Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist an der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt (http://www.ub.tuwien.ac.at).

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology (http://www.ub.tuwien.ac.at/englweb/).

Technische Universität Wien

Masterarbeit

Thermisch - energetische Sanierung historischer Gebäude

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs unter der Leitung von

Hon.Prof. Arch. Dipl.-Ing. Dr.techn. Heinz Priebernig
Technische Universität Wien
Fakultät für Raumplanung und Architektur
E253 - Institut für Architektur und Entwerfen

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Raumplanung und Architektur

Verfasserin: Barbara Groß
Matrikelnummer: 0430783
Anschrift: Rauscherstraße 10/16
1200 Wien

Barbara Groß Wien, im Juni 2011

INHALT

Kurzdarstellung / Abstract 7

1. Einleitung 11

2. Analyse historischer Quellen 19

2.1. Antike Bautypologien 19
2.1.1. Wohnhaustyp „Megaron“ 19
2.1.2. griechisches und römisches „Atrium“ 23
2.1.3. römische Thermen - Heizung und Wassererwärmung 25

2.2. Arabische Bautypologie 27
2.2.1. Wohnhaustyp „Kasbah“ 27
2.2.2. Energieversorgung einer Kasbah 31

2.3. Bautypologie der Gründerzeit 35
2.3.1. Städtebau „Blockrandbebauung“ 35
2.3.2. Wohnhaustyp „Gründerzeit“ 39
2.3.3. Baukonstruktionen eines Gründerzeithauses 43
2.3.4. Energieversorgung eines Gründerzeithauses 59

2.4. Resümee der Analyse historischer Quellen 65

3. Analyse von Energieträgern und ihren Einsatzmöglichkeiten in Gründerzeithäusern ... 73

3.1. Fossile Energieträger ... 73

3.2. Biomasse ... 77

3.3. Solarenergie ... 79
3.3.1. Thermische Solarenergie ... 79
3.3.2. Photovoltaische Solarenergie ... 85

3.4. Geothermie ... 89

3.5. Resümee der Analyse von Energieträgern und ihren Einsatzmöglichkeiten in Gründerzeithäusern ... 93

4. Gründerzeithaus in Margareten ... 103

4.1. Objektbeschreibung ... 105
4.1.1. Bautypologie ... 105
4.1.2. Gebäudezustand ... 107

4.2. Thermisch-energetische Sanierung ... 111
4.2.1. Konzept zur thermischen Sanierung ... 115
4.2.2. Konzept zur energetischen Sanierung ... 121

4.3. Resümee der Sanierung und Ausblick ... 125

5. Anhang 129

5.1. Unterlagen zur thermisch-energetischen Sanierung 129
5.1.1. Energieausweise 129
5.1.2. Berechnungen für das Konzept der energetischen Sanierung 150

5.2. Verzeichnisse 153
5.2.1. Literatur 153
5.2.2. Abbildungen 156
5.2.3. Tabellen 159

Danksagung

Ich möchte mich bei meiner Familie bedanken ohne deren vielseitige Unterstützung diese Arbeit nicht hätte entstehen können.

KURZDARSTELLUNG

In Hinblick auf die Endlichkeit fossiler Energieträger, die ansteigenden CO_2-Emissionen und dem damit verbundenen Klimawandel wird das Thema der thermisch-energetischen Sanierung in Zukunft zu einem der wichtigsten Aufgabengebiete für Architekten, Bauingenieure, Klima- und Energietechniker entwickeln. Sanierungen betreffen in Wien vor allem die Gründerzeithäuser. Sie machen ca. ein Drittel des gebauten Bestands aus. Ihre Erhaltung ist kulturell und städtebaulich von Bedeutung.

Ziel dieser Arbeit ist es anhand einer **thermisch-energetischen Sanierung des Gründerzeithauses in der Hofgasse 4** (Wien, 5. Bezirk) Möglichkeiten zur Aufwertung des Gebäudes, Maßnahmen zur Reduzierung des momentanen Gesamtenergiebedarfs und Gebäudetechniksysteme zur nachhaltigen Deckung des verbleibenden Energiebedarfs durch regenerative Energieträger aufzuzeigen. Dem Sanierungskonzept gehen zwei Analysen voraus. Im ersten Teil werden zum Einen Bautypologien historischer Quellen (antike und arabische Bautypologie) und die Umsetzung ihrer Prinzipien in Gründerzeithäusern diskutiert. Zum Anderen wird die Bautypologie der Gründerzeithäuser auf ihre Vor- und Nachteile untersucht und Möglichkeiten für eine thermische und energetische Aufwertung analysiert. Der zweite Teil behandelt die Vor- und Nachteile von fossilen und regenerativen Energieträgern und ihre Einsatzmöglichkeiten in Gründerzeithäusern.

ABSTRACT

Due to the finite nature of fossil fuel supply, the increasing CO_2-emissions and the associated climate change refurbishments are going to be an important task for architects, building engineers and other professionals. In Vienna refurbishments affect mainly buildings from the “Gründerzeit” (1850 - 1918). They represent about one third of the existing building stock. Their preservation is valuable for the Viennese culture and the urban structure.

This thesis deals with the **refurbishment of a residential building from the 19th century**, concerning the thermal and energetic improvement. It presents options to increase the building value, possibilities to reduce the demand of energy and regenerative systems to cover the residual energy requirements. The concept of the refurbishment was preceded by two analyses. The first part deals on one hand with historical building types (Antic and Arabian type) and the implementation of their principles to buildings of the 19^{th} century. On the other hand it discusses the advantages and disadvantages of buildings of the “Gründerzeit” and measures concerning their thermal and energetic improvement. In the second part the thesis presents the pros and cons of fossil and regenerative energy sources and their capabilities for buildings of the 19^{th} century.

EINLEITUNG

	Ressourcen [EJ]	Verbrauch [EJ]	Reichweite [Jahre]
Erdöl	3.430	165	41
Erdgas	7.859	115	60
Kohle	416.515	146	143
Uran + Thorium	3.240	26	63

r fossile

	Bevölkerung		Energieverbrauch		CO2-Emission	
	[Mio.]	[%]	[EJ]	[%]	[Mt]	[%]
Welt	6.432	100	478	100	27.136	100
Afrika	894	14	25	5	835	3
Asien	3.626	56	157	33	9.379	35
Lateinamerika	554	9	28	6	1.327	5
Nordamerika	326	5	110	23	6.366	23
GUS	285	4	41	9	2.303	8
Europa, Japan, Ozeanien	744	12	111	23	5.969	22

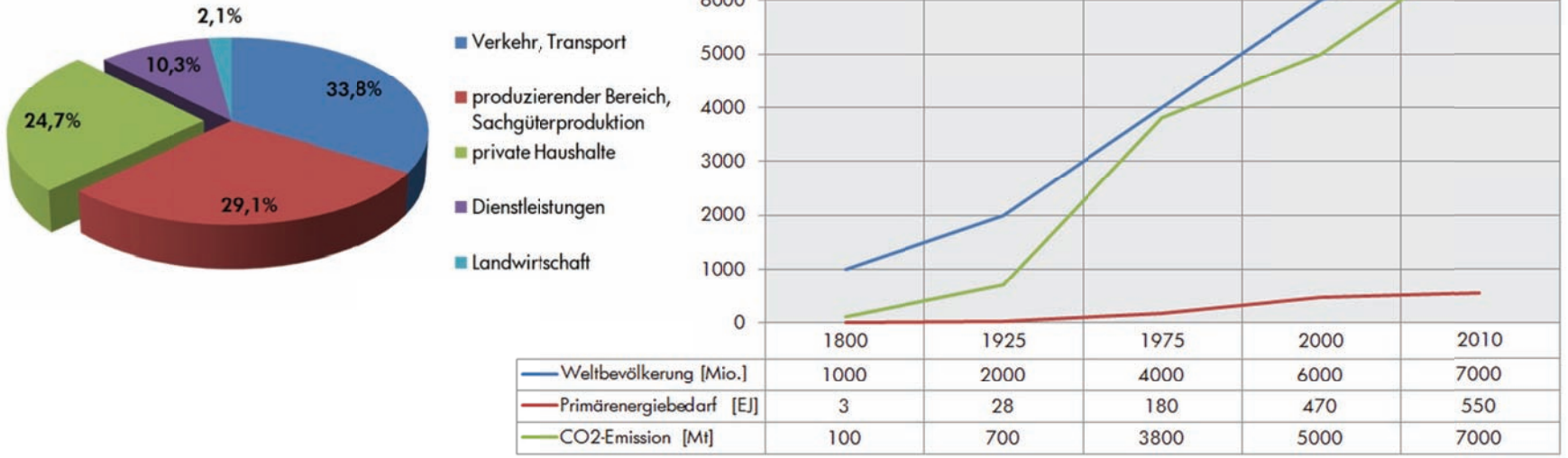


Abb. 1. 1. Entwicklung der Bevölkerung, des Energiebedarfs und der CO_2-Emissionen

1. EINLEITUNG

„Bauen ist eine Tätigkeit mit langfristigen Auswirkungen. Eben getroffene Planungsentscheidungen bewegen erhebliche Ressourcen. Bei einer derzeit üblichen Lebensdauer von Gebäuden wird der Betrieb eines heute erstellten Gebäudes mit einiger Sicherheit das Ende des Öl- und Gaszeitalters erleben. Wie können Architektur und Technik darauf ausgerichtet werden?“ [Hegger, Fuchs, Stark, Zemer. S. 27]

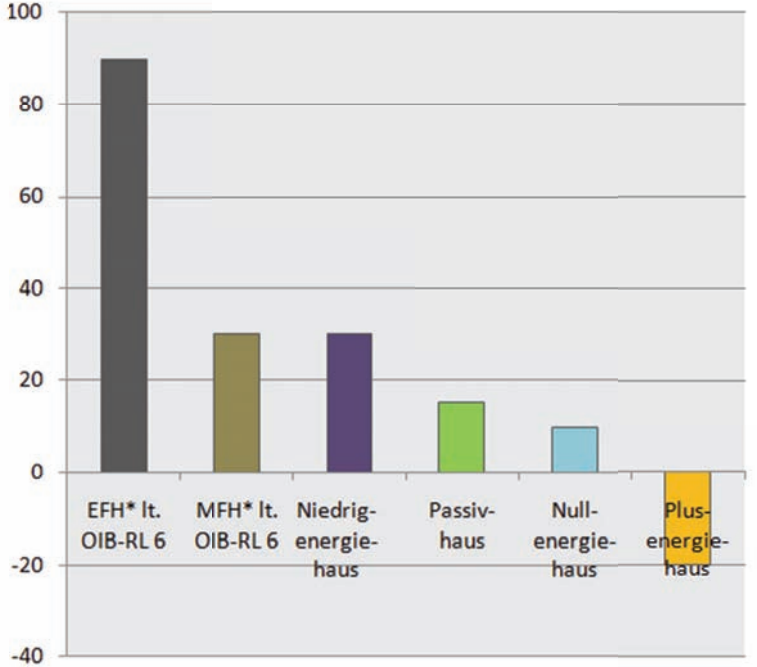
Heute wird der weltweite Verbrauch an Primärenergie, laut Wesselak und Schabbach, durch *33 % Rohöl, 25 % Braun- und Steinkohle, 20 % Naturgas und 2 % Kernenergie* gedeckt. Diese Energieträger werden nach Vorhersagen durchschnittlich weitere 76 Jahre verfügbar sein. **(Tab. 1. 1.)** Die ungleichmäßige Verteilung des weltweiten Energieverbrauchs der Staaten stellt dabei eine Komponente des globalen Energieversorgungsproblems dar. So konzentrieren sich *46 % des Weltenergieverbrauchs* auf die *Industrieländer in Nordamerika (23 %) und Europa (mit Japan und Ozeanien, 23 %)*, bei einem Anteil von *17 %* an der Weltbevölkerung. Schwellenländer wie China und Indien haben momentan einen Anteil von *33 %* am Weltenergieverbrauch, mit einem Anteil von *56 %* an der Weltbevölkerung. [Wesselak, Schabbach] **(Abb. 1. 1. + Tab. 1 .2.)** Im Hinblick auf die zukünftige ökonomische Entwicklung der Schwellenländer und der damit einhergehenden Steigerung ihres Energieverbrauchs, wird es in näherer Zukunft zu einer Verschärfung der Ressourcenproblematik kommen. Dies wird sich dadurch äußern, dass die Nachfrage an fossilen und nuklearen Energieträgern in *10 bis 20 Jahren* global nicht mehr gedeckt werden kann. [Wesselak, Schabbach]

Aktuelle Ereignisse wie z.B. die Reaktorkatastrophe in Fukushima (Japan) und die damit ausgelöste Diskussion über den Austritt der Europäischen Union (v.a. Deutschland) aus der Kernenergie verdeutlichen die Dringlichkeit zu schnellen Handlungen. Dabei stehen Architekten vor der Aufgabe zukunftsfähige Lösungen zu finden bei denen der Einsatz von regenerativen Energieträgern[1] forciert wird. Für die Realisierung ist die Reduzierung des Energieverbrauchs grundlegend da - im Vergleich zu herkömmlich fossilen Systemen - erneuerbare Energiesysteme momentan noch geringe Wirkungsgrade aufweisen.

[1] Als regenerative oder erneuerbare Energieträger werden Energien bezeichnet die aus sich selber erneuernden Quellen gewonnen werden (z.B. Geothermie). Ebenfalls werden Energien als regenerativ bezeichnet bei denen der Verbrauch nicht zur Erschöpfung der Quelle führt (z.B. Solarenergie) und die das energetische Potenzial aus nachwachsenden Rohstoffen beziehen (z.B. Biomasse).

	vor 1900	1900	1945	1960	BO 1976	BO 1993	BO 2001	OIB-RL 6
EFH*	400	480	500	350	340	125	135	90
MFH*	160	175	150	145	125	60	50	30

*EFH ... Einfamilienhaus / MFH ... Mehrfamilienhaus



*EFH ... Einfamilienhaus / MFH ... Mehrfamilienhaus

.900

nergie-,

Das Problem der Endlichkeit nicht regenerativer Energieträger, sowie die Problematik der ansteigenden CO_2-Emissionen und dem damit verbundenen Klimawandel werden sich in Zukunft auf Bereiche wie das Transportwesen, die Sachgüterproduktion, die Nahrungsmittelproduktion und Vermarktung auswirken. Im Arbeitsfeld der Architektur und des Bauingenieurwesens werden städtebauliche Maßnahmen z.B. eine verdichtete Bebauung u.a. zur effizienten Energieverteilung oder Grüngürtel zur Verbesserung des Mikroklimas und gleichzeitigen Kühlung der Städte durch Verdunstung, notwendig werden.

Auch einzelne Gebäude bedürfen einer Anpassung an zukünftige Energieversorgungssysteme. Dazu zeigt die **Abbildung 1. 2.** - im Vergleich zu den Sektoren Verkehr, produzierender Bereich, Dienstleistungen und Landwirtschaft - den prozentuellen Anteil an privaten Haushalten von *24,7 %* am *sektoralen Energieverbrauch Österreichs* [Wesselak, Schabbach]. Der Sektor für private Haushalte beinhaltet dabei die Warmwasserbereitung, die Raumheizung, diverse elektronische Geräte, Kühl- und Klimageräte und die Beleuchtung. Der Sektor der privaten Haushalte stellt den drittgrößten Anteil dar. Zieht man in Betracht, dass von rund *2 Millionen* Bauwerken in Österreich *ca. 78 % vor 1981* errichtet wurden - wobei diese meist nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik entsprechen - liegt hier ein großer Optimierungsbedarf vor. [Statistik Austria] Dabei können, laut Treberspurg, im Bezug auf die thermische Qualität der Gebäudehülle, die Effizienz der Warmwasserbereitstellungssysteme (für Raumheizung, Warmwasser) und dem Strombedarf Energieeinsparungspotenziale von *50 - 70 %* erzielt werden.

In Wien stammen *32 % der Altbauten aus der Gründerzeit* (1850 - 1918). [Ertl] In diesem Zeitraum nahm die städtische Bevölkerung rasch zu. Die dadurch entstandenen Stadtviertel, mit typischer Blockrandbebauung, prägen bis heute das Stadtbild Wiens. Ihre innerstädtische Lage, die gute Erschließung durch den Verkehr und die Nahversorgung, sowie die bestehende Durchmischung der Bereiche Arbeiten und Wohnen tragen zu einer hohen Wohnqualität bei. Die Erhaltung dieser kulturell und städtebaulich prägenden Stadtviertel und einzelnen Bestandsobjekte ist wichtig. Nicht zuletzt dadurch zeichnet sich eine Verschiebung der österreichischen Bautätigkeit von Neubauten zu Sanierungen ab. Wurde, laut Adam, *1997* noch zu *87 %* neu gebaut, liegt der Anteil an Sanierungsarbeiten *2007* schon bei *45 %*. Bis 2017 sollen Sanierungen bis zu 85 % der gesamten österreichischen Bautätigkeit ausmachen.

Bei Sanierungen von Gründerzeithäusern wird die Bausubstanz häufig nur bautechnisch und thermisch verbessert. Unter den Gesichtspunkten einer langfristigen Optimierung der Häuser - über den gesamten Lebenszyklus - ist dies nicht ausreichend. Die Gebäudetechniksysteme müssen ebenfalls an die aktuellen und zukünftigen Anforderungen angepasst werden. Allerdings erfordert der - im Vergleich zu Passivhäusern mit einem Heizwärmebedarf[2] von 30 - 15 kWh/m²a - hohe Heizwärmebedarf von Gründerzeithäusern mit *175 kWh/m²a* zukunftsfähige Sanierungsmaßnahmen zur Reduzierung des

[2] lt. Begriffsbestimmungen der OIB-Richtlinie ist der Heizwärmebedarf die *„Wärmemenge, die den konditionierten Räumen zugeführt werden muss, um deren vorgegebene Solltemperatur einzuhalten."*

Energiebedarfs. [Pöhn] **(Abb. 1. 3. + Abb. 1. 4.)** Dadurch wird eine Heizlastdeckung durch regenerative Energieträger möglich. Eine thermisch-energetische Sanierung - mit Berücksichtigung von thermischen und energetischen Maßnahmen - ermöglicht eine gesamtheitliche Aufwertung des Gebäudes und eine Senkung des Gesamtenergieverbrauchs.

Ziele zur thermisch-energetischen und bautechnischen Optimierung eines Gründerzeithauses sind

- **die Senkung des Gesamtenergieverbrauchs**

Sie erfolgt mittels Verhaltensänderungen der Nutzer, der Vermeidung von erhöhtem Energieverbrauch, der Verbesserung der Gebäudehülle und der Nutzung interner Wärmegewinne. Dabei ist der bewusste Umgang der Nutzer mit Energie ein grundlegender Faktor.
Verhaltensänderungen ermöglichen eine Reduzierung der Wärmeenergieverluste. Der Strombedarf wird durch Bewegungsmelder und Zeitschaltuhren verringert. Materialien zur zeitlichen Phasenverschiebung gleichen die Lastspitzen aus und entlasten damit das örtliche Energienetz. Sanierte - opake und transparente - Außenbauteile stellen einen winterlichen Wärmeschutz sicher und verhindern eine sommerliche Überhitzung des Innenraums. Zudem erhöhen sie die Behaglichkeit im Gebäude aufgrund der höheren Oberflächentemperaturen und des geringeren Kaltluftabfall.

- **die Effizienzsteigerung der energiebereitstellenden Systeme**

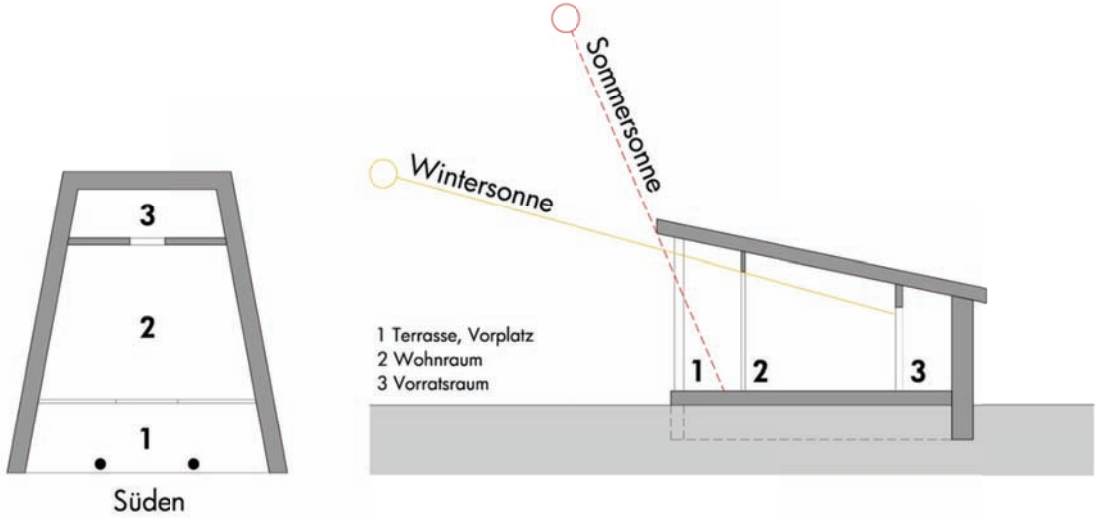
Sie erfolgt durch die Optimierung der Bereitstellungssysteme für Wärme, Kälte und Strom (z.B. durch Dämmung der Leitungen und Erneuerung alter Systemkomponenten). Weiters ist der sparsame Einsatz von nicht regenerativen Energieträgern - bestenfalls der gänzliche Verzicht - und die Förderung von Systemen mit regenerativen Energieträgern sind aufgrund der Ressourcenproblematik und des Klimawandels anzustreben. Dabei ist eine stabile Energiebereitstellung zur Erhaltung der heutigen Komfortansprüche zu gewährleisten.

„Die wichtigste Voraussetzung für eine nationale oder globale Verbesserung der Energie- und Emissionsbilanz ist das Energiesparen, denn für jede beim Verbrauch eingesparte Kilowattstunde kann auf der Seite der energiebereitstellenden Systeme etwa die dreifache Menge an Energieverbrauch und Emissionen vermieden werden.“ [Treberspurg. S. 42]

■ **die funktionale und bautechnische Verbesserung der Bausubstanz**

Eine bautechnische Verbesserung der Bausubstanz wird bei Mängeln oder durch nachträgliche thermische und energetische Maßnahmen erforderlich. Die funktionalen Mängel werden z.B. durch eine Neustrukturierung der Wohnungen und Büros oder des gesamten Gebäudes (z.B. Einbau von Lager- und Technikräumen) behoben. Bestehen statische Schwachstellen - etwa in Folge einer Lastaufbringung (z.B. bei Dachaus- und Dacheinbauten, neuen Bauteilaufbauten und veränderten Nutzungen) - müssen Fundamentverstärkungen und Maßnahmen zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit durchgeführt werden. Eine Verbesserung der bautechnischen Parameter erfolgt durch die Reduzierung des Feuchtigkeitseintrags und durch die Optimierung des Wärme-, Schall- und Brandschutzes.

Analyse historischer Quellen


3
2
1
Süden
Wintersonne
Sommersonne
1 Terrasse, Vorplatz
2 Wohnraum
3 Vorratsraum
1
2
3

2. ANALYSE HISTORISCHER QUELLEN

Dieses Kapitel analysiert historische Quellen im Bezug auf ihre energetischen Systeme und ihre Vor- und Nachteile. Dabei werden speziell Bautypologien, Bauweisen und Konstruktionen welche im Hinblick auf das Sanierungskonzept in Kapitel 4 „Gründerzeithaus in Margareten“ relevant und anwendbar sind behandelt.

2.1. ANTIKE BAUTYPOLOGIEN

2.1.1. WOHNHAUSTYP „MEGARON“

Beim ursprünglichen Wohnhaustypus der Antike - dem „*Megaron*“ (*ca. 400 v. Chr.*) - erfolgte die Gebäudeorientierung nach Süden [Treberspurg]. Die Fenster und die Terrasse wurden im Süden positioniert. Die Raumhöhe des Gebäudes nahm gegen Norden hin ab. Diese Konstruktion ermöglicht das Eindringen von Sonnenstrahlung tief in das Rauminnere was zur Belichtung und zur Erwärmung des dahinterliegenden zentralen Raums genutzt wurde. Um einen übermäßigen Wärmeeintrag im Sommer zu vermeiden wurden Vordächer ausgeführt. Die speicherwirksamen, raumabschließenden Bauteile dienten das ganze Jahr über als Temperaturregulator. Im Sommer entzogen sie der heißen Raumluft die Wärme und trugen zur Kühlung bei. Wohingegen im Winter die Wärme speichert und bei sinkender Raumtemperatur an die Raumluft abgeben wurde. Zusätzlich erfolgte in den kalten Monaten eine Beheizung durch einen zentralen Ofens im Wohnraum. Die Lagerräume wurden im Norden positioniert und fungierten als Pufferzone zwischen Wohnraum und kalter Wetterseite. **(Abb. 2. 1.)**

Prinzipien des Wohnhaustypus „Megaron“ die für eine Sanierung herangezogen werden können sind

- **die Nutzung der solaren Einstrahlung durch die Orientierung der Wohnräume und Fenster nach Süden**

Erfolgt eine Neustrukturierung der bestehenden Grundrisse ermöglicht eine Positionierung der Aufenthaltsräume im Süden eine verbesserte Belichtung. Weiters kann die eintretende Wärme passiv zur Heizungsunterstützung genutzt werden. Dabei sind durch solare Gewinne - an sonnigen Tagen - *Einsparungen von 50 - 80 %* möglich [Treberspurg].

■ die Nutzung der Speicherwirksamkeit von massiven Bauteilen

Speicherwirksame Bauteile wie massive Decken und Wände tragen zur Klimaregulierung in den Räumen bei. Durch ihre Eigenschaft Wärmeenergie zu speichern puffern sie tages- und jahreszeitliche Temperaturschwankungen ab. Die Bauteile speichern im Sommer die Wärme und können durch eine aktive Nachtkühlung oder integrierte, kaltwasserführende Rohrsysteme entladen werden um am nächsten Tag wieder Wärme aufnehmen zu können. Im Winter geben die Bauteile - bei sinkender Raumtemperatur - Wärmeenergie an die Raumluft ab. Das bewirkt eine gleichmäßige Wärmeabstrahlung und damit eine höhere Behaglichkeit.

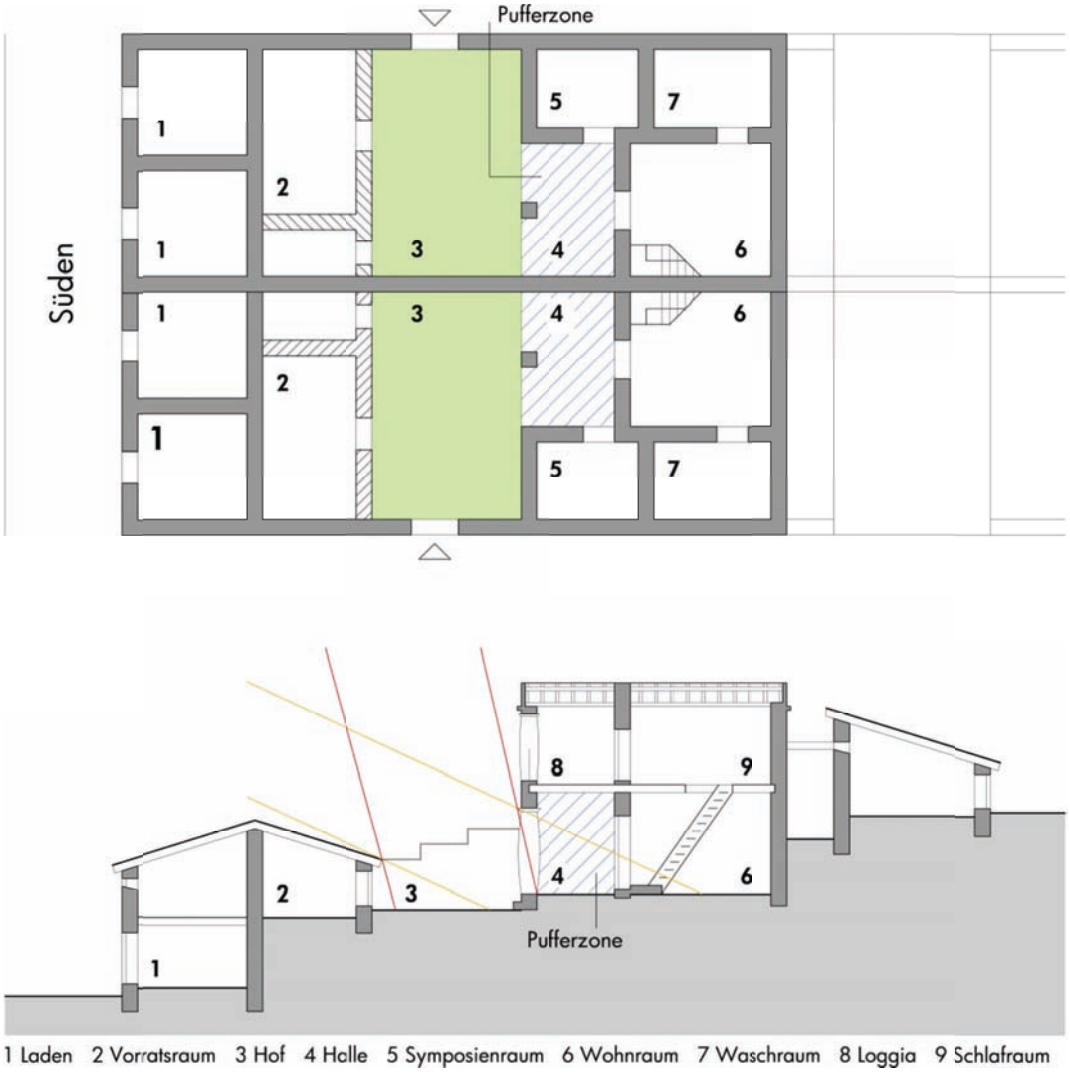
Die Stadthäuser der Gründerzeit besitzen - aufgrund ihres massiven Ziegelmauerwerks - Speichermassen die zur Kühlungs- und Heizungsunterstützung aktiviert werden können. Aktiv nutzbar sind sie durch den Einbau von Systemen zur Entladung im Sommer (z.B. durch eine natürliche Lüftung, Lüftungssysteme oder Rohrsysteme mit Kaltwasser) und zur Wärmezufuhr im Winter (z.B. Rohrsysteme mit Warmwasser).

■ die Reduzierung von übermäßigem Wärmeeintrag durch den baulichen Sonnenschutz

Als fixer Sonnenschutz diente beim Bautyp „Megaron“ das Vordach. Bei hochstehender Sonne verhindert es das Eindringen der heißen Sonnenstrahlung. Eine ähnliche bauliche Maßnahme erfolgte bei Gründerzeithäuser. Hier dienen - aus der Fassade vortretende - Fassadenteile bei hochstehender Sonneneinstrahlung dem Sonnenschutz. Allerdings sind diese Konstruktionen nicht ausreichend. Bei einer Verbesserung des Sonnenschutzes ist zu berücksichtigen, dass die Gestalt der Straßenfassade bestmöglich unverändert bleiben soll. Ein beweglicher Sonnenschutz oder Sonnenschutzgläser eignen sich für den Einbau. Ein fixer baulicher Sonnenschutz kann an der Hofseite ausgeführt werden. Hier ist die Fassade selten verziert wodurch eine gestalterische Veränderung sich positiv auswirken kann. Als Maßnahme können z.B. Balkone ausgeführt werden. Der Vorteil davon ist die Möglichkeit der zusätzlichen Nutzung durch die Bewohner.

■ die Nutzung der vorgelagerten Zonen als thermischer Puffer

Pufferzonen können durch Räume mit untergeordneter Nutzung (z.B. Abstellraum) geschaffen werden. Aber auch Wintergärten oder Loggien mit Verglasung sind thermische Ausgleichszonen. Sie bilden einen Raum zwischen dem Aufenthaltsbereichen und der Außentemperatur und können energetisch genutzt werden. Im Winter verhindern Wintergärten und verglaste Loggien dass direkte Eindringen von kalter Außenluft. Durch die Sonneneinstrahlung wird die Luft erwärmt. Diese kann über Luftschächte zusätzlich zur Heizungsunterstützung beitragen.


Pufferzone
Süden
1
2
3
4
5
6
7
8
9
Pufferzone
1 Laden 2 Vorratsraum 3 Hof 4 Halle 5 Symposienraum 6 Wohnraum 7 Waschraum 8 Loggia 9 Schlafraum

2.1.2. GRIECHISCHES UND RÖMISCHES „ATRIUM“

Bei antiken Stadtgründungen wie z.B. Priene in Kleinasien wurden die Gebäude in Richtung Süden ausgerichtet. Aufgrund der Bedeutung des Sonnenstandes erfolgte eine differenzierte Bebauung der aneinandergereihten Grundstücke zur besseren Nutzung der Sonnenenergie. Dabei waren ebenerdige Baukörper südlich am Bauplatz positioniert. Die 1-geschoßige Bebauung ermöglichte - auch bei tiefem Sonnenstand - eine Besonnung der nördlich am Grundstück angeordneten 2-geschoßigen Wohngebäude. Der Hof wurde durch das Wohngebäude vom Wind geschützt und diente als Erweiterung des Aufenthaltsbereichs. (Abb. 2. 2.) Ein - dem Gebäude vorgelagerter - Säulengang mit Überdachung wurde erst bei den Römern ausgeführt. Durch den Säulengang ergaben sich Bereich die auch bei Schlechtwetter genutzt werden konnten. Zusätzlich diente die Überdachung dem Schutz vor der hochstehenden Sonne. Die tiefstehende Sonne konnte aufgrund des Innenhofes in die Aufenthaltsräume eindringen und diese erwärmen. Der Innenhof wurde zur Regulierung des Mikroklimas bepflanzt und mit Brunnen ausgestattet. Dabei wurde die warme Außenluft durch die Wasserflächen und die Verdunstung der Pflanzen natürlich gekühlt.

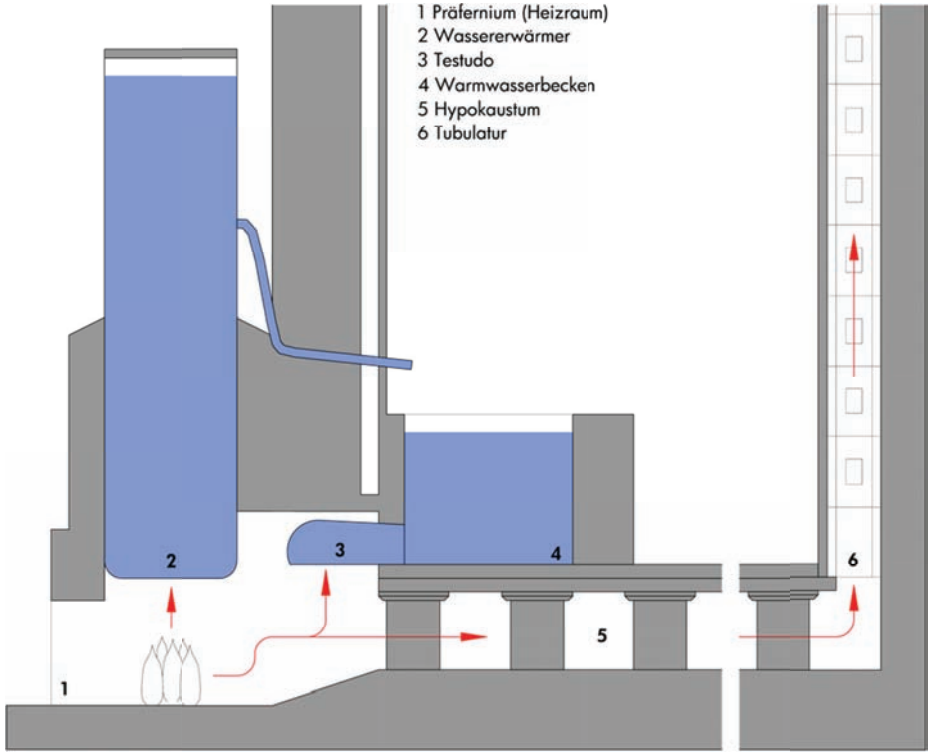
Prinzipien des griechischen und römischen Atriums die für eine Sanierung herangezogen werden können sind

- **die gekoppelte Bauweise zur Energieersparnis**

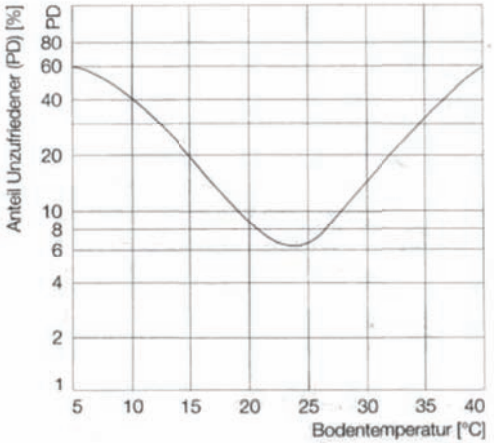
Die gekoppelte Bauweise hat den Vorteil aneinandergrenzender Gebäudewände. So kann die Oberfläche zwischen Innen- und Außenraum, bei der Transmissionswärme verloren geht, minimiert werden. Mit der Senkung des Wärmebedarfs verringert sich der gesamte Energieeinsatz für die Beheizung. Die geschlossene Blockrandbebauung der Gründerzeit nützt diesen Vorteil ebenfalls.

