Wiederaufbereitung steckt.

Selbst wenn man das Haus an einer anderen Stelle wieder aufbaut, entsteht ein Energieverlust, wenn auch nur in Form von Logistik.

Man kann sich grundsätzlich zwischen natürlichen, also organischen Materialien und anorganischen Materialien entscheiden, was in puncto Recycling zwei unterschiedliche Wege hervorbringt. Einerseits die Rückführbarkeit in den natürlichen Kreislauf, andererseits die Wiederverwendung beziehungsweise die Aufbereitung von Glas, Aluminium, Metallen und dergleichen. Die Rückführbarkeit von einer Lehmwand oder einer Stroh-/Holz-Konstruktion stellt eigentlich nur ein logistisches Problem dar, ansonsten bestehen gegenüber anorganischen Materialien wie Beton oder auf Erdöl basierenden Materialien (z.B. extrudiertes Polystyrol) klare Vorteile.

Rezyklierbar ist also nicht gleich rezyklierbar, da sich die Wahl der Materialien direkt auf die Energie der Errichtung und des Abbruchs auswirkt.

Bild 2, Das Haus F87



Verschiedene Ansichten 2. Baumschlager-Eberle

"... Da Nutzungskonzepte mit der Berechnung der Amortisationszeit untrennbar verknüpft sind, wird Architektur zu einem Abschreibungsfaktor mit immer kürzer berechneter Laufzeit. Bauen ist jedoch 'notorisch teuer und bindet Ressourcen auf lange Frist. (...) Wenn wir also heute von Qualität sprechen, liegt die wohl wichtigste heutige Anforderung an ein Gebäude in dessen Langlebigkeit. Bauen selbst umfasst einen nur sehr kurzen Aspekt im Lebenszyklus eines Gebäudes, viel länger dauert dessen Bewirtschaftungsphase.' Baumschlager-Eberle fordern deshalb einen Bruch mit der bisherigen, auf die Verwendungs- oder Funktionsweise eines Hauses hin orientierten Denkweise: 'An die Stelle des Primats der Nutzungserfüllung tritt die Schönheit als zentrale Zielsetzung architektonischen Entwerfens, weil Schönheit jene Qualität darstellt, die zu einer sozialen und kulturellen Akzeptanz des Gebäudes führt.'

Damit schliesst sich der Argumentationskreis: Wenn der Architekt die Probleme von Ort und Volumetrie löst und auf diese Weise mit seinen Bauten Identitäten mit Tradition und Gegenwart schafft, dann wird er auch eine soziale und kulturelle Akzeptanz erreichen, die wiederum die entscheidenden Voraussetzungen für eine Langlebigkeit des Gebäudes darstellt. Und unter dieser Perspektive wird sich nicht nur die 'vermeintliche Unvereinbarkeit von Ökonomie und Ökologie' aufheben, sondern die architektonische Qualität wird auch zum bestimmenden Element des Bauens. Die rigorose Klarheit und die Rationalität, mit der Baumschlager-Eberle die Lösung architektonischer Probleme erarbeiten, zielen somit auf eine dauerhafte Architektur, eine Architektur, die unseren begrenzten Ressourcen verantwortungsvoll einsetzt und die Menschen mit dem Ort ästhetisch und kulturell verbindet."
(Baumschlager-Eberle 2002-2007; Seite 9)

"Kern des Selbstverständnisses von Baumschlager-Eberle ist es, Architektur als eine ganzheitliche Aufgabe zu betrachten, deren Komplexität erst dann erfüllt ist, wenn ein Gebäude allen Anforderungen wie konstruktive Intelligenz, Ökologie, Wirtschaftlichkeit und gesellschaftliche Akzeptanz entspricht. Ein solcher Anspruch an Nachhaltigkeit lässt sich grundsätzlich bei jedem Gebäude verwirklichen - gleichgültig, ob es sich um ein Einfamilienhaus, eine Wohnanlage oder einen Industriebau handelt."
(Baumschlager-Eberle 2002-2007; Seite 142 ff.)

Anhand des Beispiels eines Bürogebäudes in Lauterach, Vorarlberg, lässt sich die Herangehensweise von Baumschlager-Eberle am besten erklären. B-E propagieren bei diesem Entwurf die Einfachheit, die ein Gebäude in Konzept und Konstruktion haben darf und trotzdem die Anforderungen eines Passivhauses erfüllen kann. Interessanterweise ist dieses Haus aber, trotz vieler Vereinfachungen in der Konstruktionsweise, eigentlich mehr als auf dem neuesten Stand der Technik. Es verfügt über stockweise automatisierte Lüftungsklappen, die je nach Luftqualität, Luftfeuchte und Kohlenstoffdioxid-Anteil geöffnet und wieder geschlossen werden. Dafür gibt es keine kontrollierte Wohnraumlüftung, trotzdem verfügt das Haus über einen konstanten Temperaturverlauf über das ganze Jahr, zwar nur bewohnt, jedoch unbeheizt.

Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Wienerberger entwickelt und verfügt über ein zweischaliges Mauerwerk von einer Gesamtdicke von 78 cm. Deshalb kommt es ohne Dämmung aus und verfügt über ein grosses Wärmespeicherpotenzial aufgrund der dicken Aussenwände und einer Raumhöhe von 3,4 Metern.

Die Decken bestehen aus industriell gefertigten Betelementen, die Installationen (Elektro) befinden sich

im Bodenaufbau, die restliche Installation besteht aus Abfluss und Wasserleitungen, die in einem einzigen Schacht untergebracht werden. Es gibt keinen Kamin, kein Entlüftungsrohr und keine Dachdurchdringung.

Bild 3, Bürogebäude in Lauterach



Dieses Projekt punktet mit seiner Simplizität, und stellt unter Beweis, dass Architektur an sich, mit ihren Spielräumen wie Geometrie und Materialität, grossen Einfluss auf die tatsächlich aufzuwendende Energie während der Laufzeit und im Bau hat.

Um ein solches Projekt zu Planen und "neu" zu erfinden, müssen viele Dinge wie die Normen und gängige bauphysikalische Gesetze hinterfragt werden. Um das Potenzial unserer Architektur auszuschöpfen, müssen neue Wege gefunden werden.

Als klassischer Massivbau würde man wohl ad-hoc nicht von einem ökologisch verträglichem Haus sprechen, aber B-E stellen mit diesem Projekt ein alternatives Konzept unserer kurzlebigen und kompliziert gewordenen Architektur dar.

Ob ein Haus mehr als 100 Jahre oder länger stehen soll und darf, oder ob der Wandel der Zeit und der Architektur die Lebenszeit eines Hauses ohnehin auf 50 oder weniger Jahre beschränken, ist wohl eine Frage die Jeden betrifft und daher wohl auch in Zukunft nie eindeutig beantwortet werden kann.

B-E sehen dies anders und verfolgen ein Konzept der bewussten Langlebigkeit.

Es ist das Konzept eines sparsamen und sinnvollen Einsatzes von Material und somit einer einfachen und rationalen Architektur. Das Material wird gebunden, und die Bindung an sich, also das Herstellen eines Gebäudes, benötigt Energie. Diese Energie ist verloren, oder nicht wieder rückführbar in einen Kreislauf, also anders als das Material oder der Standort. Und an dieser Stelle kann man sich für mehrere Optionen entscheiden: Macht man es wie B-E, so verfolgt man das Konzept der Langlebigkeit und investiert in diesem Sinne, damit die gebundene Energie, die ja ohnehin immer aufzuwenden ist, sinnvoll und für eine lange Zeit investiert ist.

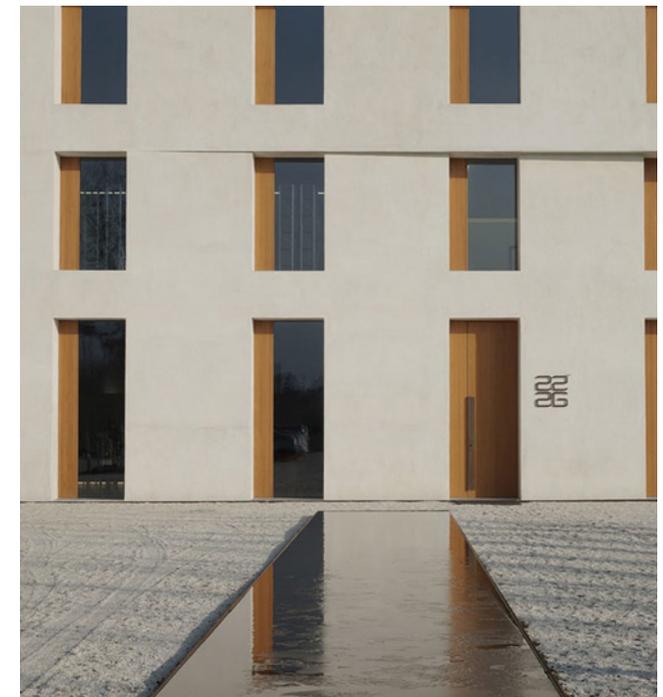
Einen anderen Ansatz verfolgen Werner Sobek und Brian Cody, die eher der Überzeugung sind, dass ein Gebäude wieder rückführbar und oder rezyklierbar sein sollte. Auch hierfür gibt es schlagende Argumente, denn wie oft werden bestehende Gebäude umgebaut, abgerissen oder aufgrund von gesellschaftlichem Wandel überfällig oder nicht benutzt? Es herrscht also insgesamt immer ein grosser Druck auf dieser Entscheidung zwischen Langlebigkeit oder Rezyklierbarkeit - und beide Konzepte sprechen für sich.

Wie man sich im Einzelfall entscheidet, hängt auch von anderen Faktoren, wie den Randbedingungen oder einfach der Aufgabe an sich, ab. Eine Nationalbibliothek aus langlebigen Materialien zu Bauen macht Sinn, ein Einfamilienhaus hingegen muss nicht unbedingt so langlebig sein wie ein öffentlicher Bau, da in der Regel gerade kleinere Objekte öfter angepasst werden müssen - insbesondere wenn es ums Wohnen geht.

B-E setzen auch in ihren anderen Projekten auf die gesellschaftliche Komponente, denn ein gesellschaftlich akzeptierter und geschätzter Bau ist auch langlebiger.

Ein stringenter Umgang mit Ökonomie und Wirtschaftlichkeit ist Teil des Gesamtkonzepts von B-E. Das Büro arbeitet mit eigener Software, um möglichst viel Informationen eines spezifischen Projekts wie Wetter, Lage, zu erwartende Betriebsenergie und andere Faktoren im Vorhinein abzuklären und in den Entwurf einzubringen. Um möglichst viele Faktoren in einem Projekt zu berücksichtigen, ist das Instrument des Computers durchaus sinnvoll und heutzutage ohnehin unabdingbar. B-E waren jedoch eine der Ersten, die sich diese Vorteile für ihr Architekturverständnis zu Nutze machten.

Bild 4, Bürogebäude in Lauterach



Verschiedene Ansichten 3. Brian Cody

„Nach meiner Auffassung ist energieeffiziente Architektur als Triade aus minimiertem Energieverbrauch, optimalem Raumklima und hervorragender architektonischer Qualität zu begreifen. Die dringend notwendige Erhöhung der Energieeffizienz kann somit zu einer neuen Ästhetik, zu neuen architektonischen Qualitäten führen.“

„...Das Energy Design eines Gebäudes nutzt die instationären Energieflüsse im Umfeld des Gebäudes; um optimale thermische, licht- und lufttechnische Bedingungen im Gebäude herzustellen und darüber hinaus, um nutzbare Energie zu erzeugen. Diese kann sowohl im Gebäude selbst verwendet als auch ins städtische Umfeld des Gebäudes exportiert werden.“

„...Während der vergangenen 50 Jahre wurden natürliche Kräfte wie Sonnenstrahlung und Wind von Planern als problematische Elemente gesehen, gegen welche Schutzmaßnahmen zu finden waren.“

(<http://www.gat.st/news/vortrag-brian-codyform-follows-energy>)

Brian Cody ist als Energieberater an verschiedensten Projekten auf der ganzen Welt beteiligt, und hat in den letzten Jahren als Energieberater bei Projekten von Coop Himmelblau oder der Arup Company mitgearbeitet. Er ist Professor an der technischen Universität Graz, und ich hatte selbst das Vergnügen, bei ihm ein Entwerfen zu belegen. Titel des Entwerfens war "Touching the ground lightly", Ziel war es ein Einfamilienhaus zu entwerfen, das während seiner Laufzeit mehr Energie produziert, als es in Herstellung, Erhaltung und Sanierung an Energie benötigt. Über die Kalkulation der benötigten Grauen Energie und der Erhaltungsenergie, wie auch der Energie der Sanierungsarbeiten, wurden die studentischen

Projekte miteinander verglichen. Die Kalkulation erfolgte über Excel-Tabellen, die vom Institut zur Verfügung gestellt wurden. Trotz dem Versuch einer möglichst genauen Kalkulation, ist das Ergebnis jedoch mehr eine Schätzung, da die Werte der Grauen Energie von verschiedenen Quellen stark variieren, und nicht alle Werte aus einer Quelle eruierbar waren. Um ein Bewusstsein und Gespür für gebundene Energien in Materialien zu erlangen, war die Lehrveranstaltung aber durchaus ein Erfolg.

Die grössere Idee, die Brian Cody verfolgt, ist das Konzept einer nachhaltigen, in sich autarken, energieproduzierenden Stadt. Es handelt sich um eine Utopie der Zukunft, einen Traum, den schon viele Architekten sich überlegt haben. Der Ansatz ist auch durchaus sinnvoll und theoretisch möglich, auch wenn die Gesellschaft davon noch weit entfernt ist. Rein rechnerisch ist es sicher möglich, geht man von einer Planstadt aus, die nicht gewachsen ist und sich nicht selbst entwickelt hat. Die Erfahrung zeigt, dass solche Planstädte selten so funktionieren wie gedacht.

Grosse Flächen und Volumen verfügen auch über dementsprechend grosse Effekte, die gut geplant, sinnvoll genutzt werden können. Jedoch in unserer momentanen wirtschaftlichen und politischen Lage wohl eher eine Utopie sind.

Trotz all der Kritik ist der Ansatz von Brian Cody meiner Meinung nach legitim, und in grossen Projekten auch teilweise realisierbar.

Bild 5, Hyperbuildings



Verschiedene Ansichten 4. Werner Schmidt (Strohballenbau)

Werner Schmidt verfolgt mit seiner Architekturauffassung einen völlig neuen Ansatz, er baut nämlich mit der Dämmung selbst.

Seine Dämmung ist aber nicht, wie üblicherweise, ein zusätzliches Material, das hinzugefügt wird, sondern ein Baustoff, der in grossen Mengen verfügbar ist und in seinen Eigenschaften die übliche Dämmung mehr als nur ersetzt. Er verwendet verpresste und meist gebundene Strohballen, die ähnlich wie Ziegel gestapelt und verbunden werden.

Diese Konstruktionsweise, die es eigentlich schon über 100 Jahre gibt, hat viele Vorteile, aber natürlich auch gewisse Nachteile. Mit einer verwendeten Wandstärke von 120 cm, ergibt sich mit diesem Material ein Dämmwert, der den Passivhausstandard locker übertrifft. Der durch eine solche Wandstärke verlorene Raum, ist allerdings nicht gerade effizient. So ist es nicht verwunderlich, dass Werner Schmidt eher Einfamilienhäuser und kleinere Projekte verwirklicht, da in diesen ländlichen Konstellationen der Platz vorhanden ist. Anders in Städten, wo die Ausnutzung der vorhandenen Flächen über Erfolg und Niederlage eines Projektes entscheiden kann.

Nichtsdestotrotz ist es eine gute Überlegung, ein Material zu verwenden, welches billig in der Herstellung, ökologisch und in grossen Mengen vorhanden ist. Es ist eine Alternative und überzeugt durch die Simplizität der Konstruktion. Die Fassade wird von Werner Schmidt meistens mit einem Kalkputz versehen (Stärke 4 cm), welcher auch im Innenraum verwendung findet. Durch den Kalk erhält das Stroh einen natürlichen Schutz vor Feuchtigkeit und Ungeziefer. Im Innenraum wird auch oft Lehmputz verwendet, der für konstante Feuchtigkeit und Behaglichkeit sorgt. Andere Bauteile wie Fenster und Türstöcke, oder der Dachstuhl, werden in Holz gebaut. Viel ökologischer kann man in diesem Kontext wahrscheinlich nicht bauen, auch wenn in manchen

Projekten auf die Betongrundplatte nicht verzichtet wird.

Über die Architektur von Werner Schmidt lässt sich diskutieren, denn die meisten seiner Häuser unterscheiden sich nur wenig von konventionell gebauten Häusern: Vier Wände und ein Giebeldach sind eben nicht aus der Entwicklung der Moderne entsprungen, aber das Konzept funktioniert und schliesslich ist es der Bauherr, der mit dem Projekt zufrieden sein muss.

Die Kritik, die man an dieser Stelle anbringen kann, ist die "Grösse" und der immer ähnliche Kontext, in dem Werner Schmidt baut. Meistens sind es Häuser am Land, für eine oder zwei Familien, und der Maßstab scheint nicht wirklich zu springen, was schade ist, denn als Architekt hat man auch die Aufgabe für die Allgemeinheit zu bauen und neue Ansätze unter die Bevölkerung zu bringen.

Es wäre auf jeden Fall einen Versuch wert, ein Stadthaus aus Stroh zu bauen und all die Schwierigkeiten in Angriff zu nehmen. Erstens, ob es überhaupt funktioniert und zweitens, umsetzbar wäre. Probleme entstehen natürlich durch Auflagen der Behörden und Anforderungen des Brandschutzes. Dies bietet aber auch Potenzial, um das zukünftige Bauen weiterzuentwickeln.



Bild 6, Haus in Fliri, Schweiz

Bild 7, Eindeckung des Daches mit Strohdämmung



In Wien gibt es bereits einen mit Stroh gedämmten Dachstuhlhausbau, der den behördlichen Ansprüchen genüge tut und funktioniert. Trotzdem ist dieses Beispiel eher ein Einzelfall und nicht die Regel. Dachausbau in Wien ist eine Aufgabe für sich und aufgrund der behördlichen Auflagen nicht unbedingt ein leichtes Feld, und somit wahrscheinlich nicht unbedingt das beste Betätigungsfeld für Strohbauten.

Die "Gruppe Angepasste Technologie" (GRAT) hat ein grosses Projekt in Niederösterreich begonnen, und errichtet dort mehrere kleine Häuser und auch mehrgeschossige Gebäude – Ein neues Dorf aus Strohbauten (Lewari-Studie).

Das S-Haus war ein Projekt der GRAT, ein Haus ausschliesslich aus natürlichen Materialien zu bauen. Sogar auf das Schrauben der Fassade wurde verzichtet, diese wurde mit Buchenholzdübeln, statt konventioneller Verschraubung, ausgeführt. Die Konstruktion selbst besteht, anders als bei Werner Schmidts Bauten, aus Holz und die Strohdämmung aus Ballen wurde an die Konstruktion angehängt.

Es handelt sich hier um ein Pilotprojekt für Österreich und zeigt, dass es auch hier möglich ist, Innovation in den Hausbau zu bringen.

Stroh als Baumaterial ist also in verschiedenen Anwendungen brauchbar, als klassische Dämmung wie als Baumaterial selbst. Das Wissen über den Baustoff und seine Anwendungsschwierigkeiten ist aber gerade bei diesem Material sehr wichtig. Das Setzungsverhalten, falls als tragende Wand verwendet, ist sehr gross, was einen mehrgeschossigen Bau erschwert. (30 cm Setzung, bei 6 Metern Wandhöhe in den ersten 3 Wochen). Wie beim Bauen mit Beton gibt es auch beim Bauen mit Stroh wesentliche Eigenheiten.



Bild 8, Das S-Haus in Böheimkirchen, Zentrum für Angepasste Technologie, Niederösterreich



Bild 11, Dachstuhldämmung, Wien

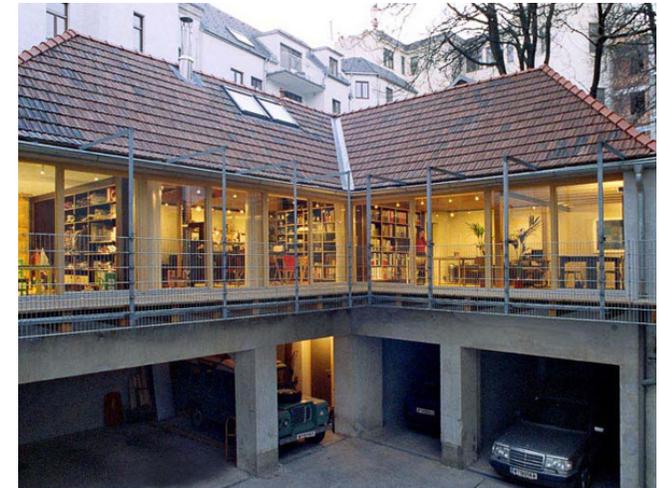
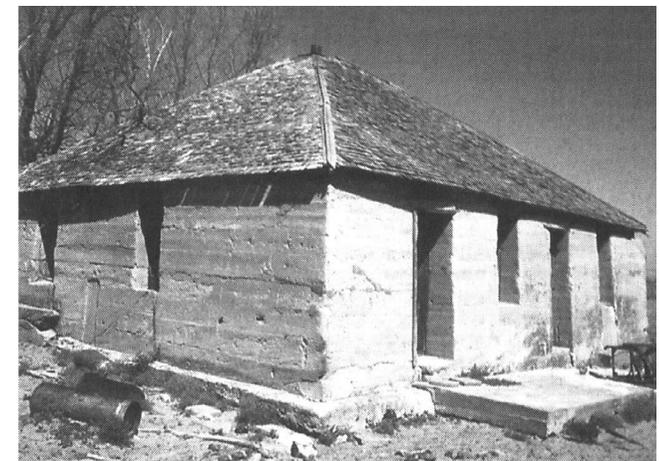


Bild 10, Dachstuhl mit Strohdämmung, Wien

Bild 9, "Das Burke-Haus, in der Nähe von Alliance, Nebraska ist das älteste selbsttragende Strohhhaus, das heute noch steht, erbaut im Jahr 1903. Es belegt, dass Strohbauten in punkto Langlebigkeit durchaus mit anderen Bauten konkurrieren können." (<http://www.unserstrohhaus.at>)



Hermann Kaufmann und der LCT-One Tower

„Der LCT ONE (LifeCycle Tower ONE) ist in verschiedener Hinsicht ein Pionierbauwerk... Hier wird zum ersten Mal ein Gebäude in Holzbauweise an der Hochhausgrenze errichtet. Es ist zudem der Prototyp für die im Forschungsprojekt „Life Cycle Tower“ entwickelte Holz-Systembauweise. Ziel des Projektes ist es, das Bausystem auf seine Umsetzbarkeit hin zu überprüfen und ebenso die Feststellung der Funktionstüchtigkeit unter realen Nutzungsbedingungen. Da das Bausystem eine internationale Marktreife erlangen soll, ist dieses Demonstrationsvorhaben ein zentraler Baustein für die Erprobung sowie für die Vermarktung. Das Gebäude besteht aus einem aussteifenden Stiegenhauskern, an den einhüftig die Büroflächen angehängt werden. Entgegen dem Vorschlag im vorausgegangenen Forschungsprojekt LCT, auch den Stiegenhauskern in Holz zu bauen, wird hier der Kern in einer Ortbetonbauweise ausgeführt. Dies war das Ergebnis einer intensiven Auseinandersetzung mit den gesetzlichen Vorschriften des Brandschutzes, die zeigt, dass es derzeit nicht möglich ist, den Kern aus brennbaren Baustoffen zu erzeugen. Mit dem Prüfnachweis (nach DIN EN 13501) des Feuerwiderstandes REI 90 der Holzverbundhybriddecke wurde eine wichtige Voraussetzung der Brandschutzbehörde erfüllt und ein wichtiger Schritt in Richtung Realisierung getan. Dazu wurden bei der Firma Pavus in Tschechien mehrere HBV-Elemente von 2,7 Metern –

entspricht dem Fassadenraster – mal 8,1 Metern – die mögliche Raumtiefe – einem Brandversuch unterzogen. Die Holz-Beton-Verbundrippendecke ist der eigentliche Schlüssel, um in die Höhe zu bauen, da es mit ihr gelingt, die jeweiligen Geschosse durch eine nicht brennbare Schicht konsequent zu trennen. In eine Stahlschalung von 8,1 mal 2,7 Metern werden die Holzbalken eingelegt, die Abstände dazwischen geschalt und im Vergussverfahren betoniert. Durch den hohen Vorfertigungsgrad vereinfacht sich der Bauablauf wesentlich. Die Deckenelemente können industriell viel präziser gearbeitet werden, es gibt keine Aushärtungszeiten auf der Baustelle und für die Verlegung eines Deckenelementes geben die Handwerker ganze 5 Minuten an. Der Schubverbund zwischen Beton und Leimbinder wird nicht mittels komplizierter Verbinder sondern über Schrauben und Schubkerfen hergestellt. Ein Sturzträger aus Beton trägt statisch wesentlich zur Durchleitung der enormen Kräfte aus den Fassadenstützen bei. Das Hirnholz der Doppelstützen steht direkt auf dem Beton, der verbindende Dorn wird auf der Baustelle im Fertigteil eingegossen. Dieser Sturzträger ermöglicht die brandschutztechnisch notwendige geschossweise Trennung der Konstruktion auch in der Stützebene und ermöglicht eine Einleitung der Lasten aus der Decke in die Stütze, ohne einen Holzbauteil quer zur Faser zu belasten. Dem Kräfteverlauf folgend, werden die Stützen den tatsäch-

lichen statischen Erfordernissen entsprechend konfektioniert. Mit 26 m Höhe und schimmernder Aluminiumfassade ist der »LifeCycle Tower One« in Dornbirn schon auf den ersten Blick kein typischer Holzbau. Der achtgeschossige HolzHybrid-Bau ist der Prototyp einer in interdisziplinärer Forschungsarbeit entwickelten Systembauweise, die bis zu 20 Etagen ermöglicht. Vorgefertigte Fassadenelemente und Verbundgeschossdecken bilden das modulare System, ergänzt um den aussteifenden Treppenhauskern aus Ortbeton. Als hybride Konstruktion optimiert die neuartige Verbundrippendecke aus Holz und Beton den Materialeinsatz. Die 2,70 ~ 8,10 m großen Elemente bestehen aus einer 8 cm dicken Stahlbetonauflage als Druckplatte, die zugleich dem Schall- und Brandschutz dient, und Brettschichtholzbalken (24 ~ 28 cm) als Unterzüge. Synergien nutzen auch die Fassadenelemente, die – ausgenommen der Alu-Verkleidung – komplett mit Verglasung und Stützen vorgefertigt wurden und die Montagezeit wesentlich verkürzten. Alle Stützen haben einheitlichen Querschnitt (24 ~ 24 cm). Als Doppelstützen nehmen sie in Fassadenebene an den Modulstößen jeweils ein Deckenelement auf. Stahldorne am Stützenkopf verbinden die Module.“ (DETAIL Hybride Konstruktionen; 2012)

Bild 12, LCT one Tower



“Das Gebäude wird »zusammengesteckt« und die Fugen anschließend mit Beton verfüllt. Die Deckenelemente werden so zur aussteifenden Scheibe, die als nicht brennbare Schicht die Geschosse trennt. Der »LCT One« ist das derzeit höchste Gebäude, bei dem Holz in tragenden Bauteilen ungekapselt, d.h. nicht brandschutzverkleidet ist. So strukturieren die Stützen und Träger die lichtdurchfluteten Räume, die unbehandelten Holzoberflächen kontrastieren mit den Deckenpaneelen aus Stahlblech. Passgenau zwischen den Holzbalken eingesetzt, verbergen sie die Installationen und dienen als Heiz- bzw. Kühldecken. Nicht zuletzt ist auch die Nutzung des Gebäudes hybrid: Dank des Fassadenrasters von 2,70 m und großer Spannweite sind die Etagen frei unterteilbar und eignen sich für Großraum- oder Zellenbüros ebenso wie für Wohnungen und Hotelzimmer.“
(DETAIL Hybride Konstruktionen; 2012)

Verwaltungsgebäude in Dornbirn
Architekten:
Hermann Kaufmann Architekten,
Schwarzach
Mitarbeiter:
Christoph Dünser (Projektleiter),
Benjamin Baumgartl, Guillaume E. Weiss,
Stefan Hiebeler, Michael Laubender
Tragwerksplaner:
Merz Kley Partner, Dornbirn

Bild 13, LCT one Tower

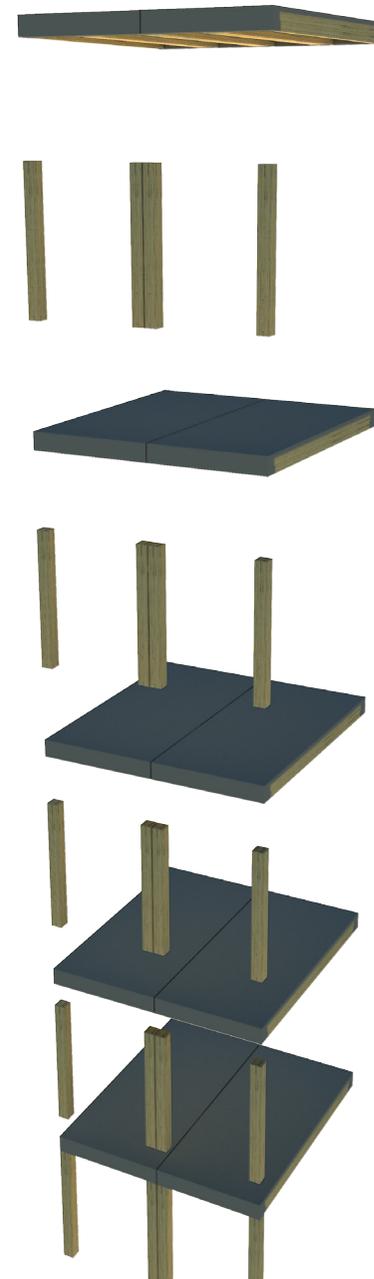


Bild 14, Stützen mit Dornen



Bild 15, Deckenelemente



Bild 16, Einhängen der Deckenelemente

Die Utopie und Wiederlegung

Ein Haus aus natürlichen Materialien zu bauen, ist heutzutage eher ungewöhnlich als normal und dies besonders im urbanen Kontext. Der Immobilienmarkt und die Errichtung von Gebäuden sind eine Industrie, der schwer zu entkommen ist. Die Notwendigkeit von Wohn- und -Lebensraum wurde bis ins letzte kommerzialisiert, und die Art und Weise, also die Beschaffenheit, Haptik und Optik unseres Wohn- und -Lebensraumes ist ein spekulatives Objekt geworden. Selbst die Architekten bekommen oft wenig Spielraum von Bauherren und Investoren. Viele Faktoren fließen in die Beschaffenheit unserer Umwelt. Die Randbedingungen von Projekt zu Projekt und Ort zu Ort sind so verschieden, dass eine Generalisierung schwierig ist. Sogar die Materialität eines Gebäudes ist im Grunde oft schon vorweggenommen. So schreibt die OIB-Richtlinie 2 vor:

"Für Gebäude der Gebäudeklasse 5 (über 4 Geschosse) gilt:

Trenndecken über sonstigen

oberirdischen Geschoßen - Baustoffklasse A2; REI 90 (schwer entflammbar)

Decken innerhalb von Wohnungen bzw. Betriebseinheiten in oberirdischen Geschoßen - Baustoffklasse A2; R90

Decken über unterirdischen Geschoßen - Baustoffklasse A2; REI 90

Tragende Bauteile - Baustoffklasse A2; R90

Die Baustoffklasse A2 kann nur mit bestimmten Materialien, bzw. Kombinationen von Materialien erreicht werden."

(Auszug OIB-Richtlinie 2)

Bis vor wenigen Jahren war es auch verboten, einen Liftschacht aus Holz zu bauen, und auch jetzt noch ist ein reiner Holzbau im mehrgeschossigen Wohnbau über vier Geschosse, mit wenigen Ausnahmen, nicht erlaubt

(die Stiegehäuser von Gebäuden der Gebäudeklasse 5 sind laut DIN EN 13 501 in der Baustoffklasse A2 auszuführen).

Die Einflüsse, Normen und Gesetze, die auf einen Neubau einwirken sind also nicht zu unterschätzen. Dementsprechend verhält sich das Bauwesen. Viele Gebäudetypen wiederholen sich, und wenn man die Baustellen in Österreich auf ihre Materialität untersucht, so ist meistens Beton der vorherrschende Baustoff.

"...Sowohl Fachleute als auch Zulassungstellen "betrachten Materialien, welche über Jahrhunderte eingesetzt wurden, als großes Risiko und setzen ihren Glauben viel lieber in unerprobte Kunststoffe und synthetische Materialien, die vielleicht in zehn Jahren verfallen werden. (...) Leider ist es relativ schwierig, natürliche Materialien, die auf guter Erfahrung durch ihren Einsatz gründen und die sorgsame Selektion von Materialien voraussetzen, auf ihre Tauglichkeit zu testen; dies setzt Vertrauen und Sorgfalt voraus. ..."
(Tom Woolley, Natural Building; Seite 13)

Aus diesen Bedingungen und Umständen heraus entsteht eine von den ausführenden Firmen oft verwendete Bauweise: Beton als tragende Struktur, Dämmung aus erdölbasierten Materialien, raumteilende Elemente aus Rigips.

Man könnte auch schon fast von Tradition sprechen, wenn man sich die momentan gängigen Baumethoden vergegenwärtigt. Ein System, das nun schon seit Jahrzehnten gängig ist und oft ohne Hinterfragen praktiziert wird. So ist der Prozess des Bauens tief im Handwerk und den spezifischen Betrieben verwurzelt, und wahrscheinlich nur über längere Zeiträume änderbar. Das vorhandene Know-How andere Materialien zu verwenden, schafft es nur schwer und langwierig bis zur Baustelle

und den ausführenden Firmen.

Als kleine Anekdote: Johannes Kaufmann errichtete in Wien einen mehrgeschossigen Holzbau und die ausführenden Elektroinstallateure hatten für die Bohrungen durch Holzdecken und -wände nur Betonbohrer zur Verfügung, was auf der Baustelle zu grossen Verzögerungen und auch viel Lärm führte. Bis zu dem Zeitpunkt, als sich der Architekt selbst die Zeit nahm, um mit einem Lehrlingen einen Holzbohrer zu kaufen. Am Beispiel des Lehrlings, konnten die anderen Elektriker lernen, zukünftig auch mit Holzbohrern im Holzbau zu arbeiten.

An den Details einer Baustelle sollte ein Bau nicht scheitern, aber der ganze Bauprozess ist abhängig von den ausführenden Firmen und Betrieben, und diese sollten das Know-How eigentlich schon mitbringen. Was aber selten der Fall ist, wenn man neue Baumethoden anwenden will, oder Innovationen einführen möchte. Aus dieser Bredouille heraus ist es verständlich, dass man erst gar nicht versucht, aus der Tradition auszubrechen, vor allem wenn man selbst das Risiko mitträgt und sich gegenüber den Bauherren und Investoren verantworten muss.

Die spezifischen Anforderungen an ein Gebäude in der Stadt sind so eng gesteckt, dass es oft unmöglich erscheint, auch nur geringfügig aus der gängigen Bauweise auszubrechen.

Wanddicken beeinflussen die Innenraumgröße direkt, und drücken somit auch die Rendite, da umbauter Raum teuer ist. Zu dicke Wandstärken werden also ungern gesehen, auch wenn das Material vielleicht billiger wäre und die Anforderungen an den Bau erfüllt (siehe Strohhallenbau).

Es gibt viele Beispiele, die hier anzuführen wären, ohne über die Ö-Normen und deren Erfüllung zu sprechen. Tatsächlich ist jedes "neue" Material, auch wenn dieses

in alten Traditionen wurzelt, an neue und aktuelle Bauanforderungen anzugleichen – das heisst, zu testen auf Brandschutz, Dampfdiffusion und statische Eigenschaften. Ein langwieriger Prozess für jedes Material und jede Neuerung.

„Eine unkonventionelle und eine ungewöhnliche Entschlossenheit sind notwendig, um sich einfache Bautechniken vorzustellen, die auf den lokalen und natürlichen Materialien basieren – und sie offiziell genehmigen zu lassen. Häufig sind diese Methoden der Umweltverträglichkeitsprüfung nicht enthalten – oder ihre Eigenschaften werden unterschätzt und unvollständig abgedeckt. Jedoch ist dies entscheidend, da es nicht von Bedeutung ist, wie grün oder von welcher geringer Auswirkung eine Methode ist, wenn es keine entsprechende Einstufung gibt, dann ist es möglicherweise schwierig, sie zu spezifizieren.“

Solch kulturelle Voreingenommenheit zugunsten der Industrieprodukte wurde von den Herstellern clever ausgenutzt und wird mehr oder weniger ausdrücklich durch Gesetze, Zusatzverordnungen und Standards gelenkt. (Die Tatsache, dass viele Bemühungen in die Erzeugung von erneuerbaren Energien gesetzt werden, anstatt den Verbrauch zu verringern, verrät, dass das Interesse vielmehr darin besteht, die gegenwärtige Besorgnis zur globalen Erwärmung als Verkaufsstrategie zu nutzen, als den energetischen Fußabdruck in der Baubranche zu verringern.)“
(Werner Schmidt; Seite 14)

Die Utopie muss also einen Schritt voraus gehen, all die Schwierigkeiten und Niederungen des heutigen Systems überschreiten, und nur Materialien verwenden, die direkt aus der Natur stammen, also nach Möglichkeit gewachsen sind und oder recycelt/recycelbar sind. Es gilt in Kreisläufen zu denken, die sich nach Idealen richten, und über die Lebensspanne eines einzelnen Menschen hinausgehen.

