



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Schlussbericht 23. Dezember 2010

Solares Potenzial von Energieeffizienten Gebäudeerneuerungen

IEA Task 37

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Energie in Gebäuden
CH-3003 Bern

www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer:

Kämpfen für Architektur AG,
Beat Kämpfen-Federer, Dipl Arch. ETH/SIA, MAS of Architecture UCB
Badenerstrasse 571
CH-8048 Zürich

www.kaempfen.com

Autoren:

Beat Kämpfen, Kämpfen für Architektur AG, beat@kaempfen.com
Nadja Grischott, Kämpfen für Architektur AG, grischott@kaempfen.com

BFE-Bereichsleiter: Andreas Eckmanns

BFE-Programmleiter: Charles Filleux

BFE-Vertrags- und Projektnummer: 153316 / 101968

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Zusammenfassung

Solares Potenzial

Ein Vergleich zwischen den Gebäuden vor und nach der Energiesanierung zeigt, dass Gebäude mit hoch gedämmten Gebäudehüllen über ein hohes solares Potenzial verfügen. Bei einer maximalen Reduktion der Transmissionswärmeverluste (Q_t) und der Optimierung der Fensterflächen kann der solare Ertrag bis zu 95% der gesamten Wärmeverluste der Gebäudehülle decken.

Werden zudem aktiv solare Elemente hinzugefügt, steigt der Anteil am solaren Ertrag nochmals an. Bis zu 100% des Gesamtenergiebedarfs für die Heizung und das Warmwasser kann durch erneuerbare Energien gedeckt werden, dies beweist das Beispiel vom Mehrfamilienhaus an der Segantinstrasse in Zürich-Höngg. Da die Sonne keine konstante Energiequelle ist, braucht es immer noch einen zusätzlichen Energieträger, wie zum Beispiel eine Wärmepumpe.

Einleitung

Die vorliegende Arbeit soll an umgesetzten Beispielen aufzeigen, wie sinnvoll es ist, energiesparende Gebäudeerneuerungen ganzheitlich zu planen und umzusetzen. Denn nur durch einen markanten Rückgang des Heizenergiebedarfs kann das Potenzial der solaren Systeme voll und ganz ausgeschöpft werden. Die beiden Minergie®-P-Erneuerungen zeigen, dass auch bestehende Gebäude für die 2000-Watt-Gesellschaft fit gemacht werden können, und zwar heute schon, nicht erst in 50 Jahren.

Die drei untersuchten Bauten bilden einen typischen Durchschnitt des Mietwohnungsbaus des letzten Jahrhunderts. Das Haus Typ 1 Downtown wurde in der Zwischenkriegszeit, in wirtschaftlich schwierigen Jahren, erstellt. Das Objekt Typ 2 Garden City im Aufschwung der 50er-Jahre und das Gebäude Typ 3 Suburbia in der Hochkonjunkturphase der 60er-Jahre (siehe Fig.2). Damit wird ein Zeitrahmen von 30 Jahren beleuchtet, eine Phase, die einem starken gesellschaftlichen Wandel unterlag. Energetisch hingegen sind alle Bauten deutlich vor den ersten Energiediskussionen, die mit der ersten Erdölkrise 1973 ihren Anfang fanden, entstanden.

Zielsetzung

Ziel der Arbeit ist eine nachvollziehbare und objektivierbare Aussage, inwieweit der solare Ertrag durch spezifische Massnahmen an der Gebäudehülle und der Gebäudetechnik erhöht werden kann. Der Ertrag wird verglichen mit der Situation vor und nach den Erneuerungen.

Methodik

Diese Forschungsarbeit wurde aus der Diplomarbeit von Nadja Grischott für das MAS EnBau zusammen gestellt. Dabei wurde der Aspekt Solarenergie bei Erneuerungen heraus gefiltert und zusammengefasst.

Die Daten aus den Nachweisen der 380/1-Berechnung wurden für verschiedene Schemata verwendet. Zusätzlich mussten aber noch weitere Berechnungen erstellt werden, wie zum Beispiel die 380/1-Berechnung für den Gebäudebestand, damit die Vergleiche des Energiebedarfs und der Gebäudehüllenbilanz vom Zustand vorher und nachher durchgeführt werden konnten.

Für die Berechnung der solaren Gewinne aus den aktiven Elementen hat René Naef die drei verschiedenen thermischen Kollektorarten mit dem Programm SPF Collector-Catalogue 2004 (Herausgeber: Institut für Solartechnik SPF, Hochschule für Technik in Rapperswil HSR) durchgerechnet. Um vergleichbare Zahlen für den Ertrag der Photovoltaikanlagen zu erhalten, hat Christof Bucher vom Büro Basler & Hofmann AG in Zürich auf Basis der Strahlungsdaten der Meteonorm eine Schätzung erstellt.

Die Zahlen für die Umweltbelastungspunkte und die Treibhausgaswerte wurden auch der Liste des KBOB entnommen.

Im weiteren Verlauf des Berichts wird nur noch von den Typen 1-3 gesprochen. Die Schematas und Tabellen sind alle mit diesen Bezeichnungen beschriftet. Die Diagramme und Abbildungen ohne Quellenangabe wurden von Nadja Grischott erarbeitet oder stammen aus den Daten vom Büro Kämpfen.

Auswahl der Projekte

Typ1 Downtown



Fig. 1 Strassenfassade vor Sanierung

Typ 2 Garden City



Fig. 2 Südostfassade vor Sanierung

Typ 3 Suburbia



Fig. 3 Südwestfassade vor Sanierung

Im Jahr 2007 kamen drei neue Auftraggeber mit dem Wunsch auf das Büro Kämpfen zu, Ihre Mehrfamilienhäuser energetisch zu erneuern. Zwei Parteien entschieden sich, die Gebäude entsprechend dem Minergie®-P-Standard zu sanieren.

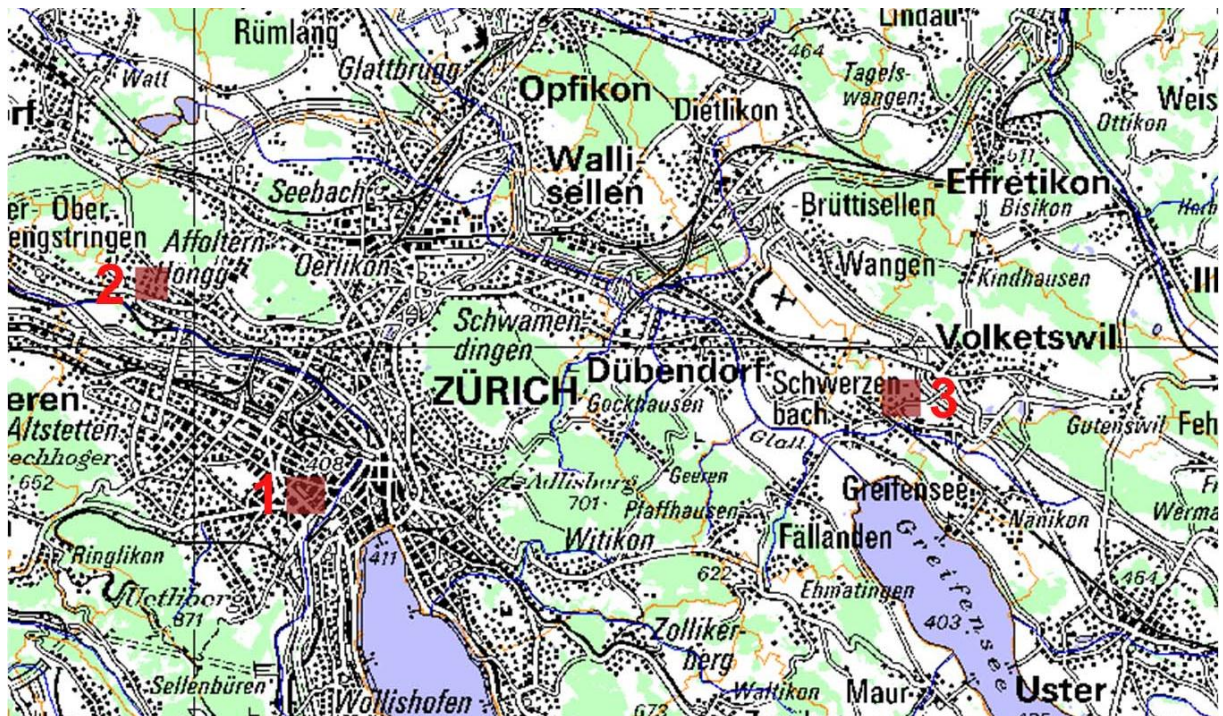


Fig. 4: Übersichtskarte der drei Projekte (Quelle: GIS-Karte Kanton Zürich)

Die städtebauliche Lage der drei Projekte wurde kategorisiert. Diese typischen Besiedlungen sind an verschiedenen Orten der Schweiz anzutreffen, das Vervielfältigungs-Potenzial der drei Erneuerungen wird aufgrund dessen als hoch eingeschätzt.

Neben der Kategorisierung der Lage eröffnet auch das Baujahr der Gebäude ein Vervielfältigungspotenzial. Die Projekte stammen aus unterschiedlichen Bauepochen des letzten Jahrhunderts. (BFS, 2004)

Typ 1 Downtown: 1938 192'565 Gebäude aus den Jahren 1919-1945

Typ 2 Garden City: 1954 192'754 Gebäude aus den Jahren 1946-1960

Typ 3 Suburbia: 1969 173'324 Gebäude aus den Jahren 1961-1970

Typ 1 Downtown

Typ 2 Garden City

Typ 3 Suburbia



Fig. 5: Situationspläne (Quelle: GIS-Karte Kanton Zürich)

Bauherrenwünsche – Ziele der analysierten Projekte

Die Formulierung der Wünsche und Ziele der Bauherrschaften wurden in Zusammenarbeit mit den Architekten erarbeitet. Es waren unterschiedlich konkrete Vorstellungen über das Erneuerungs-Endresultat vorhanden. Bei den beiden Minergie®-P-Erneuerungen (Typ 1 und Typ 2) hat die zuvor nicht bedachte Idee der Mietflächenerweiterung zum Entscheid für tief greifende Massnahmen beigetragen. Bei allen Typen war die Verminderung des Energiebedarfs ein Hauptanliegen. Das erreichte Lebensalter der Heizanlagen war bei zweien der zwingende Handlungsgrund. Exponierte Bauteile wie Geländerpfeiler oder Dachränder hatten ihre Lebensdauer erreicht und wären bald ausgewechselt worden. Wegen dem veralteten Zustand der Wohnungen im Mehrfamilienhaus in Zürich-Wiedikon konnten nur begrenzte Mietzinse verlangt werden; hier bestand die Idee, den Mieterspiegel zu verbessern. Die finanziellen Voraussetzungen beim Gebäude in Volketswil (Typ 3) verhinderte Massnahmen, die über eine Hüllenerneuerung hinaus gingen. Das Erreichen des Minergie®-Standards (mit Bau einer Sonnenkollektoranlage) war eine von Beginn weg klar formulierte Zielsetzung.