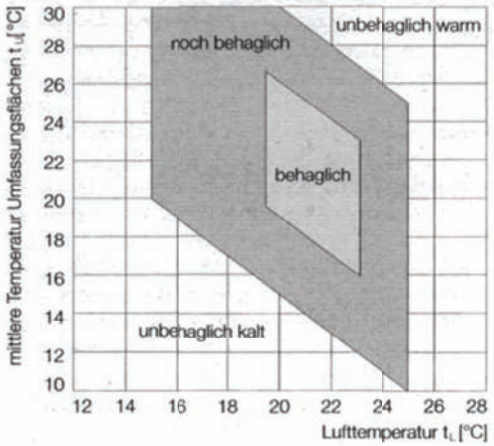
- **die Höfe zur Erweiterung des Innenraums und zur Regulierung des Mikroklimas**

Durch die Schaffung von Höfen kann die Wohnqualität der Bewohner angehoben werden. Bei der Blockrandbebauung entstehen innerhalb des Wohnblockes Innenhöfe die meist sehr eng sind. Eine Aufwertung kann durch eine Zusammenlegung angrenzender Höfe und allgemein benutzbaren Einrichtungen (z.B. Spielgeräte, Gartenmöbel, Pergola) erfolgen. Da das innerstädtische Klima aufgrund von Verkehr sehr staubbelastet ist und die Oberflächen der Höfe sind meist versiegelt ausgeführt sind (trägt zur vermehrter Wärmeabstrahlung im Sommer bei) ist das Mikroklima in den Innenhöfen belastet. Eine Bepflanzung der Höfe kann zur Verbesserung beitragen. Auf Grünflächen kann das Regenwasser am eigenen Grundstück versickern. Gleichzeitig werden dadurch die Staubpartikel der Luft gebunden. Weiters kühlen die Pflanzen die Außenluft durch Verdunstung. Wasserbecken oder Brunnen tragen ebenso zur Kühlung bei.



hen Therme





it der
l Umfas-

2.1.3. RÖMISCHE THERMEN - HEIZUNG UND WASSERERWÄRMUNG

Bei römischen Thermen kommen *Heizgewölbe* („*Hypokaustum*“) und *erwärmte Wände* („*Tubulatur*“) zur Ausführung. Das Heizgewölbe befand sich unter den begangenen Ebenen und erwärmte diese durch Rauchgase, welche in einer *zentralen Heizstelle* („*Präfurnium*“) durch die Verbrennung von Holz entstanden. Die flächige Ausführung der Gewölbe ermöglichte den Einsatz als Raumheizung. Durch ein leichtes Gefälle - zum Präfernium hin - konnten die Gase entlang der Gewölbeunterseite aufsteigen und der Tubulatur zugeführt werden. Der korrekte Versatz der einzelnen *Tubuli* war für eine funktionstüchtige Konstruktion besonders wichtig. Die vom Hypokaustum kommenden Rauchgase durchströmten die Tubuli und erwärmten die Wandoberfläche. Weiters wird der Kondensatbildung in der Wandkonstruktion durch die höheren Oberflächentemperaturen vorgebeugt. Eine Abstufung der Temperaturen erfolgte durch die Anordnung immer kühlerer Räume hintereinander. Als Material zum Bau des Hypokaustums dienten Ziegelplatten. Für die Tubulatur kamen Hohlziegel mit seitlichen Verbindungsschlitzen zur Anwendung. Beide Baustoffe besitzen eine gute Wärmebeständigkeit mit gleichzeitig guter Wärmespeicherkapazität.
Zur zentralen Erwärmung des Badewassers wurde ein Kessel über der Heizstelle angebracht welcher die Becken - über Leitungen - mit Warmwasser versorgte. Zusätzlich wurde ein *Wasserbehälter* - der „*Testudo*“ - entwickelt die mit den Becken direkt verbundenen war. Das Präfurnium erhitzte das Wasser in der Testudo. Durch die Zirkulation des Badewassers erfolgte eine gleichmäßige Erwärmung. [Schiebold] **(Abb. 2. 3.)**

Techniken der römischen Thermen die zur Sanierung von Gründerzeithäusern herangezogen werden können sind

- **die Flächenheizung zur Raumerwärmung**

Die bei römischen Thermen angewandten Fußboden- und Wandheizungen dienen zur Raumheizung. Das vertikale Temperaturgefälle um maximal 2 °C je Meter (bei Fußbodenheizungen) und die gleichmäßige Wärmeabgabe der Wandoberflächen erzeugen eine hohe Behaglichkeit. **(Abb. 2. 4.)**
Systeme zur flächigen Beheizung wurden ursprünglich in Gründerzeithäusern nicht ausgeführt, können aber im Zuge einer Sanierung unter Beachtung der örtlichen Voraussetzungen eingebaut werden. Vor allem bei Fußbodenheizungen ist die Eignung der Deckenkonstruktion zu überprüfen. Die meist ausgeführten Holzbalkendecken sind für Fußbodenheizungen nicht geeignet. Auch können Holzfußböden ungünstig sein die ein hohes Quell- und Schwindverhalten aufweisen. Wandheizungen eignen sich besser für Gründerzeithäuser da die Wandkonstruktionen eine hohe Speicherkapazität besitzen. Die Wärmeübergabe erfolgt über Rohrleitungen die in den Putz oder in spezielle Wandelemente eingelegt sind.

■ **die Nutzung der zentralen Heizstelle für die Beheizung und die Wassererwärmung**

Die gleichzeitige Erzeugung von Wärme für Heizzwecke und zur Erwärmung von Wasser ist eine effiziente Nutzung des Energieträgers. Bei Stadthäusern der Gründerzeit wurde ebenfalls über die Befeuerung des Einzelofens der Raum erwärmt. Allerdings erfolgte die Wassererwärmung nicht zentral. Das Wasser musste von der Bassena am Gang entnommen und in der Wohnung auf dem Ofen erhitzt werden. Mittlerweile wurden in den einzelnen Wohnungen Wasserleitungen eingebaut. Meist kommen für die gemeinsame Erwärmung des Heizwärmemediums und des Warmwassers wohnungsweise Durchlauferhitzer zum Einsatz.

Bei einer energetischen Sanierung kann das Gebäudetechniksystem so ausgelegt werden, dass der Vorteil der zweifachen Verwendung des Energieträgers genutzt werden kann. So kommen Systeme die durch thermische Solarenergie, Geothermie, Biomasse oder fossile Energieträger betrieben werden in Frage. Zur noch energieeffizienteren Anwendung kann eine zentrale Einrichtung zur Wärmerückgewinnung eingebaut werden.

■ **die Vorbeugung der Kondensatbildung durch hohe Oberflächentemperaturen**

Ist die Oberflächentemperatur der Außenbauteile - bei einer Luftfeuchtigkeit von über 70 % und einer Raumlufttemperatur von 20 °C - niedriger als *12,6 °C* kommt es zur Kondensatbildung im Innenraum. [Bundesarbeitskreis Altbauerneuerung e.V. (Hrsg.)] Bei Gründerzeithäusern ist die Bildung von Kondensat bei Wärmebrücken im Bereich der Deckenauflager und Fenster ein Problem. Abhilfe ist durch die Erhöhung der Oberflächentemperatur durch eine Wärmedämmung und die Abfuhr der Feuchtigkeit zu schaffen. Allerdings ist eine Außendämmung bei einer gegliederten Gründerzeitfassade zu überdenken. Die Fassaden sind im innerstädtischen Bereich meist offiziell durch das Bundesdenkmalamt und die Magistratsabteilung 19 geschützt. Bei einem Stadthaus innerhalb der Schutzzone kann eine Innendämmung zur Anwendung kommen. Sie eignet sich für Räume die rasch aufgeheizt werden müssen und eine geringe Luftfeuchtigkeit aufweisen (z.B. Konferenz- und Seminarräume). Bei einer Wohnnutzung ist eine Innendämmung daher nicht optimal.

■ **die Wärmespeicherung durch das Material Ziegel**

Aufgrund der hohen Dichte besitzen Ziegel die Eigenschaft gut Wärmeenergie speichern zu können. Weitere Vorteile sind die gute Wärme- und Schalldämmung, der gute Brandschutz und der niedrige Dampfdiffusionswiderstand. Die Außenwände von Gründerzeithäusern bestehen ebenfalls aus Ziegelmauerwerk. Sie weisen Wandstärken von *45 cm* (Obergeschoße) bis *90 cm* (Kellergeschoß) auf und besitzen bei einer durchschnittlichen Wandstärke einer *Hauptmauer* von *60 cm* einen Wärmedurchgangskoeffizient[3] von 0,95 W/m²K [Kolbitsch]. Im Vergleich dazu liegen, laut OIB-Richtline 6, die Anforderungen für *Wände gegen Außenluft* - bei Neubauten und bei erneuerten oder instandgesetzten Bauteilen - bei einem U-Wert von *0,35 W/m²K*.

[3] *„Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) kennzeichnet die thermische Qualität von Bauteilen."* [Hayner, Ruoff, Thiel, S. 20]

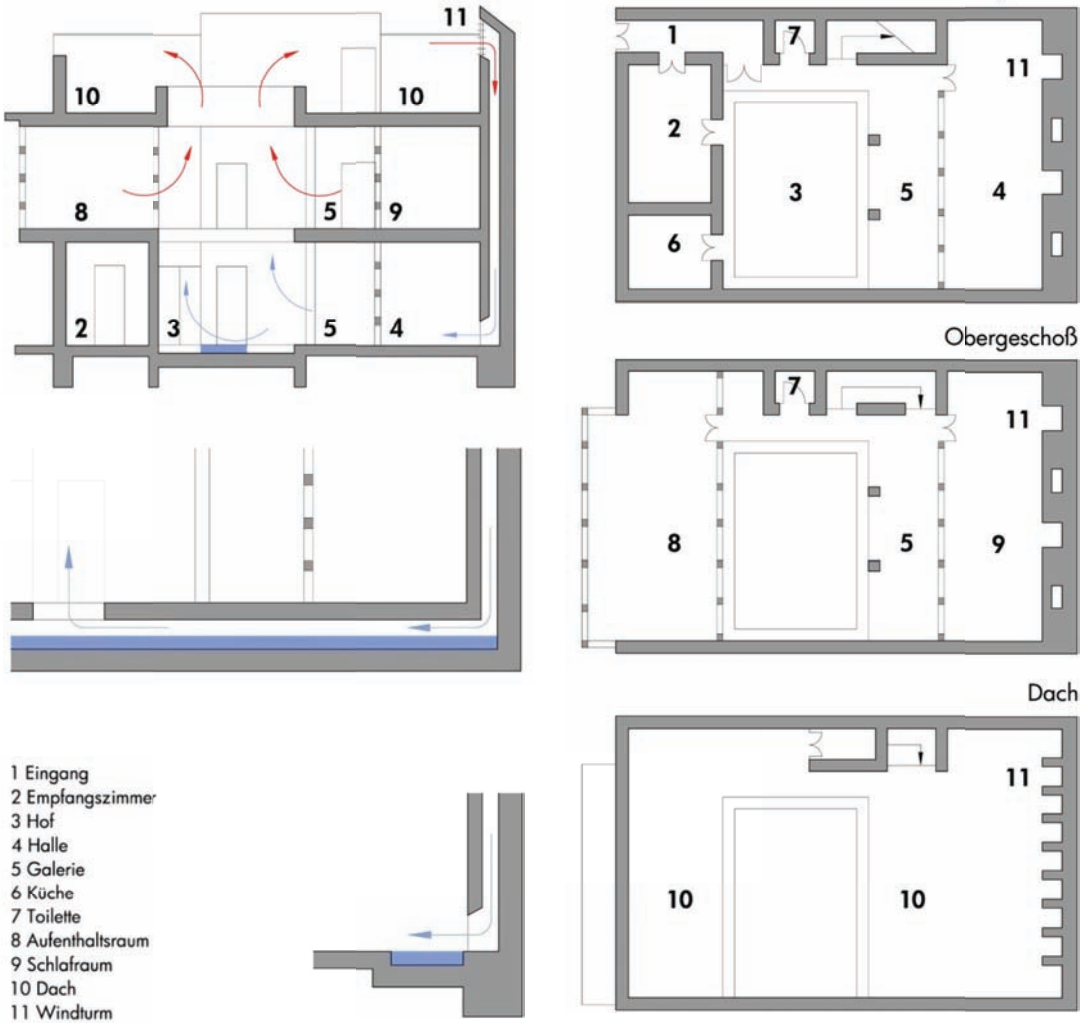
2.2. Arabische Bautypologie

2.2.1. Wohnhaustyp „Kasbah“

Arabische Städte zeigen eine *Polarität privater und öffentlicher Lebensbereiche*. [ARCH+] **(Abb. 2. 5.)** Dabei sind der Markt, die Moschee und das Bad Bestandteile der öffentlichen Bereiche. Die private Einheit innerhalb eines städtischen Konglomerats bildet die Kasbah. Ursprünglich diente sie als Festung und entwickelte sich zum urbanen, arabischen Stadthaus mit Innenhof. Sie wird durch enge Gassen erschlossen welche durch die Gebäude beschattet werden. Aufgrund der dichten Bebauung bleibt die Eingangsfront meist die einzige Außenseite des Gebäudes. An den anderen Gebäudeseiten schließen weitere Kasbahs an. Zur Straßenseite sind kleine Fenster im Erdgeschoß über Augenhöhe der Passanten zum Schutz vor der Einsehbarkeit ausgeführt. Im Obergeschoß sind die Fenster meist als Erker ausgebildet und mit Holzstrukturen („Mashrabiya“) geschlossen. Diese Elemente lassen diffuses Licht in den Innenraum und sorgen für die Belüftung.

Um den Innenhof gruppieren sich alle Räumlichkeiten einer Kasbah wobei sich die allgemeinen Räume (Empfangshalle, Küche) im Erdgeschoß befinden. Das Obergeschoß ist ein sehr privater Bereich in dem sich nur die Familie des Hauses aufhält. Es wird für das Schlafzimmer und den privaten Aufenthaltsraum genutzt. Aufgrund des heißen Klimas werden die Aufenthaltsbereiche dem Tagestemperaturverlauf angepasst. Tagsüber - bei Temperaturen von rund 45 °C - hält sich die Familie in den hohen, geschlossenen Räumen des Erdgeschoß auf. Speicherwirksame Materialien für Wände und Fußböden (u.a. Lehm, Fließen, Stein) ermöglichen eine hohe Behaglichkeit. Nachts verlagert sich das Leben in das Obergeschoß und auf das Dach. Bei Temperaturen von maximal 25 °C entladen sich die Speichermassen und bewirken - im Vergleich zur Körpertemperatur - kühle Oberflächen. **(Abb. 2. 6.)** Im Falle einer Erweiterung erfolgt eine Aufstockung des Daches da eine horizontale Ausdehnung - aufgrund der dichten Bebauung - nicht möglich ist.

Die starke Sonneneinstrahlung erfordert Maßnahmen zur Reduktion des Wärmeeintrags. Städtebaulich wirkt sich dies in der engen Erschließungsstruktur und der dichten Bebauung (Bebauungsdichte ca. 1,6) aus. Die Kasbah reagiert auf die Erfordernisse der Vermeidung des Wärmeeintrags mit der vertikalen Stapelung der Räume (kühle ebenerdige Bereiche - warme Bereiche im OG), mit Schattensegel - die über den Innenhof gespannt werden - und Verschattungselementen für Öffnungen. Zusätzlich wird der Innenhof bepflanzt (z.B. Olivenbäume und Weinreben). Die Pflanzen reduzieren gleichzeitig die Außentemperatur um bis zu 5 °C und filtern die Luft bei Sandstürmen. Der schmale Querschnitt des Innenhofs bewirkt eine gegenseitige Verschattung der Wände über den Großteil des Tages.


11
10
10
8
5
9
2
3
5
4
1 Eingang
2 Empfangszimmer
3 Hof
4 Halle
5 Galerie
6 Küche
7 Toilette
8 Aufenthaltsraum
9 Schlafraum
10 Dach
11 Windturm
Erdgeschoß
1
7
11
2
3
5
4
6
Obergeschoß
7
11
8
5
9
Dach
11
10
10

adt Fes

Aufgrund der kompakten Bauweise ist die Durchlüftung der Räume ein Problem. Durch Windtürme („Malqaf“) wird die Luft eingefangen und über Schächte in das Gebäudeinnere geleitet. Die massiven Lehmwände entziehen der durchströmenden Zuluft die Wärme und kühlen diese ab. Zur weiteren Kühlung und zusätzlichen Befeuchtung des Luftstroms wird dieser über Wasserflächen (z.B. Brunnen) geleitet. Über den Innenhof werden die angrenzenden Räume belüftet und gekühlt. Die sich erwärmende Luft steigt auf und wird über den Hof abgeführt.

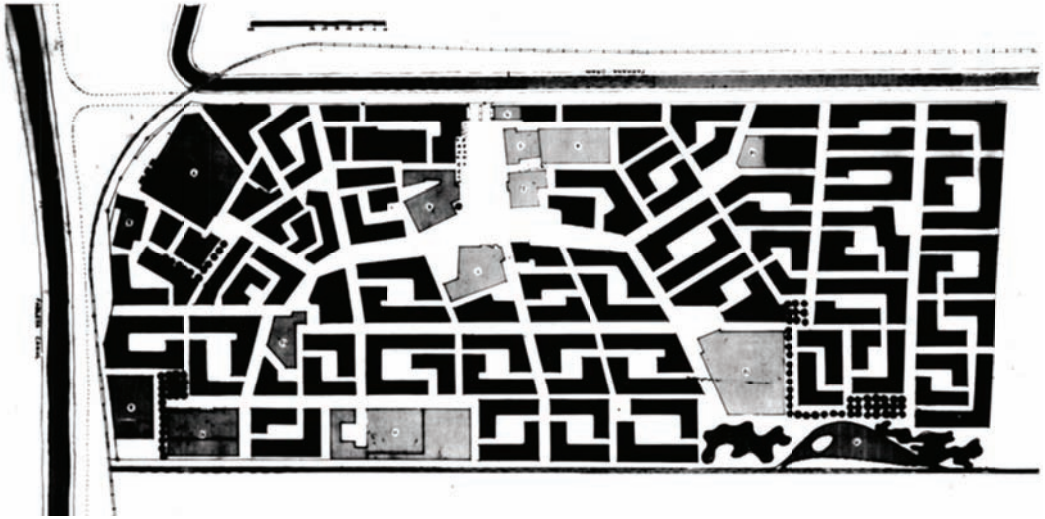
Maßnahmen einer arabischen Kasbah die für die Sanierung ein eines Gründerzeithauses herangezogen werden können sind

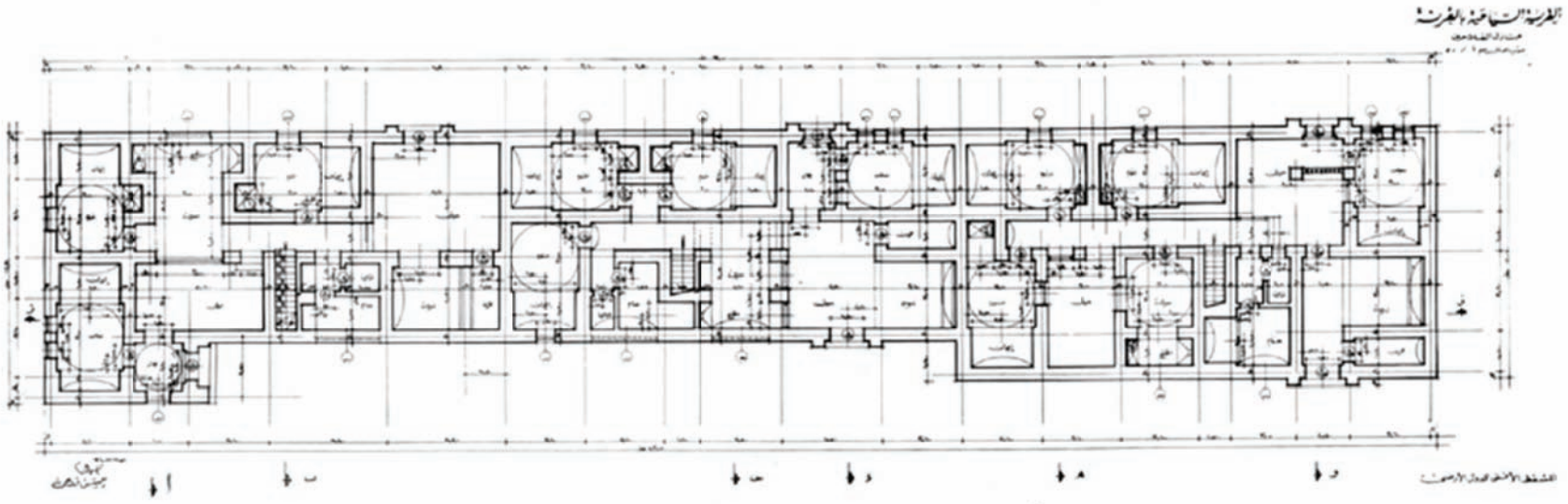
- die vertikale Stapelung der Geschoße zur Nachverdichtung

Wie auch bei arabischen Städten ist im innerstädtischen Bereich Wiens - sieht man von einer Lückenbebauung ab - eine nachtägliche Erweiterung der Nutzflächen meist nur vertikal möglich. Zur Schaffung von zusätzlicher Nutzfläche bieten sich die meist nicht ausgebauten Dachräume der Gründerzeithäuser an. Dabei wird gleichzeitig die vorhandene Infrastruktur für Verkehr und Nahversorgung genutzt und die Gebäudekompaktheit erhöht.

- der Schutz vor übermäßigem Wärmeeintrag

Bei dem arabischen Stadthaus werden zum Sonnenschutz Elemente für die Gebäudeöffnungen, Schattensegel und Pflanzen eingesetzt. Gründerzeithäuser besitzen meist keinen Schutz vor übermäßigem Energieeintrag in den Sommermonaten. Nachträglich kann ein beweglicher Sonnenschutz vor dem Kastenfenstern oder im Zwischenraum der Fensterflügel ausgeführt werden. Beide Ausführungen haben allerdings Nachteile. Außenangebrachte Elemente verändern die Gestalt der Fassade was den Einsatz bei geschützten Gebäuden ausschließt. Bei einer Positionierung des Sonnenschutzes zwischen dem inneren und äußeren Fensterflügel sind aufgrund des schmalen Zwischenraums nur schlanke Elemente (z.B. eine Jalousie) möglich. Weiter Maßnahmen - in Anlehnung an arabische Methoden - sind Schattensegel und Pflanzen in den Innenhöfen.





■ die Wärme- und Feuchteregulierung durch das Material Lehm

Lehm wird im arabischen Raum für Fundamente, Böden, Wände und Dächer eingesetzt. Das Rohmaterial wird zu Lehmziegeln (auch Lehm-Strohziegel) verarbeitet oder in Bretterschalungen eingebracht und gestampft. Der Vorteil von Lehm ist der geringe Primärenergiebedarf[4] zur Verarbeitung des natürlichen Baustoffs. Die Stärken von Lehm sind die gute Recycelbarkeit und das gute Brandverhalten (erlaubt dichte Bebauung). Vor allem die wohn- physiologischen Eigenschaften wirken sich positiv auf das Raumklima aus. Dazu zählen die gute Wärmespeicherung, die Regulierung der Luftfeuchte und die Fähigkeit Gerüche zu binden. Außerdem konserviert Lehm das Holz und weist im trockenen Zustand Schädlinge ab. Ein Nachteil von Lehm ist die fehlende Feuchtebeständigkeit. Bei Gründerzeithäusern ist daher der Einsatz im Außenbereich nur mit baulichen Vorkehrungen (z.B. Überdachungen) möglich. Im Innenbereich können seine Vorteile genutzt werden. Möglichkeiten dafür sind Lehmputze oder Zwischenwände aus Lehm (z.B. eine Flechtwerkwand, die Stampf- und Strangbauweise oder eine Lehmziegelwand).

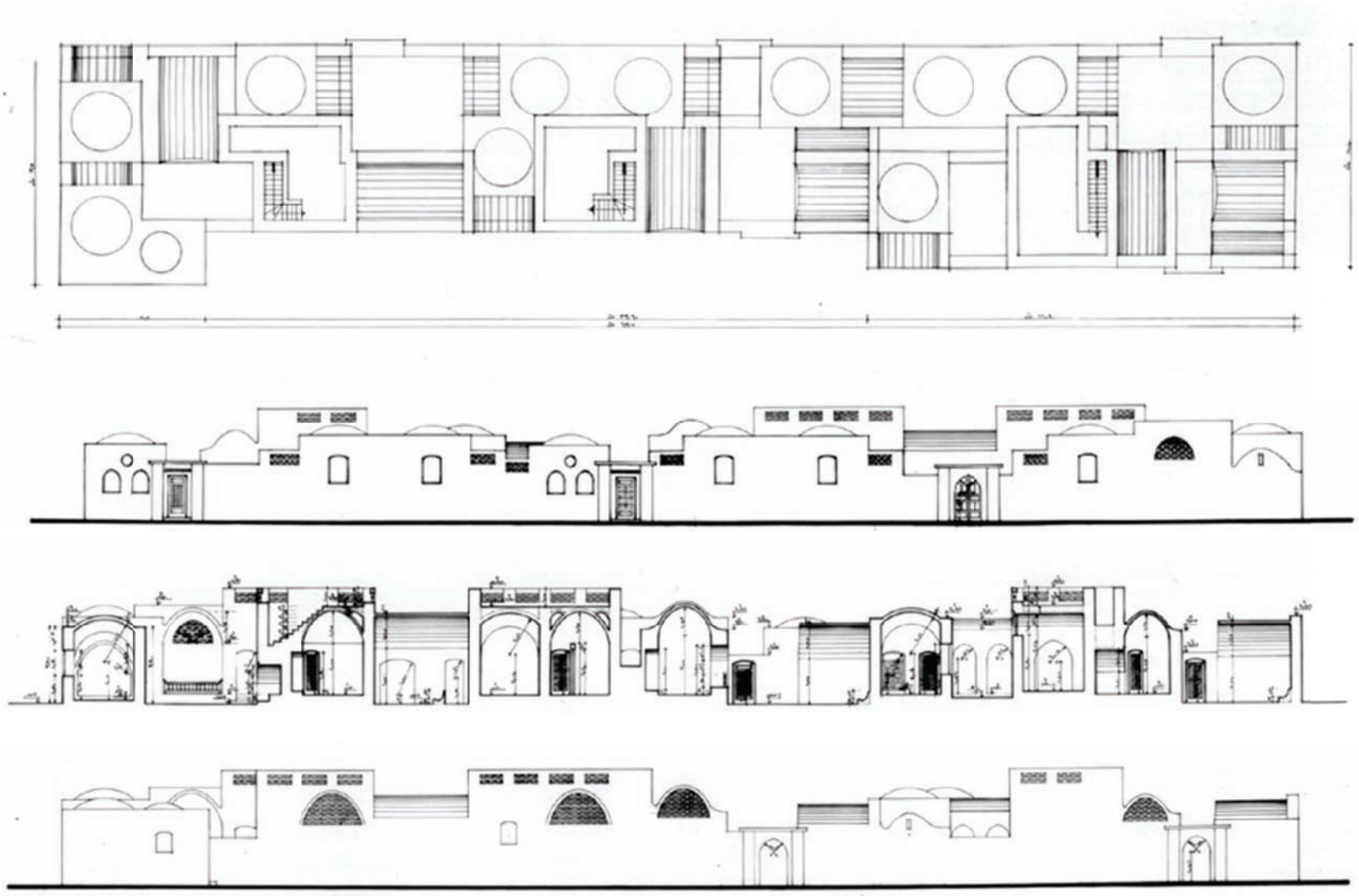
2.2.2. ENERGIEVERSORGUNG EINER KASBAH

Das Energiekonzept eines urbanen, arabischen Stadthauses soll anhand der Siedlung „New Gourna“ (in der Nähe von Luxor) von Hassan Fathy beschrieben werden. **(Abb. 2. 7.)** Der ägyptische Architekt, Hassan Fathy, wandte bei dieser Siedlung die traditionelle Bauweise arabischer Städte an. Die Organisation UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) beschreibt „New Gourna“ wie folgt:

“The main characteristics of New Gourna Village consist of its reinterpretation of a traditional urban and architectural setting, its appropriate use of local materials and techniques, as well as its extraordinary sensitivity to climatic problems. [...] *For this reason, it is an outstanding example of sustainable human settlement and appropriate use of technology in architecture and planning.”* [UNESCO]

Der Wohnhaustyp „Kasbah“ benötigt - über das ganze Jahr gesehen - keine externe Energie für die Beheizung und Kühlung. Die im Sommer erforderliche Kühlung erfolgt mittels Luftzirkulation, Vorkehrungen zur Verschattung, Bepflanzungen und der Speicherkapazität des Baustoff Lehms. Im Winter (Dezember, Jänner, Februar) bewegen sich die Außenlufttemperaturen durchschnittlich bei *15 °C*. Die Temperaturen betragen tagsüber bis zu *25 °C*. Die - auf die massive Bauweise auftreffende - Wärmeenergie wird gespeichert und in der Nacht (Temperatur mindestens *5 °C*) an die Raumluft abgegeben. [Climate Chart] **(Tab. 2. 1.)** Zusätzlich werden die - im Vergleich zur Körpertemperatur - kalten Oberflächen durch Teppiche abgedeckt.

[4] *„Der Primärenergiebedarf ist die Summe der Energiemenge, die zur Deckung des Energiebedarfs erforderlich ist sowie der zusätzlichen Energiemenge, die bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Energieträger* [...] *eingesetzt wurde.“* [Hayner, Ruoff, Thiel, S. 12]



Systeme einer arabischen Kasbah die für das Energiekonzept eines Gründerzeithauses herangezogen werden können sind

■ die Nutzung der standortspezifischen Rahmenbedingung zur Entwicklung eines Gebäudesystems für Heizung, Kühlung, Lüftung und Befeuchtung

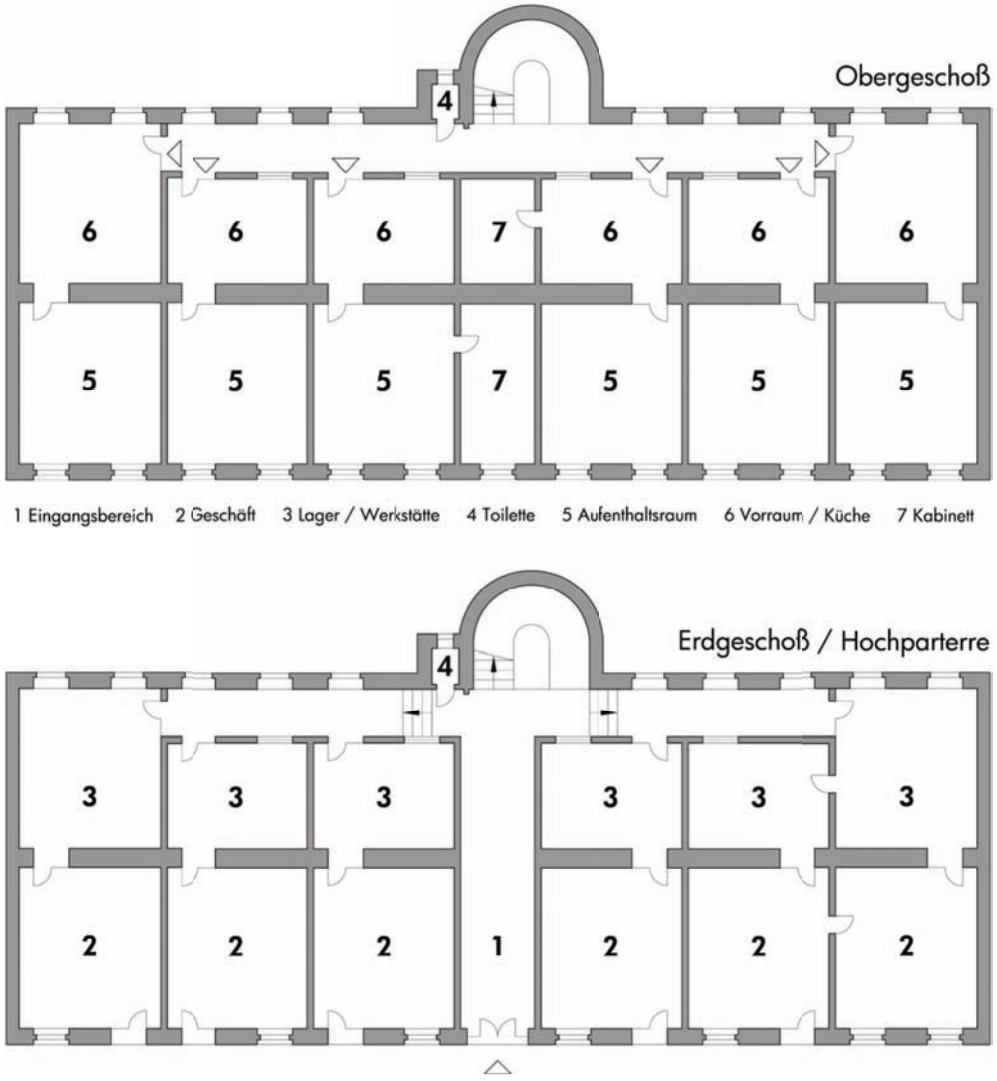
Die Kasbah nützt je nach Jahreszeit die örtlichen Möglichkeiten zur Regulierung des Raumklimas. Im Winter ermöglicht der Innenhof das Eindringen der Sonnenstrahlung, wodurch die Speicherkapazität des Lehms - zur nächtlichen Erwärmung der Räume - aktiviert wird. Zur Kühlung werden ebenfalls die speicherwirksamen Materialien eingesetzt. Zusätzlich werden die Räume durch das Lüftungssystem, die Wasserflächen und die Bepflanzung gleichzeitig gekühlt, belüftet und befeuchtet ohne dafür externe Energie einsetzten zu müssen. Als passive Unterstützung der Heiz- und Kühllasten eignet sich die Bauteilaktivierung des Ziegelmauerwerks der Gründerzeithäuser sehr gut. Da allerdings die Außenlufttemperatur mit *-10 °C* im Winter, geringer als jene im arabischen Raum (*5 °C*) ist, muss ein aktives Heizungssystem zusätzlich vorgesehen werden. Zur Kühlung - im Sommer - kann die kühle Nachtluft mit etwa *10 °C* die über den Tag gespeicherte Wärme abführen und zu einer Reduktion der Lufttemperatur beitragen. [Climate-Chart] (Tab. 2 .2.) Auch das Prinzip der Windtürme kann auf Gründerzeithäuser umgelegt werden. Durch ungenutzte Kaminstränge oder bestehende Zuluftschächte, kann der Luftstrom zu den Wohnungen geleitet werden. Durch das Mauerwerk wird die Luft im Winter erwärmt und im Sommer gekühlt. Eine zusätzliche Kühlung, Be- und Entfeuchtung der Raumluft ist durch die Kopplung mit einer adiabatischen Kühleinrichtung möglich.

	Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Durchschnitt
höchste Tagestemperatur [°C]	23,0	25,4	27,4	35,0	39,2	41,4	41,1	40,4	38,8	35,3	28,9	24,4	33,36
niedrigste Tagestemperatur [°C]	5,4	7,1	10,4	16,0	20,2	22,6	23,6	23,2	21,3	17,3	11,6	7,1	15,48
monatlicher Niederschlag [mm]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,08
relative Feuchtigkeit [%]	55,0	47,0	39,0	31,0	29,0	27,0	30,0	33,0	37,0	43,0	51,0	57,0	39,92

Tab. 2. 1. Klimadaten des durchschnittlichen Wetters in Luxor / Ägypten

	Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Durchschnitt
höchste Tagestemperatur [°C]	10,2	11,9	19,6	23,5	26,6	30,1	31,8	31,5	27,6	21,6	16,0	11,3	21,81
niedrigste Tagestemperatur [°C]	-10,2	-8,3	-4,8	0,0	4,2	8,0	10,3	9,6	5,9	0,3	-3,8	-9,1	0,17
monatlicher Niederschlag [mm]	38,0	42,0	41,0	51,0	61,0	74,0	63,0	58,0	45,0	41,0	50,0	43,0	50,58
relative Feuchtigkeit [%]	79,0	76,0	69,0	64,0	66,0	66,0	64,0	68,0	74,0	78,0	80,0	80,0	71,00

Tab. 2. 2. Klimadaten des durchschnittlichen Wetters in Wien / Österreich


Obergeschoß
4
6
6
6
7
6
6
6
5
5
5
7
5
5
5
1 Eingangsbereich
2 Geschäft
3 Lager / Werkstätte
4 Toilette
5 Aufenthaltsraum
6 Vorraum / Küche
7 Kabinett
Erdgeschoß / Hochparterre
4
3
3
3
3
3
3
2
2
2
1
2
2
2

2.3. BAUTYPOLOGIE DER GRÜNDERZEIT

2.3.1. STÄDTEBAU „BLOCKRANDBEBAUUNG“

In Wien sind ca. ein Drittel der innerstädtischen Wohngebäude zwischen 1850 und dem Ersten Weltkrieg (1914 - 1918) errichtet worden. Die Bebauung erfolgte in geschlossenen Blöcken mit einer durchschnittlichen Gebäudetiefe von 10 m und zulässigen Gebäudehöhen der Bauklasse IV (*höchstens 21 m*) [Bauordnung Wien]. Aufgrund der Blockrandbebauung entstehen innerhalb der Grundstücke Höfe die zur Belichtung und Belüftung beitragen. **(Abb. 2. 8. und Abb. 2. 10.)** Im Erdgeschoss der Stadthäuser befinden sich häufig Dienstleistungs- und Gewerbebetriebe. Es wurde aufgrund aufsteigender Feuchtigkeit über der Geländeoberkante ausgeführt. Das Kellergeschoß - wie auch die Dachgeschoße - wurden für Lagerzwecke herangezogen. In den Obergeschoßen befinden sich die Wohnungen. Sie werden über ein zentrales Stiegenhaus mit Gängen entlang der Hoffassade erschlossen. **(Abb. 2. 9.)**

Die Vorteile der Bebauung eines Gründerzeitviertels sind

- **die geschlossene Bebauung zur Verdichtung der Grundstücke**

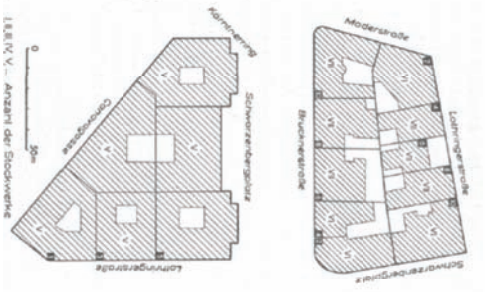
Im Vergleich zu der Bebauungsdichte[5] eines freistehenden Einfamilienhauses (Dichte rund 0,3) erlaubt die Blockrandbebauung Dichten von ca. 2. Die heute innerstädtischen Gründerzeithäuser ermöglichen daher viel Wohnraum in hochwertiger Lage. Sie befinden sich in Stadtvierteln mit gut ausgebauter Infrastruktur bezüglich Verkehr, Nahversorgung, Freizeit- und Gesundheitseinrichtungen.

- **das Potenzial zur Nachverdichtung durch ungenutzte Dachräume**

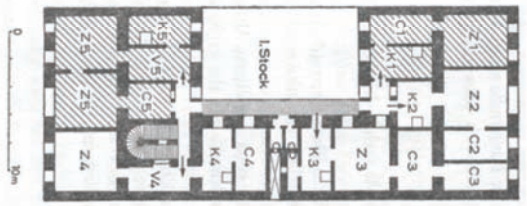
Zur Erweiterung der hochwertigen Wohnflächen besitzen die nicht ausgebauten Dachgeschoße der Stadthäuser das Potenzial zur Nachverdichtung. Dabei sind die standortspezifisch-baurechtlichen Vorschriften und die gebäudespezifisch-statischen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Die Dachgeschoßwohnungen in Gründerzeithäusern sind aufgrund ihrer besonderen Aussicht über das Wiener Stadtgebiet und der innerstädtischen Lage sehr beliebt. Bei Dachaus- und -einbauten ist - je nach Wahl der Bauweise - besonders auf die sommerliche Überhitzung zu achten. Leichte Ausführungen aus Holz oder Stahl/Holz-Konstruktionen besitzen wenig Speichermasse und führen - ohne zusätzliche Maßnahmen - zu einem „Barackenklima“.

[5] Die Bebauungsdichte drückt das Verhältnis zwischen bebauter Fläche zur gesamten Grundstücksfläche aus.

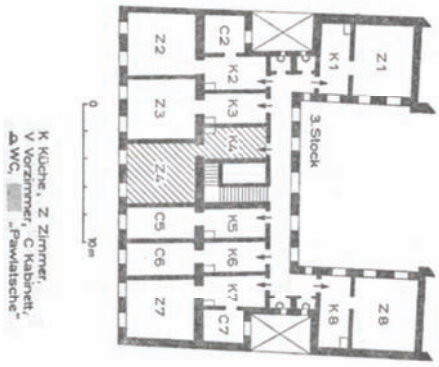
Baublöcke der Ringstraßenverbauung
(Hoch- und Spätgründerzeit)



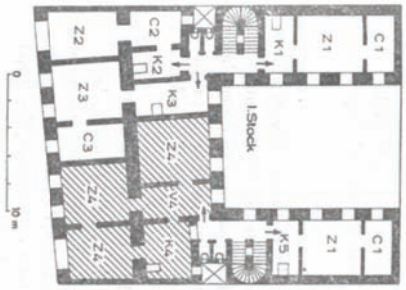
teilweiser frühgründerzeitlicher Umbau
(Aufstockung eines Handwerker-Kleinhofhauses)



hochgründerzeitliche Erstverbauung
(Arbeitermiethaus „Bassenatyp")

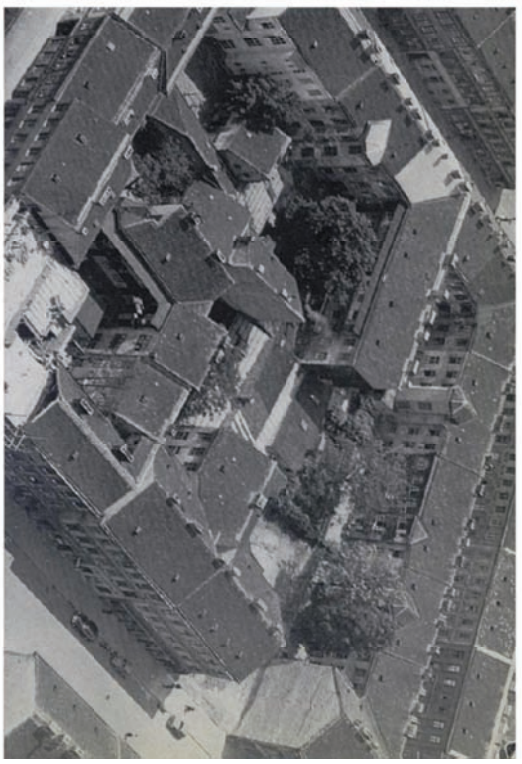


frühgründerzeitliche Erstverbauung
(Mittel- und Kleinwohnungen)



spätgründerzeitliche Überbauung Neulerchenfeld
(Seitenflügelhäuser und Doppeltrakter)

frühgründerzeitliches Mietshausviertel Hernals
(teilweise noch Seitenflügel mit Pawlatschen)



■ die Durchmischung der Funktionen Arbeiten und Wohnen

Die Durchmischung der Funktionen und die - dadurch entstehenden - kurzen Wegstrecken zwischen Wohnen, Arbeiten, Dienstleistungen und Gewerbe bewirken eine ganztägige Belebung der gründerzeitlichen Stadtviertel. Es entstehen keine phasenweise „ausgestorbenen“ Gebiete (z.B. Büroviertel, die nachts oder am Wochenende ungenutzt bleiben). Eine durchgehende Nutzung wertet die Stadtviertel auf und erzeugt eine positiv „lebendige“ Atmosphäre.

Die Nachteile der Blockrandbebauung sind

■ die fehlenden Grünflächen zur Naherholung, die Kleinteiligkeit und die versiegelten Oberflächen der privaten Höfe

Ein Problem der dichten Gründerzeitbebauung ist der Mangel an wohnungsnahen Grünflächen zur Erholung. Große öffentliche Erholungsgebiete sind zwar in Wien vorhanden (z.B. der Prater, der Augarten und der Stadtpark), haben allerdings nur einen kleinen Einzugsbereich von denen sie fußläufig erreicht werden können. Dadurch gewinnen private Grünflächen in den innerstädtischen Gründerzeitvierteln an Bedeutung. Sie erhöhen die Lebens- und die Wohnqualität und haben einen positiven Einfluss auf das Mikroklima. Die Innenhöfe sind von den Nachbargrundstücken meist durch Zäune und Mauern abgrenzt. Dadurch ergibt sich eine Kleinteiligkeit der Freiflächen die eine Nutzung der Bewohner nur begrenzt ermöglicht (z.B. als Abstellfläche für Fahrräder, Müllbehälter oder Autos). Meist werden sie mit versiegelten Bodenflächen ausgeführt die im Sommer Wärme abstrahlen und die Staubbildung unterstützen. Durch eine Begrünung und Bepflanzung kann die Luft gekühlt und der Staub gebunden werden. Mit einer Zusammenlegung der einzelnen Hofflächen und einer entsprechenden Gestaltung können die Höfe zu wohnungsnahen Erholungsflächen umfunktioniert werden.

■ die nicht barrierefreie Erschließung aufgrund des erhöhten Erdgeschoßes und des fehlenden Aufzugs

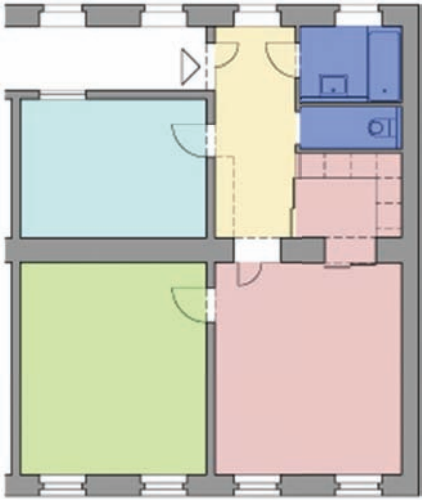
In der Gründerzeit wurden noch keine Anforderungen an die Barrierefreiheit eines Gebäudes gestellt. Aufgrund der gesellschaftlichen Sensibilisierung auf Ansprüche körperlich beeinträchtigter und alter Personen bekommt dieses Kriterium heute mehr Bedeutung. Durch den Einbau von Rampen, Stiegenliften und Personenaufzügen kann die Erschließung eines Gründerzeithauses barrierefrei gestaltet werden. Zusätzlich sind im Zuge eines Zu- und Umbaus die Bestimmungen der OIB-Richtlinie 4 und der ÖNORM B 1600 anzuwenden.

ZIMMER
WOHNEN / KÜCHE
BÜRO
SANITÄR
VORRAUM

Variante 1

Variante 2

Variante 3



2.3.2. WOHNHAUSTYP „GRÜNDERZEIT“

Die Tragstruktur eines Gründerzeithauses basiert auf den - parallel zur Straße verlaufenden - tragenden Außen- und Mittelmauern. Die Mittelwände befinden sich in den Wohnungen und gliedern diese in die Räumlichkeiten zur Straße und jenen zur Hofseite und zum Gang. Am Gang befand sich ursprünglich eine Toilette für das gesamte Stockwerk und die Bassena zur Wasserentnahme für die Körperhygiene und den Haushalt. Die Bereiche zwischen der Gangerschließung und der Mittelmauer bestanden aus einem Raum der als Vorraum und Küche genutzt wurde. Erst mit der Aufwertung dieser Substandardwohnungen erfolgte der Einbau von privaten Sanitäreinrichtungen. Zur Belichtung und Belüftung der zwischen dem Gang und der Mittelwand liegenden Bereiche sind gangseitige Fenster ausgeführt. Die Aufenthaltsräume sind zur Straße orientiert. Dabei grenzt ein Zimmer an das Nächste wodurch die Erschließung direkt über die einzelnen Räume erfolgt. Die straßenseitigen Kastenfenster ermöglichen eine Belichtung und Belüftung der Aufenthaltsräume.

Die Vorteile einer Gründerzeitwohnung sind

- **die Gleichwertigkeit der Aufenthaltsräume**

Die straßenseitigen Räume werden durch die Gliederung der Fassade bestimmt. Dadurch ergeben sich annähernd gleichgroße Abmessungen der einzelnen Räume. Ihre Funktion kann je nach Nutzer flexibel gestaltet werden. **Abbildung 2. 11.** zeigt für eine Gründerzeitwohnung unterschiedliche Funktionszuordnungen der Räume. (Variante 1: 2 Bewohner, Variante 2: 3 Bewohner, Variante 3: 1 Bewohner mit Heimarbeitsplatz)

- **die Möglichkeit der Querlüftung jeder Wohnung aufgrund der Fenster zur Straße und zum Gang**

Die Ausführung von gangseitigen Fenstern ermöglicht eine Querlüftung der Wohnungen. Durch den besseren Luftaustausch kann die schadstoffhaltige Luft schneller durch frische Luft erneuert und die Lüftungswärmeverluste niedrig gehalten werden.

- **die gute Belichtung der Aufenthaltsräume aufgrund der hohen Fenstern und der Raumtiefen von rund 5 m**

Der Fensteranteil der Aufenthaltsräume von Gründerzeithäusern beträgt durchschnittlich 1/5 der Bodenfläche. Vergleicht man diesen mit der - in der OIB-Richtlinie 3 geforderten - *Lichteintrittsfläche der Fenster* von *mindestens 10 %*, stellt die Belichtung der Gründerzeithäuser das Doppelte der erforderlichen Fläche dar. Zusätzlich gewährleisten die Raumtiefen von rund 5 m eine natürliche Belichtung des gesamten Raums.

Die Nachteile einer Wohnung aus der Gründerzeit sind

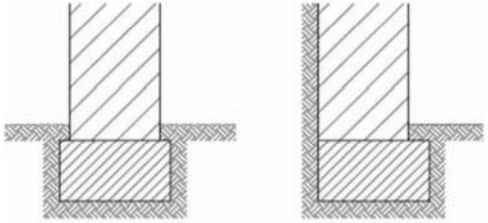
- die kleinen Sanitärbereiche und die starre Tragstruktur

Da die Komfortansprüche im Laufe des 20. Jahrhunderts stiegen wurde es notwendig Bäder und Toiletten in den Wohnungsverband zu integrieren. Der nachträgliche Einbau erfolgte im Vorraum oder der Küche zwischen Mittelwand und Gang. Die Sanitärbereiche sind aufgrund der bestehenden Platzverhältnisse - im Vergleich zu einem Neubau - eher klein. Abhilfe kann eine Zusammenlegung von Wohnungen schaffen. Sie ist relativ einfach durchzuführen da die Durchbrüche nur bei nichttragenden Zwischenwänden notwendig sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die horizontale Ausschreifung des Gebäudes erhalten bleibt oder durch Ersatzmaßnahmen gewährleistet wird. Die starre Tragstruktur von Gründerzeithäusern (Außenwände und Mittelwände) schränkt eine Umstrukturierung der Wohnungen allerdings sehr ein. Eine Raumvergrößerung ist lediglich parallel zu den beiden tragenden Wänden möglich oder erfordert aufwendige Unterfangungen zur Abtragung der darüber liegenden Wände.

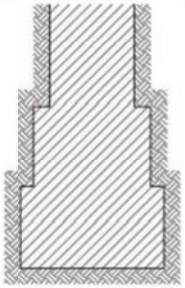
- die schlechte Belichtung der gangseitigen Bereiche

Die Bereiche zum Gang (Küche, Vorraum, Bad, Toilette) werden durch Fenster belichtet. Allerdings wird die direkte Belichtung durch die Gangerschließung behindert und reduziert somit den natürlichen Lichtanteil. Eine künstliche Beleuchtung dieser Bereiche ist immer erforderlich. Werden die Wohnungen zusammengelegt kann die Gangfläche minimiert werden und die Abschlusswohnungen können bis an die Hoffassade erweitert werden. Dies ermöglicht die Vermeidung von schlecht belichteten Zonen und erhöht die vermietbare Fläche.

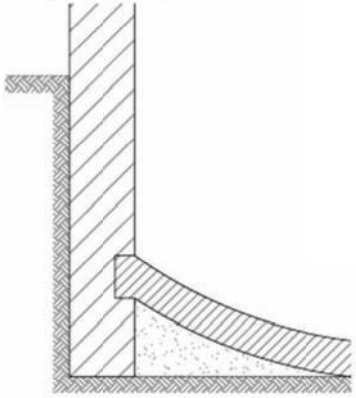
STREIFENFUNDAMENTE
Anwendung bei gutem Baugrund



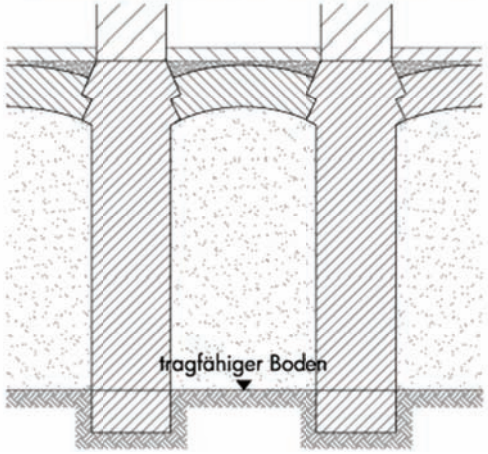
ABGETREPPTES FUNDAMENT
Anwendung bei wenig tragfähigem Baugrund



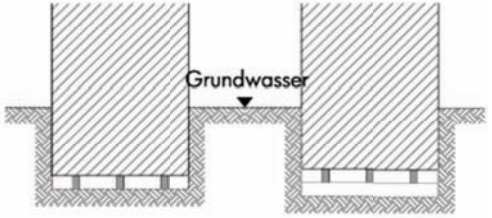
UMGEKEHRTES GEWÖLBE
Anwendung bei Lastverteilung auf weniger tragfähigen Boden



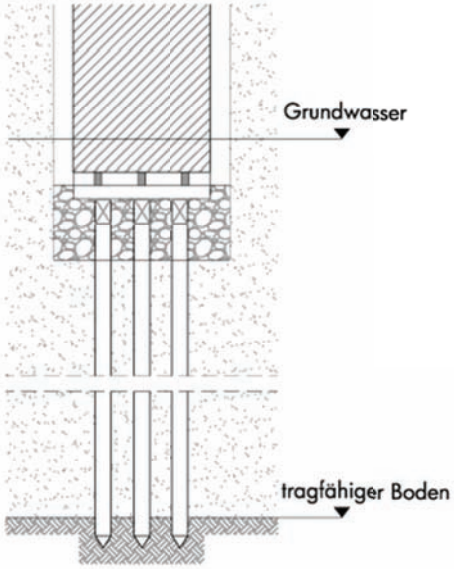
PFEILERFUNDAMENTE
Anwendung bei tragfähigem Baugrund (tiefliegend)



PFOSTENROSTE
Anwendung unter Grundwasser



PFAHLROST
Anwendung unter Grundwasser
bei tragfähigen Boden (tiefligenden)



2.3.3. BAUKONSTRUKTIONEN EINES GRÜNDERZEITHAUSES

Kellergeschoß - Fundamente

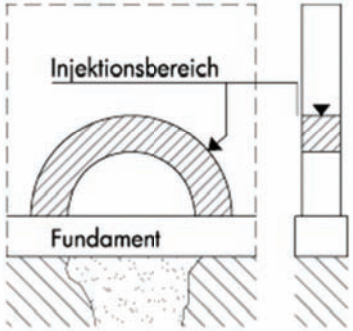
Die typische Fundamentkonstruktionen stellen Mauerwerks- oder Pfahlgründungen dar. Je nach Art des Baugrundes kamen unterschiedliche Ausführungen zur Anwendung. **Abbildung 2. 12.** zeigt die meist verwendeten Gründungsarten nach Abhängigkeit der Bodenart. Die häufigste Gründungsform ist das Streifenfundament aus Ziegeln oder Bruchstein. Es wurde unter den tragenden Außen- und Mittelmauern mit einer Einbindetiefe - je nach Baugrund - von etwa 50 - 100 cm ausgeführt. Abdichtungen gegen seitliche und aufsteigende Feuchtigkeit wurden erst ab ca. *1905* eingesetzt. [Kolbitsch] Die Ausführungen auf Teerbasis sind meist fehlerhaft und führen zu einer Durchfeuchtung des Mauerwerks und der Fundamente, als auch zu einer Auswaschung des Bindemittels aus dem Mauermörtels. Beides beeinträchtigt die Nutzung und die Standfestigkeit der Keller- und der Erdgeschoße.

Maßnahmen zur verbesserten Nutzung des Kellergeschoßes und zur statischen und bauphysikalischen Gesamtverbesserung sind

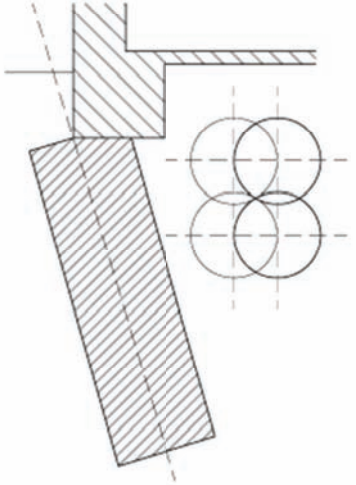
- **Trockenlegungsmaßnahmen um Kellergeschoße als Lager- und Haustechnikraum nutzen zu können**

Die stark durchfeuchtete Kellerwände und -böden behindern eine Nutzung der Kellerräume. Zur Trockenlegung können - je nach Durchfeuchtungsgrad - Maßnahmen gesetzt werden. Einfache Verfahren sind das Entfernen des Innenputzes und das Auskratzen der Mauerfugen und die Verbesserung der Belüftung durch Kellerfenster und Belüftungsöffnungen. Dadurch kann das Mauerwerk leichter austrocknen und die Feuchtigkeit durch die verbesserte Luftbewegung abgeführt werden. Besteht die Möglichkeit das Erdreich entlang der Kelleraußenwand abzutragen kann eine flächige Dränschicht vor der Wand angebracht werden. Sie leitet das anfallende Wasser in Rohre welche mit der örtlichen Kanalisation verbunden sind. Bei diesem Verfahren bietet sich die Anbringung einer außenliegenden Abdichtung und einer Perimeterdämmung zur Verbesserung des Wärmeschutzes an. Zeit- und kostenintensiver sind mechanische und chemische Verfahren (z.B. Mauertrennung mit Einbau einer Sperrschicht aus Bitumen oder Stahlplatten, Kunstharz- und Wasserglasinjektionen).

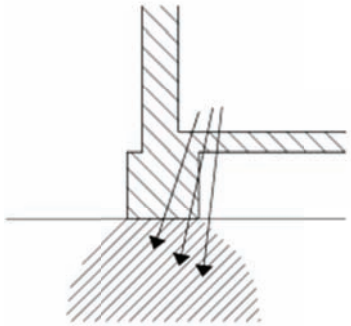
BEREICHSWEISE ÜBERBRÜCKUNG
VON SCHWACHSTELLEN
Voraussetzung: eingegrenzter Schadensbereich



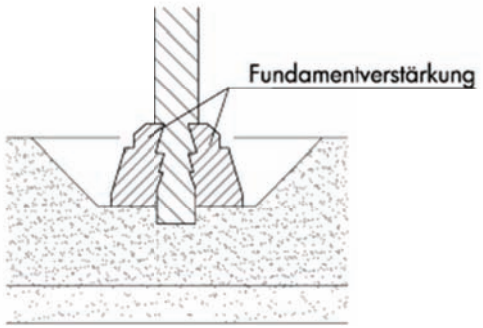
HOCHDRUCKBODENVERMÖRTELUNG
Voraussetzung: Zugänglichkeit der Fundamente



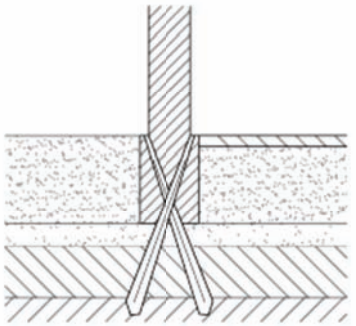
BODENFERFESTIGUNG
Voraussetzung: nichtbindige Böden



FUNDAMENTVERBREITERUNG
Voraussetzung: Zugänglichkeit der Fundamente



KLEINBOHRPFÄHLE
Voraussetzung: Zugänglichkeit der Fundamente



■ die Verbesserung der Wärmetransmission durch Kellerwände und -böden durch die Anbringung einer Wärmedämmung und einer Abdichtung

Eine Wärmedämmung verbessert die - durch die Transmission entstehenden - Wärmeverluste durch erdberührte Bauteile. Bei Kellerböden muss der bestehende Fußboden entfernt werden. Anschließend kann eine Dämmung und eine Abdichtung eingebracht werden. Für eine Wärmedämmung und Abdichtung der Kellerwände muss das angrenzende Erdreich entfernt werden. Dabei ist vorab die Machbarkeit einer Abtragung des Erdreichs abzuklären und zu prüfen. Schwachpunkt bleibt - trotz Verbesserungsmaßnahmen - der Anschluss zwischen der Kellerwand und dem -boden. Da eine über Eck geführte Ausführung aus statischen Gründen meist nicht möglich ist verbleibt in diesem Anschlusspunkt eine Wärme- und Feuchtigkeitsbrücke.

■ die Verstärkung der Fundamente bei erhöhten Lasten

Werden im Zuge einer Sanierung zusätzliche Lasten auf die Fundamente aufgebracht (z.B. bei Dachaus- oder Dacheinbauten) müssen die Fundamente meist verstärkt werden. **Abbildung 2. 13.** zeigt die häufigsten Maßnahmen zur Fundamentverstärkung. Kommen Tiefgründungen zum Einsatz können darin Erdwärmesonden integriert werden. Dazu werden zwei Kunststoff-Doppel-U-Rohre in die Bohrlöcher eingeführt und - wie bei herkömmlichen Bohrpfählen - verbetoniert. Die Rohre werden über eine Wärmepumpe an das Heiz- und /oder Warmwassersystem angeschlossen. Zu berücksichtigen ist die Zugänglichkeit im Keller und der Platzbedarf für die erforderlichen Maschinen.

Wände und Fassaden

Die tragenden Wände von Gründerzeithäusern bestehen aus Ziegelmauerwerk. Sie wurden mittels Richt- und Erfahrungswerten dimensioniert und sind daher wesentlich stärker ausgeführt als statisch erforderlich wäre. Ziegelwände ermöglichen aufgrund ihrer hohen Rohdichte eine gute Wärmespeicherung und besitzen einen verhältnismäßig guten Wärmedämmschutz (U-Wert 0,95 W/m²K bei 60 cm Ziegelmauerwerk). Aufgrund der Ausführung von Deckenauflager durch Versätze in den tragenden Mauern verschmälern sich diese pro Geschoß.

Zur horizontalen Aussteifung tragen die Zwischenwände welche normal zu den Hauptwänden verlaufen bei. Die Wände sind mit hydraulischem Kalk verputzt. Er hat positiven Einfluss auf das Raumklima und hält hohen Beanspruchungen stand. Auch Zierelemente wurden meist als Fertigteile aus Kalk hergestellt. Die Elemente der gegliederten Fassade z.B. horizontale Bänder (Sockel, Gurt-, Haupt-, Fenster- und Traufgesims), Fenstergewänder und -überdachungen, Säulen, Lisenen (pfeilerartige Mauerstreifen) und Pilaster (Wandpfeiler) haben zur ihrer gestalterischen Eigenschaft auch funktionelle Aufgaben.

Die Gesimse kaschieren die Absätze der Außenwand und ermöglichen ein geschoßweises Abtropfen von Schlagregen. Die Fenstergesimse verhindern das Eindringen von Feuchtigkeit in die oberste Fensterfuge. Die Überdachungen der Fenster leiten Regenwasser ab und vermindern den Energieeintrag bei starker Sonneneinstrahlung. Werden die Fassadenelemente im Zuge einer Sanierung entfernt oder verändert kann es zu einer Störung des bauphysikalischen Gleichgewichts im Außenmauerwerk kommen (Verschiebung des Taupunkts nach innen). Das hat zur Folge, dass Tauwasser im Mauerwerk auftritt und zu Fäulnis der Holzbalken und Schimmelbildung führt.

Die Vorteile der Wände von Gründerzeithäusern sind

- die gute Standfestigkeit und die statische Reserven aufgrund der Überdimensionierung und Querausteifung

Da die tragenden Wände in der Gründerzeit nicht berechnet wurden besitzen sie statische Reserven. Bei einer Aufstockung, einem Dachaus- und Dacheinbau kann dies von Vorteil sein da keine zusätzlichen Maßnahmen zur Lastabtragung notwendig werden.

- die Ziegel als Energiespeicher für Wärme und Kälte

Die hohe Dichte von Ziegeln ergibt eine gute Speicherkapazität des Materials. Die Ziegelwände tragen dadurch zum Ausgleich der tages- und jahreszeitlichen Temperaturschwankungen bei. Im Sommer entziehen sie der erwärmten Raumluft die Wärme, speichern sie und geben sie bei absinkender Lufttemperatur wieder an den Raum ab. Zur aktiven Nutzung der Speicherkapazität kann das Mauerwerk in den warmen Monaten durch die Nachtlüftung und durch kaltwasser- oder kaltluftführenden Kühlsystemen entladen werden um tagsüber wieder Wärme speichern zu können. Im Winter werden die Wandbauteile durch Rohrsystemen mit wärmeführenden Wasser- oder Luftsystemen erwärmt. Sie geben die zugeführte Wärme bei sinkender Raumtemperatur an die Luft ab und tragen unterstützend zu Beheizung bei. Wandheizungen und -kühlungen erzeugen eine hohe Behaglichkeit aufgrund der gleichmäßigen Wärme- oder Kälteabstrahlung.

- die positive Beeinflussung des Raumklimas durch das Bindemittel Kalk

Kalk (Luft-, Wasser- und hydraulischer Kalk) kann als Bindemittel für Innen- und Außenputze eingesetzt werden wobei hydraulische Kalke eher im Außenbereich Anwendung finden. Sie sind wasserhemmend und in Verbindung mit Zusatzmitteln (Hydrophobierungsmittel, Dichtungsmittel) wasserabweisend. Der Innenputz aus Kalk hat eine regulierende Wirkung auf das Raumklima. Das Bindemittel kann der Raumluft Feuchtigkeit entziehen und bei trockener Luft wieder abgeben. Weiters entnimmt der Kalk der Raumluft Schadstoffe und wirkt so als Raumfilter. Aufgrund seiner alkalischen Zusammensetzung bietet der Kalkputz Schimmel keinen Nährboden und wirkt desinfizierend. Werden Außen- und Innenputze im Zuge einer Sanierung erneuert sollten Putze und Beschichtungen mit Kalkanteil eingesetzt werden um die positiven Eigenschaften des Kalkes weiterhin zu nutzen.

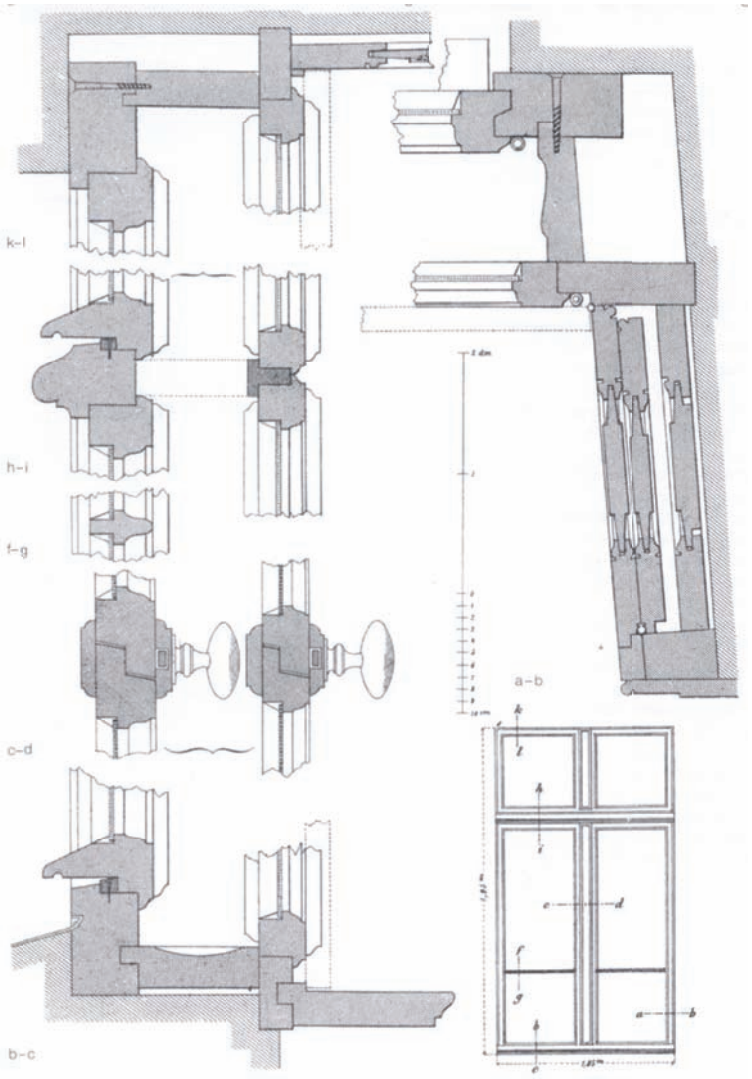
Maßnahmen im Zuge einer Sanierung zur Verbesserung der Nachteile von Wänden aus Gründerzeithäusern sind

- die nachträgliche Wärmedämmung zur Reduzierung der Wärmeverluste und zur Erhöhung der inneren Oberflächentemperaturen

Gründerzeithäuser wurden ohne Wärmedämmung errichtet. Dadurch entstehen hohe Transmissionswärmeverluste und niedrige Oberflächentemperaturen. Unterschreiten die Oberflächentemperaturen 12,6 °C bei einer durchschnittlichen Raumlufttemperatur von 20 °C und Raumluftfeuchte von 50 % kann es zu Kondenswasser- und Schimmelbildung kommen. Abhilfe kann durch eine nachträgliche Wärmedämmung erfolgen. Bei innerstädtischen Gründerzeithäusern ist zu berücksichtigen ob die Gebäude denkmalgeschützt sind und sich in einer Schutzzone befinden. In Gebieten mit Schutzzone ist das Stadtbild - sprich vor allem die Fassade - im Originalzustand zu erhalten. Daher können außenliegende Wärmedämmsysteme (Wärmedämm-Verbundsysteme, vorgehängte Fassaden mit Wärmedämmung, transparente Dämmungen) bei den gegliederten Straßenfassaden eher selten angewendet werden. Als Alternative können Innendämmungen ausgeführt werden. Sie können die Wärmeverluste der Originalfassade auf *50 - 70%* reduzieren und mit einer *Dämmstärke von 5 cm* einen bestehenden U-Wert von *1,5 kWh/m²K* auf etwa *0,6 kWh/m²K* verbessern. [Fechner] Sie eignen sich lediglich bei Räumen mit geringer Feuchtebelastung. Weiter Nachteile sind die Verringerung der Rauminnenmaße, die Außerkraftsetzung der Speicherwirksamkeit der Außenwände, die häufige Bildung von Kondensat zwischen der kalten Außenwand und der Dämmung mit gleichzeitig schlechter Austrocknung (führt zu Schimmelbildung) und die schlechten Möglichkeiten zur Reduzierung von bestehenden Wärmebrücken (z.B. Dämmkeilen).

„Die Gradwanderung zwischen Ästhetik und Energiebilanz der Fassade stellt eine besondere Herausforderung an die Planung und Erstellung der Fassade und die integrale, gesamtenergetische Optimierung des Bauwerks dar.“ [Grimscheid, Lunze, S. 111]

Hofseitige Außenwände unterliegen meist keinen Auflagen zur originalen Erhaltung und können daher mit einer außenliegenden Wärmedämmung thermisch aufgewertet werden. Das neueste Produkt ist eine transparente Wärmedämmung. Sie reduziert - wie opake Wärmedämmungen - die Transmissionswärmeverluste und nutzt gleichzeitig die solaren Gewinne in dem die Wärmedämmung die Sonnenstrahlung direkt an die Außenwand leitet. Die transparente Wärmedämmung wirkt dadurch wie eine Wandheizung mit Niedertemperatur. Das transparente Kapillarmaterial wird zwischen zwei Glasscheiben eingebracht und durch einen Rahmen - mit dahinterliegendem Luftraum und Sonnenschutz - an der Wand befestigt. Die Wand sollte möglichst absorptionsfördern sein.



ıitt)

- die Erhöhung der Speicherwirksamkeit von dünnen Zwischenwänden mit zusätzlichen Speichermassen

Die Zwischenwände von Gründerzeithäusern sind meist aus Ziegel und haben eine Stärke von 25 cm. Mit zusätzlichen Speichermassen kann ihre Speicherkapazität optimiert werden. Dazu können Lehmputze und Latentwärmespeicher (Phase-Change-Material) zum Einsatz kommen. Latentwärmespeicher bestehen aus Paraffinen die entweder als eigenes Volumen oder mikroverkapselt in anderen Baustoffen wie z.B. Gipskartonplatten oder Innenputzen eingebracht werden. Im Ausgangszustand befindet sich das Paraffin - bei normaler Raumtemperatur (ca. 20 °C) - in festem Zustand. Steigt das Temperaturniveau an nimmt es Wärme auf und verflüssigt sich dabei. Ist das Paraffin gänzlich in den flüssigen Zustand übergegangen kann keine weitere Wärme aufgenommen werden. Zur Entladung kann z.B. eine Nachtkühlung durch automatische Systeme oder eine ergänzende raumlufttechnische Anlage eingesetzt werden. Kühlt die Raumluft ab gibt das Paraffin die gespeicherte Wärme ab und kehrt in den Ausgangszustand zurück. Der Vorteil einer Erhöhung der Speicherkapazität ist die Reduzierung der sommerlichen Kühl- und winterlichen Heizlasten.