Der Vergleich eines Wohnhauses aus möglichst natürlichen Materialien gegenüber einem gängigen konventionellen Bau soll in dieser Arbeit untersucht werden. Ziel ist es, die selben Anforderungen zu erfüllen und dabei eine bessere Ökobilanz zu erreichen.

Als Hilfestellung und Validierung dienen die Graue Energie (GWP), der Anteil an nicht-erneuerbarer (PENR) und erneuerbarer Energie (PER) der Baustoffe und deren bauphysikalischen Eigenschaften.

Inwiefern es in Zukunft möglich sein wird, anders zu bauen, hängt stark von politischen und gesellschaftlichen Entwicklungen ab. Schliesslich ist der Bausektor ein grosser Eckpfeiler, Arbeitgeber und Wirtschaftsfaktor unserer Gesellschaft. Sich über gesammelte Erfahrungen und oft eingerostete Bestimmungen hinwegzusetzen, fordert nicht nur Architekten und Planer, sondern erfordert auch den Willen der Behörden und der ausführenden Firmen. Viele Beteiligte, die direkt oder indirekt in den Prozess des Bauens involviert sind, müssen zusammenspielen und mitarbeiten, um ein Umdenken gegenüber einem unbewussten Einsatz von Ressourcen zu erreichen.

Kriterien der Nachhaltigkeit

Über die Kriterien nach denen ein Haus beurteilt wird zu reflektieren ist wichtig und wird oft unterschätzt, oder in einer oberflächlichen Art und Weise übergangen. Ein konventionelles Haus in Photovoltaik-Zellen einzupacken ist noch lange nicht nachhaltig, auch wenn dabei Energie gewonnen wird, legitimiert das nicht die eigentliche Bauweise.

Bei jedem Bauteil und Material, das verbaut wird, gilt es immer Rentabilität und Amortisationszeit zu prüfen und abzuwägen. Die Konsequenz ein ganzes Haus auf diese Art zu planen und zu konstruieren ist aufwändig, aber nur sinnvoll, wenn man es konsequent verfolgt.

Das Institut für Baubiologie und Bauökologie (IBO) hat sich mit diesem Thema eingehend beschäftigt und Unterlagen wie das Baubook, welches auch digital abgerufen werden kann, zur Verfügung gestellt, und somit eine derartige Betrachtung ermöglicht.

Ein gewisser Energie- und Materialaufwand ist natürlich nicht zu umgehen. Es wird immer ein Aufwand sein und bleiben, ein Haus zu errichten, insbesondere mit den steigenden Anforderungen, wie denen eines Passivhauses.

Aber sich nur auf ein verwendetes Material oder ein in-sich-funktionierendes System zu verlassen, erscheint meiner Meinung nach zu wenig. Der Zusammenhang aller Bauteile und Techniken in einem Haus muss betrachtet werden, um ein wünschenswertes System zu erreichen. Allzuoft sind es aber Kompromisse, wie fehlendes Budget, Engagement oder Wissen, die ein Gebäude dann zu einem Konglomerat aus halben Lösungen und unzufriedenstellenden Ergebnissen machen.

Es gibt verschiedene Bewertungssysteme und Ansätze, ein Haus auf Nachhaltigkeit zu untersuchen. Jedoch ist es doch immer eine Mischung aus verschiedenen Betrachtungswinkeln, und darum gibt es in dieser Arbeit eine eigene Auflistung von Erfüllungskriterien, die unabhängig zu einem möglichst kompromisslosen Ergebnis führen sollen.

- Niedrige Primär- und Sekundärenergie
- ökologische Materialien
- grösstmögliche Flexibilität
- einfache Konstruktion
- intelligente Raumaufteilung
- einfache Technologie
- Energieproduktion
- wärmespeichernde Böden und Wände
- hohe Dämmwerte
- keine oder geringe Heizung
- möglichst ideale Fensterflächenverteilung
- günstige Sanierung
- Demontierbarkeit

Alle Punkte zu 100% zu erfüllen, ist unmöglich. Insbesondere deswegen, weil sie sich untereinander bedingen. So kann ein Glashaus zum Beispiel nicht über eine niedrige Primärenergie verfügen (Glas ist sehr energieaufwändig in der Produktion), auch wenn man dabei den maximalen Energieeintrag über den Tag, und somit auch eine gute Lichtführung und flexible Grundrisse ermöglicht - von der sommerlichen Überhitzung einmal abgesehen.

Das Ziel ist ein optimaler Kompromiss dieser Aspekte.

Möglichkeiten und Ziele

Das Passivhaus und die dazugehörige Einhaltung definierter Herangehensweisen ist komplex und aufwändig und nicht leicht herzustellen. Der technische Aufwand ist relativ hoch, und funktioniert ausschliesslich im komplexen Zusammenspiel aller Bauteile. Zum Beispiel die Luftdichtheit des Baukörpers bis zu einem gewissen Grad notwendig, da sonst eine kontrollierte Wohnraumlüftung nicht funktioniert. Erfahrungsgemäss ist das Bauwesen immer gekoppelt an die Bedürfnisse der Bewohner und der gesellschaftlichen Entwicklungen und deshalb der Umbau eines Wohnbaus eher die Regel als die Ausnahme. Ist ein Bau aber, wie beim Passivhaus, aufwändig und kompliziert, so ist es der Umbau dementsprechend. Die Überlegung liegt nahe, dass der Aufwand nicht gerechtfertigt und unpraktisch ist. Auch die damit einhergehende Abhängigkeit von Technik, deren Wartung und Instandhaltung, muss bezüglich der Laufzeit kritisch betrachtet werden.

Die Möglichkeiten ein nachhaltiges Wohnhaus zu errichten sind von der Zielsetzung abhängig. Von Bedeutung ist daher auch der Weg dorthin und das "Wie". Ein Gebäude zu errichten, das den Passivhausstandard erfüllt, bedeutet auch einen erheblichen Energieaufwand in den Bau zu investieren, der sich aber auch rechnen sollte. Die Erhaltung des Gebäudes soll rentabel bleiben, was bei einem hohen Energieaufwand, wie bei dem eines Passivhauses, mitbedacht werden sollte. Ansonsten ist es klüger, wenn man von einer kürzeren Lebensdauer ausgeht, den Standard und somit die Errichtungskosten und den Energieaufwand niedriger zu halten, da ansonsten die Rentabilität nicht gegeben ist.

Interessanterweise lässt sich diese Beobachtung auf viele Produkte und Zyklen unserer modernen Zeit umlegen, wie zum Beispiel dem Autos, Handys und vielen anderen Dingen, die scheinbar, trotz ihrer äusserst grossen Komplexität und Materialität aufgrund unserer ebenso komplexen Industrie, nicht viel Wert sind.

Was ist also das Ziel?

Noch komplexere Bauten zu errichten, die Bewohner und deren Bedürfnisse noch mehr einschränken, als sie Freiheiten schaffen? Noch mehr Energie und Kosten in Errichtung zu investieren, nur um die Betriebskosten zu minimieren?

Die Relation des anfallenden Energieverbrauchs, sei es in der Errichtung wie in der Erhaltung, sollte in sich stimmig sein. Wenn man diese Gedanken zu Ende denkt, ist es eigentlich unabdingbar, sich genau diese Fragen vor der Planung eines Projektes zu stellen. Es ist sogar wichtiger, als die isolierte Betrachtung der Betriebsenergie in den Vordergrund zu stellen. Es ist die Graue Energie, die meiner Meinung nach genauso niedrig zu halten ist.

Die Simplizität eines Gebäudes kann mehr Energie einsparen, als sich vielleicht vordergründig zeigt.

Ein Problem des Bauwesens ist wahrscheinlich auch die Möglichkeit Probleme komplex und industriell-technisch zu überwinden, die heutzutage nicht mehr so schwer erreichbar sind, als vor 100 Jahren. Es stellt kein unüberwindbares Problem dar, Brücken von mehreren Kilometern zu errichten, genauso wenig wie Hochhäuser von gewaltigen Ausmaßen zu bauen. Wir tun es wahrscheinlich, weil wir es können.

Ob es klug ist, steht oft nicht zur Debatte, und wird selten hinterfragt.

Das gilt es Herauszufinden und zu Vergleichen, danach sollte sich die Zielsetzung richten. Gebäude zu bauen, heisst auch Verantwortung zu tragen, und sie auf eine solche Art und Weise zu bauen, dass sie vielen Generationen dienen, ohne die Gefahr, dass sie zu komplex, zu aufwändig, zu teuer und zu unpraktisch sind.

Das Ziel liegt irgendwo zwischen technischer Innovation, der Verwendung von natürlichen Materialien (die immer reproduzierbar bleiben), der unkomplizierten Erhaltung, der Flexibilität der Benutzbarkeit und somit auch eines verantwortungsvollen Umgangs mit Ressourcen.

Wenn man es schafft, Aktivhäuser zu bauen, die mehr an Kraftwerke als an Gebäude erinnern, muss es auch Möglich sein, vorher genannte Ziele zu erreichen – eine Architektur, die Verantwortung gegenüber Benutzern und Benutzerinnen und zukünftigen Generationen übernimmt, ohne die Zukunft zu verbauen, sich zu besinnen und die Konsequenzen zu tragen, die aus der Notwendigkeit des Wohnens heraus entstehen.

So ist es auch im Passivhausbau. Wir können Gebäude entwickeln und bauen, die sogar mehr Energie produzieren, als sie verbrauchen. Aber mit welchen Mitteln, mit welchen Materialien und mit welchem Aufwand? All diese Fragen sind, denke ich, Teil und Konsequenz der heutigen Architektur. Wohin diese Entwicklung sich bewegt, gilt es abzuwarten. Jedoch kann man vorweg von einer, zumindest teilweisen, positiven Entwicklung sprechen, die sich in Richtung eines nachhaltigen und ressourcenschonenden Umgangs mit unserer Umwelt bewegt.

Entwurf Bienenstrasse

Um es nicht bei der Theorie zu belassen, und Erkenntnisse aus einem Beispiel zu gewinnen, habe ich eine Ausschreibung in Innsbruck verwendet, um einen Gegenentwurf mit den genannten Ansprüchen zu entwickeln und die Ergebnisse zu vergleichen. Um ein möglichst realitätsnahes Ergebnis zu erreichen, war die Ausschreibung essentiell. Der Wettbewerb war bereits abgeschlossen, so konnte der Vergleich besser dargestellt werden.

Innsbruck bietet, aufgrund seiner Lage mitten in den Bergen, neben landschaftlichen Vorzügen viele Möglichkeiten für Bergsport, wofür die Stadt auch bekannt und beliebt ist. Mit ca. 120.000 Einwohnern handelt es sich um eine relativ kleine Stadt. Dies ist nicht überraschend, da es im Inntal an Fläche mangelt – ca. 75 % der Fläche Tirols gelten aufgrund der schroffen Landschaft als nicht bebaubar.

Das Entwurfsgelände liegt in Dreiheiligen, zwischen den Stadtteilen Saggen und Pradl. Es ist ein eher zentral gelegener Stadtteil, mit guter Anbindung an den öffentlichen Verkehr und nahen Einkaufsmöglichkeiten. Markant sind die drei Hochhäuser, die in diesem Viertel alles überragen, und sich eigentlich überhaupt nicht in die Umgebung einfügen – Wohnqualität ist aber durchaus gegeben.

Ich hatte selbst einmal das Vergnügen, eine der Wohnungen von Innen zu begutachten und war positiv überrascht. Die Hochhäuser sind Ost-West orientiert und jede von zwei Seiten belichtete Wohnung verfügt über einen Balkon.

Nach Norden und Süden gibt es keine Fenster, was den Hochhauscharakter noch verstärkt.

Die Freiräume zwischen den Hochhäusern sind sehr begrenzt, insbesondere die Parksituation ist im momentanen Zustand nicht sehr ansprechend – um das Gelände des Bauhofs wurden einstöckige Garagen errichtet, davor befindet sich ein asphaltierter, meist mit Autos zugestellter Parkplatz. Die geplante Tiefgarage ergibt also Sinn und sorgt für den bitter benötigten Freiraum zwischen den Häusern.

Das ehemalige Bauhofgelände der Stadt Innsbruck wurde als Gelände für eine Passivwohnaussiedlung freigegeben. Das Gewinnerprojekt ist Teil meiner Analyse und dient als Vergleich der von mir entworfenen Bebauung. Trotzdem möchte ich auf den Wettbewerb nicht im Detail eingehen, da die von mir gewählte Aufgabenstellung sich von der des Wettbewerbs unterscheidet.



Bild 17, Die Parksituation der Bienenstrasse

Ausschreibung

“Die gegenständlichen Areale des auszusiedelnden Bauhofs Bienerstraße und der WE Wohnanlage liegen im Stadtteil Dreieiligen/Schlachthof, der sich von der Innenstadt/Hauptbahnhof zwischen Bahnviadukt und Sill nach Nordosten bis zum Inn erstreckt. Dieser Stadtteil weist eine bewegte Entwicklungsgeschichte auf, die sich auch in seiner verschiedenartigen Struktur abzeichnet. Das Zeughaus aus der Renaissance sowie das Palais Ferrari und die Siebenkappellenkirche aus dem Barock markieren die vorstädtische Entwicklung, Spuren dörflich-frühindustrieller Anlagen sind noch entlang des (aufgelassenen) Sillkanals erkennbar. Bereits vorhandene Wohnnutzung wurde in der Gründerzeit bereichsweise mit Blockrandstrukturen ausgebaut. Mit dem Eisenbahnbau angesiedelte größere Umschlagplätze wie Schlachthof, Kohlenhändler und Gaswerk, sind weitgehend schon neu genutzt, insbesondere der dem Zentrum nähere Bereich des Stadtteils erfährt bereits seit vielen Jahren eine Verdichtung und Umstrukturierung in Richtung Wohnnutzung.

Insbesondere auf Grund der Zentrums- und Universitätsnähe, guten infrastrukturellen Ausstattung, öffentlichen Verkehrsanbindung und Lage in Nähe der Sill (-Promenaden) weist der Stadtteil eine hohe Lagegunst und Beliebtheit als Wohnstandort auf. m Nordwesten wird das ggst. Areal durch den ca. 7 m hohen Bahnviadukt (mit Schallschutzwänden ca 10 m) begrenzt, der einen nicht zu vernachlässigenden Lärmemittenten darstellt. Derzeit verläuft hier noch ein Anschlussgleis auf einer Rampe, das jedoch zugunsten einer S-Bahn-Haltestelle aufgelassen werden soll. Zur Frequenzsteigerung der S-Bahn ist im Bereich Messe/ Bienerstraße beim Wettbewerbsareal eine Haltestelle in Hochlage geplant.

Durch die balkonartige Haltestelle mit Treppenabgängen, Lift und einer größeren Zahl von Fahrradstellplätzen für Pendler ergibt sich ein gewisser Raumbedarf (Grundabtretung) auch im Bereich der ggst. Areale, jedoch auch eine

weitere Attraktivierung hinsichtlich öffentlicher Erreichbarkeit.

Westlich des Viaduktes schließt die großzügig angelegte Ing.-Etzel-Straße an und der weitgehend gründerzeitliche Stadtteil Saggen mit 5- bis 6-geschoßiger Blockrand und Villenbebauung mit hochwertig-dichter Wohnnutzung, dem großen Gelände und Gebäude der Bundesbahndirektion aus der Monarchie (mit einigem Verdichtungspotenzial in Richtung Bahnviadukt) sowie dem Areal der Innsbrucker Messe.

Nordöstlich begrenzt die Bienerstraße das Areal, welche im öffentlichen Verkehrsnetz östlich der Innenstadt eine wichtige Verbindung zwischen Pradl und Saggen/ Zentrum bildet. Der Bereich nördlich der Bienerstraße wurde schrittweise in Richtung reiner Wohnnutzung bereits umstrukturiert, mit zeilenartiger, halb-offener und Blockrandbebauung (5 bis 6 Geschoße) mit hoher Wohnqualität und weitestgehend geförderten Wohnungen.

Südostseitig tangiert die Kapuzinergasse das ggst. Areal, eine teilweise nicht in beide Richtungen befahrbare, verwinkelte innere Erschließungsstraße. An der Kapuzinergasse ist der Hochhausbebauung eine ein- bis zweigeschossige Büro/ Geschäftszeile unterschiedlicher Eigentümer vorgelagert, die teilweise zu Wohnzwecken umgebaut/ erweitert wurde und eine soziale Einrichtung aufweist (Teestube). An der Ecke zur Bienerstraße besteht ein kleiner Lebensmittelmarkt. Südöstlich grenzt der Grünraum der Sill an die Kapuzinergasse, hier nur getrennt durch eine Haus- bzw. Parzellentiefe. Südwestlich grenzt ein heterogen genutzter und strukturierter Bereich an das ggst. Areal an.



Bild 18, dominierende Hochhausstruktur

Das Areal der Siebenkapellenkirche ist schon längere Zeit nicht genutzt, das Zeughaus wird als Museum bespielt, für dessen Umfeld besteht das Ziel einer strukturellen Neuordnung mit Promenade entlang der Sill, parkartiger Einbettung des Zeughauses sowie nordseitig anstelle von Büronutzung verdichtete WohnDer abzubrechende Baubestand auf dem Areal des Bauhofes umfasst ein zweigeschossiges Bürogebäude sowie Lager- und Garagengebäude, die U-förmig um einen Hof angeordnet sind. An diese Garage schließen südost- und südwestseitig die ebenfalls abzubrechenden Garagenzeilen der WE- Wohnanlage an, eine Trafostation sowie der offene L-förmige Parkplatz der Wohnbebauung. An diesem Erschließungsbereich sind 6 gleiche 12- geschossige Wohnhochhäuser mit insgesamt 110 Mietwohnungen angegliedert, davon zwei Zweiergruppen und ein Solitärbau. Die Freiflächen zwischen den Hochhäusern sowie am nordöstlichen und südwestlichen Rand sind im Gegensatz zur versiegelten Erschließungszone intensiv begrünt und mit hochstämmigen Bäumen bestockt. Die Hochhausgruppe mit durchgesteckten Wohnungen wirkt verstärkt durch die fensterlosen Schmalseiten torsohaft und stadträumlich zufällig situiert und wird aus bestimmten Blickrichtungen im Stadtbild sowohl aus dem Nah-, als auch aus dem Fernbereich, als barriereartig störend empfunden. Positiv wirkt sich dabei die offene Anordnung mit großer visueller Durchlässigkeit im Hinblick auf Baustruktur und Wohnqualität aus. Eine im Vorfeld erstellte städtebauliche Studie sieht eine großmaßstäbliche Ergänzung der Hochhausgruppe durch eine in zwei Abschnitte gegliederte, 11-geschossige schmale Zeile parallel zum Bahnviadukt vor, mit nach Südosten orientierten Laubengangwohnungen. Diese Bebauung wird kammförmig durch zwei Zeilen mit der Hochhausgruppe verbunden, an der Bienerstraße mit 8 Geschossen, im mittleren Bereich mit 4 Geschossen. Die Erdgeschosse dieser 2 Zeilen sind zugunsten einer

Erschließungszone mit 34 Besucherparkplätzen freigegeben, das Erdgeschoss der großen Zeile nimmt Nebenräume auf. Eine eingeschossige Tiefgarage mit Anbindung an die Kapuzinergasse nimmt 160 Fahrzeuge auf. Die Neubebauung weist 96 2- bis 4- Zimmer- Wohnungen auf, die Gesamt-Baumassendichte wird mit 7,8 angegeben. Die in der städtebaulichen Studie dargestellte Konfiguration mit der sehr langen und hohen Scheibe quer zur bisher offenen Stellrichtung der Hochhäuser erscheint in diesem Zusammenhang barriereartig und sowohl städtebaulich als auch hinsichtlich der Wohnqualität nicht überzeugend. Ob die aufgezeigte hohe Verdichtung mit ca. 100 Wohnungen (Wohnnutzfläche ca. 7.360 m²) qualitativ wirklich umgesetzt werden kann, muss erst der Wettbewerb zeigen.“
(Auszug aus der Wettbewerbsausschreibung)



Bild 19, Der Bestandsinnenhof

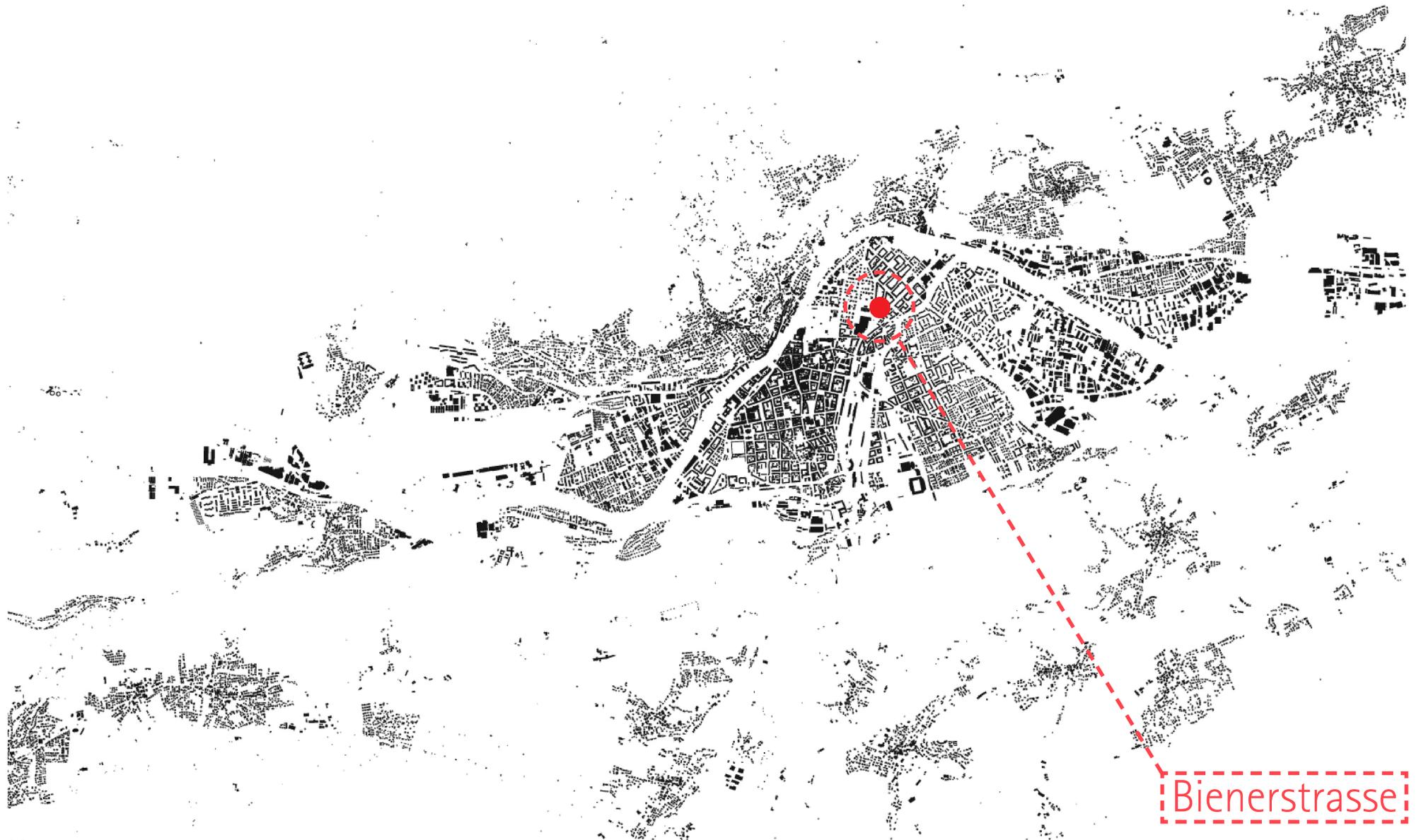


Bild 20, Der Blick von der Bahntrasse Richtung Osten



Bild 21, Ostseitiger Hof, Blick Richtung Bahntrasse

Innsbruck Schwarzplan M 1:400.000



Die Viaduktbögen

Die Viaduktbögen sind ein prägnantes und wichtiges Element der Innsbrucker Kultur geworden, sie tragen wesentlich zum Flair und Lebensgefühl der Bewohner dieser Stadt bei. Die Weiterentwicklung der Stadt und die damit verbundene "Bögen-Kultur" stehen in einer ständigen und dynamischen Wechselwirkung. Die Bespielung der Viaduktbögen bietet Möglichkeiten für die Stadt Innsbruck sich gesellschaftlich und kulturell weiterzuentwickeln.

Aus diesem Grund habe ich mich entschieden dieses Thema miteinzubeziehen, und es als solches in meinen Entwurf aufzunehmen. Als ehemaliger Bewohner Innsbrucks und Besucher der Stadtbahnbögen weis ich, diese zu schätzen. Auch in Wien und Berlin spielen ähnliche Bauwerke eine wichtige Rolle - grenzhaft erscheinende Bauten, die auf verschiedenste Arten nutzbar sind.

Die Qualität eines solchen Zwischenortes ist ein Nebenprodukt des tatsächlichen Zwecks. Die Vorteile der Freiheiten in Sachen Benutzung und Lärm sind ein qualitatives Merkmal, das in Innsbruck nur an wenigen anderen Orten zu finden ist. Als Innsbrucker sind die Bögen ein zentraler Bestandteil der Ausgeh- und Musikkultur, dies nicht nur aufgrund der zentralen Lage, sondern eben auch aufgrund der oben genannten räumlichen Qualitäten.

In Wien verhält es sich ähnlich.

Da wie dort sind solche Bauten sehr begehrte Objekte der Gastronomie und Kreativberufen wie Grafiker, Künstler und Designer.

Es ist eine logische Konsequenz dieses städtebauliche Element auf diese Art und Weise zu betrachten und so gut wie möglich in den Entwurf miteinzubeziehen.

Die Entwicklung der Viaduktbögen in Innsbruck ist ein Thema für sich. In den letzten Jahrzehnten haben dort viele Lokale eröffnet und auch wieder geschlossen, aber die Tendenz geht eher in Richtung Ausweitung einer Nutzung.

Auf dem angrenzenden Gelände des Wettbewerbsareals liegt noch ein altes, unbenutztes Bahngleis, das im Zuge der Bebauung abgetragen wird. Es entstehen dort zwei Aufgänge für eine projektierte S-Bahn-Station, deshalb hat die ÖBB ein Bauverbot im Nahbereich der Bögen veranlasst. Der entstehende Raum ist für das Areal bedeutend. Dieser wurde in mein Projekt einbezogen, und als städtischer Entwicklungsraum betrachtet. Dort können sich Geschäfte, Lokale oder Restaurants ansiedeln, doch ist es schwer abzuschätzen, wie sich das im Detail entwickelt. Ich bin von einer derartigen Nutzung ausgegangen, sowie einer zu erwartenden Fahrraderschliessung.



Bild 22, Blick der alten unbenutzten Bahngleise entlang der Viaduktbögen

Lärmschutz

Aus der Lärmkarte ist zu entnehmen, dass das zu bebauende Gelände zwar unmittelbar von der Lärmquelle der vorbeifahrenden Züge betroffen ist, jedoch erkennt man bei näherer Analyse, dass die umliegenden anderen Bereiche neben der Bahn weit höherer Lärmbelastung ausgesetzt sind. Diese Beobachtung lässt den Schluss zu, dass es sich, im Falle einer Investition, bei diesem Areal wahrscheinlich nicht um das Verbesserungswürdigste handelt.

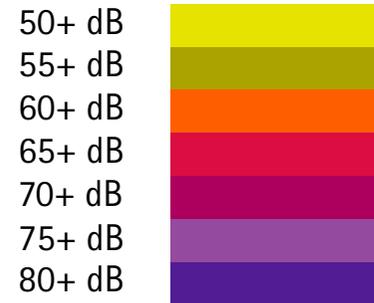
Nach vielen Anfangsüberlegungen für eine bauliche Massnahme, welche auch durchaus im Bereich des Möglichen läge, bin ich, aufgrund der Lärmkarten, zu dem Schluss gekommen, dass eine zu starke Trennung eines Gebäudes Richtung Nordwesten eine Qualitätsminderung des ganzen Projektes darstellen würde. Es ergeben sich mehrere Gründe, zum einen die erwähnte Trennung der in Richtung Nordwesten vorhanden Barriere durch die Viaduktbögen, zum anderen die sehr ungünstige Belichtungssituation aufgrund der umliegenden Bebauung. Eine genauere Beobachtung des Sonnenverlaufs, führt zur Erkenntnis, dass eine Grundstücksqualität darin liegt, dass die Westsonne ab dem 21. Dezember über die Viaduktbögen klettert, und somit eine wichtige Belichtungsmöglichkeit bietet.

Die Platzgestaltung ergibt sich aus dieser Konsequenz, da der wahrscheinlich in Zukunft wichtige und bespielte Raum der Viaduktbögen einen gewissen Abstand zu den Wohnbauten gut verträgt, damit ein halböffentlicher Raum entstehen kann.

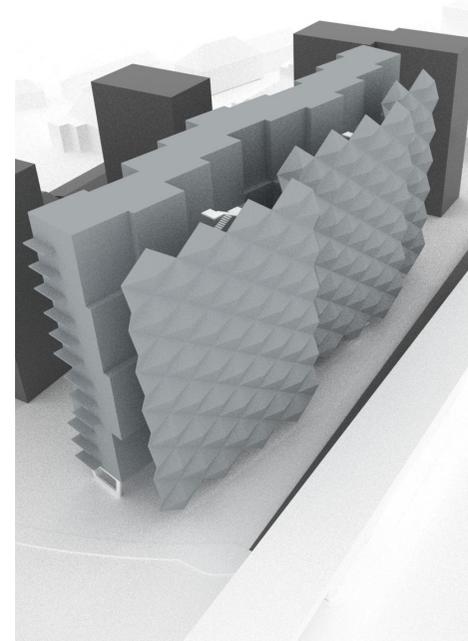
Im Bereich des Bebauungsgeländes wurde bereits eine spärliche Lärmschutzwand errichtet. Eine bessere, eventuell gläserne Lärmschutzwand würde mehr Sinn ergeben, als eine bauliche Massnahme, die mit dem Neubau in Verbindung steht. Die Schallemissionen möglichst nahe an der Quelle abzufangen ist ohnehin effektiver und günstiger, und steigert auch die Lebensqualität für Bewohner/innen der Bestands-Hochhäuser.

Deshalb fiel die Entscheidung gegen meine anfänglichen Bemühungen, eine Lärmschutzfassade in Richtung Nordwesten zu planen.

An dieser Stelle möchte ich auch erwähnen, dass ein Massivbau aufgrund des Flächengewichts der Wände immer einen besseren Schallschutz darstellt, ich aber im Zuge meiner Untersuchungen eben keinen Massivbau entwerfen wollte. Insofern spielte der ausgeschriebene Wettbewerb zu diesem Areal für meinen Ansatz der Untersuchungen der Ressourcenoptimierung im weiteren keine bedeutende Rolle mehr.

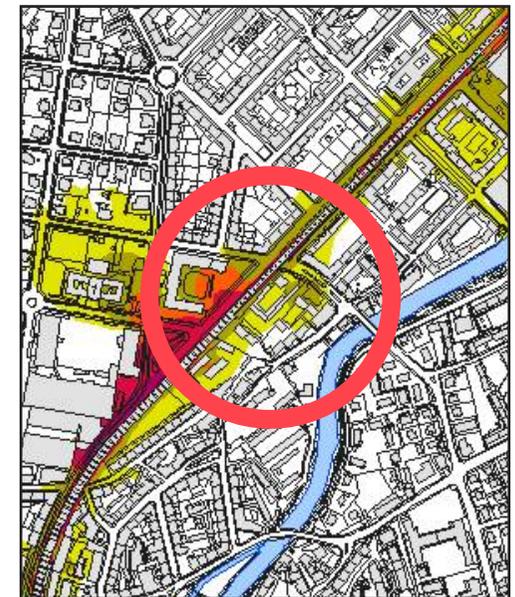


Legende Lärmbelastung

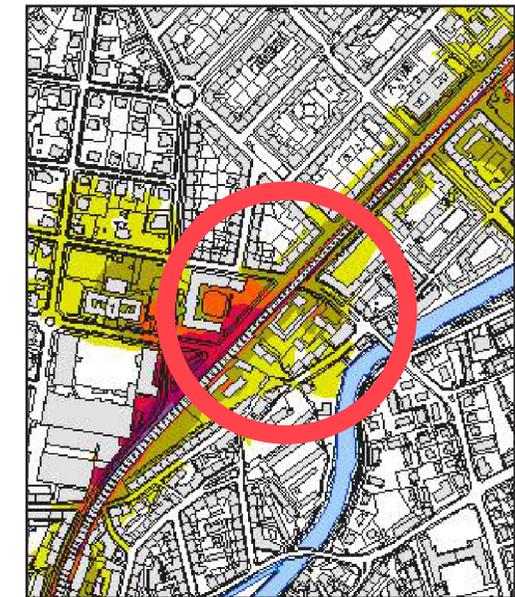


Entwurfsversuch mit Schallschutzwand

Lärmkarten Innsbruck



Lärmpegel bei Nacht



Lärmpegel bei Tag

Analyse

Verschiedene Lösungsansätze einer sinnvollen Bebauung sind abhängig von mehreren Faktoren - Belichtung, Dichte, Freiraum, Platzgestaltung, Baukörperverschattung und Bebauungshöhe.

Die ursprüngliche Idee einer Zeilenbebauung wurde nach mehreren Versuchen verworfen, da sich immer wieder das gleiche Ergebnis einer sehr hohen, einseitig belichteten Bebauung ergab.

Das Raumprogramm ist stark überzogen, vorallem im Hinblick der Grundstücksproblematik und den Randbedingungen. Das Problem der Wohnbaudichte, also dem zu erfüllenden Raumprogramm von 7400 m² Wohnnutzfläche auf einer Grundstücksfläche von 13500 m² ist unter den gegebenen Umständen nur schwer zu erfüllen, wenn dabei eine angemessene Wohnqualität aller Wohnungen erreicht werden soll. Dies ist vorallem eine vorweg politische und städtebauliche Aufgabe, die mit den Mitteln der Architektur nur begrenzt lösbar ist. Nutzungsqualität steht Bebauungsdichte im allgemeinen in direktem Verhältnis gegenüber, daran erkennt man, wie sehr unsere heutige Architektur unter dem Joch der Immobilien- und Renditegesellschaften leidet. Opfer dieser Politik sind, Architekten/innen und Planer/innen ausgeklammert, vorallem Bewohner/innen und Nutzer/innen, die unter den Verhältnissen der gebauten Realität leben müssen.

Ein Diskurs über die Nachverdichtung in Städten ist mit Vorsicht zu führen, da die Wohnungsqualität dabei stark gemindert werden kann.

Egal wie man es dreht und wendet, verschiedene Kubaturen ausprobiert, das Raumprogramm und Vorgaben der Bauherren machen es schwierig unter den vorgegebenen Verhältnissen Wohnungen mit einer vernünftigen Tagesbelichtung zu schaffen, und Plätze zu planen, die Aufenthaltsqualitäten bieten - keine Hochhausstrukturen zu errichten, welche städtebauliche Grenzen bilden, nicht in das Stadtbild passen und die umliegenden niedrigeren Bauten verschatten. Der Bauplatz mit seinen starken Grenzen durch Hochhäuser im Süden und Westen, also der Hauptbelichtungsrichtungen, den Stadtbahnbögen im Nordwesten, die nebst einer grenzhaft wirkenden Erscheinung auch noch eine Lärmbelästigung darstellen, ist ein Grundstück, das nicht leicht qualitativ zu bebauen ist. Weiters ist die Anforderung, dort eine relativ dichte Passivwohnaussiedlung zu errichten, fragwürdig, da die Belichtung der einzelnen Wohnungen mit direktem Tageslicht über das ganze Jahr nicht optimal gegeben ist. Als Beispiel dieser Beobachtung dient der 23. Dezember, wo um 15:30 die letzten Sonnenstrahlen hinter den Bergen verschwinden, das Grundstück aber bereits seit Stunden im Schatten des 38 Meter hohen Westturms liegt.

Aufgrund fehlender Erfahrung mit zu erfüllenden Raumprogrammen, und der Naivität eines Studierenden, habe ich die Möglichkeiten der Bebauungsstruktur erörtert und bin mit den Ergebnissen, die ich erreicht habe und auch den Ergebnissen, die in dem Wettbewerb entstanden sind, als angehender Planer und Architekt nicht zufrieden, aber zu dem Schluss gekommen, dass es eben unter diesen Voraussetzungen nicht möglich ist eine bessere Variante vorzuschlagen.

In den nächsten Kapiteln wird auf verschiedene relevante Kubaturen eingegangen und diese werden verglichen, um ein bestmögliches Ergebnis zu erreichen. Mit der Qualität einer Bebauung steigt sinngemäss die Beliebtheit eines Objektes, und somit kann es besser und leichter vermietet werden.

Dies ist auch ein wichtiges Kriterium der Nachhaltigkeit.

Die Flexibilität und Wandelbarkeit eines Gebäudes spielt eine wichtige Rolle (speziell im Neubau), da die Nutzungen sich mit der Zeit verändern, Anforderungen und Ansprüche ebenso. Zusätzliche und programmatisch offen definierte Räume schaffen die gewünschte Flexibilität.

Die Vergleiche

Mehrere Lösungsansätze und Bauformen, um eine sinnvolle Bebauungsstruktur zu erreichen, werden verfolgt und beschrieben.