Bei allen drei Gebäuden wurde die Variante Ersatzneubau, wegen der guten Gebäudesubstanz nicht weiter verfolgt. Neu erstellte Gebäude wären am selben Ort mit derselben Ausrichtung erstellt worden. Die Bauten nicht abzureissen spart zudem Graue Energie.

Typ1 Downtown

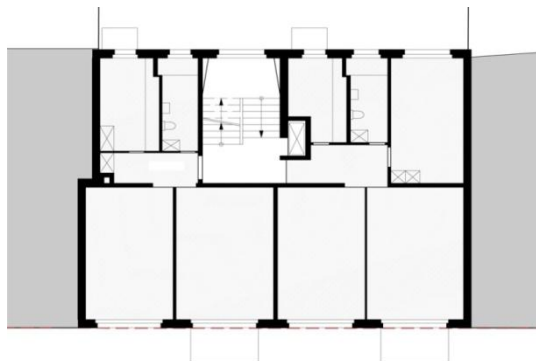


Fig. 6 Typisches Wohngeschoss (bestehend)

Typ 2 Garden City

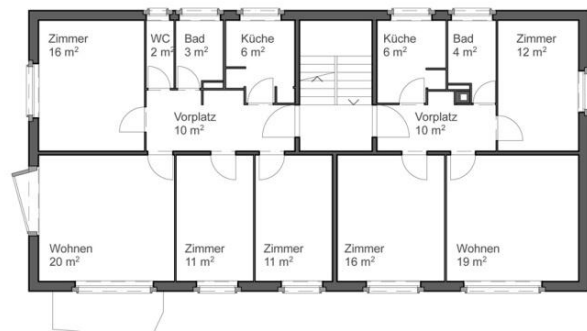


Fig. 7 Typisches Wohngeschoss (bestehend)

Die damals definierten Massnahmen wurden bei der Ausführung entsprechend umgesetzt (siehe Anhang D: Definition der Massnahmen). Die bewilligten aktiv solaren Elemente mussten noch in der Grösse, Lage und Speichergrösse für die Ausführung optimiert werden. Bei allen drei Objekten wurde die Unterstützung der Sonnenkollektoren für den Heizbedarf diskutiert. So wurde beim Objekt Typ 1 entschieden, die Anlage ohne Heizungsunterstützung einzubauen und dafür die restliche Dachfläche für die solare Stromproduktion zu nutzen. Bei den beiden anderen Projekten wurde ein Anteil der solaren Wärme von 6-7% für die Heizungsunterstützung verwendet.



Fig. 8 Hoffassade nach Sanierung



Fig. 9 Südwestfassade nach Sanierung



Fig. 10 Südwestfassade nach Sanierung

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Folgende Hauptthemen wurden detailliert betrachtet und mit entsprechenden Zahlen hinterlegt.

- Gebäudeanpassung an heutige Wohnbedürfnisse
- Optimierung der Gebäudehülle - passiv solaren Gewinne
- Aktiv Solare Elemente mit Ihren Gewinnen

Um die Voraussetzung für die Sonne als Energieträger abzuschätzen zeigen die folgenden Panoramabilder wie die Beschattungssituation der drei Objekte vor Ort ist.

Typ 1 Downtown:



Fig. 11 Panoramabild mit Blick nach Süden: Innerstädtische Lage in einer Hofrandbebauung

Typ 2 Garden City:



Fig. 12 Panoramabild mit Blick nach Süden: Lockere Bebauung am Südhang umgeben von viel Grünfläche

Typ 3 Suburbia:



Fig. 13 Panoramabild mit Blick nach Süden: Typische Agglomerationsbesiedlung in der Ebene.

Gebäudeanpassung an heutige Wohnbedürfnisse

Die Bedürfnisse der Bewohner nach mehr Platz und Komfort steigen in Europa immer mehr an. In den Gesprächen mit allen drei Bauherrschaften war die Anpassung des Komforts an einen zeitgemässen Standard ein wichtiges Ziel.

Flächenbedarf pro Person

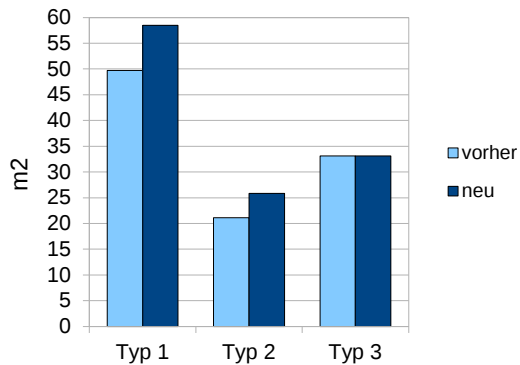


Diagramm 1: Das Schema links zeigt auf, wie sich der Flächenbedarf pro Kopf vor und nach der Erneuerung geändert hat. Die Angabe zu der Anzahl Personen im Haus wurde von den Eigentümern gemacht und ist entsprechend der effektiven Bewohnerzahl. Das Schema zeigt die Erhöhung des Flächenbedarfs pro Kopf im Vergleich zum veränderten Zustand.

Diagramm 1: Flächenbedarf pro Person

Anpassung Typ 1 Downtown

Die Wohnungsgrundrisse konnten aufgrund der Erweiterung von 1m gegen den Hof neu organisiert werden. Bei beiden Wohnungen im Regelgeschoss ergab sich die Möglichkeit, ein grosses Bad und eine Wohn-/Essküche zu platzieren. Die neue Innenausstattung mit zeitgemässen Geräten und Materialien erhöht den Komfort. Mit dem Einbau der Komfortlüftung wird der ständige Luftwechsel garantiert. Der neue Lift ist genügend gross um neben Personen auch Waren in den obersten Stock liefern zu können. Die neuen Balkone im Hof heben den Wohnkomfort der 3.5-Zimmer-Wohnung an.

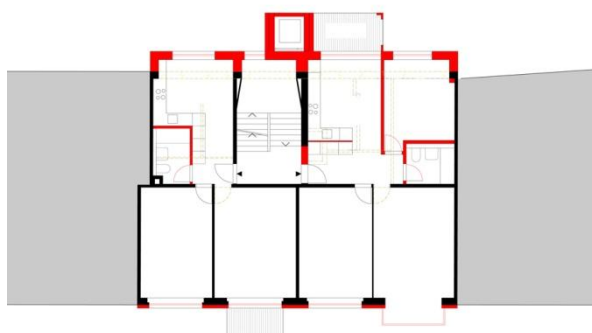


Fig. 14 Typisches Wohngeschoss (geplant)



Fig. 15 Querschnitt Projekt (geplant)

Anpassung Typ 2 Garden City

Die 4-Zimmer-Wohnungen wurden um wertvolle 10m² vergrössert, aus dem Wohnzimmer ist ein Wohn-Essraum von 31m² geworden. Die Badezimmer und Küchen wurden erneuert. Teilweise wurden die Böden erneuert oder ergänzt. Die 4-Zimmer-Attikawohnung im Dachgeschoss entspricht heutigen Wohnstandards. Die Wohnung kann ohne grossen Aufwand in eine 5-Zimmer-Wohnung umgewandelt werden. Mit dem Einbau der Komfortlüftung wird der ständige Luftwechsel garantiert. Jedem Wohnraum wurde ein grosser neuer Balkon voran gestellt.

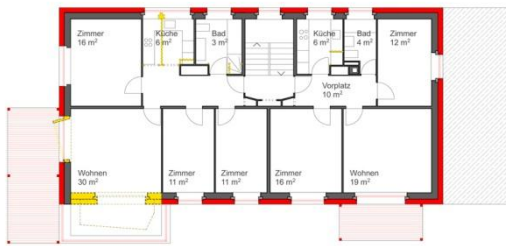


Fig. 16 Typisches Wohngeschoss (geplant)

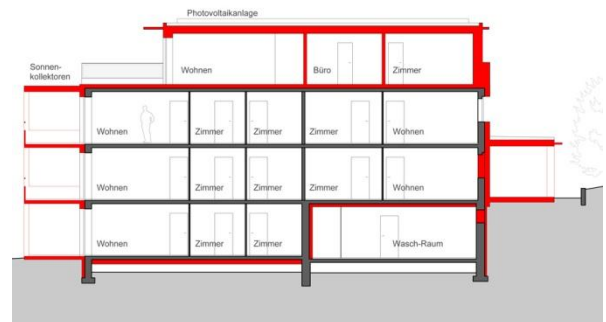


Fig. 17 Längsschnitt Projekt (geplant)

Anpassung Typ 3 Suburbia

In diesem Gebäude wurden keine Veränderungen in den Grundrissen der Wohnungen durchgeführt. Die Innere Ausstattung wurde beibehalten. Mit dem Einbau der Komfortlüftung wird der ständige Luftwechsel garantiert. Der Balkon im Südosten wurde vergrössert und erhöht deshalb den Wohnkomfort.



Fig. 18 Grundriss Erdgeschoss (geplant)

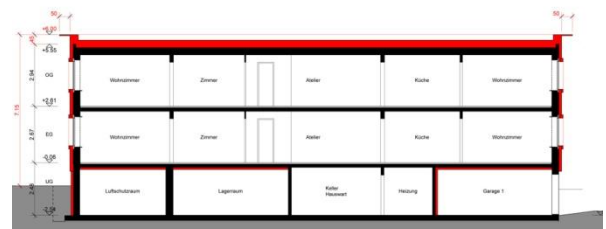


Fig. 19 Längsschnitt Projekt (geplant)

Optimierung der Gebäudehülle – passiv solare Gewinne

Gesamtenergiebedarf

Mit den gebauten Massnahmen wurde der Gesamtenergiebedarf bei allen drei Bauten markant gesenkt. Der ungewichtete Energiebedarf für Heizung und Warmwasser wurde in den Projekten Typ 1 und Typ 2 um knapp über 80% reduziert. Beim Gebäude Typ 3 wurden 60% des früheren Energiebedarfs eingespart.