Fenster

In Häusern der Gründerzeit sind in der Regel Kastenfenster eingebaut. Sie sind aus Holz und bestehen aus einem außen- und einem innenliegendem Einfachfenster mit dazwischenliegendem Blendrahmen und Futterstück („Kasten“). Der horizontale Kämpfer teilt das Fenster in die vertikalproportionierten Fensterflügel und das horizontalproportionierte Oberlicht pro Fensterebene. Aufgrund ihrer Größe wurden die Fensterflügel durch Sprossen unterteilt. Die Fensterstöcke werden Eingeputzt oder die Fuge zwischen der Laibung und dem Stock verkleidet. **(Abb. 2. 14.)**

Die Vorteile eines Kastenfensters der Gründerzeit sind

- die vertikalproportionierten Fenster zur Nutzung der solaren Einstrahlung im Winter und zur Belichtung der „tiefen“ Räume

Die Fensteröffnungen wurden mit gemauerten Bögen überspannt, auch die horizontale Stürze wurden aus Ziegel ausgeführt. Daher waren breite Fensteröffnungen nicht möglich. Die Fenster wurden ca. 12 - 18 cm nach innen versetzt. Das hat den Vorteil, dass im Sommer die vortretenden Bauteile (z.B. Fensterüberdachungen, Mauervorsprünge) als baulicher Sonnenschutz fungieren und das Eindringen der heißen Sonneneinstrahlung reduzieren. Im Winter können die flachen Sonnenstrahlen in das Rauminnere scheinen. Durch die vertikale Proportionierung ist der Tageslichtquotient[6] höher als bei horizontalen Fenstern und ermöglicht eine optimierte Nutzung der Sonneneinstrahlung über den gesamten Tages- und Jahresverlauf. Ein zusätzlicher Sonnenschutz zur Reduzierung des übermäßigen Wärmeeintrags im Sommer ist dennoch notwendig.

[6] Der Tageslichtquotient gibt die Tageslichtversorgung von Räumen an. Er wird aus dem Verhältnis der Beleuchtungsstärke im Raum und jener der Umgebung berechnet.

■ die natürliche Lüftung ohne unangenehm empfundenen Luftzug aufgrund der zwei Fensterebenen

Das „Grazer Kastenfenster“ hat nach außen aufschlagende Außenflügel. Werden das äußere Oberlicht und die inneren Fensterflügel geöffnet ist eine natürliche Lüftung ohne unangenehm empfundenen Luftzug möglich. Der Luftstrom sinkt ab und gelangt über die offenen Innenflügel in den Raum. Bei dem „Wiener Kastenfenster“ gehen beide Fensterebenen nach innen auf. Die Flügelstellung zur indirekten Belüftung kann daher nicht wie bei dem „Grazer Kastenfenster“ erfolgen.

■ der gute Schallschutz aufgrund der zwei Fensterebenen

Kastenfenster besitzen aufgrund ihrer Konstruktion einen guten Schallschutz von *28 - 32 dB* [Frauenhofer IRB]. Vergleicht man diesen mit dem - in der ÖNORM B-8115 geforderten - Mindestschallschutz von *43 dB* (Außenbauteil für Wohngebäude, max. *Dauerschallpegel 60 dB*) deckt ein Kastenfenster rund 74 % des Schallschutzes ab. Vergessen sollte dabei nicht werden, dass Fenster der schallschutztechnisch schwächste Bauteil der Gebäudehülle sind. Wird das Schalldämmmaß der Außenwände mit einbezogen kann der geforderte Mindestschallschutz eingehalten werden. Eine Verbesserung des Schallschutzes - lt. Frauenhofer IRB - von *8 - 10 dB* kann bei Kastenfenstern durch Dichtungen, evtl. durch eine zusätzliche Scheibe und durch die Einbringung von schallschluckenden Materialien in den Futterkästen erfolgen.

Die Nachteile des Kastenfensters in Gründerzeithäusern können im Zuge einer Sanierung verbessert werden durch

■ die Aufwertung der Gläser zur Verbesserung der hohen Transmissionswärmeverluste

Bei Gründerzeithäusern in Schutzzonen ist die originale Fassadengestaltung zu erhalten. Das bedeutet, dass ein Austausch des gesamten Kastenfensters nicht möglich ist. Durch Wärmeschutzgläser und Isolierverglasungen können die innenliegenden Einfachverglasungen der Kastenfenster - mit einem Wärmedurchgangskoeffizient des Glases *(U_g-Wert) von 3,6 W/m²K* - auf einen standardmäßigen *U_g-Wert von 1,1 W/m²K* verbessert werden. [Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer] Die Außenflügel sollten als Einfachverglasung (mit oder ohne Wärmedämmbeschichtung) ohne erneuerte Abdichtung bestehen bleiben. Dadurch wird das Abführen von Feuchtigkeit gewährleistet und das gesamte Fenster thermisch aufgewertet.

■ nachträgliche Sonnenschutzmaßnahmen zur Verringerung des sommerlichen Wärmeenergieeintrags

Kastenfenster besaßen ursprünglich keinen beweglichen Sonnenschutz. Lediglich die hervortretenden Fassadenelemente reduzierten die hochstehende Sonnenstrahlung. Nachträglich kann ein beweglicher Sonnenschutz vor dem Kastenfenstern oder im Zwischenraum der Fensterflügel angebracht werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei außenangebrachten Elementen die Gestalt der Fassade verändern wird. Bei Elementen im Zwischenraum der Flügel sind nur schlanke Elemente (z.B. eine Jalousie) aufgrund des begrenzten Platzes möglich.

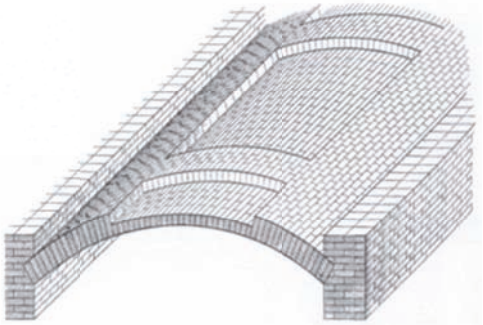
Eine weitere Maßnahme ist der Austausch der äußeren Fensterscheibe mit lichtlenkenden Gläsern oder Sonnenschutzgläsern (Gläser mit Emailierung oder reflektierender Beschichtung). Noch in der Entwicklung sind kompakte Gläser mit schaltbarem Sonnenschutz. Sie verändern ihre Eigenschaften je nach Bedarf von transparent zu opak. Momentan sind vier unterschiedliche Glasausführungen (phototrope, thermotrope und elektrochrome Gläser, sowie Flüssigkristalverbundscheiben) erprobt.

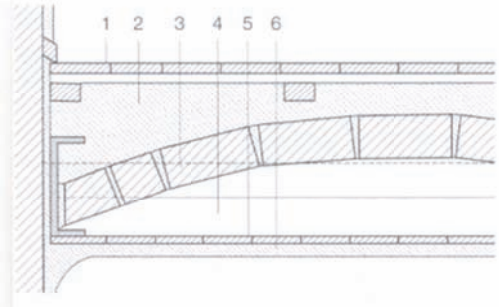
- die Verbesserung der Dichtheit zur Reduzierung des Feuchteeintrags

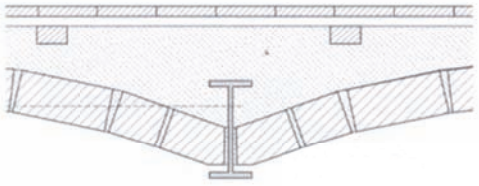
Bei Kastenfenster der Gründerzeithäuser besteht ein erhöhter Feuchteeintrag aufgrund der undichten Fensterrahmen und der Fugenabdichtungen. Wenn die Feuchtigkeit nicht abgeführt werden kann kommt es zu Kondensat. Die Folge sind beschädigte Holzteile welche die Funktionstüchtigkeit der Kastenfenster beeinträchtigt. Bei einer Instandsetzung des Kastenfensters kann die Abdichtung der Anschlüsse zwischen dem Fensterrahmen und der Außenmauer erneuert werden. Weitere Maßnahmen zur Reduzierung des Feuchteeintrags sind eine umlaufende eingefräste Lippendichtung zur Verbesserung der Abdichtung des Innenflügels und eine Erneuerung der Abdichtung am Glasfalz. Die Schlagregendichtheit kann mit „*größerem Überstand der Wassernaßen, erneuerter Falzprofilierung und Blechauflage sowie durch ein zusätzliches Dichtungsprofil am unteren Rahmenprofil*“, optimiert werden. [Müller]

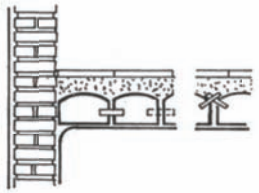
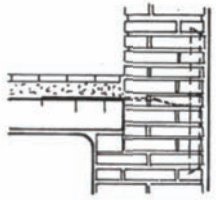
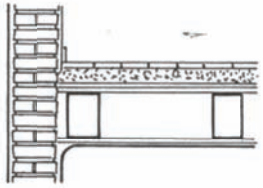
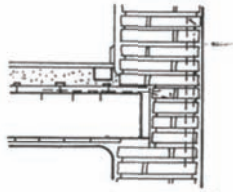
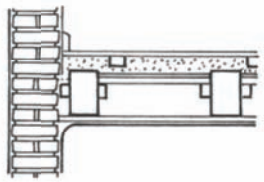
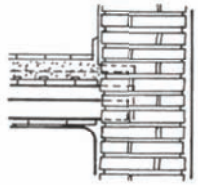
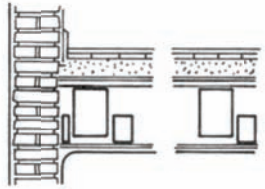
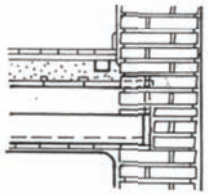
Decken

Gebäude die zwischen *1900* und *1945* erbaut wurden besitzen zu *80 % hölzerne Deckenkonstruktionen* (Dippelbaum- und Tramdecken), die weiteren *20 %* sind *massive Kellerdecken* (Gewölbe, Traversendecken). [Stahr, Puits, Pfestorf] Über dem Kellergeschoß kamen massive Deckenkonstruktionen zur Ausführung. Die **Abbildung 2. 15.** zeigt die Konstruktionen der in der Gründerzeit angewandten Massivdecken. Ihr Einsatz im Keller erfolgte aufgrund der guten Widerstandsfähigkeit gegen Feuchtigkeit und der Eigenschaft große Lasten aufnehmen zu können. In den Obergeschoßen kamen Holzdecken zur Anwendung. Die Dippelbaumdecke wurde nach 1850 vor allem als oberste Geschoßdecke zum Dachraum ausgeführt. Sie besteht aus „Mann an Mann“ verlegten Holzbalken die ca. alle 2 m mittels Holzdübeln („Dippel“) miteinander verbunden sind. Die Holztramdecken wurden aufgrund ihres - im Vergleich zu Dippelbaumdecken - geringerem Materialbedarfs als Konstruktion von Geschoßdecken eingesetzt. Sie benötigen ca. alle 90 cm ein Tragelement (ca. 14 / 20 cm). Wurde der Abstand auf 60 - 70 cm reduziert konnten kleiner Querschnitte verwendet werden. Über der Tragkonstruktion wurde eine Oberdecke verlegt. Sie bestand aus einer Schalung, einer Beschüttung mit darin eingelegten Polsterhölzern und dem Holzfußboden. Die Beschüttung trennte die Fußbodenkonstruktion von den Trämen um der Schall- und Brandübertragung vorzubeugen. Die Unterdecke bestand aus Schilfrohrmatten als Putzträger. Zur Auflagerung der hölzernen Deckenkonstruktionen wurden Wandabsätze oder Auflagertaschen ausgeführt. **(Abb. 2. 16.)**







TYP	QUERSCHNITT	LÄNGSSCHNITT
DIPPELBAUMDECKE		
TRAMDECKE		
TRAMDECKE MIT VERSENKTER STURZSCHAL.		
FEHLTRAMDECKE		

Die Vorteile der massiven und hölzernen Deckenkonstruktionen von Gründerzeithäusern sind

- die Aufnahme großer Lasten der massiven Deckenkonstruktionen zur Gewährleistung der Standfestigkeit

Die Deckenkonstruktionen im Kellergeschoß sind Gewölbe (Tonnengewölbe) in denen nur Druckkräfte herrschen. Zur besseren Nutzbarkeit des Kellerraums kamen in der Gründerzeit Gewölbe aus Segmentbögen (flaches Tonnengewölbe, Platzldecken) zur Anwendung. Da sich massive Flachdecken mit ebener Untersicht und daraus geringer Geschoßhöhe zu diesem Zeitpunkt noch im Entwicklungsstadium befanden stellten Gewölbe die beste standardmäßig verfügbare Konstruktion zur Abtragung der hohen Lasten aus den darüber liegenden Geschoßen dar.

- die Massivdecken im Keller zur Vorbeugung von Feuchteschäden

Oft tritt Feuchtigkeit in den Kellergeschoßen der Gründerzeithäuser auf. Sie ist auf die mangelnde Abdichtung der Kellerböden und -wände zurückzuführen. Massive Deckenkonstruktionen eignen sich aufgrund der guten Feuchtebeständigkeit von Ziegel besser als als hölzerne Konstruktionen für Kellerdecken. Der Schwachpunkt der Ziegelgewölbe ist der Mörtel der durch die Auswaschung des Bindemittels seine Klebekraft verliert und ausbricht.

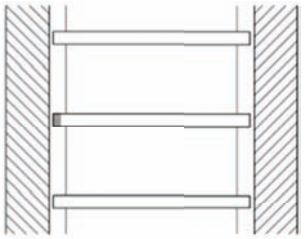
- der Einsatz von Holz als natürlicher Baustoff

Holzdecken sind im Vergleich zu massiven Deckenkonstruktionen (Eigengewicht einer Stahlbetondecke: 25 kN/m³) aufgrund des Eigengewichts von 6 kN/m³ wesentlich leichtere Konstruktionen. Dadurch entstehen geringere Lasten die vom Mauerwerk abgeleitet werden müssen. Weitere Vorteile von Holz sind die gute Recyclebarkeit, die leichte Bearbeitbarkeit, der rasche Aufbau und die sofortige Tragfähigkeit. Als nachwachsender Baustoff ist Holz jedoch anisotrop, brennbar, schädlingsanfällig und unterliegt Quell- und Schwindverformungen.

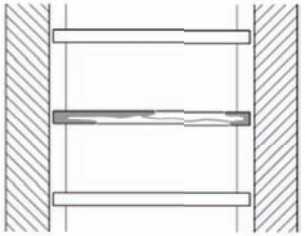
- die Dippelbaumdecke im Dachraum zur Gewährleistung des Brandschutzes

Die Dippelbaumdecken wurden in der Gründerzeit als Deckenkonstruktion zum Dachraum eingesetzt. Aufgrund der „Mann an Mann“ verlegten Balken haben sie einen höheren Brandwiderstand als Tramdecken und können größere Lasten aufnehmen. Als zusätzliche Brandschutzmaßnahme wurde die Beschüttung mit Pflasterziegeln abgedeckt. Die OIB-Richtlinie 2 fordert für *Trenndecken über dem obersten Geschoß* eine *Feuerwiderstandsdauer* von 30 Minuten aus *Baustoffen der Euroklasse des Brandverhaltens mindestens A2* (nicht brennbare Stoffe!). Die Dippelbaumdecken können diesen aktuellen Brandschutzanforderungen nur teilweise gerecht werden. Das Problem ist die Brennbarkeit des Baustoffs Holz. Im Zuge eines Einreichverfahrens ist daher der Nachweis der statischen Sicherheit mit Berechnung der Abbrandgeschwindigkeit zu führen und evtl. eine Genehmigung für die Abweichungen von den geforderten Brandschutzanforderungen anzusuchen. Wurde eine Dippelbaumdecke genehmigt kann die Feuerwiderstandsdauer von 30 Minuten, lt. ÖNORM B-3800, mit einem Querschnitt von 12 / 24 cm gewährleistet werden. Maßnahmen zur zusätzlichen Erhöhung des Brandschutzes

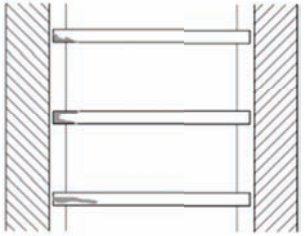
EINZELNE TRAMKÖPFE GESCHÄDIGT
Sanierungsmaßnahme:
- Polymerchemische Sanierung
- Verstärkung mit seitlichen Laschen
- Konsolenausbildung



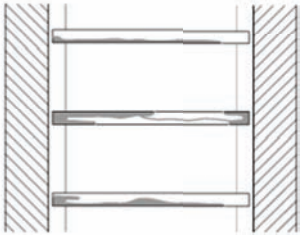
EINZELNE BALKEN GESCHÄDIGT
Sanierungsmaßnahme:
- Auswechseln der einzelnen Balken
- Einziehen von Stahlträgern



AUFLAGERBEREICHE GESCHÄDIGT
Sanierungsmaßnahme:
- Konsol-Auflager
- Deckentausch



BALKEN GESCHÄDIGT
Sanierungsmaßnahme:
- tragende Aufbetonplatte
- Deckentausch



bis auf eine Widerstandsdauer von 90 Minuten sind durch eine Beplankung mit Feuerschutzplatten und einem Einbau von Estrichen möglich. Zu berücksichtigen sind die zusätzlich aufgebrachten Lasten und die evtl. daraus erforderliche Ertüchtigung der Tragfähigkeit.

- die Zwischenräume der Holztramdecken können für gebäudetechnische und bauphysikalische Maßnahmen genutzt werden

Die Konstruktionshöhe von Holztramdecken beläuft sich auf ca. 40 cm (Tramhöhe 20 cm). Die Lufträume zwischen den Trämen können für gebäudetechnische und bauphysikalische Maßnahmen genutzt werden. So können sie als Installationsebene für Lüftungsrohre und elektrische Leitungen herangezogen werden. Zur Verbesserung des Tritt- und Luftschallschutzes kann eine Dämmung zwischen die Träme eingebracht werden. Dabei ist die Schallübertragung über die flankierenden Bauteile zu beachten. Sie kann durch einen Dämmstreifen im Auflager der Balken zusätzlich reduziert werden.

Die Maßnahmen im Zuge einer Sanierung zur Verbesserung der Schwachpunkte von Deckenkonstruktionen sind

- die Erhöhung des Gewichts von Holzdecken zur bautechnischen Verbesserung

Die Gebrauchstauglichkeit der Holzdecken ist trotz intakter Holzelemente aufgrund der zu geringer Dimensionierung bei einer neuen Nutzung oft nicht gegeben. Das äußert sich in der Schwingungsanfälligkeit, in zu großer Durchbiegung (> 1/3 der Balkenlänge) und in Unebenheiten der Deckenkonstruktion. Durch eine Erhöhung des Gewichts (Aufbetonplatte, Leichtbeton- und Beschüttungsausgleich oder Verbundkonstruktion) kann die Gebrauchstauglichkeit wieder hergestellt werden. Gleichzeitig wird dadurch der Schall- und Brandschutz verbessert.

- die Sanierung der Holzbalken in Folge von Feuchtigkeitseintrag

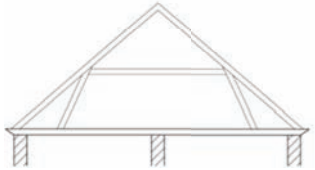
Die meisten Schäden von Holzdecken sind auf Feuchtigkeit zurückzuführen. Besonders im Auflagerbereich sind die Holzbalken gefährdet da die anfallende Feuchtigkeit aufgrund der fehlenden Luftzirkulation nicht abtransportiert werden kann. Durch die in Stammrichtung verlaufenden Fasern wird das Eindringen der Feuchtigkeit erleichtert. Für Holzschädlinge (Pilze und Insekten) stellt eine Feuchtigkeit des Holzes zwischen 40 - 100 % ideale Lebensbedingungen dar. Die Holzschädlinge bauen die Holzstruktur ab und können dadurch teilweise massive Schäden produzieren. (Abb. 2. 17.)

- die Wärmedämmung der Geschoßdecke zum Dachraum zur Reduzierung der Wärmeverluste

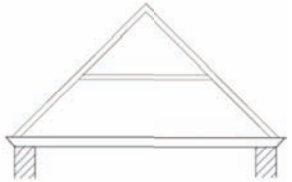
Ein Gebäude verliert ca. 20 % der zugeführten Wärme über die nicht gedämmte oberste Geschoßdecke. Wird das Dachgeschoß nicht zu Wohnzwecken ausgebaut kann eine nachträgliche Wärmedämmung die Wärmeverluste auf rund *10 %* reduzieren. [Fechner] Das bedeutet, dass ein Gründerzeithaus - mit einem Heizwärmebedarf von 180 kW/m²a - nach dieser relativ einfachen Maßnahme einen reduzierten Heizwärmebedarf von 162 kW/m²a hat. In Kombination mit einer Dämmung der Außenbauteile kann der Heizwärmebedarf noch weiter gesenkt werden.

EINFACHES SPARRENDACH

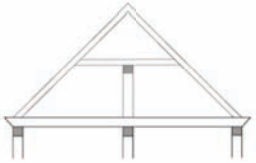
DACH MIT LIEGENDEM STUHL



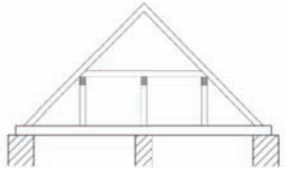
EINFACHES KEHLBALKENDACH



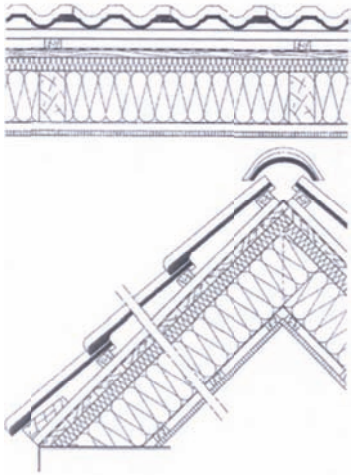
KEHLBALKENDACH MIT EINFACH STEHENDEM STUHL



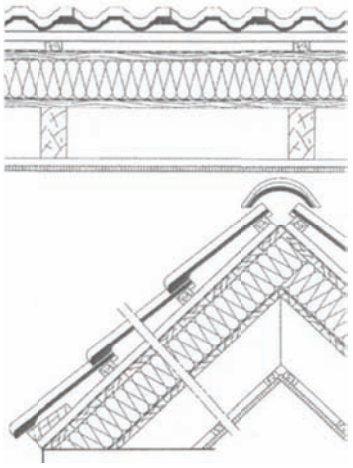
KEHLBALKENDACH MIT DOPPELT STEHENDEM STUHL

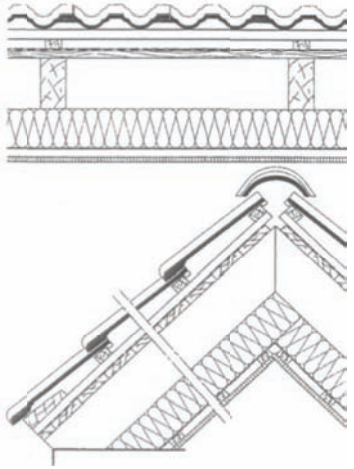


ÄMMUNG
HUNG



NG





Dächer

Die Dächer von Gründerzeithäusern wurden als Steildächer ausgeführt. **(Abb. 2. 18.)** Die hölzernen Konstruktionen wurden mittels Erfahrungswerten dimensioniert und besitzen daher statische Reserven. Zur Verbindung der Elemente kamen zimmermannsmäßige Verbindungsmittel (Holznägel, Dübel, Zapfen, Versätze und Aufklauungen) zum Einsatz. Der Dachaufbau bestand aus den tragenden Sparren, einer Lattung und der darin eingehängten Dachziegel. Zur Belüftung wurden kleine Öffnungen im Dach und im Kniestock ausgeführt. Die Dachentwässerung erfolgte mit Saumrinnen die das Wasser über im Dachgeschoß verlaufende Regenrinnen abführten.

Die Maßnahmen zur Verbesserung der Dachgeschoße von Gründerzeithäusern im Zuge einer Sanierung sind

- **die Reduzierung des Heiz- und Kühlbedarfs und des Feuchteeintrags durch Anbringung einer Dämmung und Dampfsperre**

Dächer von Gründerzeithäusern sind nicht gedämmt da sie ursprünglich nicht für Wohnwecke genutzt wurden. Wird das Dach nicht ausgebaut sollte die oberste Geschoßdecke gedämmt werden um den Wärmeverlust des Gebäudes zur reduzieren. Soll das Dachgeschoß für Wohnzwecke nutzbar gemacht werden ist eine nachträgliche Wärmedämmung der Dachkonstruktion notwendig. In der OIB-Richtlinie 6 wird ein U-Wert von *0,20 W/m²K* für *Dachschrägen mit einer Neigung unter 60 °* gefordert. Mit einer Wärmedämmung oberhalb, zwischen oder unterhalb der Sparren, kann diese Anforderung erfüllt werden. Bei der Anbringung der Wärmedämmung zwischen den Sparren liegt die Dampfsperre rauminnenseitig. Sie verhindert, dass feucht-warme Raumluft in die Dachkonstruktion gelangt und dort kondensiert. Ist die Sparrenhöhe geringer als die erforderliche Dämmhöhe müssen die Sparren aufgedoppelt werden. Bei einer Dämmung unter den Sparren erfolgt die Anbringung der Dampfsperre raumaußenseitig. Die Untersparrendämmung hat den Nachteil des Raumverlustes. Bauphysikalisch ist die Dämmung oberhalb der Sparren aufgrund der lückenlosen Dachhaut und der durchgehenden Wärmedämmung die beste Ausführung. Zur Reduzierung der Konstruktionshöhe kann die Dämmung teilweise zwischen den Sparren angebracht werden. **(Abb. 2. 19.)**

Die Potenziale der Dachgeschoße von Gründerzeithäusern sind

- **die Nutzung des Dachgeschoßes zur Schaffung von neuer Nutzfläche**

Durch Aus- oder Einbauten kann das Dachgeschoß für Wohnzwecke oder Büros nutzbar gemacht werden. Eine statische Ertüchtigung des Tragwerks ist aufgrund der Reserven der tragenden Elemente meist nicht erforderlich. Allerdings sind aufgrund der Erhöhung der Gebäudetraglast evtl. Maßnahmen zur Verstärkung der Fundamente notwendig. Ein Problem bei Dachaus- und Einbauten stellt die Höhe der Bundträme dar (Oberkante der Bundträme ca. 30 cm über der Decke). Sollen sie erhalten werden muss die Ausführung der fertigen Fußbodenoberkante auf Bundtramhöhe erfolgen. Diese Konstruktion hat den Vorteil, dass der Raum zwischen bestehender Decken- und neuer Fußbodenoberkante als Installationsebene genutzt werden kann. Eine andere Maßnahme ist die Ersetzung der Bundträme durch Zugbänder in Verbindung mit einer Ertüchtigung der obersten Geschoßdecke. Diese Ausführung hat den Vorteil, dass die Stützen des Dachtragwerks nicht mehr notwendig sind und entfernt werden können. Ein weiteres Problem ist die innenliegende Entwässerung. Da meist die Straßenfassaden unter Schutz stehen ist der Ersatz durch eine an der Fassade verlaufende Ableitung nicht möglich. Eventuell können für die innenliegende Entwässerung im Zuge der Planung kürzere Strecken zu den Abfallrohren ermöglicht werden. So ergibt sich eine geringere Höhe an der höchsten Stelle was eine Einbindung in den Fußbodenaufbau ermöglicht. Besonders zu berücksichtigen ist die Wasserdichtheit und der Schallschutz der Abflussrohre.

- **die Erhöhung der Gebäudekompaktheit durch einen Dachaus- oder Dacheinbau**

Durch einen Dachaus- oder Dacheinbau wird das Verhältnis zwischen dem Gebäudevolumen und der wärmeabgebenden Oberfläche reduziert und wirkt sich positiv auf die thermische Qualität des Gebäudes aus. Trotz der Erhöhung der Nutzfläche und demzufolge des Energiebedarf kann der Heizwärmebedarf bis zu 50 % gesenkt werden.

2.3.4. ENERGIEVERSORGUNG EINES GRÜNDERZEITHAUSES

Ursprünglich besaß jede Wohnung eines Gründerzeithauses einen Einzelofen der mit Holz, Kohle oder Öl befeuert wurde. Er deckte den gesamten Heizwärmebedarf (HWB) der Wohnung. Die Abluft wurde in Kaminschächten die sich in der Mittelwand befinden und bis über das Dach geführt werden abgeleitet. Das Wasser musste von der am Gang gelegenen Bassena entnommen und über dem Ofen erwärmt werden. Mit Anstieg der Komfortansprüche - im Laufe des 20. Jahrhunderts - erfolgte ein Anschluss jeder Wohnung an das örtliche Wassernetzt und der Einbau von Geräten zur wohnungsweisen Erwärmung des Heiz- und Trinkwassers (z.B. Gas-Durchlauferhitzer). Sehr selten wurden zentrale Systeme mit Standardheizkesseln installiert. Die Lüftung der Wohnungen erfolgte durch Fensterlüftung und vereinzelter Luftschächte in den Bereichen mit feuchter, schadstoffhaltiger Raumluft (Bad und Küche). Zur sommerlichen Kühlung der Wohnungen wurde die natürliche Nachtkühlung praktiziert. Die hohen Speichermassen der Ziegelwände tragen zur Abpufferung der tageszeitlichen Temperaturschwankungen bei und reduzieren die Heiz- und Kühllasten. Vergleicht man die Heizlasten eines nicht sanierten Gründerzeithauses (HWB = ca. 180 kW/m²a) mit jenen eines Niedrigenergiehauses (HWB = 15 - 30 kW/m²a) wird der hohe Wärmebedarf deutlich.

Prinzipien aus der Passivhaustechnologie die für die energetische Sanierung eines Gründerzeithauses genutzt werden können sind

- **die kontrollierte Wohnraumlüftung zur Regulierung der Luftqualität und zur Unterstützung des Heiz- und Kühlbedarfs**

[gesamter Punkt: Guschlbauer-Hronek, Grabler-Bauer]

In nicht sanierten Gründerzeithäusern sorgen die Undichtheiten der Gebäudehülle für eine Art Zwangsentlüftung. Dadurch entstehen Luftwechselraten - bei 50 Pascal Druckdifferenz - von *5* pro Stunde. Nach einer Sanierung der Gebäudehülle ohne zeitgleiche Nachrüstung des Lüftungssystems kann es aufgrund des reduzierten Luftwechsels (n_{50}[7] *= 1,5 h-1*) zu Feuchteproblemen und Schimmelpilzschäden kommen. Um dem vorzubeugen kann eine raumlufttechnische Anlage installiert werden. Für den nachträglichen Einbau von Lüftungssystemen eignen sich dezentrale und zentrale Systemvarianten. **(Abb. 2. 20.)**

Die reine wohnungsweise Abluftanlage stellt im Bezug auf den Herstellungs- und Planungsaufwand das einfachste System dar. Sie besteht aus einem zentralen Abluftventilatoren (für Bad, Toilette und Küche), Außenwandluftdurchlässen in allen Aufenthaltsräumen und Überstromöffnungen in den Türen. Für die Abluftschächte können gereinigte, ungenutzte Kaminstränge verwendet werden. Die Luftdurchlässe werden durch Kernbohrungen hergestellt. Sie sind mit Windschutzklappen zu versehen und möglichst über den Heizkörpern zu platzieren um den Kaltlufteinfall zu reduzieren. Die Lüftungswärmeverluste belaufen sich bei einer Abluftanlage auf ca. *30 - 50 kWh/m²a*.

[7] n_{50} = Abkürzung für die Luftwechselrate bei 50 Pascal Druckdifferenz pro Stunde

ABLUFTANLAGE

DEZENTRALE LÜFTUNGSGERÄTE

KONTROLLIERTE WOHNRAUMLÜFTUNG

steme

Dezentrale Einzelraumlüftungsgeräte be- und entlüften direkt jeden Raum in dem sie installiert sind. Eine gerichtete Durchströmung der Wohnung ist nicht möglich, außer wenn Nachbarräume über Zu- und Abluftkanäle miteinander verbunden sind. Pro Gerät sind zwei Außenwanddurchbrüche notwendig. Die Geräte können mit einer Wärmerückgewinnung ausgestattet sein und so zur Unterstützung der Heizung und Kühlung beitragen. Die Entlüftung der Funktionsräume (Bad, Toilette und Küche) erfolgt meist über Abluftanlagen. Der Vorteil von dezentralen Einzelraumlüftungsgeräten ist der relativ hohe Komfort da die Zuluft vorgewärmt oder -gekühlt werden kann. Problematisch sind das anfallende Kondensat und der Schallleistungspegel auf der Innenseite der Geräte. Die Lüftungswärmeverluste von Gründerzeithäusern können - im Vergleich zu dezentralen Abluftsystemen - mit Einzelraumlüftungsgeräten nur wenig reduziert werden.
Bei einem wohnungsweisen oder zentralen System erfolgt die Lüftung über ein Zentralgerät mit einer Wärmerückgewinnung. Von diesem führen die Zu- und Abluftkanäle zu den einzelnen Wohnungen. Die Führung der Kanäle kann entweder vertikal (z.B. in ungenutzten Kaminen und Schächten) oder horizontal (z.B. in abgehängten Decken im Gangbereich) erfolgen. Die Zuluft wird über Düsen in den Raum eingeblasen. Über die Positionierung der Auslässe für Zu- und Abluft wird der Weg des Luftstroms geplant. Die Vorteile einer zentralen Lüftungsanlage sind der hohe Komfort (keine Zugluft), die Lüftungseffizienz aufgrund der gerichteten Durchströmung und die geringen Lüftungswärmeverluste. Die Lüftungswärmeverluste betragen etwa *7 - 13 kWh/m²a*, das bedeutet rund viermal weniger als bei einer reinen Abluftanlage. Die Nachteile sind die hohen Kosten für die Anlage, die Planung, die Installation (ca. 32 - 60 €/m², Abluftanlage: ca. 8 - 15 €/m²) und den Betrieb.

- **die Anpassung des Heizsystems an den verringerten Wärmebedarf nach einer Sanierung**

„Bei Energiekennzahlen oberhalb von 35 bis 40 kWh/m²a lohnt es sich in der Regel nicht mehr, über Passivhaus-Technik nachzudenken. Konventionelle Heizungssysteme, kombiniert mit reinen Komfortlüftungsanlagen bieten hierfür die bessere Lösung“. [Guschlbauer-Hronek, Grabler-Bauer, S. 45]

Dennoch sollte das Heizungssystem an den geringeren Wärmebedarf angepasst werden. Die Ziele einer Sanierung der Heizungsanlage sind die Minimierung der Energieverluste (bessere Wirkungsgrade der Wärmeerzeuger, Dämmung der Leitungen), die Verbesserung der Heizungsregelung und die Optimierung der Wärmeübergabesysteme. Durch den geringeren Wärmebedarf und die geringeren Verluste bei der Wärmeverteilung, können niedrigere Vorlauftemperaturen (35 °C statt 70 °C) eingesetzt werden und ermöglichen einen reduzierten Einsatz von Energie. Bestehende Heizkörper können trotz geringerer Vorlauftemperaturen weiter verwendet werden. Flächenheizungen (Fußboden- oder Wandheizungen) können als zusätzliche Systeme zur Wärmeübergabe oder als Ersatz der bestehenden Heizkörper eingebaut werden. Ebenfalls können sie zur Kühlung der Bauteile im Sommer beitragen.

Eine zentrale Wärmebereitstellung sollte im Zuge einer energetischen Sanierung angestrebt werden. Vorteile einer zentralen Wärmebereitstellung sind die Reduzierung der Kosten für die einzelnen Haushalte, die Möglichkeit Systeme mit regenerativen Energieträgern zu integrieren, die Kopplung mit einer zentralen Warmwassererzeugung, die Nutzung des Lüftungssystems zur Heizungs- und Kühlungsunterstützung und die Wärmerückgewinnung.