Aus diesem klassischen Versuch- und Irrtum-Diskurs, sind mehrere Varianten entstanden, die in den folgenden Seiten genauer verglichen werden. Instrumente der Vergleiche waren dabei die Software Ecotect, Schaubilder und Grundrisse.

Bei allen Versuchen und Beispielen die Erfüllung des geforderten Raumprogramms zu bieten, verwirklicht der schlussendliche Entwurf aber nicht die kompletten Raumvorgaben.

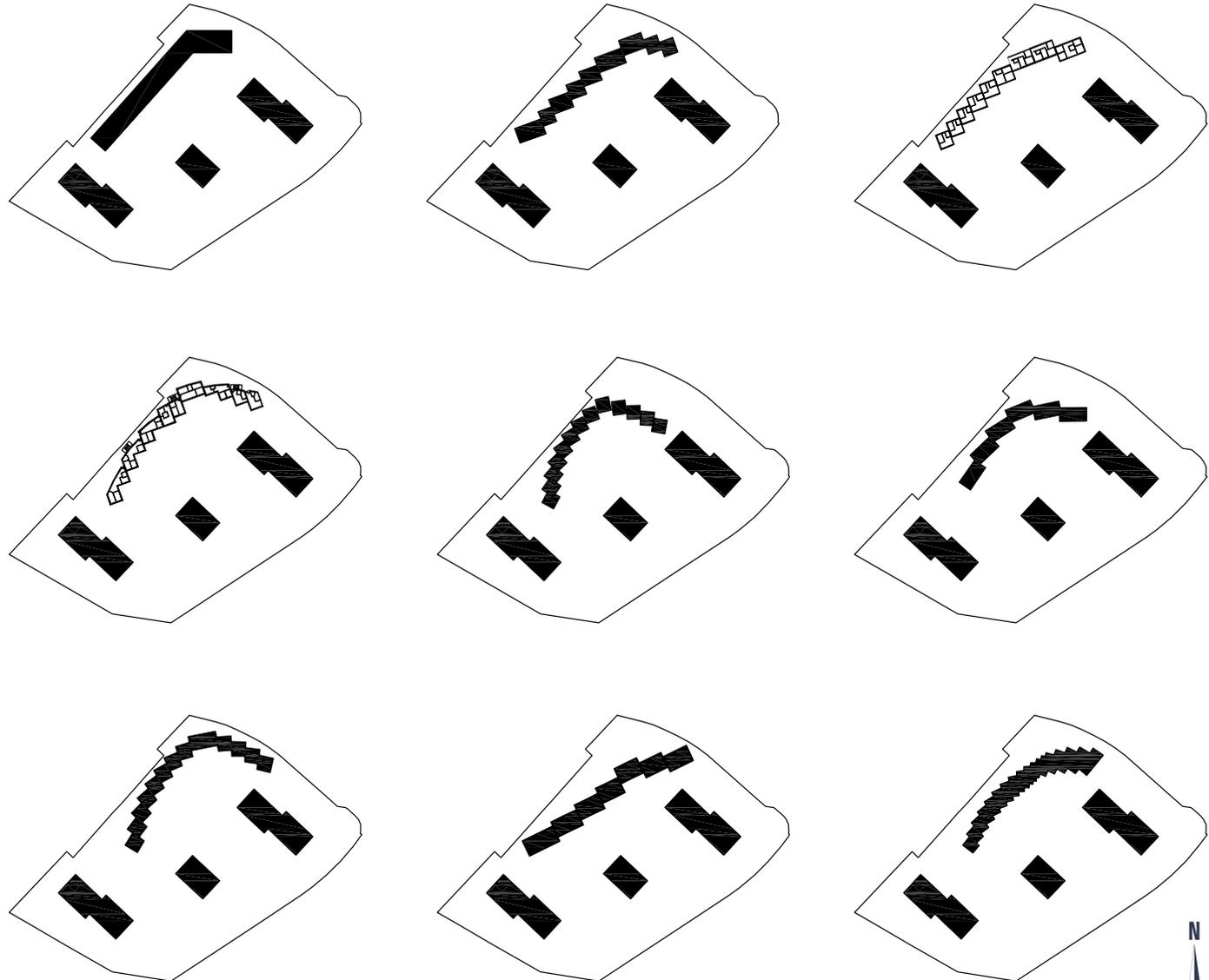
Weitere Kriterien sind das A/V Verhältnis (Fläche/Volumen), die optimale Bebauungshöhe, die Erschliessung und die Belichtung der Wohnungen, sowie die Möglichkeiten der Freiraumgestaltung.

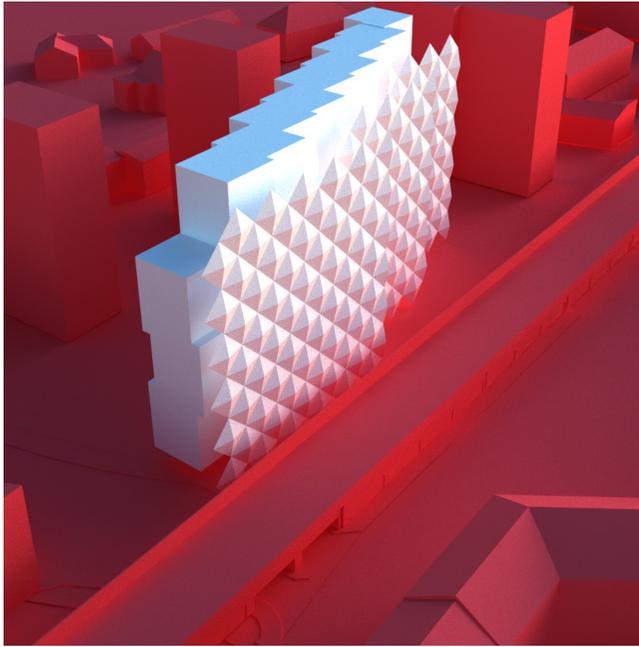
Bezüglich der Belichtungsstudien im Ecotect wurden folgende Einstellungen verwendet:

einfallende Sonneneinstrahlung jeweils von 21.März bis 21.September (Sommer), 21.September bis 21.März (Winter), von 06:00 bis 21:00 Tagesmittelwert.

Angabe in kWh/m2 Sonneneinstrahlung

Versuche einer Zeilenbebauung





**Zeile mit Querriegel und
Lärmschutzfassade**

Höhe: 43 m

A/V Verhältnis: 0,374

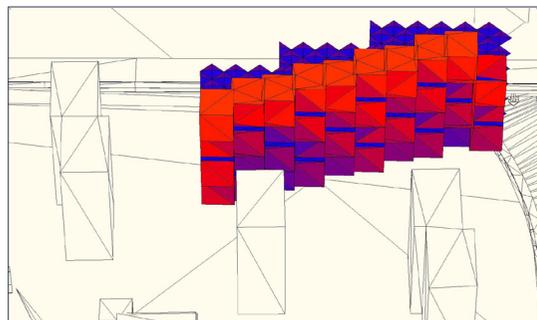
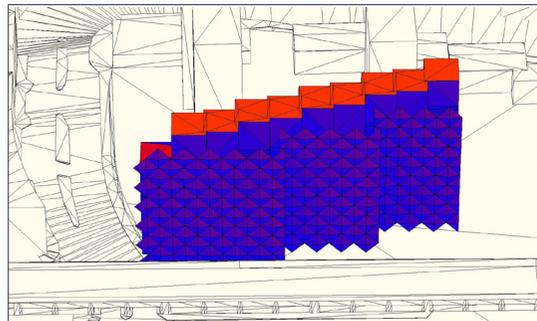
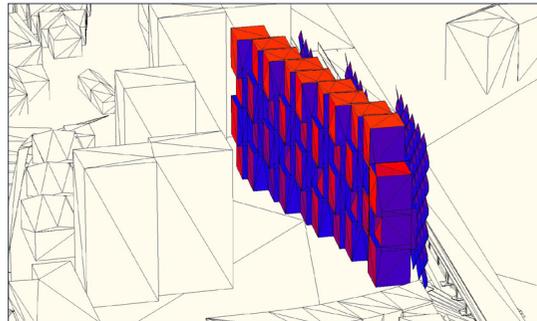
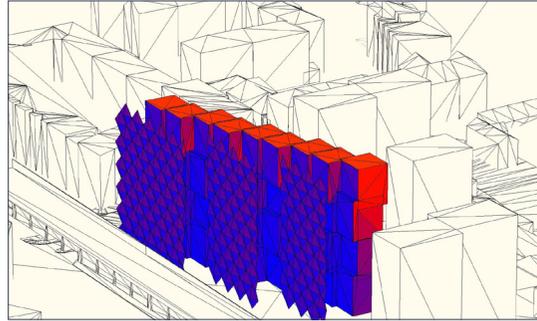
Vorteile:

guter Schallschutz, durch die Laubengangerschliessung, nordwestseitige zusätzliche Flächen.

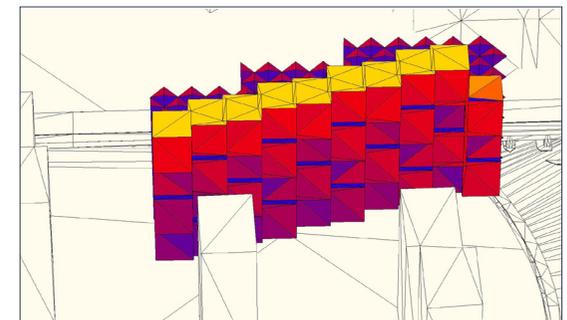
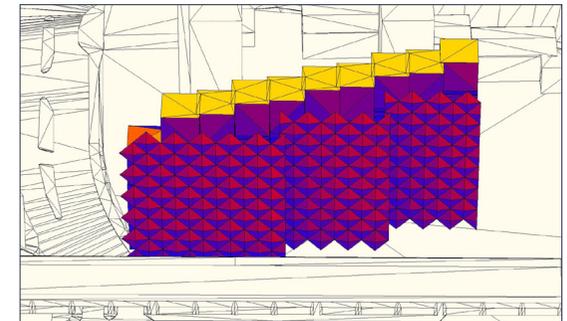
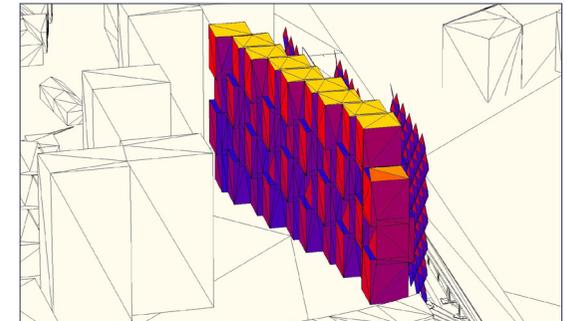
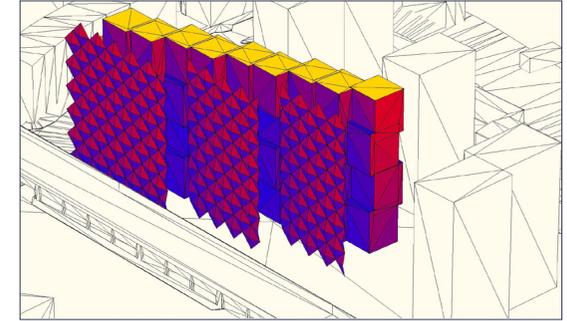
Nachteile:

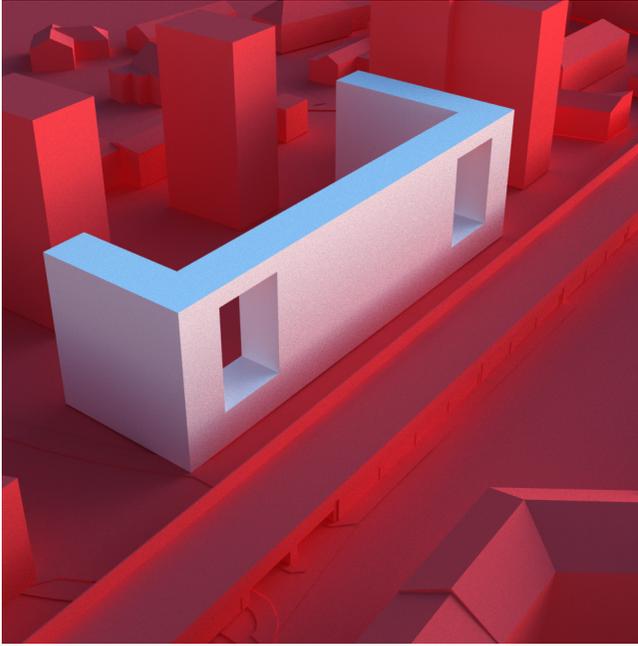
Laubengangerschliessung, einseitige Beleuchtung, nicht kompakt, zu starke Trennung in Nord-Süd Richtung, Höhe.

Winter (21.September-21.März)

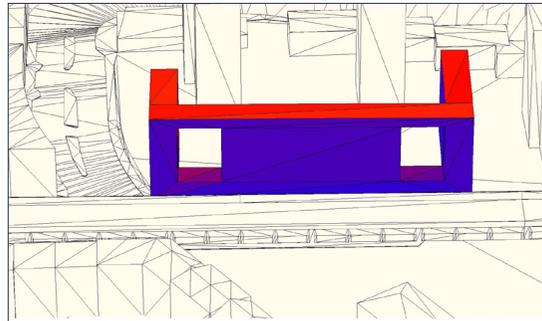
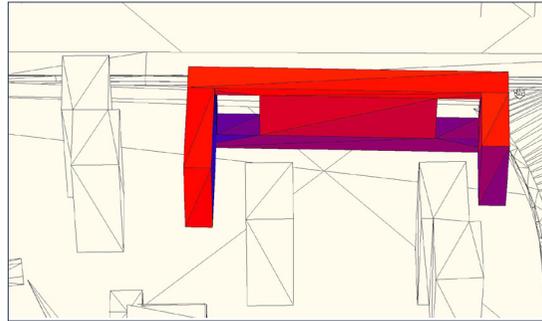
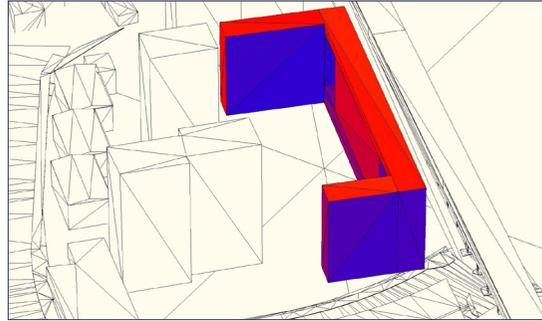
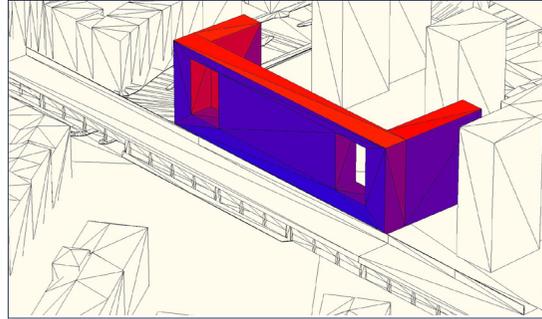


Sommer (21.März-21.September)

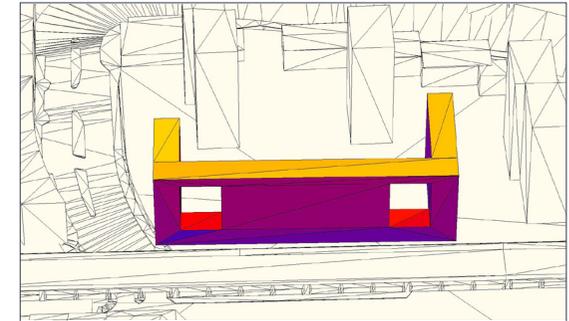
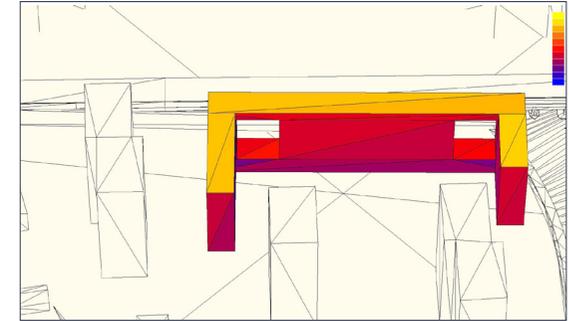
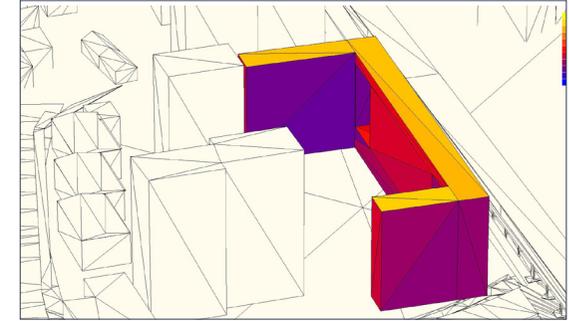
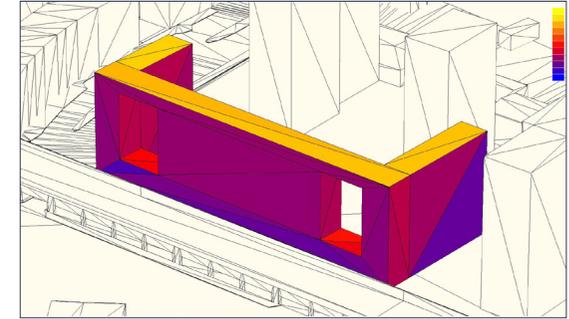




Winter (21.September-21.März)



Sommer (21.März-21.September)



Zeile mit Querriegel und Laubengang-Erschliessung

Höhe: 23,6 m

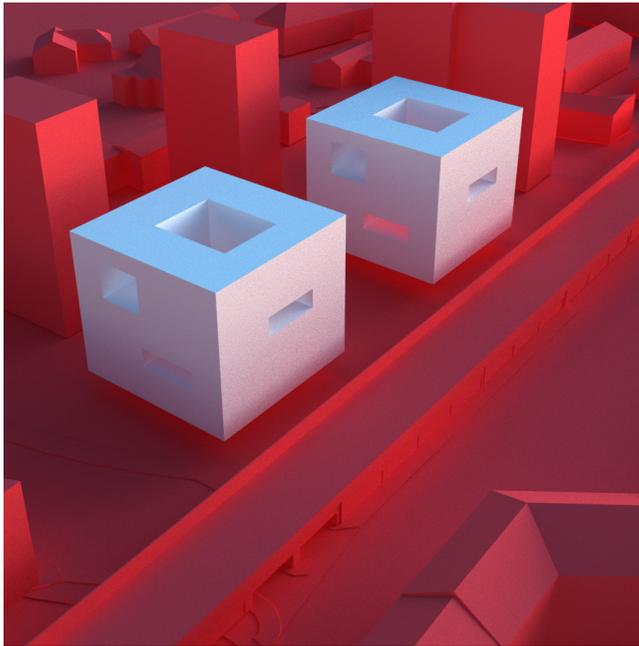
A/V Verhältnis: 0,369

Vorteile:

Zweiseitige Belichtung und Tageslicht

Nachteile:

Laubengangerschliessung, nach innen gerichtete Balkone, somit wenig Privatsphäre; nicht kompakt; zu starke Trennung in Nord-Süd Richtung



2 Türme mit innenliegender Erschliessung

Höhe: 27,7 m

A/V Verhältnis: 0,321

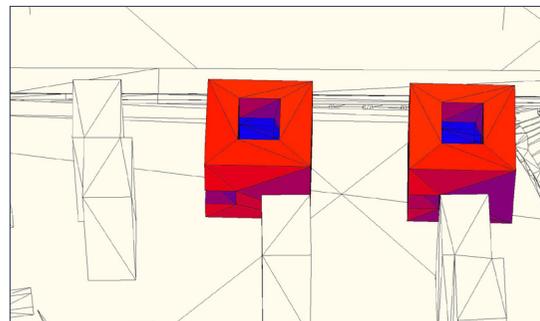
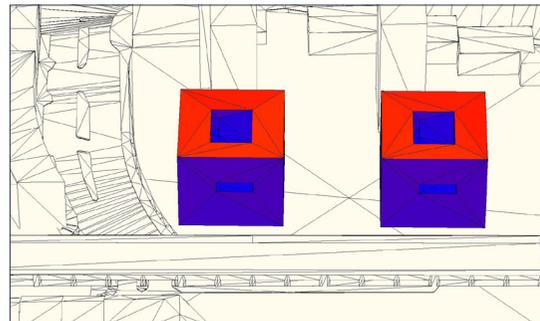
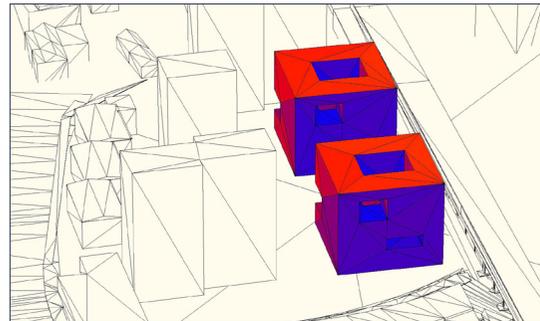
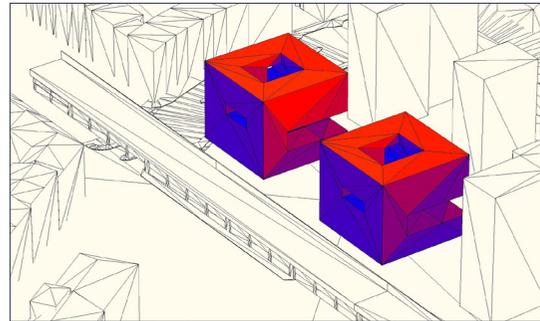
Vorteile:

Innenliegende Erschliessung, sehr kompakt

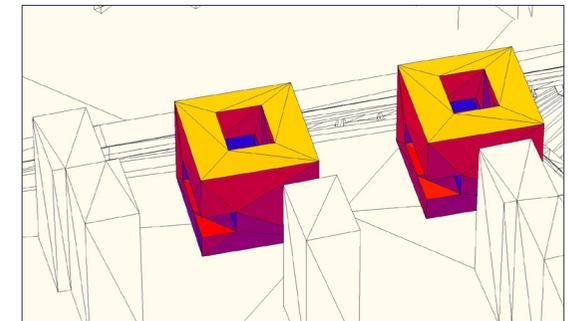
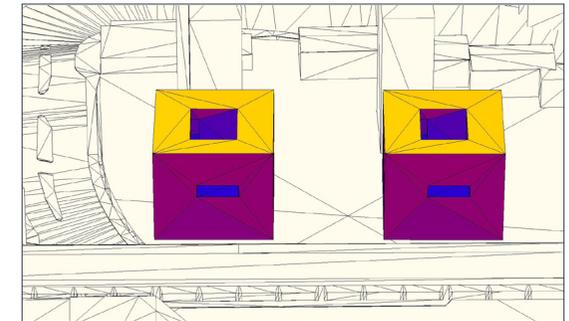
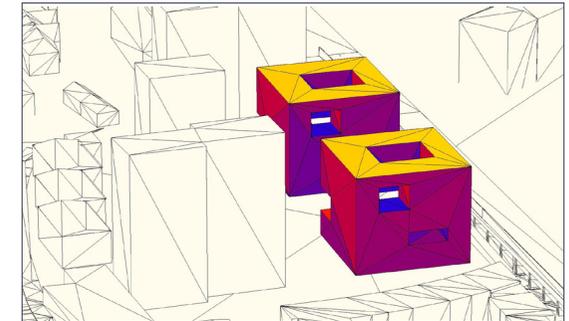
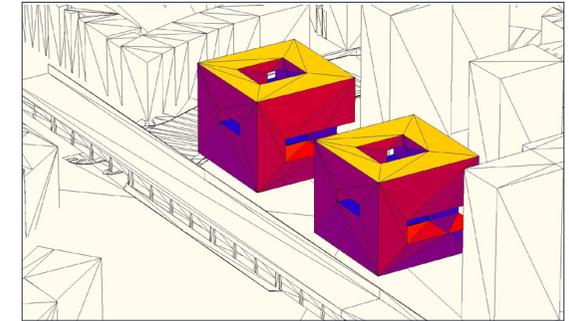
Nachteile:

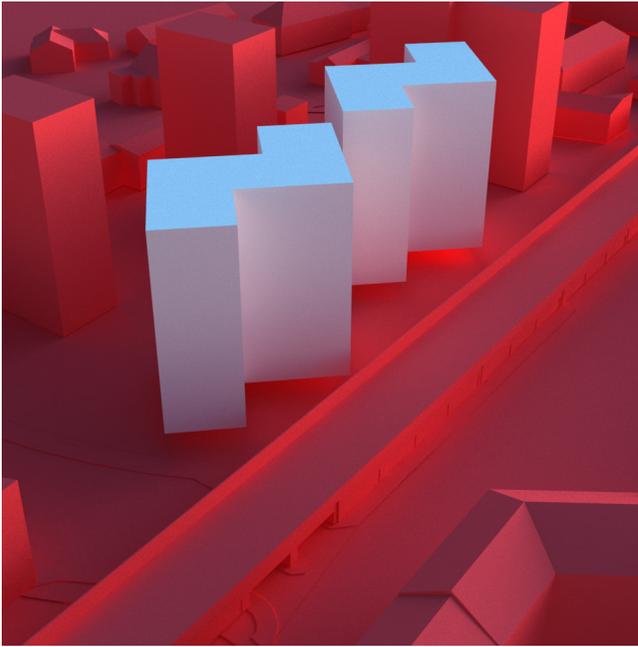
Viele Nordwest-Wohnungen, einseitige Belichtung

Winter (21.September-21.März)

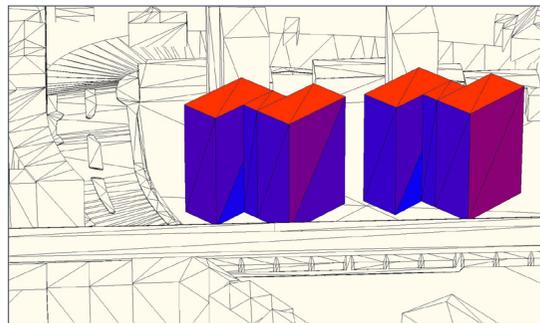
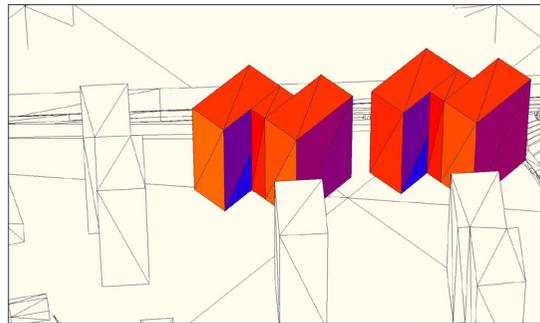
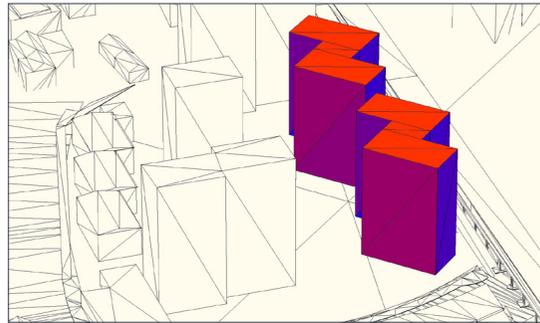
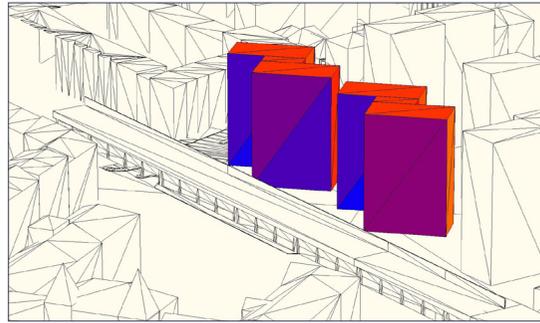


Sommer (21.März-21.September)

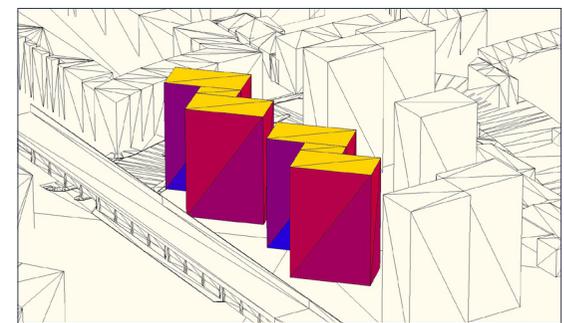
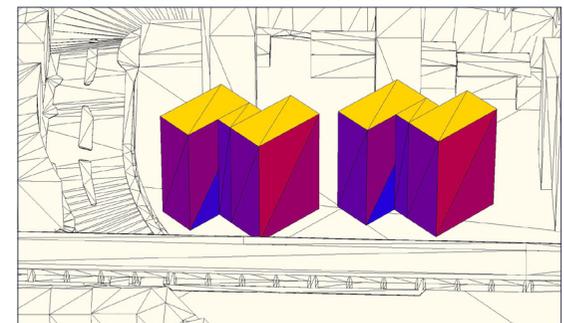
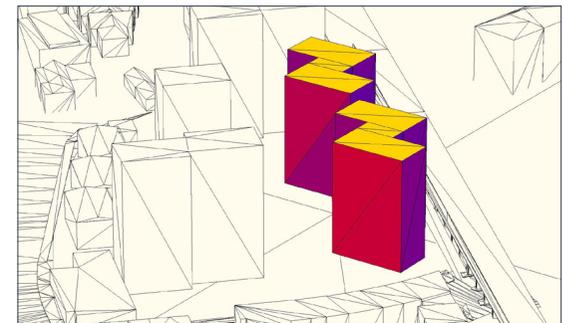
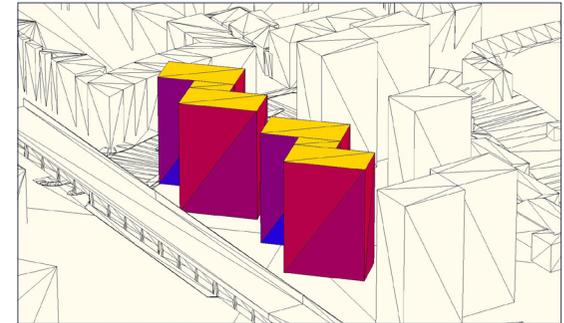




Winter (21.September-21.März)



Sommer (21.März-21.September)



**2 Türme mit Versatz,
dazwischenliegende Erschliessung**

Höhe: 31,8 m

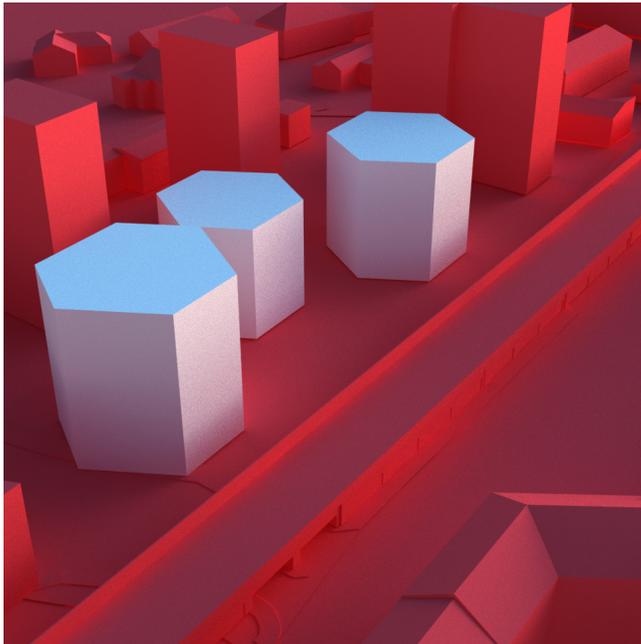
A/V Verhältnis: 0,278

Vorteile:

Gute Belichtungsmöglichkeiten,
kompakte Erschliessung

Nachteile:

Höhe, Belichtung der Nord-West-Wohnungen



**Gewinnerprojekt des Wettbewerbs
3 Türme mit innenliegender Er-
schliessung**

Höhe: 26,1 m

A/V Verhältnis: 0,283

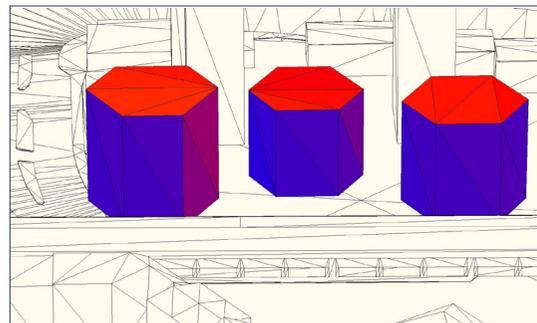
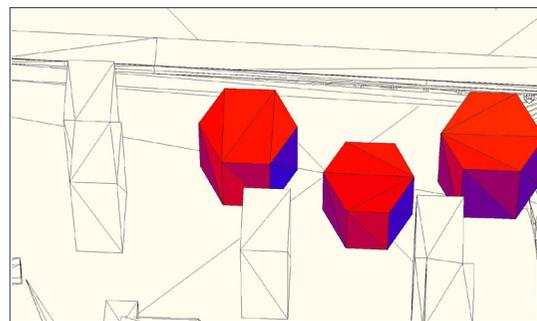
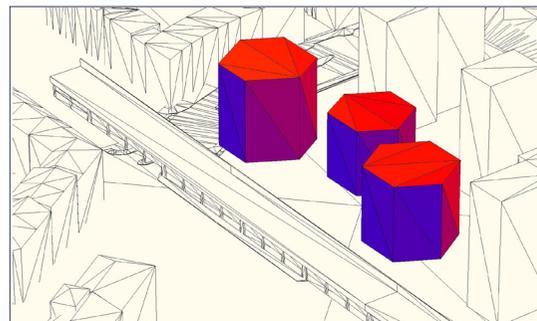
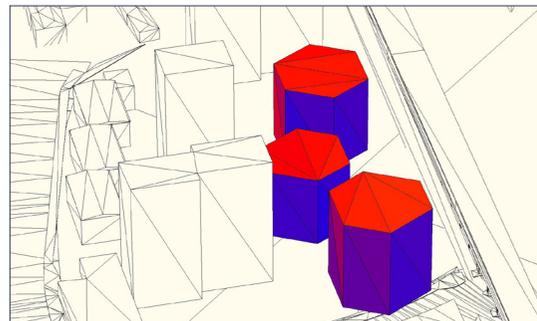
Vorteile:

Über-Eck belichtet, sehr kompakt,
Freiraumgestaltung

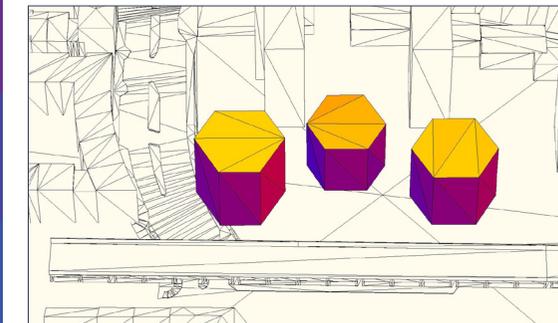
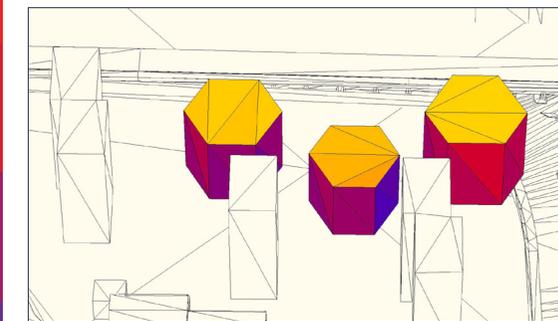
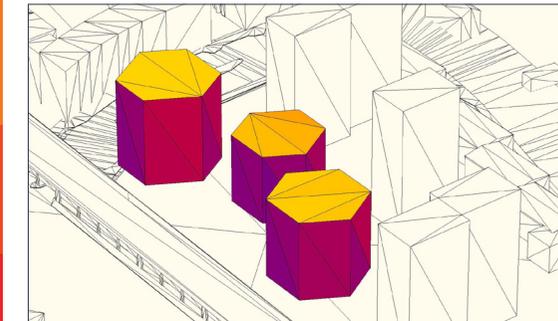
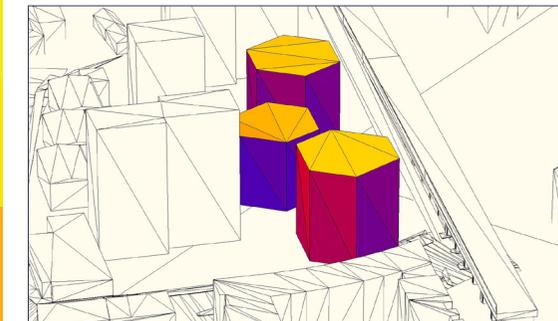
Nachteile:

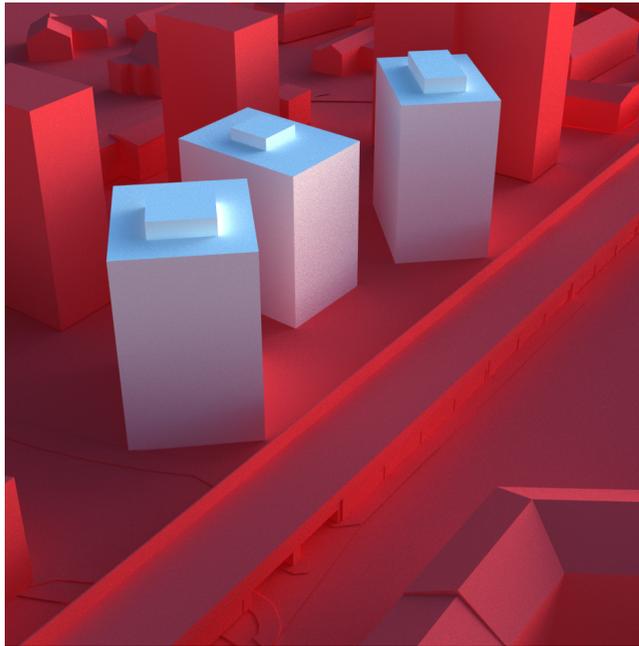
Eigenverschattung, drei Erschließungs-
kerne, Loggien, Nord-Westbelichtung

Winter (21.September-21.März)



Sommer (21.März-21.September)





3 Türme mit innenliegender Erschliessung

Höhe: 27 m

A/V Verhältnis: 0,298

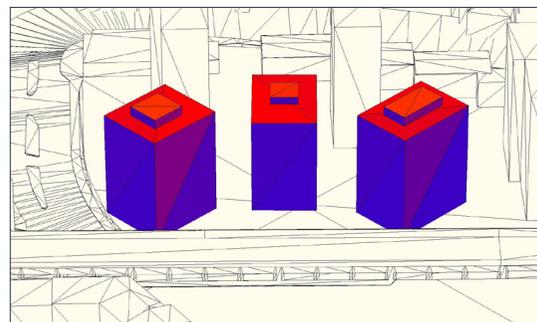
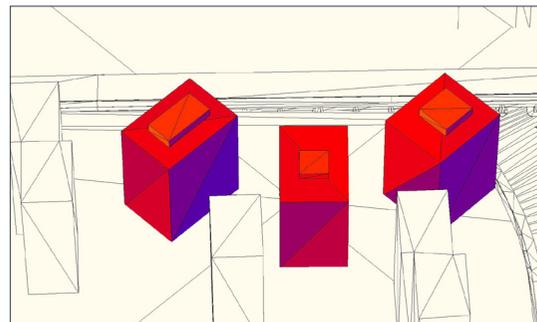
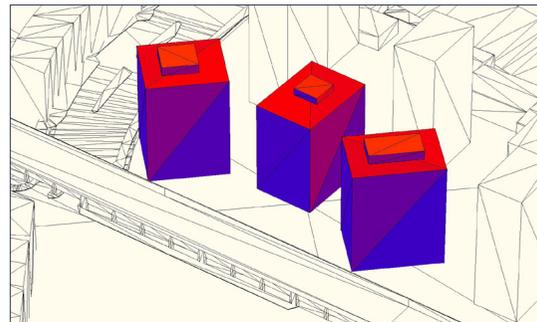
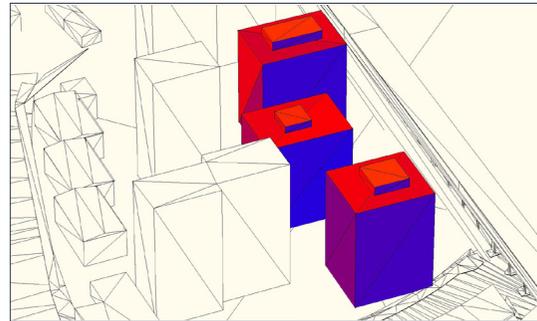
Vorteile:

Über-Eck belichtet, sehr kompakt, Freiraumgestaltung

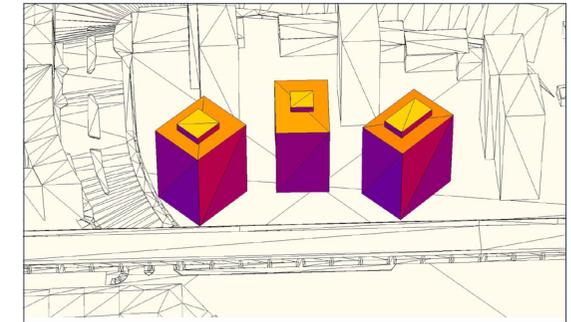
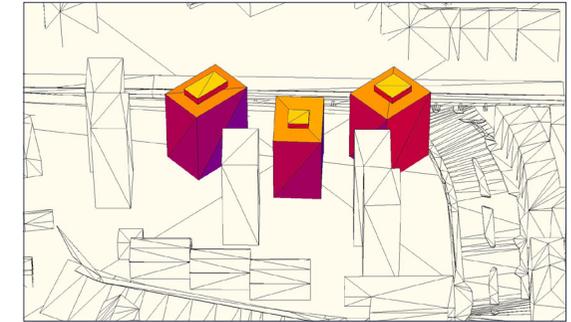
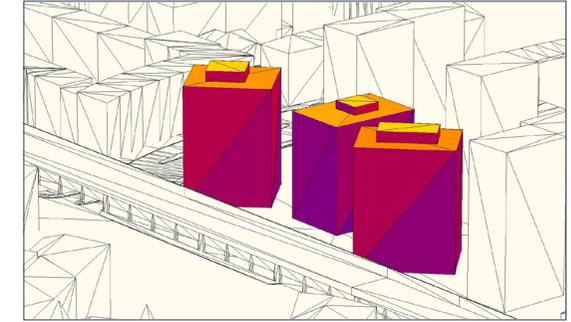
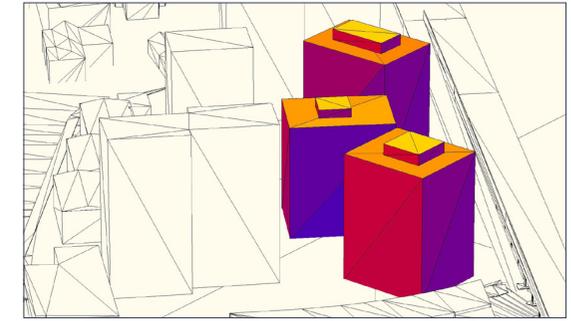
Nachteile:

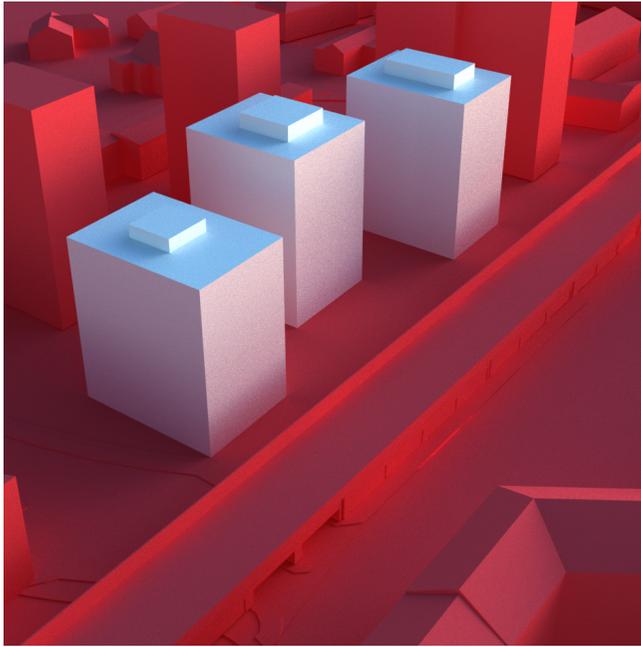
Eigenverschattung, drei Erschliessungskerne, Nord-Westbelichtung

Winter (21.September-21.März)



Sommer (21.März-21.September)





3 Türme mit innenliegender Erschliessung, parallel zum Bestand

Höhe: 27 m

A/V Verhältnis: 0,298

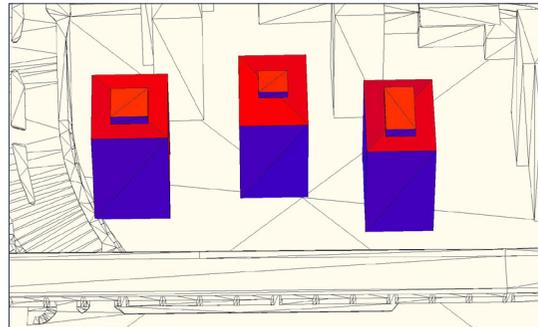
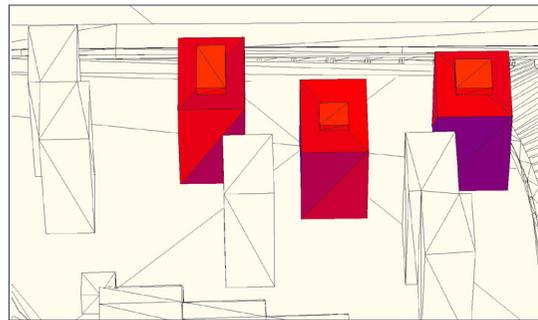
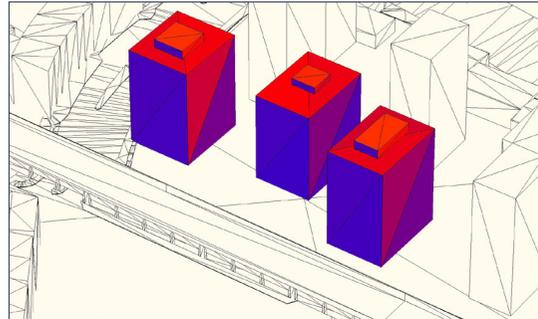
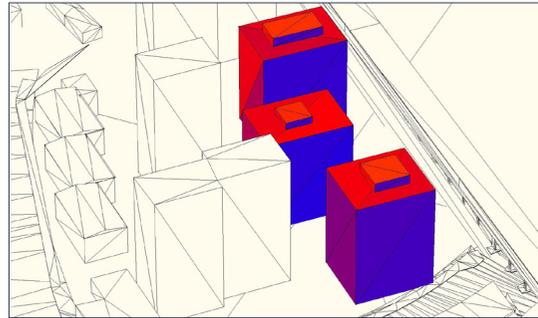
Vorteile:

Über-Eck belichtet, sehr kompakt, Freiraumgestaltung

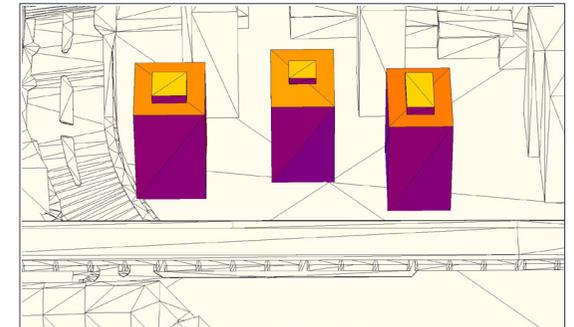
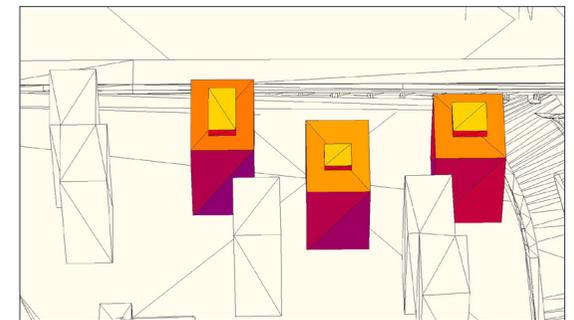
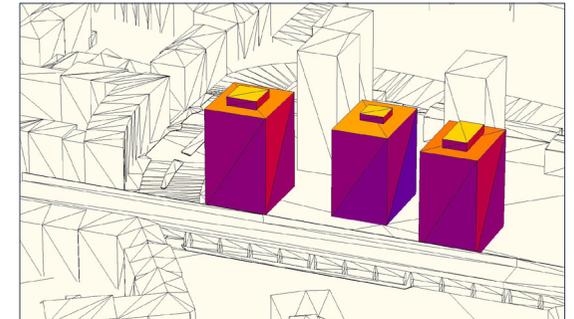
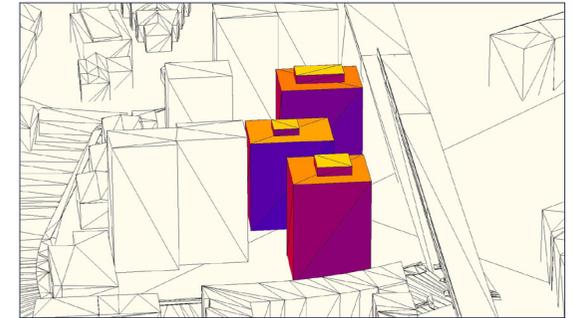
Nachteile:

Eigenverschattung, drei Erschliessungskerne, Nord-Westbelichtung

Winter (21.September-21.März)



Sommer (21.März-21.September)



Konzept Entwurf



Die gesammelten Entwurfs- und Wettbewerbserkenntnisse führten mich zu folgenden Resultaten:

Aufgrund der geforderten Erfüllung des Passivhausstandards sollten die Baukörper eine möglichst einfache, geschlossene und kompakte Kubatur aufweisen, da das A/V Verhältnis ansonsten nicht optimal ist. Auch der Grad der Vorfertigung spielt bei dieser Thematik eine entscheidende Rolle und beeinflusst im Holzbau und bei dieser Baukörpergröße den Kostenfaktor erheblich.

Die Objektteilung in drei Gebäude hat mehrere Gründe. Zum einen ist es die Flexibilität gegenüber der Freifläche, die bei einem zu grossen, zusammenhängenden Baukörper nicht mehr gegeben wäre. Weiters kann über die Aufteilung auf die Belichtungssituation besser reagiert werden, was bei diesen ohnehin problematischen Gegebenheiten wichtig ist.

Die Über-Eck-Belichtung spielt dabei auch eine Rolle – alle grossen Wohnungen und zwei Drittel der Garconnieren sind Über-Eck aus zwei Himmelsrichtungen belichtet und verfügen auch über über grosszügige Ausblicke, ein klarer Vorteil gegenüber einem Langbau. Die kleineren Baukörper ermöglichen eine Reaktion auf die Grundstücksumstände (Hochhäuser, Viaduktbögen, Wegführung).

Der innere Erschliessungskern wird aus Gründen des Brandschutzes in Massivbauweise errichtet.

Die restlichen Entwurfsvarianten, ein Langbau und die damit einhergehende Laubengängerschliessung verschenken zu viel Platz und unterbinden gleichzeitig die Privatsphäre der einzelnen Wohnungen, durch die Orientierung der Fenster und der Balkone.

Es gäbe zwar die Möglichkeit, einen halböffentlichen gemeinsamen Raum mit der Erschliessung zu schaffen, trotzdem besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass solche Räumlichkeiten von den Benutzern nicht oder nur schlecht akzeptiert werden.

Das Dachgeschoss der drei Türme geht in diese Richtung und ist als ein solcher Gemeinschaftsraum konzipiert. Ein Raum, der das Zusammenleben der Bewohner fördert, und als Sonnenterrasse, Aussichtsplattform und Erholungsraum dient.

Aus den Sonnenverlaufsstudien lässt sich relativ gut und klar die ideale Positionierung der Baukörper ableiten, hier erweist sich eine Aufteilung in drei Bauteile als bestmögliche Variante, da die umliegenden Hochhäuser drei Schattenbilder über das Jahr werfen. Auch die Freiraum- und Landschaftsplanung resultieren daraus.



Der Vorplatz der drei Bauten dient als Abgrenzung und bildet einen Raum zwischen den Viaduktbögen und der Wohnanlage und ist als öffentlicher/halböffentlicher Raum für Jeden nutzbar. Hier spielt die Bepflanzung eine wichtige Rolle, da diese als Sichtschutz fungiert und den Charakter der Parkstruktur verstärkt.

Der momentane Platz ist schlecht nutzbar. Die dort parkenden Autos verhindern eine intensive Nutzung der Hofstruktur. Hier gilt es zu erwähnen, dass das Raumprogramm sehr optimistisch angesetzt ist, denn der wenige Platz der momentan vorhanden ist, wird wegen der zwangsläufig intensiveren Nutzung durch die vorgesehene Bebauung noch mehr reduziert.

Der ehemalige Bauhof und die Garagen, die momentan den Platz verstellen, werden zwar abgerissen, trotzdem ist der Platz durch die Dichte der umliegenden Wohnbauten in Anbetracht der zu erwartenden Nutzung eher gering. Aus diesen Gründen habe ich versucht, die entstehenden Freiräume eher frei zu lassen, sofern dies möglich war und die öffentlicheren Bereiche mit Sitzgelegenheiten und Brunnen auszustatten, um Begegnungsflächen zu schaffen. Aufgrund der Ausschreibungsaufgabe eines Spielplatzes habe ich zwei mögliche Plätze vorgeschlagen (siehe Plan Landschaftsgestaltung). Weitere Begegnungsräume bilden das von mir vorgeschlagene Cafe an der Westseite im Sockelgeschoss der Bebauung und die Dachterrasse, die wiederum auch die Möglichkeit eine Bepflanzung in Form von Hochbeeten etc. bietet.

Die Erschliessung des Areals erfolgt über asphaltierte Wege, wobei hier alle möglichen Varianten, auch Hochhäuser und die zu erwartenden Durchwegung miteinbezogen und beachtet wurden. Die bestehende Bepflanzung in Form von Bäumen und Sträuchern entlang der Ostseite des Areals und zwischen den bestehenden Hochhäusern sollte nach Möglichkeit erhalten bleiben, wobei im Zuge der Neugestaltung der Wege und des Neubaus sicher nicht der ganze Baum- und Pflanzenbestand erhalten bleiben kann. Zusätzlich wurden Wiesen miteingeplant und an potenziell geeigneten Stellen auch neue Bäume gepflanzt.



Positionierung und Bebauungsdichte

Die Positionierung der Baukörper und deren Ausrichtung sind ausschlaggebend für die Belichtung und die Ausblicke. Die Hochhäuser sind relativ genau um 47° Grad verdreht, was an der Orientierung des Grundstücks, vorallem aber an den Bergen und deren Schatten liegt. Am 21. Dezember, wenn die Sonne untergeht, streift sie mit den letzten Strahlen an der Südostflanke der Hochhäuser vorbei. (siehe Bild 22; aufgenommen am 23. Dezember)

Dies legt die Vermutung nahe, dass diese Häuser mit Absicht auf diese Weise orientiert wurden. Die fensterlosen Süd- und Nordfassaden sind vermutlich aufgrund der Gefahr der sommerlichen Überhitzung nicht mit Öffnungen versehen worden. Dies scheint nicht zwingend notwendig, da die Wohnungen der Hochhäuser beidseitig belichtet werden (Ost-West) und aufgrund der konkurrenzlosen Höhe auch keine Verschattungsgefahr besteht. Wegen dieser Gegebenheiten und vorgegebenen Grenzen, welche die bestehende Bebauung mit sich bringt, ist es kein Fehler, diese Orientierung genauer zu analysieren und darauf adäquat zu reagieren. Schliesslich wurden die unterschiedlichen Positionsmöglichkeiten auf deren Belichtungsqualitäten untersucht, wobei folgende Kriterien ausschlaggebend sind:

Freiraum, Belichtung von allen Seiten, Ausblicke, der Abstand zum Bestand und den Viaduktbögen.

Im Detail wurde die mögliche Ausrichtung und Positionierung der drei Baukörper in verschiedenen Varianten – einmal Richtung Nord-Süd, einmal um 47 Grad gedreht (parallel zum Bestand) und letztlich die beiden Varianten kombiniert – durchgespielt.

Wenn man nun die dabei erreichten Wh/m² für jede Baukörperfläche der verschiedenen Orientierungen addiert und dann den Durchschnitt errechnet (siehe Einstellungen im ECOTECT bei den Vergleichen), sind die entstehenden Unterschiede eher gering.

Der eigentliche Grund, warum diese Methode angewandt wurde, ist, dass jede Fläche ungefähr die selbe Belichtung erfahren sollte, da die Bauungsform und somit die Orientierung der einzelnen Wohnungen dies verlangt, um durchschnittlich ein Optimum für alle Wohnungen zu garantieren.

Dass sich dabei qualitative Unterschiede der Wohnungen ergeben, war zu erwarten, trotzdem erhebe ich den Anspruch auf eine ausgewogene Lösung. Um eine allseitig ähnliche Belichtung zu erreichen, ist es logisch, die Baukörper streng Richtung Nord-Süd zu orientieren, um die auf- und untergehende Sonne gleich einzufangen.

Wären da nicht die Berge und die daraus resultierende Beschattung der Tallage – noch verstärkt durch die Lage des Bauplatzes, welcher halb in Richtung Nordkette, also der höheren Bergflanke liegt.

Ein weiterer Grund sind die Viaduktbögen, die eine klare Richtung vorgeben. Nichtsdestotrotz habe ich versucht diese starken Vorgaben zumindest ansatzweise aufzubrechen, auch wenn ich dadurch nur auf die Erkenntnis gekommen bin, dass die Orientierung im Durchschnitt auf die Belichtung insgesamt keinen markanten Unterschied macht, und die anderen Faktoren demnach an Gewichtung gewinnen. Die Konsequenz ist eine Positionierung, die eine allseitig ideale Belichtung aller Wohnungen ermöglicht, und gleichzeitig auf die umliegende Bebauung Bezug nimmt. Daher wurde die erste Positionierungsvariante, eine Verdrehung der Baukörper parallel zu den bestehenden Hochhäusern und den Viaduktbögen um 47° Grad, gewählt und ausgearbeitet.

Die Grösse und Dichte der Baukörper ist ein weiterer Faktor für eine sinnvolle Bebauung, der rückwirkend auf die Positionierung Einfluss nimmt. Aufgrund der Untersuchungen der Baudichte und deren Relevanz für Wohnqualität und Städtebau, habe ich mich entschieden, das Raumprogramm bewusst nicht zu erfüllen, da es meiner Meinung nach nicht möglich ist, eine sinnvolle Bebauung mit dem geforderten Raumprogramm anzubieten.

Die Bebauungsdichte und die daraus folgende Bauform mit innenliegenden Stiegenhäusern muss sich an den Ö-Normen orientieren, welche besagen, dass Gebäude, die über ein Fluchtniveau von über 22 m verfügen, einen zweiten Fluchtweg benötigen. Aufgrund des geringen Platzes und der Erschliessungsform im Kern ist ein zweiter Fluchtweg aber unrentabel, beziehungsweise würde aufgrund des Platzverbrauchs dieses zweiten Fluchtweges sich die daraus mögliche höhere Bebauung nicht rentieren – insbesondere wenn man die Belichtungssituation im Vergleich (siehe Erfüllung des Raumprogramms und dessen Belichtung) genauer betrachtet.

Tatsächlich stellt sich die Frage, ob es nicht klüger wäre noch weniger zu bauen, beziehungsweise wie bereits angedeutet, nicht unbedingt einen Wohnbau für dieses problematische Grundstück vorzuschlagen.

Aber das ist eine Entscheidung, die von den Bauherren und der Stadt entschieden wurde, und soweit ich bis zum heutigen Zeitpunkt informiert bin, ist der Bau schon in Ausführung.

Die Konsequenz aufgrund der Ö-Normen und der Belichtungssituation ist ein Verzicht von einem Geschoss des östlichen Wohnturmes, drei Geschossen im mittleren und einem Geschoss im westlichen Gebäude.

Ergebnis ist eine Verringerung von sechs Garconnieren mit insgesamt 287 m² Fläche, sechs 86,82 m², sechs 65,83m² und zwei 68,94 m² Einheiten, sowie zwei 98,87 m² grossen Wohnungen.

Insgesamt ist die vorgeschlagene Bebauung um 1538,52 m² Wohnnutzfläche kleiner als die in der ursprünglichen Wettbewerbsausschreibung verlangte Wohnnutzfläche von 7360 m². Insgesamt entsteht so eine Wohnnutzfläche von 5821,48 m².

Auch die verschiedenen eingereichten Wettbewerbsentwürfe lassen auf die Erkenntnis des Verzichts auf Wohnraum zugunsten einer höheren Wohnnutzqualität rückschliessen.

An dieser Stelle muss auch angemerkt werden, dass es klar erscheint, dass von Investoren-Seite natürlich versucht wird, ein Maximum an Rendite aus den Grundstücken herauszuholen.



Bild 23, Streiflicht am 23.Dezember

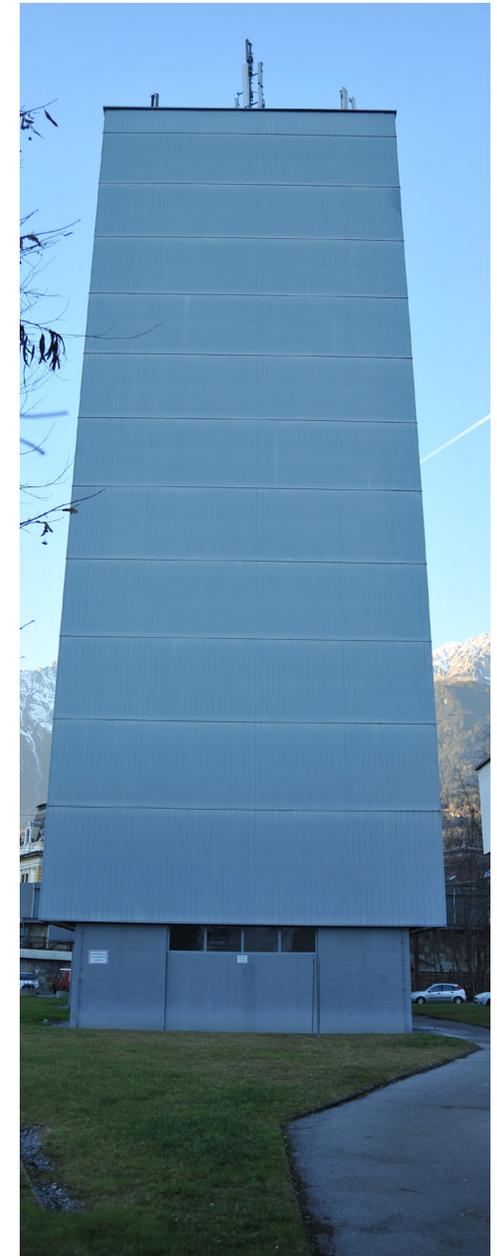
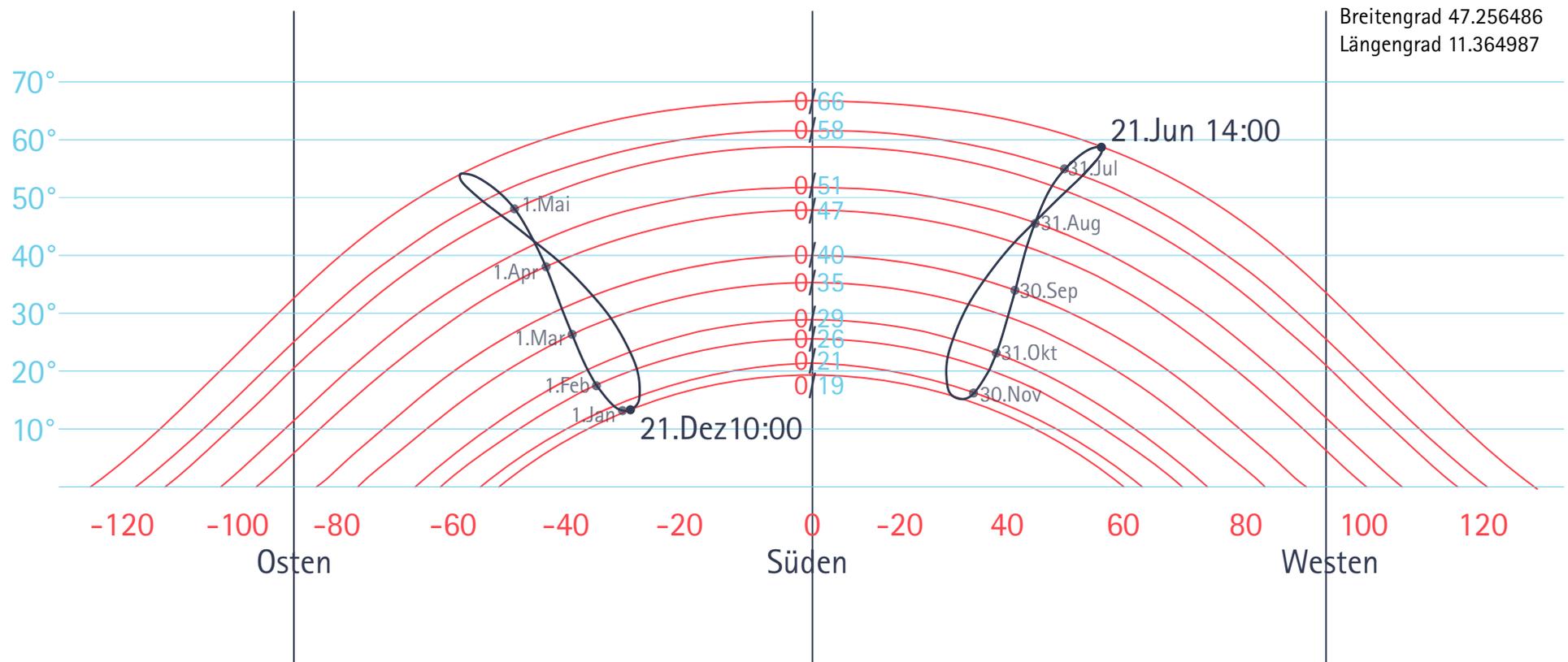


Bild 24, Die Südfassade des Westturms (Bestand)

Sonnenstandsdiagramm Innsbruck



Sonnenauf/untergang im Winter



Zeit: 21.Dez.2015, 14:13 UTC+1

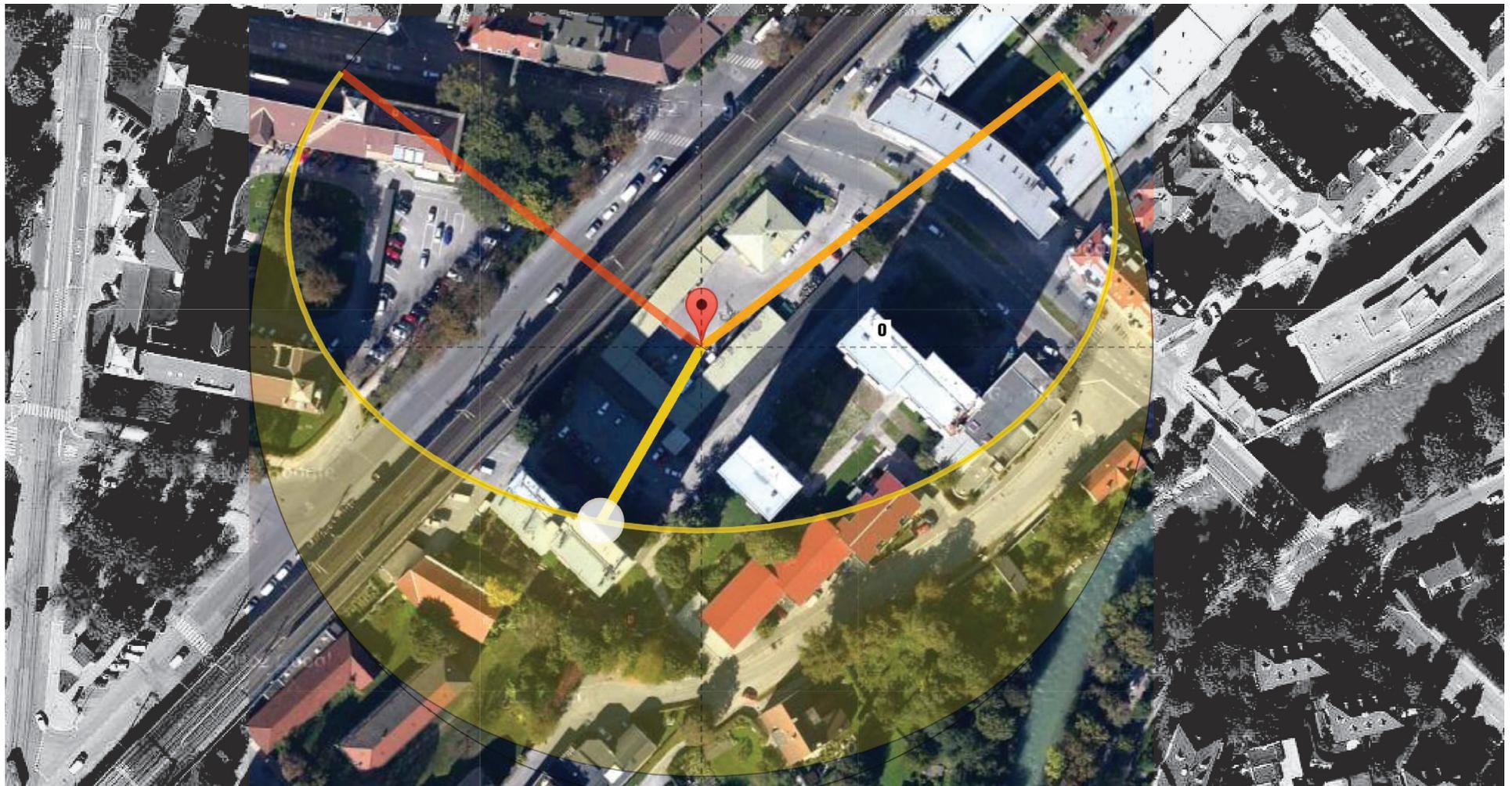
Solardaten für Standort
Innsbruck, Österreich
Morgendämmerung: 07:23
Höhe: 572m

Sonnenaufgang: 07:59
Breitengrad: N 47°16'21.41" 47.272°
Längengrad: E 11°24'26.49" 11.407°
Sonnenhöchststand: 12:13

Sonnenuntergang: 16:27
Ortszeit: 21.12.2015 14:13 UTC+1
Abenddämmerung: 17:03

Sonnendauer: 08:27
Sonnenhöhenwinkel: 14.28°
Sonnenhorizontalwinkel: 208.27°

Sonnenauf/untergang im Sommer



Zeit: 21.Jun.2015, 14:13 UTC+2

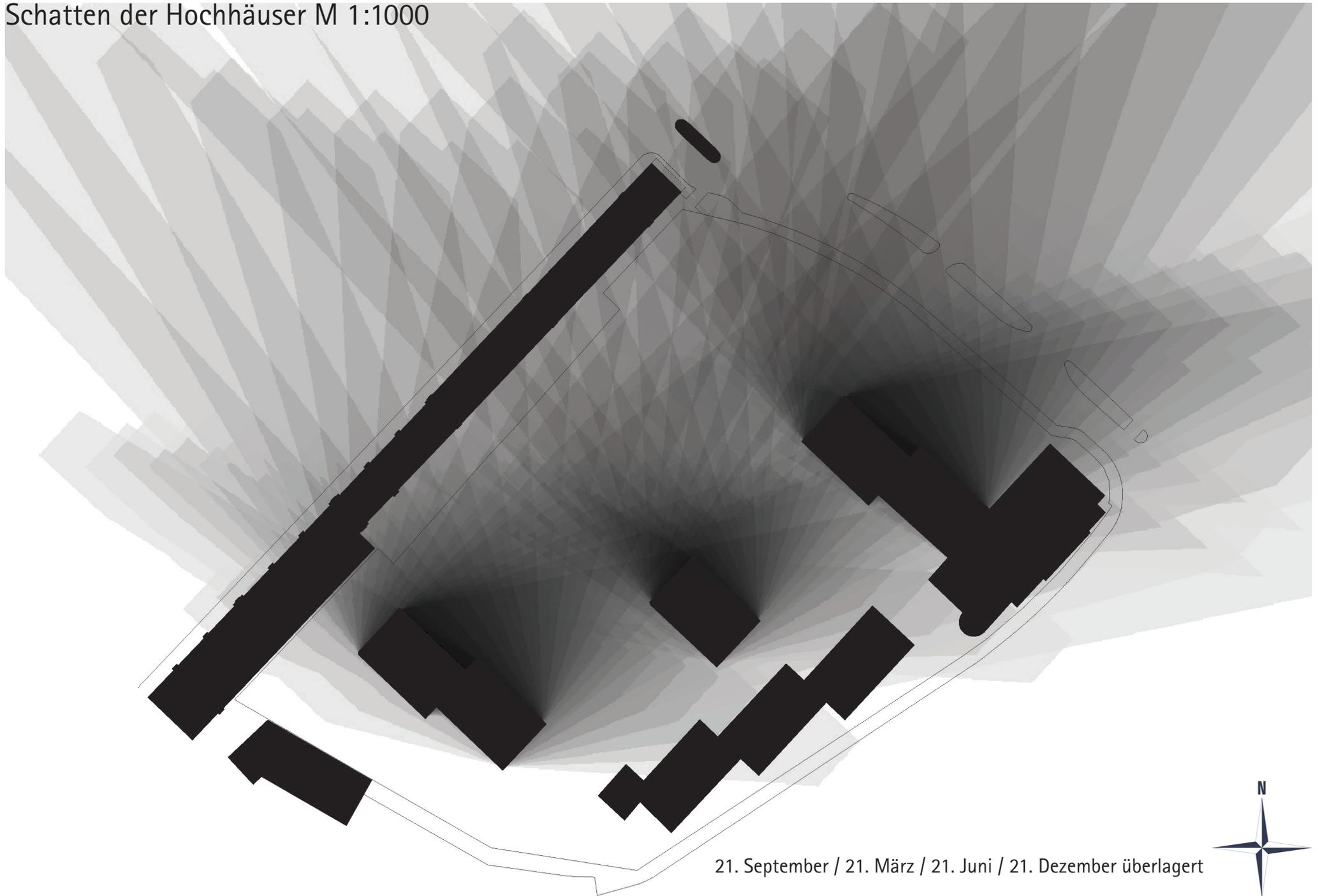
Solardaten für Standort
Innsbruck, Österreich
Morgendämmerung: 04:38
Höhe: 572m