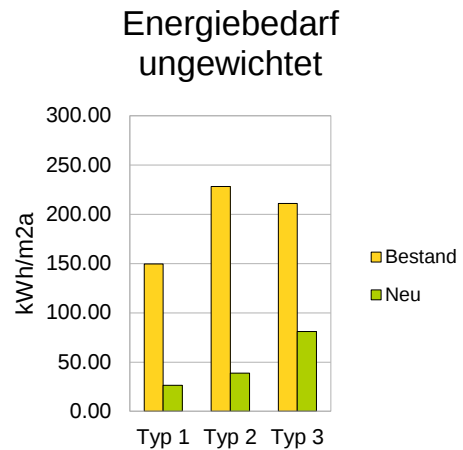
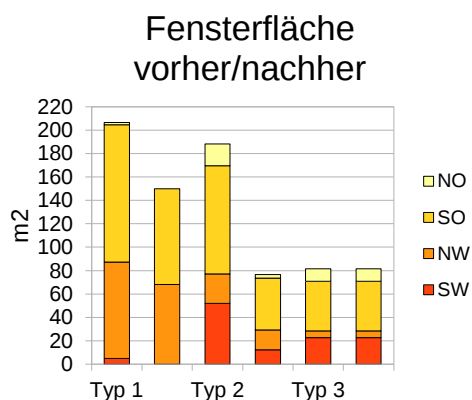


Diagramm 2:
Ungewichteter Energiebedarf für Heizung und Warmwasser

Transparente Bauteile – Fenster Bestand – Neu

Das Fenster ist eines der wichtigsten Bauteile im energieeffizienten Bauen. Einerseits werden von ihnen, im Verhältnis zur restlichen Hülle, die grössten Transmissionswärmeverluste verursacht und andererseits können die solaren Gewinne genau über diese transparenten Öffnungen in das Gebäude eindringen.

Wichtig bei der Auswahl der Fenster ist neben dem besseren U-Wert der Gläser auch der g-Wert des Glases. Bei einer Dreifachverglasung sind die g-Werte eher tief, es gilt besonders gute Gläser mit einem guten Gesamtenergiedurchlassgrad auszuwählen.



Um einen erhöhten solaren Gewinn aus der Fassade zu generieren wurde bei den Gebäuden Typ 1 und Typ 2 die Fensterfläche soweit wie möglich vergrössert. Im Typ 3 wurden die Fenster nicht ausgewechselt, dadurch konnte auch kein zusätzlicher Gewinn erzielt werden.

Das Diagramm 3 zeigt die reine Menge der Fensterflächen vor und nach der Erneuerung. Im Gebäude Typ 2 ist der extrem erhöhte Gewinn mit den neuen grossen Fenstern im Attikageschoss begründbar. Auch im Haus Typ 1 wurden soweit es ging die Fenster vergrössert.

Diagramm 3:
Flächen der Fenster pro Fassadenseite vorher und nachher.

Auf das einzelne Fenster bezogen wurden genau aus diesem Grund die bestehenden Sandstein-Fenstereinfassungen entfernt. Das neue Fenster sollte mindestens gleich gross - wenn nicht sogar grösser - in die bestehende Fassade eingebaut werden. Dadurch dass das neue Fenster in der äusseren Dämmebene liegt ist die seitliche Beschattung geringer, als wenn es weiter in der Fensternische eingebaut worden wäre. Die Fenster liegen in derselben Mauertiefe wie vor der Erneuerung.

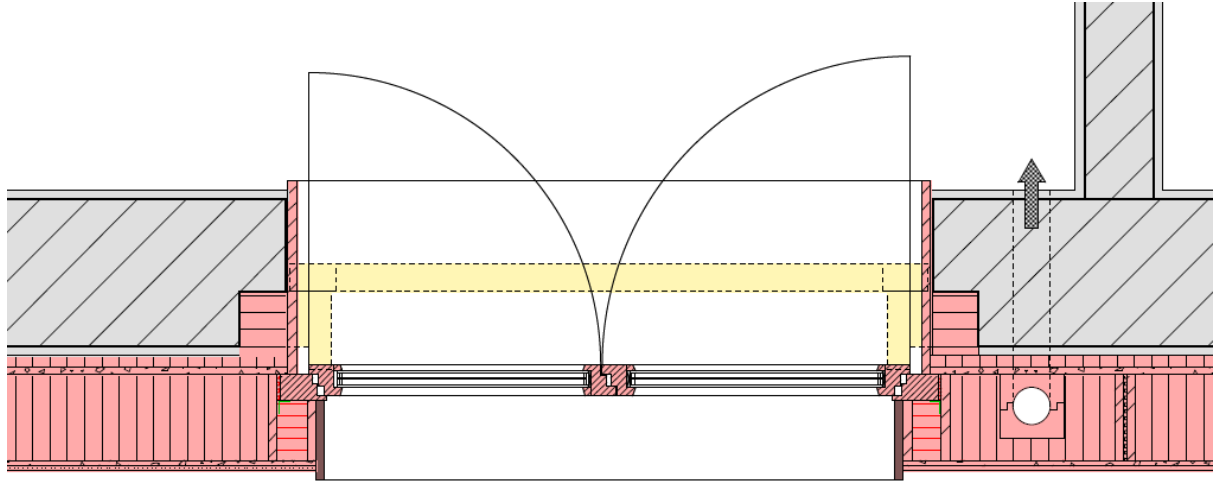


Fig. 20 Detailplan Fenster Typ 2, gelb Abbruch bestehendes Fenster. Das neue Fenster ist gleich gross wie das bestehende.



Fig. 20 Typ 1 Downtown , Standardfenster vor Sanierung und nach Sanierung

Passiv solare Gewinne

Im Anhang sehen Sie die Schematas bei denen die einzelnen Gebäudetypen aufgrund Ihres passiv solaren Potenzials untersucht werden. Je zwei Diagramme wurden erstellt um die Sachlage auf einen Blick zu erklären. Im ersten Diagramm wurde eine solare Bilanz pro Fassade gemacht. Dabei kann abgelesen werden, welche Fassade einen positiven Ertrag hat und welche nicht. Das heisst, dass an der bestimmten Fassade mehr Sonnenenergie durch die Fenster eindringt als durch Transmissionswärmeverluste verloren geht. Das zweite Diagramm soll verbildlichen wie sich der solare Ertrag über einen Jahresverlauf quantitativ verändert. Dabei werden die Monate speziell hervorgehoben, in denen geheizt werden muss.

Typ 1 Downtown

Bilanz pro Fassade: Die Südostfassade hat eine positive Bilanz zu verzeichnen. Die seitlich an die Nachbarn grenzenden Wände könnten ebenfalls positiv abschneiden, dies jedoch nicht aufgrund des hier berücksichtigten solaren Gewinns.

Solare Bilanz pro Monat: Bemerkenswert ist, dass auch dieses Gebäude inmitten der Stadt von der Sonneneinstrahlung profitieren kann. Die Nutzbaren solaren Gewinne im Winter decken zu einem grossen Teil die Verluste in der Gebäudehülle als Ganzes. Dadurch muss nur während vier Monaten im Jahr geheizt werden.

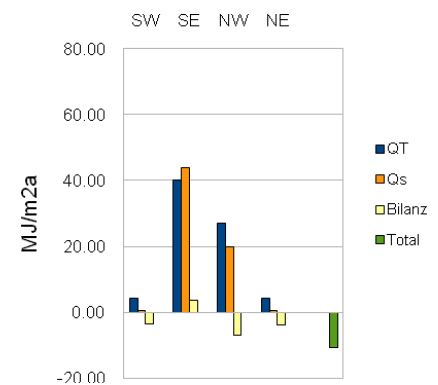


Diagramm 4: Solare Bilanz pro Fassade Typ1

Typ 2 Garden City

Bilanz pro Fassade: In jeder Fassade entsteht bei diesem Gebäude eine positive Bilanz. Dies aufgrund der guten Lage in der Stadt und der grossen Fensterflächen der angefügten Gebäudeteile. In diesem Gebäude muss sommerliche Wärmeschutz vor allem auf der Südostseite beachtet werden.

Solare Bilanz pro Monat: Hier fallen die hohen Transmissionsverluste in den Wintermonaten auf. Dies ist auf den Anteil der Lüftungsleitungen in den Fassadenelementen zurück zu führen. Die solaren Gewinne können diesen Verlusten entgegen wirken.

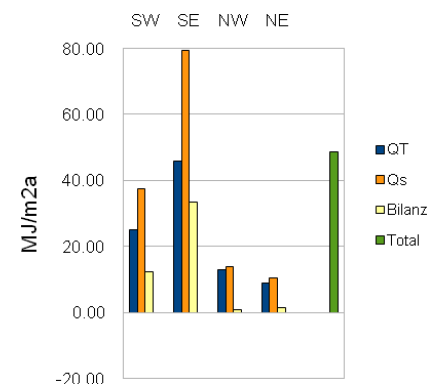


Diagramm 5: Solare Bilanz pro Fassade Typ2

Typ 3 Suburbia

Bilanz pro Fassade: Nur die Südostfassade hat einen kleinen solaren Gewinn. Auf der am meisten besonnten Südwestfassade sind die Fenster einerseits von den Balkonen beschattet und weiter bestehen grosse Transmissionsverluste aufgrund der auskragenden Balkone.

Solare Bilanz pro Monat: Die grossen Transmissionswärmeverluste beruhen auf der geringeren Dämmstärke in der Fassade und an der Kellerdecke. Die schlechteren U-Werte der Fenster tragen ebenfalls zu diesen grossen Verlusten bei.

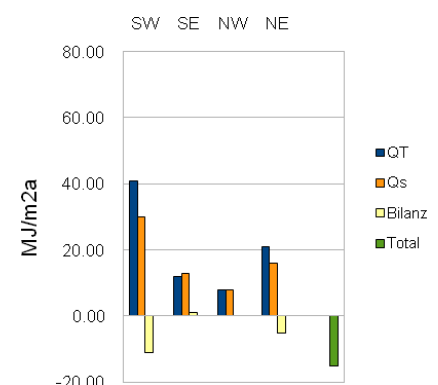


Diagramm 6: Solare Bilanz pro Fassade Typ3

Opake Bauteile Vergleich Bestand – Neu

Die Fassade, das Dach, die Kellerdecken und die Wände bergen das grösste Potenzial, die Transmissionswärmeverluste zu verringern. Wird soviel wie möglich gedämmt, reduzieren sich die U-Werte gegenüber dem Bestand um ein hohes Mass. Je geringer die Transmissionsverluste durch die Gebäudehülle sind desto höher sind die Anteile an den passiv solaren Erträgen.

