

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur
am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg



Architekt Dipl. Ing. MoS. Florian Betzler

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

Vorwort

Vor vielen Jahren lag ich sonntagsmüde unter einem Baum und dachte über die Mitgestaltung der Städte nach.

Es war die Zeit, in der die neuen Bundesländer durch die Öffnung aus Ihrem städtebaulichen Dornröschenschlaf gerissen wurden - unsanft und viel zu schnell. Plötzlich wurden aus beschaulichen Landstraßen vierspurige Verkehrsadern, in jede kleinteilige Innenstadt zogen Aldi, Netto und Co. ein, und friedliche Landschaften mutierten zu beleuchteten Großparkplätzen mit dem Spitznamen Gewerbegebiet.

Fortschritt lässt sich nicht aufhalten, aber es war verwunderlich, dass ohne nach Alternativen zu suchen, die gleichen Bausünden gemacht wurden, die auch viele westdeutsche Städte nach dem Krieg zerstört haben.

Verkehr, Klimabelastungen, Verstädterung, Betonwüsten,... Ich fragte mich, welche Antwort die Natur auf solche Probleme hätte - nämlich alle Gemeinschaftsteilnehmer gleichermaßen und umweltverträglich zu beherbergen - sah in den Baum, und dachte, das ist die Lösung.

Ein Baum versiegelt nur eine sehr geringe Fläche und produziert mit zunehmender Größe und Höhe mehr „Nutzfläche“, sprich Blätter. Er ist zugleich Heimat von Vögeln in den Wipfeln bis zu erlebenden Organismen zwischen seinen Wurzeln.

Er kühlt durch Verdunstung des Regenwassers seine Umgebung und sorgt dadurch für neuen Regen. Er generiert Atemluft durch Fotosynthese, spendet Schatten und ist darüber hinaus sehr schön anzusehen.

Ich versuchte dann mit ersten Schritten ein Design daraus abzuleiten, und im zweiten Schritt, erste Berechnungen dazu anzustellen. Jedoch gelang es mir nicht, diese Idee hinreichend durchzugestalten, um Investoren von diesen Vorteilen zu überzeugen und solch ein Gebäude

zu bauen.

Ich hatte auch nicht das nötige Handwerkszeug - und genau das bot die Hochschule Wismar mit dem Studiengang Architektur und Umwelt in dieser Form erstmals an.

Daher danke ich der Hochschule Wismar ganz herzlich dieser Idee und dem großen persönlichen Engagement von Prof. Glücklich und Prof. Wollensak einen Studienrahmen zu verleihen zu haben, der das Studium zu einer unaussprechlichen Quelle der Bereicherung des Einzelnen innerhalb und außerhalb seiner Fachdisziplin werden lässt.

Beiden Professoren und dem ganzen von ihnen handverlesenen Team von Experten sei für die interessanten vier Semester in den unterschiedlichen Studienstandorten gedankt, für den großen persönlichen Zeitaufwand und der ständigen, digitalen und physischen Präsenz für Ihre wissenshungrigen Studenten.

Meine ursprüngliche Vision zu einer Planung mit konzeptionellen Nachweisen auszubauen, wäre mir nicht gelungen, wenn nicht Prof. Hahn bei unserem Studienbesuch in Tübingen auf die Versuche am Institut für Physik in Berlin aufmerksam gemacht hätte, und es wäre ausgeschlossen, wenn nicht Prof. Köhler mir als einer der maßgebenden Betreuer eben dieses Projektes alle Unterlagen zur Verfügung gestellt hätte. Ihnen danke ich ebenso wie meinem Prüfer Herrn Prof. Wollensak dafür sehr, und besonders auch für die persönliche Zeit und die Anregungen, die Sie sich im Zuge der Master Thesis genommen haben, und sicher noch nehmen werden.

Bedanken möchte ich mich aber auch bei meinen Kommilitonen, die im Team auf alle Fragen Antworten produziert haben, und die mich und sich so fröhlich und motiviert über die vier Semester gebracht haben.

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

Inhaltsverzeichnis

Titelblatt

Vorwort

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	5
1.1 Projektziele.....	6
2. Hintergrund.....	7
2.1 Gebäude als Radiatoren des Weltklimas.....	7
2.2 Temperaturregulation über Verdunstung.....	8
2.3 Dach- und Fassadenbegrünung.....	9
2.3.1 Dachbegrünung.....	10
2.3.2 Fassadenbegrünung.....	12
2.4 Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung.....	15
3. Das Projekt.....	16
3.1 Konzept.....	16
3.2 Standort.....	17
3.3 Dach- und Fassadenbegrünung im Projekt.....	19
3.4 Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung am Objekt.....	25
3.5 Zeichnungen.....	26
3.6 Flächenberechnungen Nettogrundfläche/Umbauter Raum...37	

3.7 Energiekonzept.....	38
3.7.1 Energieeinsparverordnung.....	39
3.7.2 Berechnung der Verdunstungskühlung.....	41
3.8 Baubeschreibung.....	42
3.9 Kostenschätzung.....	44
3.9.1 Wirtschaftlichkeit.....	44
3.9.2 Baukosten.....	45
4. Abstract.....	52
4.1 Fazit.....	52
4.2 Diskussion.....	52
5. Literaturverzeichnis.....	54
6. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	57
Anhang 1: Berechnung der Kühllast.....	59
Anhang 2: Pflanzenarten für die Dach- und Fassadenbegrünung..	60
Anhang 3: Flächenberechnungen Gebäude und Fassade.....	63
Anhang 4: Flächenberechnungen umbauter Raum.....	66
Anhang 5: EnEV-Berechnungen.....	72
Anhang 6: Eidesstattliche Erklärung.....	149

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

1. Einleitung

Die negativen Veränderungen des Klimawandels bedrohen vielerorts Lebensräume und Lebensgemeinschaften: Der Wasserspiegel steigt weltweit durch die Aufheizung der Atmosphäre und das damit verbundene beschleunigte Abschmelzen der polaren Eiskappen.

Starkwetterereignisse wie Wirbelstürme und sintflutartige Regengüsse werden zur Bedrohung von Städten und ganzen Regionen. Veränderte Temperaturen bedrohen und verändern vielfältige, über Generationen evolvierte Lebensräume und Lebensgemeinschaften der verschiedensten Spezies.

Es ist unbestritten, dass der Mensch an dieser Entwicklung durch den Abbau und die Verwendung natürlicher Ressourcen einen erheblichen Anteil hat. Der größte Teil der Rohstoffe bzw. der Energieeinsätze wird dabei für Gebäude, deren Unterhalt und deren Betrieb verwendet.

Der Bedarf an Gebäuden und Siedlungen aller Art wird in Zukunft rasant steigen, denn die Weltbevölkerung ist in einer für die Menschheitsgeschichte einmaligen, globalen Wachstumsphase. Bereits im Jahre 2000 lebten auf der Erde sechs Mrd. Menschen.

1995 lebten circa 2,4 Mrd. Menschen in Städten, 2000 circa drei Mrd., und 2025 wird sich die Zahl vermutlich auf fünf Mrd. verdoppeln. 2015 wird es ca. 358 Megastädte geben, deren Einwohnerzahlen mehr als 10 Mio. betragen.

Diese Stadtentwicklung wird durch eine gewaltige wirtschaftliche Entwicklung in ehemaligen Dritte-Welt-Ländern vorangetrieben. Die Länder Afrikas, Lateinamerikas, und Asiens, besonders China und Russland, bilden durch die aktive Teilnahme an der Weltwirtschaft eine Staatengruppe, die in bisher ungeahntem Tempo an die Wohlstandsgesellschaften des Westens anschließt.

Im Gegensatz zu europäischen Gesellschaften weisen die Bevölkerungen dieser Länder ein positives Bevölkerungswachstum auf; darüber hinaus ziehen die Menschen verstärkt vom Land in die Stadt, um der Armut der ländlichen Bevölkerung durch besser bezahlte Industriearbeitsplätze zu entkommen.

Beispiel China: Die chinesische Wirtschaft wächst seit dreißig Jahren im Schnitt um neun Prozent jährlich. In diesem Zeitraum entkamen circa 400 Millionen Menschen der Armut. Das Durchschnittseinkommen eines Chinesen hat sich fast versiebenfacht.

Mit zunehmendem wirtschaftlichen Wohlstand wächst aber nicht nur der Trend zur Land-Stadt-Wanderung, sondern der Anspruch an Flächen zur persönlichen Benutzung wächst parallel, sozusagen als zweite Funktion in der Flächenbedarfskurve zukünftiger Stadträume.

Die Statistik der Pro-Kopf-Wohnfläche wird durch die Amerikaner angeführt, die pro Kopf circa 150 qm beanspruchen. Es ist anzunehmen, dass die Bevölkerung wirtschaftlich wachsender Länder ebenfalls mit zunehmendem Einkommen mehr Räume für Ihre persönliche Lebensgestaltung beanspruchen werden. Dies wird den Flächenhunger der Städte zusätzlich zu den wachsenden Bevölkerungszahlen und der Landflucht anheizen.

Auch in Deutschland lässt sich diese Entwicklung verfolgen: In der BRD hat sich der Flächenbedarf pro Kopf im Jahre 2000 im Vergleich zum Nachkriegsdeutschland 1950 verdoppelt. Wenn sich also die Anzahl der weltweit in Städten lebenden Menschen in der nächsten Generation verdoppelt, und die Entwicklung der Pro-Kopf-Wohnfläche einen ähnlichen Verlauf wie in der BRD nimmt, werden sich die Siedlungsflächen verdoppeln bis vervierfachen, gefolgt von den entsprechenden sonstigen Erscheinungen, wie einer Zunahme des Verkehrs, des Mülls und ein Mehr an Verschmutzung und Umweltschäden durch Fabriken etc. Die Zerschneidung der Lebensräume (Habitate) von Tieren und Pflanzen durch Städte- und Straßenbau wird sich verstärken und zu weiterem Habitatverlust, zu Habitatverkleinerung und zunehmender Isolation der Habitatflächen führen, was als eine der wesentlichen Gründe für die Artenarmut in Städten gilt.

Das Wachstum der Städte hat einen Einfluss auf das Weltklima. Stadträume sind so genannte Hitzeinseln (Urban Heat Islands). Messungen zeigen erhöhte Durchschnittstemperatur in Städten im Vergleich zum Umfeld von 3-10 °C. Die Temperaturerhöhung wird auf verschiedene Ursachen zurückgeführt: Gebäude werden mit dem Einsatz von viel Energie temperiert und betrieben, wobei die Energie aber zum

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

überwiegenden Teil in Form von Wärme frei wird (vgl. NA PRESSEPORTAL 2009).

Eine weitere Ursache der Stadtaufheizung ist die Versiegelung der Oberflächen mit Dächern, Wegen und Straßen. Durch die dunklen Farben des Baumaterials wird eine höhere Oberflächentemperatur erreicht, Wärme gespeichert und zeitlich versetzt wieder abgegeben. Die verzögerte Abgabe ist die Hauptursache für die geringe Abkühlung der Stadträume bei Nacht.

Gebäude werden durch die Sonneneinstrahlung aufgeheizt und dadurch ein gesteigerter Kühlbedarf generiert, zum Teil unterstützt durch sich ändernde Behaglichkeitsansprüche der Bewohner. Kühlung von Gebäuden erfordert aber bei konventionellen Systemen den ca. 3,6fachen Energieaufwand der Erwärmung, wobei wiederum die verwendete Energie um größten Teil in Wärme umgewandelt und an die unmittelbare Umgebung abgegeben wird.

Das Problem wird verschärft durch die zentrale Entsorgung des Regenwassers in Städten, wodurch die natürlichen lokalen Verdunstungs- und Kühlkreisläufe behindert werden und so einer natürlichen Abkühlung entgegengewirkt wird, ebenso durch die reduzierte Windgeschwindigkeit in Städten (SCHÖNLEBE 2009).

Vor dem Hintergrund der zuvor skizzierten anstehenden Stadtentwicklung bedeutet dies, dass der Einfluss der Stadträume auf das lokale und weltweite Klima in Zukunft um ein Vielfaches steigen wird.

Kein anderes, bedarfsgesteuertes Handeln der Menschen verändert die Umwelt und deren Lebensgemeinschaften so dramatisch wie der Städtebau.

Nachhaltigkeitsüberlegungen setzen also sinnvoll bei Gebäuden bzw. Städten an, die einerseits schon heute einen Großteil der Energien, Rohstoffe und Flächen verbrauchen und durch den ungebremsten Bedarf auch in Zukunft Hauptverbraucher sein werden.

Konzepten zur Linderung der Einflussfaktoren von Gebäuden und Siedlungsräumen kommt somit eine wesentliche Bedeutung zu bei allen Versuchen die Umwelt zu schonen und zu fördern.

1.1 Projektziele

Die Energieeffizienz des in dieser Thesen geplanten Gebäudes soll gegenüber den Anforderungen der derzeitigen EnEV deutlich erhöht werden, mit dem Ziel

- einerseits geringe Energieverbräuche bezogen auf die betriebliche Wirtschaftlichkeit zu erzielen,
- und darüber hinaus die Wärmeemission an den Stadtraum so gering wie möglich zu halten.

Durch eine Begrünung der Fassaden und der Dächer sollen über den Wasserverbrauch der Pflanzen, der aus lokalen Niederschlägen gedeckt werden soll, die Verdunstungs- bzw. die Kühlenergie überschlägig berechnet werden, die an den Stadtraum abgegeben werden könnte.

Es soll eine rechnerische Gegenüberstellung erfolgen:

- Endenergie/Verdunstungskälte
- Primärenergie/Verdunstungskälte

Eine signifikante Architektur soll auf die Möglichkeiten der Fassaden und Dachbegrünung an diesem verkehrsreichen Punkt aufmerksam machen, und anregen über gängige Bepflanzungssysteme den lokalen Regen- und Nährstoffkreislauf zu vitalisieren. Zugleich sollen damit an dem Gebäude Lebensräume für andere Spezies aus dem Pflanzen- und Tierreich in den Stadtraum eingefügt werden.

Die generierte Verdunstungskälte am Gebäude soll die von dem Gebäude ausgehende Aufheizung des Stadtraums übersteigen, so dass dieses Konzept ein Ansatz für eine Bekämpfung des Problems der Hitzeinseln über Stadträumen sein kann.

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

2. Hintergrund

2.1 Gebäude als Radiatoren des Weltklimas

Klimaveränderungen beruhen auf unterschiedlichen Faktoren; einer sind Gebäude bzw. Städte, die nicht nur in die natürlichen Kühlkreisläufe eingreifen, sondern die lokale Verdunstung verringern und zusätzlich Wärmeenergie abgeben, und so Ursache für die sogenannten Urban Heat Islands sind.

Die Auswirkungen einzelner Gebäude auf das lokale Klima lassen sich anhand des folgenden vereinfachten Beispiels demonstrieren: Stellen Sie sich ein Grundstück vor mit einer Kantenlänge von 10 x10 m, also mit einer Grundfläche von 100 qm, das mit einer Wiese bewachsen ist. Es regnet, 20 % des Regens dringt in den Boden ein, 80 % verdunstet bei durchschnittlicher Sonnenscheindauer innerhalb der nächsten 3 Tage wieder.

Dieses Grundstück wird mit einem Haus bebaut, einem Würfel mit einer Höhe von 10 m.

Das Grundstück mit Haus hat entsprechend eine Fläche von vier Fassaden à 100 qm und einem Dach à 100 qm, also zusammen 500 qm.

Dieses Haus wird auf behagliche 20 Grad erwärmt. Die Wärme von innen dringt durch die Fassade nach außen. Die Sonneneinstrahlung auf die Fassade dringt zum Teil in das Gebäude ein, wird dort gekühlt bzw. zum Teil reflektiert und heizt so die Umgebung auf. Hinzu kommt die Abwärme durch den Energieverbrauch im Haus, sowie die Abwärme, die die Bewohner selber verursachen.

Addiert ergibt sich eine große Menge Wärme, die über eine wesentlich größere Oberfläche (500 qm) als das Ursprungsgrundstück (100 qm) abgestrahlt wird, im Prinzip wie bei einem Radiator, über den die Raumluft in Gebäuden aufgeheizt wird. Wenn es regnet wird das Regenwasser über eine geschlossene Kanalisation in ein Klärwerk geleitet und dort zentral gereinigt. Die Kühlleistung durch Verdunstung steht also dem Grundstück nicht mehr zur Verfügung.

In dieser Vereinfachung eines 10 x 10 Meter hohen Gebäudes, was einer Dreigeschossigkeit entspricht, kann man sich einen Stadtraum vereinfacht als eine Ansammlung riesiger Heizkörper vorstellen, nur dass Gebäude in heutigen Großstädten nicht drei, sondern auch 50 bis 70 Geschosse haben und mehr.

Bei der Betrachtung von Nachtkarten (siehe Abb. 2) wird deutlich, dass bei der großen Menge der schon bestehenden Stadträume ein erheblicher Einfluss auf das allgemeine Klima bestehen muss.

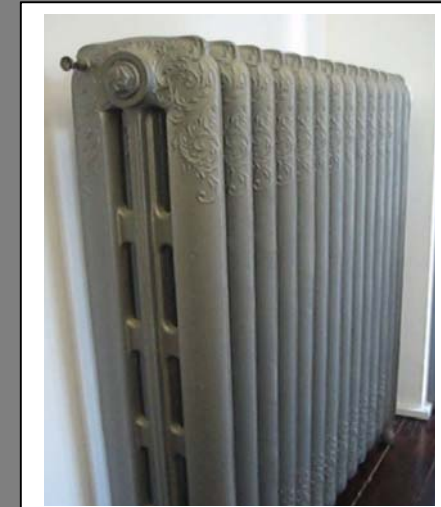


Abb. 1: Radiator



Abb. 2: Nachtkarte der Welt (Quelle: www.celestiamotherlode.net)

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

2.2 Temperaturregulation über Verdunstung:

Die Umwelt, wie auch einzelne Lebewesen, u.a. der Mensch, regulieren die optimale Temperatur durch Verdunstung. Wird einem Menschen heiß, schwitzt er. Der Schweiß verdunstet und kühlt den Körper und reguliert somit die Temperatur.

Ähnlich ist es auch in der Natur: Pflanzen regulieren ihren Wasserhaushalt temperaturabhängig über Verdunstung. Das lebensnotwendige Wasser wird bei Landpflanzen über die Wurzel aufgenommen und hauptsächlich über die schließbaren Spaltöffnungen an den Blattflächen abgegeben, wobei Verdunstungskälte entsteht. Auch der Wassergehalt des Bodens stellt sich über Verdunstung ein.

Niederschlag in Form von Regen und Tau dient zu ca. 20 % über die Versickerung der Grundwasserneubildung, ca. 80 % verdunstet wieder. Die Verdunstungsgeschwindigkeit wird hierbei durch die Pflanzendecke gebremst, so dass das Niederschlagswasser über mehrere Tage zurückgeführt wird.

Erneut als Wasserdampf aufgestiegen, kondensiert das Wasser in den höheren, kälteren Luftschichten, es bilden sich Wolken, und es kommt erneut zu Niederschlag. Dieser Kreislauf beschleunigt sich, je lokaler das Niederschlagsereignis verdunsten und kondensieren kann.

Der schnellste Umschlag findet in einem dichten, tropischen Regenwald statt; dort zirkuliert der identische Tropfen Wasser täglich vom Niederschlag zur Kondensation usw.

Messungen der Technischen Universität Berlin in einer Kulturlandschaft ergaben, dass 86 % der Strahlungsbilanz des Sonnenlichts in Verdunstungskälte umgewandelt wird (SCHMIDT 2008). Die Bedeutung der Verdunstung auf den globalen Energiefluss zeigt Abb. 4.



Abb. 3: Tropischer Regenwald (Quelle: www.germanistik.uni-freiburg.de)

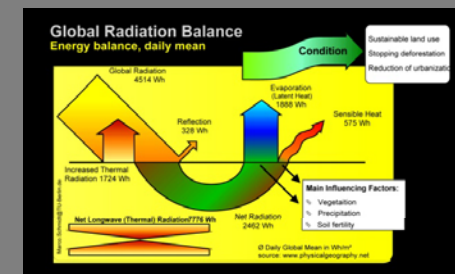


Abb. 4: Bedeutung der Verdunstung in der globalen Energiebilanz (aus SCHMIDT 2008)

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

2.3 Dach- und Fassadenbegrünung

Die bei der Verdunstung von Wasser entstehende Verdunstungskälte kann genutzt werden, um Gebäude auf natürliche Weise zu kühlen. Durch Dach- und Fassadenbegrünung mit geeigneten Pflanzen werden über deren Verdunstungsleistung die Außenwände des Gebäudes gekühlt und dadurch die Innentemperatur um bis zu 4 °C gesenkt (KÖHLER 2002 in BANTING *et al.* 2005).

Durch die Pflanzendecke werden die Dächer und Fassaden außerdem beschattet, so dass das Sonnenlicht nicht mehr direkt auf die Gebäudeoberfläche fallen kann.

Neben der Temperaturregulierung können Gründächer weitere wichtige Funktionen für eine Verbesserung des Lebensumfeldes der Stadt einnehmen: Die Pflanzen dienen als natürliche Luftfilter, indem sie Stäube und Schadstoffe aus der Luft und aus Niederschlägen filtern. Weiterhin verringert Pflanzenbewuchs die Luftbewegung und damit die Windgeschwindigkeit und die Staubaufwirbelung in der Stadt.

Schall wird an den Blättern gestreut und absorbiert, so dass Pflanzen helfen, die Lärmbelastung der Stadt zu reduzieren.

Pflanzen speichern Regenwasser und geben es zeitversetzt wieder ab. So bleibt ein Großteil des Wassers im natürlichen Kreislauf und muss nicht über die Kanalisation abgeführt und geklärt werden. Das entlastet Abwassersysteme und Klärwerke und dient dem Hochwasserschutz.

Bei der richtigen Pflanzenwahl können Gründächer als Ausgleichsflächen für die versiegelten Bereiche der Stadt dienen. Vor allem für Wärme liebende Tierarten bieten begrünte Dächer einen Ersatzlebensraum. Vögel und Insekten wie Schmetterlinge, Hummeln, Wildbienen und Laufkäfer finden hier Nahrung und neuen Lebensraum, meist relativ geschützt vor anthropogenen Störungen. Begrünte Gebäude können für flugfähige Tiere bzw. für Pflanzen, die sich durch den Wind verbreiten, als Trittsteinbiotope in der Vernetzung von Lebensräumen in der Stadt dienen und so den Austausch zwischen Biotopen fördern und der Isolierung von Habitaten entgegen wirken.