Sonnenaufgang: 05:19
Breitengrad: N 47°16'21.41" 47.272°
Längengrad: E 11°24'26.49" 11.407°
Sonnenhöchststand: 13:17

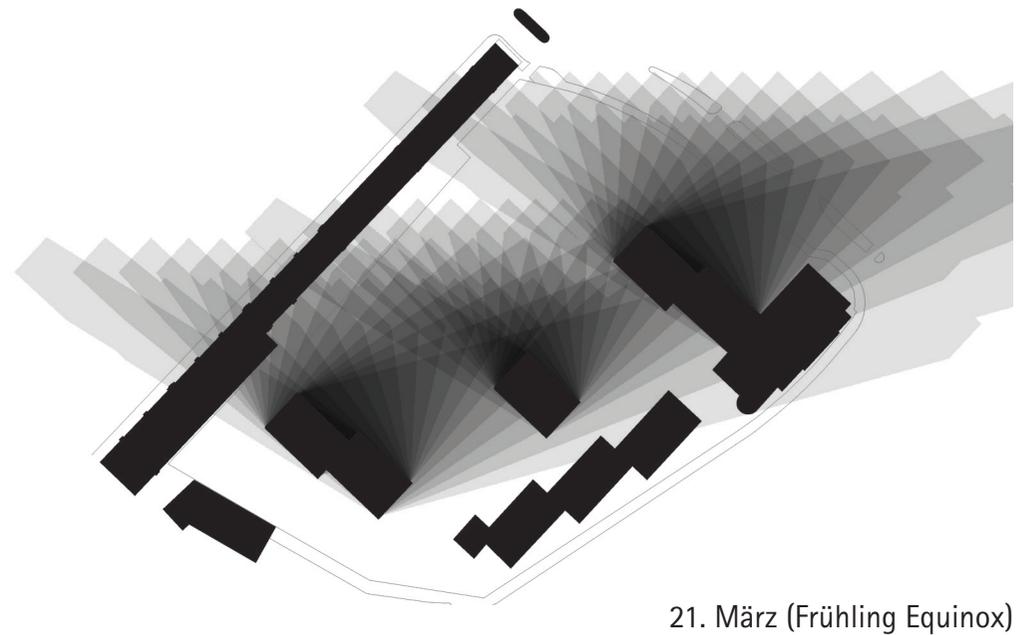
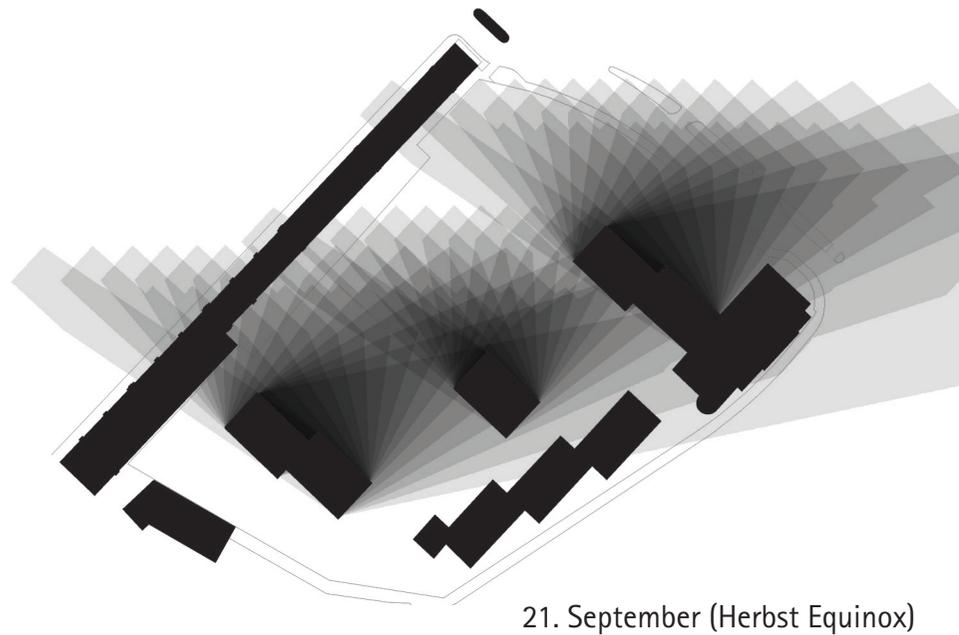
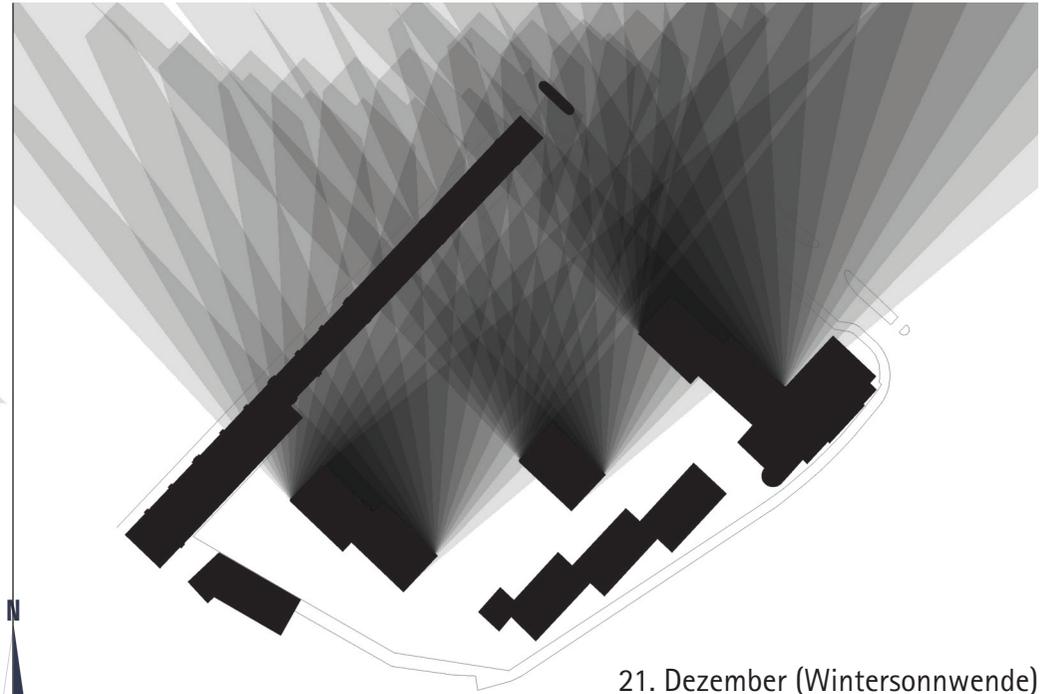
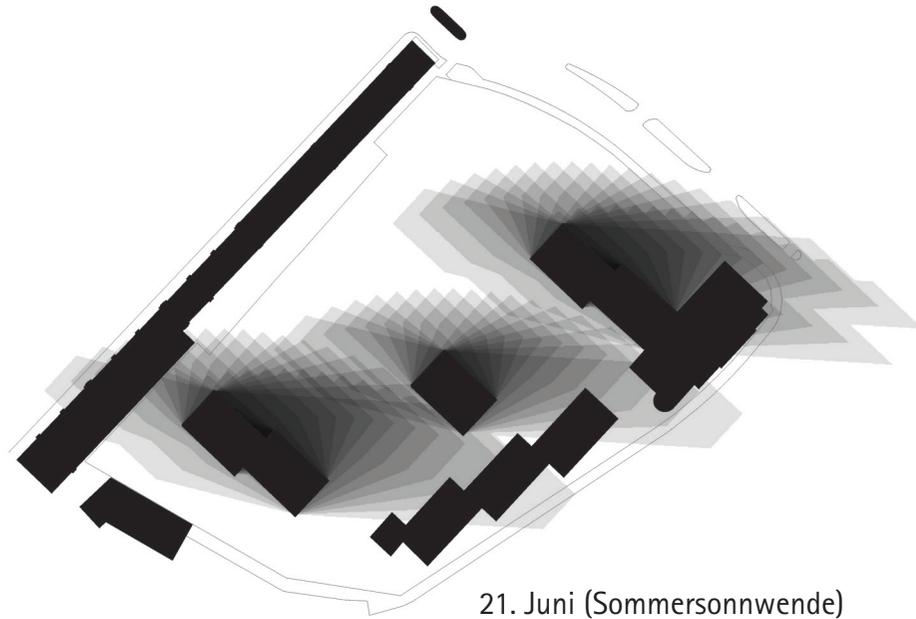
Sonnenuntergang: 21:15
Ortszeit: 21.06.2015 14:13 UTC+2
Abenddämmerung: 21:55

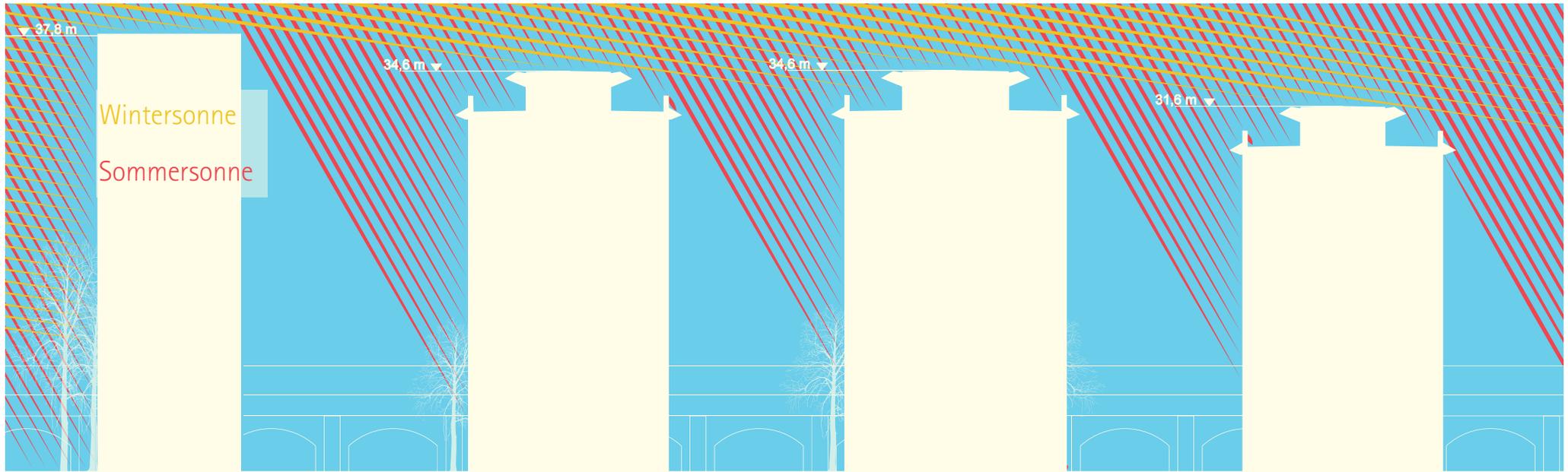
Sonnendauer: 15:56
Sonnenhöhenwinkel: 63.65°
Sonnenhorizontalwinkel: 210.17°

Schatten der Hochhäuser M 1:1000

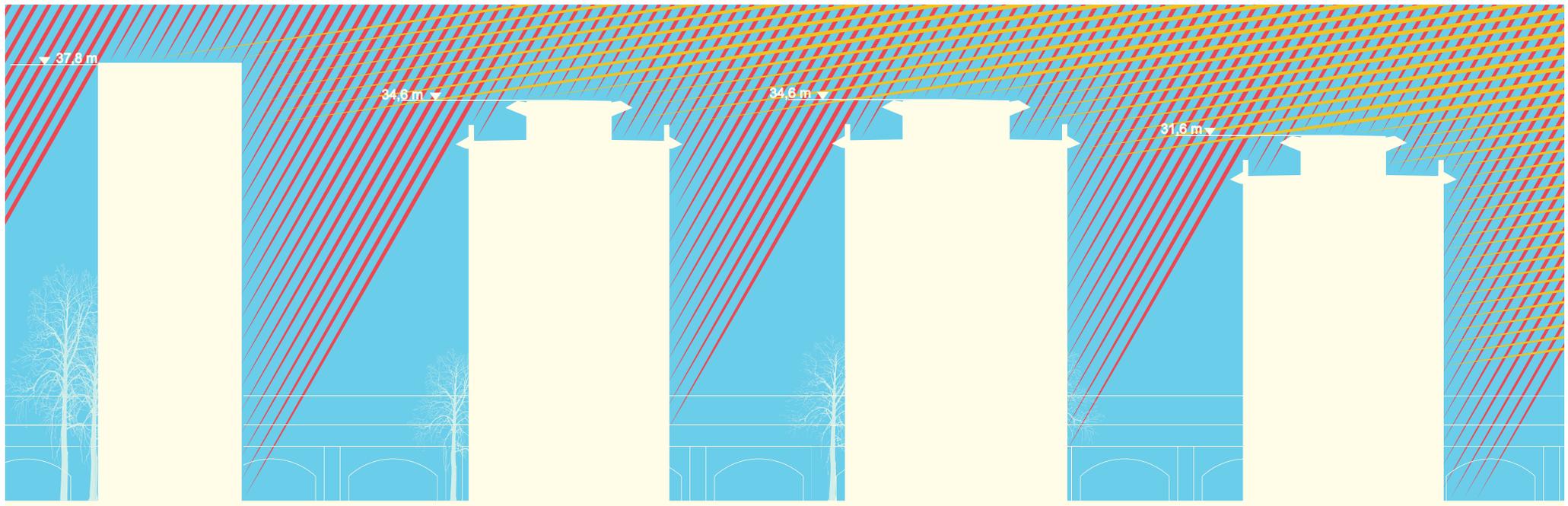


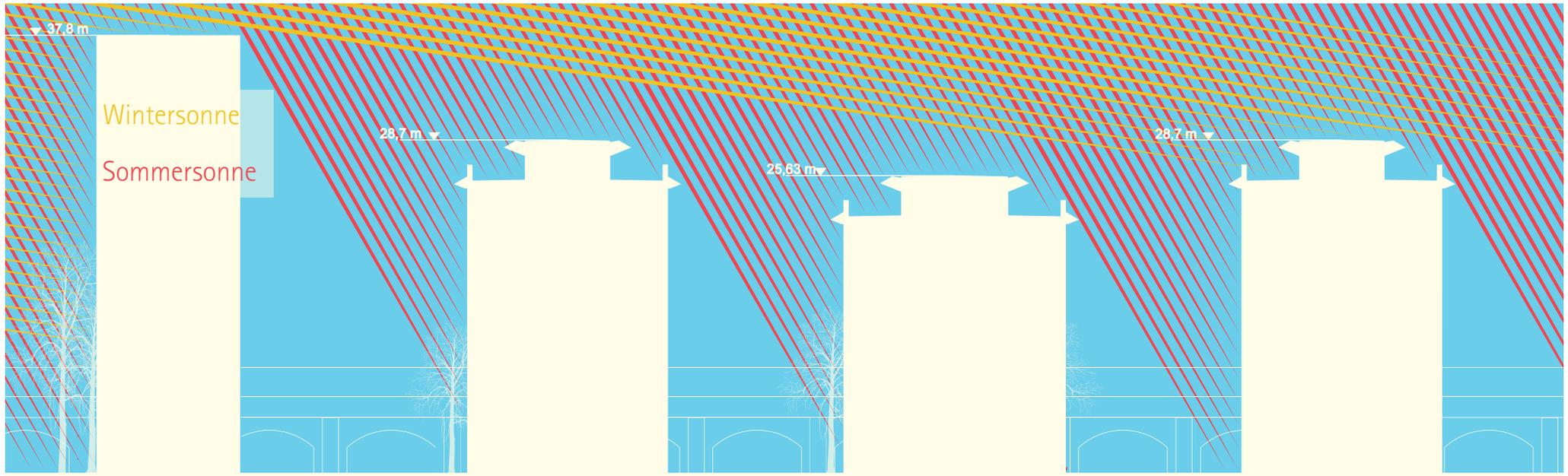
Schatten der Hochhäuser M 1:2000



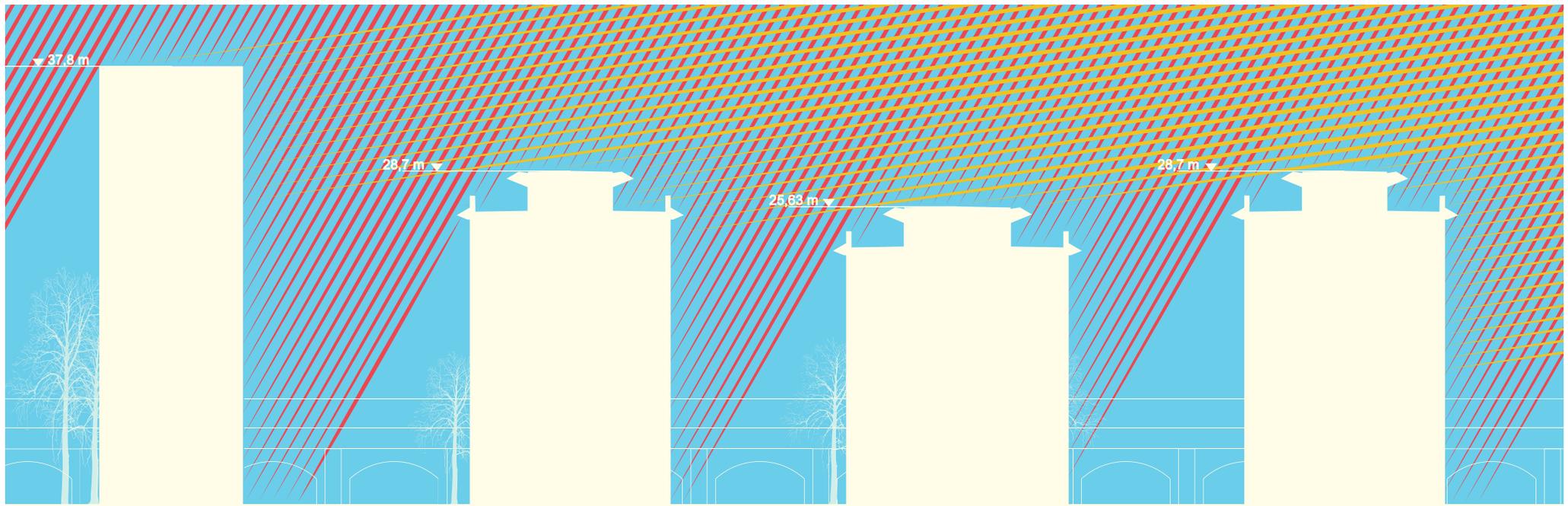


Erfüllung des Raumprogramms und Belichtung M 1:500

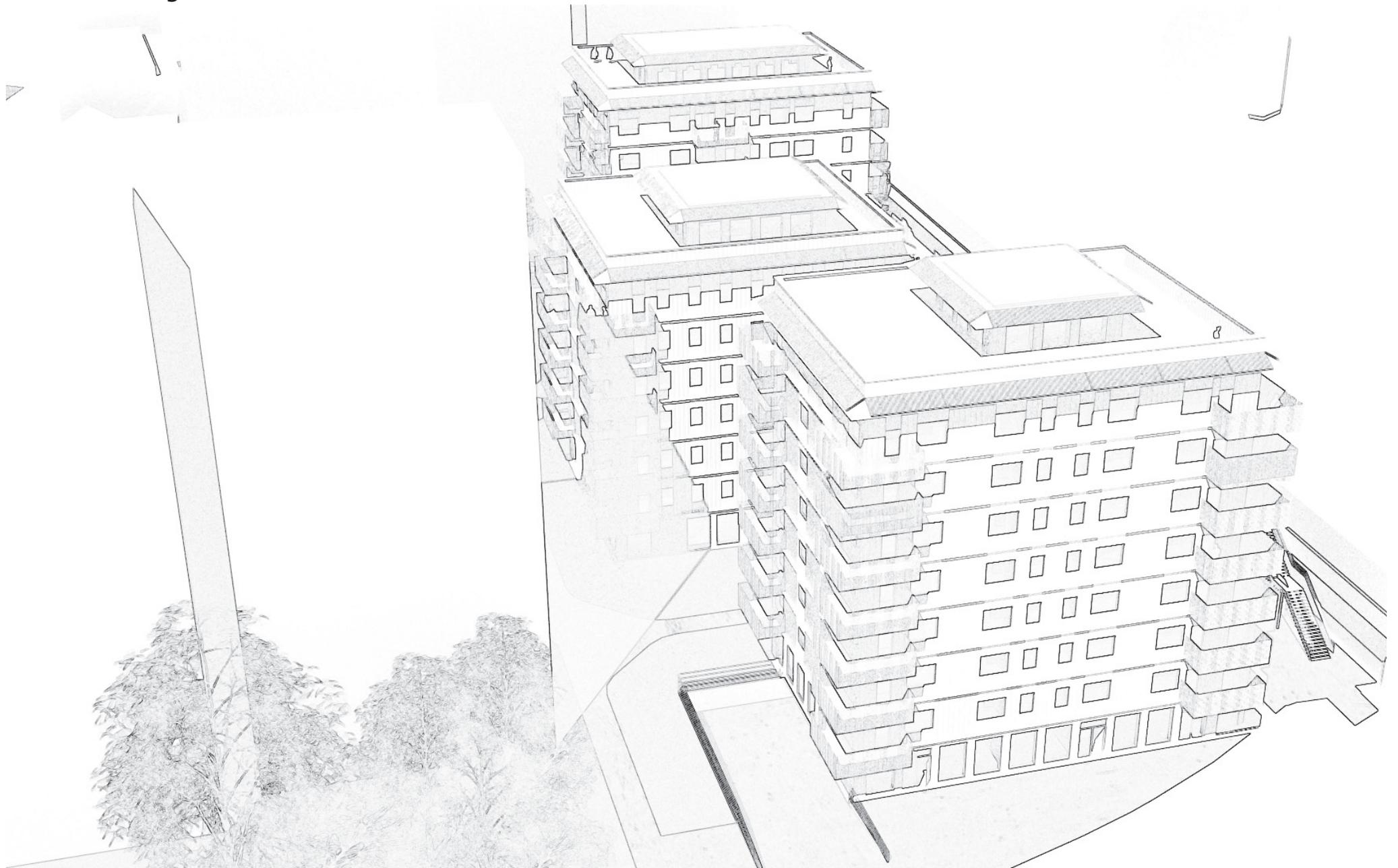


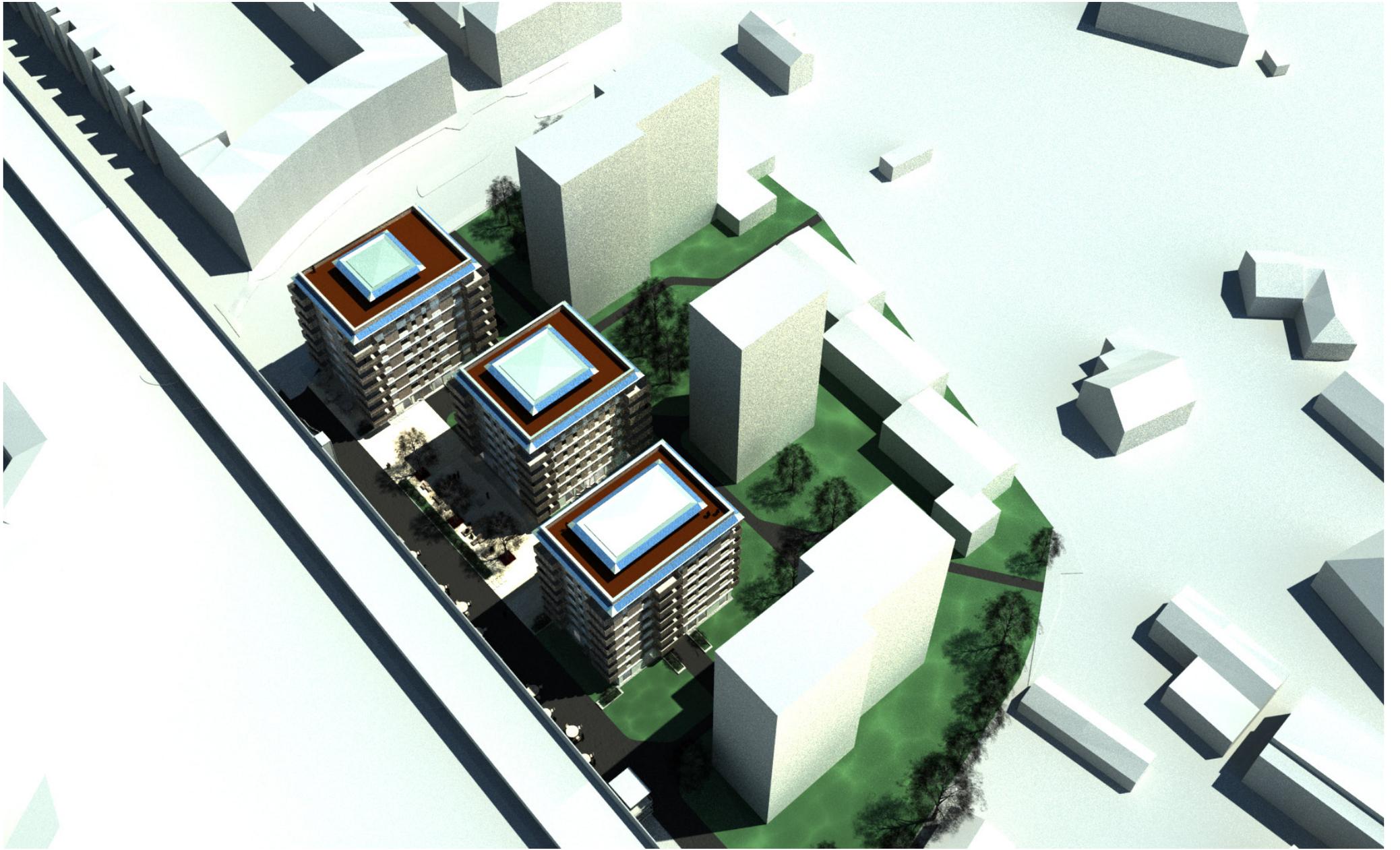


Vorgeschlagene Bebauung und Belichtung M 1:500



Visualisierung



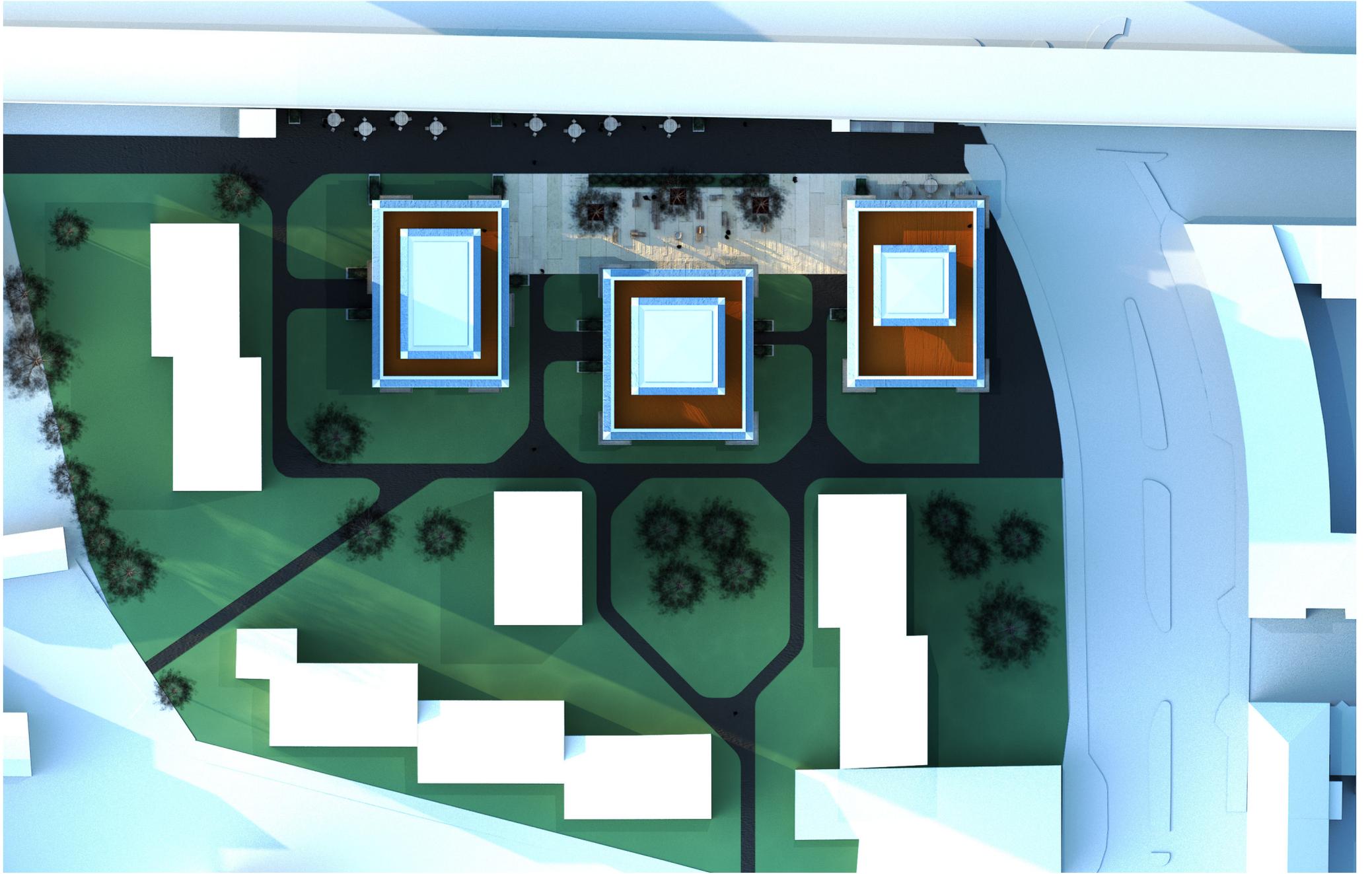










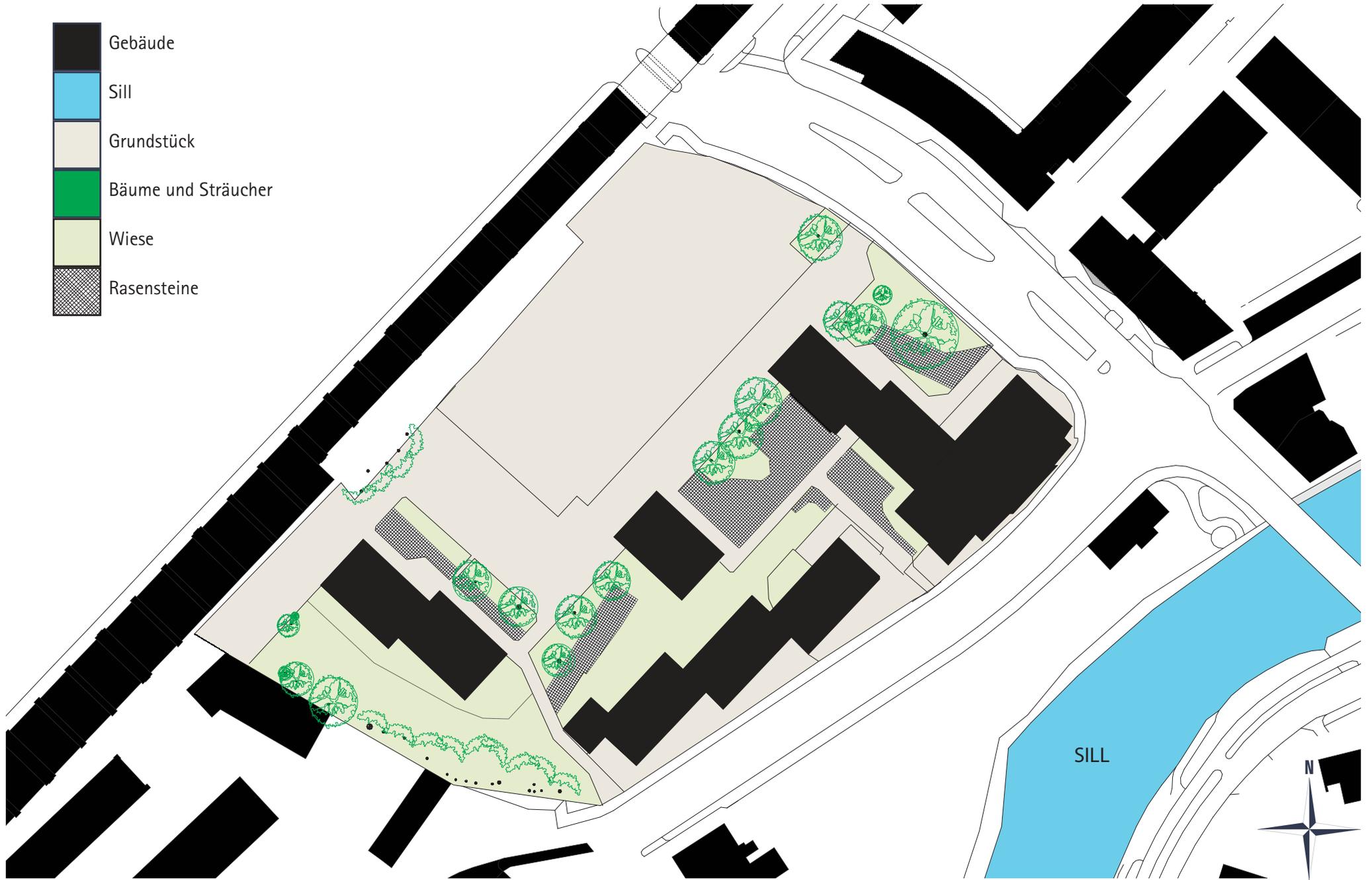


Schnitt M 1:400



Bestandsfläche M 1:1000

- Gebäude
- Sill
- Grundstück
- Bäume und Sträucher
- Wiese
- Rasensteine



Wegediagramm M 1:1000

Nachdem der Entwurf und die Positionierung Gestalt angenommen haben, habe wurde als Teil des Konzepts die Wegführung ausgearbeitet - wo Hauptbewegungen und Nebenbewegungen stattfinden werden.

Aufgrund der Anforderung, das komplette Areal einer neuen Platz- und Freiraumgestaltung zu unterziehen, war es natürlich wichtig auf den Bestand zu achten, denn die bisherige des Hof-situation war eher von parkenden Autos und Garagen dominiert.

Direkte Wege, die ein Durchschreiten des Areals ermöglichen, wurden konzipiert, auch wenn dadurch tendenziell eher kleinteilige Flächen entstehen.

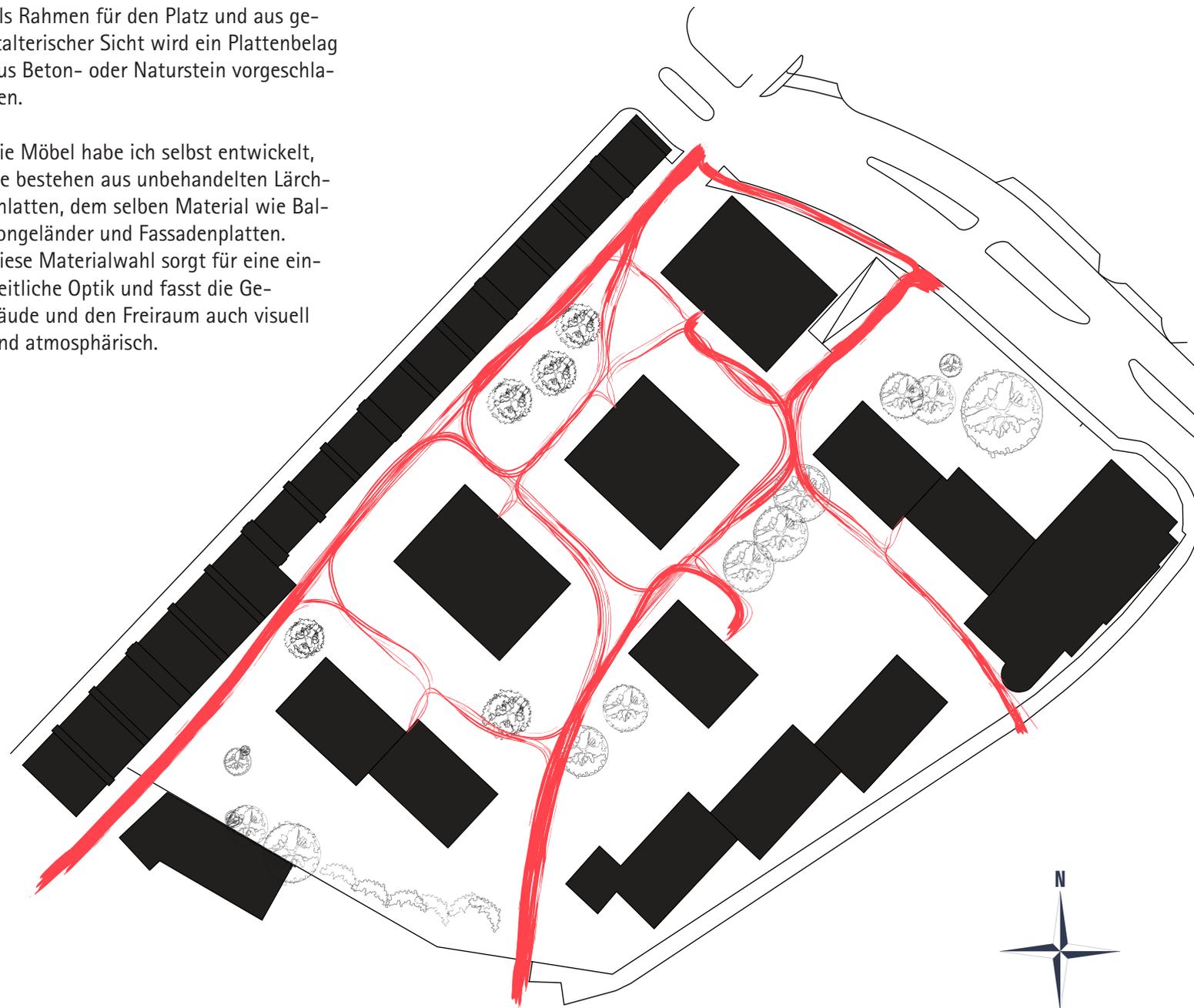
Ein dominierendes Element sind natürlich die Feuerwehzufahrten, die eine grosszügige Platzgestaltung im Sinne grosser Spielplätze oder einer üppigen Bepflanzung unterbinden.