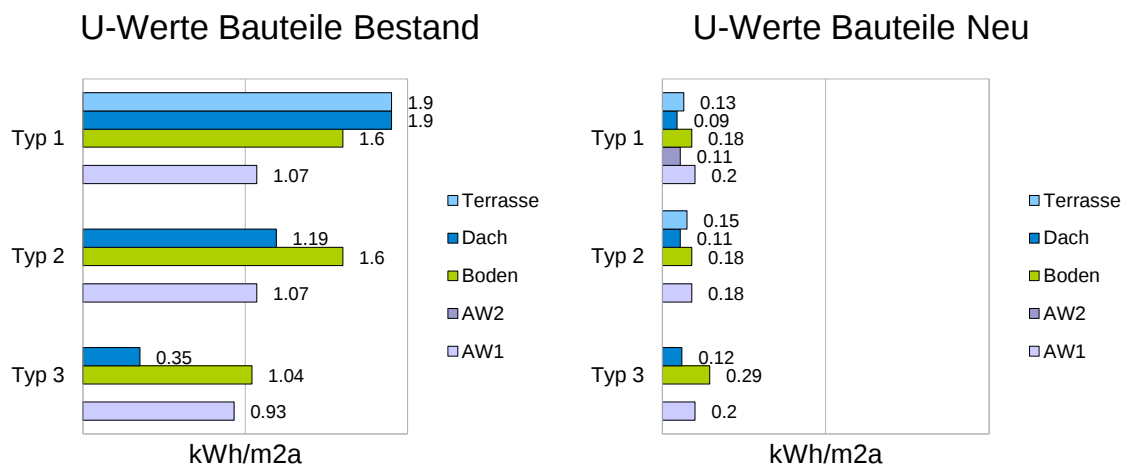


Diagramm 7:

U-Werte der Hauptgebäudeteile im bestehenden Gebäude

Diagramm 8:

U-Werte der Hauptgebäudeteile nach der Erneuerung

Diese Darstellung zeigt den Flächenanteil der einzelnen Bauteile nach der Erneuerung. Dabei sieht man, welche Bauteile bezüglich Wärmetransmissionsverluste ins Gewicht fallen. Je grösser der Prozentanteil, umso wichtiger ist es, diese Bauteile hochwertig zu dämmen. Mit dieser einfachen Flächenbetrachtung kann eine Abschätzung des Massnahmenpotenzials gemacht werden. Wenn die Bauteile mit dem grössten Flächenanteil sehr gut gedämmt werden wird die Auswirkung auf die Gesamtbilanz grösser sein als bei Bauteilen mit kleinerem Flächenanteil.

Im Gebäude Typ 3 wurden die Fassade (25%), der Kellerboden (23%) und das Dach (28%) besser gedämmt, zusammen macht das 68% der gesamten Gebäudehüllfläche aus. Der Anteil der Fenster mit 9% in diesem Gebäude fallen nicht stark ins Gewicht.

Energiebilanz der Gebäudehülle vorher/nachher

Mit der Darstellung der Energiebilanz werden die Wärmeverluste die über die Bauelemente (Q_t) und die Lüftung (Q_v) verloren gehen, den Gewinnen aus den solaren Erträgen (Q_s) und den internen Wärmeeinträgen (Q_i) gegenüber gestellt. Die Wärmeeinträge werden mit dem Ausnutzungsgrad für die Wärmegewinne (η_g) multipliziert. Das heisst in dieser Bilanzierung werden nur die effektiv nutzbaren Gewinne über das Ganze Jahr betrachtet.

Ein Blick auf die Bestandessituation zeigt bei allen drei Projekten einen hohen Anteil an Transmissionswärmeverlusten (Q_t) gegenüber dem daraus folgenden grossen Heizwärmebedarf (Q_h). Bemerkenswert ist der höhere solare Ertrag bei Typ 2. Bei den anderen beiden ist der Anteil etwas geringer.

Energiebilanz Gebäudehülle: Bestand

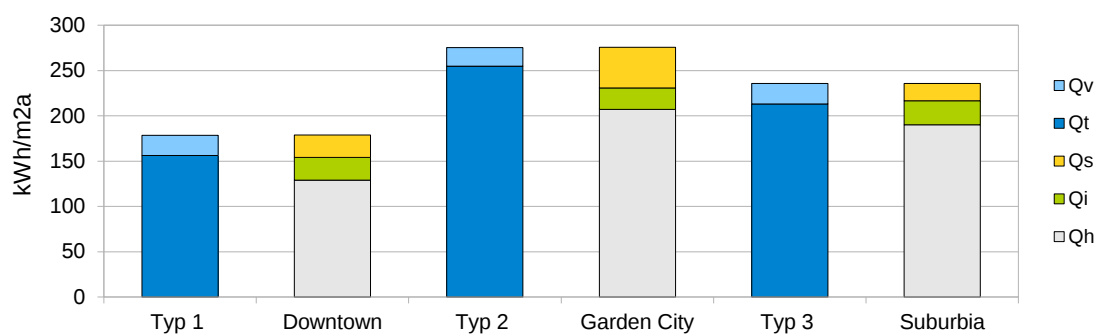


Diagramm 9: Energiebilanz über die gesamte Gebäudehülle der bestehenden Gebäude

Die Situation nach der Erneuerung zeigt die markante Reduktion der Transmissionswärmeverluste (Q_t) in der Fassade. Im Gebäude Typ 2 ist der Ertrag sogar höher (plus) als die Verluste. Die Wärmegewinne der Sonne und der internen Lasten im Typ 1 und Typ 2 decken annähernd die Verluste der Fassade und der Lüftung. Da die solaren Erträge nicht konstant über das ganze Jahr vorhanden sind ist ein kleiner Anteil an Heizwärme nötig um die Verluste zu decken. Im Minergie®-Gebäude Typ 3 ist der Anteil des Heizwärmebedarfs am höchsten, da die Verluste nicht soweit minimiert wurden.

Energiebilanz Gebäudehülle: Neu

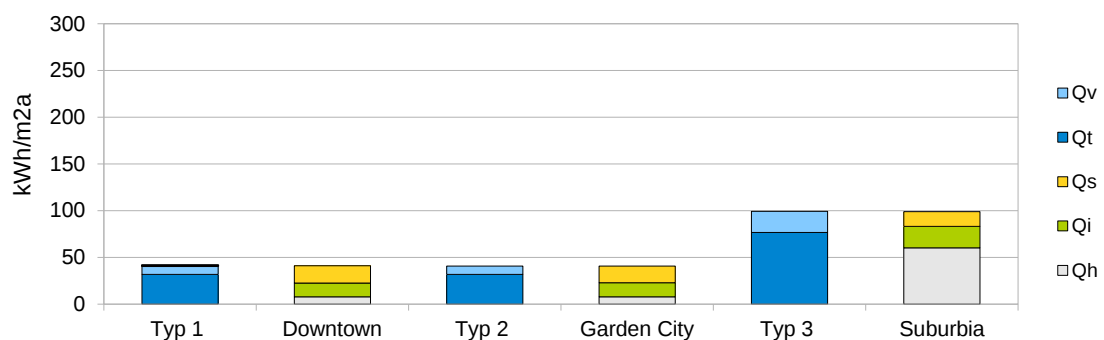


Diagramm 10: Energiebilanz über die gesamte Gebäudehülle der Gebäude nach der Erneuerung.

Aktiv Solare Elemente mit Ihren Gewinnen

Beschreibung der Aktiv solaren Elemente

Die aktiv solaren Systeme decken in jedem der analysierten Projekte einen bedeutenden Anteil des Wärme- und Strombedarfs. Um die Beschattungssituation der einzelnen Anlagen richtig abzuschätzen wurden Panoramabilder aufgenommen (siehe Seite 5 Auswahl der Projekte). Sie zeigen schön die Ausgangssituationen der einzelnen Anlagen. Die detaillierten Daten zu den aktiven Elementen finden Sie im Anhang.

Vergleich der Bruttoerträge aus den aktiv solaren Anlagen

In diesem Abschnitt werden die Bruttogewinne pro Anlage berechnet. Dies geschieht mit und ohne Flächenbezug (EBF). Die PV-Anlage vom Gebäude Typ 2 liefert den höchsten Bruttoertrag in beiden Betrachtungsweisen. Da diese Anlage in der Solarstrombörse ist, muss dieser Gewinn rein ortsbezogen betrachtet werden. Der Sonnenkollektor vom Typ 3 liefert bezogen auf die beheizte Fläche am meisten thermische Energie. In dieser Anlage wird die Wärme für das Warmwasser und auch für die Heizung verwendet. Der thermische Ertrag aus Sonnenkollektoranlage vom Typ 1 sinkt aufgrund der hohen EBF.

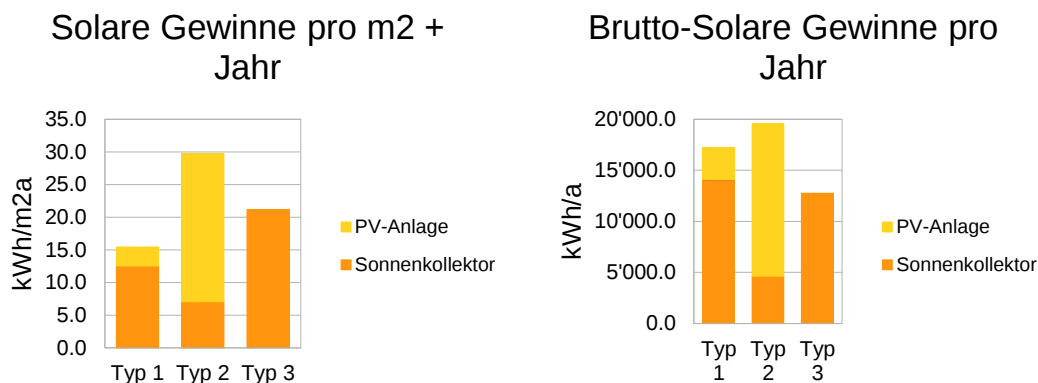


Diagramm 11:
Bruttogewinne aus den solaren Systemen
pro Jahr der einzelnen Projekte

Diagramm 12:
Bruttogewinne aus den solaren Systemen pro
Jahr bezogen auf die EBF für jedes einzelne Projekt.

Wird der Ertrag über das ganze Jahr betrachtet, zeigt sich, in welchen Monaten am meisten Energie genutzt werden kann. Der Warmwasserbedarf wird zur Vereinfachung der Darstellung als konstant angenommen. Die Überschüsse aus den Sommermonaten können für eine gewisse Zeit gespeichert werden. Der überschüssige Strom der Anlage im Typ 2 wird ins Netz eingespeist. Im Typ 1 wird der Strom für die Heizung, Warmwasser und auch für die Lüftung verwendet.

Wärmeerzeugung im Vergleich

Der Vergleich der Wärmeerzeugung von vorher und nachher zeigt auf, wie stark der Anteil an Erneuerbaren Energien für die Erzeugung angestiegen ist. Der Energiebedarf für die Heizung entspricht derjenigen der Gesamtenergiebedarf von Kapitel Optimierung der Gebäudehülle-Passiv solare Gewinne - Gesamtenergiebedarf, S.8. Bei dieser Betrachtung wird der gesamte Bedarf an Wärme betrachtet, das heisst der Bedarf an Warmwasser kommt hinzu, damit die Heizung die gesamte Energie aufbringen kann.