Auch für Menschen erhöhen begrünte Gebäude die Lebensraumqualität, indem sie Natur in die Stadt bringen, was nachweislich zum Wohlbefinden beiträgt.



Abb. 5: Beschattung von Gebäuden durch Begrünung (aus BROWNE 2007)

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

2.3.1 Dachbegrünung

Die Vermutung, dass eine Begrünung der Gebäude in Städten eine Maßnahme auf dem richtigen Weg zur Linderung der negativen Folgen von Stadträumen ist, ist nicht neu. In Deutschland setzte um 1980 eine starke Bewegung zur Begrünung von Dächern ein, mit dem Erfolg, dass heute sehr ausgereifte Systeme allen Bauschaffenden anhand gegeben werden können, und auch gerne angewendet werden.

Es werden verschiedene Formen der Dachbegrünung unterschieden.

Die spontane Dachbegrünung wird nicht von Menschenhand geplant, sondern stellt sich selbstständig ein. Anders bei der extensiven Dachbegrünung, bei der Dächer gezielt bepflanzt werden. Hierbei werden standortangepasste, natürliche Vegetationsformen gewählt, die sich selbst erhalten können, wobei die Wasser- und Nährstoffversorgen weitgehend von natürlichen Kreisläufen übernommen wird. Der Pflegeaufwand beschränkt sich auf die Entfernung unerwünschter Pflanzen alle 1 – 2 Jahre.

Als intensiv wird eine Dachbegrünung bezeichnet, bei der ein bestimmtes Pflanzenbild durch einen erhöhten Pflegeaufwand mit regelmäßiger Wasser- und Nährstoffzufuhr erhalten wird (vgl. KÖHLER *et al.* 1993 und KRUPKA 1992 in GÖBELSMANN & HIPPERT 2004).

Interessante Ergebnisse zum Kühlungseffekt von Dachbegrünungen liefert ein Pilotprojekt in Berlin, bei dem das Gebäude des Instituts für Physik der Humboldt Universität Berlin mit einer extensiven Dach- und einer Fassadenbegrünung versehen wurde, um die Wirkung auf die Energiebilanz des Gebäudes quantitativ zu erfassen.

Köhler & Schmidt konnten hier durch Vergleichsmessungen begrünter Dächer in Berlin mit unbegrünter zeigen, dass durch die Pflanzendecke 58 % der Strahlungsbilanz der Sonne in die Verdunstung von Wasser umgewandelt wird. Unbegrünte Dächer hingegen wandeln 95 % der Strahlungsbilanz in Wärme um (vgl. Abb. 7 und 8).



Abb. 6: Dachbegrünung eines Pilotprojektes in Berlin (aus KÖHLER & SCHMIDT 2008)

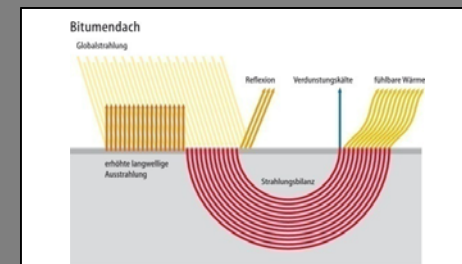


Abb. 7: Strahlungsbilanz eines Bitumendachs (aus SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG 2008)

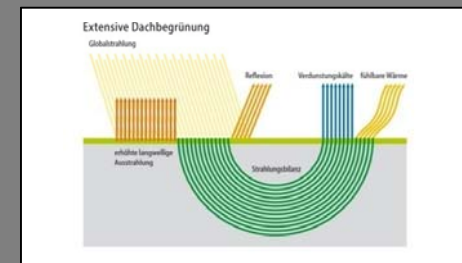


Abb. 8: Strahlungsbilanz eines Gründachs (aus SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG 2008)

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

Die Oberflächentemperaturen der Gründächer sind deutlich niedriger als die der Bitumendächer (vgl. Abb. 9)

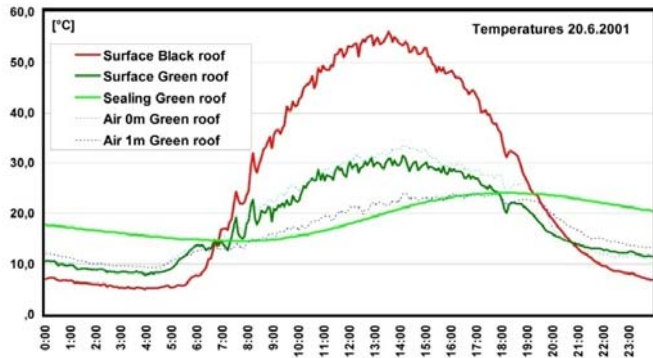


Abb. 9: Oberflächentemperaturen von Bitumen- und Gründächern (Infrarotmessung) (aus SCHMIDT 2008)

Lysimeter-Messungen zeigten bei den Gründächern eine mittlere Verdunstungsleistung von 0,1-4,5 mm Wasser pro qm, abhängig von der Jahreszeit und der Wasserverfügbarkeit (siehe Tabelle 1 und Abb. 10).

Tabelle 1: Tägliche Evaporationsrate eines Gründachs in verschiedenen Jahreszeiten (aus KÖHLER & SCHMIDT 2008)

Season	Evaporation values [mm/day]	Water condition inside the growing media
Winter	0.1 – 0.5	Well saturated, no frost
Spring/ autumn	0.6 – 1.5	Well saturated
Summer hot	1.5 – 4.5	Well saturated
Summer hot	0.0 – 0.2	Dry substrate

Das Potenzial von Gründächern betrug bei der Versuchsreihe bis zu 8 mm, je nach Temperatur, Sonneneinstrahlung, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Bewässerungsmenge und Geschosshöhe.

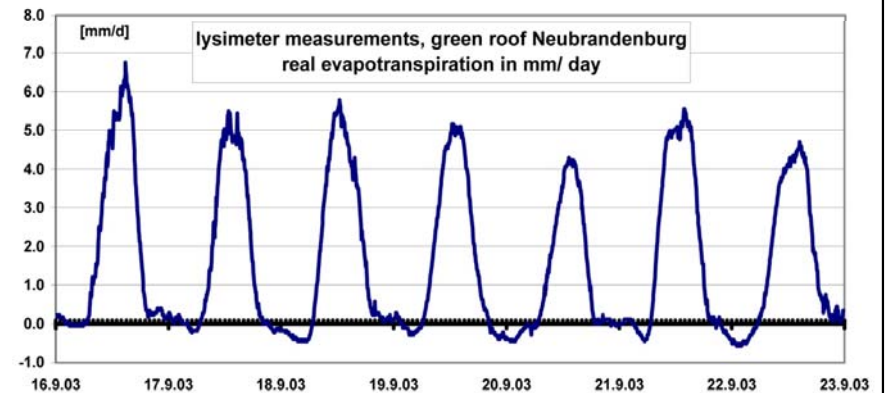


Abb. 10: Lysimeter-Messungen der Evapotranspiration eines Gründachs in Berlin (aus KÖHLER & SCHMIDT 2008)

Wie in der Tabelle 1 zu sehen ist, ist die Verdunstungsleistung der Dachbegrünung an heißen Sommertagen stark reduziert, wenn den Pflanzen zu wenig Wasser zur Verfügung steht.

Um ein Dach optimal als Kühlfläche zu nutzen, sollte daher für den Fall, dass zu wenig Niederschlag oder über eine kurze Periode gar kein Niederschlag fällt, eine zusätzliche Wasserzufuhr für die Pflanzen auf dem Dach aus einer Zisterne vorgesehen werden.

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

2.3.2 Fassadenbegrünung

Als typische Fassadenpflanzen kennt man Efeu und Wein, deren Anbau eine lange Geschichte hat. Bei heutigen Bauvorhaben werden die Gebäude hingegen meist mit Kletterhilfen versehen, um die Wände vor Schäden durch die Pflanzen zu schützen.

Zur Fassadenbepflanzung kommen neben den typischen Kletterpflanzen vertikal montierte, bepflanzte Kübel in Betracht, wie sie auch von der Technischen Universität Berlin benutzt wurden.

Die Begrünung von Fassaden steckt verglichen mit der Dachbegrünung noch in den Anfängen. Es gibt zwar rund um den Globus erfolgreiche Ansätze, aber es fehlt die breite Akzeptanz, und viele Projekte befassen sich mehr mit dem Gedanken ein „grünes Image“ für das Projekt zu formulieren, als die Folgen des Eingriffs durch die Baumaßnahme auf die Umgebung zu reduzieren.

Der Nutzen der Fassadenbegrünung für eine bessere Temperierung von Gebäuden ist aber nachweisbar, wie das Projekt der TU-Berlin zeigt. Hier wurden die Pflanzen in 150 Kübeln an neun unterschiedlichen Fassaden angebracht (siehe Abb. 11-12 und Abb. 14-15). Abb. 12 zeigt eine thermographische Aufnahme bei sommerlichen Mittagstemperaturen, die den Kühleffekt der Pflanzen verdeutlicht.

Durch die Pflanzenwahl wird eine Begrünung im Sommer gewährleistet, während das Sonnenlicht im Winter durch die Glasfassaden dringen kann.

Die von mir gewählten Pflanzsysteme wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt und geplant:

Die Pflanzsysteme sollen mit dem Regenwasser aus der Umgebung gespeist werden. Das Regenwasser enthält Kontaminationen, diese werden durch eine Analyse bestimmt, und über die Pflanzenkläranlage auf dem obersten Flachdach gereinigt. Das so behandelte Wasser wird den Pflanzen zugeführt ohne weitere Zusätze an Dünger und Nährstoffen.

Die Pflanzsysteme sind selbstregulierend mit einer Schwimmersteuerung, die die Wasserversorgung reguliert.

Die Tröge sind isoliert und optimiert nach den Erkenntnissen des Instituts für Physik in Berlin Adlershof.

Die äußeren Fassadensysteme sind sowohl für den Neubau, als auch zur nachträglichen Anbringung an Substanzgebäude geeignet.

Die Pflanzarten sind zumeist heimisch, und sind dem Jahreswechsel und den Standortbedingungen gewachsen, ohne weitere Zuführung von Wärme oder zusätzlicher Belichtung.

Die Pflanzsysteme sind selbsterhaltend, mit einem sechsmonatigen Pflege und Wartungsintervall.



Abb. 11: Fassadenbegrünung am Institut für Physik, Berlin (aus SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG 2008)

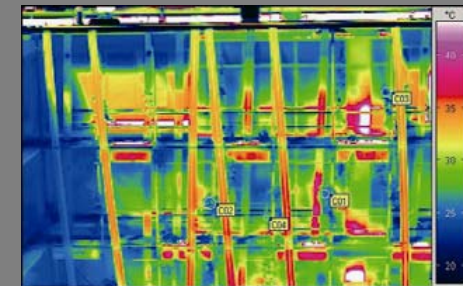


Abb 12: Thermografische Aufnahme (rot: warme-, blau: kühle Bereiche) aus SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG 2008)

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

Messungen ergaben eine durchschnittliche Verdunstungsleistung zwischen 5,4 und 11,3 mm Wasser pro qm begrünter Fassade in der gemessenen Zeit zwischen Mitte Juli bis Mitte September. Die Abweichungen erklären sich aus den unterschiedlichen Geschossen, der Himmelsrichtung, der Windsituation und der Sonneneinstrahlung auf den jeweiligen Pflanztrög. An Südfassaden stiegen die Verdunstungsraten zeitweise bis über 25 mm/Tag. Abb. 13 zeigt die Verdunstungsraten pro Tag sowie die daraus kalkulierte Verdunstungskälte pro qm und Tag der begrünten Gebäudefassaden des Instituts für Physik im Laufe eines Tages.

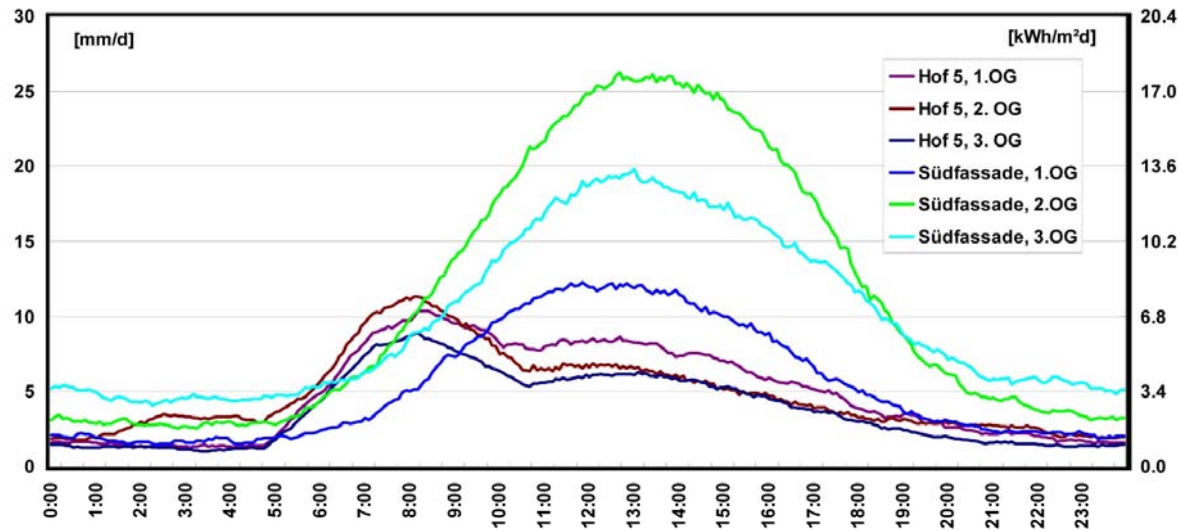


Abb. 13: Durchschnittliche Verdunstung der Fassadenbegrünung in Berlin (aus SCHMIDT 2008)

Hochgerechnet entspricht die Verdunstungsrate bei diesem Gebäude eine erzeugte Verdunstungskälte von 280 Kilowattstunden pro Tag.

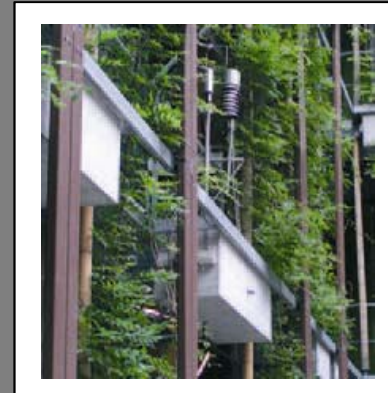


Abb. 14: Pflanzenkübel am Institut für Physik, Berlin (aus SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG 2008)



Abb. 15: Pflanzenkübel am Institut für Physik, Berlin (aus SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG 2008)

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

Ein weiteres eindrucksvolles Projekt, bei dem Fassadenbegrünung erfolgreich zur Kühlung eines Gebäudes eingesetzt wurde, ist das 17-stöckige Consorcio-Santiago Gebäude des Architekten Enrique Browne in Santiago, Chile (vgl. BROWNE 2007). Die Energiekosten des gläsernen Bürogebäudes für die Gebäudekühlung waren immens. Darüber hinaus störten unangenehme Reflektionen des Sonnenlichts.

Als Gegenmaßnahme wurde eine Wasserfläche mit Wassersprengern angelegt, wobei die Evaporation des Wassers die Temperatur spürbar senkt, sowie die unteren drei Stockwerke mit gepflanzten Bäumen beschattet. Das restliche Gebäude wurde mit einer „double green skin“ ausgestattet. In drei versetzten Grünbändern, die vier-, drei- und zwei Stockwerke umfassen, wurden vertikale Spaliere im Abstand von 1,40 m zur Gebäudeoberfläche angelegt und mit Laub abwerfenden Kletterpflanzen (Bouganvilleas, Ampelopsis, Plumbago) bepflanzt. Die Grünbänder sind durch ein Stockwerk ohne Begrünung voneinander getrennt (siehe Abb. 16).

Der Abstand zur Gebäudefassade lässt genügend Platz für aufsteigende Luftströme und große Blumenkübel am unteren Ende jedes Grünbandes mit automatischer Bewässerung. Durch den Laubabwurf der Pflanzen im Winter kann zur dunklen Jahreszeit wieder mehr Licht in die Gebäude dringen, mit der Folge der Reduktion des Kunstlichtbedarfs.

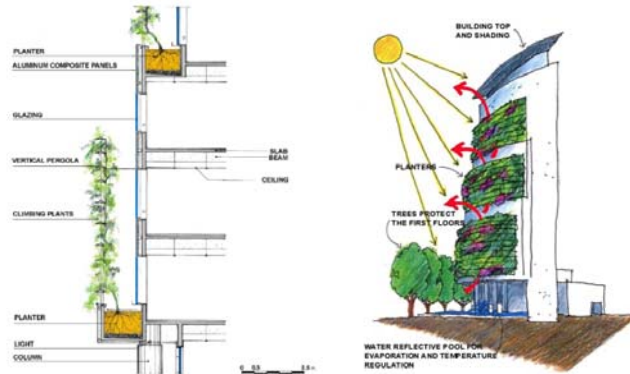


Abb. 16: Fassadenbegrünung des Consorcio-Santiago Gebäudes in Chile (aus BROWNE 2007)

Neben dem erreichten Kühleffekt durch die Fassadenbegrünung werden weitere Vorteile gelobt, wie eine ästhetische Aufbesserung des Stadtbildes, eine Reduzierung der Stadtgeräusche durch die weichen Oberflächen der Pflanzen sowie eine Linderung der Umweltbelastungen, besonders der durch CO₂.



Summer



Winter

Abb. 17: Die Fassadenbegrünung des Consorcio-Santiago Gebäudes im Winter und Sommer (aus BROWNE 2007)

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

2.4 Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung

Das Regenwasser wird bei der dezentralen Bewirtschaftung nicht in einem öffentlichen Rohrsystem aufgenommen und an ein Klärwerk geliefert, sondern dezentral in der Region, auf die es niedergeht, verwertet.

Das Wasser kann über Pflanzenkläranlagen gereinigt werden und dann zum Teil versickern, und zum Teil verdunsten.

Das hat den Vorteil, dass durch die Verdunstung der lokale Regen- und Nährstoff-Kreislauf angeregt, und durch die Versickerung der Grundwasserhaushalt unterstützt wird.

Solche lokale und dezentrale Regenwasserbehandlung bedarf der Genehmigung, denn in den meisten Städten und Gemeinden besteht auch für Regenwasser ein Anschlusszwang, von dem aber durch eine Ausnahmegenehmigung eine Befreiung erteilt werden kann.

Abb... zeigt in einer schematischen Gegenüberstellung zweier städtebaulichen Situationen.

Links die versiegelte Stadt, in der das Regenwasser zentral abgeführt wird. Es entsteht sehr wenig Verdunstung mit der Folge geringer Verdunstungskältegewinne und dafür einer hohen Wärmeabstrahlung. Dies wird zusätzlich verstärkt durch fehlende, verschattende Begrünung.

Rechts eine Stadt, in der das lokale Regenwasser dezentral vorort über eine dichte Stadtbegrünung verdunstet. Durch den hohen Grad der Verdunstung des lokalen Wasserniederschlags entsteht viel Verdunstungsenergie. Dies kühlt ebenso wie die natürliche Verschattung, die Sonneneinstrahlung -und so auch die Wärmeabstrahlung- werden deutlich reduziert.

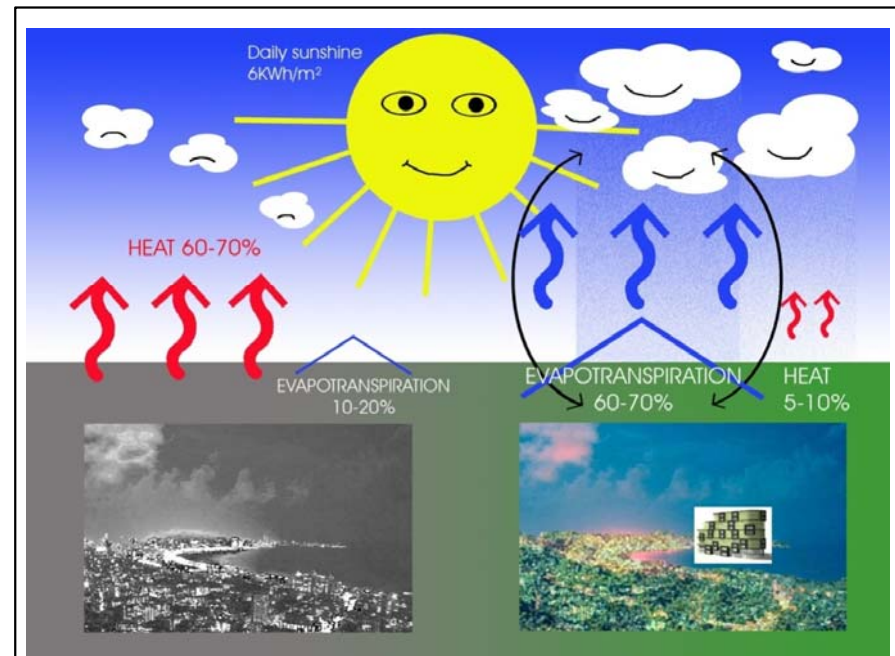


Abb. 18: Evapotranspiration in einer Stadt mit zentral abgeführtem Regenwasser (links) und mit dezentraler Regenwasserbewirtschaftung (nach Rippl, Skript 1. Semester) (kleines Bild: Projekt Simon-von-Utrecht-Straße)

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

3. Das Projekt

Das Projekt überplant eine leere Grundstücksfläche im Stadtteil St. Pauli in Hamburg.

Die Fläche wird derzeit als Parkplatz genutzt und befindet sich im Eigentum der Freien und Hansestadt Hamburg. Das Grundstück grenzt direkt an die Simon-von-Utrecht-Straße und die Budapester Straße. Die neue Bebauung muss in geschlossener Bauweise an die beiden seitlichen Nachbarn angebaut werden.

Die Nutzung in diesem Stadtquartier ist als Mischnutzung vorgesehen.

Das Grundstück kann als innerstädtisch vollständig erschlossen betrachtet werden. Es liegt in einem, bezogen auf die Hitzeinselproblematik kritischen Stadtteil von Hamburg. Die Umgebung ist fast vollständig versiegelt. Die beiden Begrenzungsstraßen sind Hauptverkehrsadern.