Den Baumbestand zwischen und neben den Hochhäusern zu belassen erschien vernünftig, an anderen Stellen habe ich punktuell Bäume geplant. An den Ausgängen und auch um das Cafe befinden sich Einfriedungen für Sträucher, die zumindest teilweisen Sichtschutz gewähren.

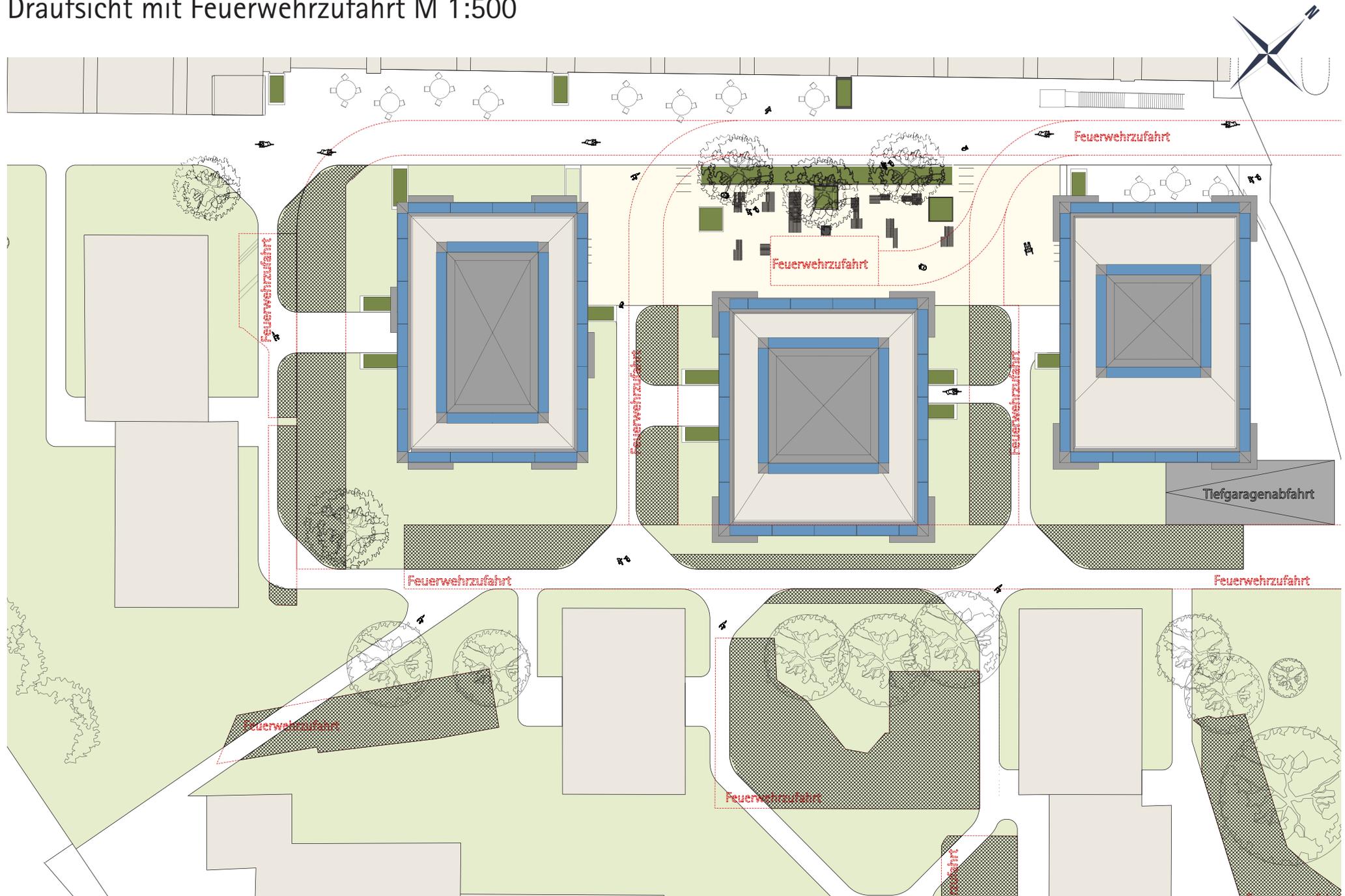
Als Abgrenzung des Platzes zwischen den Häusern und den Viaduktbögen ist ein Grünstreifen geplant, drei grosse Bäume sorgen für Beschattung. Dieser Platz mit Sitzmöglichkeiten und einem Brunnen dient als Zwischen- und Begegnungsraum.

Als Rahmen für den Platz und aus gestalterischer Sicht wird ein Plattenbelag aus Beton- oder Naturstein vorgeschlagen.

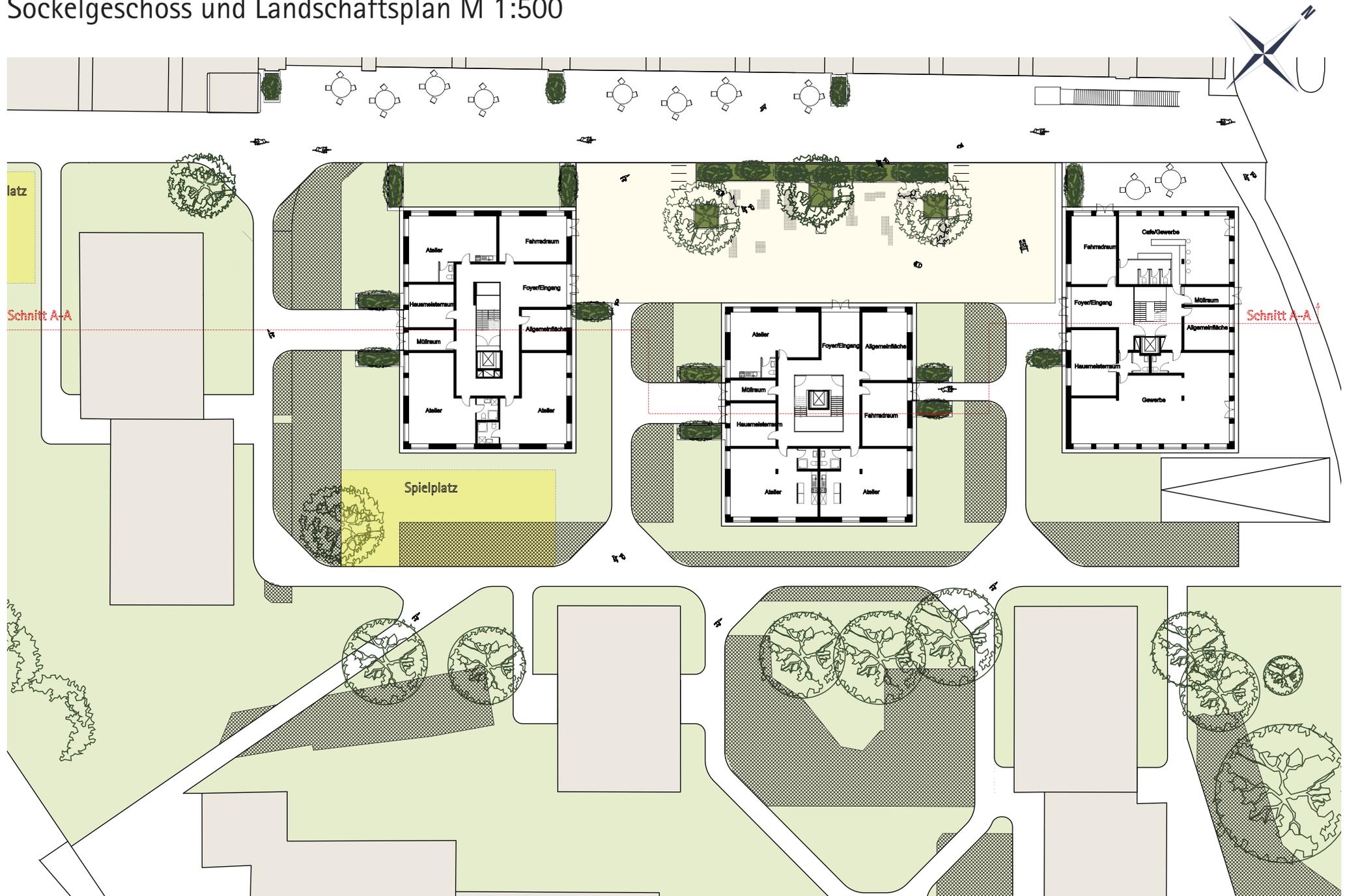
Die Möbel habe ich selbst entwickelt, sie bestehen aus unbehandelten Lärchenlatten, dem selben Material wie Balkongeländer und Fassadenplatten. Diese Materialwahl sorgt für eine einheitliche Optik und fasst die Gebäude und den Freiraum auch visuell und atmosphärisch.



Draufsicht mit Feuerwehrezufahrt M 1:500



Sockelgeschoss und Landschaftsplan M 1:500



Die Grundrisse

Um eine grösstmögliche Flexibilität der Grundrisse zu erreichen, wurden die Räume grosszügig gehalten und untereinander über einen kleinen Vorraum erschlossen.

Die Hauptwohnräume sind aus Belichtungsgründen in den Eckbereichen angeordnet. Dies war in den eingeschobenen und einseitig belichteten Garconnieren nicht möglich.

Beispielhaft wurden einheitliche Möbel und Sanitäreinrichtungen eingesetzt um verschiedene Möglichkeiten und Flexibilität darzustellen. Daher war es wichtig, die Räume gross zu halten, um auf etwaige Änderungen reagieren zu können. Die Küche wurde in das Wohnzimmer integriert, um Erschliessungsflächen zu sparen.

Die Sanitäräume sind bewusst grosszügig gehalten, um Barrierefreiheit zu ermöglichen. Ursprünglich waren diese kleiner angelegt, was auch funktioniert, aber den Ansprüchen eines nachhaltigen Wohnhauses weniger entspricht. Die Überlegung dabei war, dass man immer vom grösseren auf ein kleineres Bad zurückstufen kann. In der Darstellung der Grundrisse werden verschiedene Varianten gezeigt.

Ein möglicher Nachteil einer Kernerschliessung in der gewählten Form ist eine geringere natürliche Belichtung. Dies geht auf Kosten der Dichte und des A/V-Verhältnisses. Trotzdem entsteht ein Lichthof im Stiegenhaus. Durch eine allseitige Verglasung des Dachgeschosses werden die

oberen Geschosse natürlich belichtet. Auf ein Glasdach wurde aufgrund der Gefahr der Überhitzung verzichtet, als Ausgleich wurde versucht möglichst viel Licht in das Sockelgeschoss zu bringen und dieses grosszügig zu verglasen.

Über-Eck gezogene Balkone schaffen über die diagonale Ausdehnung mehr benutzbare Fläche. Die Balkone der Garconnieren gehen aufgrund der vorgeschriebenen Grösse nicht über Eck, sie befinden sich an den Gebäudeecken. Die mittleren Balkone verfügen zwar nicht über diese Qualität, sind dafür auch nicht von benachbarten Balkonen einsichtig.

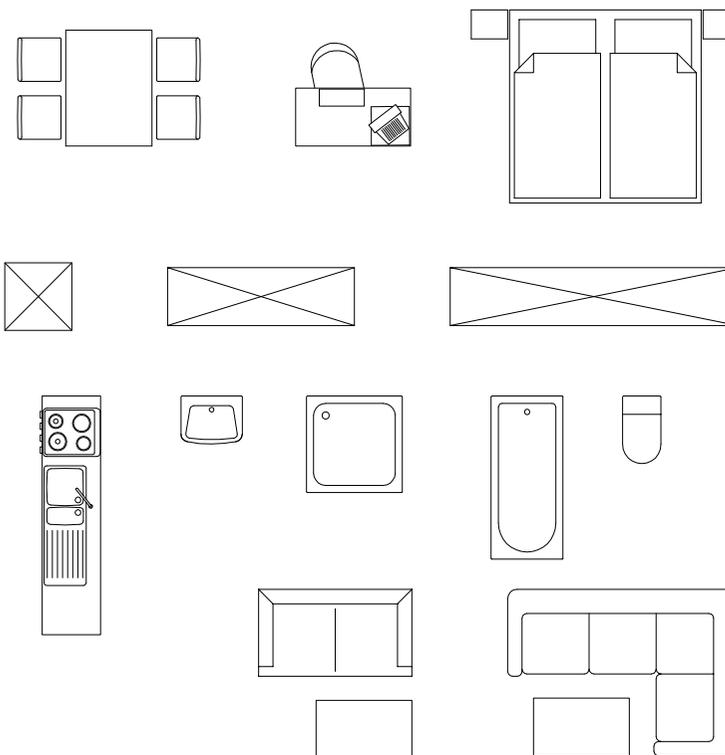
Das Sockelgeschoss ist ein multifunktionaler Raum. Im westlichen Teil befinden sich ein Cafe, Gewerbeflächen und ein Atelier.

Die anderen Sockelgeschosse der mittleren und östlichen Baukörper sind primär als Ateliers gedacht, jedoch könnten sie verschiedenen Bespielungen, wie zum Beispiel Büronutzungen, genauso standhalten. Arbeitsräume liegen in den weniger belichteten Bereichen des Erdgeschosses.

Ausserdem befinden sich Hausmeister-, Fahrrad-, Müllräume und Allgemeinflächen wie Waschräume in den Sockelgeschossen. Auch hier habe ich versucht die Einteilung der Räumlichkeiten eher flexibel offen zu gestalten, um einen möglichen anderweitigen Ausbau oder eine individuelle Einteilung zu bieten.

Technikräume und Kellerabteile befinden sich im Untergeschoss und der Tiefgarage.

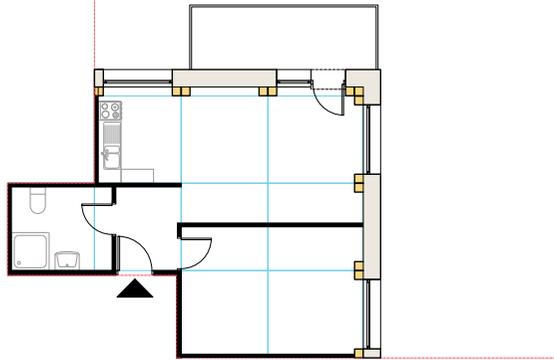
Die Zugänge der Wohnbauten sind auf den Vorplatz hin orientiert, Fahrradräume befinden sich direkt neben den Eingängen.



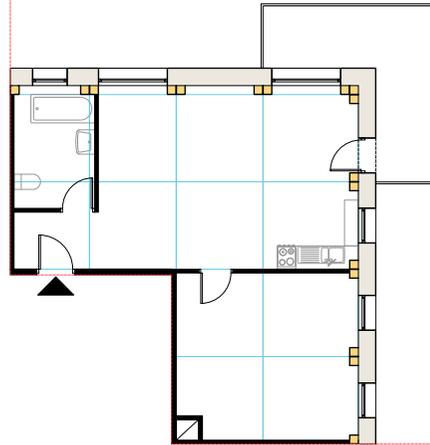
Die verwendete Einrichtung

Wohnungstypen M 1:200

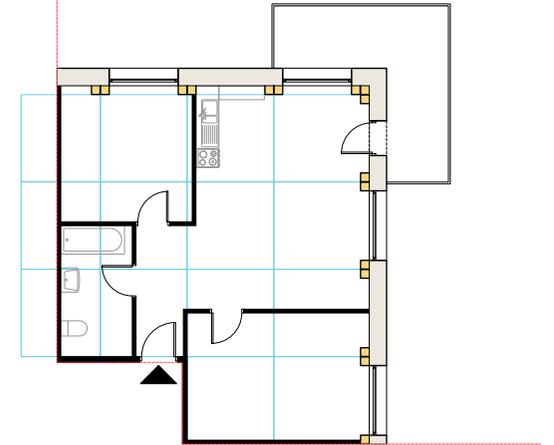
Wohnung a 50 m²



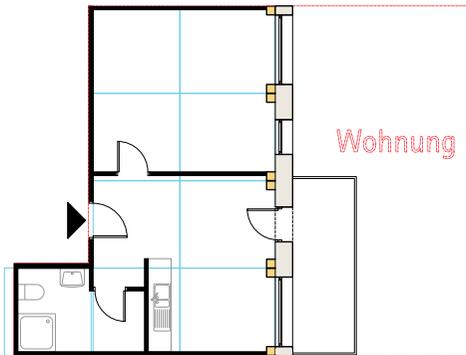
Wohnung c 65,83 m²



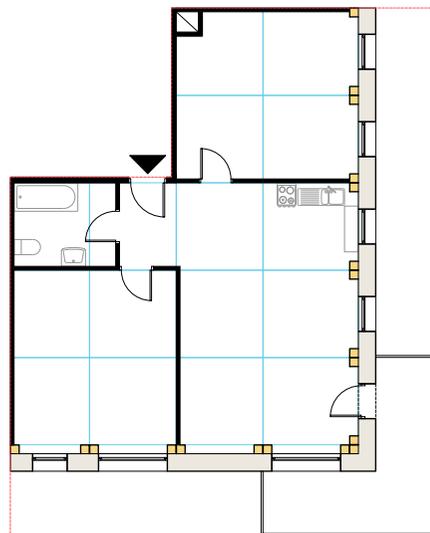
Wohnung e 68,94 m²



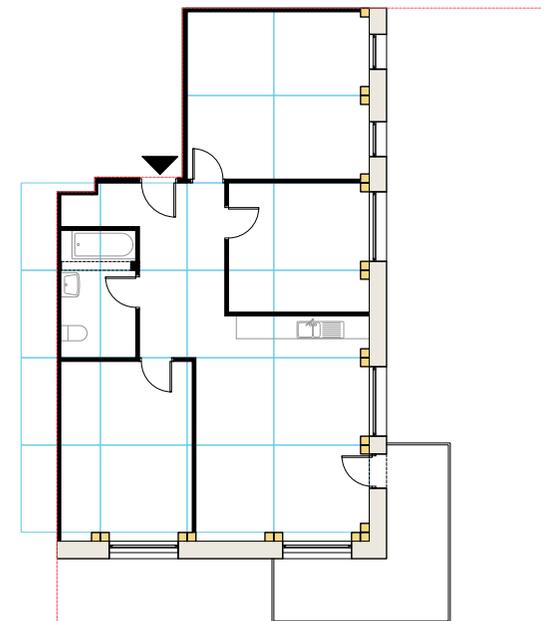
Wohnung b 43,50 m²



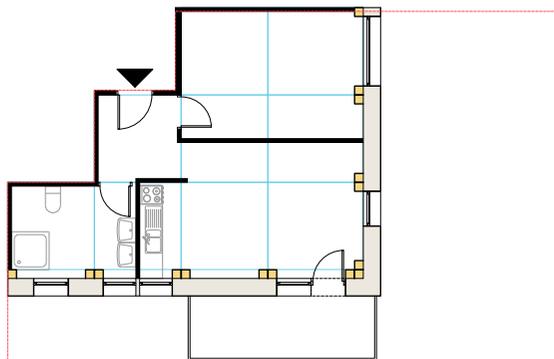
Wohnung d 86,83 m²



Wohnung f 98,87 m²



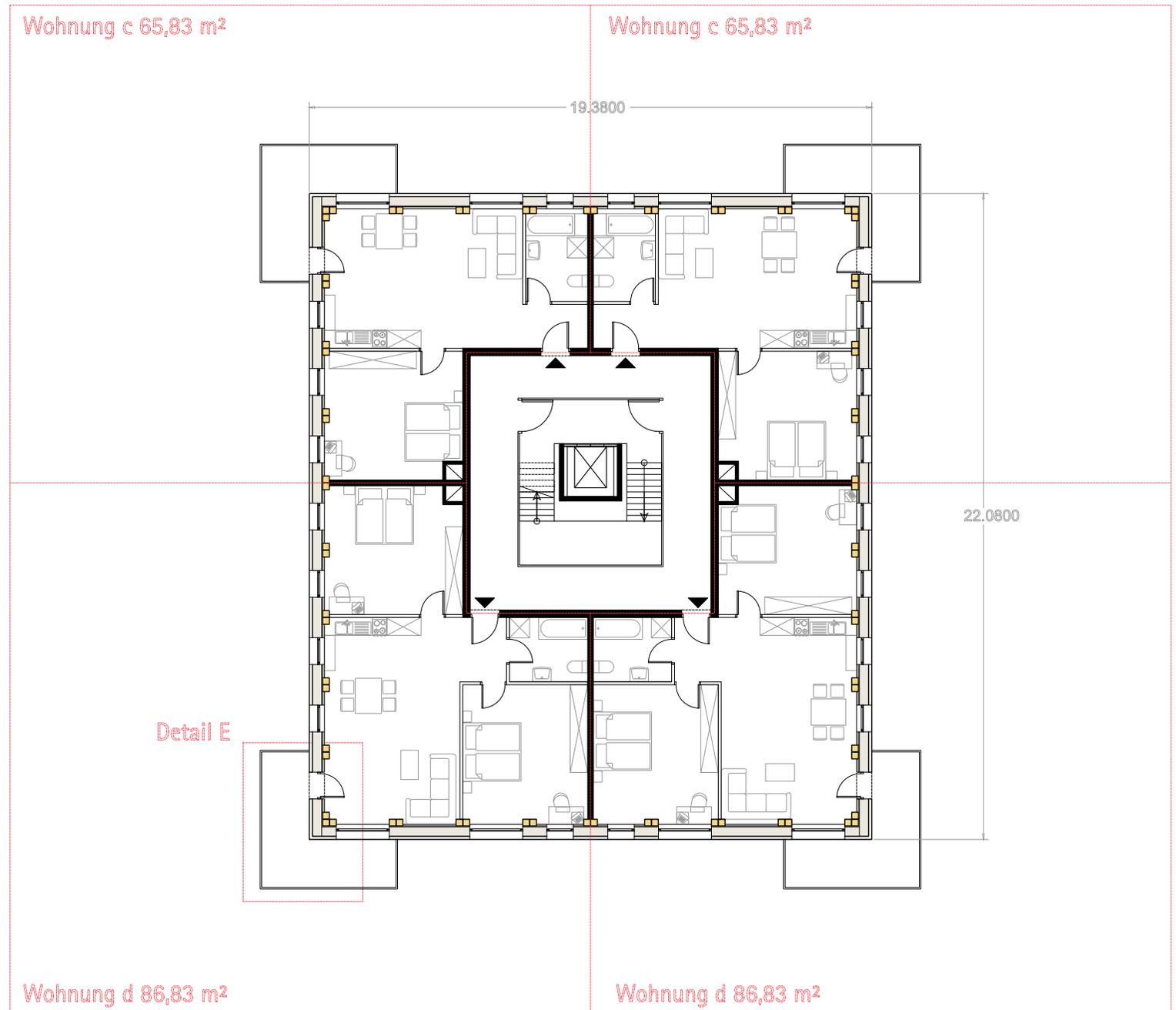
Wohnung a 50 m²



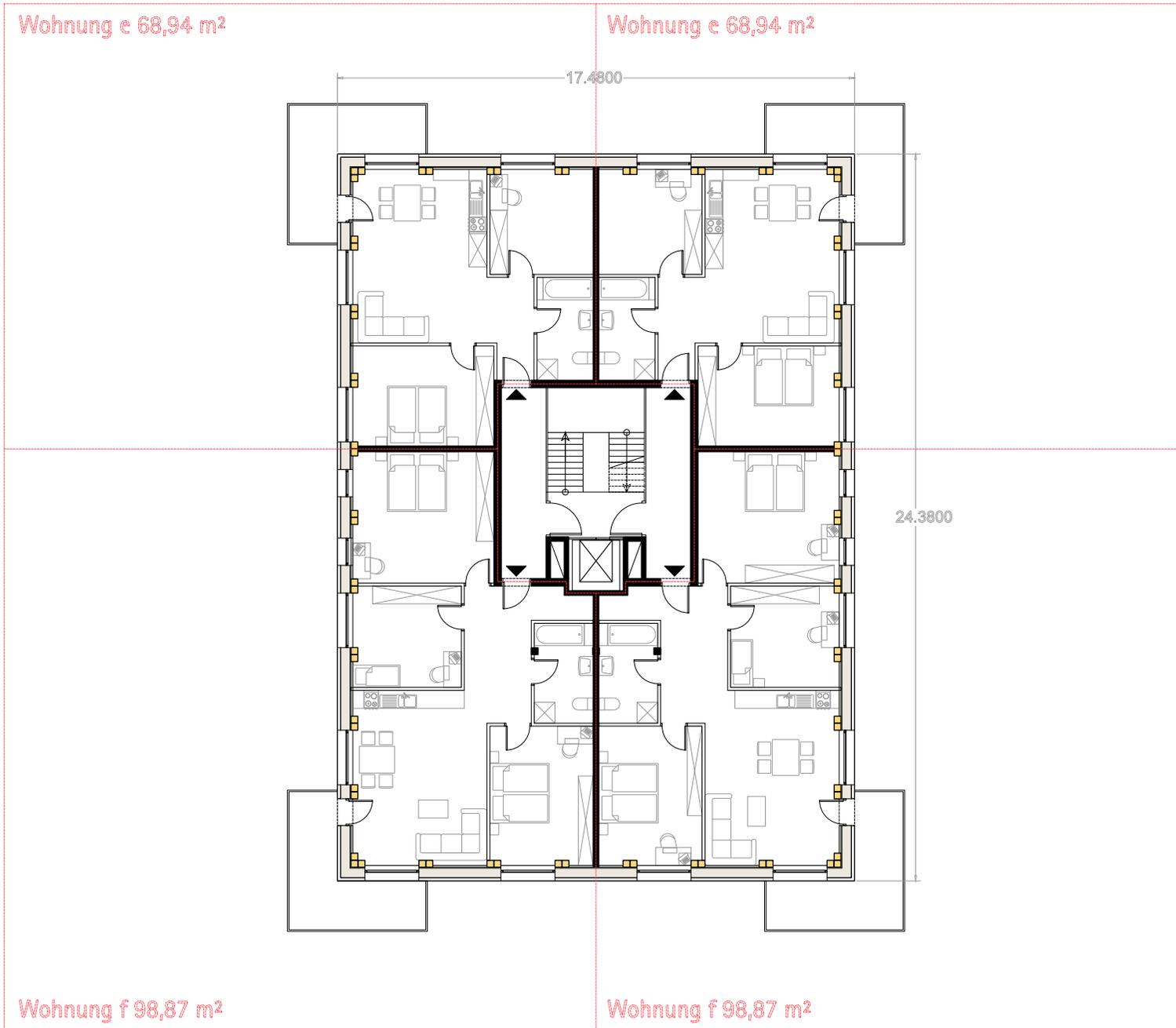
Grundriss Haus West M 1:200



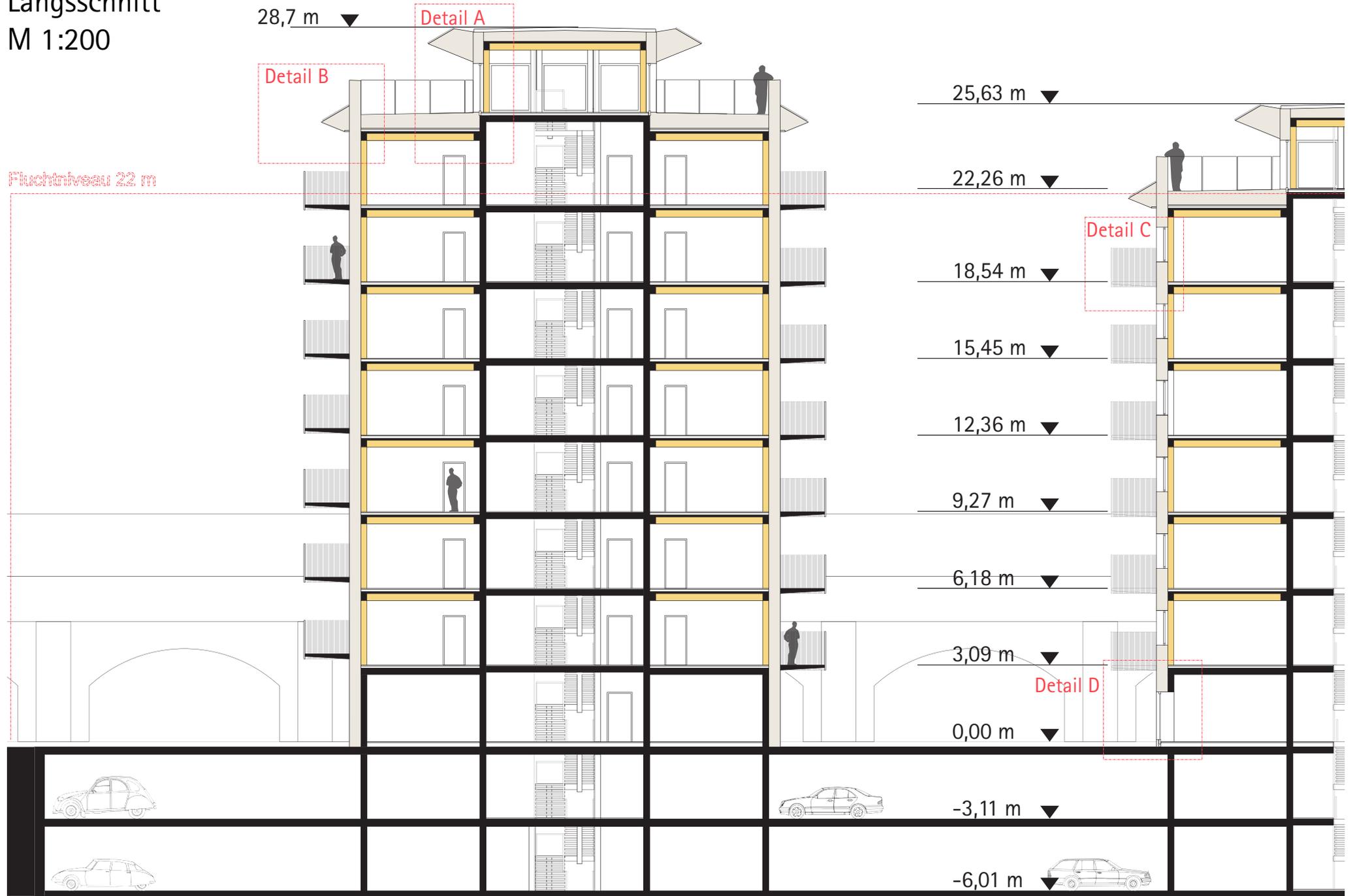
Grundriss Haus Mitte M 1:200



Grundriss Haus Ost M 1:200

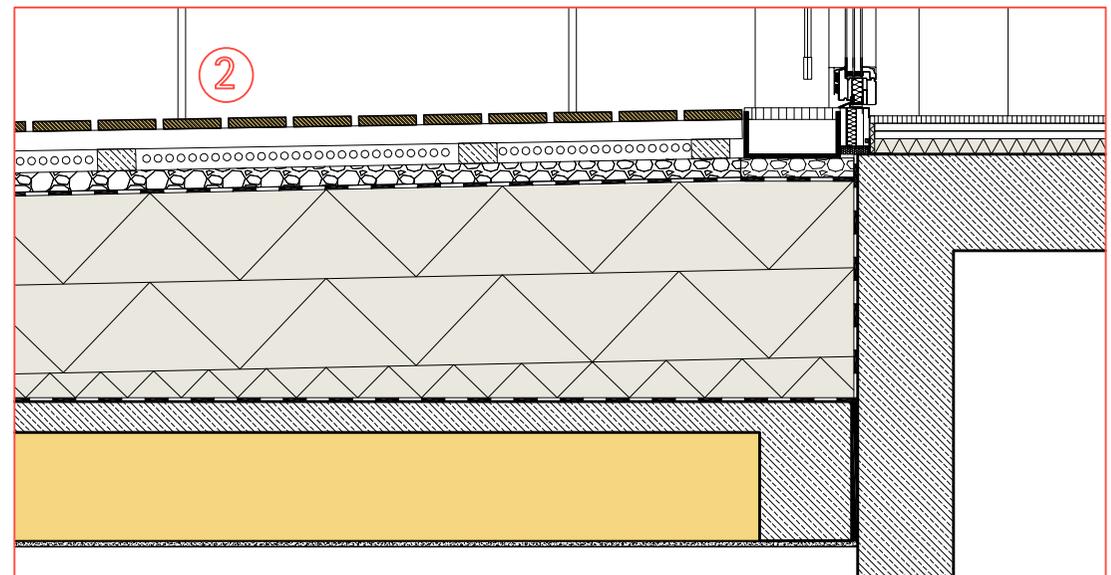
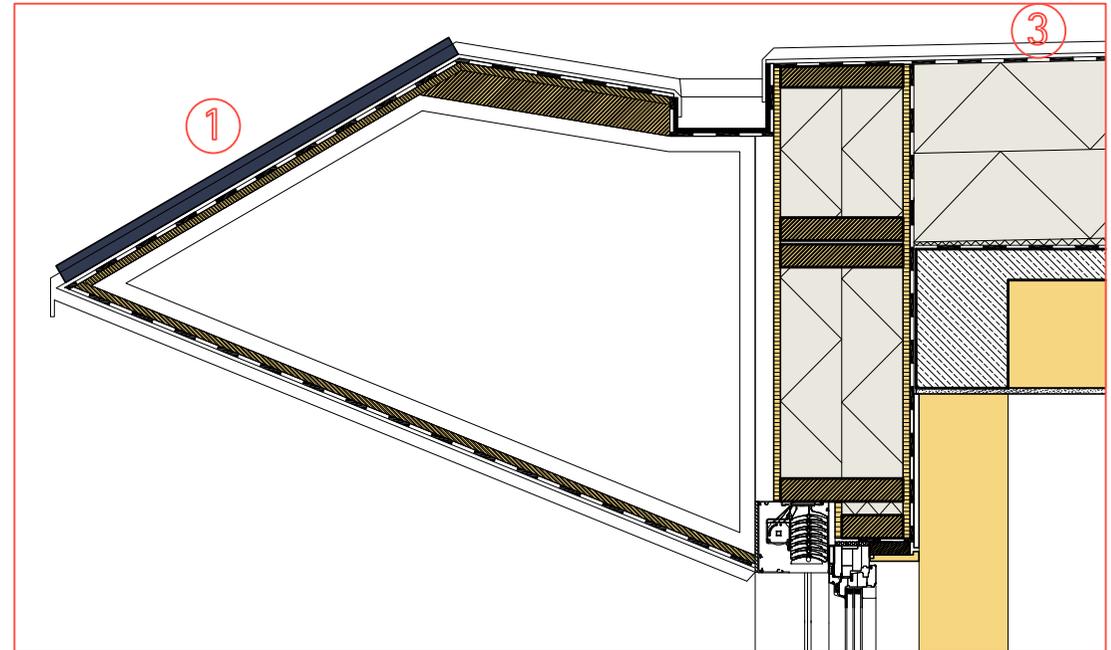


Längsschnitt
M 1:200



DACHGESCHOSS

- ① **Aufbau Wand Dachgeschoss** (von Aussen nach Innen)
 - Vakuumröhrenkollektoren
 - gefalztes Stahlblechdach
 - bituminöse Abdichtung
 - Unterdachkonstruktion OSB 2 cm
 - Stahlformrohr Neigung 30° Grad 5 cm Durchmesser
 - Holzzementplatte 1,8 cm
 - mineralische Wärmedämmplatte 32 cm
 - Dampfsperre OSB 1,8 cm
 - Brettschichtholzstütze 24x24 cm
- ② **Aufbau Dachterrasse** (von Oben nach Unten)
 - Terrassenkonstruktion Lärchenholz 2 cm
 - Lattung gehobelt Lärche 2 cm
 - Betonaufleger 5 cm
 - Kiesschüttung 5 cm
 - Wurzelvlies und bituminöse Abdichtung
 - druckfeste mineralische Dämmplatte im Gefälle 47 cm
 - doppelte bituminöse Abdichtung
 - Druckgurt Stahlbetonplatte 8 cm
 - Unterzug Brettschichtholzträger 28x24 cm
 - Gipskartonplatte Untersicht 1,5 cm
 - Gips-Kalk-Innenputz
- ③ **Aufbau Flachdach**
 - gefalztes Stahlblechdach
 - bituminöse Abdichtung
 - druckfeste mineralische Dämmplatte im Gefälle 47 cm
 - doppelte bituminöse Abdichtung
 - Druckgurt Stahlbetonplatte 8 cm
 - Unterzug Brettschichtholzträger 28x24 cm
 - Rigipsplatte Untersicht
 - Gips-Kalk-Innenputz