Wärmeerzeugung Heizung/Warmwasser: Bestand

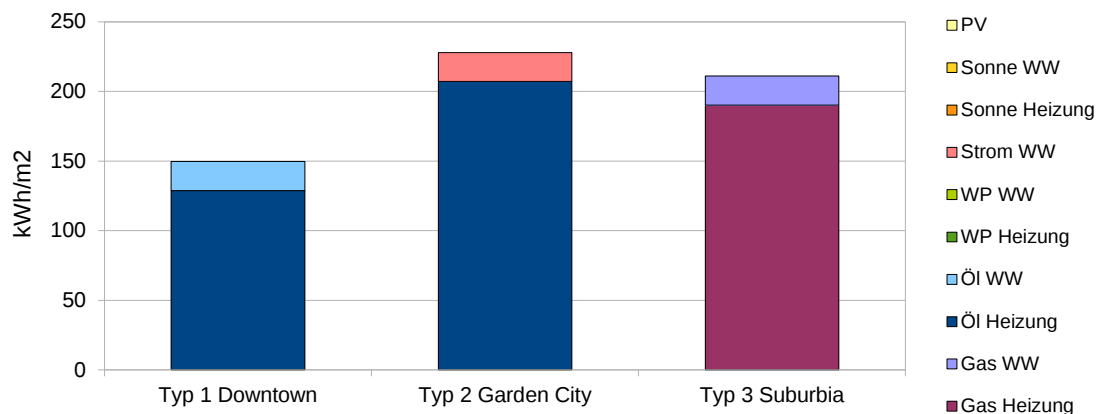


Diagramm 13: Ungewichteter Energiebedarf aufgeteilt nach der Wärmeerzeugung (Heizung und WW) Situation bei bestehenden Gebäuden

Wärmeerzeugung Heizung/Warmwasser: Neu

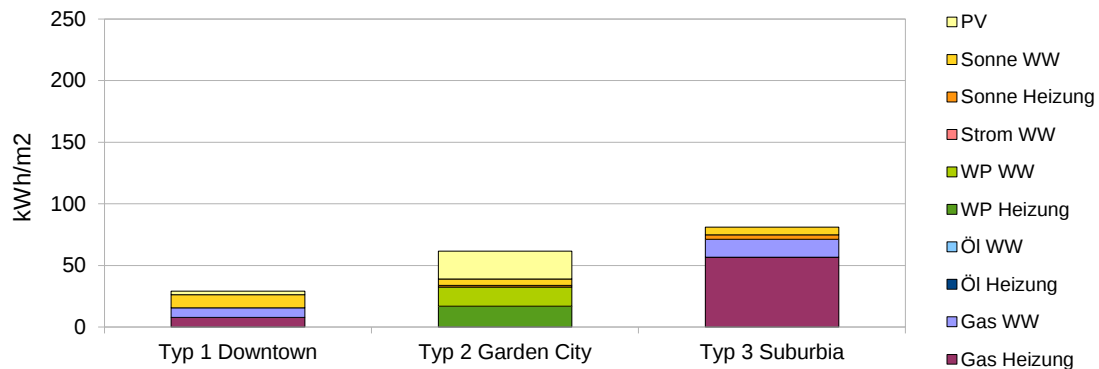


Diagramm 14: Ungewichteter Energiebedarf aufgeteilt nach der Wärmeerzeugung (Heizung und Warmwasser) Situation bei erneuerten Gebäuden

Auflistung der Anteile der Wärmeerzeuger in Prozenten:

Typ 1:	Heizung	100% Gas		Warmwasser	42% Gas	58% Sonne
Typ 2:	Heizung	93% WP	7% Sonne	Warmwasser	75% WP	25% Sonne
Typ 3:	Heizung	94% Gas	6% Sonne	Warmwasser	30% Gas	70% Sonne

Ökobilanzierung der Massnahmen

Graue Energie der eingebauten Gebäudeteile

Durch eine grobe Berechnung der grauen Energie der eingebauten Gebäudeteile zeigt sich, dass die eingebaute Energie durch die anschliessend erzielte Energieeinsparung innerhalb weniger Jahre amortisiert werden kann.

Reduktion der Umweltbelastungspunkte (UBP) und Treibhausgase durch erneuerbare Energien

Die Reduktion der Umweltbelastungspunkte und der Treibhausgase ist bei den Minergie®-P Gebäuden sehr hoch. Hier trägt der hohe Anteil an den solaren Systemen bedeutend zu der Verminderung bei (siehe Anhang D: Reduktion der Umweltbelastungspunkte (UBP) und Treibhausgase durch erneuerbare Energien).

Attraktivität der Massnahmen aus wirtschaftlicher Sicht

Die Kosten die bei einer Minergie®-P-Erneuerung anfallen sind relativ hoch. Der daraus endstehende Mehrwert wie in den vorangehenden Kapiteln aufgezeigt. Alle drei Liegenschaftstypen werden aufgrund des zusätzlichen Mehrwertes der Erneuerung im Immobilienmarkt höher bewertet werden. Wie hoch diese Werterhöhung effektiv sein wird, lässt sich nur schwer abschätzen.

Die Betriebskosten nach der Minergie®-P-Erneuerung ist um 80% tiefer als vor den Massnahmen. Beim Gebäude in Minergie® (Typ 3) wurden die Betriebskosten um 65% gesenkt.

Gemäss der ESI® Immobilienbewertungsmethode erhöht sich der Wert der Anlage aufgrund des nachhaltigen Bauens um ca. 5%. Die Autoren dieses Forschungsberichtes gehen aber davon aus, dass das ESI® Resultat eher zu niedrig ist und dass der Markt noch nicht genug Erfahrung mit dem Faktor Nachhaltigkeit im Immobilienmarkt besitzt.

Planungsteam

Für eine Planung solch komplexer Erneuerungen ist die integrale Planung schon in der Projektphase elementar wichtig. In allen drei Projekten wurden die Fachplaner früh in den Planungsprozess mit eingebunden (siehe Anhang D: Planungsteam).

Externe Berater

Aufgrund des Forschungsprojektes konnten weitere Fachleute in den Planungsprozess eingebunden werden. Dabei haben die Projekte von dem zusätzlichen Wissen profitieren können.

Doris Ehrbar und Gerhard Zweifel: Begleitung der Diplomarbeit für das MAS EnBau (Peter Schwehr als Experte)

René Naef: Daten für Sonnenkollektoren/Daten für Betriebskosten

Christoph Bucher: Daten für PV-Anlage

Joachim Hasler: Daten für Betriebskosten

Anhang

Anhang A: Vergleichsdaten.....17

Anhang B: 3D Laser Scanning Massaufnahme27

Anhang C: Publiaktioen28

Anhang A: Vergleichsdaten

Alle Daten, die für diesen Bericht verwendet worden sind, wurden in einer Excel-Tabelle zusammengefasst gesammelt. Der Aufbau der Vergleichsdaten ist immer der gleiche. Die Projekte weisen immer dieselbe Farbcodierung auf, zuerst kommen die Daten des neuen Zustandes danach die des Umbauten Zustandes.

Name Thema	Typ 1 Downtown		Typ 2 Garden City		Typ 3 Suburbia	
	Zürich-Wiedikon		Zürich-Höngg		Volketswil	
	Neu	Bestand	Neu	Bestand	Neu	Bestand

Bauherrenwünsche:

	Typ 1 Downtown	Typ 2 Garden City	Typ 3 Suburbia
Baujahr:	Zürich-Wiedikon 1938	Zürich-Höngg 1954	Volketswil 1969
Bauherr:	Thomas und Pierre Leder- mann	Peter, Sara und Markus Rieben	Silvio und Barbara Gehri (Connell), Christian und Ma- rilotte Leuenberger
Bauherrenwünsche:	Reduktion Energiebedarf Ersatz Heizung Anpassung der Wohnungen an heutigen Standard Nutzungsänderung im EG komfortable Dachwohnun- gen Liftanlage neu (grösser)	Reduktion Energiebedarf Ersatz Heizung Energiebedarf reduzieren Anpassung der Wohnungen an heutigen Standard neue Küchen/Bäder	Energiebedarf reduzieren auf Minergie®-Standard Sonnenkollektoren Balkone vergrössern klare Budgetvorgabe, kein Renditeobjekt
	Typ 1 Downtown	Typ 2 Garden City	Typ 3 Suburbia

Ausnutzungsreserve:

Baurecht	Typ 1 Downtown	Typ 2 Garden City	Typ 3 Suburbia
Ausnutzungsreserve	Gebäudetiefe von 11m auf 12 m	40m2	48m2

Planungsteam:

Bauherrschaft	Thomas und Pierre Leder- mann	Peter, Sara und Markus Rieben	Silvio und Barbara Gehri (Connell), Christian und Ma- rilotte Leuenberger
Architekt	kämpfen für architektur ag, Zürich	kämpfen für architektur ag, Zürich	kämpfen für architektur ag, Zürich
Energieingenieur (Heizung, Lüftung)	Martin Fuchs, Planforum GmbH, Winterthur	René Naef, Naef Energie- technik, Zürich	René Naef, Naef Energie- technik, Zürich
Massivbauingenieur	Antonio M.G. Richardet, Oberentstringen	APT Ingenieure GmbH, Zü- rich	De Vries Engineering, Zü- rich
Holzbauingenieur	Pirmin Jung, Zürich	Timbatec GmbH, Zürich	-
Elektroingenieur	LEU Elektro GmbH, Zürich	Leu Elektro GmbH, Zürich	-
Sanitäringenieur	Planforum, Winterthur	Gerber Haustechnik, Schwerzenbach	-
Bauphysik	Amstein + Walther AG, Zürich	Amstein + Walther AG, Zürich	Amstein + Walther AG, Zürich
	Typ 1 Downtown	Typ 2 Garden City	Typ 3 Suburbia

Zustand Bestand

Gebäudehülle bestehend:	Massives verputztes Mau- erwerk, Schrägdach in Holz, alles ungedämmt	Massives verputztes Mau- erwerk, Schrägdach in Holz, bis aus Südwestfas- sade (1990) alles unge- dämmt	Massives verputztes Mau- erwerk, Flachdach aus Beton mit Kork (2cm), XPS (8cm) gedämmt.
Fenster:	1992 Kunststofffenster Wärmeschutzglas U-Wert 1.3 W/m2K	1954 Holzfenster mit Dop- pелverglasung U-Wert 2.8 W/m2K	1999 Kunststofffenster Wärmeschutzglas U-Wert 1.3 W/m2K
Gebäudetechnik bestehend:			
Heizung	1993 zentrale Ölheizung (Radiatoren) für Heizung und Warmwasser	1983 zentrale Ölheizung (Radiatoren) für Heizung	1996 zentrale Gasheizung (Radiatoren) für Heizung und Warmwasser.
Warmwasser		Warmwasser über Elekt- roboiler	
Lüftung	Fensterlüftung	Fensterlüftung	Fensterlüftung
	Typ 1 Downtown	Typ 2 Garden City	Typ 3 Suburbia