Die Bebauung wird mehrgeschossig geplant und soll als Einfahrt - und Torarchitektur in den Stadtteil eine starke Präsenz erhalten. Die Innovation, nämlich die grüne Fassade als Signal für eine Alternative bezogen auf die Emission von Gebäuden an den Stadtteil soll im Vordergrund stehen.

3.1 Konzept

Das Projekt möchte die Fassaden- und Dachbepflanzung über die lokalen Regenspender mit Wasser versorgen. Das Wasser soll über die Begrünungselemente zur Verdunstung gebracht werden.

Das Regenwasser der Umgebung soll unter der Tiefgaragenebene erdberührend gesammelt werden. Diese dezentrale Regenwasserverwertung bedarf der Befreiung vom zentralen Einleitungsgebot über ein Genehmigungsverfahren durch die FHH. Diese Befreiung kann man sich bei der Fachbehörde nach mündlicher Rücksprache vorstellen, da einerseits die Netze durch die fast komplette Versiegelung des Stadtorts überlastet sind, und da die betroffenen Wasser nicht direkt mit Menschen in Berührung kommen würden.

Das Wasser wird über einen Schlammfang und einen Öl/Fettabscheider vorgereinigt, sowie über die oberste Dachbegrünung als Vorklärung von Verunreinigungen, die dem Wachstum der Pflanzen schaden können. Danach wird das Wasser den einzelnen Pflanzsystemen und den Pflanzen zugeführt und größtenteils verdunstet.

Die Temperatur von ca. 10 – 12 Grad Celsius innerhalb des Wassertanks, bzw. deren Wärmeenergie soll dem Wasser entzogen werden. In den Geschossen soll über eine Lüftung und Bauteilaktivierung eine sehr wirtschaftliche, individuelle Temperierung erzielt werden. Eine natürliche Verschattung im Sommer soll die benötigten Kühlkosten reduzieren. Im Winter wird durch eine mit dem Tank verbundene Erdwärmepumpe zusätzlich Energie an das Tankwasser abgegeben.

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

2.2 Standort

Das geplante Projekt liegt in der Simon-von-Utrecht-Straße im Stadtteil St. Pauli im Innenstadtbereich von Hamburg (vgl. Abb. 19).

Die „grüne Stadt“ Hamburg ist mit 1,7 Mio. Einwohnern die zweitgrößte Deutschlands.

Fast die Hälfte des Stadtgebiets besteht aus Parkanlagen, Wasserflächen und Wäldern, hinzu kommt ein ungewöhnlich hoher Straßenbaumbestand. In den Randgebieten liegende naturnahe Bereiche wurden im Rahmen des so genannten Biotopverbunds über Grünachsen mit dem Stadtkern verbunden, um den Fortbestand der heimischen Flora und Fauna zu sichern und der Fragmentierung der Lebensräume entgegen zu wirken.

Das Klima Hamburgs ist marin beeinflusst. Die Nordsee liegt circa 100 km in nordwestlicher Richtung, die Ostsee 80 km gen Nordosten. Die Sommer sind gemäßigt warm und regnerisch, die Winter mild. Es ist relativ windig mit der Hauptwindrichtung Südwest bis West.

Trotz der relativ hohen Windgeschwindigkeiten und des maritimen Klimas sind der globale Klimawandel und der Hitzeinsel-Effekt auch in Hamburg nachweisbar. In einer Studie von SCHLÜNZEN *et al.* (2009) vom Meteorologischen Institut der Universität Hamburg wurden Daten von mehreren Wetterstationen in Hamburg aus über 100 Jahren ausgewertet und hierbei eine stetige Temperaturzunahme festgestellt, verstärkt in den letzten Jahren. Von 1978 bis 2007 stieg die Temperatur um 0,6 °C pro Jahrzehnt. Weiterhin lassen die Daten den Schluss zu, dass die Temperatur in Zukunft noch schneller steigen wird und mit trockeneren Sommern und nasserem Wintern zu rechnen ist.

Zur Messung des Hitzeinseleffekts wurden die Daten der Wetterstationen in Hamburg, u.a. eine in St. Pauli, mit denen einer Wetterstation im ländlichen Raum außerhalb Hamburgs verglichen. Es zeigte sich, dass von allen erfassten 45 Wetterstationen in Hamburg die in St. Pauli die höchsten Abweichungen vom ländlichen Raum aufwies.

Die Durchschnittstemperaturen sind in St. Pauli 1,1 °C höher als im Umland, wobei die höheren Temperaturen nicht auf eine Zunahme der Maximaltemperatur, sondern auf höhere Minimaltemperaturen zurückzuführen sind. Die Minimaltemperaturen weichen v.a. von April bis Oktober um bis zu 3 °C von denen der Umgebung ab, in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit.

Die Höhe des Hitzeinseleffekts in St. Pauli ist vergleichbar mit der in London, einer Stadt mit viermal so vielen Einwohnern und der doppelten Fläche von Hamburg.

St. Pauli ist ein dicht bebauter Stadtteil, der mit circa 11000 Einwohnern/km² relativ dicht bewohnt ist. Im Vergleich zum restlichen Hamburg gibt es hier wenige grüne Bereiche. Die erhöhten Temperaturen erklären sich aus der Speicherung von Wärme in den versiegelten städtischen Oberflächen und der zeitverzögerten Abgabe in der Nacht.

Innerhalb des Stadtviertels St. Pauli liegt der Standort des geplanten Gebäudes in einem relativ versiegelten Bereich zwischen zwei stark befahrenen Straßen. Dieser Standort bietet für ein grünes Gebäude, wie es in dieser Thesis geplant ist, die ideale Grundlage. Es wird das Stadtviertel nicht nur optisch aufbessern, sondern neben den bereits beschriebenen Vorteilen begrünter Gebäude die Grünachsen Hamburgs ergänzen und ein weiteres Trittbrett für die heimische Flora und Fauna bieten.



Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

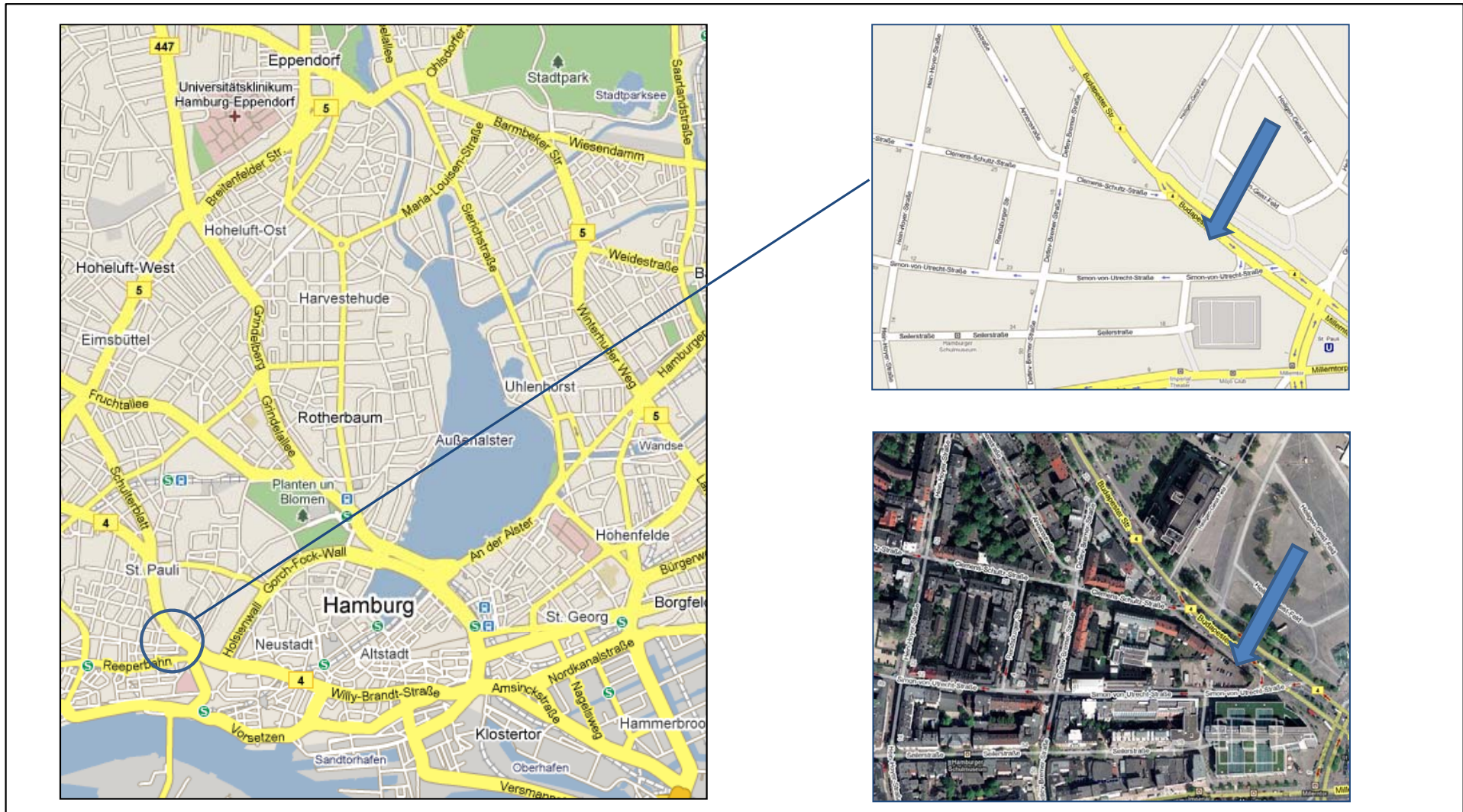


Abb 19: Standort des Projekts in Hamburg (Quelle: Google Maps, alle Karten genordet)

Master-Thesis von Florian Betzler

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

3.3 Dach- und Fassadenbegrünung im Projekt

Der Standort eines Gebäudes ist verbunden mit natürlichen, lokalen Klimabedingungen. Die Sonneneinstrahlung und die Niederschlagsmenge sind neben den Faktoren Temperatur und Wind für jedes Grundstück unterschiedlich. Um die Verdunstungsleistung der Bepflanzung dennoch abschätzen zu können, werden die im beschriebenen Berliner Pilotprojekt am Institut für Physik gewonnenen Daten zu Grunde gelegt.

Auf Grundlage dieser Daten, gehe ich für die Berechnung der Verdunstungsleistung des Gründachs in diesem Projekt von einem Wert von 5 mm Wasser pro qm begrünter Dachfläche aus, über eine neunmonatige Vegetationsperiode.

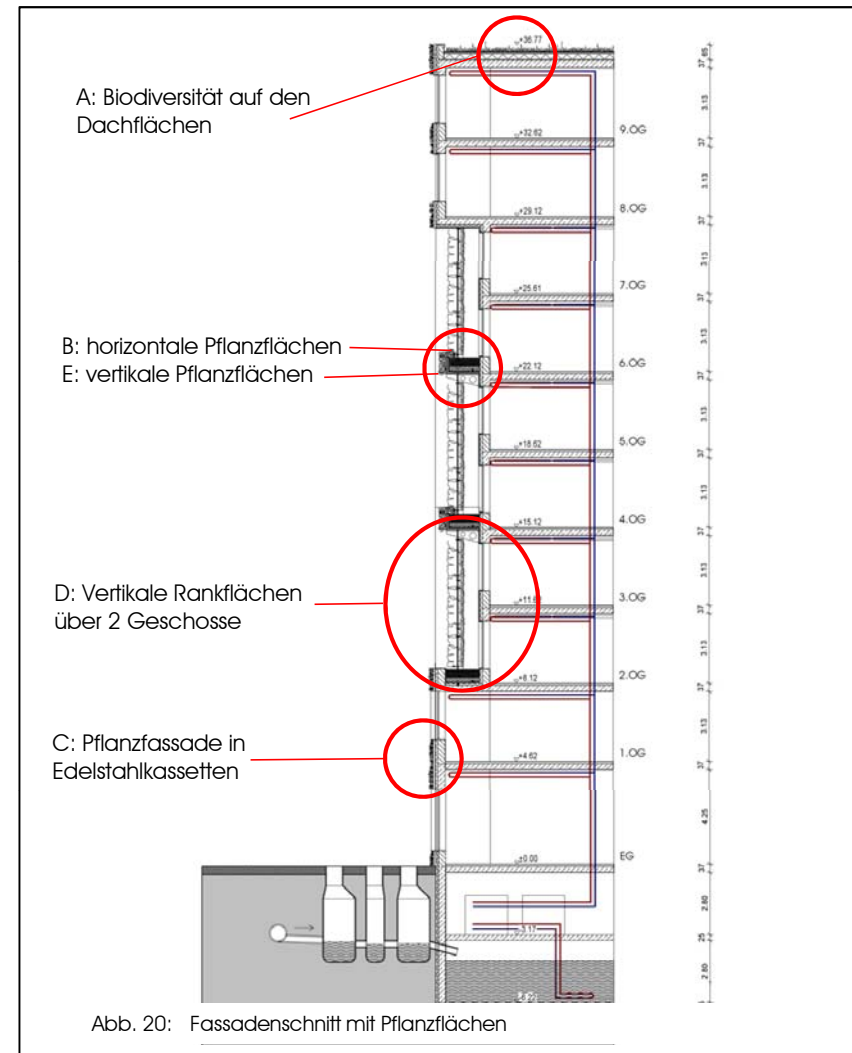
Das Dach wird durch die normale Regenspende bewässert, wobei überstauendes Wasser durch Retentionsmatten unter der Vegetationsschicht gebunden und zeitverzögert der Dachbegrünung zur Verfügung gestellt wird. Dadurch ist dieses Gebäude nicht mehr an die zentrale Regenentwässerung angeschlossen.

Das Gebäude erhält eine zweite, grüne Fassade. Dazu wird vor jedem zweiten Geschoss ein Pflanztrogsystem angebaut, das ca. 150 cm ausragt. Diese Pflanztröge werden zum einen mit über zwei Geschosse rankenden Pflanzen, und zum anderen vor den Brüstungen mit herunter rankenden Pflanzen bepflanzt.

Ich rechne für das nachfolgende Projekt mit einer mittleren Verdunstungsleistung von 5 mm Wasser pro qm Fassadenbegrünung, über eine Vegetationsperiode vom März bis November bzw. von 270 Tagen.

Diese Bepflanzung wird durch eine Bewässerungsanlage dauerhaft bewässert.

Zur Vermeidung der Bewässerung der grünen Fassade mit Trinkwasser wird die Zisterne über die Regenwasserleitung der Straße, in dem sich Regenwasser von umliegenden Gebäuden sammelt, gespeist. Diese Entnahme aus dem öffentlichen Siel ist mit einer Ausnahmegenehmigung möglich. Die Stadtentwässerung wird aber in einem solchen Fall die Reinigung des Regenwassers über eine Ölabscheidung und einen Schlammfang vorschreiben, die regelmäßig zu reinigen und zu warten sind.



Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

A BIODIVERSITÄT auf den Dachflächen

Um eine möglichst vielfältige Flora und Fauna an diesem Gebäude zu erlangen, haben wir die Dachflächen mit unterschiedlichen Begrünungssystemen bekleidet.

Die Bewässerung findet über einen Wassertank unterhalb der Tiefgaragenebene statt, in dem lokales Regenwasser von den Umliegenden Gebäuden und der Straße gesammelt wird. Dieses wird dann über die Gründächer als Reinigungsfilter gereinigt und den einzelnen Pflanzsystemen zugeleitet.

Die insgesamt 2.391 qm Dachflächen verteilen sich auf mehrere Dachterrassen in unterschiedlichen Geschossen.

Die Dachflächen werden in unterschiedlichen Bereichen mit unterschiedlichen, artenvielfältigen Pflanzarten begrünt.

A BIODIVERSITÄT auf den Dachflächen



Abb. 21: Gründach im Projekt



Niedriger Bereich
Aufbauhöhe ca. 15 cm



Höherer Bereich
Aufbauhöhe ca. 25 cm



Dachterrasse

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

B: horizontale Pflanzflächen E: vertikale Pflanzflächen

Die Tröge werden als horizontale, fortlaufende Pflanzkübelssysteme außen vor die Fassade gehängt.

Diese ruhen auf einem Kragarmsystem aus Metall, das über thermisch getrennte Bewehrungskörbe an der Stahlbetonkonstruktion des Gebäudes befestigt wird.

Die Tröge werden innen mit 2 cm Styropor gedämmt. Die massive Trogkonstruktion aus Stahlbetonfertigteilen wird innenseitig wasserdicht abgeklebt.

Die Bewässerung erfolgt über eine Sensor gesteuerte Anstaubewässerung in einem Blähbeton/Kiesbett, das mit einem Überlauf versehen wird.

Ein Geo-Vlies trennt die Ebene der Anstaubewässerung von dem Pflanzensubstrat, das mit unterschiedlichen Pflanzarten bepflanzt wird. Bei dieser Planung sind dies 592 qm horizontale Bepflanzung (Flächen: B) unterschiedlicher Arten und 482 qm Bepflanzung der vertikalen Flächen (Flächen: E), sowie die Pflanzsysteme über zwei Geschosse (Flächen: D) mit 2.351 qm Pflanzenflächen.

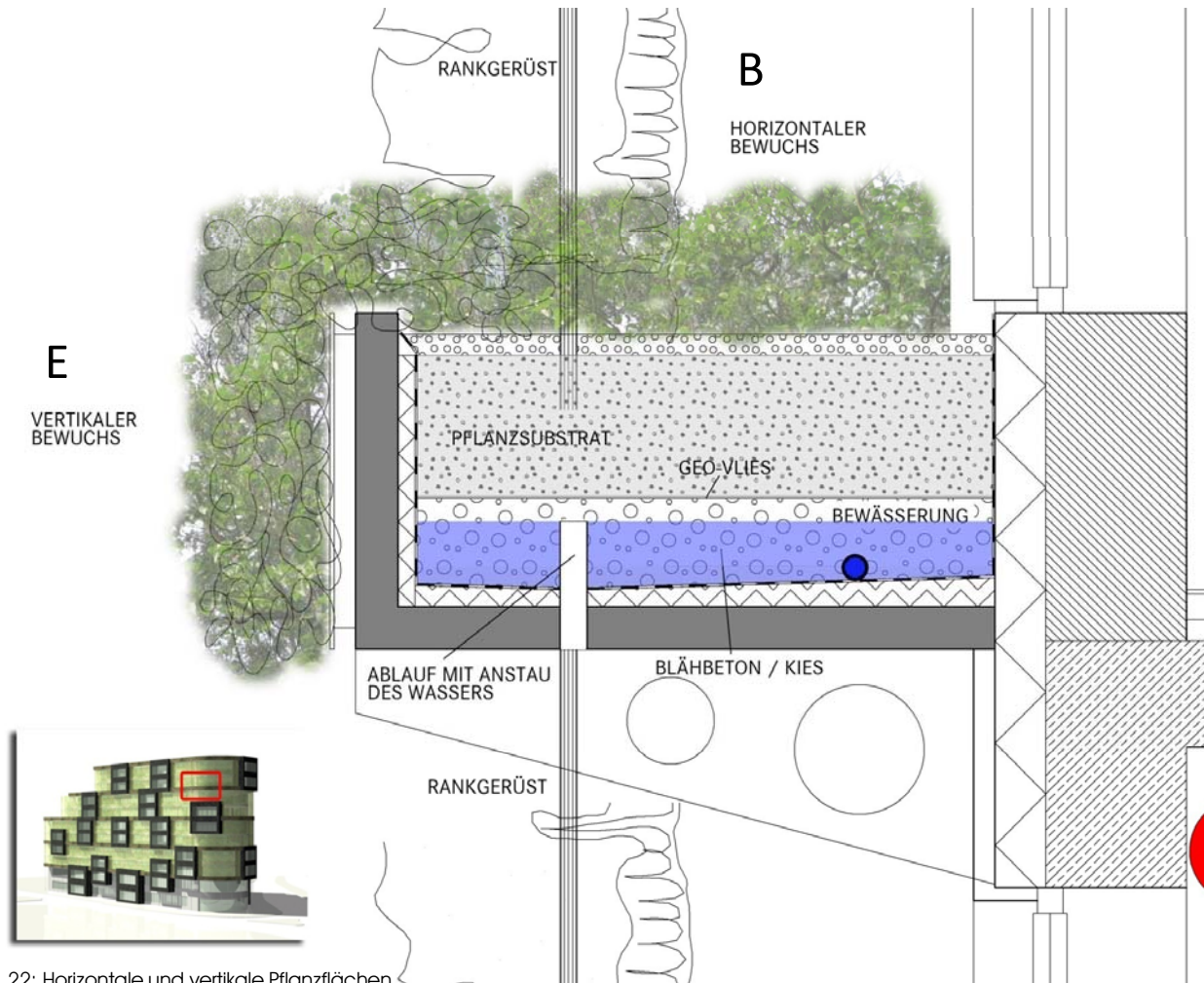


Abb. 22: Horizontale und vertikale Pflanzflächen

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

C. Pflanzfassade mit Edelstahlkassetten

An dem Gebäude sind in dieser Pflanzart 1544 qm Flächen bepflanzt.

Die aufgesetzte Metallkonstruktion steigert die Signifikanz des Gebäudes und seiner Architektur als ein Living Building.

Das System wird montiert wie eine klassische Metallkassettensystemfassade: Punktuelle Wandwinkel, senkrecht einhängendes Profil, Wärmedämmung, Hinterlüftungszone, eingehängte Pflanzenkassette aus zusammengefassten Edelstahlrinnen mit Wasserüberläufen.

Die erprobte Grünfassade bietet als vertikale ökologische Ausgleichsfläche einen verdunstungsaktiven Klimapuffer.