■ die Nutzung erneuerbarer Energieträger zur Reduzierung des Einsatzes von fossilen Energieträgern

Bisher kommen hauptsächlich fossile Brennstoffe zur Wärmeerzeugung zum Einsatz. Durch den vermehrten Einsatz von regenerativen Energieträgern kann dem Problem der Endlichkeit fossiler Brennstoffe vorgebeugt und die CO_2-Emissionen reduziert werden. Bei Gründerzeithäusern im innerstädtischen Bereich bietet sich die Solarenergie besonders an. Sie kann zur Wärmebereitstellung für Heizung und Wasser, als auch zur Stromerzeugung genutzt werden. Eine passive Ausschöpfung der solaren Einstrahlung kann durch die Bauteilaktivierung und die thermischer Pufferzonen erfolgen. Kosten- und aufwandsintensiver ist die Nutzung von Geothermie. Der Einsatz wird durch die jeweiligen Rahmenbedingungen (Platz für Maschinen und Erdkollektoren, Erdwärmesonden oder Erdkanäle) des Gründerzeithauses bestimmt. Systeme mit Biomasse eignen sich aufgrund der Lieferungshäufigkeit des Brennstoffes nicht im städtischen Gebieten. Allerdings stellen sie eine gute Alternative in Regionen mit hohem Waldanteil dar.

„Die Uniformität der Energieversorgungsstrukturen und des Energieverbrauchs, die sich auf Basis der fossilen Energien herausgebildet haben, werden der Vergangenheit angehören. Jedes Land, jede Region wird eine spezifische und dabei vielfältige Energiebasis bekommen. Die Weltenergieversorgung mit neuerbaren Energien wird eine »multikulturelle« sein.
Natürlich sind vielerlei einzelne Anstrengungen nötig, [...]*, um diese Vision zu realisieren. Aber diese Anforderungen sind nicht komplizierter und aufwendiger als die Entwicklung und Produktion der Satelliten-, Luftfahrt-, Kommunikations-, Medizin-, oder Waffentechnik - und mit Abstand weniger komplex als die Atomtechnik.“* [Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer, S. 17]

Maßnahmen zur gebäudetechnischen Optimierung eines Gründerzeithauses sind

- die Deckung der Kühllasten durch luft- und wasserführende Systeme

Lüftungssysteme können durch die Kopplung mit einer adiabatischen Kühleinrichtung im Sommer zur Reduzierung der Raumlufttemperatur beitragen. Bei der direkt adiabatischen Kühlung wird die Zuluft mit Feuchtigkeit angereichert was zu einer Senkung der Lufttemperatur führt. Der Nachteil dabei ist der Anstieg der Luftfeuchtigkeit. Besteht eine Zu- und Abluftanlage kann die indirekt adiabatische Kühlung zum Einsatz kommen. Dabei gibt die Zuluft - über einen Wärmetauscher - die Wärme an die Abluft ab, kühlt ab und bleibt trocken. Der Nachteil ist, dass die Leistungsfähigkeit vom Feuchtegehalt der Ab- und Außenluft abhängig ist.
Bei der Kälteübergabe an den Raum sollte berücksichtigt werden, dass keine Strahlungsasymmetrie und keine Zugluft entsteht. Mit der Einbringung der gekühlten Zuluft über Weitwurfdüsen in der Decke entstehen hohe Eintrittsgeschwindigkeiten. Allerdings können Kühllasten von mehr als *60 W/m²* gedeckt werden. Bei einer Einbringung der Zuluft über eine Quelllüftung (Zuluftöffnungen in Bodennähe), mit geringer Geschwindigkeit, können Kühllasten von maximal *30 W/m²* gedeckt werden. Aufgrund der Erfüllung einer hohen Behaglichkeit stellt diese Methode dennoch eine gute Variante dar. Werden wasserführende Flächenheizungen nachträglich in Gründerzeithäuser eingebaut können sie auch zur Kühlung herangezogen werden. Ein Nachteil ist die eingeschränkte Kälteleistung von *50 W/m²* da bei Oberflächentemperaturen von ca. 12,6 °C der Taupunkt der Raumlufttemperatur unterschritten wird und es zu Kondensat kommt. [Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer]

- die Anbindung an das Fernwärme- und Fernkältenetzt als Alternative zu dezentralen Wärmebereitstellungssystemen

In Wien werden rund *ein Drittel aller Haushalte* mit Fernwärme versorgt. [Wien Energie] Die Fernwärme wird in Österreich durch Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, Wald-Biomasse-Kraftwerken und Abfallverwertungskraftwerken erzeugt. Die Vorlauftemperaturen sind abhängig von der Außentemperatur da die Zuleitung über im Untergrund verlegte Rohre erfolgt. Sie betragen zwischen 90 - 150 °C. Die Fernkälte wird mit Absorptionskältemaschinen - welche die Abwärme von Kraftwerken nutzen - erzeugt. Sie verursacht rund *70 % weniger CO_2-Emissionen* als konventionelle Kältemaschinen. [Wien Energie] Da das Fernwärme- und Fernkältenetzt sich nicht über ganz Wien erstreckt ist bei der Planung einer Anbindung vorab die Verfügbarkeit zu prüfen. Vor allem die Bereitstellung von Fernkälte befindet sich momentan noch im Aufbau.

- das optimierte Steuerungssystem der Haustechnik zur Senkung des Strombedarfs

Mit Systemen zur intelligenten Gebäudesteuerung und -automation kann der Stromverbrauch reduziert werden. Dafür können Bewegungsmelder installiert werden. Sie steuern die Beleuchtung im Stiegenhaus und den öffentlichen Bereichen des Gebäudes. Lernfähige Steuerungen können die haustechnischen Parameter (Beheizung, Kühlung, Be- und Entlüftung, Belichtung und Beleuchtung) an das - zuvor analysierte - Benutzerverhalten anpassen.

2.4. RESÜMEE DER ANALYSE HISTORISCHER QUELLEN

Die Verschiebung der Bautätigkeit von Neubauten zu Sanierungen verdeutlicht wie wichtig es in Zukunft ist sich mit dem Gebäudebestand auseinander zu setzen. Vor allem die innerstädtischen Gründerzeithäuser - sie machen etwa 1/3 des Bestands aus - prägen das Stadtbild und sollen erhalten werden. Die Analyse historischer Quellen konzentrierte sich auf drei Kernfragen: Erstens, welche Prinzipen der antiken und arabischen Bautypologien können für eine Sanierung eines Gründerzeithauses herangezogen werden? Zweitens, was für Vor- und Nachteile hat die Bautypologie der Gründerzeithäuser? Und drittens, wie können Gründerzeithäuser thermisch und energetisch aufgewertet werden?

Bezüglich der ersten Frage, welche Prinzipien der antiken und arabischen Bautypologien für eine Sanierung eines Gründerzeithauses herangezogen werden können, ist festzuhalten, dass vor allem die Speicherwirksamkeit von Materialien zur passiven Regulierung des Raumklimas genutzt wird. Bei den antiken Bautypologien sind es die massiven Ziegelwände und im arabischen Raum die Lehmkonstruktionen. Die Massivbauweise findet sich auch bei den Gründerzeithäusern wieder. Sie sind aus Ziegelmauerwerk errichtet welche Stärken von bis zu 75 cm aufweisen. Bei Sanierungen können Lehmputze oder Lehmzwischenwände zusätzlich eingesetzt werden. Sie steigern die Wärme- und Feuchteregulierung der Wandbauteile.

Weiters ist die Regulierung der Sonneneinstrahlung - um im Sommer den übermäßigen Wärmeeintrag zu verhindern - in den südlichen Regionen erforderlich. Auch in Hinblick auf die Temperaturerhöhung in Folge des Klimawandels werden Sonnenschutzmaßnahmen in gemäßigten Breiten immer wichtiger. Auf diese Notwendigkeit reagieren die antike und die arabische Bautypologie mit baulichen und beweglichen Sonnenschutzmaßnahmen. Als bauliche Ausführung werden bei den historischen Bautypen Vordächer, Überdachungen (des Säulengangs), Loggien oder Hallen und Blendstrukturen in den Fenstern eingesetzt. Sie sind auch für Gründerzeithäuser anwendbar. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die architektonische Qualität der Gründerzeithäuser nicht beeinträchtigt werden sollte. Vor allem bei geschützten Fassaden ist der Originalzustand zu erhalten. Es bietet sich demzufolge eine Anbringung an der Hofseite des Gebäudes an und kann zeitgleich als thermischer Puffer (Wintergärten und verglaste Loggien) ausgeführt werden. Das Prinzip der Nutzung von vorgelagerten Zonen als thermische Ausgleichszone wurde bereits in der Antike angewandt.

Anpassungsfähiger an die aktuellen tageszeitlichen Bedürfnisse sind bewegliche Sonnenschutzmaßnahmen. Bei der arabischen Kasbah werden ausklappbare Fensterläden eingesetzt. Für die Gründerzeithäuser kann diese Ausführung aus gestalterischen Gründen nicht direkt übernommen werden, das Prinzip des beweglichen Sonnenschutzes ist dennoch anwendbar. So kann - immer in Anbetracht der Erhaltung der architektonischen Fassadenqualität - ein Sonnenschutz vor dem Kastenfenster oder im Zwischenraum der Fensterflügel (z.B. Rollos oder Jalousien) angebracht werden.

Weiters kann das Prinzip der Raumerwärmung von römischen Thermen für Sanierungen herangezogen werden. Zur Raumerwärmung wurden Flächenheizungen eingesetzt. Sie haben den Vorteil einer gleichmäßigen Wärmeabgabe und einer hohen Behaglichkeit. Bei Gründerzeithäusern können Wand- und Fußbodenheizungen eingebaut werden. Es ist besonders die Eignung der Bauteile zu berücksichtigen. So sind Holzdecken (häufigste Deckenkonstruktionsart in Gründerzeithäusern) ohne speicherfähigen Estrich nicht geeignet.

Ebenfalls von der antiken und der arabischen Bautypologie kann die Nutzung der Höfe herangezogen werden. Sie dienen in beiden Typologien zur Erweiterung des privaten Aufenthaltsbereichs und zur Regulierung des Mikroklimas. Im Vergleich dazu werden die Höfe der Gründerzeithäuser als Abstellfläche für Autos, Müllbehälter und Fahrräder genutzt. Das ist meist auf die Enge der Höfe und die versiegelten Oberflächen zurückzuführen. Durch eine Zusammenlegung der angrenzenden Höfe kann die Enge beseitigt werden. Um die Bewohner anzuregen den Hof zu nutzen können allgemein benutzbare Einrichtungen (z.B. Spielgeräte, Gartenmöbel, Pergola) errichtet werden. Eine Begrünung hat einen positiven Einfluss auf das Mikroklima (Staubbindung, Verdunstungskühlung).

Weiters kann das Prinzip der Windnutzung (Lüftung und Kühlung) der arabischen Kasbah für eine Sanierung von Gründerzeithäusern herangezogen werden. Für Gründerzeithäuser bedeutet das den Einbau von luftleitenden Systemen welche die Umgebungsluft in das Gebäude leiten. Dafür können nicht mehr benötigte Schächte verwendet werden. Durch die gezielte Regelung des Luftstroms werden die Wärmeverluste reduziert. Ebenfalls wird die Beheizung und Kühlung unterstützt und die Qualität der Raumluft aktiv reguliert.

In Bezug auf die zweite Frage, was für Vor- und Nachteile die Bautypologie der Gründerzeithäuser hat, ist zu sagen, dass die Gründerzeitviertel mit ihrer innerstädtischen Lage einen hohen Standortvorteil aufweisen. Das äußert sich in der guten sozialen und verkehrstechnischen Infrastruktur. Die Stadtteile mit einer Gründerzeitbebauung sind ganztägig aufgrund der Durchmischung von Wohnen, Arbeiten, Dienstleistung, Gewerbe und Freizeiteinrichtungen belebt und haben eine positive Atmosphäre. Weiters ermöglicht die Blockrandbebauung eine gute Ausnutzung der Grundstücksflächen aufgrund der dichten geschlossenen Bebauung. Andererseits sind Naherholungsgebiete (z.B. Parks) eher selten und die kleinteiligen Höfe mit häufig versiegelten Oberflächen besitzen wenig Nutzungsangebot im Grünen.
Ebenfalls eine Schwäche der Bautypologie der Gründerzeit sind die erhöhten Erdgeschoße und die fehlenden Aufzüge im Bezug auf die barrierefreie Erschließung. Durch die gesellschaftliche Sensibilisierung auf die Ansprüche körperlich beeinträchtigter und alter Personen bekommt dieses Kriterium immer mehr an Bedeutung und ist bei einer Sanierung mit einzuplanen (z.B. Einbau von Aufzügen).

Bezugnehmend auf die Wohnungen von Gründerzeithäusern ist zu sagen, dass sie aufgrund ihrer Anordnung und der Ausführung von Gangfenstern die Möglichkeit zur Querlüftung jeder Wohnung aufweisen. Das wirkt sich positiv auf die Raumluftqualität und die Lüftungswärmeverluste aus. Dage-

gen ist die Belichtung der gangseitigen Bereiche eher unzureichend. Die natürliche Tageslichteinstrahlung wird durch den vorgelagerten Gang stark vermindert und es bedarf demzufolge meist einer künstlichen Belichtung. Die straßenseitigen Aufenthaltsräume - mit Raumtiefen von ca. 5 m - sind durch die hohen Fenster gut belichtet. Die Aufteilung der Räume entlang der Straße richtet sich nach der Fassadengliederung was zu einer Gleichwertigkeit der Nutzflächen führt. Das ermöglicht eine flexible Verwendung für unterschiedliche Nutzergruppen wie z.B. Privatpersonen und Büros. Jedoch schränkt die starre Tragstruktur (tragende Mittel- und Außenwände) die Flexibilität der Grundrisse stark ein. So sind die - im Zuge von Modernisierungsarbeiten eingebauten - Sanitärbereiche meist sehr klein. Durch Wohnungszusammenlegungen kann teilweise Abhilfe geschaffen werden.

Hinsichtlich der Baukonstruktionen der Gründerzeithäuser kann meist von einer guten Bausubstanz ausgegangen werden. Die gute Standfestigkeit und die statischen Reserven - aufgrund der Überdimensionierung von Wänden, Decken und Dächern - stellen einen Vorteil dar. Zusätzlich wirken die Zwischenwände als Queraussteifung.

Aus thermischer Sicht wirken sich die hohen Wärmeverluste der Gründerzeithäuser negativ auf die Energiebilanz aus. Die Wärmeverluste sind auf die fehlende Wärmedämmung zurückzuführen ist. Insbesondere bei Wärmebrücken (z.B. Raumecken) entsteht Kondensat und führt teilweise zu massiven Schäden der Bausubstanz. Auch im Keller sind meist Feuchtigkeitsprobleme zu finden. Soll der Keller als Lager- oder Haustechnikraum genutzt werden müssen Trockenlegungsmaßnahmen erfolgen. Positiv zu sehen ist die hohe Energiespeicherkapazität des massiven Ziegelmauerwerks. Diese Eigenschaft trägt zum Temperaturausgleich der Räume bei. So können durch die Wärmeabgabe der Wände im Winter und durch die Wärmeabsorption im Sommer die Heiz- und Kühllasten verringert werden. Ein weiterer Vorteil ist der Einsatz des Bindemittels Kalk. Es beeinflusst das Raumklima positiv da Kalk desinfiziert, Schadstoffe filtert und die Raumfeuchtigkeit reguliert.

Die Kastenfenster haben aufgrund der zwei Fensterebenen die Vorteile eines guten Schallschutzes und der Möglichkeit die Flügel so zu öffnen, dass sie eine natürliche Lüftung ohne unangenehm empfundenen Luftzug erlauben. Allerdings weisen die Kastenfenster aufgrund der Undichtigkeit und der 1-scheibenverglasung hohe Transmissionswärmeverluste auf. Weiters stellen sie eine Wärmebrücke mit hohem Feuchtigkeitseintrag in Folge von Kondensatbildung dar und besitzen keinen Sonnenschutz zur Reduzierung des sommerlichen Wärmeeintrags. Ihre vertikale Proportionierung ermöglicht eine gute Nutzung der solaren Einstrahlung und die Belichtung der Räume im Winter.

Die Massivdecken der Gründerzeithäuser haben den Vorteil, dass sie hohe Lasten aufnehmen können und gegen Feuchtigkeit resistenter als Holzkonstruktionen sind. Die in den Obergeschoßen ausgeführten Holzdecken (Tram- und Dippelbaumdecke) sind aber vergleichsweise leichter. Allerdings weisen sie aufgrund des geringen Gewichts der Holzträme einen schlechten Schall- und Brandschutz auf. Die Dippelbaumdecke hat im Vergleich zu den Tramdecken den Vorteil, dass sie höhere Lasten aufnehmen kann und einen etwas besseren Brandschutz aufweist. Durch eine Erhöhung des

Gewichts der Holzkonstruktionen (z.B. durch Verbundkonstruktionen) können die Holzdecken bautechnisch (u.a. die Gebrauchstauglichkeit, der Schall- und Brandschutz) verbessert werden. Nicht zu vergessen ist die Haustechnik der Gründerzeithäuser. Sie ist fast immer veraltet und Bedarf einer Erneuerung. Allerdings können die nicht mehr genutzten Schächte und die Zwischenräume der Holztramdecken für gebäudetechnische Maßnahmen genutzt werden.

In Puncto der dritten Frage, wie Gründerzeithäuser thermisch und energetisch aufgewertet werden können, ist zu sagen, dass vor allem die Wärmedämmung und die Herstellung der Gebäudedichtheit wichtig sind. Durch eine Wärmedämmung der Außenwände, der obersten Geschoßdecke und des Daches können die Wärmeverluste um etwa 50 % reduziert werden. Zu berücksichtigen ist die Erhaltung der Fassadengestaltung da Gründerzeitviertel häufig als Schutzzonen der Magistratsabteilung 19 ausgewiesen sind und die Gebäude teilweise unter Denkmalschutz stehen. Weiters reduzieren eine Wärmedämmung und eine erhöhte Dichtheit den Kühlbedarf im Sommer und beugen dem Feuchteeintrag in die Konstruktion vor. Darüber hinaus trägt eine Aufwertung der Kastenfensterverglasung zur Erhöhung der thermischen Gebäudequalität bei. Dafür können Wärmeschutz- und Isoliergläser eingesetzt werden.

Der Nachteil des fehlenden Sonnenschutzes kann durch die Anbringung eines beweglichen Sonnenschutzes vor oder im Kastenfenster behoben werden. Im Bezug auf die Erhaltung der originalen Fassadengestaltung sind Sonnenschutz- oder lichtlenkende Gläser besser geeignet. Auch kompakte Gläser mit schaltbarem Sonnenschutz (phototrope, thermotrope und elektrochrome Gläser, sowie Flüssigkristalverbundscheiben) werden in Zukunft zur Anwendung kommen, befinden sich momentan aber noch in der Entwicklung.

Des Weiteren kann der Heizwärmebedarf durch die Erhöhung der Gebäudekompaktheit verringert werden. Dafür bieten sich bei Gründerzeithäusern die ungenutzten Dachgeschoße an. Durch die Reduzierung des Verhältnisses zwischen dem Gebäudevolumen und der wärmeabgebenden Oberflächen werden zusätzlich 5 - 10 % des Heizwärmebedarfs eingespart. Bei einem Dachaus- oder Dacheinbau sind Maßnahmen zur Vermeidung der sommerlichen Überhitzung zu berücksichtigen. Vor allem leichte Holz- oder Stahlholzkonstruktionen sind diesbezüglich zu überprüfen. Als Maßnahme können Materialien mit hoher Speicherkapazität eingesetzt werden (z.B. Ziegel, Beton, Lehm). Eine noch selten eingesetzte Technologie sind Latentwärmespeicher. Sie werden entweder als einzelne Volumen oder mikroverkapselt (z.B. in Putzen) angebracht.

Für eine energetische Optimierung von Gründerzeithäusern muss vor allem das Wärmebereitstellungssystem aufgewertet werden. Dafür sind die Verteilungsleitungen zu dämmen und evtl. zu erneuern. In Folge einer vorangegangenen thermischen Sanierung muss das Heizsystem an den verringerten Wärmebedarf angepasst werden. Diesbezüglich können Systeme mit besseren Wirkungsgraden und optimierter Regelung eingebaut werden. Durch die geringen Wärmeverteilungsverluste und den geringeren Wärmebedarf sind niedrigere Vorlauftemperaturen realisierbar was den Einsatz von

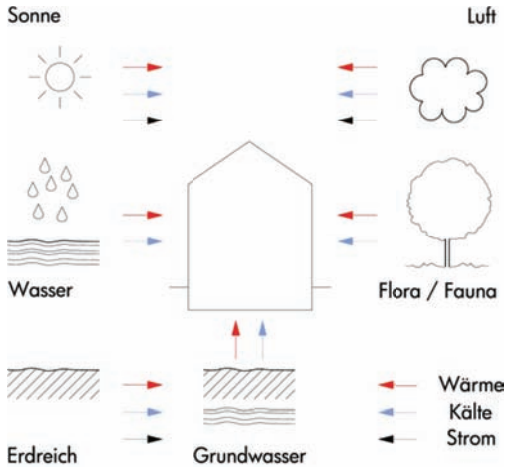
Flächenheizungen (Fußboden- oder Wandheizungen) ermöglicht. Weiters sollte im Zuge einer energetischen Sanierung eine zentrale Wärmebereitstellung für die Beheizung angestrebt werden. Sie hat die Vorteile, dass eine Kopplung mit einer zentralen Warmwassererzeugung und der Einsatz von regenerativen Energieerzeugungssystemen möglich sind. Eine Alternative zu dezentralen Energiebereitstellungssystemen ist die Anbindung an das Fernwärmenetz. Allerdings ist vorab zu ermitteln ob das Fernwärmenetz am Gebäudestandort vorhanden ist. Ebenfalls ist ein Lüftungssystem aufgrund der erhöhten Dichtheit zur Regulierung der Luftqualität einzuplanen. Es kann zusätzlich zur Unterstützung des Heizungssystems beitragen. Dafür eignet sich besonders gut eine zentrale kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung.

In Anbetracht des Klimawandels und der damit einhergehenden Temperaturerhöhung werden Kühlsysteme immer wichtiger. Dafür können luft- und wassergeführte Systeme eingesetzt werden. Als wassergeführte Systeme können Flächenheizungen im Sommer herangezogen werden. Zur Luftkühlung kann die kontrollierte Wohnraumlüftung verwendet werden. Entweder wird dabei die Luft vorgekühlt (z.B. Erdkanal) in den Raum eingebracht oder eine adiabatische Kühlungseinrichtung bei den Zuluftöffnungen vorgesehen.

Für die Reduzierung des Stormbedarfs sollte das Steuerungssystem der Haustechnik optimiert werden. Zur Anwendung kann dabei eine intelligente Gebäudesteuerung und -automation kommen. Sie steuert die Beleuchtung im Stiegenhaus und den öffentlichen Bereichen des Gebäudes. Lernfähige Steuerungen können die haustechnischen Parameter (Beheizung, Kühlung, Be- und Entlüftung, Belichtung und Beleuchtung) an das - zuvor analysierte - Benutzerverhalten anpassen.

Im Rahmen einer energetischen Sanierung ist - im Hinblick auf die Ressourcenproblematik fossiler Energieträger - ebenfalls die Reduzierung des Einsatzes von fossilen Brennstoffen zu planen. Diesbezüglich ermöglicht der reduzierte Wärmebedarf den Einsatz von regenerativen Energiesystemen (z.B. Solarthermie, Geothermie).

Analyse von Energieträgern und ihren Einsatzmöglichkeiten in Gründerzeithäusern


Sonne
Luft
Wasser
Flora / Fauna
Erdreich
Grundwasser
Wärme
Kälte
Strom

3. ANALYSE VON ENERGIETRÄGERN UND IHREN EINSATZMÖGLICHKEITEN IN GRÜNDERZEITHÄUSERN

Zur Erhaltung des heutigen Lebensstandards besteht aufgrund der Ressourcenproblematik der fossilen Energieträger der Bedarf an Systemen die mit regenerativer Energie betrieben werden. Ihre Ressourcen sind sozusagen „endlos". **(Abb. 3. 1.)** Im Zuge einer energetischen Sanierung ist aufgrund der geringeren Wirkungsgrade von regenerativ betriebenen Gebäudetechniksystemen die Reduzierung des gesamten Energiebedarfs eines Gründerzeithauses notwendig um diesen zur Gänze regenerativ decken zu können. Demzufolge können im Rahmen einer Sanierung in Zukunft der Entwurf und die Gebäudetechnik nicht mehr getrennt voneinander behandelt werden. Das Einflechten der technischen Aspekte in den architektonischen Entwurf erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen Architekten und Fachplanern.

Das folgende Kapitel analysiert Gebäudetechniksysteme die mit fossilen und regenerativen Energieträgern betrieben werden. Es werden ihre Vor- und Nachteile und ihre Einsatzmöglichkeiten bei Gründerzeithäusern diskutiert und fließen in den Sanierungsvorschlag des Kapitels 4 „Gründerzeithaus in Margareten" ein.

3.1. FOSSILE ENERGIETRÄGER

Die Energieversorgung von Gründerzeithäusern basiert bis jetzt hauptsächlich auf fossilen Brennstoffen (Kohle, Gas und Öl). Die Wassererwärmung für die Heizung und das Trinkwasser erfolgt in Gründerzeithäusern meist über dezentrale Systeme in den einzelnen Wohnungen.

Die häufigsten fossil betriebenen dezentralen Systeme in Gründerzeithäusern sind

- **der Einzelofen**

Ursprünglich wurden die Wohnungen von Gründerzeithäusern mit Einzelöfen beheizt. Sie können mit Öl und Gas (oder Holz) befeuert werden und erwärmen den Raum in dem sie aufgestellt sind. Da mit Einzelöfen die gesamte Wohnung nur schwer geheizt werden kann sollte im Zuge einer Sanierung eine Optimierung dieses Heizungssystems vorgenommen werden. Dazu können die Öfen entweder gegen effizientere Geräte und Systeme ausgetauscht oder als sekundäre Wärmequelle - zur zusätzlichen Beheizung - eingesetzt werden. Der Vorteil von Raumeinzelöfen ist die als sehr behaglich empfundene direkte Strahlungswärme (vor allem bei Kachelöfen).
Die Wassererwärmung erfolgte ursprünglich ebenfalls mit den Einzelöfen. Das Wasser musste von der Bassena am Gang gezapft werden (da kein Fließwasser in den Wohnungen vorhanden war) und wurde auf den Einzelöfen erwärmt. Mit Anstieg der Komfortansprüche - im Laufe des 20. Jahrhunderts - erfolgte ein Anschluss jeder Wohnung an das örtliche Wassernetzt. Zur Erwärmung kommen heute meist Durchlauferhitzer zum Einsatz.

■ der Durchfluss-Wassererwärmer (Durchlauferhitzer)

Im Zuge von Modernisierungsmaßnahmen wurden meist Durchlauferhitzer in die Gründerzeitwohnungen eingebaut. Sie erzeugen das Warmwasser für das Heizungs- und Trinkwassersystem. Die Geräte werden mit Gas oder Strom (auch Fernwärme möglich) betrieben. Die Durchlauferhitzer erwärmen das durchfließende Wasser und führen es zeitgleich dem Leitungssystem zu. Dadurch liefern sie zeitlich unbegrenzt leistungsfrisches Wasser, benötigen allerdings dafür eine hohe Dauerleistung. Die Vorteile eines Durchlauferhitzers sind der hohe Wirkungsgrad von *fast 100 %* und die gute Regelbarkeit bei Einzelgeräten. [Bundesarbeitskreis Altbauerneuerung e.V. (Hrsg.)] Da bei größeren Zapfmengen (z.B. bei der Versorgung von mehreren Wohnungen) die Temperaturen und die Durchflussmenge begrenzt sind eignen sie sich vor allem zur Versorgung einer einzigen Wohnung.

Zentrale Verbrennungsanlagen zur Erzeugung von Warmwasser für die Beheizung und das Brauchwasser

Zentrale Gebäudesysteme mit fossilen Energieträgern zur Beheizung und Warmwasserversorgung sind in Einfamilienhäusern sehr gebräuchlich und eignen sich auch für Mehrfamilienhäuser aus der Gründerzeit. Sie können nachträglich installiert werden und haben die Vorteile, dass die Kosten für die einzelnen Haushalte reduziert werden, die Warmwassererzeugung für die Heizung und das Trinkwasser in einem Gerät erfolgen und die Restwärme zur Wärmerückgewinnung genutzt werden kann. Die Energieerzeugung erfolgt in Heizkesseln durch die Verbrennung der fossilen Energieträger.

■ der Standardheizkessel

Selten wurden alle Wohnungen von Gründerzeithäusern durch eine zentrale Anlage mit Warmwasser versorgt. Kam eine zentrale Anlage dennoch zum Einsatz wurden Standardheizkessel installiert. Sie erwärmen das Wärmeträgermedium auf *70 - 90 °C* und leiten es in den Heizkreislauf. Die *Rücklauftemperaturen* betragen etwa *55 - 70 °C*. [Bundesarbeitskreis Altbauerneuerung e.V. (Hrsg.)] Nach einer thermischen Sanierung des Gebäudes sind diese hohen Vorlauftemperaturen für das Heizsystem nicht mehr notwendig, außerdem benötigen sie im Vergleich zu neuen Technologien mehr Primärenergie zur Verfeuerung und verfügen über keine Wärmerückgewinnung zur Erhöhung des Wirkungsgrades. Das Trinkwasser wird parallel dazu erzeugt. Die Kessel sollten im Zuge einer energetischen Verbesserung des Gebäudetechniksystems gegen Niedertemperatur- oder Brennwertkessel ausgetauscht werden.

■ der Niedertemperaturkessel

Jeder Standardkessel eines Gründerzeithauses kann durch einen Niedertemperaturkessel ausgetauscht werden oder erstmalig im Zuge einer Erneuerung des Wärmebereitstellungssystems installiert werden. Sie werden mit Öl oder Gas (auch Holz möglich) betrieben und haben einen *Wirkungsgrad* von maximal *95 %*. [Hayner, Ruoff, Thiel] Die *Betriebstemperaturen* - für das Heizungs- und Wasserversorgungssystem - liegen zwischen *50 - 70 °C*. [Hayner, Ruoff, Thiel] Im Vergleich zu Standardkesseln haben die Niedertemperaturkessel einen geringeren Verbrauch an Primärenergie aufgrund der niedrigeren Betriebstemperaturen und der verbesserten Verfeuerungstechnologie.

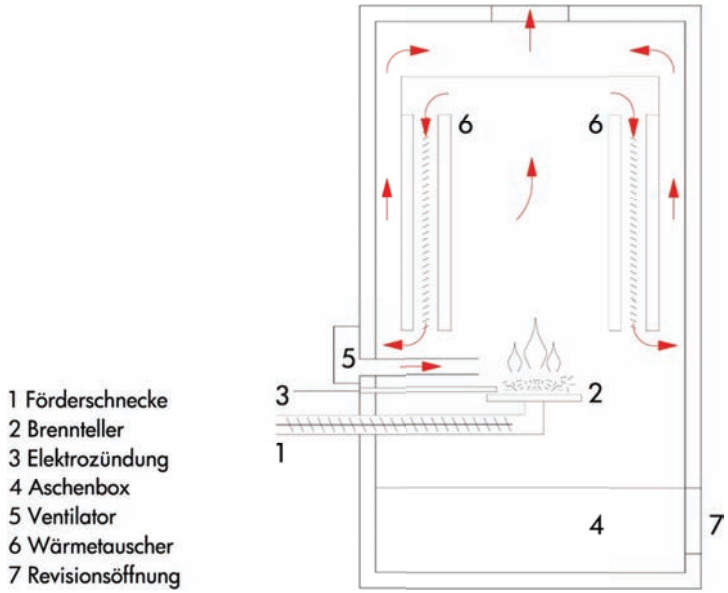
■ der Brennwertkessel

Betrieben werden Brennwertkessel mit Öl oder Gas (auch Holz möglich) und können im Zuge einer energetischen Sanierung Standardheizkessel ersetzten oder erstmalig eingebaut werden. Sie sind effizienter als Niedertemperaturkessel da die Kondensatwärme des Verbrennungsabgases genutzt wird. Die Wärmeenergie des Abgases wird dem Rücklauf des Wärmeträgermediums zugeführt und ermöglicht die Anhebung des Wirkungsgrades auf *100 %*. [Hayner, Ruoff, Thiel] Die Vorteile eines Brennwertkessels sind die geringen Abmessungen im Vergleich zu einem Niedertemperaturkessel und der höhere Wirkungsgrad was eine Reduzierung der Primärenergie ermöglicht. Die - im Vergleich zu Niedertemperaturkessel - geringere Heizleistung stellt einen Nachteil dar.

dezentrale Erwärmung	L	B	H	Heizleistung	
	[cm]	[cm]	[cm]	[kW]	
Durchlauferhitzer	*Temperatur: 30 - 60 °C*				
	11	24	48	18 - 27	
zentrale Erwärmung	L	B	H	Heizleistung	Wirkungsgrad
	[cm]	[cm]	[cm]	[kW]	[%]
Niedertemperaturkessel	*VL 70 °C / RL 50 °C od. VL 50 °C / RL 35 °C*				
- *Öl*	90 -150	50 - 70	95 - 160	18 - 100	95
- *Gas*	80 - 110	50 - 170	90 - 130	7 - 430	
Brennwertkessel	*VL 70 °C / RL 50 °C od. VL 50 °C / RL 35 °C*				
- *Öl*	40 - 110	50 - 65	8,5 - 16	13 - 54	99
- *Gas*	80 - 110	70	15 - 19	4 - 420	

VL … Vorlauf, RL … Rücklauf

Tab. 3. 1. Kennwerte fossiler Wärmeenergiebereitstellungssysteme



Biomasse-Kesseltyp	L	B	H	Heizleistung	Wirkungsgrad
	[cm]	[cm]	[cm]	[kW]	[%]
Festbrennstoffkessel *	*VL 70 °C / RL 50 °C od. VL 50 °C / RL 35 °C*				
- *Stückholz*	90 - 110	60 - 90	120 - 170	13 - 40	bis 92
- *Pellets*	75	100	190	Mär.26	bis 95

* als Niedertemperatur- oder Brennstoffsystem

Tab. 3. 2. Kennwerte von Festbrennstoffkesseln

3.2. BIOMASSE

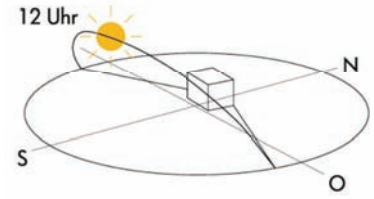
Als Biomasse werden alle Stoffe organischer Herkunft bezeichnet. Dazu zählen Pflanzen, Tiere, deren Rückstände sowie abgestorbene noch nicht fossile Pflanzenmassen. Sie speichern die Sonnenenergie und können als regenerative Brennstoffe für Heizkesselanlagen herangezogen werden. Bei dem Einsatz von organischen Stoffen für die Gebäudesysteme sind die Konkurrenz zu Nahrungsmitteln und die Intensität der Bewirtschaftung von Agrar- und Waldflächen zu beachten.

Die biogenbetriebenen Energieerzeuger können für die Erwärmung des Heiz- und Brauchwassers eingesetzt werden. Die Verteilung der erzeugten Wärme erfolgt von der zentralen Energieerzeugung zu den einzelnen Wohnungen.

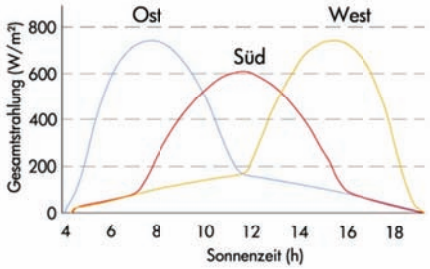
Zur Verfeuerung von Biomasseprodukten (z.B. Scheitholz, Pellets und Hackschnitzel) kommen Festbrennstoffkessel zum Einsatz. Sie können als Niedertemperatur- oder als Brennwertsystem ausgeführt werden und funktionieren gleich jenen von fossilen Brennstoffen. (Tab. 3. 2.) Die Beschickung von Heizkesseln mit Scheitholzfeuerung erfolgt manuell. Dadurch ist der Aufwand - im Vergleich zu automatisch beschickten Pellets- und Hackschnitzelanlagen - relativ hoch. Die Brennstoffzufuhr ist diskontinuierlich und die Verbrennung chargenweise was zu einer ungleichmäßigen Heizleistung - trotz automatisiertem Verbrennungsvorgang - führt. Die Anpassung der Wärmeproduktion an die Systemtechnik ist deshalb bei Scheitholzfeuerung nicht möglich. Im Vergleich dazu ermöglicht eine automatische Beschickung - über Förderschnecken oder Saugrohre - bei Pellets- und Hackschnitzelanlagen eine exakte Anpassung. (Abb. 3. 2.) Zur Lagerung des Brennstoffes muss ein Vorratsraum bereitgestellt werden. Er sollte mit etwa *0,7 m³ pro kW Heizleistung* für Pellets-Feuerungsanlagen bemessen werden. Hackschnitzelanlagen benötigen mehr Lagerfläche und müssen *alle 2 Wochen* wieder befüllt werden. [Grimscheid, Lunze] Die Pellets können über mehrere Monate gelagert werden.