Definition der Massnahmen

Gebäude:	Mehrfamilienhaus mit 10 Wohnungen und 2 Büros	Mehrfamilienhaus mit 6 Wohnungen	Mehrfamilienhaus mit 5 Wohnungen
Ziel:	Minergie®-P-Erneuerung.	Minergie®-P-Erneuerung.	Minergie®-Erneuerung
Massnahmen:	Vergrösserung der Wohnungen entsprechend heutigen Bedürfnissen, Kleinstwohnungen im Erdgeschoss ersetzen durch Büros, Dachgeschosswohnung zusammenfassen zu einer attraktiven Attikawohnung. Strassenseitig ein Erker, hofseitig ein neuer Balkon neben Liftanlage. Erneuerung Bäder und Küchen.	Wohnraumerweiterung der 4-Zimmer-Wohnung (plus 10m ²), neue grosse Balkone, zusätzliche attraktive Attikawohnung mit Aussichtsterrasse. Erneuerung Bäder und Küchen.	Wärmedämmung an Fassade, Kellerdecken und –wänden. Dach mit 30cm dämmen. Dachrand neu erstellen. Balkonerweiterung auf der Südostseite.
Gebäudehülle Neu:	Strassenfassade zusätzlich verputzte Aussendämmung (14cm), Erweiterung gegen Hof mit Holzelementen (Dämmung 36cm), , Dach vorgefertigtes Holzelement (Dämmung 40cm)	gesamte Fassade vorgefertigte Holzelemente mit Lüftung/Fenster/Sonnenschutz (Dämmung 24cm), Erweiterung Wohnraum mit Holzelementen (Dämmung 36cm), Attikawohnung vorgefertigte Holzelemente (Wände 36cm, Dach 40cm Dämmung)	zusätzlich verputzte Aussendämmung (14cm), Dach neu gedämmt (30cm)
Fenster:	Holzfenster Dreifachverglasung U-Wert 0.7 W/m ² K	Holzfenster Dreifachverglasung U-Wert 0.7 W/m ² K	Kunststofffenster Wärmeschutzglas U-Wert 1.3 W/m ² K
Gebäudetechnik Neu:			
Heizung /Warmwasser	Gasheizung (Bodenheizung), Sonnenkollektoren für Warmwasser.	Erdsonden-Wärmepumpe (bestehende Radiatoren, Bodenheizung), Sonnenkollektoren für Warmwasser und Heizungsunterstützung.	zentrale Gasheizung ergänzt mit Sonnenkollektoren für Warmwasser und Heizungsunterstützung.
	Kollektoren 30m ²	Kollektoren 10m ²	Kollektoren 48m ²
Lüftung	Zentrale Komfortlüftung (Verteilung über internen Schacht). Einzellüftungsgerät in Attikawohnung	Zentrale Komfortlüftung (Verteilung über Fassade). Einzellüftungsgerät in Attikawohnung	Zentrale Komfortlüftung auf Dach (Verteilung über Fassade).
Strom	PV-Anlage 35m ²	PV-Anlage 115m ²	
	Typ 1 Downtown	Typ 2 Garden City	Typ 3 Suburbia

Kennzahlen Flächen/Volumen SIA 416

Kenndaten SIA 416							
Bruttogeschossfläche BGF	m ²	1'347	1'271	786	720	844	821
Erhöhung BGF	%	106%		109%		103%	
Aussenfläche AGF	m ²	78	73	110	30	56	46
Erhöhung AGF	%	107%		367%		122%	
Gebäudevolumen V	m ³	3'778	3'342	2'160	1'723	2'414	2'219
Erhöhung V	%	113%		125%		109%	
		nachher	vorher	nachher	vorher	nachher	vorher
		Typ 1 Downtown		Typ 2 Garden City		Typ 3 Suburbia	

Kennzahlen Energienachweis SIA 380/1

Kenndaten SIA 380/1							
Energiebezugsfläche EBF (AE)	m ²	1'117	973	655	477	601	582
Erhöhung EBF	%	115%		137%		103%	
Gebäudehüllfläche Ath	m ²	1'074	840	1113	810	1046	992
Gebäudehüllzahl Ath/AE		0.96	0.86	1.70	1.70	1.74	1.70
		nachher	vorher	nachher	vorher	nachher	vorher
		Typ 1 Downtown		Typ 2 Garden City		Typ 3 Suburbia	

Kenndaten eingebaute Fenster

Fenster Neu							
Beschrieb		Holzfenster Dreifach-Isolierverglasung		Holzfenster Dreifach-Isolierverglasung		bestehend	
Glas							
Beschrieb		Glas Troesch: Silverstar Tri III E		Glas Troesch: Silverstar Tri III E		Glas Troesch: Silverstar-Wärmeschutz Isolierglas Luft	
Gasfüllung:		Krypton		Argon/Krypton			
Glas U-Wert	W/m ² K	0.6		0.7		1.3	
g-Wert		0.6		0.6		0.6	
Gesamtes Fenster							
Uw-Wert	W/m ² K	0.95		1.01		1.62	
		Typ 1 Downtown		Typ 2 Garden City		Typ 3 Suburbia	

Bruttogeschossfläche (BGF): Die geringe Erhöhung der Bruttogeschossfläche in den Gebäuden Typ 1 und Typ 2 beruht darauf, dass im Bestand die Dachflächen vollflächig mitgerechnet wurden. Die zusätzlichen 3% Geschossflächen beim Typ 3 sind die reinen Dämmflächen an den Fassaden (siehe Anhang D: Kennzahlen SIA 416).

Aussengeschossfläche (AGF): Die extreme Zunahme der Aussenflächen im Gebäude Typ 2 beruht auf den geringen Flächen die im Bestand vorhanden waren. Die neuen Balkone und die grosse Terrasse im Attikageschoss tragen zu dieser Erhöhung bei (siehe Anhang D: Kennzahlen SIA 416).

Volumen (V): Die Volumenzunahmen in den Typen 1 + 2 sind aufgrund der Erweiterungen begründbar. Im Typ 2 wurde der Schopfanbau noch dazu gerechnet. Die 9% Zunahme im Typ 3 entstand wegen des höheren Dachaufbaus (siehe Anhang D: Kennzahlen SIA 416).

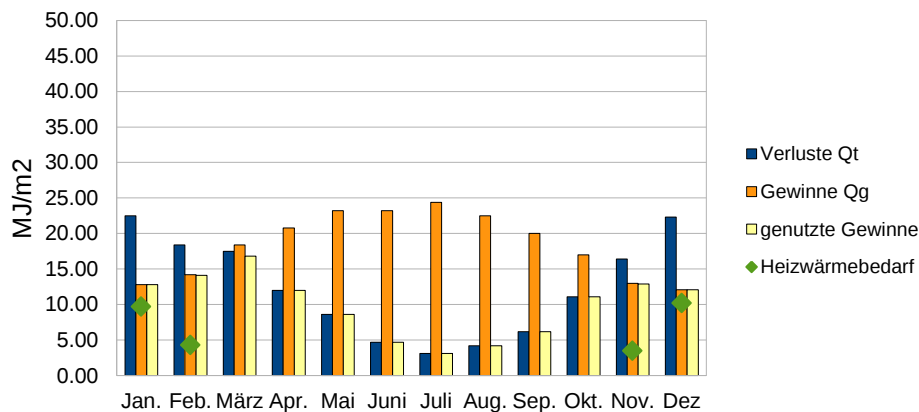
Energiebezugsfläche (EBF): Die Erhöhung der Energiebezugsfläche um 37% im Typ 2 ist auf die neue beheizte Fläche im Attikageschoss und in den Wohngeschossen zurück zu führen. Dies ist, wenn auch in geringerer Masse, beim Typ 1 der Fall. Die Zunahme der Fläche im Typ 3 ist aufgrund der Dämmung an der Fassade zu erklären

Passiv solare Gewinne im Vergleich

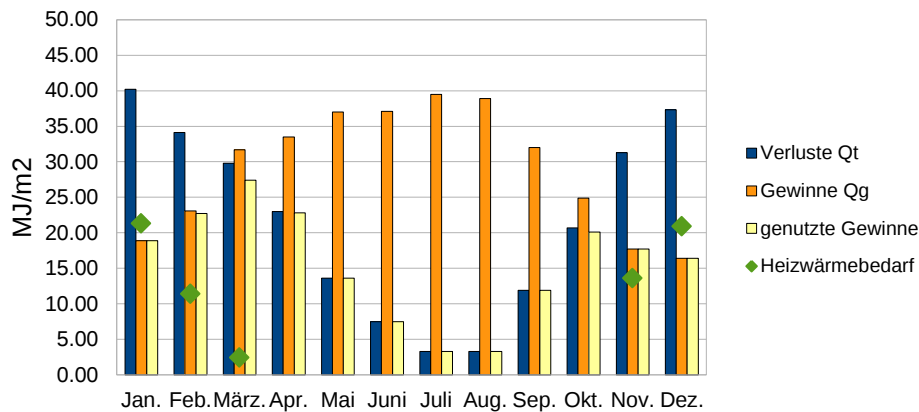
Diagramm 4, 5, 6 jeweils links oben: Solare Bilanz pro Fassade; der nutzbare solare Gewinn gegenüber den Wärmetransmissionsverlusten pro Fassade unter Berücksichtigung des Ausnutzungsgrades. Die internen Gewinne und die Lüftungswärmeverluste werden hier nicht berücksichtigt.

Diagramm 7, 8, 9 jeweils unten: Monatliche Bilanz der Gebäudehülle; Gewinne und Verluste der gesamten Gebäudehülle pro Monat, in Einbezug des Heizwärmebedarfs. Die solaren Gewinne Q_g ohne Reduktion durch den Ausnutzungsgrad (η_g), werden den effektiv nutzbaren Gewinnen gegenübergestellt, dies soll aufzeigen wie viel Sonnenenergie effektiv auf die Hülle trifft.