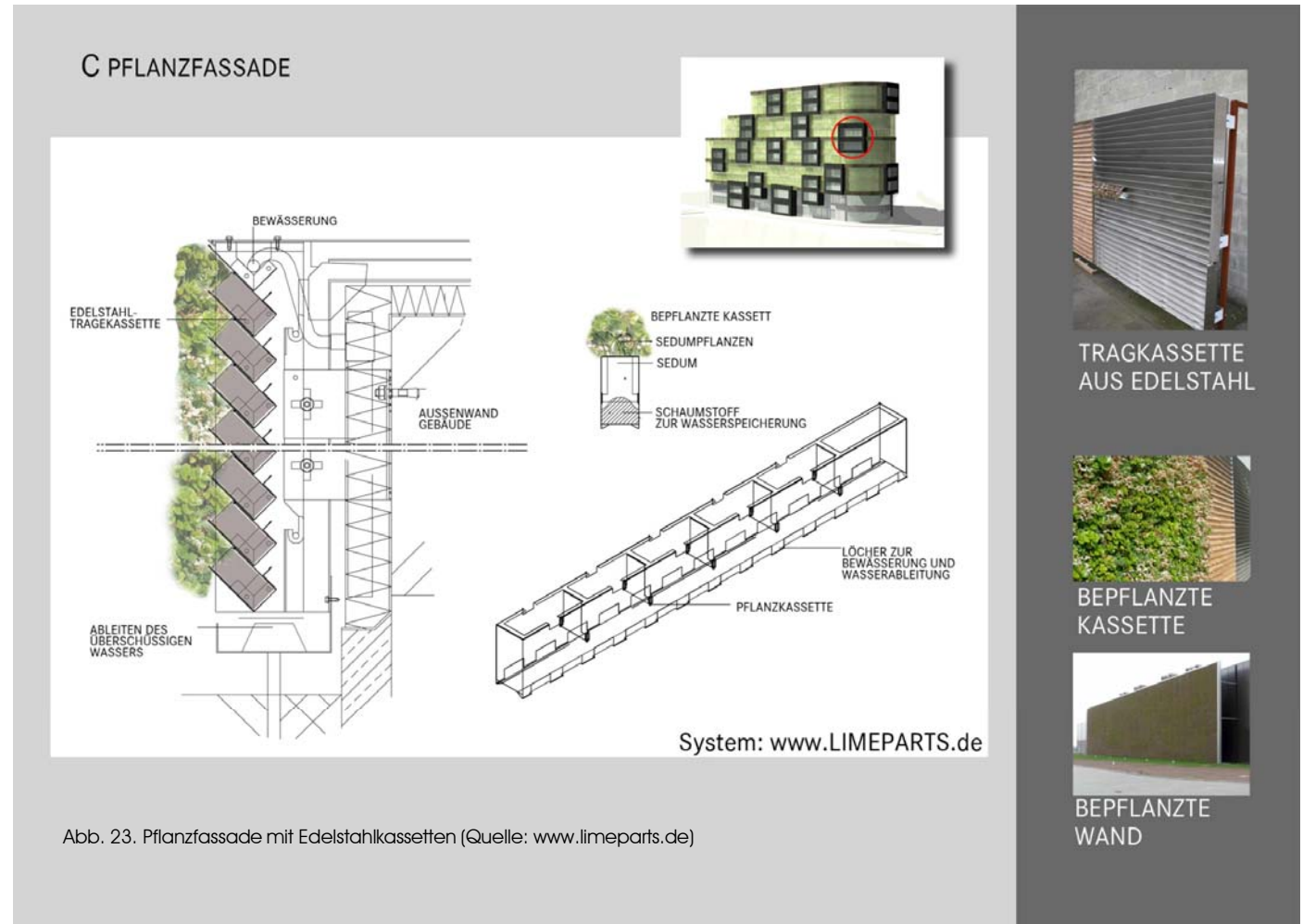


Abb. 23. Pflanzfassade mit Edelstahlkassetten (Quelle: www.limeparts.de)

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

Als Bepflanzung kommen vorkultivierte Sedum- (kleinwüchsige kaktusenähnliche) Arten zum Einsatz - im Frühjahr und Sommer entsteht ein wunderschönes Blüten- und Blätterbild, im Herbst und Winter bieten die Flächen in einem Farbraster zwischen Dunkelgrün und Erdfarben ebenfalls einen durch Pflanzen geprägten Anblick.

Ein ausgeklügeltes Bewässerungssystem mit Regenwasserversorgung sorgt für Sicherheit.

Geeignet für Projektflächen ab 300 qm aufwärts.

Ein Computer reguliert die Wasserzufuhr, so dass:

- nur nachts Wasser zugeführt wird;
- es der jeweiligen Saison angepasst ist;
- eine sehr langsame und regelmäßige Wasserzufuhr und Verdunstung gewährt wird.

Die Pflanzenarten vertragen es auch, eine Periode trocken zu stehen ohne zu verderben, sie ändern dann lediglich ihr Aussehen.



Abb. 24: Bepflanztes und unbepflanztes System
(Quelle: www.limeparts.de)

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

D Vertikale Rankflächen über zwei Geschosse

Das Gebäude erhält vertikale Rankflächen über zwei Geschosse an einem Edelstahlrankgerüst als Rankhilfe mit einer Fläche von 2.351 qm.

Die Fassadenbegrünung ist die Grundlage für energetische Optimierung dieser Planung.

Im Sommer bietet die begrünte Fassade einen aktiven Sonnenschutz, da die Pflanzblätter die Globalstrahlung auf die Fassade reduzieren und dadurch eine Wärmeabstrahlung der Fassadenflächen verhindern. Außerdem wird die für die Aufheizung der inneren Flächen verantwortlichen Wärmeeinstrahlung durch die Fenster in das Gebäude abgehalten.

Im Winter kann das Sonnenlicht die Glasflächen der Fassade ungehindert passieren. Die Wärmestrahlung gelangt dann gewollt als natürlicher Beitrag zur Raumlüfterwärmung und Innenbeleuchtung in das Gebäude. Ein wesentlicher Aspekt der Gebäudebegrünung ist die Erzeugung von Verdunstungskälte zur Verbesserung des Mikroklimas innerhalb des Gebäudes und im unmittelbaren Gebäudeumfeld / Straßenblock.

Am Institut für Physik in Berlin Adlershof wurden zehn Arten von Kletterpflanzen in 150 Fassadenkübel an neun unterschiedlichen Fassaden gepflanzt und beobachtet.

Bei der Auswahl der Kletterpflanzen und der Konstruktion der Pflanzsysteme muss bei der Auswahl der Arten besonderer Wert auf Arten gelegt werden, die unter innerstädtischen Bedingungen wachsen können.

Bewehrt haben sich in Berlin Adlershof von den verwendeten Kletterpflanzen am besten der Blauregen (*Wisteria sinensis*) in einer gedämmten Pflanzkübelkonstruktion, die über eine Anstaubewässerung in einem Blähtonsubstrat versorgt wurden und so zu einem vitalen Wachstum gelangten.

Für die gleichmäßige Ausbreitung vor der Fassade benötigt diese Pflanze eine Rankhilfe, hier bestehend aus einem dünnen, gewundenen Edelstahlgerüst, das über jeweils 2 Etagen eingespannt wird.

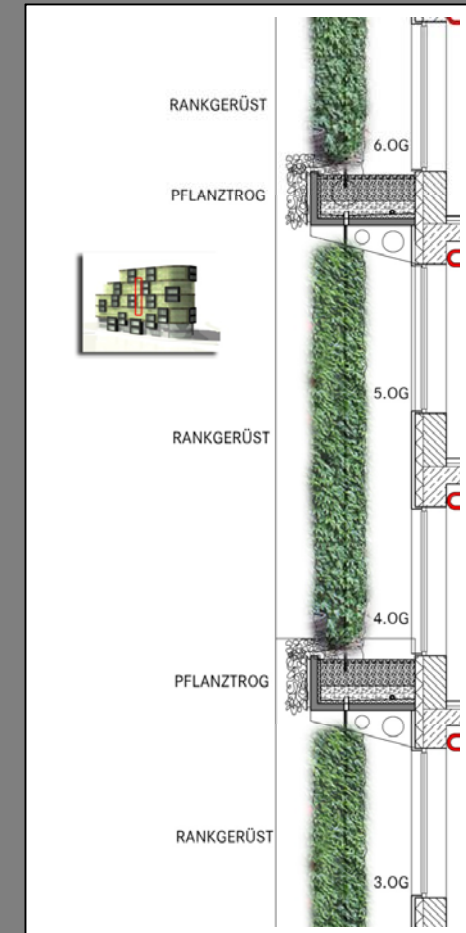


Abb. 25: Vertikale Rankflächen

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

3.4 Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung am Objekt

Bei diesem Projekt mit dem Fokus auf Kühlung des Stadtraums durch Verdunstungskühlung ist es wichtig, das lokale Regenwasser durch die Verdunstung vorort als Kühlenergiequelle zu nutzen.

Das Regenwasser wird zur Bewässerung der Gebäudebegrünung genutzt, was ein direktes Recycling des Regenwassers oder des sogenannten Grauwasser bedeutet.

Wir sammeln Regenwasser von diesem Grundstück und das der umliegenden Grundstücke in einer Zisterne unter der Tiefgarage.

Diese Wässer sind bis zur Einleitung in die Zisterne mit diversen Schadstoffen belastet. Dies geschieht durch die Berührung mit z. B. Bitumen, Metallen, Fahrzeugabrieb, Feinstaub, Ölen etc. Das Wasser wird daher zunächst vor Einleitung in den zentralen Sammelbehälter unterhalb der Tiefgarage über einen Schlammfang und einen Ölabscheider geleitet und vorgereinigt.

Dennoch sind in dem Wasser ein Vielzahl von Pflanzengiftstoffen vorhanden. Um zu vermeiden, dass diese Stoffe das Pflanzenwachstum beeinträchtigen, wird das Wasser über die Dachterrassen, die als Pflanzenkläranlagen aufgebaut sind, gereinigt. Gründächer mit einem Aufbau der Substratschicht von mindestens 15 cm entwickeln bereits die Klärleistung, die für solches gering belastetes Regenwasser notwendig ist.

Eine ähnliche Klärung belasteten Wassers betreibt z. B. das Unternehmen „John Deere Werke“ für Traktoren: John Deere in Mannheim spült hochbelastetes Schmutzwasser aus der Metallverarbeitung und Farbgebung zur Reinigung auf ein Werkshallendach und lässt durch diese "Dach-Pflanzenkläranlage" u.a. Schwermetalle von den Pflanzen aufnehmen. Dies geschieht zu einem Bruchteil der Kosten herkömmlicher Reinigungsverfahren, einschließlich verbesserter Auslaufwerte.

Im Projekt wird das so gewonnene und gereinigte Wasser über die unterschiedlichen Pflanzarten und Lebensformen der Verdunstung zugeführt. Jedes Gramm Wasser entwickelt bei der Verdunstung kalkulierbare Kühlenergie, die für dieses Projekt berechnet wird.

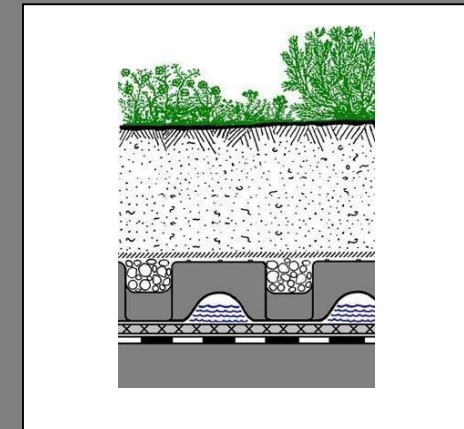
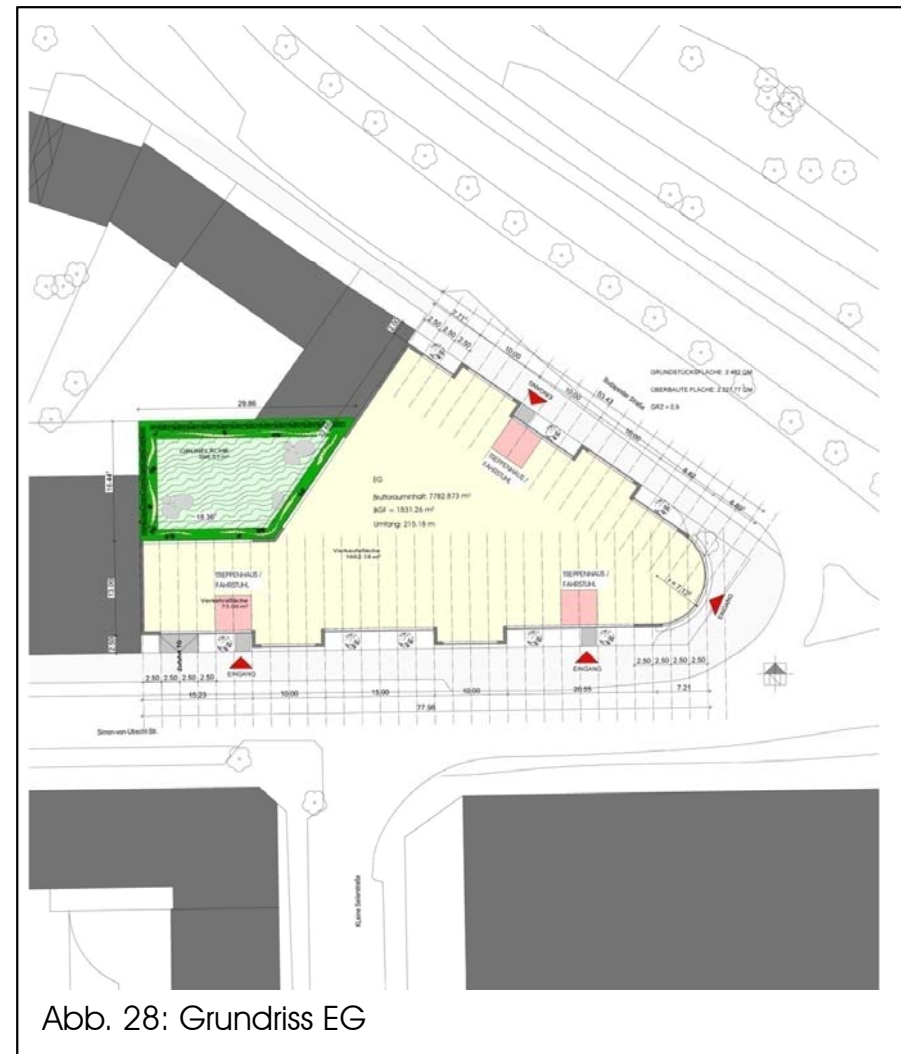


Abb. 26: Aufbau Dachbegrünung/Vorklärung durch das Dach (Quelle: Wikipedia, Green Roof)

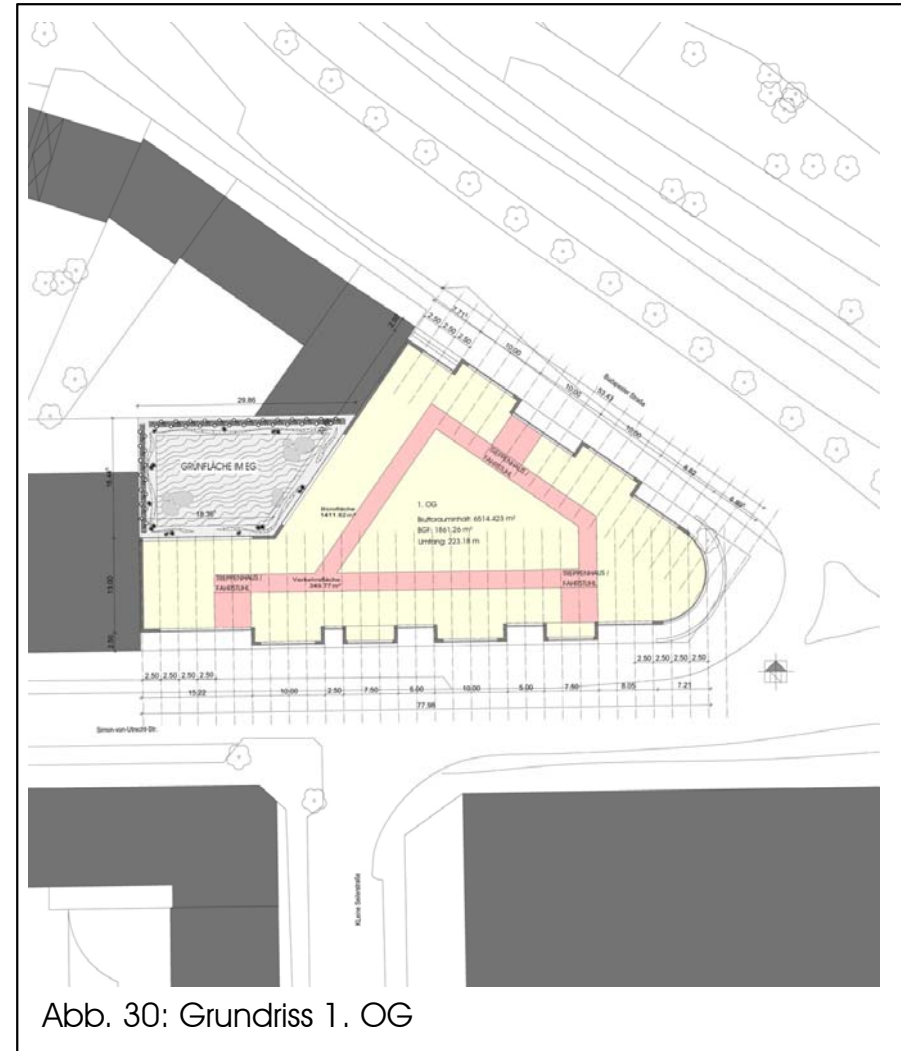
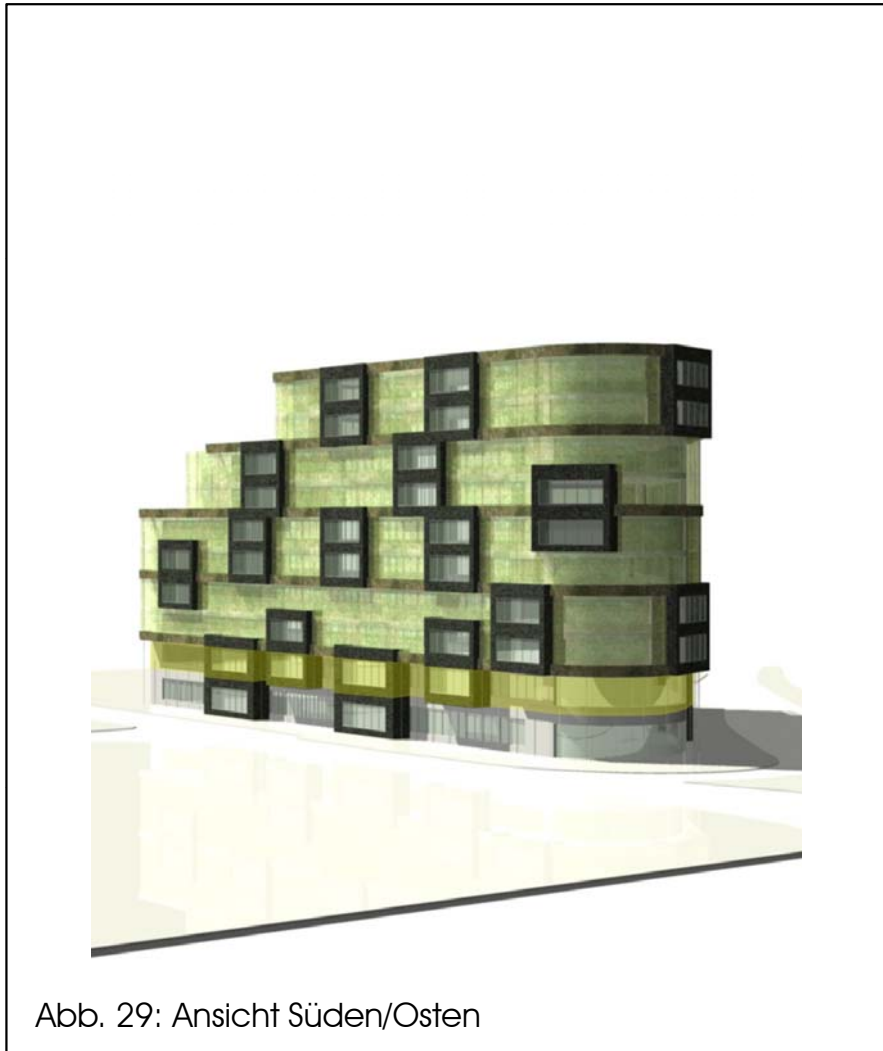
Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

3.5 Zeichnungen des Projekts

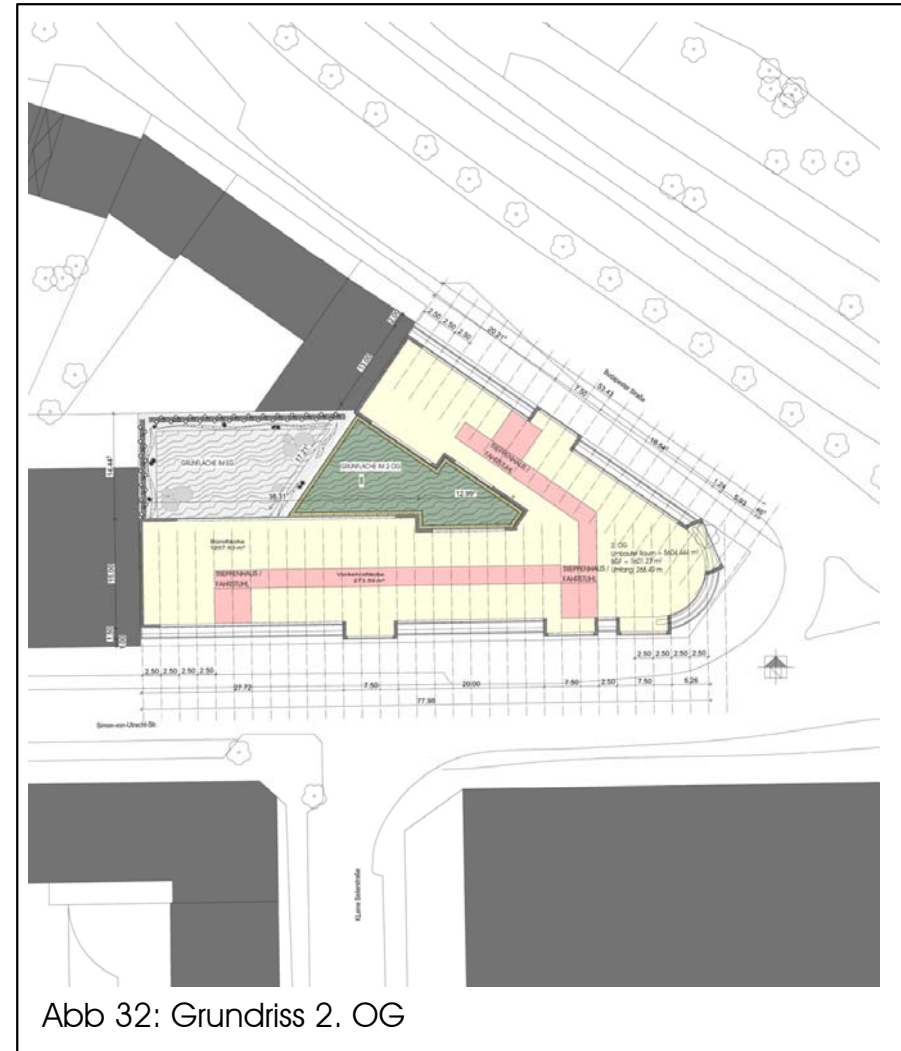
Im Folgenden finden sich die Zeichnungen des geplanten Gebäudes: Ansichten aus verschiedenen Blickwinkeln sowie Grundrisse der einzelnen Geschosse in aufsteigender Reihenfolge und Details.



Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur
am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg



Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur
am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg



Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur
am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

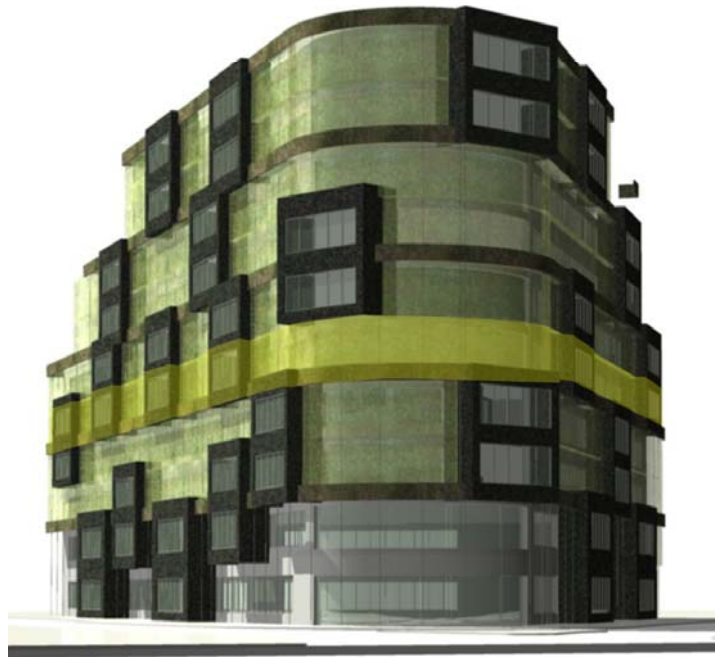


Abb. 35: Ansicht Osten

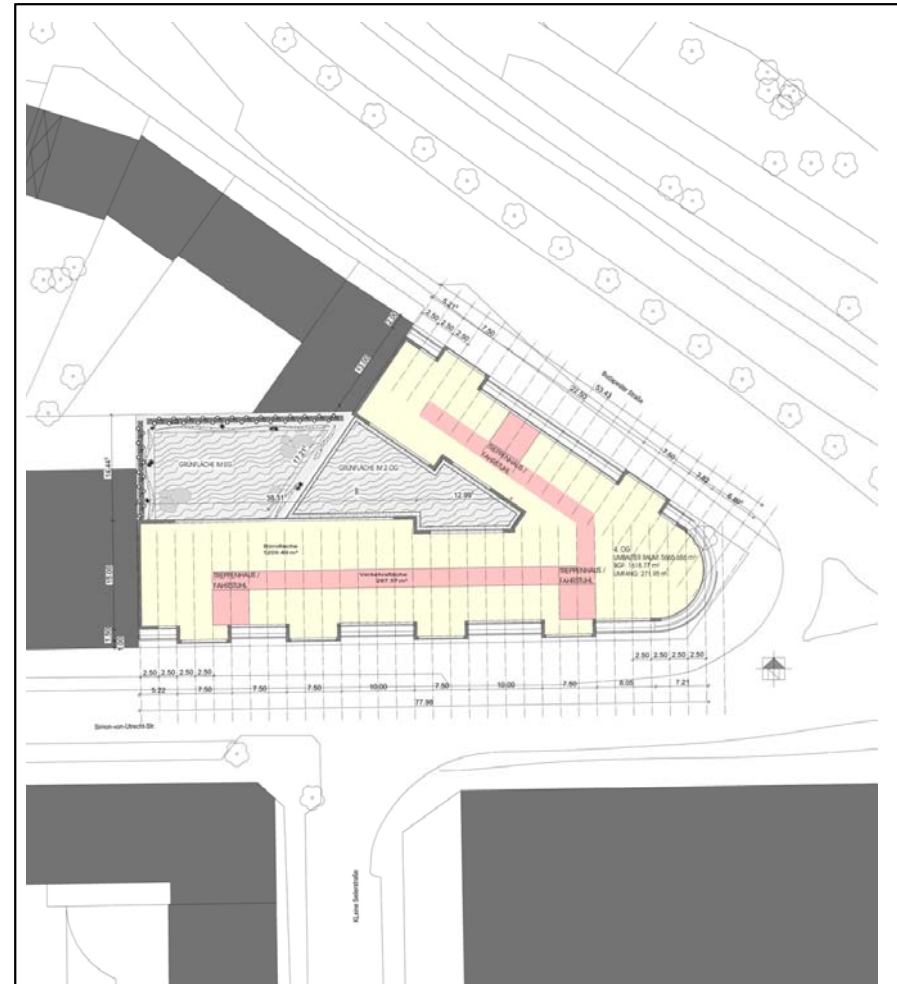
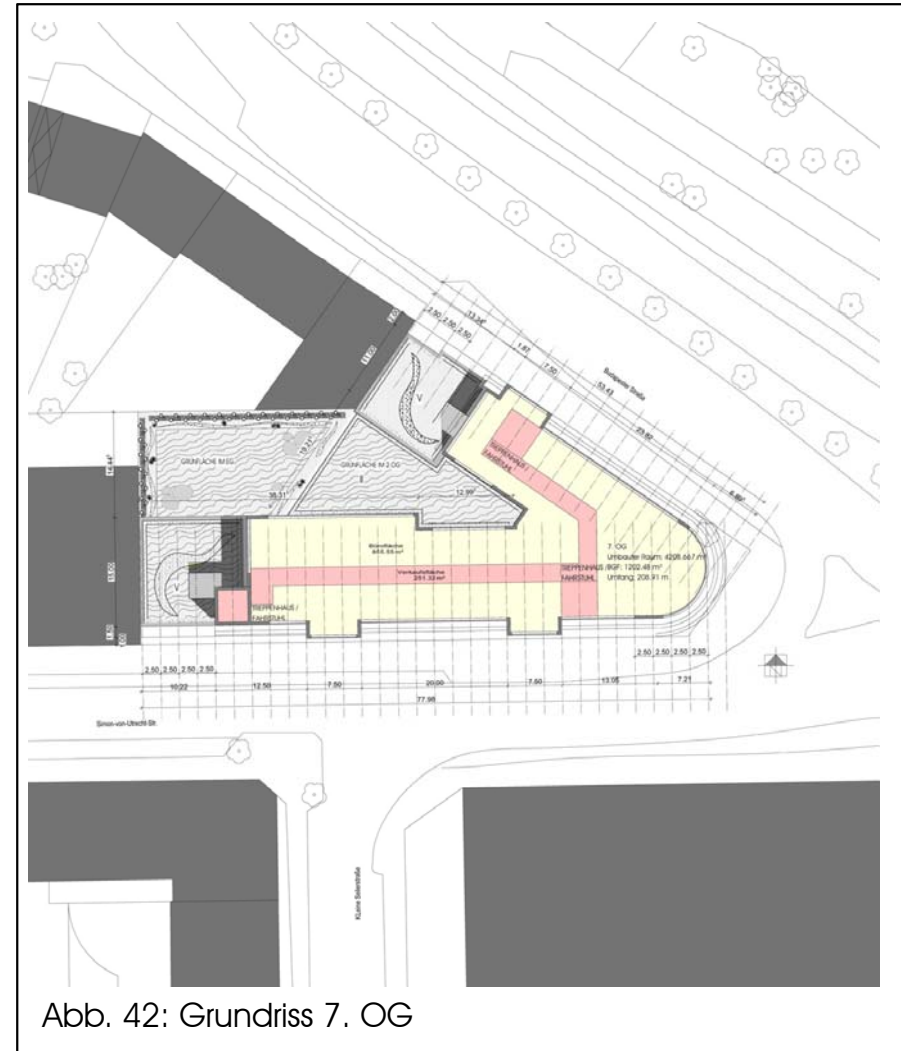
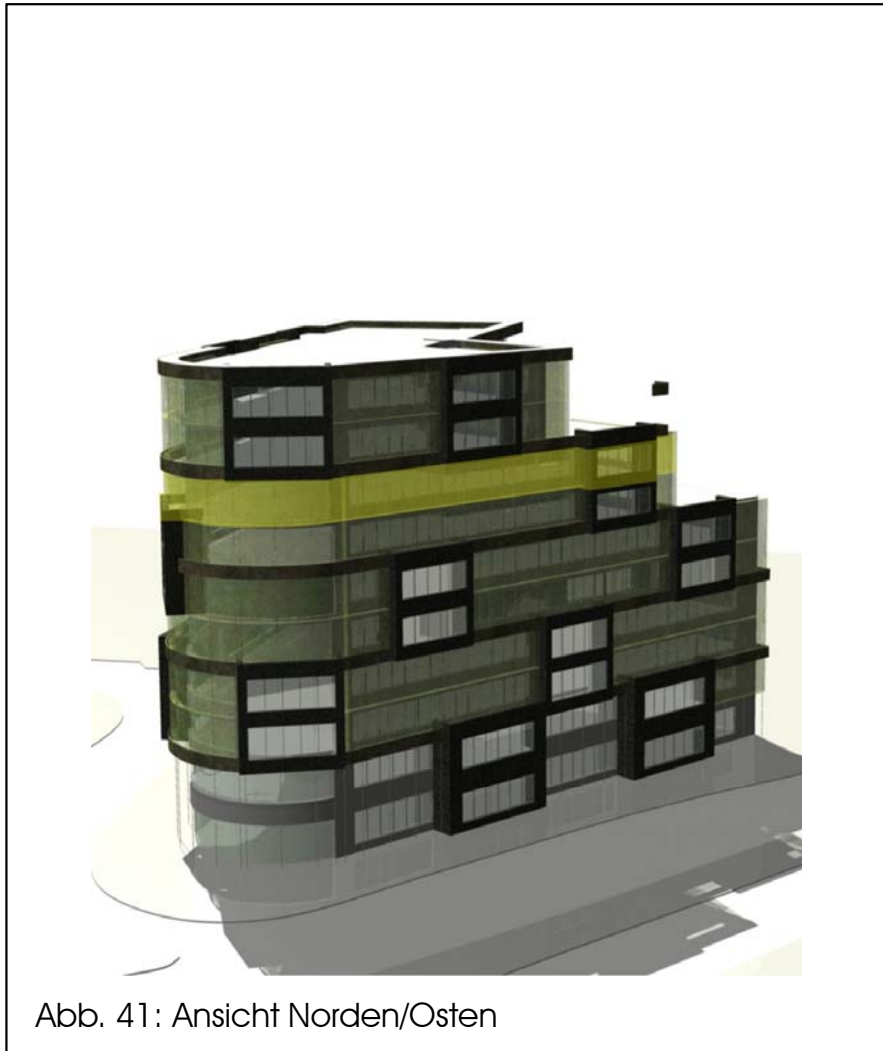


Abb. 36: Grundriss 4. OG

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur
am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg



Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur
am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

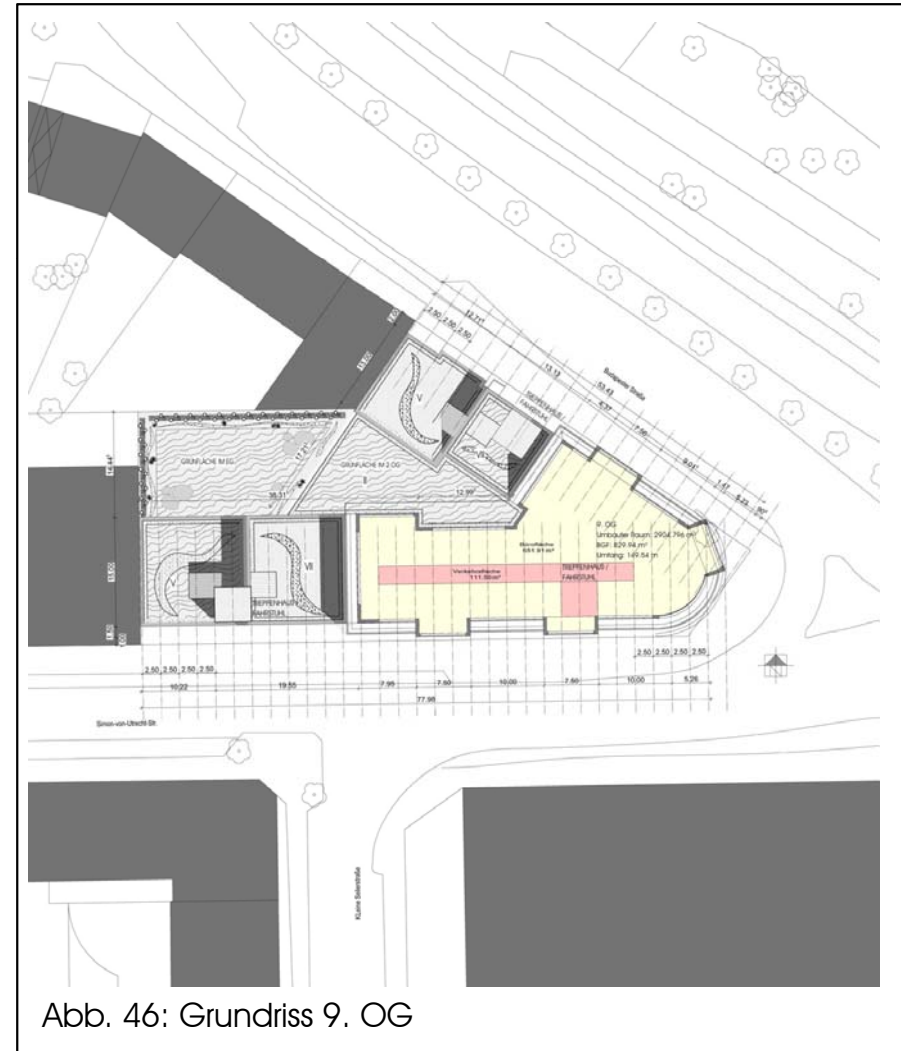


Abb. 43: Ansicht Norden



Abb. 44: Grundriss 8. OG

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur
am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg



Master-Thesis von Florian Betzler

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur
am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg



Abb. 47: Ansicht Süden/Osten



Abb. 48: Dachaufsicht

Master-Thesis von Florian Betzler

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon von Utrecht Straße in Hamburg

3.6 Flächenberechnungen Nettogrundfläche/Umbauter Raum

Tabelle 2 zeigt die Zusammenfassung der ausführlicheren Berechnungen der Flächen und des umbauten Raumes, die sich im Anhang befinden. Die Nettogrundfläche beträgt gesamt 13.190,96 qm. Diese unterteilt sich in 9.494,42 qm Nutzfläche und 3.696,54 qm Verkehrsfläche. Die Flächen verteilen sich auf das EG und 9 Obergeschosse. Das EG überbaut das ganze Grundstück, die Flächen in den einzelnen Geschossen sind nach oben hin abnehmend.

Der Umbaute Raum bezeichnet die umbauten Flächen, inkl. der Konstruktion. Auch hier ist das Erdgeschoß naturgemäß mit mehr Kubikmetern vertreten als die kleineren oberen Geschosse. Die Tiefgaragen sind bei den beiden Berechnungen nicht berücksichtigt.

Tabelle 2: Nettogrundflächen und Flächen umbauter Raum

NETTOGRUNDFLÄCHE			
GESCHOSS	NUTZFLÄCHE	VERKEHRS- FLÄCHE	GESAMT- FLÄCHE
EG	1.662,22	73	1.735,22
1. OG	1.411,85	349,77	1.761,62
2. OG	1.207,63	273,50	1.481,13
3. OG	1.180,27	287,57	1.467,84
4. OG	1.209,47	287,57	1.497,04
5. OG	1.208,08	287,57	1.495,65
6. OG	867,34	251,39	1.118,73
7. OG	855,59	251,32	1.106,91
8. OG	651,91	111,50	763,41
9. OG	651,91	111,5	763,41
GESAMT:	9.494,42	3.696,54	13.190,96

UMBAUTER RAUM	
GESCHOSS	UMBAUTER RAUM
EG	7.783,06
1. OG	6.514,58
2. OG	5.604,41
3. OG	5.551,94
4. OG	5.665,69
5. OG	5.661,55
6. OG	4.257,18
7. OG	4.208,59
8. OG	2.904,83
9. OG	2.904,88
GESAMT:	51.056,71

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

3.7 Energiekonzept

Kontrollierte Be- und Entlüftung

Das Gebäude wird geschossweise kontrolliert be- und entlüftet. Dabei wird die Frischluft dezentral in den einzelnen Büros zugeführt und erwärmt. Die Abluft wird zentral abgesaugt und die Energie über einen Wärmetauscher wieder der Heiz- bzw. Kühlenergie zugeführt. Hierdurch können die Büros individuell geregelt werden. Spitzenlasten und Wetterveränderungen auf die durch die Bauteilaktivierung nur sehr langsam reagiert werden kann, werden hierdurch ausgeglichen.

Bauteilaktivierung

Die Haupt-Wärme- und Kühllast wird über eine Bauteilaktivierung der Betondecken erreicht (Grundlast). Dabei wird das durch die Wärmepumpe erwärmte bzw. durch den Wärmetauscher gekühlte Wasser in dünnen Rohren durch den Beton geleitet, der dann entsprechend die Energie als Wärmestrahlung abgibt bzw. die Wärmeenergie aufnimmt.

Wärmespeicher / zusätzlicher Wärmeeintrag

Untergeschoss wird in einem großen Wassertank das Regenwasser für die Bewässerung der Gebäudebegrünung gespeichert. Dieses Wasser wird durch die Erdwärme auf ca. 12° C erwärmt bzw. gekühlt. Diese Wärmeenergie wird durch Wärmepumpen für die Beheizung des Gebäudes genutzt. Im Sommer wird über Wärmetauscher die Wärmeenergie entsprechend an den Wassertank abgegeben. Sollte diese Energiemenge im Winter nicht ausreichen, können entweder Erdwärmepumpen, oder wenn dies zu aufwendig sein sollte, ein Blockheizkraftwerk zusätzliche Wärmeeinträge in das Zisternenwasser vornehmen.

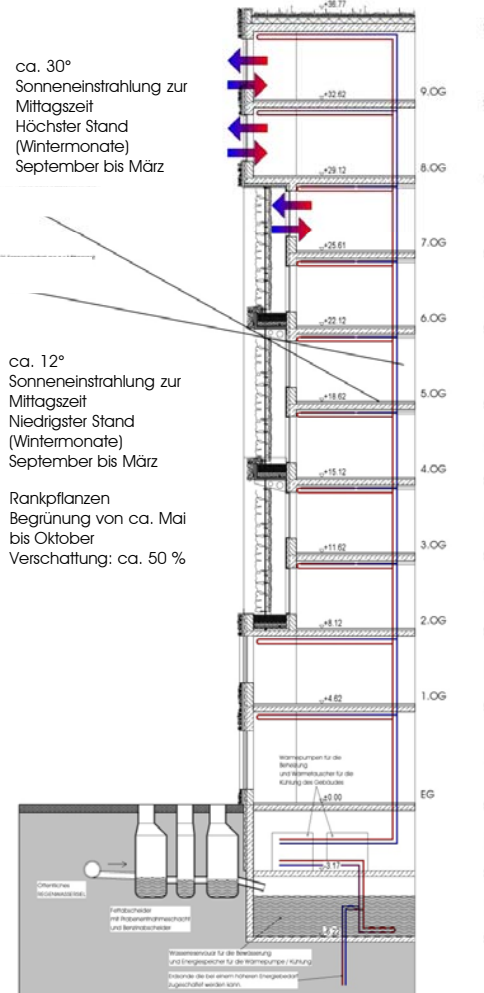


Abb. 49: Fassadenschnitt / Energiekonzept

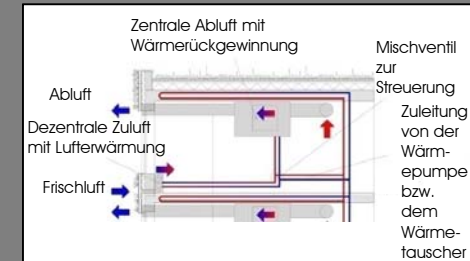


Abb. 50.: Geschossweise Lüftung mit
Wärmerückgewinnung



Abb. 51: Kapillarrohre in einer Stahlbetondecke

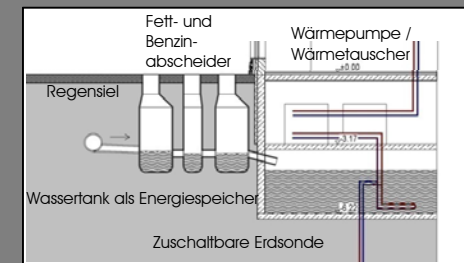


Abb. 52: Wasserspeicher / Wärmepumpe

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

3.7.1 Energieeinsparverordnung

In der Energieeinsparverordnung werden bautechnische Standardanforderungen zum effizienten Betriebsenergieverbrauch vom Gesetzgeber vorgeschrieben.

Die Verordnung umfasst die vorherige Heizungsanlagen- und Wärmeschutzverordnung unter Erweiterung des bisherigen Bilanzierungsrahmens.

So wird nicht mehr nur die Nutzenergie im Raum berücksichtigt, sondern ebenfalls die Anlagentechnik und deren Wärmeverluste durch Erzeugung, Verteilung, Speicherung und Übergabe in die Energiebilanz einbezogen.

Weiterhin wird ein Primärenergiefaktor in die Bilanz einberechnet, der die durch Gewinnung, Umwandlung und Transport des jeweiligen Energieträgers entstehenden Verluste berücksichtigt. So können die Anlagentechnik und der bauliche Wärmeschutz in der Gesamtbilanz verrechnet werden.

Bei Neubauten ist der Jahresprimärenergiebedarf in Abhängigkeit von der Gebäudekompaktheit die Hauptanforderungsgröße in der EnEV (vgl. Wikipedia 2009).

Im Energieausweis werden die Gebäude energetisch bewertet. Der Energieausweis des geplanten Büro- und Geschäftsgebäudes in der Simon-von-Utrecht-Straße ist rechts abgebildet.