Biomasse-Verfeuerungsanlagen eigenen sich nicht für den Einsatz in Gründerzeithäusern

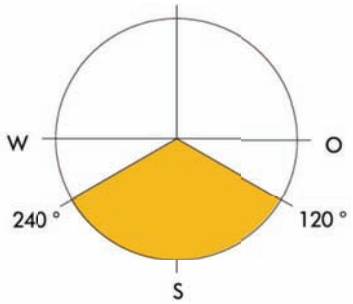
Trotzdem Biomasse - als regenerativer Energieträger - in Anbetracht der Problematik des Klimawandels und der Endlichkeit fossiler Energieträger, nicht erneuerbaren Brennstoffen vorgezogen werden sollte eignen sie sich nicht für den Einsatz in städtischen Gründerzeitvierteln. Die Nachteile von Biomasseanlagen sind - im Vergleich zu fossilen Energieerzeugern - der Bedarf von Brennstofflagerräumen, die häufigere Wiederbefüllung dieser und der dadurch höhere Wartungsaufwand. Darüber hinaus eignen sich Biomasseanlagen schlecht da die Produkte regional nicht verfügbar sind (Belieferung nur von Umland - z.B. Niederösterreich - möglich) und die Anlieferung des Brennstoffs in den engen Straßen der Gründerzeitviertel problematisch ist. Weiters spricht der hohe Wartungs- und Betriebsaufwand gegen den Einbau einer zentralen Biomasseanlage.



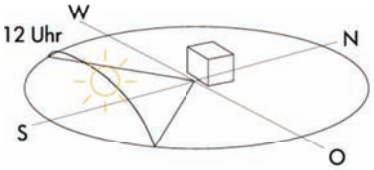
Sonnenstände Sommer



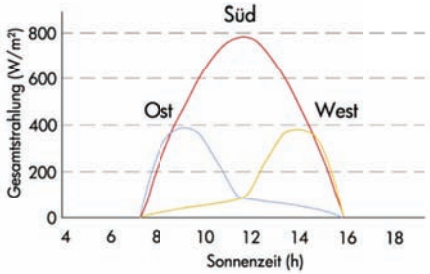
Besonnungsdauer Sommer



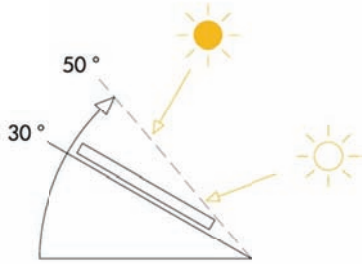
Ausrichtung



Sonnenstände Winter



Besonnungsdauer Winter



Neigungswinkel Kollektoren

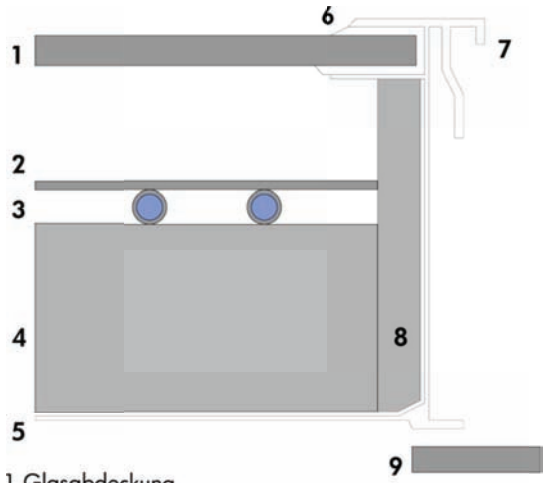
3.3. SOLARENERGIE

Solare Gewinne können passiv durch speicherwirksame Bauteile (z.B. Bauteilaktivierung) und Pufferräumen (z.B. Wintergärten) genutzt werden. Eine aktive Nutzung ist durch Solarkollektoren (Erzeugung von Wärme) und Photovoltaikzellen (Erzeugung von Strom) möglich. Bei der Planung von technischen Anlagen zur Nutzung von Solarenergie sind die spektrale Zusammensetzung, die Besonnungsdauer, die Ausrichtung und der Neigungswinkel der wirksamen Flächen vorab zu bestimmen. **(Abb. 3. 3.)** Der größtmögliche Energieertrag wird bei einer Ausrichtung nach Süden und einem Neigungswinkel von *30 °* erzielt. Eine bessere Nutzung der tiefstehenden Wintersonne wird durch einen Neigungswinkel von *50 °* ermöglicht und bewirkt eine höhere Energieausbeute über das ganze Jahr. [Hayner, Ruoff, Thiel]

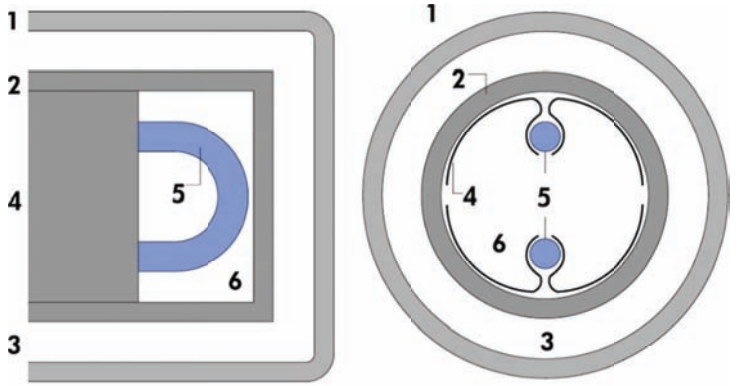
Bei einem Einbau einer Solaranlage in Gründerzeithäusern ist teilweise die gegebene Ausrichtung des Gebäudes problematisch. Ist das Gründerzeithaus hauptsächlich entgegen der optimalen Ausrichtung orientiert (z.B. Richtung Norden) ist ein Einsatz aus wirtschaftlichen Gründen nicht empfehlenswert da die Energieerträge dementsprechend niedrig ausfallen. Daher sind vor der Planung einer Solaranlage die Rahmenbedingungen zu überprüfen und nach wirtschaftlichen, bau- und energietechnischen Kriterien zu bewerten. Sind gute Voraussetzungen gegeben können Solarenergieanlagen relativ einfach im Zuge einer energetischen Sanierung von Gründerzeithäusern installiert werden. Vor allem im Rahmen eines Dachaus- oder Dacheinbaus bietet sich die Nutzung des regenerativen Energieträgers „Sonne“ an. Die Anlagen können am Dach entweder über der Dachfläche oder als Ersatz der Dachdeckung angebracht werden. Eine Ausführung als Fassadenkollektoren ist aufgrund der Stadtbilderhaltung und den Bestimmungen in Schutzzonen für Gründerzeithäuser eher ungeeignet.

3.3.1. THERMISCHE SOLARENERGIE

Thermische Solaranlagen wandeln die auftreffende Sonnenenergie über ein Absorbermaterial in thermische Energie um. Die Wärmeenergie wird an das Trägermedium (z.B. Wasser-Frostschutz-Gemisch) abgegeben. Ein Wärmetauscher überträgt die thermische Energie an das Heiz- und / oder das Brauchwasser welches danach in den Speicher geleitet wird.



1 Glasabdeckung
2 Absorber
3 Wärmefluid
4 Rückwanddämmung
5 Rückwandblech
6 Dichtung
7 Rahmen
8 Seitendämmung
9 Befestigung



1 Glashüllrohr
2 Absorberbeschichtung
3 evakuierter Ringspalt
4 Wärmeleitblech
5 Fluidrohr
6 Glasinnenrohr, luftgefüllt

hrenkollektor

Solarkollektoren	Höhe	Breite	Tiefe	Wirkungsgrad	Absorberfläche	Ertrag	Kosten pro m²
	[cm]	[cm]	[cm]	[%]	[m²]	[kWh/m²a]	[€]
Flachkollektor	238	105	9	79	2,32	525	220 - 640
Vakuumröhrenkollektor	70	203	14	82	1,00	611	350 - 850

Tab. 3. 3. Kennwerte von Solarkollektoren

Kollektorarten die bei Gründerzeithäusern zur Gewinnung von thermischer Solarenergie eingesetzt werden können sind

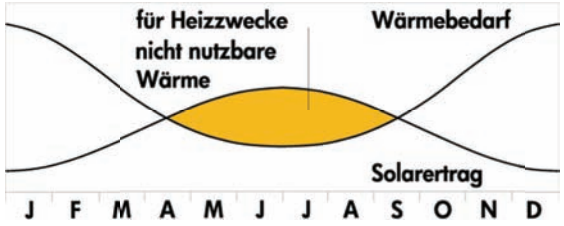
- der Flachkollektor

Flachkollektoren bestehen aus einer Solarglasabdeckung, wasserdurchströmten Rohren und einer seitlichen und hinteren Wärmedämmung. **(Abb. 3. 4.)** Sie haben - je nach Produkt - einen *Wirkungsgrad* von *60 - 80 %* und erzeugen *Temperaturen* von *50 - 80 °C*. [Treberspurg] Bei einem Vergleich von Flach- und Vakuumröhrenkollektoren ist erkennbar, dass Flachkollektoren einen niedrigeren Ertrag bei gleicher Kollektorfläche aufweisen und dabei niedrigere Temperaturen erzeugen. Sie werden hauptsächlich zur Brauchwassererwärmung eingesetzt. Dazu sind für ein Mehrfamilienhaus *ca. 1,5 m² Kollektorfläche pro Person* erforderlich. [Hayner, Ruoff, Thiel] Die Vorteile von Flachkollektoren sind der zu Vakuumröhrenkollektoren vergleichsweise niedrigere Investitionsaufwand von *ca. 220 - 640 €* pro m² (abhängig von der Ausführung, der Montage, des Trägermedium und des Wasserspeichers) und das größere Markangebot aufgrund der einfacheren Technologie. [Heizungsfinder]

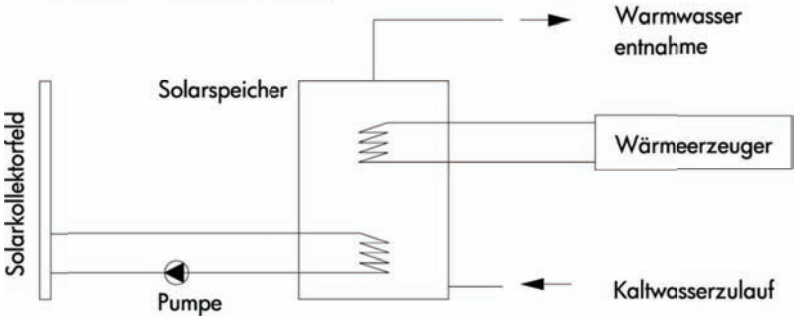
- der Vakuumröhrenkollektor

Im Vakuumröhrenkollektor befinden sich einzelne Absorber in evakuierten Glasröhren. Die beiden in einander geschobenen und verschlossenen Röhren funktionieren nach dem Prinzip der Thermoskanne. **(Abb. 3. 5.)** Die Vakuumröhrenkollektoren besitzen aufgrund der guten Dämmeigenschaften der Konstruktion einen *Wirkungsgrad* von *88 - 94 %* [Wesselak, Schabbach] und erzeugen dabei die *Temperaturen* mit *bis zu 180 °C*. [Treberspurg] Aufgrund der aufwendigeren Herstellung ergeben sich - im Vergleich zu Flachkollektoren - höhere Investitionskosten. Die Röhrenkollektoren werden daher hauptsächlich eingesetzt wenn entweder wenig nutzbare Dachfläche bei den Gründerzeithäusern vorhanden ist oder eine Brauchwassererwärmung mit zeitgleicher Heizungsunterstützung geplant wird. Bei einem System zur Brauchwassererwärmung mit Heizungsunterstützung sind *0,5 - 0,8 m² pro 10 m² beheizter Wohnfläche* notwendig. [Hayner, Ruoff, Thiel]

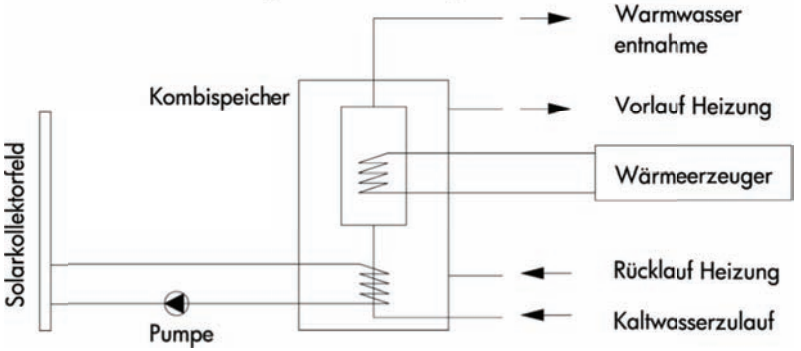
Die über Solarkollektoren erzeugte Wärme kann zur Warmwassererzeugung für die Beheizung und das Brauchwasser oder zur Kühlung herangezogen werden. Dazu ist eine zentrale Wärmespeicherung - von der aus die Wärme in die einzelnen Wohnungen geleitet wird - notwendig. In Gründerzeithäusern bietet sich der Keller für die Aufstellung des Warmwasserspeichers an. Ist eine vollständige Wärmeversorgung des Gründerzeithauses durch Solarkollektoren nicht möglich kann das Anlagesystem auch nur Teile des Gebäudes mit Wärme versorgen (z.B. ausschließlich das Dachgeschoß). Für die restlichen Nutzflächen sind andere Systeme vorzusehen oder bestehende Anlagen weiter zu nutzen. Bei einer Kombination von thermischen Solaranlagen mit anderen Wärmebereitstellungssystemen ist die Kompatibilität vorab zu überprüfen.



Trinkwassererwärmung



Wassererwärmung für Beheizung und Trinkwasser



Einsatzmöglichkeiten für solarthermische Anlagensysteme in Gründerzeithäusern sind

- die ausschließliche Nutzung für Heiz- oder Kühlzwecke

Eine solarthermische Anlage eignet sich zur ausschließlichen Nutzung für Heizzwecke eher weniger. Das Hauptproblem ist der zeitliche Unterschied zwischen dem Bedarf an Heizenergie und der höchsten Wärmeenergieproduktion der Kollektoren. (Abb. 3. 6.) Eine Speicherung der produzierten Wärme über mehrere Monate ist sehr aufwendig und mit hohen Wärmeverlusten verbunden und aufgrund dessen nicht zu empfehlen. Um die für Heizzwecke nicht nutzbare Wärme dennoch zu verwerten kann sie durch eine Wärmepumpe zur Gebäudekühlung beitragen. Dabei wird die Wärmepumpe reversibel (Erzeugung von Kälte anstatt Wärme) betrieben. Der Einsatz einer Wärmepumpe ist wirtschaftlich nur sinnvoll wenn eine geothermische Anlage (mit Wärmepumpe) für das Gebäudetechniksystem ohnehin eingeplant ist.

- die ausschließliche Nutzung zur Brauchwassererwärmung

Für eine Solaranlage zur Brauchwassererwärmung können Flach- und Vakuumröhrenkollektoren eingesetzt werden. Die erzeugte Wärme wird über einen Wärmetauscher an das Trinkwasser übertragen und in einem Wasserspeicher gespeichert. Bei anfallendem Warmwasserbedarf wird das erwärmte Wasser in Rohrleitungen zur Zapfstelle geleitet. (Abb. 3. 7.) Der mögliche Deckungsanteil des Warmwasserbedarfs durch eine solarthermische Anlage ohne Zusatzheizung beträgt in den Wintermonaten (Oktober - März) bis zu *40 %* und in den Sommermonaten *100 %* (April und September ca. *70 %*). [Hayner, Ruoff, Thiel]. Wird die thermische Solaranlage mit einer Zusatzheizung (z.B. Heizkessel) gekoppelt kann bei Bedarf das Trägermedium auf die Betriebstemperatur erwärmt werden und gewährleistet eine ganzjährige Warmwasserdeckung.

Vor der Planung einer thermischen Solaranlage muss überprüft werden ob ausreichend nutzbare Dachfläche vorhanden ist. Das heißt z.B. für ein Mehrfamilienhaus mit 20 Bewohnern und einer erforderlichen Kollektorfläche von *1,5 m² pro Person* müssen ca. 30 m² Dachfläche mit optimaler Ausrichtung (Süden) vorhanden sein. [Hayner, Ruoff, Thiel] Wird die Kollektorfläche größer ausgeführt - um ohne Zusatzheizung das ganze Jahr den Warmwasserbedarf zu decken - sollte das Verhältnis zwischen Mehrkosten und Nutzen abgewogen werden. Zu berücksichtigen ist ebenfalls die Anpassung der Wärmeübergabe auf die erzeugten Vorlauftemperaturen.

■ die Nutzung zur Brauchwassererwärmung und zur Unterstützung der Heizlasten

Bei einer solaren Brauchwassererwärmung mit einer Unterstützung der Heizlasten wird die Wärmeenergie in einem Wasser- und einem Pufferspeicher (auch Kombispeicher möglich) gespeichert. Bei dem Bedarf an Warmwasser wird das erwärmte Trinkwasser über Rohrleitungen zur Zapfstelle geleitet. Je nach Wassermenge und Wassertemperatur kann eine vorgeschaltete Zusatzheizung notwendig sein. Ist Heizwärme erforderlich wird die Wärmeenergie in den Heizkreislauf geleitet und ebenfalls bei Bedarf durch eine Zusatzheizung auf die Betriebstemperatur erwärmt. Das kühle Trägermedium des Rücklaufs wird in den Speicher zurückgeleitet. **(Abb. 3. 7.)** Für Solaranlagen zur Brauchwassererwärmung mit gleichzeitiger Heizungsunterstützung sind Vakuumröhrenkollektoren aufgrund der Produktion von höheren Temperaturen besser geeignet als Flachkollektoren und benötigen ca. *0,5 - 0,8 m² Kollektorfläche pro 10 m² beheizter Wohnfläche*. [Hayner, Ruoff, Thiel] Flachkollektoren können ebenfalls eingesetzt werden. Sie benötigen allerdings mehr Kollektorfläche und eine zusätzliche Heizung (abhängig von der Art der Wärmeübergabe und dem Heizwärmebedarf des Gebäudes) um das Temperaturniveau für die Beheizung auf die Betriebstemperatur zu erhöhen.

3.3.2. PHOTOVOLTAISCHE SOLARENERGIE

Photovoltaikzellen wandeln die Energie der Sonneneinstrahlung durch den Photoeffekt in Strom um. Dabei übertragen sie die Sonnenenergie auf ein Halbleitermaterial (Silizium oder Kupfer-Verbindungen) das Elektronen freisetzt. Das in den Halbleitermaterialien entstehende Spannungspotenzial erzeugt Strom der in den Stromkreis des Gebäudes und in das öffentliche Stromnetz eingespeist wird.

Photovoltaik-Technologien die bei Gründerzeithäusern zur Gewinnung von Strom angewandt werden können sind (Abb. 3. 8.)

- **die mono- und polykristallinen Siliziumzellen**

Derzeit basieren bis zu *90 %* der Photovoltaik-Produkte auf Silizium. [Wesselak, Schabbach] Die Technologie der mono- und polykristallinen Siliziumzellen ist die älteste bei Photovoltaik-Anlagen und hat Wirkungsgrade von *13 - 16 %*. [Treberspurg] Die einzelnen Solarzellen werden elektrisch zu Modulen verschaltet. Eine vorder- und rückseitige Abdeckung (aus Glas oder Kunststoff) schützt die Solarzellen vor Witterung. Der jährliche Stromertrag eines Photovoltaik-Moduls beläuft sich bei einer Generatorfläche von *1,3 m²* und einem Wirkungsgrad von *13,5 %* auf etwa *180 Wp* (Wp ist die Spitzenleistung bei optimalen Bedingungen). [Hayner, Ruoff, Thiel] Er ist von der Ausrichtung des Moduls, dem Systemwirkungsgrad und der Belegungsdichte des Moduls mit Solarzellen abhängig. Da die erzeugte Leistung eines einzelnen Moduls nicht für den Betrieb eines elektrischen Verbrauchers ausreicht werden mehrere Module zu Solargeneratoren zusammen geschlossen. Die Vorteile von mono- und polykristallinen Siliziumzellen sind der - zu der Dünnschichttechnologie vergleichsweise - hohe Wirkungsgrad und die stabilere Funktionsfähigkeit bei teilweiser Verschattung (z.B. durch Kamine) und Überhitzung bei schlechter Hinterlüftung während der höchsten Einstrahlungszeit.

- **die Dünnschichttechnologie**

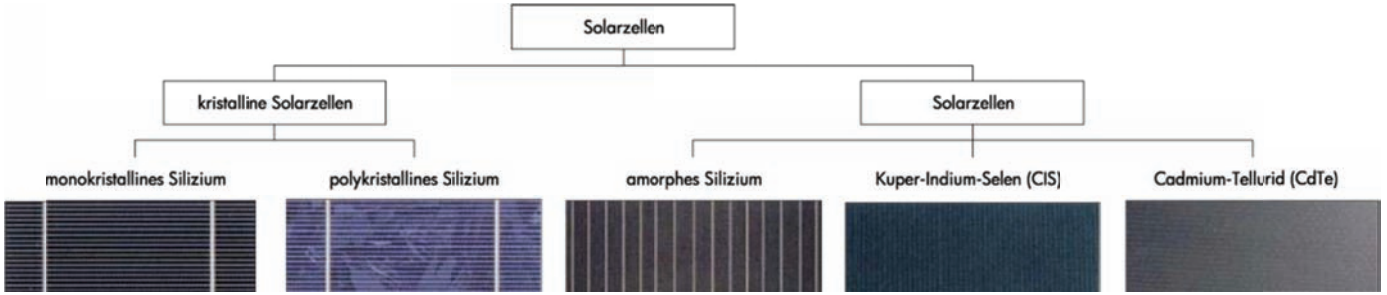
Bei der Dünnschichttechnologie bestehen die Halbleiter aus amorphem oder mikrokristallinem Silizium oder aus Kupfer-Verbindungen (Cadmium-Tellurid „CdTe“, Kupfer-Indium-Diselenid „CIS“). Die einzelnen Zellen sind - bedingt durch die Herstellung - fest mit dem Trägermaterial verbunden. Als Trägermaterial werden entweder Glas oder Metall- und Kunststofffolien eingesetzt. Die aufgebrachte Halbleiterschicht wird zur Herausarbeitung der einzelnen Zellen durch eine mechanische Strukturierung getrennt. Anschließend werden die Zellen elektrisch miteinander verschaltet. Der geringe Wirkungsgrad von *6 %* bei Dünnschicht-Photovoltaikzellen ist darauf zurückzuführen, dass diese Technologie noch relativ neu ist. [Treberspurg] So produziert eine Generatorfläche von 1 m² rund 60 Wp, das bedeutet ca. 55 % weniger als ein Photovoltaik-Modul mit mono- oder polykristallinen Siliziumzellen und der gleichen Generatorfläche. Ein weiterer Nachteil ist die hohe *Degradation*[8] des Wirkungsgrades in den ersten Betriebsmonaten von

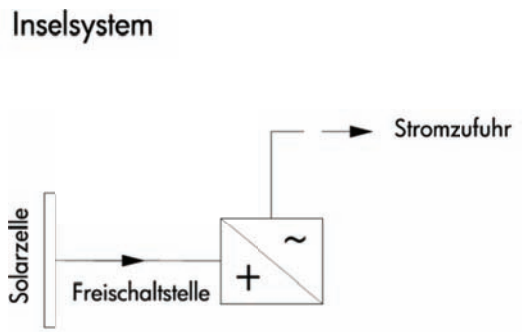
[8] Als Degradation wird die alterungsbedingte Verringerung des Wirkungsgrades bezeichnet.

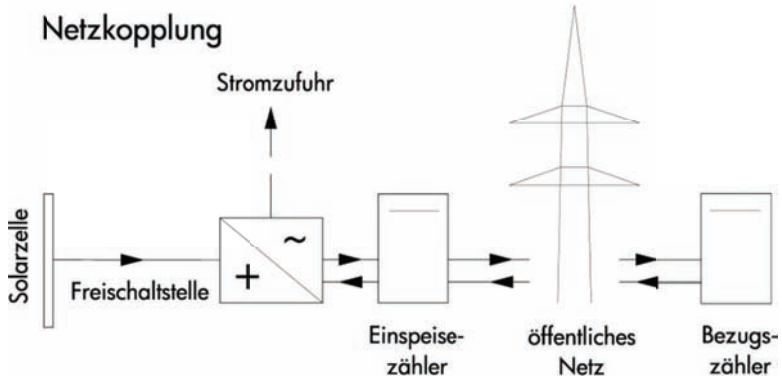
Photovoltaikzellen	Höhe	Breite	Tiefe	Wirkungsgrad	Fläche	Leistung
	[cm]	[cm]	[cm]	[%]	[m²]	[Wp]
mono- und polykristalline Zellen	134	99	3	13,5	1,30	180
Dünschichttechnologie	variabel*	variabel*	variabel*	6	1,00	60

* abhängig vom Einsatzbereich und dem Trägermaterial (Glas oder Folie)

Tab. 3. 4. Kennwerte von Photvoltaikzellen







ca. *25 %*. Wohingegen mono- und polykristalline Siliziumzellen nur ca. *10 %* an Wirkungsgrad verlieren. [Wesselak, Schabbach] Die Vorteile von Dünnschicht-Photovoltaikzellen sind - im Vergleich zu mono- und polykristallinen Siliziumzellen - die geringe Schichtdicke, die Möglichkeit der Biegung des Trägermaterials (Biegeradiums von kleiner 1,5 m) und die Herstellungsmöglichkeit von semitransparenten Modulen.

Photovoltaikanlagen stellen eine ökologische Alternative zur herkömmlichen Stromerzeugung dar und können im Zuge einer Sanierung relativ einfach nachträglich installiert werden (z.B. über oder als Ersatz der Dachdeckung). Je nach Leistung der Anlage (abhängig von Generatorfläche, Orientierung, Neigungswinkel, Verschattung, Wirkungsgrad) kann der Strombedarf des Gebäudes zur Gänze oder teilweise gedeckt werden wobei die jahreszeitlichen Einstrahlungsschwankungen berücksichtigt werden müssen. Bei der Wahl des Anlagenkonzeptes sollten vorab der Strombedarf des Gebäudes und der eventuelle Stromüberschuss bei hoher Sonneneinstrahlung ermittelt werden. Es können zwei verschiedene Anlagenkonzepte (Inselsystem oder Netzkopplung) bei Gründerzeithäusern zum Einsatz kommen.

Anlagenkonzepte für Photovoltaikmodule die für Gründerzeithäuser installiert werden können sind

- das Inselsystem

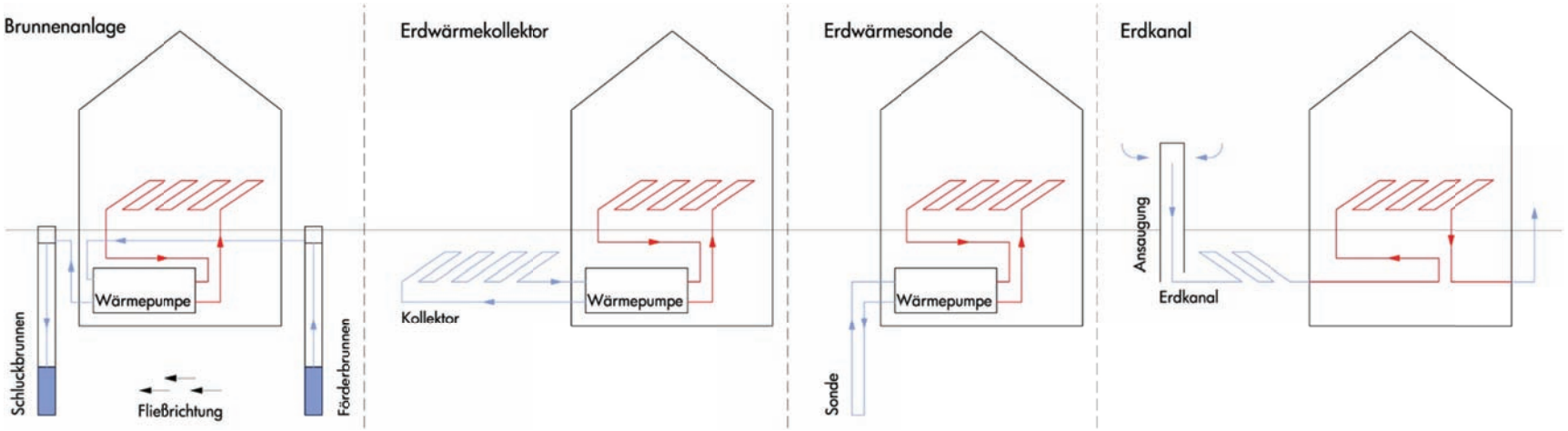
Bei dem Inselsystem wird der Strombedarf des Gründerzeithauses ausschließlich von der Photovoltaikanlage gedeckt. Das bedeutet, dass das Gebäude ganzjährig (im Bezug auf den Strombedarf) autark versorgt wird und kein Anschluss an das öffentliche Stromnetz erfolgt. (Abb. 3. 9.) Aufgrund der starken Schwankungen des solaren Angebots sollten Stromspeicher oder weitere Energieerzeuger (z.B. Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen) installiert werden. Die Voraussetzungen für das Inselsystem ist eine große solarnutzbare Fläche mit annähernd optimaler Ausrichtung (Süden) welche bei Gründerzeithäusern durch die gegebene Gebäudeorientierung nicht immer der Fall ist. Der Vorteil der ökologischen, regenerativen Stromerzeugung durch Solarzellen wird allerdings durch die eingeschränkte Versorgungssicherheit aufgewogen. Demzufolge eignen sich Inselsysteme nicht für Gründerzeithäuser.

- die Kopplung mit dem öffentlichen Stromnetz

Bei einem System mit einer Netzkopplung wird der - zum Zeitpunkt der Stromerzeugung - nicht verbrauchte Stromanteil in das öffentliche Netz eingespeist. Umgekehrt kann im Bedarfsfall die Differenz zwischen photovoltaisch erzeugtem Strom und momentanem Strombedarf durch den Netzstrom sichergestellt werden. (Abb. 3. 9.) Eine Kopplung mit dem öffentlichen Stromnetz hat den Vorteil, dass die Versorgungssicherheit gewährleistet ist. Weiters muss kein Speicher für den überschüssigen Strom (vor allem im Sommer) installiert werden. Ist das öffentliche Stromnetz gut ausgebaut (ist in Wien der Fall) sollte die Möglichkeit einer Netzeinspeisung dem Inselsystem vorgezogen werden.

Wärmepumpen	Länge	Breite	Höhe	Heizleistung	Abstand	Tiefe	Leistung	Arbeitszahl
	[cm]	[cm]	[cm]	[kW]	[m]			[ ]
Erdreich / Wasser	650 - 700	600 - 800	950 - 2.100	6 - 80	Sonden > 5	30 - 99	20 - 80 W/m	3,5 - 4,5
					Kollektoren > 0,5	1 - 2	10 - 40 W/m²	3 - 4
Wasser / Wasser	650 - 800	600 - 1.200	950 - 1.500	8 - 100	Förderbrunnen > 10	< 15	5 - 6 kWh/m²	4 - 5

Tab. 3. 5. Kennwerte von Wärmepumpen



3.4. GEOTHERMIE

Durch die auftreffende Sonneneinstrahlung werden die oberflächennahen Bodenschichten auf ca. *15 °C* erwärmt. [Wesselak, Schabbach] Die im Erdreich gespeicherte Wärmeenergie kann durch geothermische Anlagensysteme zur Raumheizung, zur Kühlung und zur Warmwassererzeugung genutzt werden. Die Anlagen werden je nach vorhandenem Wärmemedium zwischen Brunnenanlagen (Grundwasser), Erdwärmekollektoren und - sonden (Erdreich) und Luft-Erdwärmeüberträger (Umgebungsluft) unterschieden. Durch die erdwärmegekoppelter Wärmepumpen werden die relativ niedrigen Temperaturen des Wämremediums auf ein höheres Temperaturniveau gebracht und in das Heiz- oder Kühlsystem weitergeleitet.
Wird eine geothermische Anlage im Rahmen einer Sanierung für ein Gründerzeithaus geplant sind der Platzbedarf für die benötigten Geräte und Maschinen zur Herstellung und Installationen und die Geräuschentwicklung der Wärmepumpe im Technikraum zu berücksichtigen. Die Installation von einer Erdwärmeanlage bietet sich vor allem bei nachträglichen Fundamentverstärkungen (meist im Zuge von erhöhter Lastaufbringung notwendig) und Hofbegrünungen an.

Geothermische Anlagen für die Beheizung, die Kühlung und die Brauchwassererwärmung sind (Tab. 3. 5.)

- **die Brunnenanlage**

Das Grundwasser hat das ganze Jahr eine Temperatur von 8 - 12 °C und wird über Förderbrunnen zur Wärmepumpe (Wasser-Wasser-Wärmepumpe) befördert. In der Wärmepumpe erfolgt eine Temperaturerhöhung - je nach Betriebstemperatur des Heizsystems und dem Bedarf des Brauchwassers - auf etwa *50 °C*. [Wesselak, Schabbach] Nach der Wärmeübertragung wird das kühle Wasser über einen Schluckbrunnen wieder in das Grundwasser rückgeführt. **(Abb. 3. 10.)** Zu beachten ist, dass das entnommene Grundwasser während der Wärmegewinnung nicht verunreinigt wird. Der Vorteil einer Brunnenanlage ist das ganzjährige gleichmäßige Temperaturniveau des Grundwassers was einen monovalenten[9] Betrieb gewährleistet und daher keine weiteren Wärmeerzeuger notwendig sind. Die Rahmenbedingungen für einen nachträglichen Einbau einer Brunnenanlage sind die Verfügbarkeit des Grundwassers, der Platzbedarf für die erforderlichen Gerätschaften zur Herstellung der Förderbrunnen und die Gewährleistung der Standfestigkeit des Gebäudes. Da meist aus wasserschutzrechtlichen Gründen das Grundwasser in Wien nicht genutzt werden darf eignen sich Brunnenanlagen eher nicht für Gründerzeithäuser.

[9] Der Begriff „monovalent“ bezeichnet die Betriebsweise bei der der jährliche Wärmebedarf zu 100 % von einer Wärmepumpe - als einziger Wärmeerzeuger - gedeckt wird.

■ der Erdwärmekollektor

Erdwärmekollektoren sind flächige Rohre oder Kapillarrohrmatten die in einer *Tiefe von 1 - 2 m* im Erdreich verlegt werden. [Hayner, Ruoff, Thiel] Sie nutzen zur Erwärmung des Wärmemediums (Ethylen-Glykol-Wasser-Gemisch) die vom Erdreich absorbierte Sonnenenergie und leiten das Trägermedium zu der Wärmepumpe. **(Abb. 3. 10.)** Ein Erdwärmekollektor kann pro m² Kollektorfläche *10 - 40 W* (abhängig von der Verlegungstiefe und der Dichte) produzieren. [Hayner, Ruoff, Thiel] Ein Vorteil ist die einfache Verlegung und Installation der Kollektoren. Bei einem Einbau in Gründerzeithäuser ist der relativ große Flächenbedarf ein Nachteil. Dieser ergibt sich daraus, dass die Oberfläche über dem Kollektor zur Gewährleistung der Erwärmung des Erdreichs durch die Sonneneinstrahlung nicht versiegelt oder überbaut sein darf. Die saisonalen Schwankungen der verfügbaren Energie wirken sich aufgrund der oberflächennahen Positionierung - im Vergleich zu Erdwärmesonden - in geringen Leistungen aus. Die Erdwärmekollektoren sind daher nicht für Gründerzeithäuser geeignet.

■ die Erdwärmesonde

Erdwärmesonden bestehen aus einem Bohrloch (*30 - 100 m tief*) in das ein Doppel-U-Rohr eingeführt und verbetoniert wird. [Wesselak, Schabbach] Der Einbau einer Erdwärmesonde ist zeit-, arbeits- und kostenintensiv. Das Wärmeträgermedium (Wasser-Frostschutz-Gemisch) fließt durch die Rohre, erwärmt sich und wird zur Wärmepumpe transportiert. Das abgekühlte Trägermedium wird wieder in die Sonde zurückgeleitet. **(Abb. 3. 10.)** Erdwärmesonden sind die leistungsfähigste Ausführung zur Nutzung der Geothermie. Vor allem bei Mehrfamilienhäusern sollte bei der Berechnung der Entzugsleistung darauf geachtet werden, dass dem Erdreich nicht mehr Wärme entzogen wird als er in der Regenerationszeit (Ausgleichsvorgang in der warmen Saison) wieder aufnehmen kann. Findet der Ausgleich nicht statt kann es zu einer dauerhaften Absenkung des Temperaturniveaus des Erdreichs und damit zu geringen Leistungen der Erdwärmesonde kommen.

■ die Luft-Erdwärmeüberträger (Erdkanäle)

Erdkanäle sind Rohre mit einem Durchmesser von 15 - 30 cm, die im Erdreich verlegt sind (Verlegetiefe von 2 - 4 m). Über einen Ansaugstutzen gelangt die Umgebungsluft in das Rohrsystem welches die Luft durchströmt und dabei die Temperatur des Erdreiches annimmt. **(Abb. 3. 10.)** Bei der Positionierung des Ansaugstutzens ist zu beachten, dass die anzusaugende Umgebungsluft schadstofffrei ist. Die Zuluft kann anschließend über raumlufttechnische Anlagen in das Gebäude eingebracht werden. Werden Erdkanäle ganzjährig zur Belüftung eingesetzt sollte in den Wintermonaten eine Vortemperierung der Zuluft erfolgen. Die Vorteile dieser Geothermieanlage sind die einfache Installation, die geringen Kosten und die gute Einsetzbarkeit bei einem Einbau im Zuge einer Sanierung. Aufgrund der geringen Wärme und Kälteleistungen werden Erdkanäle hauptsächlich zur Unterstützung der Lüftungsanlage und in Passivhäusern als Unterstützung des Heizsystems angewandt. Bei Gründerzeithäusern ist eine Verlegung der Rohre im Innenhof meist gut möglich, allerdings mit zusätzlichen Erdarbeiten verbunden.