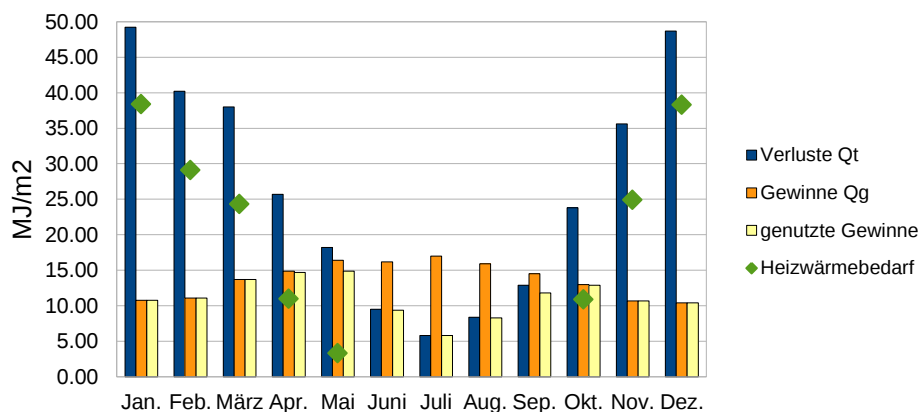
Typ 1 Downtown



Typ 2 Garden City



Typ 3 Suburbia



Technische Daten: Thermische Solaranlage

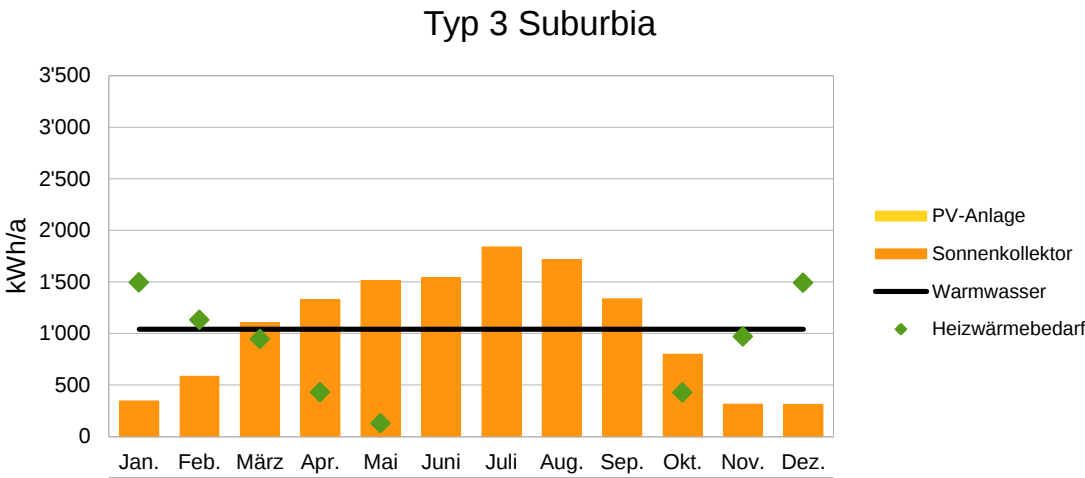
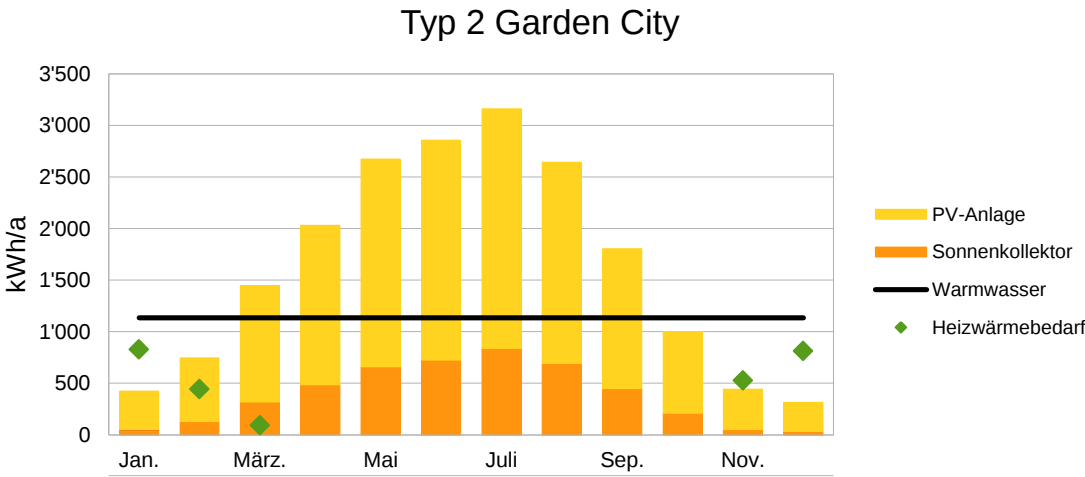
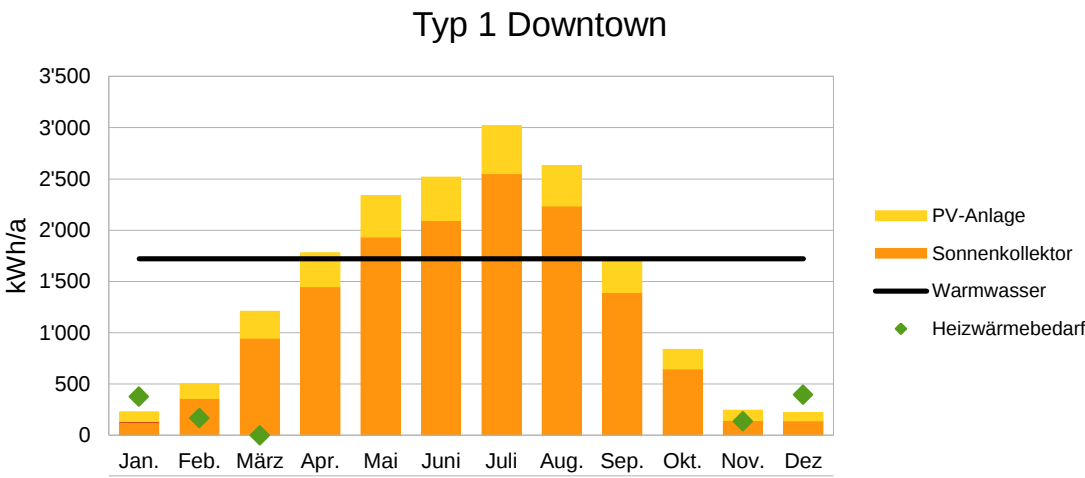
Sonnenkollektor:		INTEGRAL plan 3H	AMK OPC 15	Swisspipe Modul 3
		Fühlerkollektor	Vakuumröhrenkollektor	Vakuumröhrenkollektor
Beschrieb:		Hochleistungs-Flachkollektor für Low-Flow- und Normal-Flow-Solarsysteme. Abdeckung aus reflexionsarmem Solarglas SOLATEX (Klasse1).	Hochleistungskollektor OPC10/15 mit 360°-Absorbertechnik. Absorberfläche ist grösser als die Kollektorfläche. Maximale Aufnahme von direkter und diffuser Strahlung.	Hochleistungskollektor. In den einzelnen Modulen wurde jede zweite Vakuumröhre weggelassen. Deshalb ist die Absorberfläche pro Modul so gering.
Kollektorfläche:	m ²	3	2.13	2.03
Absorberfläche:	m ²	2.7	2.5	0.65
Kollektormass (L x B x T)	cm	119 x 248 x 11	170 x 125 x 9.7	292 x 73 x 12
Anzahl Kollektoren	Stk.	10	5	24
Gesamtfläche	m ²	30.00	10.65	48.72
Total Absorberfläche	m ²	27.00	12.50	15.60
Bruttoertrag	kWh/a	14'029	4'643	12'741
Solarspeicher:		STRATIVARI Spezial 3120-500	Spira-Tec Speicher	Kombispeicher 3000I/400I
Beschrieb:		Schichtspeicher für Warmwasser und Heizung.	In Speicher integrierte Spira-Tec Spiralrohrspeicher für Warmwasser und Heizung.	
Speichervolumen	Liter	3120	700	3000
		Typ 1 Downtown	Typ 2 Garden City	Typ 3 Suburbia

Technische Daten: Photovoltaikanlage

PV-Anlage:		Solarmodul Integral Plan, 355 Wp	Sunways SM 215LG65, 235 Wp	
Zelle:		Monokristalline Zellen (90 à 150 x 150 mm)	Monokristalline Zellen (60 à 156 x 156 mm)	
Aufbau:		6 oder 8 mm Teilvorgespanntes Glas, Tedlarfolie in Anthrazit. 6 Befestigungslöcher für Integral-Plan Bohrschraube	ESG Solarglas 4mm, hochtransparent EVA - Solar Cells - EVA PVF-Polyester-Verbundfolie Tyco Solarlok mit 3 Bypassdioden 1674 x 984 x 5	
Modul-Abmessung	mm	2500 x 1220 (Überlappung max. 169 mm)		
Gewicht:	kg	45	20	
Wechselrichter:		SunTechnics Wechselrichter STW 3600 (Swiss Type) mit integriertem Display	Sunways Solar Inverter	
Anzahl Modulge	Stk.	10	64	
Fläche	m ²	35	115	
Leistung	kWp	3.55	15.04	
Bruttoertrag*	kWh/a	3'197	14'907	
Ertrag pro m ² -Anlage	kWh/m ²	91	129	
		Typ 1 Downtown	Typ 2 Garden City	Typ 3 Suburbia

* Ertrag gemäss Berechnungen von Christof Bucher, Basler & Hofmann AG: Strahlungsdaten aus METEONORM extrahiert mit Erfahrungsdaten und Anlagengrösse multipliziert.