ENERGIEAUSWEIS

für Nichtwohngebäude
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Gültig bis: 03.09.2019 1

Gebäude

Hauptnutzung/ Gebäudekategorie	Büro- und Geschäftsgebäude	
Adresse	Simon-von-Utrecht Straße 20359 Hamburg	
Gebäudeteil		
Baujahr Gebäude	2009	
Baujahr Wärmeerzeuger	2009	
Baujahr Klimaanlage		
Nettogrundfläche	14.359 m ²	
Anlass der Ausstellung des Energieausweises	<input checked="" type="checkbox"/> Neubau <input type="checkbox"/> Modernisierung <input type="checkbox"/> Aushang bei öffentlichen Gebäuden <input type="checkbox"/> Vermietung/Verkauf <input type="checkbox"/> (Änderung/Erweiterung) <input type="checkbox"/> Sonstiges (freiwillig)	

Hinweise zu den Angaben über die energetische Qualität des Gebäudes

Die energetische Qualität eines Gebäudes kann durch die Berechnung des **Energiebedarfs** unter standardisierten Randbedingungen oder durch die Auswertung des **Energieverbrauchs** ermittelt werden. **Als Bezugsfläche dient die Nettogrundfläche.**

Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Berechnungen des **Energiebedarfs** erstellt. Die Ergebnisse sind auf **Seite 2** dargestellt. Zusätzliche Informationen zum Verbrauch sind freiwillig. Diese Art der Ausstellung ist Pflicht bei Neubauten und bestimmten Modernisierungen. Die angegebenen Vergleichswerte sind die Anforderungen der EnEV zum Zeitpunkt der Erstellung des Energieausweises (**Erläuterungen – siehe Seite 4**).

Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Auswertungen des **Energieverbrauchs** erstellt. Die Ergebnisse sind auf **Seite 3** dargestellt. Die Vergleichswerte beruhen auf statistischen Auswertungen.

Datenerhebung Bedarf/Verbrauch durch: Eigentümer Aussteller

Dem Energieausweis sind zusätzliche Informationen zur energetischen Qualität beigelegt (freiwillige Angabe).

Hinweise zur Verwendung des Energieausweises

Der Energieausweis dient lediglich der Information. Die Angaben im Energieausweis beziehen sich auf das gesamte Gebäude oder den oben bezeichneten Gebäudeteil. Der Energieausweis ist lediglich dafür gedacht, einen überschlägigen Vergleich von Gebäuden zu ermöglichen.

Aussteller

Florian Betzler
Planungsteam Betzler GmbH/ CSD-Berlin
Nienstedtener Marktplatz 29
22609 Hamburg

Datum

03.09.2009

Unterschrift des Ausstellers

Abb. 53-55: Energieausweis des geplanten Gebäudes

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Erläuterungen

4

Energiebedarf – Seite 2

Der Energiebedarf wird in diesem Energieausweis durch den Jahres-Primärenergiebedarf und den Endenergiebedarf für die Anteile Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung dargestellt. Diese Angaben werden rechnerisch ermittelt. Die angegebenen Werte werden auf der Grundlage der Bauunterlagen bzw. gebäudebezogener Daten und unter Annahme von standardisierten Randbedingungen (z. B. standardisierte Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, standardisierte Innentemperatur und innere Wärmegewinne usw.) berechnet. So lässt sich die energetische Qualität des Gebäudes unabhängig vom Nutzerverhalten und der Wetterlage beurteilen. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch.

Primärenergiebedarf – Seite 2

Der Primärenergiebedarf bildet die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes ab. Er berücksichtigt neben der Endenergie auch die so genannte „Vorkette“ (Erkundung, Gewinnung, Verteilung, Umwandlung) der jeweils eingesetzten Energieträger (z. B. Heizöl, Gas, Strom, erneuerbare Energien etc.). Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz und eine die Ressourcen und die Umwelt schonende Energienutzung. Die angegebenen Vergleichswerte geben für das Gebäude die Anforderungen der Energieeinsparverordnung an, die zum Zeitpunkt der Erstellung des Energieausweises galt. Sie sind im Falle eines Neubaus oder der Modernisierung des Gebäudes nach § 9 Abs. 1 EnEV einzuhalten. Bei Bestandsgebäuden dienen sie der Orientierung hinsichtlich der energetischen Qualität des Gebäudes. Zusätzlich können die mit dem Energiebedarf verbundenen CO₂-Emissionen des Gebäudes freiwillig angegeben werden.

Endenergiebedarf – Seite 2

Der Endenergiebedarf gibt die nach technischen Regeln berechnete, jährlich benötigte Energiemenge für Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung an. Er wird unter Standardklima- und Standardnutzungsbedingungen errechnet und ist ein Maß für die Energieeffizienz eines Gebäudes und seiner Anlagentechnik. Der Endenergiebedarf ist die Energiemenge, die dem Gebäude bei standardisierten Bedingungen unter Berücksichtigung der Energieverluste zugeführt werden muss, damit die standardisierte Innentemperatur, der Warmwasserbedarf, die notwendige Lüftung und eingebaute Beleuchtung sichergestellt werden können. Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz.

Energetische Qualität der Gebäudehülle – Seite 2

Angegeben ist der spezifische, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmetransferkoeffizient (Formelzeichen in der EnEV: H_T). Er ist ein Maß für die durchschnittliche energetische Qualität aller wärmeübertragenden Umfassungsflächen (Außenwände, Decken, Fenster etc.) eines Gebäudes. Kleine Werte signalisieren einen guten baulichen Wärmeschutz.

Heizenergie- und Stromverbrauchskennwert (Energieverbrauchskennwerte) – Seite 3

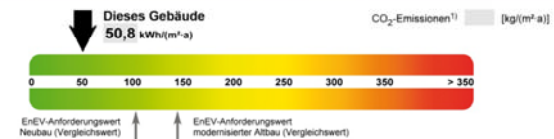
Der Heizenergieverbrauchskennwert (einschließlich Warmwasser) wird für das Gebäude auf der Basis der Erfassung des Verbrauchs ermittelt. Das Verfahren zur Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter Nettogrundfläche nach Energieeinsparverordnung. Über Klimafaktoren wird der erfasste Energieverbrauch hinsichtlich der örtlichen Wetterdaten auf ein standardisiertes Klima für Deutschland umgerechnet. Der ausgewiesene Stromverbrauchskennwert wird für das Gebäude auf der Basis der Erfassung des Verbrauchs oder der entsprechenden Abrechnung ermittelt. Die Energieverbrauchskennwerte geben Hinweise auf die energetische Qualität des Gebäudes. Kleine Werte signalisieren einen geringen Verbrauch. Ein Rückschluss auf den künftig zu erwartenden Verbrauch ist jedoch nicht möglich. Der tatsächliche Verbrauch einer Nutzungseinheit oder eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens oder sich ändernder Nutzungen vom angegebenen Energieverbrauchskennwert ab. Die Vergleichswerte ergeben sich durch die Beurteilung gleichartiger Gebäude. Dazu wurden die Daten von einer großen Anzahl Gebäude untersucht und bewertet. Der Vergleichswert ist dabei der flächengewichtete Mittelwert aus der statischen Verteilung. Kleinere Verbrauchswerte als der Vergleichswert signalisieren eine gute energetische Qualität im Vergleich zum Gebäudebestand dieses Gebäudetyps. Die Vergleichswerte werden durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie bekannt gegeben.

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

2

Primärenergiebedarf „Gesamtenergieeffizienz“



Nachweis der Einhaltung des § 4 oder § 9 Abs. 1 EnEV²⁾

Primärenergiebedarf		Energetische Qualität der Gebäudehülle	
Gebäude Ist-Wert	50,8 kWh/(m ² ·a)	Gebäude Ist-Wert H _T	0,36 W/(m ² ·K)
EnEV-Anforderungswert	103,4 kWh/(m ² ·a)	EnEV-Anforderungswert H _T	1,09 W/(m ² ·K)

Energiebedarf

Energieträger	Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m ² ·a) für					Gebäude insgesamt
	Heizung	Warmwasser	Eingebaute Beleuchtung	Lüftung	Kühlung einschl. Befehuchtung	
solar	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7
eco-Strom	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8
Strom-Mix	0,2	0,0	0,5	7,2	0,0	7,9

Aufteilung Energiebedarf

[kWh/(m ² ·a)]	Heizung	Warmwasser	Eingebaute Beleuchtung	Lüftung	Kühlung einschl. Befehuchtung	Gebäude insgesamt
Nutzenergie	0,0	0,0	0,5	7,2	0,0	7,7
Endenergie	14,7	0,0	0,5	7,2	0,0	22,4
Primärenergie	29,8	0,0	1,4	19,6	0,0	50,8

Sonstige Angaben

- Einsetzbarkeit alternativer Energieversorgungssysteme:**
 nach § 5 EnEV vor Baubeginn geprüft
- Alternative Energieversorgungssysteme werden genutzt für:**
 Heizung Warmwasser Eingebaute Beleuchtung
 Lüftung Kühlung
- Lüftungskonzept**
 Die Lüftung erfolgt durch:
 Fensterlüftung Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung
 Schachtlüftung Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Gebäudezonen

nr.	Zone	fläche [m ²]	Anteil [%]
1	<1> Büro, Gruppenbüro	9.321	65
2	<2> Verkehrsflächen, Verkeh	29	0
3	<3> Laden, Einzelhandel	1.672	12
4	<4> Tiefgarage, Lager	1.669	12
5	<5> Lager, Lager	1.669	12

Weitere Zonen in Anlage

Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Das verwendete Berechnungsverfahren ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die ausgewiesenen Bedarfswerte sind spezifische Werte nach der EnEV pro Quadratmeter Nettogrundfläche. Die oben als EnEV-Anforderungswert bezeichneten Anforderungen der EnEV sind nur im Falle des Neubaus und der Modernisierung nach § 9 Abs. 1 EnEV bindend.

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

3.7.2 Berechnung der Verdunstungskühlung

Tabelle Nummer I im Anhang zeigt die Datengrundlage zur Berechnung der Kühlenergie, die vom geplanten Gebäude über die Verdunstung der Pflanzen an den Stadtraum abgegeben wird.

Bei der Berechnung werden die Flächen der Pflanzsysteme (A bis E) mit der angenommenen Verdunstungsmenge pro Tag sowie mit der Anzahl der Tage einer Vegetationsmenge multipliziert.

Die so ermittelten Rechnungsgrundlagen in Liter Wasser werden mit einer Verdunstungsenergiemenge KWs/Liter multipliziert. Diese Kühlleistung wird dann auf die Kühlmenge in KWh pro Tag und insgesamt KWh pro Jahr umgerechnet.

Diese Berechnung fußt auf den Erfahrungen, die über mehrere Jahre in Modelversuch am Neubau des Instituts für Physik in Berlin Adlershof gesammelt wurden und die durch die Hochschule Neubrandenburg begleitet wurden.

Die Ergebnisse, bezogen auf die durchschnittliche Pflanz- und Verdunstungsperiode, die einzelnen Pflanzsysteme und die Pflanzen selbst wurden hier mit Mittelwerten zugrunde gelegt.

Es gibt alternative Berechnungsmethoden. Eine befasst sich mit einer Berechnung auf der Grundlage der physikalischen Faktoren des Mikroklimas wie z. B. Windgeschwindigkeit, Temperaturabweichungen, Sonneneinstrahlungen, etc.

Eine andere basiert auf der Berechnung der Blattgrößen und der Blattdichte unterschiedlicher Pflanzen und ermittelt so die anzunehmenden Verdunstungsmengen.

Die Berechnung über mittelfristig ausgewertete Verbräuche an konkreten Pflanzenarten und verschiedenen Pflanzsystemen erschien mir an dieser

Stelle die praktischste Methode, denn die Zahlen aus Berlin kann man m.E. ohne Anpassung auf Hamburg mit einem sehr ähnlichen Klima anwenden.

Ergebnis:

Die einzeln berechneten Pflanzsysteme generieren über das Jahr 6.180.876 Kwh/Jahr Kühlenergie, die direkt das Mikroklima kühlen.

Die Kühllast übersteigt damit die Wärme-Emissionen von ca. 300.000 Kwh/Jahr um das 20fache.

Dies bedeutet, wären ca. 5 % der Gebäude einer Stadt in dieser Architektur ausgeführt, würden 100 % der Wärme-Emission einer Stadt kompensiert und der lokale Regen- und Nährstoffkreislauf nahezu komplett geschlossen.

Dies ist, vor dem Hintergrund ausgedehnter, schnell wachsender Stadträume ein positiver Input zur Verlangsamung der Klimaerwärmung bzw. der Klimakühlung.

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

3.8 Baubeschreibung

Quelle: Berechnung des Wärmeschutznachweises zur Energieeinsparverordnung (siehe Anhang 5).

Baukonstruktion

Sohle:

Die Sohle besteht aus einer wasserundurchlässigen Strahlbetonplatte, die mit den entsprechenden Übergängen zu den aufgehenden Stahlbetonwänden wasserdicht angeschossen wird. Die Oberfläche wird mit einem wasserdichten Anstrich versehen, da die Sohle den unteren Abschluss des Wassertanks bildet, der sich unter dem Gebäude befindet.

Kellerwände:

Die Wände in den beiden Untergeschossen werden aus wasserundurchlässigem Beton erstellt, die wasserundurchlässig an die Sohle und die Zwischendecke zur Tiefgarage angeschlossen werden. Die Wände im 2.UG werden wie die Sohle mit einem wasserdichten Anstrich versehen.

Decken:

Die Decke zwischen dem Wassertank im 2.UG und der Tiefgarage im 1.UG wird aus WU-Beton erstellt um ein Durchsickern von Tauwasser etc. in den Wassertank zu verhindern. Auf die Decke wird eine Verschleißschicht aus Kunstharz aufgebracht.

Die Decke über der Tiefgarage wird unterseitig mit einer nichtbrennbaren glasvliesbeschichteten Dämmung versehen. Auf der Stahlbetondecke wird ein schwimmender Estrich mit 8 cm Dämmung verlegt.

Die Geschossdecken bestehen aus Stahlbetondecken mit einer thermischen Bauteilaktivierung, bei der die Decken mit Wasser durchströmt werden. Die Unterseite erhält eine Putzoberfläche. Auf der Stahlbetondecke wird ein schwimmender Estrich verlegt.

Außenwände EG - 9. OG:

Die Außenwände werden als Holzständerwerk erstellt. Der Aufbau ist von innen nach außen: Lehmputz aus 19mm Strohlehm und 14 mm Leichtlehm auf einer Lehmbauplatte, Dampfbremse, Holzständerwerk 6/14 cm mit ISOFLOC L+ ausgeblasen, 2 Lagen Pavatex L 18 und 60 mm, diffusionsoffene und winddichte Fassadenbahn und Faserzementplatten auf einer hinterlüfteten Konstruktion.

Dächer:

Die Dächer bestehen aus Stahlbetondecken mit einer thermischen Bauteilaktivierung, bei der die Stahlbetonplatte mit Wasser durchströmt wird. Die Unterseite erhält eine Putzoberfläche. Der Aufbau auf der Stahlbetondecke ist von unten nach oben: Dampfsperre, Gefälledämmung mind. 20 cm, Abklebung, Speicherschutzmatte, Wurzelschutzfolie und Dachbegrünung mit 15-25 cm mit einer intensiven Begrünung.

Die Pflanztröge vor der Fassade bestehen aus innen mit 2 cm Styropor gedämmten Betonbehältern, die auf verzinkten Stahlkonsolen liegen, die thermisch getrennt an der Fassade befestigt.

Die Holzfenster erhalten aus Schallschutzgründen eine 3-fach-Verglasung.

Haustechnik

Heizung:

Die Wärmeerzeugung erfolgt über Wärmepumpen. Diese beziehen Ihre Wärmeenergie aus dem Wasserreservoir unter dem Gebäude und zusätzlich durch Erdsonden.

Abwasser:

Das Regenwasser wird aus dem Regenwassertank unter dem Gebäude über das Gründach als Vorklärstufe in die begrünten Pflanztröge geleitet, und verdunstet.

Das Schmutzwasser wird in die öffentliche Kanalisation geleitet.

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg









<p>Eichendielen als Bodenbelag in den Bürogeschossen</p> 	<p>Lehmbauplatten und Lehmputz an den Innenwänden</p> 	<p>Mineralische Dämmung für den Trittschall</p> 
<p>Cobiaxbetondecke mit Kugeln aus Recyceltem PEHD</p> 	<p>Zellulosedämmung in den Wänden</p> 	
<p>Juramarmorplatten als Bodenbelag im EG</p> 	<p>Recyclingbeton für die Bodenplatte</p> 	

Abb. 56 Baustoffe (Quelle: Archiv PTB, Architekten)

Rohstoffe

Verfügbarkeit

Für die Erstellung eines Gebäudes müssen genügend gut verfügbare Rohstoffe zur Verfügung stehen. Dabei handelt es sich um nachwachsende und nicht nachwachsende Rohstoffe. Die Kriterien für die Verwendung sollten sich danach richten möglichst „gut verfügbare“ Rohstoffe zu verwenden und möglichst wenig „schlecht verfügbar“. Wobei auch bei gut verfügbaren Rohstoffen auf eine effiziente Nutzung zu achten ist.

Umweltbelastung

Der Energieverbrauch für die Herstellung eines Baustoffes wird als „graue Energie“ bezeichnet. Sie ist ein wichtiges Kriterium für den Ressourcenaufwand der betrieben werden muss um diesen Baustoff herzustellen und einzubauen. Bei der Gesamtbetrachtung (Ökobilanz) wird die gesamte Umweltbelastung berücksichtigt (UBP, Graue Energie, Co2.Eq, usw.). Daher ist die Form eines Gebäudes von primärer Bedeutung, da durch eine kompakte Bauweise die größten Einsparungen zu erzielen sind.

Schadstoffe

Das Kriterium bezweckt eine Verminderung der Schadstoffemissionen aus Baustoffen im Innen- und Außenbereich. Bei den Schadstoffen im Innenbereich ist der Luftwechsel von zentraler Bedeutung, da eine komplette Schadstofffreiheit nicht möglich ist. Durch eine gezielte Auswahl von emissionsarmen und evtl. -freien Baustoffen lässt sich jedoch der ein Großteil der Schadstoffbelastungen erfassen und erheblich reduzieren.

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

3.9 Kostenschätzung

3.9.1 Wirtschaftlichkeit

Kosten/Nutzen Konzept:

Das Gebäude hat durch die Fassadengestaltung und die hochwertige Gebäudehülle sehr positive Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit, betrachtet über den ganze Lebenszyklus.

Einsparung von Kühlenergie im Gebäude:

Durch die Fassadenbegrünung ist das Gebäude in den sonnenreichen Sommermonaten komplett mit einer außenliegenden Lauboberfläche versehen. Diese ist so aktiv wie eine außenliegende Jalousie, denn Sie blockiert die Hitzestrahlung zu ca. 50 % bevor diese die Gebäudehülle erreicht, sie durchquert und die inneren Nutzflächen sommerlich aufwärmt. Somit wird der Kühlenergiebedarf sehr deutlich reduziert werden. Bei dem zitierten Gebäude „Consortio-Sanitage“ sollen diese Vorteile mit ca. 30 % Einsparung der verbrauchten Gesamtenergie eingetreten sein.

Reduktion der in den Stadtraum abgegebenen, äußeren Wärmestrahlung:

Ebenso wie der reduzierte Wärmeeintrag ins Gebäude, wird auch die äußere Fassade vor einer Aufheizung bewahrt. Die über den Tag verteilte Einstrahlung, die nachts wieder abstrahlt, wird ebenfalls durch das Pflanzenkleid deutlich reduziert, mit sehr nachhaltigen Vorteilen gegenüber dem in Städten überheizten Mikroklima.

Erhöhte Wärmedämmleistungen der Gebäudehülle durch die Substrate:

Wir haben durch die 15 –25 cm starke Dachbegrünung und die substratgefüllten Pflanzsysteme vor der Fassade einerseits eine reduzierte Sonneneinstrahlung auf die so geschützten Bauteile, und andererseits einen besseren Schutz vor winterlichen Kälteeinflüssen. Diese zusätzliche Energiesparmerkmale sind bei der EnEV-Berechnung nur überschlägig berücksichtigt worden und dürften die zu erzielenden Vorteile noch positiver gestalten.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung:

Bei einer wirtschaftlichen Betrachtung dieses Gebäudes sind die Baukosten nur ein Faktor, der zu betrachten sein wird. Wesentlich ist ebenfalls die Beurteilung der Folgekosten über den Lebenszyklus.

Folgekosten sind die Kosten, die das Gebäude zum Betrieb benötigt, und die in einem sehr wesentlichen Teil durch die Klimatisierung, die Beleuchtung und den warmwasserbedarf innerhalb des Gebäudes verursacht werden.

Das geplante Gebäude ist in seinen Komponenten mit der Zielsetzung einer Goldzertifizierung durch den DGNB (Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen e.V.), dem deutschen Nachhaltigkeitsiegel ausgelegt.

Bei der Betrachtung der Kostenarten wird der Lebenszyklus von 50 Jahren zugrunde gelegt.

Eine so lange Betrachtung erfordert bei den Kosten der Energielieferanten die Einrechnung einer Energiesteigerungsrate. Dieser „Inflationsausgleich“ wird nachfolgend mit 4 % per anno im Durchschnitt eingerechnet. Dies ist eine Empfehlung des DGNB, obwohl die Erfahrungen der letzten Jahre Steigerung von ca. 10 % p.a. und mehr gezeigt haben, und Energiekosten durch die knappen Ressourcen mit der dadurch hervorgerufenen Verteuerungen auch in Zukunft stark steigen werden.

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

3.9.2 Baukosten

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Aufstellung der Kosten. Die Kostenschätzung basiert auf dem BKI (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern), Ausgabe 2008. Anhand des darin beschriebenen Vergleichsobjektes 1300-020 (einfacher Standard) wurden die Kostengruppen 300 und 400 ermittelt. Die Metropolregion Hamburg wurde mit einem Standortfaktor 1,119 berechnet. Die Innenstadtlage und die mangelnde Stellfläche für eine Baustelleneinrichtung wurden mit einem Aufschlag berechnet.