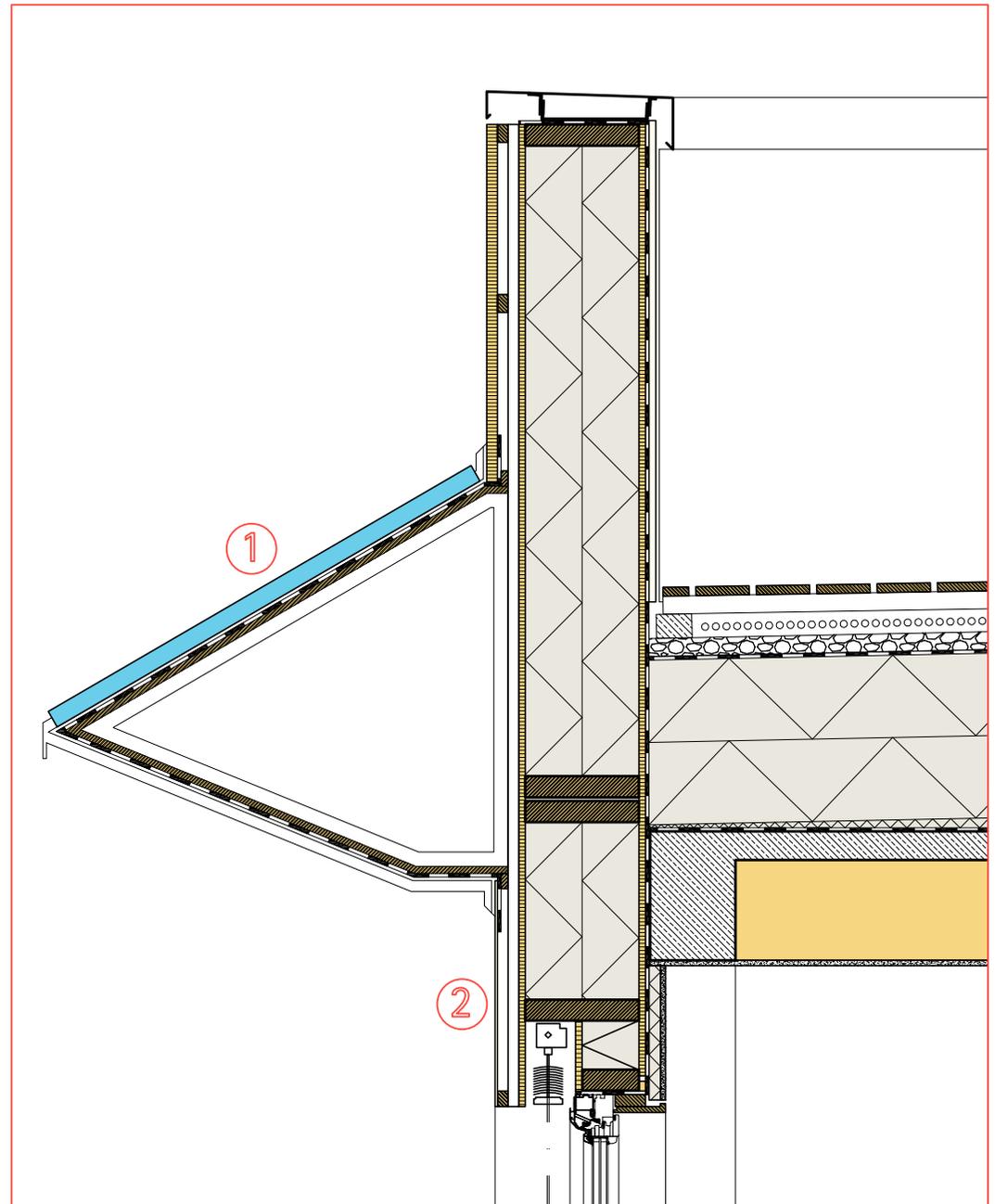


Detail B

VORDACH und ATTIKA

- ① **Aufbau Vordach** (von Aussen nach Innen)
 - monokristalline Photovoltaikanlage
 - gefälztes Stahlblechdach
 - bituminöse Abdichtung
 - Unterdachkonstruktion OSB 2 cm
 - Stahlformrohr Neigung 30° Grad, 5 cm Durchmesser
 - Holzzementplatte 1,8 cm
 - mineralische Wärmedämmplatte 32 cm
 - Dampfsperre OSB 1,8 cm
 - Eternitplatte 0,4 cm

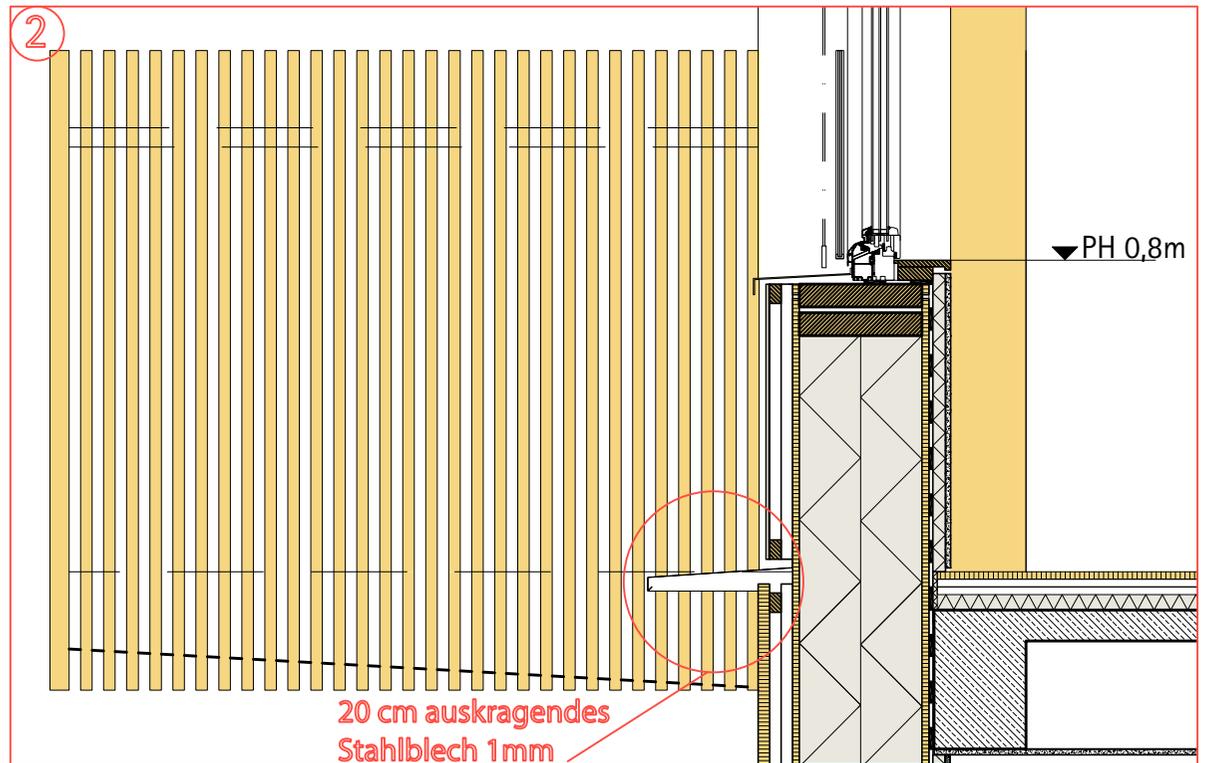
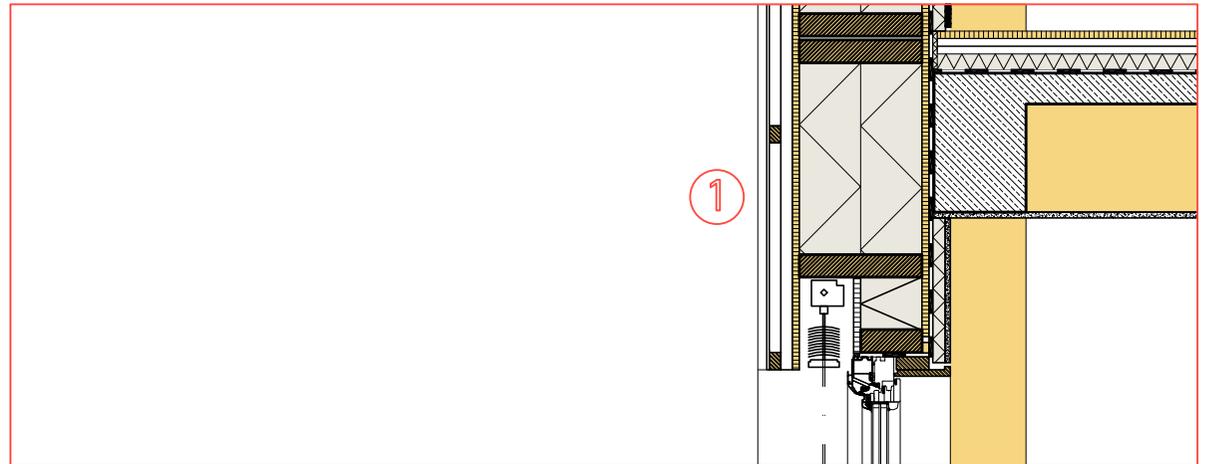
- ② **Aufbau Wand** (von Aussen nach Innen)
 - Eternitplatte 0,4 cm
 - Lattung 3 cm, Konterlattung 3 cm (Hinterlüftung)
 - Holzzementplatte 1,8 cm
 - mineralische Wärmedämmplatte 32 cm
 - Dampfsperre OSB 1,8 cm
 - Vorsatzschalen-Dämmplatte 3,3 cm
 - Gipskartonplatte 1,5 cm
 - Gips-Kalk-Innenputz



Detail C

FASSADENSCHNITT

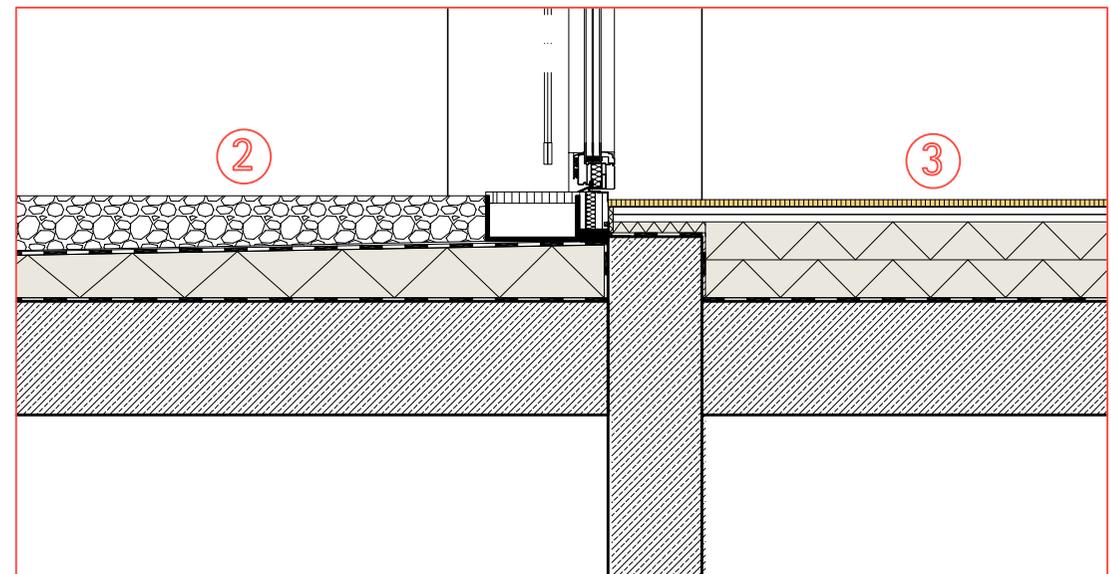
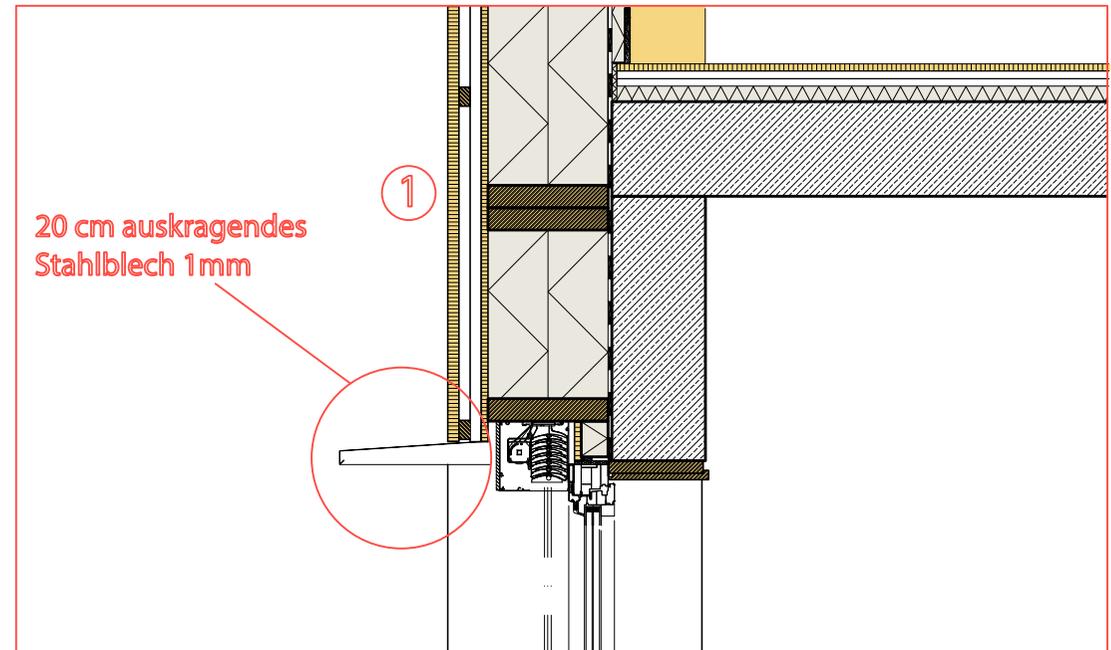
- ① **Aufbau Wand** (von Aussen nach Innen)
- Eternitplatte 0,4 cm
 - Lattung 3 cm, Konterlattung 3 cm Hinterlüftung
 - Holzzementplatte 1,8 cm
 - mineralische Wärmedämmplatte 32 cm
 - Dampfsperre OSB 1,8 cm
 - Vorsatzschalen-Dämmplatte 3,3 cm
 - Gipskartonplatte 1,5 cm
 - Gips-Kalk-Innenputz
- ② **Balkon**
- Geländer Lärchenlatten 3x5 cm
 - Stahlformrohrunterkonstruktion 5 cm, verzinkt
 - auskragende Stahlbetonplatte mit Isokorb



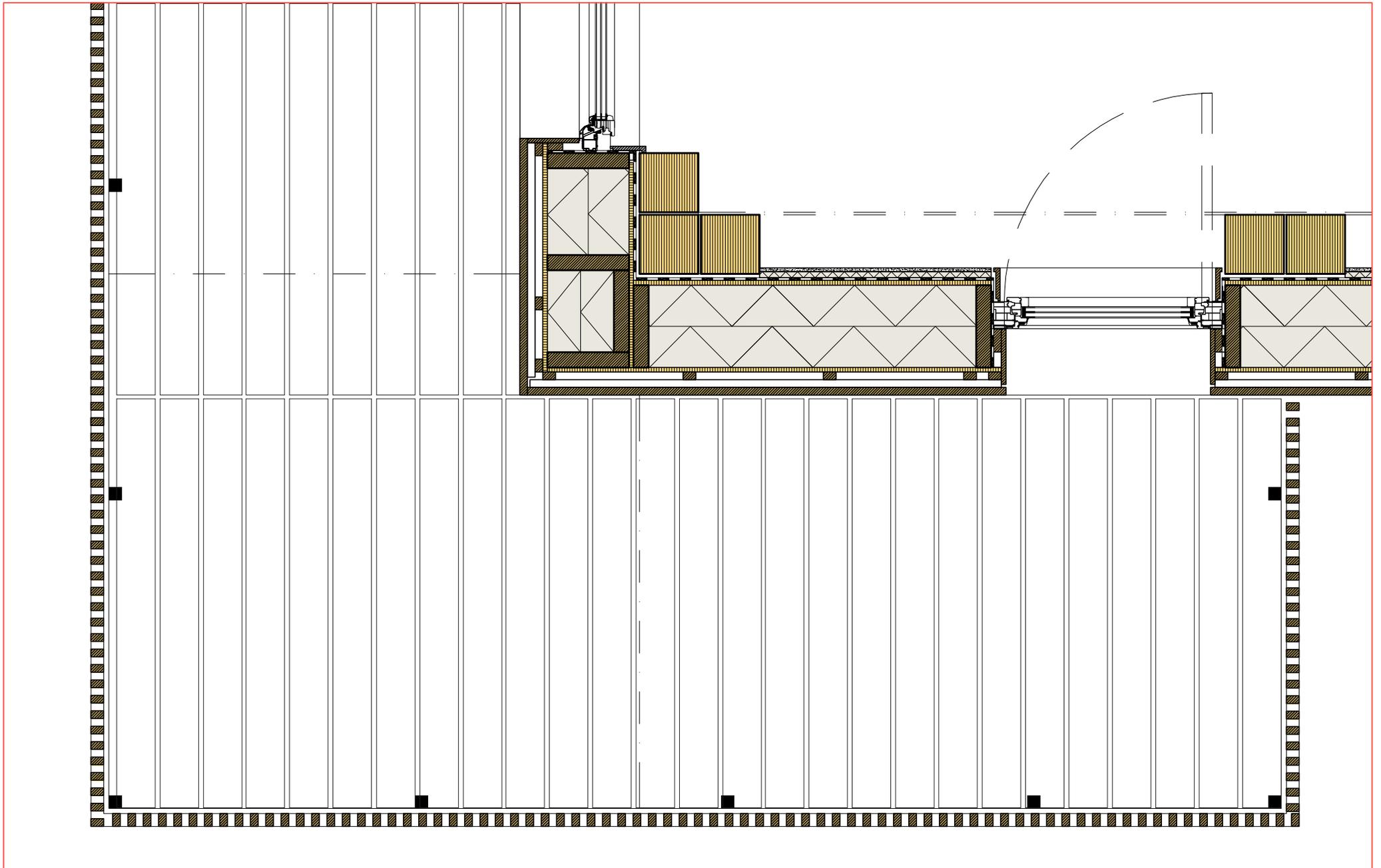
Detail D

SOCKELGESCHOSS

- ① **Aufbau Wand Sockelgeschoss** (von Aussen nach Innen)
 - Fassadenplatte Vollholz Lärche 3 cm
 - Lattung 3 cm, Konterlattung 3 cm (Hinterlüftung)
 - Holzzementplatte 1,8 cm
 - mineralische Wärmedämmplatte 32 cm
 - bituminöse Abdichtung
 - Stahlbeton 25 cm
 - Gips-Kalk-Innenputz
- ② **Aufbau Decke zu Tiefgarage** (von Oben nach Unten)
 - Erdreich und Kiesschüttung
 - Wurzelvlies
 - Gefälledämmung XPS 15 cm
 - doppelte bituminöse Abdichtung
 - Stahlbeton 25 cm
- ③ **Aufbau Boden zu Keller** (von Oben nach Unten)
 - Bauwerk Parkett
 - Trockenunterbodenplatte 2 cm
 - Trockenunterbodenplatte 2 cm
 - druckfeste mineralische Dämmplatte 20 cm
 - Abdichtung Bitumenbahn
 - Stahlbeton 25 cm



Detail E



Fassade und Brandschutz

Aus der Konsequenz, möglichst viele Materialien aus gewachsenen Rohstoffen zu verwenden, ist die Fassade in Holz konzipiert.

Dabei gibt es bestimmte Restriktionen (Brandschutz). Im mehrgeschossigen Wohnbau bedeutet das, den Brandüberschlag im Falle eines Brandes zu unterbinden.

Die vom LCT-one Tower verwendeten Deckenelemente erfüllen die Anforderungen für die Gebäudeklasse 5, bei einer Fassade müssen aber, wenn man sie in Holz ausführen will, besondere Regeln beachtet werden:

“Brandschutzvorschriften für Holzfassaden

*Forschungsthema:
Brandweiterleitung an der Fassade*

Im Rahmen der Brandschutzforschung hat in den letzten Jahren das Thema Brandweiterleitung an der Fassade an Bedeutung gewonnen. Dies nicht nur bei der Verwendung von brennbaren Baustoffen an der Fassade, sondern vor allem im Hinblick auf hinterlüftete Fassaden, unabhängig vom Werkstoff.

Die unterschiedlichen Bautraditionen und Gesetze der einzelnen europäischen Länder haben auch zu unterschiedlichen Schutzzieldefinitionen geführt, woraus sich verschiedene Anforderungen auch in Hinblick auf die Brandweiterleitung an

der Fassade ergaben. Aus diesem Grund wurden große Forschungsprogramme initiiert, Detailuntersuchungen und Konstruktionsentwicklungen anhand von Großbrandversuchen und zahlreichen SBI- (Single burning item-)Tests von Fassadensystemen durchgeführt und wurde die Eignung von Holzfassaden in Kombination mit konstruktiven Brandschutzmaßnahmen (Brandschutzabschottungen) nachgewiesen.

Die positiven Ergebnisse dienen auch als Grundlage für normative Änderungen und Ergänzungen sowie die neue ÖNORM B 2332. Weiters wurden in ÖNORM B 3806 Holzfassaden bis zu fünf Vollgeschossen aufgenommen.

Die ÖNORM B 3806 legt Anforderungen an das Brandverhalten von Bauprodukten im Sinne der Europäischen Klassen gemäß ÖNORM EN 13501-1 fest. Diese Norm ist auch Bestandteil der Richtlinie 2 „Brandschutz“ des OIB, welche die bautechnischen österreichischen Anforderungen regelt.

Laut dieser Norm können Holzfassaden bis zu drei Vollgeschossen mit Materialien der Brandverhaltensklasse D ohne weitere Nachweise und ohne Brandschutzabschottung ausgeführt werden.

Für die Gebäudeklassen 4 und 5 ist ein positiver Nachweis gemäß ÖNORM B 3800-5 vorgeschrieben, sofern nicht nachweisfreie Varianten zur Anwendung kommen. Für vorgehängte hinterlüftete Fassaden oder belüftete Fassaden gilt dieser Nachweis als erfüllt, wenn zwischen den Geschossen eine mindestens 20 cm auskragende Brandschutzabschottung aus einem durchgehenden Profil aus Stahlblech (Mindestdicke 1 mm) oder brandschutztechnisch gleichwertig ausgebildet wird. Vorgehängte hinter- und belüftete Fassaden aus Holz und Holzwerkstoffen gemäß ÖNORM EN 13986 der Klasse D (Klasse zum Brandverhalten von Bauprodukten gemäß ÖNORM EN 13501-1) sind bei Gebäuden mit nicht mehr als fünf Geschossen und einem Aufenthaltsraumniveau von nicht mehr als 13 m unter den angeführten Rahmenbedingungen zulässig.“ (<http://www.proholz.at/fassaden/brandschutz/brandschutz>)



Bild 25, Deutschlands höchster Holzbau steht in Bad Aibling, Architekturbüro: Schankula Architekten, München

Bauphysikalische Berechnung

Als Beispiel für die bauphysikalische Berechnung verwende ich das mittlere Haus der Bebauung, da es wahrscheinlich der problematischste Baukörper in Sachen Energieeintrag ist.

Verwendetes Programm ist das GEO, mit dem ich unter anderem den Nachweis für den Passivhausstandard und den Heizwärmebedarf ermittelt habe.

Im konkreten entstehen vier Zonen, das Dachgeschoss, der bewohnte mittlere Teil, das Erdgeschoss und die Tiefgarage, wobei letztere aus Gründen der Vereinfachung nicht vollständig in die Berechnung miteinfließt, auch aufgrund von Beschränkungen der verwendeten Software, die nur eine einfache Unterkellerung zulässt.

Das Vermeiden sommerlicher Überhitzung wurde am Beispiel einer Wohnung im mittleren Geschossbereich nach Süden orientiert berechnet und fiel zufriedenstellend aus.

Die Fensterverschattung wurde einzeln ermittelt und so genau wie möglich in die Berechnung miteinbezogen.

Weiteres Produkt der bauphysikalischen Untersuchung ist der Energieausweis und die ökologische Bewertung des Bauwerks. Diese Bewertung habe ich im Kapitel Vergleich mit der selben Ausführung in Beton gegenübergestellt. Die insgesamt Bewertung, so wie die Auflistung aller Bauteile umfasst 127 Seiten, was den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde.

Gebäudedaten - Neubau - Planung 1

Brutto-Grundfläche BGF	3.419 m ²
Konditioniertes Brutto-Volumen	10.765 m ³
Gebäudehüllfläche A _B	3.075 m ²

Wohnungsanzahl	125
charakteristische Länge l _C	3,50m
Kompaktheit A _{BB} / V	0,29 m ⁻¹

Ergebnisse am tatsächlichen Standort: Innsbruck

Transmissionswärmeverluste Q _T		76.599 kWh/a
Lüftungswärmeverluste Q _V	Luftwechselzahl: 0,280	75.204 kWh/a
Solare Wärmegewinne h x Q _s		27.550 kWh/a
Innere Wärmegewinne h x Q _i	mittelschwere Bauweise	67.668 kWh/a
Heizwärmebedarf Q _h		54.256 kWh/a

Ergebnisse Referenzklima

Transmissionswärmeverluste Q _T		64.230 kWh/a
Lüftungswärmeverluste Q _V		63.061 kWh/a
Solare Wärmegewinne h x Q _s		20.955 kWh/a
Innere Wärmegewinne h x Q _i		59.414 kWh/a
Heizwärmebedarf Q _h		46.922 kWh/a

Haustechniksystem

Raumheizung:	Flüssiger oder gasförmiger Brennstoff (Gas) + Solaranlage Vakuum-Röhrenkollektor 55,3m ²
Warmwasser:	Flüssiger oder gasförmiger Brennstoff (Gas) + Solaranlage Vakuum-Röhrenkollektor 55,3m ²
Lüftung:	Lufterneuerung; energetisch wirksamer Luftwechsel: 0,28; Blower-Door: 0,40; Kreuzstrom-Wärmetauscher 50%; kein Erdwärmetauscher
Photovoltaik - System	14,74kWp; Monokristallines Silicium

Endenergiebedarf

Heizenergiebedarf	Q_{HEB}	=	163.587 kWh/a
Haushaltsstrombedarf	Q_{HHSB}	=	56.162 Wh/a
Netto-Photovoltaikertrag	NPVE	=	13.708 Wh/a
Endenergiebedarf	Q_{EEB}	=	206.041 kWh/a

Heizenergiebedarf - HEB

Heizenergiebedarf	Q_{HEB}	=	163.587 kWh/a
Heiztechnikenergiebedarf	Q_{HTEB}	=	82.565 kWh/a

Warmwasserwärmebedarf	Q_{tw}	=	43.682 kWh/a
-----------------------	----------	---	--------------

Warmwasserbereitung

Wärmeverluste

Abgabe	$Q_{TW,WA}$	=	1.989 kWh/a
Verteilung	$Q_{TW,WV}$	=	51.179 kWh/a
Speicher	$Q_{TW,WS}$	=	2.761 kWh/a
Bereitstellung	$Q_{TW,WB}$	=	15.779 kWh/a
	Q_{TW}	=	71.707 kWh/a

Hilfsenergiebedarf

Verteilung	$Q_{TW,WV,HE}$	=	500 kWh/a
Speicher	$Q_{TW,WS,HE}$	=	1.102 kWh/a
Bereitstellung	$Q_{TW,WB,HE}$	=	0 kWh/a
	$Q_{TW,HE}$	=	1.602 kWh/a

Heiztechnikenergiebedarf - Warmwasser	$Q_{HTEB,TW}$	=	54.791 kWh/a
---------------------------------------	---------------	---	--------------

Heizenergiebedarf Warmwasser	$Q_{HEB,TW}$	=	98.473 kWh/a
-------------------------------------	--------------------------------	---	---------------------

Transmissionswärmeverluste	Q_T	=	76.599 kWh/a
Lüftungswärmeverluste	Q_V	=	75.204 kWh/a

Wärmeverluste	Q_I	=	151.802 kWh/a
----------------------	-------------------------	---	----------------------

Solare Wärmegewinne	Q_s	=	27.550 kWh/a
Innere Wärmegewinne	Q_i	=	67.668 kWh/a

Wärmegewinne	Q_g	=	95.218 kWh/a
---------------------	-------------------------	---	---------------------

Heizwärmebedarf	Q_h	=	54.256 kWh/a
------------------------	-------------------------	---	---------------------

Raumheizung

Wärmeverluste

Abgabe	$Q_{H,WA}$	=	7.072 kWh/a
Verteilung	$Q_{H,WV}$	=	34.189 kWh/a
Speicher	$Q_{H,WS}$	=	1.279 kWh/a
Bereitstellung	$Q_{H,WB}$	=	1.896 kWh/a
	Q_H	=	44.436 kWh/a

Hilfsenergiebedarf

Abgabe	$Q_{H,WA,HE}$	=	0 kWh/a
Verteilung	$Q_{H,WV,HE}$	=	8.536 kWh/a
Speicher	$Q_{H,WS,HE}$	=	312 kWh/a
Bereitstellung	$Q_{H,WB,HE}$	=	0 kWh/a
	$Q_{H,HE}$	=	8.848 kWh/a

Heiztechnikenergiebedarf Raumheizung	$Q_{HTEB,H}$	=	-213 kWh/a
--------------------------------------	--------------	---	------------

Heizenergiebedarf Raumheizung	$Q_{HEB,H}$	=	54.043 kWh/a
--------------------------------------	-------------------------------	---	---------------------

Hinweis Heiztechnikenergiebedarf:

Ein negativer Heiztechnikenergiebedarf (HTEB) kann durch Wärmeerträge der Wärmepumpe, Solaranlage oder durch Wärmerückgewinnung von Verlusten aus Leitungen auftreten.

Die Relation der Ergebnisse führt zu folgenden Erkenntnissen und Beobachtungen:

Es stellt an und für sich keine grosse Schwierigkeit dar, rein rechnerisch den Passivhausstandard zu erreichen. Wie gut das Ergebnis dabei ist, hängt einerseits davon ab, wie ehrlich mit den Werkzeugen der Analysesoftware GEO oder des Passivhaustools PHPP umgegangen wird. Andererseits ist das Resultat Ergebnis aus der Optimierung der einzelnen Bauteile und deren Zusammenspiel. Dabei gilt es abzuwägen, welche Prioritäten gesetzt und welche Ziele erreicht werden sollen. Ähnlich verhält es sich mit der Energieerzeugung, technisch ist es keine Schwierigkeit, Photovoltaik oder Vakuumröhrenkollektoren grossflächig zu installieren, um auf einen möglichst grossen Energieeintrag zu kommen. Vorteil der Abdeckung des eigenen Energieverbrauchs ist sicherlich das Wegfallen der Transportverluste von Gebrauchsenergie. Der technische Aufwand und die Wartung muss dabei jedoch mitbedacht werden. In meinem Projekt habe ich die Energieerzeugung, welche über Photovoltaik und Vakuumröhrenkollektoren stattfindet, in die Architektur einbezogen. Dabei wollte ich aber nicht das Maximum erreichen, sondern ein ausgewogenes Verhältnis.

Tatsächlich müsste man, um den internen Energieverbrauch komplett abzudecken, mehr Fläche für die Energieproduktion bereitstellen, oder andere Vorkehrungen wie Tiefenbohrungen und Erdwärmetauscher einsetzen. Die in den Wintermonaten benötigte zusätzliche Energie über die interne Energieerzeugung bereitzustellen wäre nur mit grossem Aufwand möglich. Es ist aber nicht zwingend notwendig, auf biegen und brechen ein in sich autarkes Gebäude zu errichten. Wenn dies leicht möglich und von Bedeutung ist, wie an exponierten Orten fernab von Verschattung und Zivilisation, wo es auch Sinn macht lange Transportwege zu umgehen, dann bitte. Aber in einer Stadt, die ohnehin über die nötige Infrastruktur verfügt, ist dies nicht zielführend. Es hat ja auch nicht jedes Haus eine eigene Kläranlage. Im konkreten Fall, der hier angeführten Bebauung, ist es fragwürdig, ein energieautarkes Gebäude zu projektieren.

Es gilt die Relationen der einzelnen Projekte, deren Schwierigkeiten und Besonderheiten abzuwägen und darauf zu reagieren. Nichtsdestotrotz stehe ich auf dem Standpunkt, dass es sicher nicht schadet, einen Teil des Energieverbrauchs direkt zu produzieren, gerade wenn es leicht möglich ist und sich mit der architektonischen Gestaltung vereinbaren lässt.

In diesem Sinn sind Vordächer vorgesehen, die das Dachgeschoss vor Überhitzung schützen, die Fassade vor einer zu starken Bewitterung bewahren und mit Sonnenkollektoren und Photovoltaikzellen bestückt sind. Mehr Fläche auf dem Dach wäre vorhanden, jedoch war es mir wichtig, die energieproduzierenden Flächen in das Gebäude zu integrieren, und sie nicht als zusätzliche störende Elemente formlos zu addieren. Die ideale Neigung dieser Flächen ist 30° Grad, um über das ganze Jahr verteilt, das Optimum zu erreichen. Die Flächen sind umlaufend am Gebäude verteilt, was die Spitzenleistung zwar schmälert (ideal wäre eine Südausrichtung), über den Tag verteilt jedoch konstant Energie liefert.

Den Verbrauch und die Energieverluste zu minimieren (im Sinne des Passivhausstandards), erzeugt eine grosse Einsparung im Hinblick auf Kosten und Betriebsenergie. Der Errichtungsaufwand, den eine Bebauung in dieser Gröszenordnung mit sich bringt, bedeutet eine Mehrinvestition und ist durchaus gerechtfertigt. Insbesondere über eine lange Betriebsdauer eines Gebäudes gerechnet. Ob der Passivhausstandard dabei über das Ziel hinausschiesst ist eine eigene Debatte. Der Niedrighausenergiestandard ist sicher eine Option. Eher sind es die Nachteile des Passivhausstandards, wie der zu trockenen Luft und der Restriktionen des individuellen Lüftens, die Probleme machen.

Thermische Solaranlage

Wärmeertrag

Raumheizung	$Q_{\text{Sol,H}}$	=	0 kWh/a
Warmwasserbereitung	$Q_{\text{Sol,TW}}$	=	16.916 kWh/a
	$Q_{\text{Sol,N}}$	=	16.916 kWh/a

Hilfsenergiebedarf

Regelung, Pumpen, Ventile	$Q_{\text{Sol,HE}}$	=	621 kWh/a
	$Q_{\text{Sol,HE}}$	=	621 kWh/a

Zurückgewinnbare Verluste

Raumheizung	$Q_{\text{H,beh}}$	=	33.231 kWh/a
Warmwasserbereitung	$Q_{\text{TW,beh}}$	=	34.840 kWh/a
Solaranlage	$Q_{\text{Sol,beh}}$	=	1.392 kWh/a

Materialspezifische Vergleiche

Die gewählte Konstruktion des LCT-One Towers verspricht leichter zu sein und den Verbrauch an Grauer Energie gegenüber eines Massivbaus zu reduzieren. Ein direkter Vergleich dieser Konstruktion mit einem Massivbau in selber Gestalt und Form dient als Ausgangspunkt meiner Untersuchungen.

Als Grundlage für die Berechnungen und Vergleiche dient das Baubook und die Kennwerte für die erneuerbare und nicht-erneuerbare Energie, sowie das globale Erwärmungspotenzial. Die dabei verwendeten Ausgangszahlen habe ich über das Volumen aus dem 3d-Modell ermittelt, um einen direkten Vergleich zu ermöglichen und nicht bestimmte Aufbauten miteinander zu vermischen, da sonst die Ergebnisse nicht direkt gegenübergestellt werden können. Auch beschränke ich die Berechnung auf wenige, aber massgebende Materialien der Konstruktion, da viele der Bauteile wie Fenster und Bödenbelege in der Berechnung des Vergleichs ohnehin vernachlässigt werden.

"...Betrachtet man den gesamten Energieverbrauch eines heute errichteten, durchschnittlichen Neubaus über die gesamte Lebenszeit, fällt der Heizwärme- und Stromverbrauch in der Betriebsphase deutlich stärker ins Gewicht als die Graue Energie. Von der grauen Energie wiederum entfällt

der Löwenanteil in aller Regel auf die Tragstruktur und nur ein geringer Anteil auf die Gebäudehülle. Das widerspricht dem verbreiteten Vorurteil, bei Passivhäusern steckten Unmengen an grauer Energie in der zusätzlichen Dämmung. Wir halten es daher für wenig praktikabel, wegen fünf oder sechs Prozent an grauer Energie, die ein Passivhaus zusätzlich erfordert, für jedes Gebäude eine komplette Ökobilanz zu verlangen."

(Interviews mit Wolfgang Feist und Manfred Hegger; Detail Green Seite 17; 2014)

Die Aussage, dass der Löwenanteil der grauen Energie eines Gebäudes in der Konstruktion steckt, bestätigt meinen hier angestellten Vergleich, und die Tatsache dass die verbauten Materialien sehr wohl einen Unterschied in der Ökobilanz machen.

Natürlich sei an dieser Stelle erwähnt, dass, trotz meiner Bemühungen genau zu Arbeiten, die Gegenüberstellung der Materialität eine Schätzung bleibt, da gewisse Annahmen getroffen werden mussten. So ist die Zusammensetzung von Beton je nach Belastung unterschiedlich, deswegen nehme ich einen Standardwert von 1,25 Prozent für die Bewehrung an. Ähnlich verhält es sich mit dem Mischungsverhältnis von Sand, Zement und anderen Zuschlagstoffen.