Gebäudetechniksysteme die für geothermische Anlagen in Gründerzeithäusern genutzt werden können sind

- die geothermische Anlage mit einer Wärmepumpe zur Heizung, Kühlung und der Brauchwassererwärmung

Mit Wärmepumpe kann die - dem Erdreich, dem Grundwasser und der Luft - entzogene Energie mit niedrigen Temperaturen auf ein höheres Temperaturniveau angehoben werden. Die Wärmepumpen können wie Heizkessel in das Wärmebereitstellungssystem eingebunden werden. Die erzeugte Wärme wird über Wärmetauscher an den Wasserkreislauf übertragen. Grundsätzlich gilt je geringer die Temperaturdifferenz zwischen der Wärmequelle und der Betriebstemperatur ist, desto effizienter kann die Wärmepumpe eingesetzt werden. Aufgrund dessen bieten sich für Flächenheizungen mit niedrigen Vorlauftemperaturen (ca. 35 °C) zur Wärmeübergabe an, müssen allerdings in Gründerzeithäusern nachträglich eingebaut werden.
Wird eine Wärmepumpe das ganze Jahr über genutzt kann sie in den sonnenreichen Monaten zur Kühlung des Gebäudes herangezogen werden. Sie funktioniert dabei reversibel („Kühlschrankprinzip“), das heißt sie entzieht dem Gebäude die Wärmeenergie und gibt sie - je nach geothermischer Anlage - an die Umgebung (Erdreich, Grundwasser, Umgebungsluft) ab. Ein positiver Effekt ist bei der Wärmeabgabe an das Erdreich, dass die notwenige Regeneration des Erdreichs unterstützt wird. Bei dem Einsatz einer Wärmepumpe zur Kühlung eignen sich die bestehenden Heizkörper von Gründerzeithäusern schlecht. Die Nachteile sind die Empfindlichkeit gegen Kondensat, die Positionierung in Bodennähe und die geringe Wärmeübertragung auf das Trägermedium aufgrund der kleinen Flächen. Besser eignen sich Fußbodenheizungen aufgrund der großen nutzbaren Fläche. Die Wärmeübertragung findet auch hier nur in Bodennähe statt wird allerdings durch die große Fläche ausgeglichen. Die beste Deckung der Kühllast erfolgt über Kühldecken. Durch die absinkende kalte und aufsteigende warme Luft entsteht eine Luftzirkulation die optimal zur Kühlung beiträgt. Der Nachteil einer Kühldecke ist, dass sie im Heizbetrieb nicht die gesamten Heizlasten decken kann und daher meist nur als zusätzliches System zum Einsatz kommt. Werden Flächenheizungen für ein Gründerzeithaus geplant, muss auf ihre Eignung geachtet werden da z.B. Fußboden- oder Deckenheizungen für Holztramdecken ohne Estrich aufgrund der fehlenden Speichermasse nicht geeignet sind.

- die Nutzung von Wärmesenken zur Kühlung und Unterstützung der raumlufttechnischen Anlage

Die Kellergeschoße eines Gründerzeithauses weisen eine ganzjährig konstante Temperatur von ca. 15 °C auf die in Zusammenhang mit jener des Erdreichs steht. Die Kellerluft kann in den warmen Monaten zur Kühlung - über raumlufttechnische Anlagen - herangezogen werden. Auch Lüftungssysteme welche die Zuluft über Erdkanäle beziehen nutzen diese positive Eigenschaft des Erdreichs. Der Vorteil bei der Nutzung der Kellerluft ist, dass keine aufwendigen Baumaßnahmen notwendig sind. Lediglich das Lüftungssystem (Kanäle, Wärmetauscher, Zuluftöffnungen) muss installiert werden. Für die Installationsführung können bestehende Schächte herangezogen werden.

3.5. Resümee der Analyse von Energieträgern und ihren Einsatzmöglichkeiten in Gründerzeithäusern

Im Hinblick auf die Ressourcenproblematik der fossilen Energieträger wird es in Zukunft immer wichtiger regenerative Energiebereitstellungssysteme in das Sanierungskonzept mit einzuplanen. Als Alternative zu den fossil betriebenen Systemen stehen Anlagen zur Verfügung welche die Solarenergie, die Geothermie und das biogene Potenzial nutzen.

Die Analyse der Energieträger und ihren Einsatzmöglichkeiten in Gründerzeithäusern konzentrierte sich auf zwei Kernfragen: Erstens, welche Vor- und Nachteile haben die verfügbaren Energieträger und ihre Anlagensysteme? Und zweitens, welche Energieträger eignen sich für die Anwendung in Gründerzeithäusern und wie können sie zur Energiebereitstellung eingesetzt werden?

In Bezug auf die erste Frage, welche Vor- und Nachteile die verfügbaren Energieträger und ihre Anlagensysteme haben, ist zu sagen, dass trotz der geringeren Wirkungsgrade und Leistungen von regenerativ betriebenen Systemen jene - wenn möglich - den fossil betriebenen Anlagen vorgezogen werden sollten. Vor allem fossile dezentrale Systeme (z.B. Einzelöfen oder Durchlauferhitzer) haben einen hohen Primärenergieeinsatz und verursachen höher Kosten während der Nutzung (steigende Preise aufgrund der Ressourcenknappheit).

Die häufigsten fossil betriebenen Wärmebereitstellungssysteme sind Einzelöfen und Durchlauferhitzer. Die Einzelöfen haben den Vorteil der behaglich empfundenen Strahlungswärme (vor allem bei Kachelöfen). Demgegenüber steht die geringe Oberfläche zur Wärmeübergabe wodurch sie als primäre Heizquelle für die gesamte Wohnung nicht einsetzbar sind. Weitere Nachteile sind die ineffiziente Verfeuerungstechnologie und der hohe Brennstoffbedarf. Effizienter sind Durchlauferhitzer mit einem Wirkungsgrad von fast 100 %. Die Wärmeproduktion kann gut an den Warmwasserbedarf der Bewohner (Beheizung und Trinkwasser) angepasst werden. Der Nachteil von Durchlauferhitzern ist die hohe Dauerleistung zur Gewährleistung von zeitlich unbegrenztem Warmwasser und die begrenzten Temperaturen und Durchflussmengen bei größeren Zapfmengen (z.B. geschoßweise Versorgung). Sofern die Durchlauferhitzer nicht durch zentrale Systeme (z.B. durch Niedertemperatur- und Brennwertkessel, thermische Solaranlagen oder Geothermie) ersetzt werden ist ihre Erhaltung sinnvoll wenn regenerative Gebäudetechniksysteme nicht oder nur begrenzt möglich sind.

Zentrale Wärmebereitstellungssysteme mit Standardheizkesseln sind selten in Gründerzeithäusern vorhanden. Der Nachteil von Standardheizkesseln ist der - im Vergleich zu regenerativen Bereitstellungssystemen - hohe Primärenergieeinsatz. Das ist auf die fehlenden Dämmung, die Überdimensionierung nach einer Sanierung (zu hohe Vorlauftemperaturen) und die fehlende Wärmerückgewinnung zurückzuführen. Nach einer thermischen Sanierung eines Gründerzeithauses und evtl. der Wärmeübergabesysteme (z.B. Flächenheizungen statt Heizkörper) sollten sie im Zuge der energetischen Optimierung gegen Niedertemperatur- oder Brennwertkessel ausgetauscht werden. Wobei die Brennwertkessel das beste Verhältnis zwischen der aufzubringenden Primärenergie für den Betrieb, der erzeugten Leistung (geringer als Niedertemperaturkessel) und der Möglichkeit zur optimalen Auslastung haben.

Dezentrale fossil betriebene Wärmebereitstellungssysteme können ebenfalls durch zentrale regegenerative Technologien ersetzt werden. Dafür sind grundsätzlich Biomasseanlagen aufgrund der gleichen Funktionsweise ebenso gut als Heiz- und Brauchwassersysteme geeignet wie fossil betriebene Anlagen, eignen sich jedoch nicht für den Einsatz in städtischen Gebieten. Werden Biomasseanlagen trotzdem geplant sollten Anlagen mit Pelletsfeuerung eingesetzt werden. Vor allem Pelletsanlagen mit Brennwerttechnologie haben – wie fossil betriebene Brennwertkessel – ein gutes Verhältnis zwischen dem Brennstoffbedarf, der Leistungserbringung und der Auslastungsmöglichkeit. Außerdem können Pellets vergleichsweise zu Hackschnitzel über mehrere Monate gelagert werden was die Brennstoffanlieferung vereinfacht.

Thermische Solaranlagen eignen sich für die Gebäudebeheizung oder Kühlung und die Warmwassererzeugung. Wobei Flachkollektoren hauptsächlich zur Warmwassererzeugung und Vakuumröhrenkollektoren sowohl für die Beheizung oder Kühlung als auch für die Warmwassererzeugung eingesetzt werden. Die Vakuumröhrenkollektoren decken aufgrund der Produktion von höheren Temperaturen (bis zu 180 °C) die notwenige Vorlauftemperatur der Heizsysteme sehr gut ab. Außerdem kommen sie zur Ausführung wenn wenig solarnutzbare Fläche vorhanden ist. Besonders durch die - vergleichsweise zu Geothermieanlagen - mühelose Installierung von thermischen Solaranlagen und die dadurch einfache Nutzung der Sonnenenergie sollten thermische Solaranlagen im Zuge einer Sanierung - auch wenn kein Dachausbau erfolgt - zum Einsatz kommen. Sie können mit anderen Wärmebereitstellungssystemen kombiniert werden. Der große Nachteil von Solaranlagen (thermische oder photvoltaische) ist die Abhängigkeit von den standortspezifischen Rahmenbedingungen wie z.B. der spektralen Zusammensetzung der solaren Einstrahlung, der jährlichen Besonnungsdauer, der Ausrichtung des Gebäudes und dem Neigungswinkel der solarwirksamen Flächen. Sie müssen vor der Planung ermittelt und nach wirtschaftlichen Aspekten bewertet werden.

Fossil betriebene Anlagen können auch durch geothermische Systeme ersetzt werden. Sie eignen sich für die Raumheizung, die Kühlung und die Warmwassererzeugung. Die Nachteile sind der benötigte Platzbedarf (für Maschinen und Geräte) zur Errichtung und die Geräuschentwicklung der Wärmepumpen im Technikraum. Der Vorteil von Brunnenanlagen und von Erdwärmesonden ist – im Vergleich zu thermischen Solaranlagen - der kon-

stante Betrieb ohne markante Leistungsschwankungen. Demgegenüber stehen der hohe Zeit-, Arbeits- und Finanzierungsaufwand. Erdkollektoren sind einfacher zu verlegen und zu installieren, eignen sich allerdings nicht für die städtische Bebauung (große, nicht versiegelte Flächen notwendig). Ein weiterer Nachteil sind die geringen Leistungen in Folge der saisonalen Schwankungen. Wohingegen Brunnenanlagen und Erdwärmesonden davon nicht oder nur gering (Regenerationszeit des Erdreichs) beeinflusst werden. Die einfachsten und kostengünstigsten geothermischen Anlagen sind Erdkanäle. Sie können vor allem zur Kühlungsunterstützung über raumtechnische Anlagen eingesetzt werden. Allerdings weisen sie geringe Wärme- und Kälteleistungen auf.

Um den Bedarf an Netzstrom zu verringern können photvoltaische Solaranlagen eingesetzt werden. Sie stellen eine ökologische Alternative zur herkömmlichen Stromerzeugung dar, haben allerdings sehr niedrige Wirkungsgrade was einem flächendeckenden Einsatz im Wege steht.
Die leistungsfähigsten Technologien sind mono- und polykristalline Siliziumzellen. Sie haben einen höheren Wirkungsgrad (ca. 13 – 16 %) als die Zellen der Dünnschichttechnologie. Weiters sind sie stabiler in der Funktionsfähigkeit wenn sie teilweise verschattet werden oder eine schlechte Hinterlüftung zur Überhitzung der Modulen führt. Die Solarzellen mit Dünnschichttechnologie haben – im Vergleich zu mono- und polykristallinen Siliziumzellen – die Vorteile, dass sie geringere Schichtdicken aufweisen, das Trägermaterial gebogen werden kann (mit einem Biegeradiums von < 1,5 m) und die Herstellung semitransparenter Module möglich ist. Der wesentliche Nachteil ist die hohe Degradation des Wirkungsgrades um ca. 25 % (mono- und polykristalline Zellen: 10 %).

Bezüglich der zweiten Frage, welche Energieträger sich für die Anwendung in Gründerzeithäusern eignen und wie sie zur Energiebereitstellung eingesetzt werden können, ist festzuhalten, dass nicht alle regenerativen Energieträger und Systeme sich für städtisch verbaute Gebiete eignen. Vor allem Anlagen die mit Biomasse betrieben werden eignen sich aufgrund der häufigen Anlieferungen des Brennstoffes in den engen Straßen der Gründerzeitviertel, des hohen Wartung- und Betriebsaufwands und der regional nicht verfügbaren Produkte (Belieferung nur aus dem Umland – z.B. Niederösterreich) nicht für den Einsatz in Gründerzeithäusern. Auch Einzelöfen, Brunnenanlagen und Erdwärmekollektoren eignen sich nur bedingt. Das Problem bei den Einzelöfen ist, dass die Wohnungen nicht vollständig beheizt werden können und sie daher lediglich als Heizungsunterstützung herangezogen werden sollten. Brunnenanlagen können trotz guter Leistungserbringung meist nicht zur Ausführung kommen, da aus wasserschutzrechtlichen Gründen (z.B. Verunreinigungsgefahr) das Grundwasser in Wien nicht genutzt werden darf. Auch Erdwärmekollektoren eignen sich im städtischen Gebiet aufgrund der großen erforderlichen Fläche nicht.

Eignung für Gründerzeithäuser	primäre Heizung	Heizungsunterstützung	zentrales System	dezentrales System	primäre Wassererwärmung	Unterstützung der Wassererwärmung	zentrales System	dezentrales System	primäre Stromquelle	Kopplung mit Netzstrom	Primäre Kühlung - wasserführend	Kühlungsunterstützung - wasserführend	primäre Kühlung - luftführend	Unterstützung der Kühlung - luftführend	raumlufttechnische Anlage	Austausch / Sanierung/ Neu
Fossile Energieträger																
Einzelöfen	-	+	-	+												A/S
Durchlauferhitzer	+	-	-	+	+	-	o	+								A/S
Standardheizkessel	+	o (1)	+	-	+	o (1)	+	-								A
Niedertemperaturkessel	+	+ (1)	+	-	+	+ (1)	+	-								N
Brennwertkessel	+	+ (1)	+	-	+	+ (1)	+	-								N
Biomasse																
Einzelöfen	-	+	-	+												A/S
Festbrennstoffkessel																
mit Scheitholzfeuerung	+	o (1)	+	-	+	o (1)	+	-								N
mit Hackschnitzelfeuerung	+	o (1)	+	-	+	o (1)	+	-								N
mit Pelletsfeuerung	+	+ (1)	+	-	+	+ (1)	+	-								N

Einsatzbereich Heizung
Einsatzbereich Warmwasser
genereller Einsatzbereich aber nicht für Gründerzeithäuser geeignet

Einsatzbereich Strom
Einsatzbereich Kühlung und Lüftung
genereller Einsatzbereich aber Erhaltung des Kessels nicht sinnvol

Die häufig im Bestand vorhandenen Durchlauferhitzer eignen sich - von dem hohen Primärenergieeinsatz abgesehen - relativ gut für Gründerzeithäuser. Durch die zeitgleiche Erzeugung von Wärme für die Beheizung und das Trinkwasser und die dezentrale Installation kann die Leistung gut an den Bedarf der Bewohner angepasst werden. Allerdings sind sie für ein zentrales Wärmebereitstellungssystem nicht geeignet, da die Temperaturen und die Durchflussmengen begrenzt sind. Besser eignen sich dafür zentrale Verbrennungsanlagen mit Niedertemperatur- und Brennwertkessel.

Zentrale Anlagensysteme (z.B. fossile Verbrennungsanlagen, thermische Solaranlagen und geothermische Systeme) haben vergleichsweise zu den dezentralen Anlagen die Vorteile, dass die Kosten für die einzelnen Haushalte reduziert werden und die Restwärme zur Wärmerückgewinnung genutzt werden kann. Vor allem in Gründerzeithäusern können zentrale Systeme relativ einfach installiert werden. Die ursprünglich für Kamine und Abluftstränge genutzten Schächte können im Zuge einer energetischen Sanierung für die neuen vertikalen Leitungsführungen herangezogen werden. Zusätzlich können offene Lichtschächte überdacht und als vertikaler Installationskern umfunktioniert werden. Für die horizontale Installationsführung bieten sich die hohen Deckenkonstruktionen der Tramdecken an. Auch die Raumhöhen von ca. 3 m (oder höher) lassen im Bedarfsfall eine abgehängte Decke ohne Unterschreitung der Mindestraumhöhen zu. Die bei zentralen Anlagesystemen erforderlichen Technikräume (z.B. für die Aufstellung der Heizkessel, der Wärmepumpen und der Wasserspeicher) können in den Kellergeschoßen eingerichtet werden. Die Kellergeschoße werden ohnehin meist für Lagerzwecke und als Stauraum genutzt. Auch im Zuge einer Dachgeschoßaus- oder Einbauplanung kann ein Technikraum vorgesehen werden.

Thermische Solaranlagen eignen sich im Allgemeinen aufgrund der einfachen Installation sehr gut für Gründerzeithäuser. Vor allem bei einem Dachaus- oder Einbau können sie von Projektbeginn an eingeplant werden. Zu berücksichtigen sind jedoch die standortspezifischen Rahmenbedingungen (z.B. Gebäudeausrichtung) welche bei Bestandsgebäuden nicht verändert werden können. Diese Parameter sind ausschlaggebend ob eine thermische Solaranlage installiert werden soll. Entsprechen die standortspezifischen Parameter den Rahmenbedingungen einer thermischen Solaranlage kann sie für die ausschließliche Nutzung für Heiz- und Kühlzwecke herangezogen werden. Das Hauptproblem dabei ist der zeitliche Unterschied zwischen dem Bedarf an Heizenergie und der höchsten Wärmeenergieproduktion der Kollektoren. Um die nutzbare Wärme dennoch verwerten zu können sind entweder Langzeitspeicher – mit hohen Energieverlusten – vorzusehen oder die Wärme über Wärmepumpen der Gebäudekühlung zu zuführen. Wärmepumpen sind allerdings nur wirtschaftlich wenn ohnehin eine Geothermieanlage (mit Wärmepumpe) eingeplant ist. Demzufolge sind solathermische Anlagen eher weniger für den ausschließlichen Heizeinsatz geeignet. Optimaler ist die Nutzung zur Brauchwassererwärmung (auch mit einer Koppelung zur Heizungsunterstützung). Allerdings kann der jährliche Brauchwarmwasserbedarf lediglich in den Sommermonaten zu 100 % gedeckt werden. Mit einer Zusatzheizung ist die ganzjährige Deckung gewährleistet. Hier bieten sich Wärmepumpen als Zusatzheizung an.

Eignung für Gründerzeithäuser	primäre Heizung	Heizungsunterstützung	zentrales System	dezentrales System	primäre Wassererwärmung	Unterstützung der Wassererwärmung	zentrales System	dezentrales System	primäre Stromquelle	Kopplung mit Netzstrom	Primäre Kühlung - wasserführend	Kühlungsunterstützung - wasserführend	primäre Kühlung - luftführend	Unterstützung der Kühlung - luftführend	raumlufttechnische Anlage	Austausch / Sanierung/ Neu
Thermische Solarenergie																
Flachkollektor	-	o	+	+	o	+	+	+			o (3)	+ (3)				N
Vakuumröhrenkollektor	o	+	+	+	+	+	+	+			+ (3)	+ (3)				N
Photovoltaische Solarenergie																
mono- und polykristalline Siliziumzellen									+	+						N
Dünnschichttechnologie									+	+						N
Geothermie																
Brunnenanlagen	+	o	+	o	+	o (2)	+	o (2)			+					N
Erdwärmekollektoren	+	o	+	o	+	o (2)	+	o (2)			+					N
Erdwärmesonden	+	o	+	o	+	o (2)	+	o (2)			+					N
Luft-Erdwärmeüberträger	-	+	+	o							-	-	+	+	+	N
Wärmesenke im Keller											-	-	-	+	+	N

+ ... gut geeignet, o ... mäßig bzw. teilweise geeignet, - ... nicht geeignet, A ... Austausch, S ... Sanierungsbedarf, N ... Neuinstallierun

(1) einsetzbar als zusätzliche Heizquelle z.B. bei thermischen Solaranlagen

(2) davon abhängig ob das BHKW strom- oder wärmeorientiert betrieben wird

(3) durch reversible Wärmepumpe nutzbar, wirtschaftlich nur sinnvoll wenn geothermische Anlage ohnehin eingeplant ist

Ist der Platz für die Errichtung für geothermische Anlagen vorhanden eignen sie sich sehr gut für den Einbau in Gründerzeithäuser. Vor allem das konstante Temperaturniveau des Erdreichs stellt eine optimale Ausgangslage für einen kontinuierlichen Betrieb dar. Im Zuge einer Hofbegrünung oder erforderlichen Fundamentverstärkungen bietet sich der Einbau von Erdwärmesonden und Erdkanälen an. Gebäudesysteme mit Erdwärmesonden und einer Wärmepumpe können zur Heizung, zur Kühlung und zur Brauchwassererwärmung herangezogen werden. Durch den Einsatz einer reversiblen Wärmepumpe kann die Regenerationszeit des Erdreichs positiv beeinflusst werden und ermöglicht höhere Entzugsleistungen während der Heizperiode. Geothermieanlagen können auch zur Nutzung von Wärmesenken zur Kühlung und zur Unterstützung der raumlufttechnischen Anlagen verwendet werden. Dabei kann die Luft über Erdkanäle vortemperiert oder auch die kühle Kellerluft genutzt werden.

Zur Reduzierung des Netzstrombedarfs eignen sich photovoltaische Solarmodule. Sie unterliegen den gleichen Rahmenbedingungen wie Solarkollektoren (z.B. Ausrichtung, solare Einstrahlung) und sind demzufolge nur einsetzbar wenn die Parameter für den Einsatz von dem zu sanierendem Gründerzeithaus erfüllt werden. Die Photovoltaikanlagen können aufgrund der saisonalen Einstrahlungsschwankungen nicht den gesamten Strombedarf (ohne zusätzlichen Stromerzeuger) des Gründerzeithauses decken. Mit einer Kopplung an das öffentliche Stromnetzt wird die Versorgungssicherheit gewährleistet und es kann durch die Netzeinspeisung auf einen Stromspeicher mit hohen Energieverlusten verzichtet werden. Ist das öffentliche Stromnetzt gut ausgebaut (was in Wien der Fall ist) ist eine Photovoltaikanlage mit einer Kopplung an das öffentliche Stromnetz die beste Lösung.

Zur Entscheidung welches Gebäudetechniksystem angewandt werden soll (herkömmlich - fossile Brennstoffe oder nachhaltig - regenerative Energieträger) sind meist die Investitionskosten ausschlaggebend. Bei einem Vergleich der Anlagensysteme wird schnell deutlich, dass fossil betriebene Heizkesselanlagen geringere einmalige Investitionskosten als regenerative Systeme aufweisen, was häufig der Grund für ihren bevorzugten Einsatz ist. Werden allerdings die gesamten Lebenszykluskosten einer Haustechnikanlage - inklusive der Kosten in der Nutzungsphase - berücksichtigt stellt sich heraus, dass Systeme mit regenerativen Energieträgern um rund *32 - 40 %* günstiger sind. Das ist auf die prognostizierte Preissteigerung der fossilen Energieträger - als Folge der Ressourcenknappheit - und damit auf die hohen Kosten in der Nutzungsphase zurück zuführen. Das bedeutet, dass regenerative Anlagensysteme trotz teilweise *ca. 50 %* höherer Anschaffungskosten (z.B. geothermische Anlage mit zu anderen regenerativen Systemen vergleichsweise hohen Investitionskosten) über den kompletten Lebenszyklus gesehen günstiger sind. Zur Ermittlung des besten Anlagesystems sollte im Vorfeld einer energetischen Sanierung eine Berechnung der Lebenszykluskosten erfolgen. [gesamter Absatz, Grimscheid, Lunze]

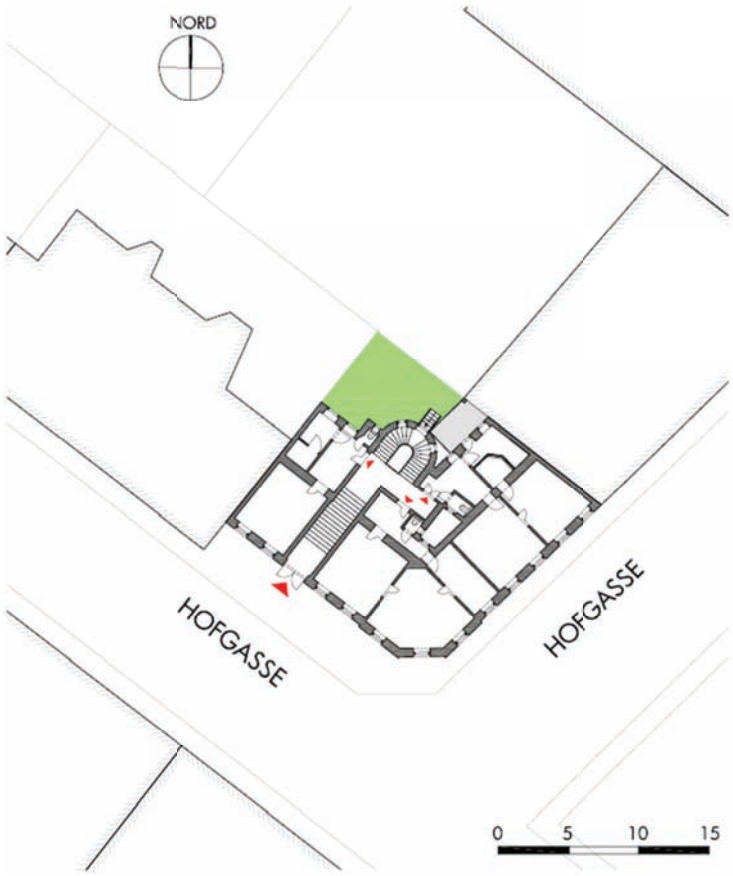
GRÜNDERZEITHAUS IN MARGARETEN

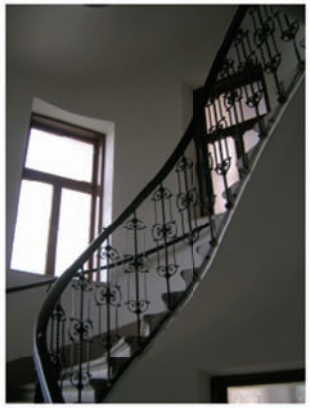
U4 - Pilgramgasse
Scheupark
Schütte-Lihotzky-Park
Hofgasse 4
Geschäfte
öffentl. Grünfläche
öffent. Verkehr
City-Bike
Kindergarten
Schule
Arztpraxis

4. GRÜNDERZEITHAUS IN MARGARETEN

Das untersuchte und bearbeitete Gründerzeithaus wurde 1904 in der Hofgasse 4 (Wien 1050 Margareten) errichtet. Die ursprünglich 9 Wohnungen wurden von einer Familie bewohnt. Die Wohnungen befanden sich in den Obergeschoßen (1. - 3. Stock). Das Souterrain und das Hochparterre wurden als Verkaufsraum (für Kachelöfen) genutzt.

Das Stadtviertel ist von der typischen Blockrandbebauung der Gründerzeit geprägt. Die Hofgasse begrenzt den Baublock im Nordosten, Südosten und Südwesten. Nordwestlich verläuft der Margaretenplatz der in die Margaretenstraße mündet. Es finden sich vor allem in der Pilgrammgasse, dem Margaretenplatz und der Margaretenstraße zahlreiche Nahversorgungseinrichtungen, Lokale und Geschäfte in den Erdgeschoßzonen. Die Durchmischung der Funktionen Arbeiten (Dienstleistung, Bürofläche und Einzelhandel) und Wohnen führt zu einer lebendigen Atmosphäre des Stadtviertels zu der auch die gute öffentliche Verkehrsanbindung beiträgt. Von der Hofgasse können die U-Bahnlinie U4 (Pilgrammgasse) und die Buslinien 12A, 13A und 59A fußläufig erreicht werden. Ebenfalls befinden sich Gesundheitseinrichtungen, Kindergärten und Schulen in unmittelbarer Umgebung. Die gute verkehrstechnische und soziale Infrastruktur stellen die Grundlage der hohen Wohnqualität in diesem Stadtviertel dar. Ein Nachteil dieses Stadtteils sind die mangelnden Grünflächen. Es befinden sich zwei Parkanlagen in der Nähe (Schütte-Lihotzky-Park und Scheupark). Sie sind überwiegend von der angrenzenden Blockrandbebauung umschlossen und wirken nicht öffentlich zugänglich. Hier bedarf es an Handlungen und Maßnahmen zur Schaffung von mehr öffentlichen Frei- und Grünräumen. Durch die dichte Bebauung sind die Möglichkeiten zur Gründraumschaffung begrenzt, umso wichtiger sind private Naherholungsbereiche (z.B. begrünter Hof). **(Abb. 4. 1.)**


NORD
HOFGASSE
HOFGASSE
0
5
10
15



4.1. OBJEKTBESCHREIBUNG

4.1.1. BAUTYPOLOGIE

Das Gründerzeithaus in der Hofgasse 4 bildet das südliche Eckgebäude des - in der Bauklasse 2 ausgewiesenen - Gebäudeblocks. Die südwestliche Gebäudeflucht ist um ca. 2,50 m hinter jener des Nachbargebäudes versetzt. Sowohl die südwestliche als auch die südöstliche Fassade weist eine sechsachsige Gliederung auf. Die Fassaden sind mit Gesimsen, Konsolen, Fenstergewändern und Fensterüberdachungen geschmückt. Das Eingangsportal befindet sich im südwestlichen Gebäudeteil und besteht aus einer Metall-Glas-Konstruktion.
Aufgrund der Eckbebauung ist der Innenhof mit ca. 48 m² im Vergleich zu den angrenzenden Höfen relativ klein. Er ist mit zwei Bäumen und einigen Pflanzentrögen gestaltet. Der Hof wird durch eine Mauer und einen Zaun von den Nachbarhöfen abgetrennt. Die Bewohner halten sich selten im Innenhof auf da wenig Platz zur Benutzung vorhanden ist. Die hofseitige Fassade ist im Gegensatz zur Straßenfassade einfach verputzt und nicht geschmückt.

Nach Betreten des Gebäudes gelangt man über eine Stiege in das Hochparterre. Es liegt 2,30 m über dem Straßenniveau. Durch die Erhöhung des Hochparterres ist eine Nutzung des Souterrains als Bürofläche mit ausreichender Belichtung möglich. Unter dem Souterrain befindet sich ein Kellergeschoß welches als Lagerfläche genutzt wird. Die insgesamt zehn Wohnungen - im Hochparterre und den drei Obergeschoßen - werden über ein zentrales Stiegenhaus im Norden des Gebäudes erschlossen. Die Stiege ist bis zum Dachgeschoß geführt. Für das Dachgeschoß ist bisher die Nutzung als Lagerfläche (ursprünglich zur Trocknung von Wäsche) vorgesehen. **(Abb. 4. 2.)**

Die räumliche Struktur des Gebäudes wird durch die tragenden Außenwände und die Mittelwand bestimmt. Sie gliedern den Gebäudekörper in eine südliche Straßenseite und eine nördliche Zone die in den Hof orientiert ist. Entlang der Straßenseite befinden sich die Aufenthaltsräume (Wohnzimmer und Schlafzimmer). Sie reihen sich aneinander und sind durch Türöffnungen mit den hofseitigen Räumen (Vorzimmer, Küche und Sanitäreinrichtungen) verbunden. Vor den nordöstlichen Gebäudeteil wurden im Jahr 2008 Balkone zur Erweiterung der Wohnfläche vorgelagert. **(Abb. 4. 3.)**

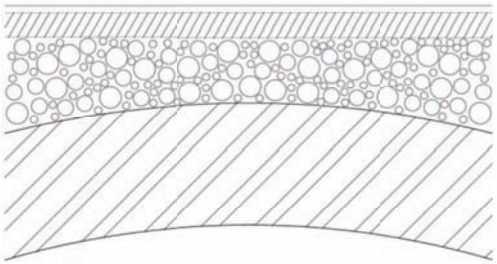
1. STOCK
WHG 8
52.96 m² (Bestand)
WHG 9 + 10
152.36 m² (Bestand)
BALKON
7.65 m²
KÜCHE
11.03 m²
ZIMMER
20.32 m²
WC
0.85 m²
WC
1.53 m²
ZIMMER
23.43 m²
KÜCHE
4.37 m²
VORRAUM
9.88 m²
GANG
+6.05
8
9+10
BAD
2.82 m²
BAD
6.98 m²
VORRAUM
20.76 m²
KABINET
11.96 m²
KACHELOFEN
WHG 8
52.96 m²
ZIMMER
23.44 m²
KABINET
11.66 m²
WHG 9 + 10
152.36 m²
ZIMMER
25.12 m²
SALON
31.26 m²
NORD
0 1 2 3 4 5

4.1.2. GEBÄUDEZUSTAND

Das Gebäude wurde aus massivem Ziegelmauerwerk errichtet. Die tragenden Außenwände betragen im Kellergeschoß 75 cm und nehmen bis zum 3. Stock bis auf 45 cm ab. Sie sind verputzt und besitzen aufgrund ihrer Stärke hohe Speichermassen. Als Kellerdecke wurde eine Gewölbekonstruktion aus Ziegeln ausgeführt. Die Raumhöhe des Kellergeschoßes beträgt 3,65 m und wird durch die tiefgezogenen Gewölbe im Auflagerbereich stark reduziert. So verbleiben lediglich 1,60 m als Durchgangshöhe der Wandöffnungen. Probleme mit aufsteigender Feuchtigkeit in den Kellerwänden sind nicht gegeben da die Belüftung des Kellers sehr gut gewährleistet ist. Als Deckenkonstruktion der Obergeschoße kamen Holztramdecken zur Ausführung. Die oberste Geschoßdecke wurde als Dippelbaumdecke konstruiert. Probleme aufgrund von Feuchtigkeit oder der Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit sind nicht vorhanden. Bautechnisch gesehen ist das Gründerzeithaus in der Hofgasse 4 in einem sehr guten Zustand. Lediglich die Fundamente sind im Falle einer Lasterhöhung evtl. zu verstärken da die ca. 50 - 75 cm tief eingebundenen Streifenfundamente in der Regel nicht ausreichend sind.