Tabelle 3: Kostenschätzung

Kostenschätzung		Stand 13.10.2009	
Bürogebäude Simon von Utrecht Straße			
A) KG 300 + 400 GEBÄUDE OHNE DACH- UND FASSADENBEGRÜNUNG			
Grundlage: BKI Baukosten 2008	Alle Kosten Brutto einschl. 19% MwSt.		Summen Netto:
EINFACHER Standard gem. Einordnung des Gebäudes			
Vergleichsgebäude 1300-020	1.330 Euro / QM NGF		
Verwaltungsgebäude (130AP), Großraum- und Einzelbüros, Nebenräume, WC's und Teeküchen, Parkflächen im EG und UG, Hausmeisterwohnung. Einzelne Geschosse werden Vermietet. Stahlbetonskelettbau			
Regionalfaktor: Hamburg-Stadt:	1,119		
Wert gem. BKI einschl. Regionalfaktor:	1.488,27 Euro / QM NGF		
Aufschlag für innerstädtische Baustelle:	1,1		
Wert gem. BKI einschl. Regionalfaktor und Aufschlag für innerstädtische Baustelle:	1.637,10 Euro / QM NGF		
Nettogrundfläche des Gebäudes gem. Berechnung:	13.190,96 QM NGF		
Kosten für die Kostengruppen 300 + 400 EG bis 9.OG:	21.594.881,04 €		
Nettogrundfläche Tiefgarage:	3.654,00 QM NGF		
Kosten pro QM NGF:	550,00 Euro / QM NGF		
Kosten für die Kostengruppen 300 + 400 1. und 2. UG:	2.009.700,00 €		
Summe Kostengruppe 300 + 400:	23.604.581,04 €		19.835.782,39 €

Kostenschätzung		Stand 13.10.2009	
Bürogebäude Simon von Utrecht Straße			
Alle Kosten Brutto einschl. 19% MwSt.		Summen Netto:	
Kostengruppe 100	Grundstück	6.500.000,00 €	6.500.000,00 €
Kostengruppe 200	Hartflächen und Erschließen 0,7% von KG 300 + 400	165.232,07 €	138.850,48 €
Kostengruppe 300	Bauwerk - Baukonstruktion 81,8 % von KG 300 + 400	19.308.547,29 €	16.225.669,99 €
Kostengruppe 400	Bauwerk - Technische Anlagen 18,2 % von KG 300 + 400	4.296.033,75 €	3.610.112,39 €
Kostengruppe 500	Außenanlagen 1 % von KG 300 + 400	236.045,81 €	198.357,82 €
Kostengruppe 600	Ausstattung und Kunstwerke 2 % von KG 300 + 400	472.091,62 €	395.715,65 €
Kostengruppe 700	Baunebenkosten 17,5 % von KG 300 + 400	2.950.572,63 €	2.479.472,80 €
	Zwischenfinanzierung	1.399.551,58 €	1.399.551,58 €
	Summe KG 200 - 700	35.328.074,75 €	30.948.730,72 €

Um dieses Gebäude nach der bestehenden EnEV auf eine Goldzertifizierung nach DGNB auszurichten, werden geschätzte 15 % zusätzliche Baukosten für die Ertüchtigung der Gebäudehülle, und zusätzliche 10 % für die Begrünung und die Gebäudetechnik benötigt.

Als weitere Rechengrundlage für das einfache Gebäude werden insgesamt 31 Mio. Euro netto zugrunde gelegt.

Als weitere Rechengrundlage für das Gold Gebäude werden insgesamt 39 Mio. Euro netto zugrunde gelegt.

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

Ergänzend zu den Zahlenwerte aus der vorgenannten Tabelle ist in der folgenden Abbildung das ausgewählte Vergleichsobjekt mit einem Bild und einer Kurzcharakteristik beschrieben, und rechts mit dem Kostenkennwerten in der 1 + 2 Ebene nach den Kostengruppen der DIN 276 belegt.

Bürogebäude, einfacher Standard

Objektübersicht zur Gebäudeart

Objekt	BRI	BGF	NF
1300-020 Bürogebäude; TG	10.855m ³	3.786m ²	2.792m ²
1300-024 Bürogebäude	5.621m ³	1.632m ²	883m ²
1300-026 Finanzamt	18.466m ³	6.245m ²	4.050m ²
1300-034 Bürogebäude; Lager	17.769m ³	4.596m ²	3.464m ²

1300-020 Bürogebäude; TG
 Verwaltungsgebäude (130 AP), Großraum- und Einzelbüros, Nebenräume, WCs und Teeküchen, Parkflächen im EG und UG, Hausmeisterwohnung. Einzelne Geschosse werden vermietet. Stahlbetonskelettbau.
 Land: Baden-Württemberg
 Kreis: Böblingen
 Standard: unter Durchschnitt
 Bauzeit: 52 Wochen
 Kennwerte: bis 3.Ebene DIN276
 veröffentlicht: webshop.bki.de
 €/m² BGF: 811

1300-024 Bürogebäude
 Rechenzentrum mit Einzelbüros und Gruppenräume für flexible Nutzung. Mauerwerksbau.
 Land: Baden-Württemberg
 Kreis: Ludwigsburg
 Standard: unter Durchschnitt
 Bauzeit: 78 Wochen
 Kennwerte: bis 3.Ebene DIN276
 veröffentlicht: webshop.bki.de
 €/m² BGF: 934

1300-026 Finanzamt
 Finanzamt mit Einzelbüros und Sitzungsräumen, Dachgeschoss nicht ausgebaut, Lager- und Archivräume im UG, Teile des UG als Schutzraum nutzbar. Mauerwerksbau.
 Land: Niedersachsen
 Kreis: Harburg, Winsen/Luhe
 Standard: unter Durchschnitt
 Bauzeit: 91 Wochen
 Kennwerte: bis 3.Ebene DIN276
 veröffentlicht: webshop.bki.de
 €/m² BGF: 927

1300-034 Bürogebäude; Lager
 Gewerbe mit Büroräumen und Werkstätten (Hallen), Bürotrakte mit ca. 6.895m³ Kopfbau mit ca. 1.805m³ Hallenbereiche mit ca. 9.070m³, Mauerwerksbau.
 Land: Nordrhein-Westfalen
 Kreis: Leverkusen
 Standard: unter Durchschnitt
 Bauzeit: 43 Wochen
 Kennwerte: bis 1.Ebene DIN276
 veröffentlicht: webshop.bki.de
 €/m² BGF: 937

© BKI Baukosteninformationszentrum; Erläuterungen zu den Tabellen siehe Seite 32
 Kostenstand: 1. Quartal 2008, inkl. MwSt., Bundesdurchschnitt

Kostenkennwerte für die Kostengruppen der 1. und 2.Ebene DIN 276

KG	Kostengruppen der 1. Ebene	Einheit	von	€/Einheit	bis	von	% an 300+400	bis
100	Grundstück	m ² FBG						
200	Herrichten und Erschließen	m ² FBG	5	11	17	1,0	3,0	5,4
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	m ² BGF	601	708	820	77,1	81,8	85,6
400	Bauwerk - Technische Anlagen	m ² BGF	116	157	198	14,4	18,2	22,9
	Bauwerk (300+400)	m ² BGF	764	866	1.018		100,0	
500	Außenanlagen	m ² AUF	36	60	93	3,0	6,8	10,3
600	Ausstattung und Kunstwerke	m ² BGF	37	81	105	5,2	10,2	12,6
700	Baunebenkosten	m ² BGF	125	148	184	14,7	16,7	19,0

KG	Kostengruppen der 2. Ebene	Einheit	von	€/Einheit	bis	von	% an 300	bis
310	Baugrube	m ² BGI	9	16	21	1,5	2,5	3,5
320	Gründung	m ² GRF	160	192	278	6,6	10,5	17,8
330	Außenwände	m ² AWF	267	347	556	25,6	30,1	35,5
340	Innenwände	m ² IWF	143	179	212	15,2	19,0	25,0
350	Decken	m ² DEF	176	205	241	7,0	17,4	22,3
360	Dächer	m ² DAF	176	238	314	9,3	15,6	27,4
370	Baukonstruktive Einbauten	m ² BGF	2	7	27	0,2	0,9	3,5
390	Sonstige Baukonstruktionen	m ² BGF	16	28	43	2,4	4,0	6,4
							% an 400	
410	Abwasser, Wasser, Gas	m ² BGF	21	33	53	12,5	20,0	29,1
420	Wärmeversorgungsanlagen	m ² BGF	33	42	50	20,3	27,1	39,0
430	Lufttechnische Anlagen	m ² BGF	2	5	15	0,6	2,4	8,0
440	Starkstromanlagen	m ² BGF	42	58	82	29,5	34,6	42,7
450	Femmeldeanlagen	m ² BGF	3	15	31	1,4	7,3	17,5
460	Förderanlagen	m ² BGF	12	20	30	0,7	6,9	13,5
470	Nutzungsspezifische Anlagen	m ² BGF	1	5	15	0,2	1,7	8,4
480	Gebäudeautomation	m ² BGF	-	-	-	-	-	-
490	Sonstige Technische Anlagen	m ² BGF	-	-	-	-	-	-

Prozentualer Anteil der Kostengruppen der 2.Ebene an den Kosten des Bauwerks nach DIN 276

© BKI Baukosteninformationszentrum; Erläuterungen zu den Tabellen siehe Seite 24
 Kostenstand: 1. Quartal 2008, inkl. MwSt., Bundesdurchschnitt

Abb. 57: Kurzbeschreibung des Vergleichsobjekts (aus BKI BAUKOSTENINFORMATIONSZENTRUM 2008)

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

EnEV einfaches Gebäude, Ausschnitt aus Berechnung Seite 2



Abb. 58: Energieausweis einfaches Gebäude

Fazit:
Das einfache Gebäude, das bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung zugrunde gelegt wird hat, einen Primärenergiebedarf von 134,5 kWh (qm.a).

EnEV Gold-Gebäude, Ausschnitt aus Berechnung Seite 2

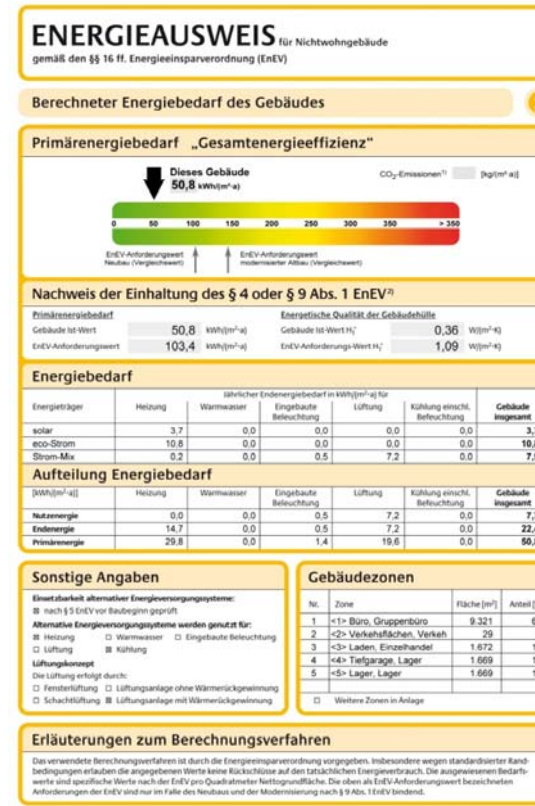


Abb. 59: Energieausweis Gold-Gebäude

Fazit:
Das Gold-Gebäude, das bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung zugrunde gelegt wird, hat einen Primärenergiebedarf von 50,8 kWh (qm.a).

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

Barwertzins: 3,5 %
Betrachtungszeitraum: 50 a
Energiepreise: Strom 0,25 €/kWh
Energieerzeuger Wärme/ Kälte – Wärmepumpe
Primärenergiebedarf: 134,5 kWh/m²a

1. Ergebnisdarstellung Ausgangslage EnEV-Standard, Referenzgebäude

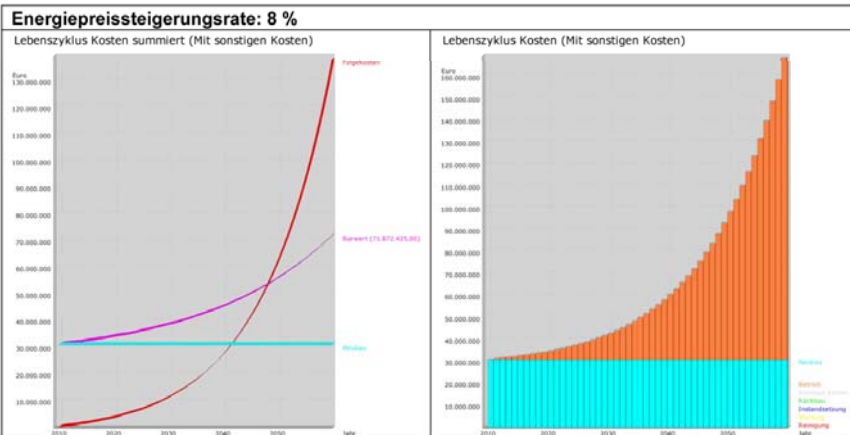


Abb. 60: Lebenszyklus-Kosten einfaches Gebäude

Fazit:

Das einfache Gebäude hat bei einer Erstinvestition von 31 Mio. Euro Folgekosten im Bereich Energie von 36 Mio. Euro bei einem betrachteten Lebenszyklus von 50 Jahren.

Dies ergibt eine Gesamtsumme von 67 Mio. Euro, was einem Barwert¹ von ca. 45 Mio. Euro entspricht.

¹(Der **Barwert** (z. T. *Gegenwartswert*, englisch *present value*) ist die Geldmenge, den zukünftige Finanzleistungen heute besitzen. Er wird durch Abzinsung der zukünftigen Zahlungen und anschließendes summieren ermittelt. Der DGNB empfiehlt einen Barwertzins von 3,5 %, der dieser Berechnung zugrunde liegt.)

Barwertzins: 3,5 %
Betrachtungszeitraum: 50 a
Energiepreise: Strom 0,25 €/kWh
Energieerzeuger Wärme/ Kälte – Wärmepumpe
Primärenergiebedarf: 50,8 kWh/m²a

Ergebnisdarstellung Gebäudekonzeption optimiert

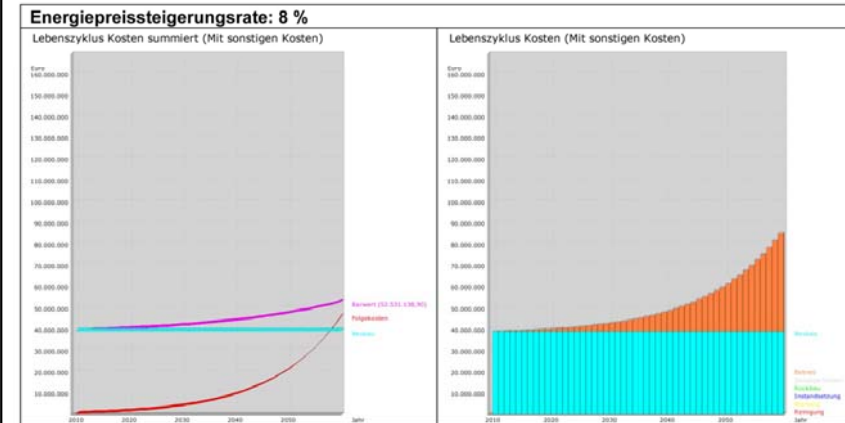


Abb. 61: Lebenszyklus-Kosten Gold-Gebäude

Fazit:

Das optimierte Gebäude hat bei einer Erstinvestition von ca. 39 Mio. Euro Folgekosten im Bereich Energie von ca. 11 Mio. Euro bei einem betrachteten Lebenszyklus von 50 Jahren.

Dies ergibt eine Gesamtsumme von ca. 50 Mio. Euro, was einem Barwert¹ von ca. 43 Mio. Euro entspricht.

¹(Der **Barwert** (z. T. *Gegenwartswert*, englisch *present value*) ist die Geldmenge, den zukünftige Finanzleistungen heute besitzen. Er wird durch Abzinsung der zukünftigen Zahlungen und anschließendes summieren ermittelt. Der DGNB empfiehlt einen Barwertzins von 3,5 %, der dieser Berechnung zugrunde liegt.)

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

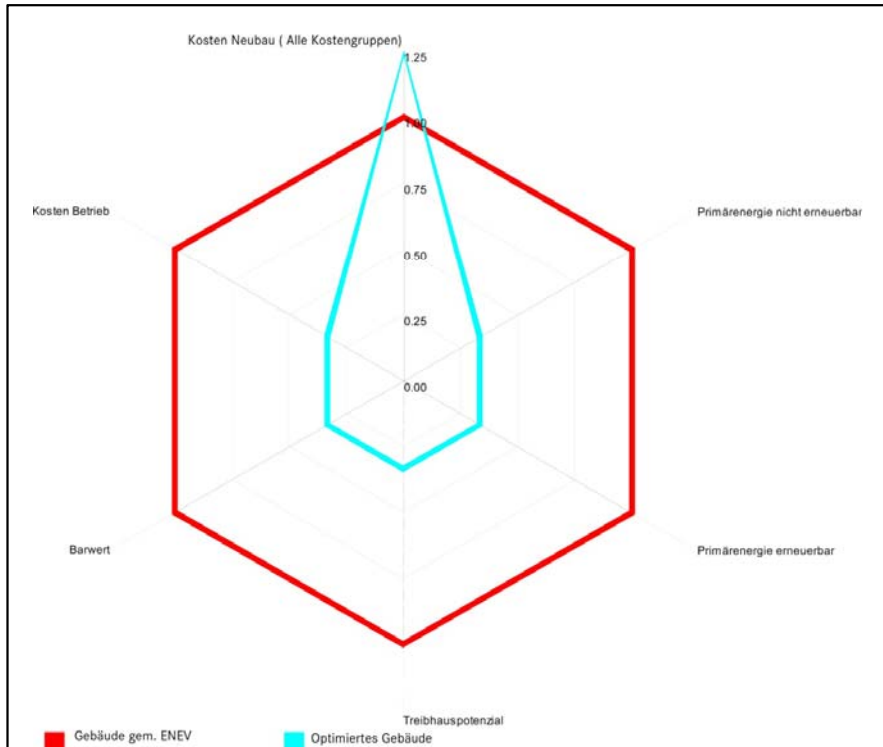


Abb. 62: Prozentualer Kostenvergleich einfaches/optimiertes Gebäude

Die Grafik zeigt eine prozentuale Darstellung und lässt bis auf die Kosten Neubau, die mit 1,25 % über den Außenrahmen der Spinne hinüber ragen erkennen, dass alle anderen Faktoren bei dem Goldgebäude ca. 2/3 günstiger ausfallen.



Abb. 63: Kostenvergleich einfaches/optimiertes Gebäude

Die einzelnen Titel in absoluten Zahlen, analog zur neben stehenden Spinnengrafik.

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

Tabelle 4: Gegenüberstellung der Kosten des einfachen- und optimierten Gebäudes

Projektvergleich				
Bezeichnung	Absolut		%Absolut	
	Gebäude gem. ENEV		Optimiertes Gebäude	%
Projektname				
Kosten Neubau (Kgr 3 und 4) inkl. sonstige Kosten	19.835.782,00	100	24.611.532,00	-92
Kosten Betrieb	240.513,25	100	80.410,25	33
Barwert	40.923.694,00	100	13.681.926,00	-67,5
Treibhauspotenzial kg CO ₂ -Äq.	40.731.092	100	13.617.534	33
Primärenergie erneuerbar MJ	77.453.829	100	25.894.963	33
Primärenergie nicht erneuerbar MJ	890.882.436	100	297.846.706	33

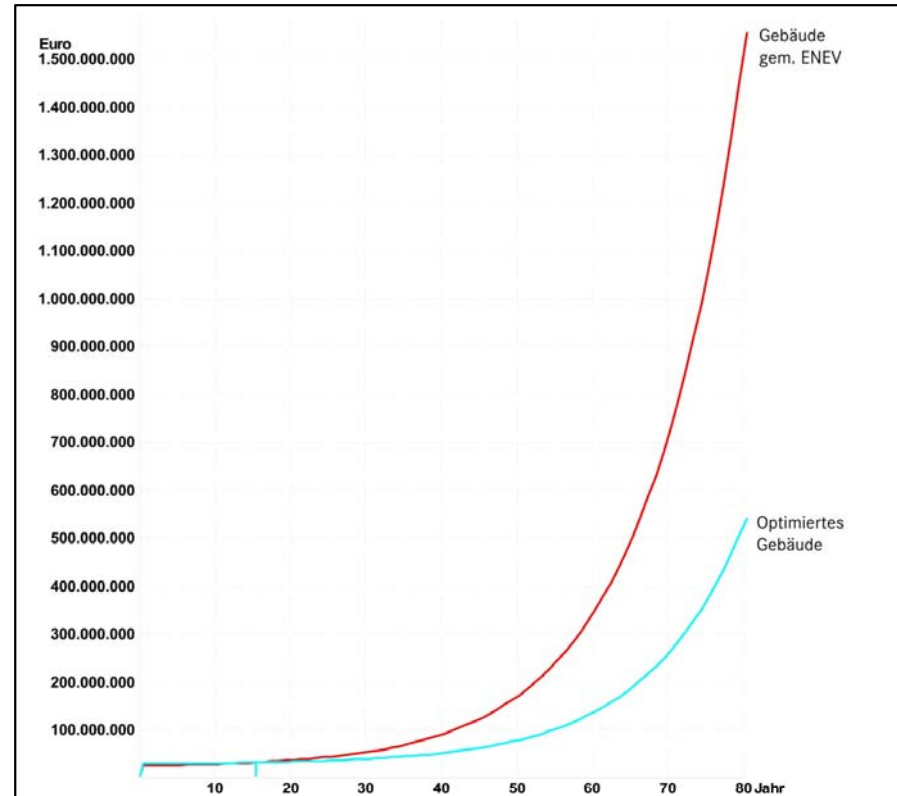


Abb. 64: Kostenvergleich einfaches/optimiertes Gebäude über 80 Jahre

Amortisation der Kostengruppen 300 und 400, die bei 8 % Preissteigerung nach nur 15 Jahren erreicht ist, zeigt anschaulich, welche großen Kosteneinsparung über die Jahre durch nachhaltige Bauweisen erwirtschaftet werden können, und somit das Gebäude auch wesentlich werthaltiger für die Eigentümer gestaltet.

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

Fazit:

Ein hochwertiges Gebäude kostet mehr in der Anfangsinvestition, verdient diesen Kostenblock jedoch selbst bei einer unrealistisch geringen Preissteigerungsrate für Energie von nur 4 % in 15 Jahren.

Bezogen auf den Lebenszyklus wird sich solche Investition vielfach bezahlt machen.

Das Gebäude ist wirtschaftlicher und somit nachhaltiger, denn es erfordert weniger Nachbesserungen über den Lebenszyklus, zumindest bezogen auf die hochwertige Gebäudehülle.