"...Als Zuschlagstoffe für Beton werden hauptsächlich Sand und Kies eingesetzt. Die Rohstoffe sind als Gesamtvorkommen noch auf weite Sicht ausreichend vorhanden, doch ist in absehbarer Zeit mit dem Versiegen regionaler Vorkommen zu rechnen. Neue Kiesgruben werden aufgrund des bestehenden Natur- und Landschaftschutzes heute nicht mehr ohne weiteres genehmigt. Zur Einsparung wertvoller Kiesressourcen sollte deshalb die Verwendung von recyceltem Beton- oder Mischabbruchgranulat forciert werden. ...Bei Stahlbeton und Betonfertigteilen hat der Bewehrungsgrad einen großen Einfluss auf die Graue Energie. Im ungünstigsten Fall, bei hohem Stahlanteil von 2 Vol-%, kann sich der Graue Energiewert gegenüber unbewehrtem Beton bereits verdoppeln... Bei Transportbeton beansprucht Zement mit 85-90 % den Hauptanteil der Primärenergie (insgesamt ca. 1350 MJ/m³ Beton B 25). Ebenso wird das Treibhauspotential zu 95 % durch die mit der Zementherstellung verbundenen CO₂-Emissionen dominiert (ca. 240 CO₂-Äq./m³ Beton B 25)..." (<http://nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/Beton>)

Die Dicke der Betonkonstruktion nehme ich mit 25 cm für Wände und Decken an, wobei auch hier eine geringere Dicke mit dementsprechend mehr Bewehrung genauso möglich wäre.

Um die Betonzusammensetzung zu vergleichen gibt es zwei verschiedene Ansätze.

Auf der einen Seite gibt es die einzelnen Bestandteile wie Zement, Kies, und Bewehrungsstahl, auf der anderen Seite spezifische Werte für Normalbeton, ohne diesen in seine Bestandteile getrennt zu betrachten.

Für den Kennwert an erneuerbarer Energie von Beton ist es schwierig eine Aussage zu treffen, da es sich kompliziert gestaltet dies zu validieren.

Als Annahme verwende ich deswegen den Wert für Zement, da die Vermutung nahe liegt, dass dieser Wert zumindest teilweise eine Aussage für Beton liefert.

Ein Vergleich der erneuerbaren Energie der Baustoffe unter diesem Gesichtspunkt weniger aussagekräftig, als die Werte der nicht-erneuerbaren Energie (PENRT) und der Summe des Globalen Erwärmungspotenzials (GWP100total).

Die Dämmstärke der im GEQ analysierten Betonkonstruktion beläuft sich auf 27cm EPS. Die entsprechende Konstruktion in Holz verfügt über eine Dämmung von 32 cm aus Mineralfaserdämmplatten.

Tabelle Materialspezifische Werte

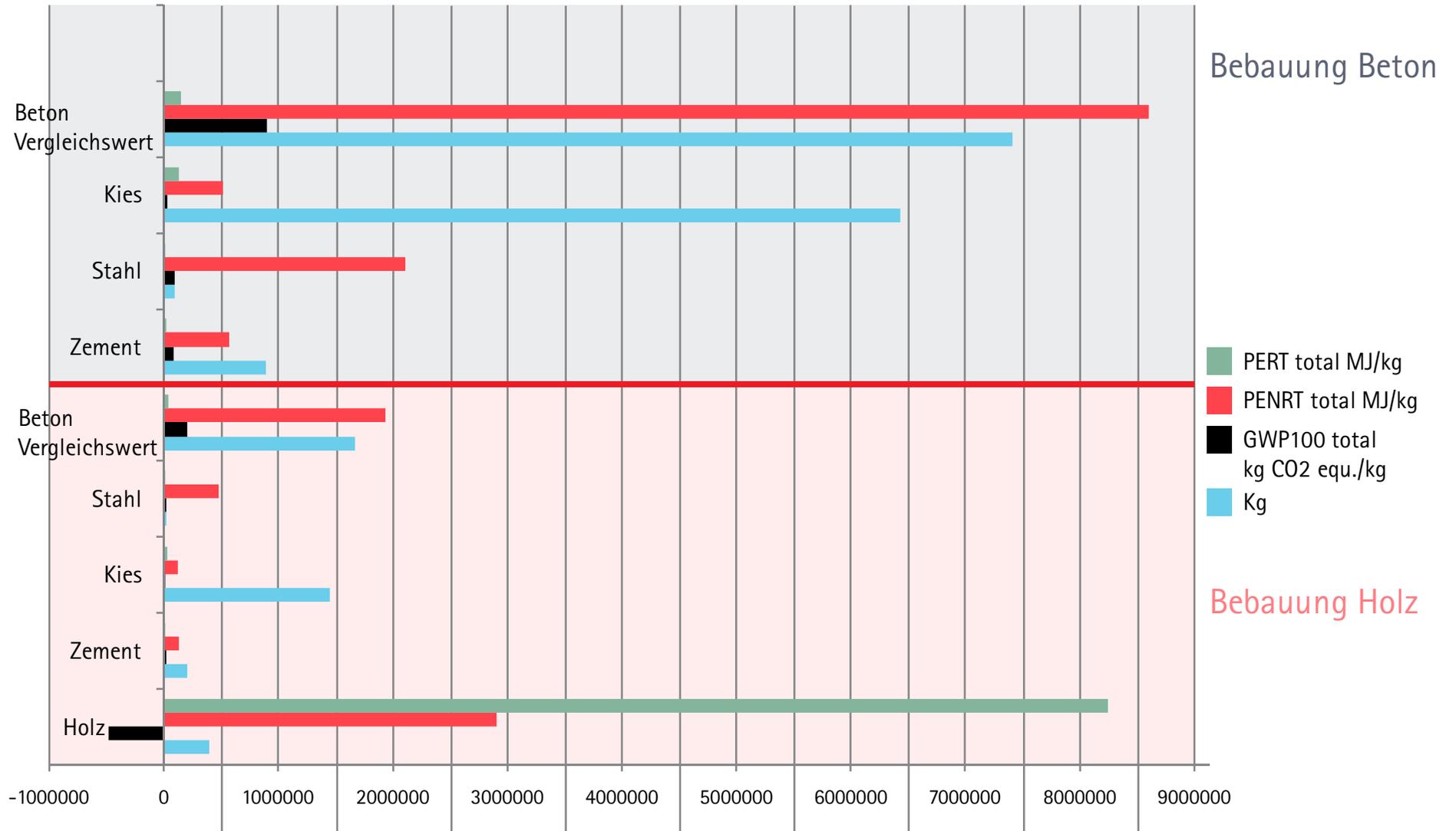
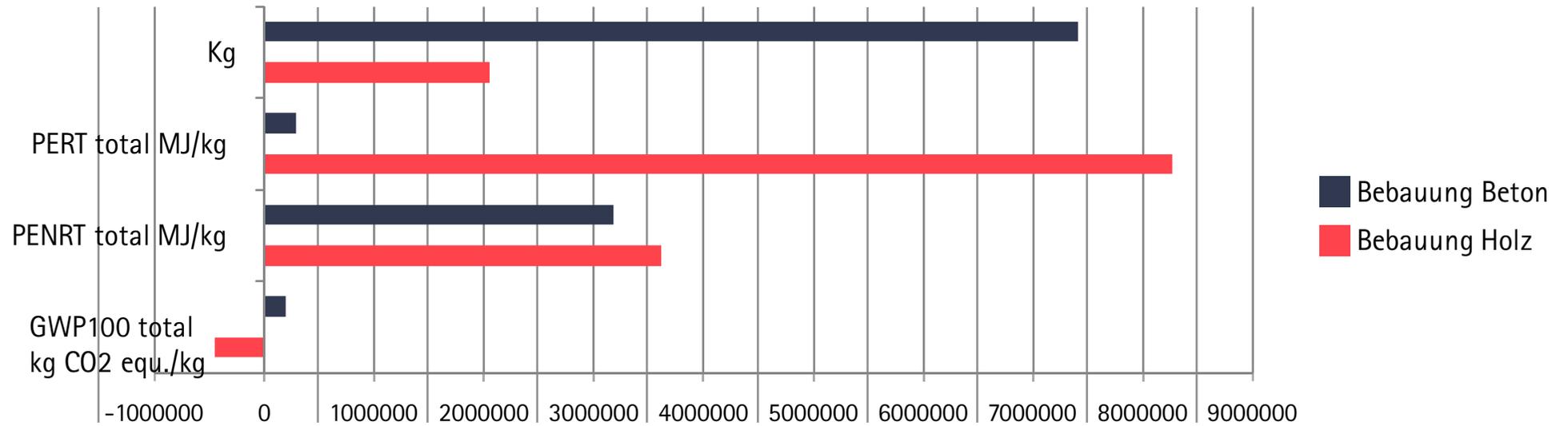
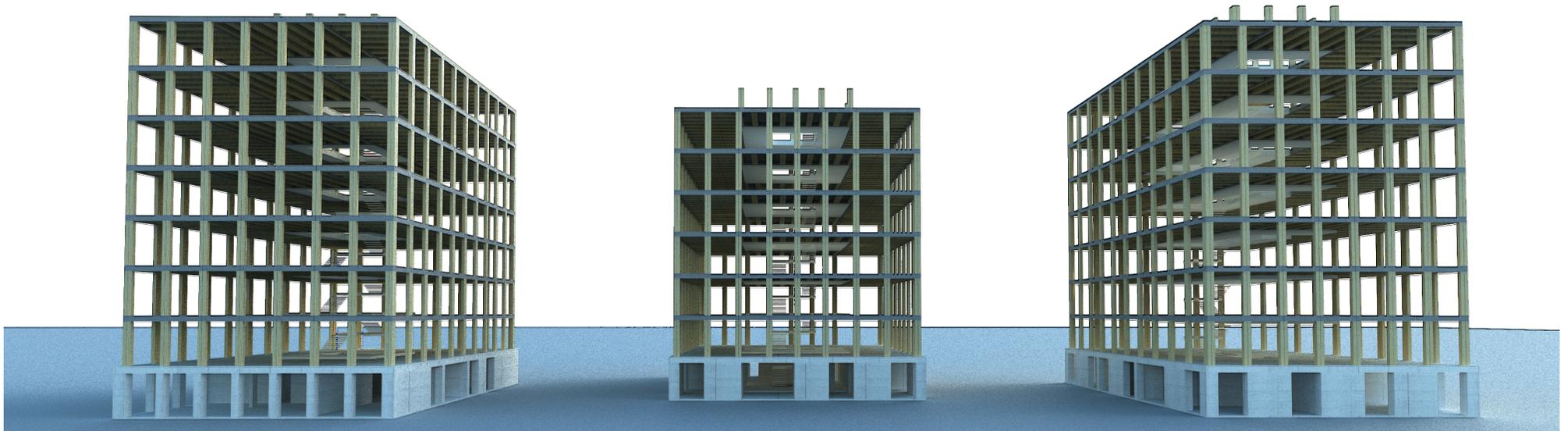


Tabelle Materialspezifische Werte gesamt



PERT: Erneuerbare Primärenergie, total
 PENRT: Nicht erneuerbare Primärenergie, total
 GWP100: Summe Globales Erwärmungspotential

Die Konstruktion



Wärme und Energiebedarf

GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche	3.419 m ²	Klimaregion	NF	mittlerer U-Wert	0,22 W/m ² K
Bezugs-Grundfläche	2.735 m ²	Heiztage	171 d	Bauweise	mittelschwer
Brutto-Volumen	10.765 m ³	Heizgradtage	4030 Kd	rt der Lüftung	RLT mit WRG
Gebäude-Hüllfläche	3.075 m ²	Norm-Außentemperatur	-10,8 °C	Sommertauglichkeit	keine Angabe
Kompaktheit (A/V) ⁰	,29 1/m	Soll-Innentemperatur	20 °C	LEK _T -Wert	12,2
charakteristische Länge	3,50 m				

Bebauung mit Holz

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF

	Referenzklima	Standortklima		Anforderung
	spezifisch	zonenbezogen [kWh/a]	spezifisch [kWh/m ² a]	
HWB	13,7 kWh/m ² ak	54.256	15,9	29,7 kWh/m ² a erfüllt
WWWB		43.682	12,8	
HTEB _{RH}		-213	-0,1	
HTEB _{WW}		54.791	16,0	
HTEB		82.565	24,1	
HEB		163.587	47,8	
HHSB		56.162	16,4	
EEB		206.041	60,3	92,8 kWh/m ² a erfüllt
PEB		345.060	100,9	
PEB _{n.ern.}		315.171	92,2	
PEB _{ern.}		29.889	8,7	
CO ₂		62.513 kg/a	18,3 kg/m ² a	
f _{EE}			,62	

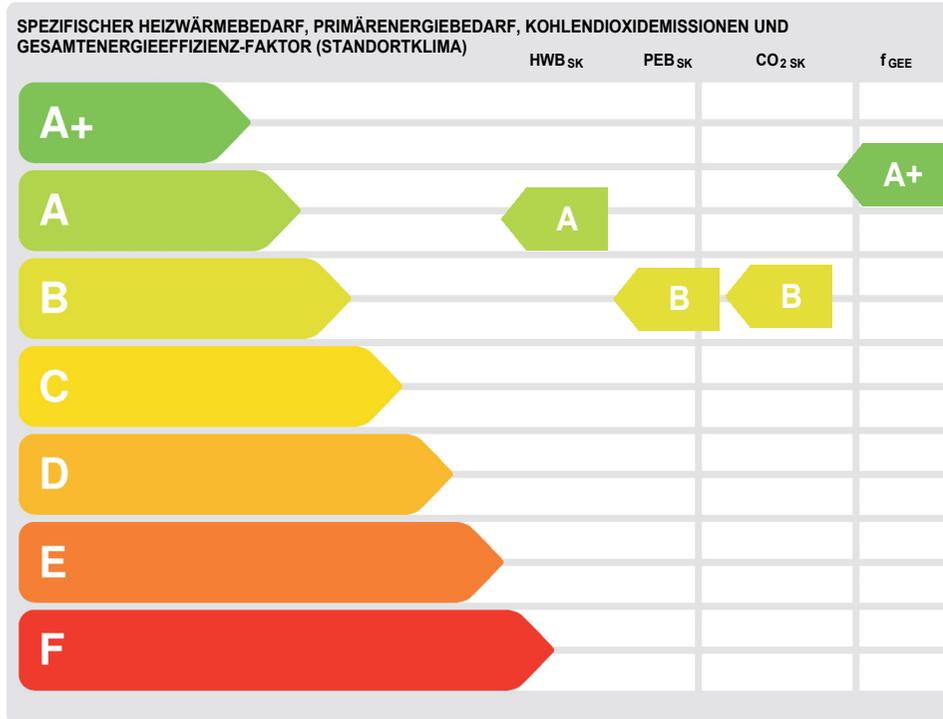
Bebauung aus Beton

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF

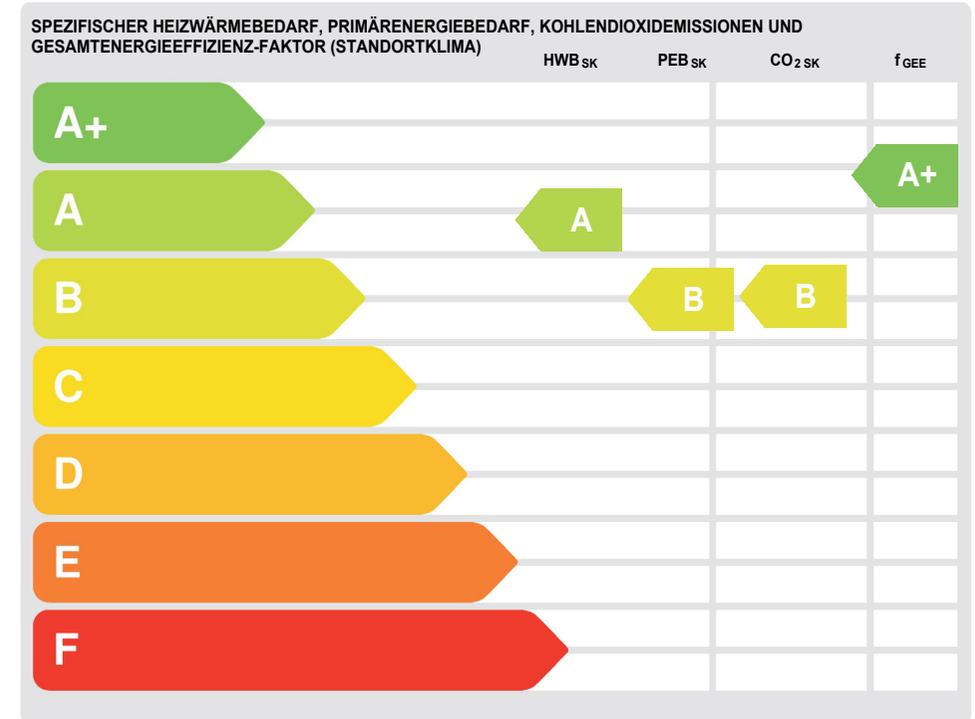
	Referenzklima	Standortklima		Anforderung
	spezifisch	zonenbezogen [kWh/a]	spezifisch [kWh/m ² a]	
HWB	13,8 kWh/m ² ak	54.734	16,0	29,8 kWh/m ² a erfüllt
WWWB		43.682	12,8	
HTEB _{RH}		-25	0,0	
HTEB _{WW}		54.719	16,0	
HTEB		82.796	24,2	
HEB		164.234	48,0	
HHSB		56.162	16,4	
EEB		206.688	60,4	93,0 kWh/m ² a erfüllt
PEB		345.771	101,1	
PEB _{n.ern.}		315.879	92,4	
PEB _{ern.}		29.892	8,7	
CO ₂		62.655 kg/a	18,3 kg/m ² a	
f _{EE}			,62	

Vergleich der Konstruktionen

Bebauung mit Holz



Bebauung aus Beton



HWB: Der **Heizwärmebedarf** beschreibt jene Wärmemenge, welche den Räumen rechnerisch zur Beheizung zugeführt werden muss.

WWWB: Der **Warmwasserwärmebedarf** ist als flächenbezogener Defaultwert festgelegt. Er entspricht ca. einem Liter Wasser je Quadratmeter Brutto-Grundfläche, welcher um ca. 30°C (also beispielsweise von 8°C auf 38°C) erwärmt wird.

HEB: Beim **Heizenergiebedarf** werden zusätzlich zum Nutzenergiebedarf die Verluste der Haustechnik im Gebäude berücksichtigt. Dazu zählen beispielsweise die Verluste des Heizkessels, der Energiebedarf von Umwälzpumpen etc.

HHSB: Der **Haushaltsstrombedarf** ist als flächenbezogener Defaultwert festgelegt. Er entspricht ca. dem durchschnittlichen flächenbezogenen Stromverbrauch in einem durchschnittlichen österreichischen Haushalt.

EEB: Beim **Endenergiebedarf** wird zusätzlich zum Heizenergiebedarf der Haushaltsstrombedarf berücksichtigt. Der Endenergiebedarf entspricht jener Energiemenge, die eingekauft werden muss.

PEB: Der **Primärenergiebedarf** schließt die gesamte Energie für den Bedarf im Gebäude einschließlich aller Vorketten mit ein. Dieser weist einen erneuerbaren und einen nicht erneuerbaren Anteil auf. Der Ermittlungszeitraum für die Konversionsfaktoren ist 2004 - 2008.

CO₂: Gesamte dem Endenergiebedarf zuzurechnenden **Kohlendioxidemissionen**, einschließlich jener für Transport und Erzeugung sowie aller Verluste. Zu deren Berechnung wurden übliche Allokationsregeln unterstellt.

f_{GEE}: Der **Gesamtenergieeffizienz-Faktor** ist der Quotient aus dem Endenergiebedarf und einem Referenz-Endenergiebedarf (Anforderung 2007).

Alle Werte gelten unter der Annahme eines normierten Benutzerverhaltens. Sie geben den Jahresbedarf pro Quadratmeter beheizter Brutto-Grundfläche an.

OI3-Klassifizierung - Ökologie der Bauteile

Datum BAUBOOK: 21.12.2015

V_B	10.765,49 m ³	$I_{3,C}$,50 m
A_B	3.074,51 m ²	KOF	5.664,34 m ²
BGF	3.419,33 m ²	U_{Q_n}	,22 W/m ² K

Bauteile	Fläche A [m ²]	PEI [MJ]	GWP [kg CO ₂]	AP [kg SO ₂]	DOI3
AW01 Außenwand hinterlüftet1	.329,5	1.250.851	24.047,3	248,8	59,3
AW02 Außenwand	199,1	264.846,9	24.050,6	60,8	105,2
FD01 Außendecke, Wärmestrom nach oben	414,8	803.491,4	64.460,2	441,82	32,5
EC01 erdanliegender Fußboden in konditioniertem Keller (<=1,5m unter Erdoberfläche)	414,7	561.362,2	41.541,3	128,5	103,1
EW01 erdanliegende Wand (<=1,5m unter Erdoberfläche)	301,4	437.152,1	30.468,4	90,1	105,0
ZD01 warme Zwischendecke	2.175,1	1.506.492	66.492,3	484,4	57,9
ZD02 warme Zwischendecke	414,7	555.901,2	41.796,5	144,0	107,8
FE/TÜ Fenster und Türen	415,0	349.272,2	13.546,0	150,4	81,8
Summe		5.729.370	306.403	1.749	

PEI (Primärenergieinhalt nicht erneuerbar)	[MJ/m² KOF]	1.011,48
Ökoindikator PEI	OI PEI Punkte	51,15
GWP (Global Warming Potential)	[kg CO₂/m² KOF]	54,09
Ökoindikator GWP	OI GWP Punkte	52,05
AP (Versäuerung)	[kg SO₂/m² KOF]	0,31
Ökoindikator AP	OI AP Punkte	39,49
OI3-BGF (Ökoindikator)	OI3- BGF Punkte	78,79
OI3-BGF = (OI PEI + OI GWP + OI AP) / 3 * KOF / BGF		

OI3-Berechnungsleitfaden Version 1.7, 2006



Bebauung aus Beton

OI3-Klassifizierung - Ökologie der Bauteile

Datum BAUBOOK: 21.12.2015

V_B	10.493,50 m ³	I_{3c}	,47 m
B	3.022,36 m ²	KÖF	5.612,20 m ²
BGF	3.419,33 m ²	U_{0m}	,23 W/m ² K

Bauteile	Fläche A [m ²]	PEI [MJ]	GWP [kg CO ₂]	AP [kg SO ₂]	DOI3
W03O rtbeton	1.476,4	2.000.650	163.017,2	654,5	122,7
FD03 MFH: Warmdach ohne Auflast mit WDK	414,8	937.261,3	65.679,4	329,4	207,6
EC01 erdanliegender Fußboden in konditioniertem Keller (<=1,5m unter Erdreich)	414,7	561.362,2	41.541,3	128,5	103,1
EW01 erdanliegende Wand (<=1,5m unter Erdreich)	301,4	437.152,1	30.468,4	90,1	105,0
ZD03 Massivbeton, Dämmung, Estrich	2.589,8	2.178.245	230.815,4	874,4	87,9
FE/TÜ Fenster und Türen	415,0	349.272,2	13.546,0	150,4	81,8
Summe		6.463.944	545.068	2.227	

PEI (Primärenergieinhalt nicht erneuerbar)	[MJ/m² KÖF]	1.151,77
Ökoindikator PEI	OI PEI Punkte	65,18
GWP (Global Warming Potential)	[kg CO₂/m² KÖF]	97,12
Ökoindikator GWP	OI GWP Punkte	73,56
AP (Versäuerung)	[kg SO₂/m² KÖF]	0,40
Ökoindikator AP	OI AP Punkte	74,75
OI3-BGF (Ökoindikator)	OI3- BGF Punkte	116,80
OI3-BGF = (OI PEI + OI GWP + OI AP) / 3 * KÖF / BGF		

OI3-Berechnungsleitfaden Version 1.7, 2006



Konklusio

Der Anteil an nicht-erneuerbarer Energie der Bebauung, mit dem verwendeten System des LCT-one-Towers, ist höher als der Anteil an nicht-erneuerbarer Energie desselben Gebäudes aus Beton. Dies liegt daran, dass Holz vom Rohstoff bis zum schlussendlichen Produkt durch Transport und Weiterbearbeitung relativ energieaufwändig ist.

Der Anteil an erneuerbarer Energie spricht aber für sich, Holz kann auch gut wiederverwertet, bzw. ohne grosse Umwege für die Produktion von Energie verwendet werden. Darüber hinaus besitzt Holz, dadurch dass es ein gewachsener Rohstoff ist, ein negatives globales Erwärmungspotential, was diesem Baustoff, in unserer gegenwärtigen Situation und der Tendenz des Anstiegs der globalen Erwärmung gegenüber anderen Baustoffen klare Vorzüge bietet.

Das heisst, trotz des eigentlich höheren Energieaufwands sprechen diese Vorteile für sich. Da der Unterschied der nicht erneuerbaren Energie (PEN-RT) aber gegen den Holzbau ausfällt, könnte man aufgrund der Vorteile, die ein Betonbau bietet, auch für diese Bauweise argumentieren.

Beide Bauweisen haben ihre Vor- und Nachteile, die je nach Anforderung abgewägt werden müssen. Es ist also keine Frage von konkurrierenden Bauweisen, sondern welche Materialien

primär die Aufgaben besser erfüllen. Schlussendlich ist und bleibt es ein energieaufwand Gebäude zu errichten, da der Unterschied des Primärenergiebedarfs, so wie in dem hier angestellten Vergleich, gering ausfällt, gilt es aber abzuwägen, ob der höhere Aufwand gerechtfertigt ist.

Eigenschaften wie Speichermasse, Flächengewicht und Schallabsorption sind dem Massivbau zuzuschreiben. Diese Qualitäten sind im städtischen Bereich wichtig und unabdingbar. Der etwas höhere Primärenergiegehalt von Holzbauten spielt in dieser Grössenordnung im Bezug auf die anfallenden Massen, mit denen im Falle eines Abbruchs umgegangen werden muss, keine bedeutende Rolle. Denn die so gewonnen Baumaterialien können weiterverwendet werden, was hingegen beim Massivbau und den oft verbauten Wärmedämmverbundsystemen aufwändig ist.

Die Elementbauweise hat aber auch Nachteile - in der Form beinhaltet das in dem Entwurf verwendete System Einschränkungen. In komplexen Bauaufgaben kann dies ein Problem darstellen.

Der Oi3-Index bestätigt den positiven Aspekt der Reduktion von Grauer Energie durch die Verwendung von natürlichen Materialien. Wenn Gebäude auch nur teilweise aus solchen Materialien errichtet werden, trägt dies zu einer

besseren ökologischen Verträglichkeit bei.

Optimierungspotenzial im Bauwesen gibt es in vielen Punkten und ich denke, dass es prinzipiell wichtig ist, ein Bewusstsein für Graue Energie zu erlangen und sich über die Entscheidungen der Materialwahl und deren Folgen im klaren zu sein.

Holzbau kommt für viele Bauaufgaben nicht in Frage, und somit wird er auch in Zukunft wohl eher die Ausnahme als die Regel bleiben. Das ist aber keine Rechtfertigung, generell ein Bauen mit natürlichen Materialien nicht wahrzunehmen und in Erwägung zu ziehen. Es gibt viele Baustoffe, die aus gewachsenen Rohstoffen herstellbar sind und andere Baustoffe ersetzen können. Leider ist das aber nicht die primär ausschlaggebende Eigenschaft, die ein Baumaterial zur Anwendung kommen lässt. Die Frage der Wirtschaftlichkeit und Leistbarkeit ist die eigentlich essentiellere Eigenschaft von Materialien im heutigen Bauwesen.

Bauen an sich ist teuer, und durch die Beteiligung vieler verschiedener Gewerke und Firmen, die untereinander stark konkurrieren, ist es klar, dass billigere Materialien der Vorzug gegenüber teureren, wenn auch vielleicht ökologisch besser verträglichen Baustoffen, gegeben wird.

Meiner Meinung nach wird sich das in Zukunft nicht so schnell ändern, auch wenn sich viele Entwicklungen in die richtige Richtung bewegen, ist es das vorherrschende kapitalistische System und dessen Auswirkungen, die unsere momentane Bauweise bestimmen.

Das Bausystem des LCT-one Towers ist eine mögliche Option, die auch über die Vorfabrikation zu einer echten Alternative geworden ist und mit gängigen Bauweisen konkurrieren kann. Es ist ein Beispiel dafür, dass es Wege und Möglichkeiten gibt, auch unter den Umständen unserer hohen Bauanforderungen, Materialien und Baustoffe zu verwenden, die verantwortungsvoll aus der Natur entnommen wurden.

Ich bin zu dem Schluss gekommen, dass die Relationen der bestimmenden Faktoren des Gestaltens von Gebäuden in sich optimal abgestimmt werden müssen. Dabei steht die Materialwahl nicht primär im Vordergrund, trotzdem ist sie als Teilaspekt unter den aufgezeigten Aspekten ausschlaggebend für unsere zukünftige Umwelt.

Abbildungsverzeichnis:

BILDER

- Bild 1 http://www.wernersobek.de/files/dynamic/generic/594x396-1246_41fc2.jpg
- Bild 2 http://www.wernersobek.de/files/dynamic/generic/594x396-1247_97048.jpg
- Bild 3 <http://www.detail.de/artikel/haus-ohne-heizung-buerogebaeude-von-baumschlagel-eberle-in-lustenau-11703/>
- Bild 4 <http://www.detail.de/artikel/haus-ohne-heizung-buerogebaeude-von-baumschlagel-eberle-in-lustenau-11703/>
- Bild 5 <http://derstandard.at/1329703283306/Kung-Fu-Fighting-in-der-Stadt-der-Hyperhaeuser>
- Bild 6 <http://www.atelierwernerschmidt.ch/de/architektur/fliri-i-graun?zoom=part16rF6854D1>
- Bild 7 <http://www.atelierwernerschmidt.ch/de/architektur/fliri-i-graun?zoom=part16r46C21DE>
- Bild 8 <http://www.s-house.at>
- Bild 9 <http://www.unerstrohhaus.at/strohbau-international.html>
- Bild 10 <http://baubiologie.at/strohballenbau/erstes-wiener-strohballenhaus-3/>
- Bild 11 <http://baubiologie.at/strohballenbau/erstes-wiener-strohballenhaus-3/>
- Bild 12 http://www.hermann-kaufmann.at/pdfs/10_21.pdf
- Bild 13 Seite 30 Nachhaltiges Bauen in Österreich, Weißbuch 2015, Wien November 2014
- Bild 14 http://www.hermann-kaufmann.at/pdfs/10_21.pdf
- Bild 15 http://www.hermann-kaufmann.at/pdfs/10_21.pdf
- Bild 16 http://www.hermann-kaufmann.at/pdfs/10_21.pdf
- Bild 17 eigene Fotografie 29.11. 2014
- Bild 18 eigene Fotografie 29.11. 2014
- Bild 19 eigene Fotografie 23.12.2015
- Bild 20 eigene Fotografie 29.11. 2014
- Bild 21 eigene Fotografie 26.07.2015
- Bild 22 eigene Fotografie 29.11. 2014
- Bild 23 eigene Fotografie 23.12.2015
- Bild 24 eigene Fotografie 23.12.2015
- Bild 25 <http://dabonline.de/2014/01/28/brandschutz-im-holzbau-mehrgeschossig-brandschutzaufgaben-bad-aibling/>

Definitionen

„Graue Energie:

Der Begriff graue Energie bezeichnet Energie, die vom Verbraucher nicht direkt eingekauft wird, die jedoch für die Herstellung von Gütern sowie für Transport, Lagerung und Entsorgung benötigt wird. Auf diese Weise entsteht häufig ein erheblicher Energieverbrauch, ohne dass dies für die Verbraucher direkt erkennbar ist. Offenkundig ist die graue Energie relevant im Zusammenhang mit sich erschöpfenden Ressourcen und auch der Klimaproblematik (soweit nicht erneuerbare Energie genutzt wird, siehe unten). Unmittelbar mit grauer Energie verbunden sind nämlich graue Emissionen von Kohlendioxid (CO₂) und anderen Treibhausgasen.“
(https://www.energie-lexikon.info/graue_energie.html)

„Globale Erwärmung durch Treibhausgase (GWP):

Das Treibhauspotential GWP (Global Warming Potential) beschreibt den Beitrag eines Spurengases zur globalen Erwärmung relativ zu Kohlendioxid. Für jede treibhauswirksame Substanz wird eine Äquivalenzmenge Kohlendioxid in Kilogramm errechnet. Somit kann der direkte Einfluss auf den Klimaänderung zu einer einzigen Wirkungskennzahl zusammengefasst werden, indem das Treibhauspotential der emittierten Substanz i (GW_{Pi}) mit der Masse der Substanz m_i in kg multipliziert wird: ... Das Treibhauspotential wird für den Zeithorizont von 100 Jahren bestimmt.“
(https://www.baubook.at/m/Daten/Bilder/Infos/k3_LCAMethodeRef.pdf; S.15)

„Primärenergieinhalt (PEI):

Als Primärenergieinhalt (abgekürzt PEI, auch Primärenergieverbrauch bzw. -bedarf) wird der zur Herstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung erforderliche Gesamtverbrauch an energetischen Ressourcen bezeichnet. Der Primärenergieinhalt beinhaltet also z.B. auch die Energieaufwendungen für die Rohstoffgewinnung oder Energieverluste durch Abwärme. Er wird aufgeschlüsselt aus nicht erneuerbaren Ressourcen (Erdöl, Erdgas, Braun- und Steinkohle, Atomkraft) und Energieträgern aus erneuerbaren Ressourcen (Biomasse, Wasserkraft, Sonnenenergie und Windenergie). In der IBO-Referenzdatenbank wird derzeit der Primärenergieinhalt aller nicht erneuerbaren Ressourcen angeführt. Er enthält sowohl die energetisch als auch die stofflich genutzten Ressourcen. Der Primärenergieinhalt wird aus dem oberen Heizwert aller eingesetzten energiehaltigen Ressourcen berechnet.“
(https://www.baubook.at/m/Daten/Bilder/Infos/k3_LCAMethodeRef.pdf; S.17)

Der Passivhaus-Standard wird von seinem Urheber, Prof. Dr. Wolfgang Feist, Passivhaus-Institut Darmstadt, folgendermaßen definiert:

„Das Passivhaus ist die konsequente Weiterentwicklung des Niedrigenergiehauses. Die wesentlichen Komponenten der Passivhaustechnologie bestehen in einem ausgezeichneten Wärmeschutz, sehr guter Luftdichtheit und einer hocheffizienten Wärmerückgewinnung aus der Abluft. In Verbindung mit der Nutzung interner und solarer Wärmegewinne wird ein konventionelles Heizsystem überflüssig. Das Passivhauskonzept führt zu höchster Behaglichkeit bei minimalem Energieverbrauch.“
(<http://ibo.at/de/passivhaus/index.htm>)

Quellenverzeichnis:

Architectural Design 2012/04; Scarcity, Architecture in an age of depleting resources

Passivhaus-Bauteilkatalog; 3.Auflage; 2009; Springer-Verlag/Wien

Werner Schmidt ecology craft invention; Andrea Bocco Guarneri; 2013 AMBRA Österreich

Baumschlager-Eberle 2002-2007: Architektur Menschen und Ressourcen; Winfried Nerdinger; Springer-Verlag Wien 2007

Aktivhaus - Das Grundlagenwerk: Vom Passivhaus zum Energieplushaus; Manfred Hegger; Callwey 2013

DETAIL Hybride Konstruktionen; 01.12.2012 (http://www.hermann-kaufmann.at/pdfs/10_21.pdf)

Tom Woolley, Natural Building. Guide to materials and techniques, Ramsbury:The Crowood Press 2006

Interviews mit Wolfgang Feist und Manfred Hegger; Detail Green 01/14; 2014

Nachhaltiges Bauen in Österreich, Weißbuch 2015; Wien

INTERNETQUELLEN (letzter Zugriff 29.05.2016):

<http://www.gat.st/news/vortrag-brian-codyform-follows-energy>

<http://derstandard.at/1329703283306/Kung-Fu-Fighting-in-der-Stadt-der-Hyperhaeuser>

<http://www.proholz.at/architektur/detail/life-cycle-tower-in-dornbirn/>

<http://www.baumschlager-eberle.com/projekte/projektetails/project/buerogebaeude.html>

<http://www.architekturwettbewerb.at/competition.php?id=1499&part=preistraeger>

<http://www.wernersobek.de/page/127/>

<http://www.mkp-ing.com/projekte/wohnen-buro-hotel/lct-one-dornbirn-a>

<https://www.oib.or.at/de/oib-richtlinien>

<http://www.proholz.at/fassaden/brandschutz/brandschutzvorschriften-fuer-holzfassaden/>

http://www.hermann-kaufmann.at/index.php?pid=2&kid=11&prjnr=10_21

<http://www.renewable-energy-concepts.com/german/sonnenenergie/basiswissen-solarenergie/verschattung-solarmodul/sonnenstand/diagramm-AT-6020-Innsbruck.html>

<https://www.baubook.at>

<http://dabonline.de/2014/01/28/brandschutz-im-holzbau-mehrgeschossig-brandschutzaufgaben-bad-aibling/>

<http://www.geq.at/>

https://www.baubook.at/m/Daten/Bilder/Infos/k3_LCAMethodeRef.pdf

https://www.energie-lexikon.info/graue_energie.html

<http://ibo.at/de/passivhaus/index.htm>

Work in progress