Vergleich der Bruttoerträge aus den aktiv solaren Anlagen



Reduktion der Umweltbelastungspunkte (UBP) und Treibhausgase durch erneuerbare Energien

Umweltbelastungspunkte der Heizsysteme		Treibhausgasemissionen
Typ 1 Downtown:		
	[UBP]	[kg/a]
Nutzwärme bestehend (Nutzwärme in MJ)	20'479	40
Nutzwärme neu (Nutzwärme in MJ)	3'135	5
Reduktion nach Sanierung	-85%	-89%

Typ 2 Garden City:

Nutzwärme bestehend (Nutzwärme in MJ)	44'645	69
Nutzwärme neu (Nutzwärme in MJ)	4'391	2
Reduktion nach Sanierung	-88%	-97%

Typ 3 Garden City:

Nutzwärme bestehend (Nutzwärme in MJ)	28'875	57
Nutzwärme neu (Nutzwärme in MJ)	9'920	17
Reduktion nach Sanierung	-66%	-69%

Investitionskosten der Erneuerung

1 Vorbereitungsarbeiten	130'000	4'000	0
2 Gebäude	2'840'000	1'910'000	559'500
3 Umgebung	65'000	10'000	10'000
5 Nebenkosten	100'000	42'000	13'300
6 Beiträge (Fördergelder)	-135'000	-133'000	-46'100
7 PV-Anlage	60'000		
Erneuerungskosten Total	3'060'000	1'833'000	536'700
Abzüglich Kosten Innere Aus- bauarbeiten (BKP 25, 27, 28)			
Küche, Bad, Oberflächen	825'000	457'000	
Total Energie- Massnahmen	2'235'000	1'376'000	536'700
Kosten pro m³	593	637	222
Kosten pro Einheit	248'333	229'333	107'340
	Typ 1 Downtown	Typ 2 Garden City	Typ 3 Suburbia

Betriebskosten

Energieverbrauch Q_h	kWh/a	8'781	125'409	11'135	98'845	36'227	110'742
Energieverbrauch Q_{ww}	kWh/a	20'665	20'238	13'624	9'922	12'501	12'106
Geschätzte Betriebskosten	CHF/a	1'843	15'374	1'005	9'390	3'990	12'967
Energieverbrauch Strom	kWh/a	3'574	5'352	5'502	3'339	2'524	2'444
Energiekosten Strom Total	CHF/a	536	803	825	1'989	379	367
Service/Wartung	CHF/a	1'020	1'020	240	1'020	1'020	1'020
Kaminfeger	CHF/a	150	300		300	150	150
Anteil Tankrevision	CHF/a		200		200		
Unterhaltskosten	CHF/a	1'170	1'520	240	1'520	1'170	1'170
Total Externe Kosten	CHF/a	790	6'822	1'304	4'123	1'449	4'422
Total Betriebskosten	CHF/a	4'339	24'518	3'374	17'022	6'988	18'926
Kosteneinsparung	CHF/a	20'179		13'648		11'937	
Prozent zu vorher		18%		20%		37%	
		Typ 1 Downtown		Typ 2 Garden City		Typ 3 Suburbia	

Für die Betriebskostenkalkulation wurde der berechnete Energieverbrauch mit den Energieträgern multipliziert. Der Stromverbrauch der Systeme, die Unterhaltskosten und die externen Kosten wurden mitberücksichtigt. Die Betriebsenergie für die Situation vor der Erneuerung wurde ebenfalls aus den Werten der 380/1-Berechnung heraus gelesen. Die Energiekosten der Energieträger und der externen Kosten wurde nach Angaben der Ingenieure berechnet:

Kosten für Strom	15.5 Rp.
Kosten für Öl/Gas	9.5 Rp.
Externe Kosten Gas	3.5 Rp.
Externe Kosten Öl	4.5 Rp.
Externe Kosten Strom	5 Rp.

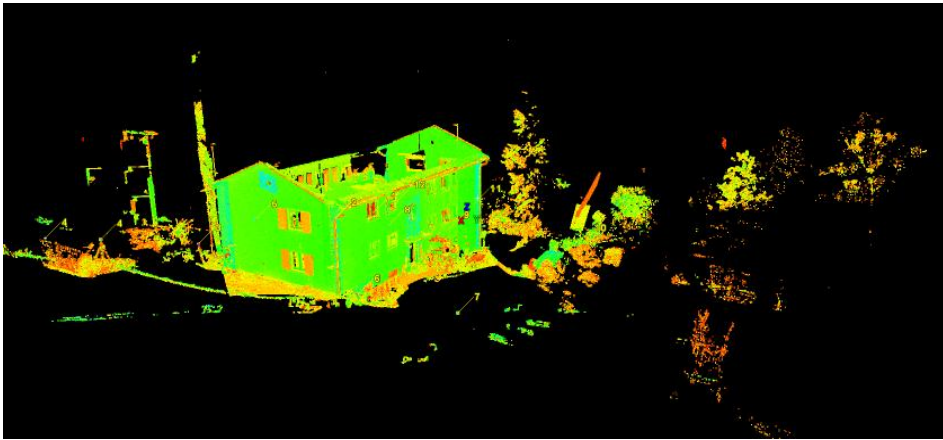
ESI® Immobilienbewertung – Nachhaltigkeit inklusive

Für die ESI® Immobilienbewertung aller drei Projekttypen wurde ein einheitlicher Nettodiskontsatz angenommen. Es wurden die Anlagekosten der Liegenschaft als aktueller Fair Value vorgegeben. Die Bewertung nach den ESI® Kriterien wurde mit dem Programm des Center of Corporate Responsibility and Sustainability erstellt. Die Resultate aus dem Netzdiagramm sind im Anhang G visualisiert. Da es sich bei allen drei betrachteten Projekten um Umbauten handelt, konnte bei keinem das Punktemaximum erreicht werden.

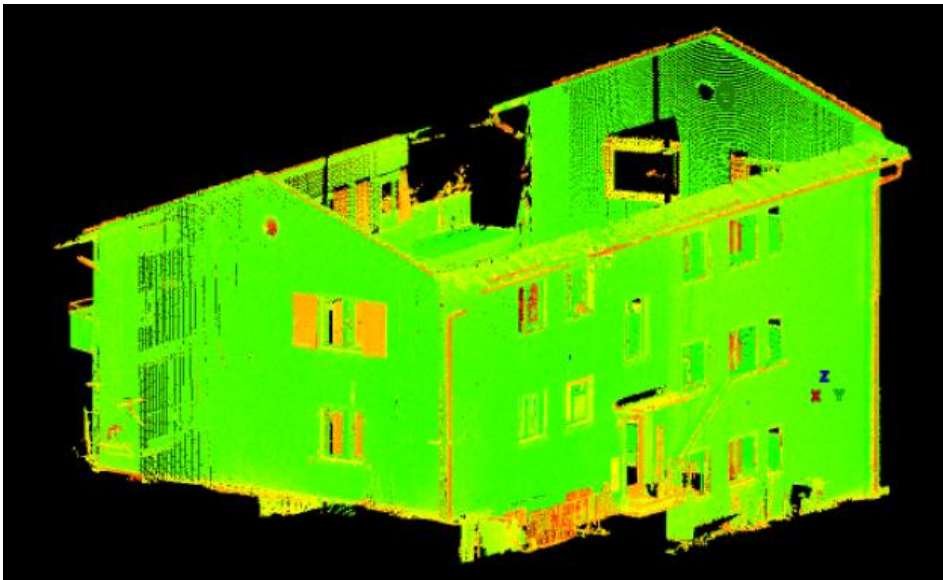
ESI® Immobilienbewertung			
Aktueller Fair Value CHF	5'566'000.00	3'820'000.00	1'794'000.00
Nettodiskontsatz	3.5%	3.5%	3.5%
ESI®-Economic Sustainability Indicator	0.7	0.7	0.3
ESI® Risikozuschlag	-0.15%	-0.15%	-0.07%
Nettodiskontsatz ESI®	3.35%	3.35%	3.43%
ESI® Fair Value CHF	5'823'149.00	3'996'484.00	1'829'521.00
Abweichung	4.62%	4.62%	1.98%

Anhang B: Digitale 3D Gebäudeaufnahme

(Messung wurden von der Fachhochschule Nordwestschweiz durchgeführt)



Aus sechs Scan-Positionen zusammengesetzte Punktwolke



Bearbeitete Punktwolke (knapp 26 Mio. Punkte, eingefärbt nach Intensität)

Anhang C: Publikationen

Vorträge

2008

- Tag der Technik: Im Zeichen effizienter Energienutzung – Winterpullover für alte Gebäude
- CCEM-Retrofit: Advanced Energy Efficient Renovation of Buildings – Wir sanieren und bauen für die Zukunft
- Novatlatis Bauforum: Nachhaltige Umbauten

2009

- Task 37: Advanced Housing Renovation with Solar and Conservation, Subtask B, Canada,
- Von der Energieschleuder zum Nullenergiehaus, Grundsätze-Beispiele, Herbstseminar Best Practice, 2009, Bern
- Von der Energieschleuder zum Nullenergiehaus, Energieapero Luzern, 2009
- Verbesserung der Energieeffizienz, Holzbautagung, 2009, Biel

2010

- Gebäudezyklen der gebauten Umwelt, Lignum/Pro Holz Luzern, 2010, Rain
- Energie und Nachhaltigkeit im Bauen, Institutionelle und Professionelle Bauherrschaft, IPB, 2010
- Refurbishment: from Minergie to Zero Energy. Is it possible? International Energy Agency, IEA, Paris, 2010
- München: Energieeffiziente Gebäudeerneuerung mit Holzbauelementen, Symposium TU
- München: Holzbaulösungen für die Gebäudemodernisierung, 2010, München
- Gebäudeintegrierte Photovoltaik, Nationale PV-Tagung, 2010, Winterthur
- Energieeffizienz und Nachhaltigkeit, Seminar Nachhaltigkeitskompetenz für, 2010, Winterthur
- Von der Energieschleuder zum Nullenergiehaus – 2 Beispiele, Europäischer Kongress für energieeffizientes Bauen mit Holz, 2010, Köln
- Bauen mit der Sonne, swissolar, 2010, Zürich

Publikationen

Umbau und Aufstockung Mehrfamilienhaus Segantinistrasse, 2009

2009

- Forum Holz I Bau Garmisch 09: Von der Energieschleuder zum Nullenergiehaus – zwei aktuelle Beispiele, Internationales Holzbauforum (IHF) 2009, Biel
- Faktor, Heft 22, Mai 2009

2010

- Schweizer Energiefachbuch 2010, Nachhaltig Planen, Bauen und Betreiben: Upgrade eines 0815-MFH auf Minergie-P, KünzlerBachmann Medien AG, St. Gallen
- Nachhaltig Bauen - im Kanton Zürich: Von Energieschleuder zum Plus-Heizenergie-Haus, 3/2010, Gerber Media, Zürich
- COVISS, Das unabhängige Magazin für Architektur, Kontur und Farbe: Architektur im Sonnenlicht, Solare Energie möglichst gut ausnützen, 8/2010 Dezember 2010, Eigensatz Verlags GmbH, Luzern
- NZZ am Sonntag: Mit Holz frisch eingepackt, Ausgabe 5. September 2010
- Von der Energieschleuder zum Nullenergiehaus – 2 Beispiele, Europäischer Kongress für energieeffizientes Bauen mit Holz, 2010, Köln

Radio

Radio DRS 1: rendez-vous am Mittag 6.12.2010, Vorstellung des Projektes Segantinistrasse

Preise

Schweizer Solarpreis 2010 für das MFH Segantinistrasse, Zürich-Höngg, CH

Lehrveranstaltungen

- Nutzung des Projektes als Lehrbeispiel in folgenden weiterbildungsveranstaltungen durch Beat Kämpfen:
 - CAS Minergie, FHNW, MuttENZ
 - CAS Solares Bauen, BFH, Burgdorf
 - Minergie Fachpartnerkurs: Minergie Sanierung

Führungen Segantinistrasse

- Forum Energie Zürich, 2009
- Verschiedene Gruppen und Baufachleute aus Japan, Holland, Belgien, Luxemburg. Geschätzte Anzahl der Besucher bis Ende 2010: 800-1000 Personen