Die Banken werden auf Grund dieser wirtschaftlichen Nachhaltigkeit eine höhere Beleihungsgrenze ansetzen, so dass die Finanzierung der höheren Erstinvestition gesichert ist. In der Schweiz ist der Qualitäts- bzw. Nachhaltigkeitsgrad der Gebäude bereits ausschlaggebend bei der Kalkulation der Refinanzierungshöhe.

Wird die Wirtschaftlichkeit im weiteren Sinne betrachtet, also unter Einbeziehung der Reparaturkosten an dem Environment, ist das nachhaltige Gebäude ebenfalls eindeutig günstiger.

Der Ressourcenbedarf ist bezogen auf den Lebenszyklus sehr viel geringer.

Der CO₂-Ausstoß bzw. die CO₂-Bilanz sind durch den stark reduzierten Ausstoß deutlich geringer.

Die Folgen für das Mikroklima, bezogen auf das einzelne Gebäude, und das gesamte Klima, bezogen auf die Summe aller Gebäude werden stark reduziert.

Der tatsächliche Lebenszyklus ist durch die nachhaltige Wirtschaftlichkeit des Gebäudes vermutlich wesentlich länger als angenommen.

Die Entsorgungskosten werden durch die ausgewählten, schadstoffarmen Bauteile und die Trennung der Primär - und Sekundär-Strukturen des Gebäudes optimiert.

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

4. Abstract

In dieser Master-Thesis wird ein Konzept vorgestellt für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg.

Die Planung sieht für das Gebäude eine Dach- und Fassadenbegrünung vor, deren Kühlleistung in dieser Thesis berechnet wird, und die im Ergebnis deutlich über der Wärmeemission dieses Gebäudes liegt, die auf der Grundlage der EnEV-Energieeinsparverordnung berechnet wurde.

4.1 Fazit

Das Projekt hat die konzeptionellen Ziele bestätigt. Es ist rechnerisch möglich ein das städtische Mikroklima kühlendes Gebäude herzustellen, das deutlich mehr Kühlenergie entwickelt als Wärmeemission. Beide Werte sind in Kwh – Kilowattstunden berechnet.

Die Energieeffizienz ist eine direkte Funktion zur Emission an die Umwelt - in Form von Wärme, die ein Gebäude sowohl in seinem täglichen Betrieb als auch über die ganze Gesteinskette verursacht.

Je geringer diese Energiewerte sind, desto geringer sind die Wärme-Emissionen, die letztlich durch die natürlichen Klimatisierungssysteme gepuffert werden müssen bzw. diese aufheizen.

Die Verwendung von vorhandenen und erprobten Fassaden- und Dachsystemen hat in der rechnerischen Gegenüberstellung dieses Gebäudes eine die Wärmeabgabe deutlich übersteigende, ca. 20 fache Kühlleistung ergeben.

Beide Faktoren, die Energieeffizienz und die Verwendung von geschlossenen, lokalen Verdunstungskreisläufen kann also die städtischen Hitze-Inseln kühlen.

4.2 Diskussion

Die vorgenannten Projektziele fördern weitere, hier nicht näher behandelte Diskussionspunkte, die in anderen Untersuchungen untersucht werden können.

Klimatisch:

Zu Beginn der Konzeptstudie habe ich dargestellt, warum ich der Auffassung bin, dass einer der Hauptverursacher des Klimawandels die Städte sind. Mit den gewonnenen Erkenntnissen läge es nahe, die an Hand eines Gebäudes gewonnenen Ergebnisse in einem größeren Zusammenhang bezogen auf einen Stadtraum oder geografische Stadträume zu diskutieren. Sicherlich ist ein Gebäude nur eine Komponente einer Stadt. Der Verkehr, betriebliche Abwärme, Strahlungswärme auf dunklen Flächen wie z.B. Straßen sind ggfs. ebenfalls als Wärmespende zu betrachten.

Dennoch ist der wesentlichste Anteil an einer Stadt die Summe der Gebäude, und daher könnte eine großflächigere Betrachtung auch einen größeren, Klima beeinflussenden Faktor ausmachen, und zusätzliche, wertvolle Einsichten fördern.

Städtebaulich:

Das dargestellte Konzept zeigt deutlich, dass die Versiegelung bei mehr als einem Geschoss nicht weiter zunimmt, wohl aber mit einem höheren Gebäude eine größere Menge an Verdunstungs- und Grünräumen geschaffen werden. Es werden so Lebensräume für viele Spezies in die Stadt geholt und verdichtet. Dieses Konzept berücksichtigt diese Lebensräume schon sehr früh bei den ersten Planungen und kann so den bisherigen Städtebau zugunsten einer grünen, „Living City“ wandeln.

Bauen im Bestand:

Das dargestellte Konzept kann sowohl für Neubauten als auch im übertragenen Sinn für Altbauten eine interessante Alternative sein.

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

Beim Bauen im Bestand können die Pflanzsysteme vor den Fassaden ähnlich einem Balkonsystem vorgesetzt werden. Dies bedeutet, dass auch bestehenden städtebauliche Anlagen zu einer Kühlung des Mikroklimas beitragen können.

Gesundheitliche Vorteile:

Durch die Fotosynthese, die Abkühlung durch die Verdunstungskälte, und auch durch die Eigenschaft einiger Pflanzen, z. B. der Moose, Feinstäube zu binden, wird die Atemluft verbessert. Dies zusammen mit dem grünen Anblick von außen und innen ist ein, meines Erachtens ganz entscheidender, positiver Punkt in Hinblick auf den immateriellen, gesundheitsfördernden Nutzen solcher Gebäude.

Wirtschaftlicher Nutzen für die öffentliche Hand:

Die öffentliche Hand profitiert durch die konzipierte Bauart, die den Bau der Regensiele weitestgehend auf den privaten Bauherrn überträgt und das öffentliche Rohrnetz deutlich entlastet. Dies ist besonders für alte Städte, bei denen sich die vorhandenen Siele nur mit einem großen Aufwand erweitern lassen, interessant, aber auch für junge, rasch wachsende Städte, die auf einen Teil der Grundsiele verzichten könnten.

Verbindung von wirtschaftlichen Interessen und dem Wunsch nach einer grünen Umwelt:

Dieses Planungsmodell zeigt interessanterweise, dass sich die Interessen von Investoren und die Maximierung einer lebenswerten Umwelt ergänzen und fördern.

Wenn ein Gebäude mit zunehmender Größe für alle einen höheren Nutzen erzeugt, so verteilen sich die fixen Kosten bei großen Gebäuden auf mehr gebaute Quadratmeter, und somit kann in einem gewissen Rahmen das ganze Projekt materiell und ökologisch wertschöpfender sein.

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

5. Literaturverzeichnis

- Battle McCarthy (Hrsg.):* Definition of a Sustainable Tower
[http://www.battlemccarthy.com/external%20site_sustainable%20towers%20website/sustainable%20towers%20_%20Definition.htm]; Stand: 29.06.2009
- Baeren, Lars [et al.]* 2005: Energie – Regenerativ; in: Prytula, Michael (Hrsg.): Urbaner Metabolismus. Die städtische Infrastruktur von Berlin [<http://www.urbaner-metabolismus.de>]; Stand 17.04.2009
- Banting, Doug [et al.]* 2005: Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto, Dept. of Architectural Science, Ryerson University, Toronto, Canada.
- Berra, Alexander* 2008: Vorteile einer Dachbegrünung
[<http://biogarten.suite101.de/article.cfm/dachbegruenung>]; Stand 10.04.2009
- Betzler, Florian* 2000: Crystal Design – Suggestion for Self-Sufficient Housing. Unveröff. Manuskript.
- BKI Baukosteninformationszentrum (Hrsg.): BKI Baukosten 2008 – Teil 1: Statische Kostenkennwerte für Gebäude; 2. Aufl.; Stuttgart: BKI.
- Brandwein, Thorwald.* Kletterpflanzen zur Fassadenbegrünung
[<http://www.biotekt.de/ind-pfl.html>]; Stand: 17.04.2009
- Browne, Enrique* 2007: The „Consortio-Santiago“ Building 14 Years Later
[http://www.e-architect.co.uk/chile/consorcio_santiago_building.htm]; Stand 10.07.2009
- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.):* Urban 21: Weltkonferenz zur Zukunft der Städte - Themen und Ziele http://www.bbr.bund.de/staedtebau/staedtebaupolitik/urban21_themen.htm; Stand: 17.03.2006.
- Daniels, Klaus* 1998: Low-Tech Light-Tech High-Tech; Basel: Birkhäuser Verlag.

David, Ruth (2006): Heizen, Kühlen, Belüften & Beleuchten – Bilanzierungsgrundlagen nach DIN V 18599; Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.

Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. (Hrsg.): Bauwerksbegrünung [www.fbb.de]; Stand 12.04.2009

Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. (Hrsg.): Tagungsband 1. FBB-Symposium Fassadenbegrünung am 20.11.2008
[<http://www.fbb.de/Aktuell/SympFassade08/Tagungsb-Fassaden2008.pdf>]; Stand: 02.05.2009

Falkenmark, Malin 1999: Living at the mercy of the water cycle: what does that mean? In: Water – a reflection of landuse. Options for counteracting land and water mismanagement; Swedish natural science research council; Stockholm.

Fuchs, Oliver; Schleifnecker, Thomas 2001: Handbuch ökologische Siedlungsentwicklung – Konzepte zur Realisierung zukunftsfähiger Bauweisen; Initiativen zum Umweltschutz 32; Berlin: Erich Schmidt Verlag.

Glücklich, Dettlef (Hrsg.) 2005: Ökologisches Bauen – Von Grundlagen zu Gesamtkonzepten; München: Deutsche Verlags-Anstalt GmbH.

Glücklich, Dettlef. Grundlagen des Ökologischen Bauens, Bauhaus-Universität Weimar [<http://www.ecobine.de/indexc.php?SESSID=&id=1.5&kurs=9&l=de>]; Stand: 29.06.2009

Göbel, Patricia [et al.] 2007: Einfluss von Gründächern und Regenwassernutzungen auf Wasserhaushalt und Grundwasserstand in Siedlungen. Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie 12: 189-200

Göbelsmann, Markus; Hippert, Stefanie 2004: Die historische Entwicklung der Dachbegrünung und ihre ökologischen Auswirkungen heute; Ruhr-Universität Bonn: Unveröffentl. Examensarbeit.

Hall, Peter; Pfeiffer, Ulrich (Hrsg.) 2000: Weltbericht für die Zukunft der Städte Urban 21; Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen; Berlin.

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

Hausladen, Gerhard [et al.] 2004: *Clima Design – Lösungen für Gebäude, die mit weniger Technik mehr können*; München: Verlag Georg D.W. Callwey.

Köhler, Manfred; Schmidt, Marco 2008: *Benefits for Sustainable Water Management – Green roof technology*; World Green Roof Congress; London, 16.-19. September.

Köhler, Manfred; Schmidt, Marco 2008: *The energy performance of green roofs and vertical gardens*. World Green Roof Congress; London, 16.-19. September.

Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) Baden-Württemberg (Hrsg.), Miess, Barbara; Miess, Michael 1987: *Die Stadt als Hitzeinsel*; in: *Materialien zur Grünordnungsplanung Teil 1* [http://www.xfaweb.badenwuerttemberg.de/nafaweb/berichte/plp_01/gopl_10018.html]; Stand: 30.04.2009

Landesinstitut für Bauwesen des Landes NRW (Hrsg.) 2002: *Fassaden- und Dachbegrünung*; Aachen.

Lange, Jörg; Otterpohl, Ralf 2000: *Abwasser – Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft*; 2. Aufl.; DS-Pföhren: Mallbeton-Verlag.

Lang-Lendorff, Antje: *Klimawandel heizt Städte auf – Berlin wird ein richtig heißes Pflaster* [<http://www.taz.de/regional/berlin/aktuell/artikel/1/berlin-wird-ein-richtig-heisses-pflaster/>]; Stand: 29.06.2009

Lantschner, Norbert 2007: *KlimaHaus – Aus Liebe zum Wohnen*; Bozen: Verlagsanstalt Athesia *Lepisto, Christine*: *The EDITT Tower by Dr. Ken Yeang* [www.treehugger.com/files/2005/04/the_editt_tower_1.php]

Luerweg, Frank: *Moose reduzieren die Feinstaubbelastung* Informationsdienst Wissenschaft; Pressemitteilung Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn [<http://www.idw-online.de/pages/de/news?print=1&id=220854>]; Stand: 29.06.2009

na presseportal (Hrsg.); SNF: *Energieverbrauch* [http://www.presseportal.ch/de/pm/100002863/100555736/schweizerischer_nationalfonds?search=Energieverbrauch]; Stand: 29.06.09

Oicos: *Landschaftsdynamik: Wissenschaftliche Grundlagen* [www.oicos.de/HTML/start/topic/SUBTOPIC/T/t_la_i01.html]; Stand 15.06.2009

Optigruen (Hrsg.): *Systemlösungen zur Dachbegrünung* [<http://www.optigruen.de/Systemloesungen/Systemloesungen.html>]; Stand: 10.04.2009

Pan Yue, zitiert in: *Aderlini, Jamil; Dickie Mure*: *Taking the Water*, in: *Financial Times*, 24.7.2007

Pendl, Manfred: *Dachbegrünung – Grünoasen luftiger Höhe*; Die Umweltberatung – Die Wiener Volkshochschulen [<http://images.umweltberatung.at/html/dachbegruenung-infob-garten.pdf>]; Stand 17.03.2009

Reinberg, Georg W. 2005: *Solar Architecture*; Melfi, Italien: Libria Verlag.

Ripl, Wilhelm; Scheer, Hermann 2007: *Memorandum zum Klimawandel*; Systeminstitut Aqua Terra [<http://download.rbb-online.de/Fernsehen/OZON/Memorandum.pdf>]; Stand 05.04.2009

Schlünzen [et al]. (2009): *Long-term changes and regional differences in temperature and precipitation in the metropolitan area of Hamburg*; *International Journal of Climatology* [www.interscience.wiley.com]; Stand: 03.08.2009

Schmidt, Marco (2008): *Die Reduzierung des Energieverbrauchs für Kühlung und Belüftung*. 7th European Conference Solar Energy in Architecture and

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

Urban Planning "Sun and Sense", Berlin 12. März 2008
[<http://www.a.tuberlin.de/GtE/forschung/Adlershof/SunAndSense2008.pdf>];
Stand: 29.06.2009

Schmidt, Marco: Institut für Physik in Berlin-Adlershof – ein stadökologisches
Modellvorhaben [<http://www.gebaeudekuehlung.de/>]; Stand: 29.06.2009

Schmidt, Wolfram 2009: Nature reloaded- architecture beyond sustainability;
HafenCity Universität Hamburg: Unveröffentl. Diplomarbeit.

Schönlebe, Dirk: Wetterbericht - Städte machen sich ihr Klima selbst
[<http://www.fluter.de/de/megacities/heft/6291/?tpl=162>]; Stand: 29.06.2009

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (Hrsg.) 2008: Institut für Physik in Berlin-
Adlershof – Stadökologisches Modellvorhaben; Berlin; Flyer.

Systeminstitut Aqua Terra e. V. (Hrsg.): Nachhaltigkeit und intakte Landschaft
[<http://aquaterra-berlin.de/index.php/nachhaltigkeit-und-intakte-landschaft.html>]; Stand: 30.4.09

Taraba, Sver: Kletterpflanzen [<http://www.fassadengruen.de/index.htm>]; Stand
15.06.2009

Tomm, Arwed 2000: Ökologisch planen und bauen; 3. Aufl.; Braunschweig/
Wiesbaden: Vieweg Verlag.

VulkaTec (Hrsg.): Wissenswertes zur Dachbegrünung
[<http://www.vulkatec.de/deutsch/3/2/2/>]; Stand 25.04.2009

Weißaner, Wolfgang: Verringerung des Energieaufwands für die
Wärmeregulierung in Gebäuden
[http://www.innovationsreport.de/html/berichte/architektur_bauwesen/bericht-104577.html]; Stand: 29.06.2009

Wikipedia (Hrsg): Adiabate Kühlung [http://de.wikipedia.org/wiki/Adiabate_K%C3%BChlung]; Stand: 30.4.09

Wikipedia (Hrsg): Energieeinsparverordnung
[<http://de.wikipedia.org/wiki/Energieeinsparverordnung>]; Stand: 14.09.2009

Wikipedia (Hrsg): Flaches Rispengras
[http://de.wikipedia.org/wiki/Flaches_Rispengras], Stand 30.07.2009

Wikipedia (Hrsg): Globalstrahlung [<http://de.wikipedia.org/wiki/Globalstrahlung>];
Stand: 30.4.09

Wikipedia (Hrsg): Wasser [<http://de.wikipedia.org/wiki/Wasser>], Stand
14.09.2009

Wikipedia (Hrsg): Wisteria [<http://de.wikipedia.org/wiki/Wisteria>], Stand
15.06.2009

Yeang, Ken 2007: Eco Skycrapers; 3. Aufl.; Images Publishing; Mulgrave,
Australien.

Yeang, Ken 2008: Ecodesign – A Manual for Ecological Design; John Wiley &
Sons; Chichester; England.

Yvette, Mar: Off The Wall [http://www.marpop.com/index.php?option=com_content&view=article&id=206:off-the-wall&catid=26:fashion-a-design&Itemid=40]; Stand: 30.4.09

Zakaria, Fared 2009: Der Aufstieg der Anderen; Siedler Verlag, München.
Zwiener, Gerd; Mötzl, Hildegund 2006: Ökologisches Baustofflexikon; 3.
Aufl.; Heidelberg: C. F. Müller Verlag.

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

6. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb. 1: Radiator.....	7
Abb. 2: Nachtkarte der Welt.....	7
Abb. 3: Tropischer Regenwald.....	8
Abb. 4: Bedeutung der Verdunstung in der globalen Energiebilanz ...	8
Abb. 5: Beschattung von Gebäuden durch Begrünung.....	9
Abb. 6: Dachbegrünung eines Pilotprojektes in Berlin.....	10
Abb. 7: Strahlungsbilanz eines Bitumendachs.....	10
Abb. 8: Strahlungsbilanz eines Gründachs.....	10
Abb. 9: Oberflächentemperaturen von Bitumen- und Gründächern	11
Abb. 10: Lysimeter-Messungen der Evapotranspiration eines Gründachs in Berlin	11
Abb. 11: Fassadenbegrünung am Institut für Physik, Berlin.....	12
Abb. 12: Thermographische Aufnahme.....	12
Abb. 13: Durchschnittliche Verdunstung der Fassadenbegrünung in Berlin.....	13
Abb. 14: Pflanzenkübel am Institut für Physik, Berlin.....	13
Abb. 15: Pflanzenkübel am Institut für Physik, Berlin.....	13
Abb. 16: Fassadenbegrünung des Consorcio-Santiago Gebäudes in Chile.....	14
Abb. 17: Die Fassadenbegrünung des Consorcio-Santiago Gebäudes im Winter und Sommer.....	14
Abb. 18: Evapotranspiration in einer Stadt mit zentral abgeführtem Regenwasser und mit dezentraler Regenwasser- bewirtschaftung	15
Abb. 19: Standort des Projekts in Hamburg	18
Abb. 20: Fassadenschnitt. Mit Pflanzflächen.....	19

Abb. 21: Gründach im Projekt.....	20
Abb. 22: Horizontale und vertikale Pflanzflächen.....	21
Abb. 23: Pflanzfassade mit Edelstahlkassetten.....	22
Abb. 24: Bepflanztes und unbepflanztes System.....	23
Abb. 25: Vertikale Rankflächen.....	24
Abb. 26: Aufbau Dachbegrünung/Vorklärung durch das Dach	25
Abb. 27: Ansicht Osten.....	26
Abb. 28: Grundriss Erdgeschoss.....	26
Abb. 29: Ansicht Süden/Osten.....	27
Abb. 30: Grundriss 1. OG.....	27
Abb. 31: Ansicht Norden.....	28
Abb. 32: Grundriss 2. OG.....	28
Abb. 33: Ansicht Süden.....	29
Abb. 34: Grundriss 3. OG.....	29
Abb. 35: Ansicht Osten.....	30
Abb. 36: Grundriss 4. OG.....	30
Abb. 37: Ansicht Osten.....	31
Abb. 38: Grundriss 5. OG.....	31
Abb. 39: Ansicht Osten.....	32
Abb. 40: Grundriss 6. OG.....	32
Abb. 41: Ansicht Norden/Osten.....	33
Abb. 42: Grundriss 7. OG.....	33
Abb. 43: Ansicht Norden.....	34
Abb. 44: Grundriss 8. OG.....	34
Abb. 45: Ansicht Süden/Osten.....	35
Abb. 46: Grundriss 9. OG.....	35
Abb. 47: Ansicht Süden/Osten.....	36
Abb. 48: Dachaufsicht.....	36

Konzept für eine zukunftsweisende Klimaarchitektur am Beispiel der geplanten Bebauung der Simon-von-Utrecht-Straße in Hamburg

Abb. 49: Fassadenschnitt/Energiekonzept.....	38
Abb. 50: Geschossweise Belüftung mit Wärmerückgewinnung.....	38
Abb. 51: Kapillarrohre in einer Stahlbetondecke.....	38
Abb. 52: Wasserspeicher/Wärmepumpe.....	38
Abb. 53-54: Energieausweis des geplanten Gebäudes.....	39-40
Abb. 56: Baustoffe.....	43
Abb. 57: Kurzbeschreibung des Vergleichsobjekts.....	46
Abb. 58: Energieausweis einfaches Gebäude.....	47
Abb. 59: Energieausweis Gold-Gebäude.....	47
Abb. 60: Lebenszyklus-Kosten einfaches Gebäude.....	48
Abb. 61: Lebenszyklus-Kosten Gold-Gebäude.....	48
Abb. 62: Prozentualer Kostenvergleich einfaches/optimiertes Gebäude.....	49
Abb. 63: Kostenvergleich einfaches/optimiertes Gebäude.....	49
Abb. 64: Kostenvergleich einfaches/optimiertes Gebäude über 80 Jahre.....	50
Tabelle 1: Tägliche Evaporationsrate eines Gründachs in verschiedenen Jahreszeiten.....	11
Tabelle 2: Nettogrundflächen und Flächen umbauter Raum.....	37
Tabelle 3: Kostenschätzung.....	45
Tabelle 4: Gegenüberstellung der Kosten des einfachen- und optimierten Gebäudes.....	50