Bei der thermischen Berechnung des Gründerzeithauses in der Hofgasse ergibt sich ein Heizwärmebedarf (HWB) von 162,59 kWh/m²a (siehe dazu die Berechnung des Energieausweises im Anhang). Das entspricht dem 4,5-fachen Heizwärmebedarfs eines neuerrichteten Mehrfamilienhauses mit Niedrigenergiehausstandard (lt. Berechnungen des Energieausweises: zulässiger Grenzwert 36 kWh/m²a). Die hohen Transmissions- und Lüftungswärmeverluste - in Folge der schlechten Wärmedurchgangskoeffizienten und der geringen Fugendichtheit der Bauteile - bewirken den hohen Heizwärmebedarf. Zu berücksichtigen ist, dass sich das Gebäude in einer Schutzzone befindet. Die Magistratsabteilung 19 (MA 19) hat die Schutzzone zur Erhaltung des Stadtbildes in diesem Gründerzeitviertel erlassen. Aufgrund dessen müssen die Straßenfassaden in der Originalgestaltung bestehen bleiben und können nicht durch eine Außendämmung thermisch aufgewertet werden. Hier gilt es eine Kompromisslösung zu finden mit der dennoch das Gebäude thermisch aufgewertet wird. **(Abb. 4. 4.)**

KELLERDECKE



1.5 cm Fliesen
5.0 cm Estrich
13.5 cm Beschüttung
25.0 cm Vollziegel - Gewölbe

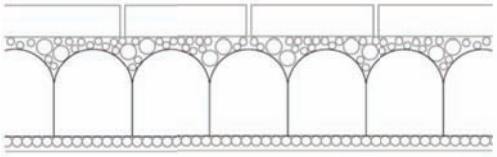
U-Wert = 1.074 W/m²K

FEUERMAUER

28.5 cm Vollziegelmauerwerk
1.5 cm Kalkputz

U-Wert = 1.452 W/m²K

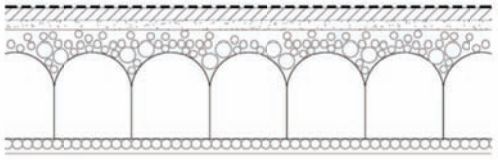
OBERSTE GESCHOSSDECKE



6.5 cm Ziegelplasterbelag
2.5 cm Beschüttung
18.0 cm Dippelbäume
3.0 cm Kalkputz + Unterdecke

U-Wert = 0.639 W/m²K

FLACHDACH



– Abdichtung (Bitumen)
2.5 cm Schalung
2.0 cm Decksand
4.5 cm Beschüttung
18.0 cm Dippelbäume
3.0 cm Kalkputz + Unterdecke

U-Wert = 0.575 W/m²K

AUSSENWAND

Souterrain
3.5 cm Kalk-Zementputz
70.0 cm Vollziegelmauerwerk
1.5 cm Kalkputz
U-Wert = 0.810 W/m²K

Hochparterre + 1. Stock
3.5 cm Kalk-Zementputz
55.0 cm Vollziegelmauerwerk
1.5 cm Kalkputz
U-Wert = 0.980 W/m²K

2. + 3. Stock
3.5 cm Kalk-Zementputz
40.0 cm Vollziegelmauerwerk
1.5 cm Kalkputz
U-Wert = 1.240 W/m²K

Fensterparapet
3.5 cm Kalk-Zementputz
25.0 cm Vollziegelmauerwerk
1.5 cm Kalkputz
U-Wert = 1.688 W/m²K

AUSSENWAND SOUTERAIN - ERDANLIEGEND

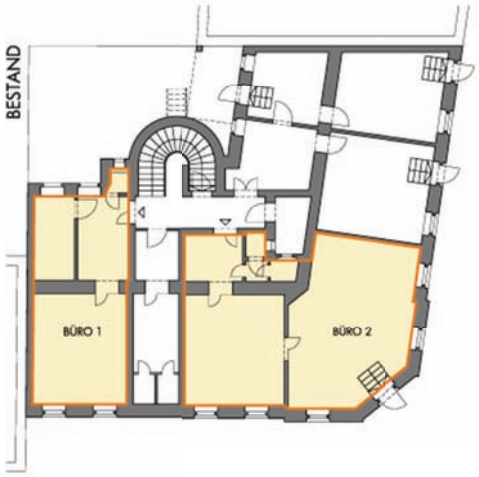
70.0 cm Vollziegelmauerwerk
1.5 cm Kalkputz

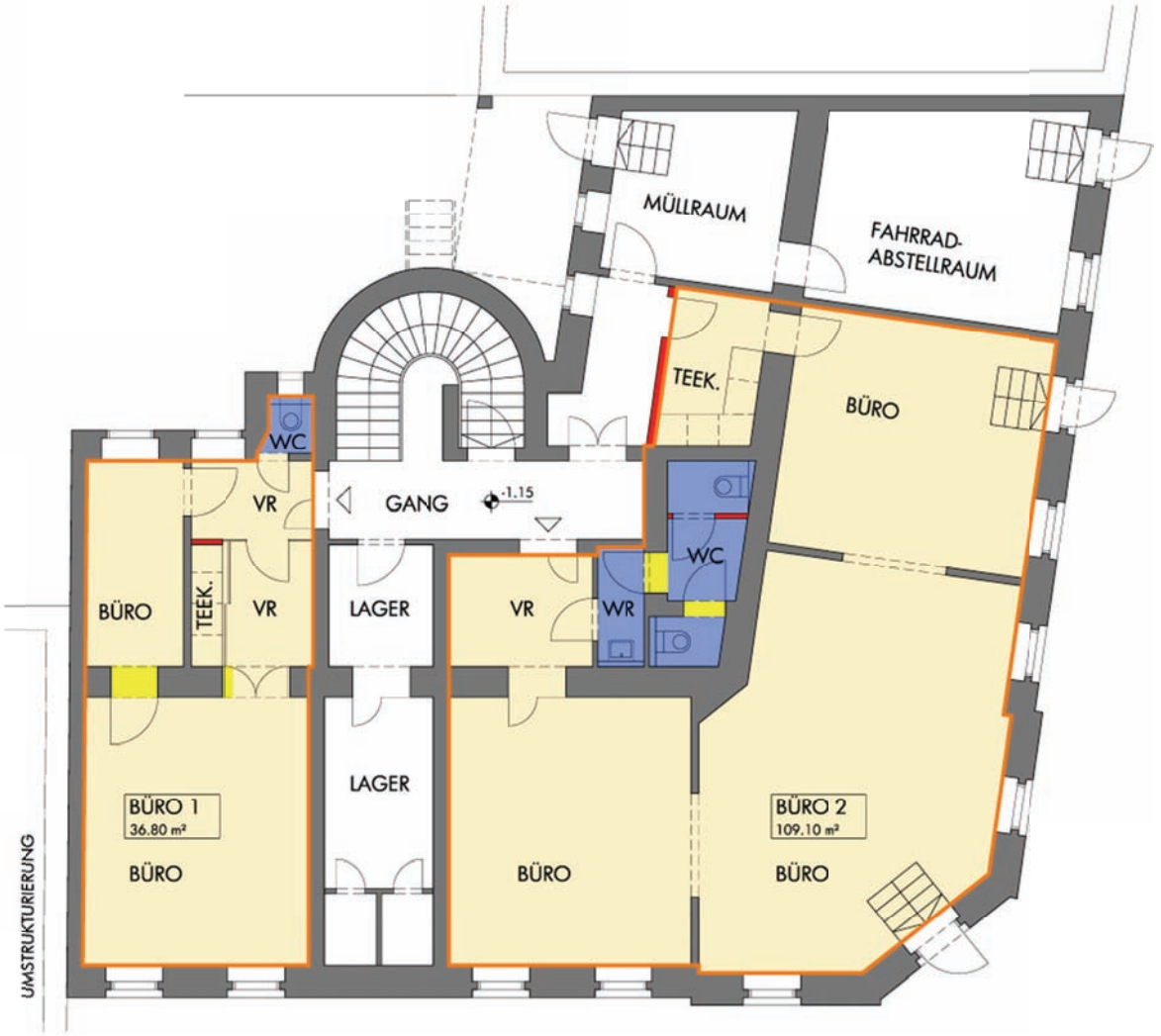
U-Wert = 0.868 W/m²K

Für die Beheizung des Gebäudes war ursprünglich in jeder Wohnung ein Kachelofen vorgesehen. Im Zuge von Modernisierungsmaßnahmen sind diese durch Durchlauferhitzer ersetzt worden. In zwei Wohnungen sind noch Kachelöfen erhalten. Die ursprüngliche Holzfeuerung wurde auf eine Ölfeuerung umgerüstet. Die Kachelöfen dienen momentan als Zusatzheizung. Die Durchlauferhitzer betreiben das in wohnungsweise Warmwassersystem zur Beheizung und Brauchwassererwärmung. Die Heizwärmeübergabe an die Raumluft erfolgt über herkömmliche Heizkörper. Sie sind in den Fensternischen positioniert und verringern den Kaltluftabfall zwischen der Raumlufttemperatur und den Kastenfenstern.

Die Lüftung erfolgt über Abluftschächte im WC und der Küche. Die Schächte sind in den tragenden Mittelwänden über das Dach geführt. Da ein relativ hoher natürlicher Luftwechsel herrscht (Luftwechselrate = 1 h^{-1}, statt 0,4 h^{-1} bei Neubauten) sind keine Zuluftöffnungen vorgesehen. Die hohe Luftwechselrate lässt sich auf die geringe Fugendichtheit der Kastenfenster und Wohnungstüren zurückführen. Der Strombedarf wird durch das örtliche Stromnetz gedeckt. Sonnenschutzeinrichtungen und Kühlsysteme sind keine vorhanden. Durch die vorherrschende Südorientierung des Gebäudes sind allerdings die internen solaren Wärmegewinne im Sommer sehr hoch und verursachen eine unbehaglich hohe Raumtemperatur.

SOUTERRAIN





BÜRO
SANITÄR
WAND - BESTAND
WAND - NEU
WAND - ABBRUCH

0 1 2 3 4 5

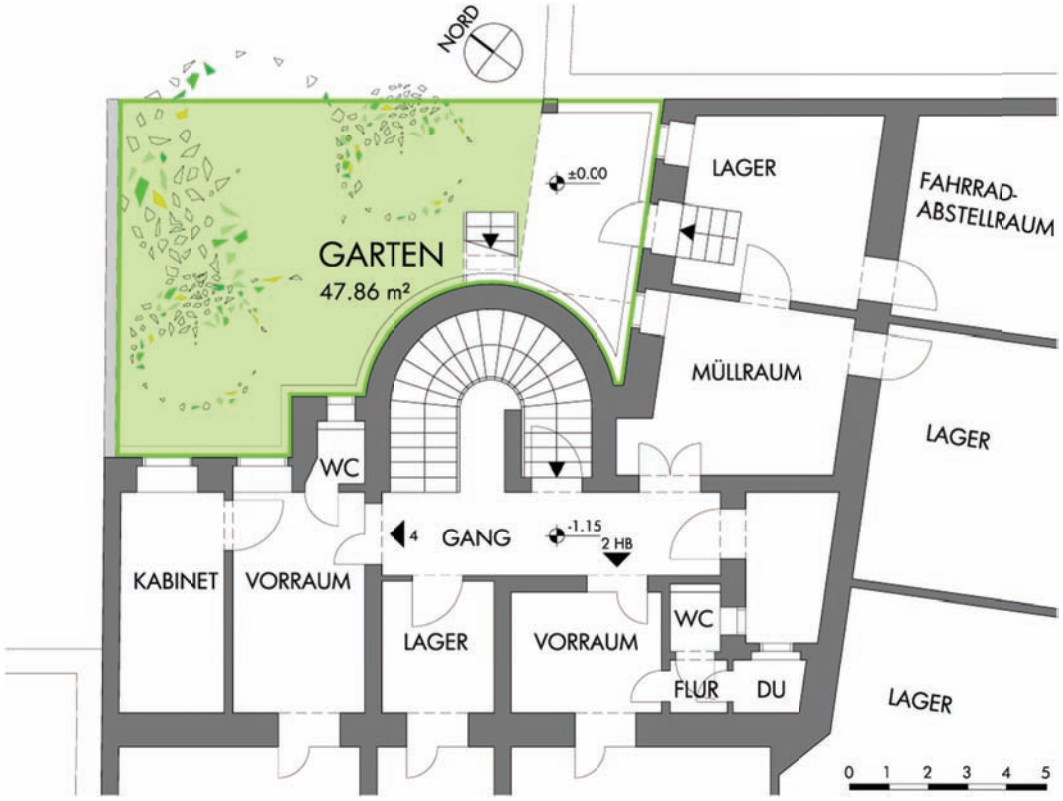
NORD

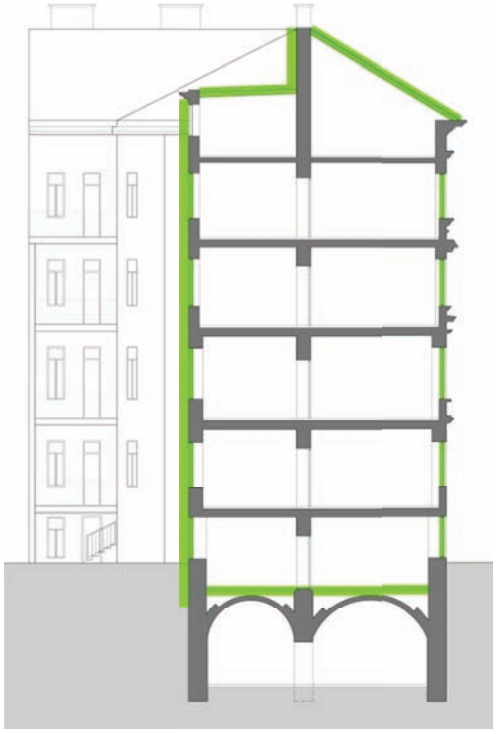
4.2. THERMISCH-ENERGETISCHE SANIERUNG

Für das gewählte Gebäude in der Hofgasse 4 werden thermische Maßnahmen zur Energiebedarfsreduzierung gesetzt. Sie ermöglichen eine Reduzierung des Heizwärmebedarfs um insgesamt 46,5 %. Im Hinblick auf die Ressourcenproblematik der fossilen Energieträger und der damit einhergehenden Energiepreiserhöhung werden zusätzlich Maßnahmen zur Effizienzsteigerung der Gebäudetechnik und zur regenerativen Energieerzeugung vorgenommen. Dadurch kann der verbleibende Energiebedarf für die Heizung, die Kühlung und das Warmwasser zu 100 % vor Ort erzeugt werden. Der Vorteil einer energetischen Sanierung ist der mögliche Verzicht auf fossile Energieträger und damit eine Unabhängigkeit von den Energiepreiserhöhungen. Die höheren Investitionskosten amortisieren sich - über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes gesehen - in ca. *17 Jahren*. [Grimscheid, Lunze] Ergänzend zu den thermischen und energetischen Maßnahmen wird eine Umstrukturierung der Bestandswohnungen angeraten. Durch kleine Eingriffe in die Bausubstanz können die Wohnungen relativ einfach funktional aufgewertet werden. Bei der Umstrukturierung der Wohnungen wurde darauf geachtet, dass die Queraussteifung durch die Zwischenwände erhalten bleibt. Weiters sind die Sanitärbereiche werden neu gruppiert und die vermietbare Fläche im Souterrain (Büro 2) vergrößert worden. **(Abb. 4. 5.)** Auch eine Hofbegrünung wird durchgeführt. Die Schaffung von wohnungsnahen Grünflächen erhöht die Lebensqualität der Bewohner und verbessert das Mikroklima. **(Abb. 4. 6.)**

HOCHPARTERRE

1. - 3. STOCK
BESTAND
WHG 6
WHG 4
WHG 5
LOGGIA
ZIMMER
DIELE
ZIMMER
WC
WHG 6
67.00 m² + 8.70 m² Loggia
WOHNKÜCHE
GANG
ZIMMER
VR
BAD
KÜCHE
WC
VORRAUM
ZIMMER
AR
BAD
WOHNZIMMER
WHG 4
53.10 m²
KÜCHE
WOHNZIMMER
WHG 5
81.20 m²
ZIMMER
UMSTRUKTURIERUNG
WHG 1 + 4
WHG 2 + 5
WHG 3 + 6
SANITÄR
WAND - BESTAND
WAND - NEU
WAND - ABBRUCH
0 1 2 3 4 5
NORD


NORD
GARTEN
47.86 m²
±0.00
LAGER
FAHRRAD-
ABSTELLRAUM
MÜLLRAUM
LAGER
WC
4
GANG
-1.15
2 HB
KABINET
VORRAUM
LAGER
VORRAUM
WC
FLUR
DU
LAGER
0 1 2 3 4 5



zept

4.2.1. KONZEPT ZUR THERMISCHEN SANIERUNG

Das Konzept zur thermischen Optimierung des Gründerzeithauses in der Hofgasse 4 beinhaltet

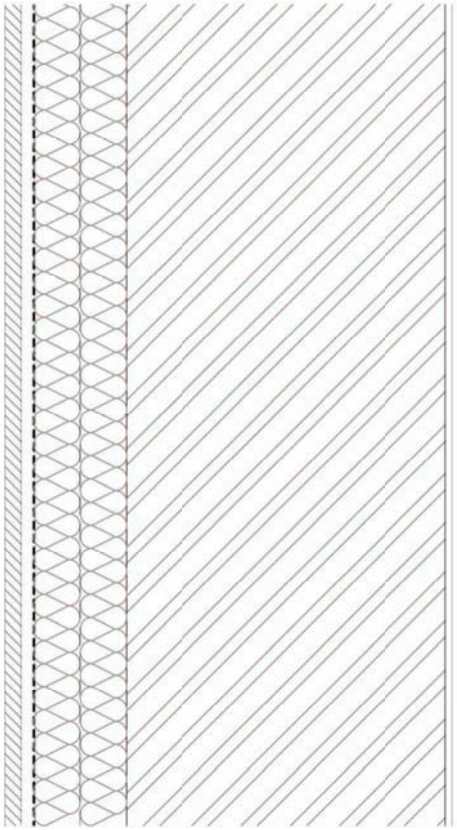
- **die Aufwertung der Gebäudehülle durch die Sanierung der Kastenfenster und die Wärmedämmung der Hoffassade und der Kellerdecke**

Das Gründerzeithaus in der Hofgasse 4 befindet sich in der Schutzzone der MA 19. Dadurch ist eine Außendämmung der Straßenfassade nicht möglich. Als Maßnahme wird eine Außendämmung ausschließlich an der Hoffassade angebracht, die Straßenfassade verbleibt ungedämmt. Als Dämmstoff wurde Schafwolle aufgrund der sehr guten ökologischen Eigenschafen und Dämmwerte gewählt. Die Schafwolle-Dämmung ist ein natürlicher Dämmstofffilz mit einem U-Wert von *0,036 W/m²K*. Die Vorteile sind das positive Feuchtigkeitsverhalten (*Aufnahme von Feuchtigkeit bis zu 33 % des Dämmgewichts*), die hohe Resistenz gegen mikrobiellen Abbau vergleichsweise zu anderen natürlichen Dämmstoffen, die schwere Entflammbarkeit und damit eine Gewährleistung der *Brandklasse B 2*. [Daemwool Naturdämmstoffe]

Ebenfalls erfolgt eine Dämmung der Kellerdecke. Die Wärmedämmung wird oberhalb des Gewölbes angebracht um die Geschoßhöhe des Kellers nicht zu reduzieren. Als Dämmmaterial kommt expandiertes Polystyrol (EPS) zum Einsatz. Es wurde aufgrund der Trittbelastbarkeit und der Feuchteabweisung gewählt. Im Vergleich zu extrudiertem Polystyrol (XPS) ist es ökologischer in der Herstellung, der Nutzung und der Entsorgung. Durch die Dämmmaßnahmen können die U-Werte der Außenwände auf bis zu 0,138 W/m²K (Außenwand des Souterrains mit 70 cm Vollziegelmauerwerk) und der U-Wert der Kellerdecke auf 0,302 W/m²K reduziert werden.

Die Sanierung der Kastenfenster erfolgt einerseits durch die Verbesserung der Fugendichtheit der Innenflügel, andererseits durch den Austausch der Verglasungen. Die 1-scheibenverglasungen der Außenflügel werden durch Sonnenschutzgläser ersetzt. Für die Innenflügelverglasungen kommen Wärmeschutzgläser zum Einsatz. Insgesamt bewirkten diese thermischen Maßnahmen die Senkung des Heizwärmebedarfs von 162,59 kWh/m²a auf 92,81 kWh/m²a, das bedeutet eine Reduzierung um ca. 43 %.

AUSSENWAND (HOF)



Souterrain

3.5 cm	Außenwandpaneel
3.0 cm	Hinterlüftung + Lattung
–	Folie (diffusionsoffen, sD < 1m)
20.0 cm	Wärmedämmung (Schafwolle)
70.0 cm	Vollziegelmauerwerk
1.5 cm	Kalkputz

U-Wert = 0.138 W/m²K

Hochparterre + 1. Stock

3.5 cm	Außenwandpaneel
3.0 cm	Hinterlüftung + Lattung
–	Folie (diffusionsoffen, sD < 1m)
20.0 cm	Wärmedämmung (Schafwolle)
55.0 cm	Vollziegelmauerwerk
1.5 cm	Kalkputz

U-Wert = 0.142 W/m²K

2. Stock - Dachgeschoß

3.5 cm	Außenwandpaneel
3.0 cm	Hinterlüftung + Lattung
–	Folie (diffusionsoffen, sD < 1m)
20.0 cm	Wärmedämmung (Schafwolle)
40.0 cm	Vollziegelmauerwerk
1.5 cm	Kalkputz

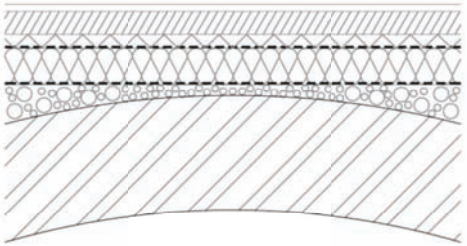
U-Wert = 0.146 W/m²K

Fensterparapet

3.5 cm	Außenwandpaneel
3.0 cm	Hinterlüftung + Lattung
–	Folie (diffusionsoffen, sD < 1m)
20.0 cm	Wärmedämmung (Schafwolle)
25.0 cm	Vollziegelmauerwerk
1.5 cm	Kalkputz

U-Wert = 0.151 W/m²K

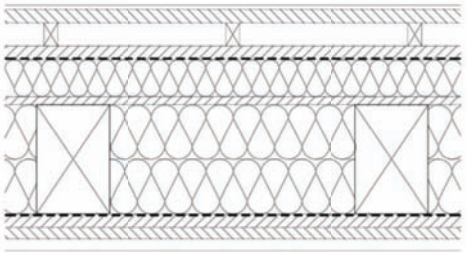
KELLERDECKE



1.5 cm	Fliesen
5.0 cm	Zementestrich
3.0 cm	TDP (30/25 mm)
–	PE-Folie
8.0 cm	Wärmedämmung XPS
–	PE-Folie
2.0 cm	Beschüttung
25.0 cm	Vollziegel - Gewölbe

U-Wert = 0.302 W/m²K

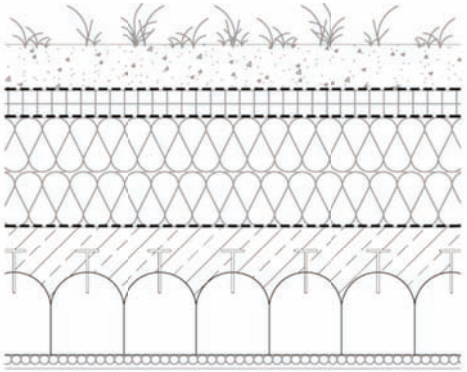
DACHSCHRÄGE



1.0 cm	Rhombusschablonen
3.0 cm	Lattung
5.0 cm	Hinterlüftung zw. Konterlattung
3.0 cm	Lattung
–	Dachpappe
2.5 cm	Schalung
8.0 cm	Wärmedämmung Schafwolle
1.8 cm	sägerauhe Holzplatte
24.0 cm	WD (Schafwolle) zw. Sparren
–	Dampfsperre (sD > 1500m)
3.0 cm	Lattung
2.5 cm	PCM - Gipsbauplatte

U-Wert = 0.109 W/m²K

GRÜNDACH



10.0 cm	extensive Begrünung
–	PP-Vlies > 500 g/m²
6.0 cm	Drän- und Wasserspeicherelement
–	Abdichtung 2-lagig (wurzelfest)
24.0 cm	Wärmedämmung PU-Hartschaum
–	Dampfsperre
28.0 cm	SB-Verbunddecke
	10 cm SB-Verbundbeton
	PE - Folie
	Dippelbaumdecke
3.0 cm	Kalkputz + Unterdecke

U-Wert = 0.114 W/m²K

■ **die Erhöhung der Gebäudekompaktheit und der Bebauungsdichte durch den Dachausbau**

Zur Schaffung von neuem Wohnraum erfolgt ein Dachausbau der sich positiv auf die thermische Qualität des Gebäudes auswirkt. Durch die erhöhte Kompaktheit des Gebäudes (charakteristische Länge = 2,83 m) reduziert sich das Verhältnis zwischen dem Gebäudevolumen und der wärmeabgebenden Oberfläche. **(Abb. 4. 8.)**

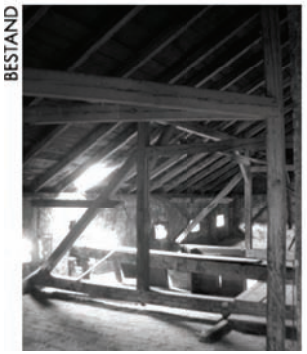
Im Zuge des Ausbaus wird das Dachgeschoß zu zwei Wohnungen mit Dachterrassen umfunktioniert. Die Tragkonstruktion des Daches bleibt straßenseitig erhalten. Der Dachaufbau wird abgetragen und durch einen thermisch hochwertigeren Aufbau (U-Wert = 0,109 W/m²K) ersetzt. Ebenfalls erfolgt im Zuge des Dachausbaus eine Erneuerung des bestehenden Flachdachs. Es wird zu einem Gründach ausgebaut und erweitert. Die Vorteile des Gründachs sind die Senkung der Umgebungstemperatur im Sommer durch die Verdunstungskühlung der Pflanzen, die Bindung der Staubpartikel in der Luft und die Möglichkeit zur Nutzung als Dachterrasse. **(Abb. 4. 9.)**

Die Zwischenwände der Dachgeschoßwohnungen werden aus Lehmbauplatten hergestellt und die Dachkonstruktion mit PCM-Gipsbauplatten[10] verkleidet. Beide Materialen tragen aufgrund ihrer hohen Speicherkapazität zur Vermeidung der sommerlichen Überhitzung bei. Ebenfalls regulieren die Lehmbauplatten die Raumluftfeuchtigkeit.
Durch den Dachausbau (inkl. thermischer Aufwertung der Gebäudehülle) wird der ursprüngliche Heizwärmebedarf von 162,59 kWh/m²a auf 87,06 kWh/m²a reduziert, das bedeutet eine Senkung um insgesamt ca. 46,5 %.

[10] PCM = Phase-Change-Material (Latentwärmespeicher), die Gipsbauplatten enthalten mikroverkapseltes Latentspeicher-Material

DACHGESCHOSS

BESTAND

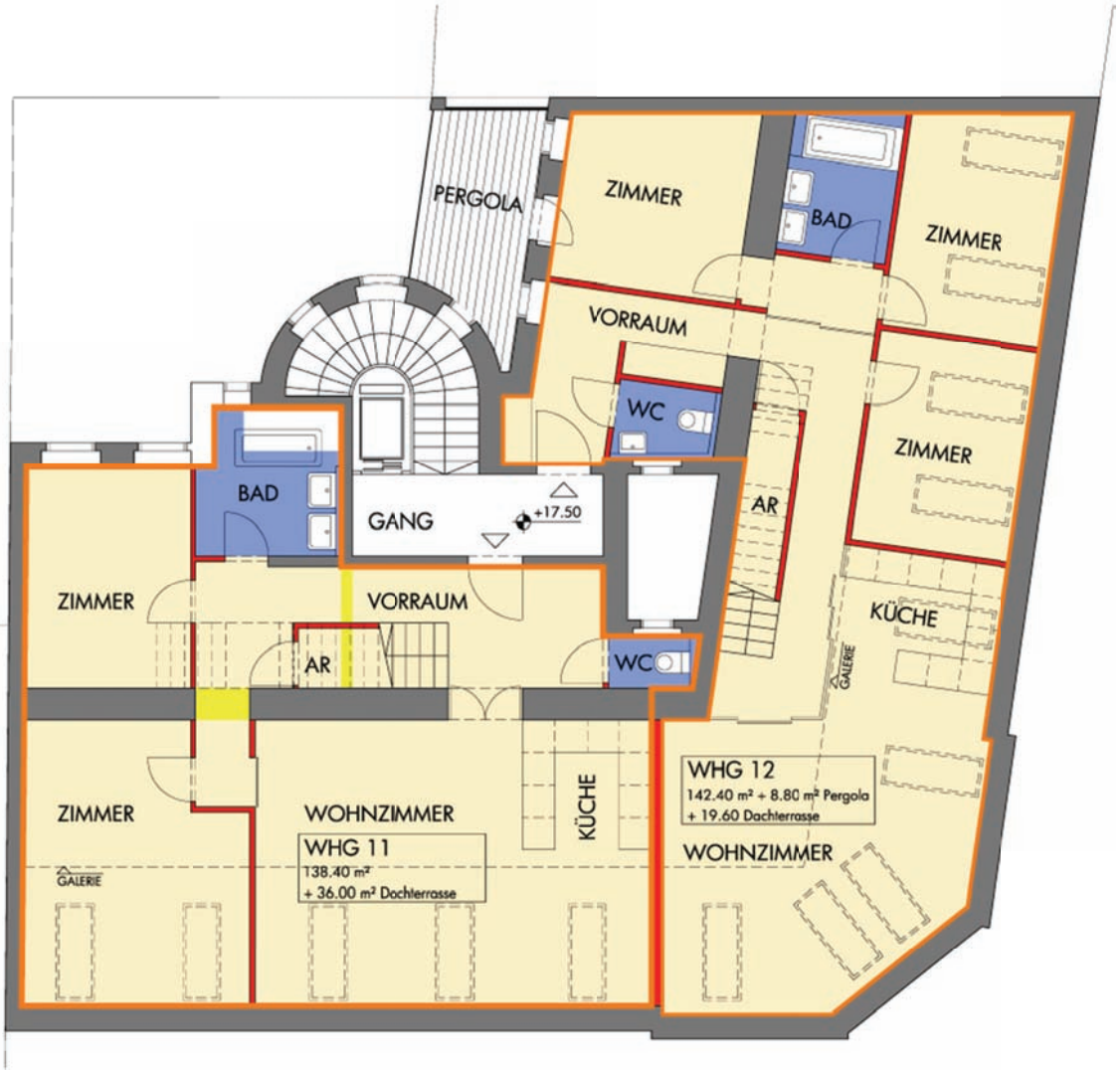


GRÜNDACH
WHG 11 + 12
SANITÄR
WAND - BESTAND
WAND - NEU
WAND - ABBRUCH

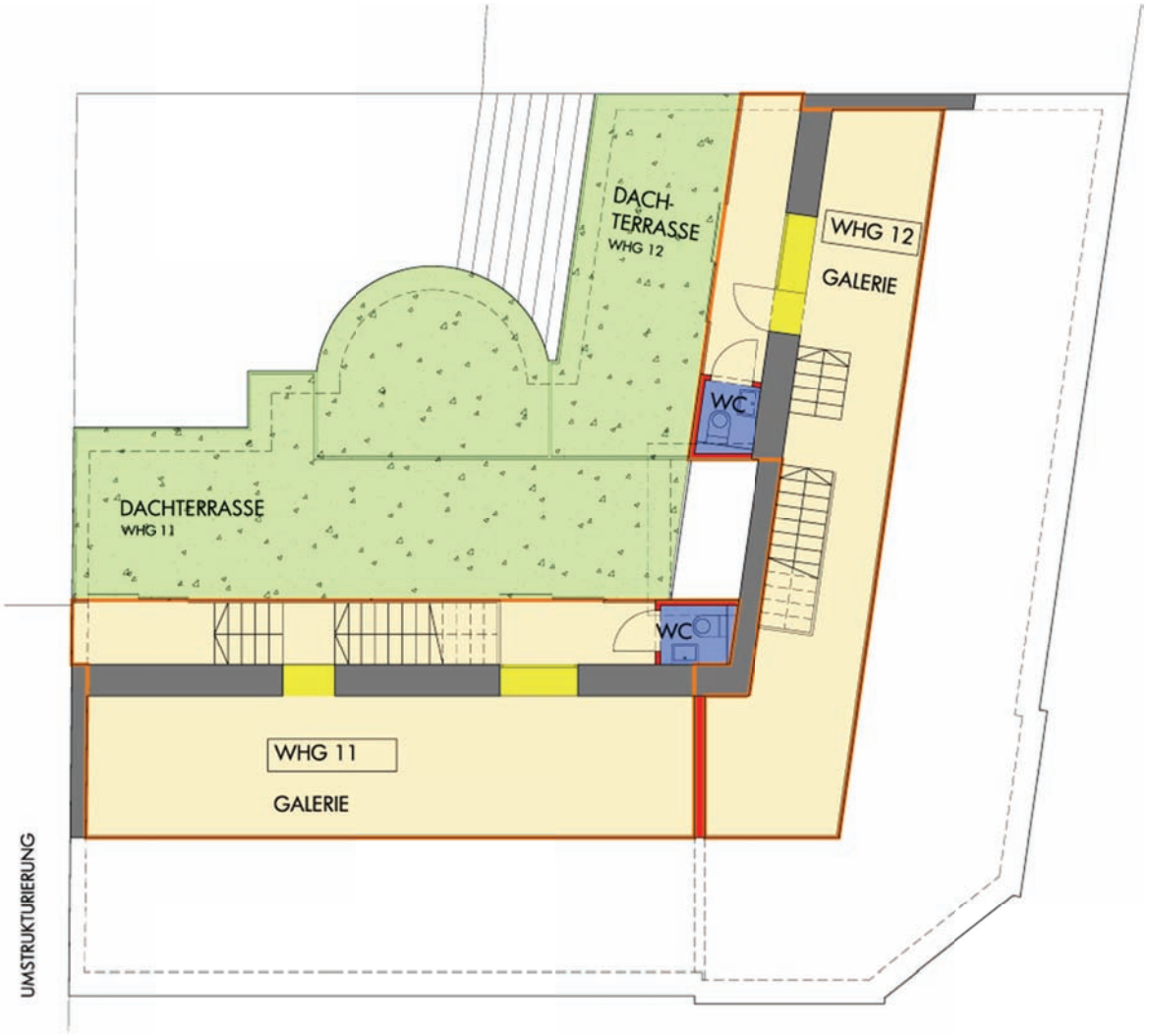
0 1 2 3 4 5

NORD

UMSTRUKTURIERUNG



DACHGESCHOSS



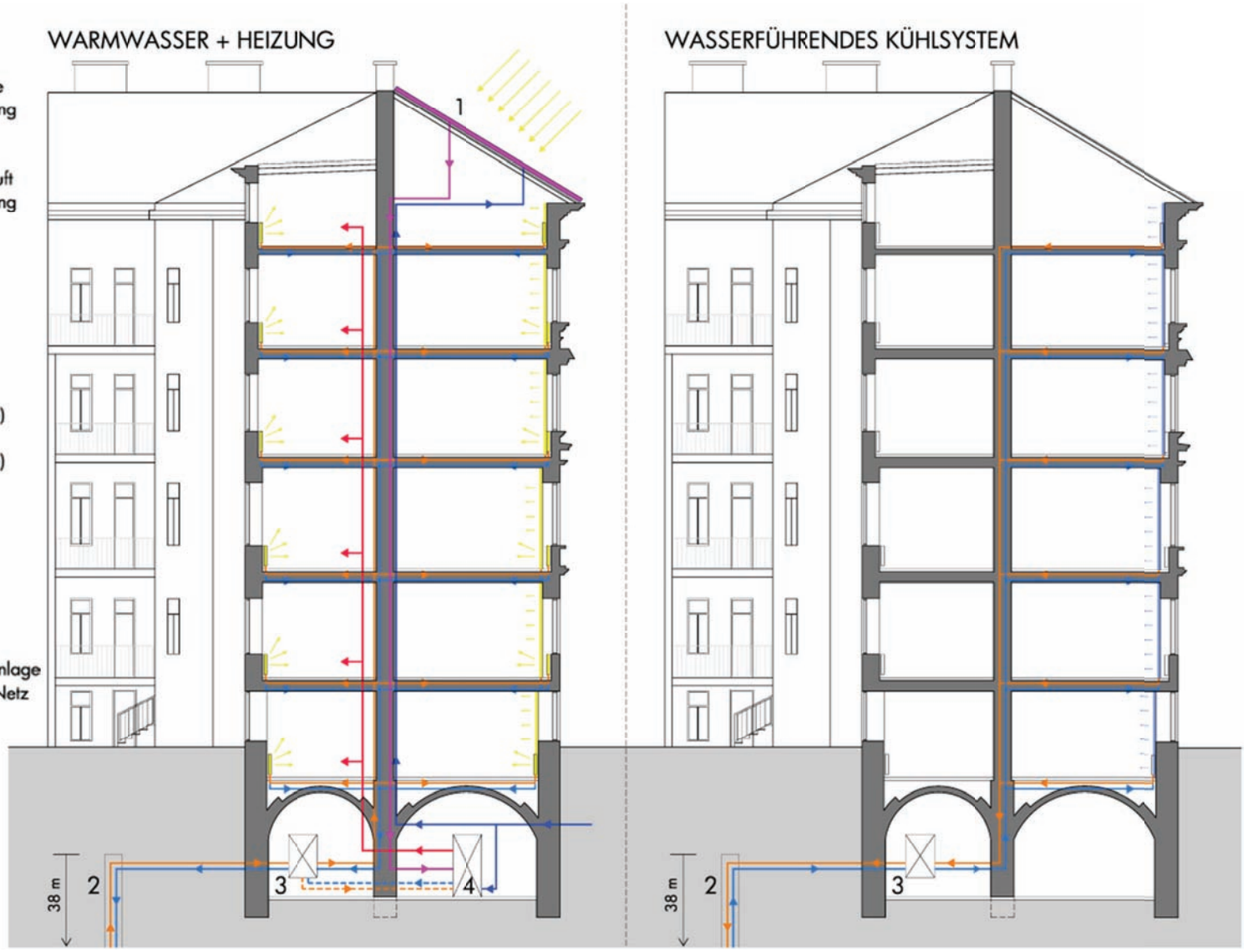
GRÜNDACH
WHG 11 + 12
SANITÄR
WAND - BESTAND
WAND - NEU
WAND - ABBRUCH

0 1 2 3 4 5

NORD

1 Flachkollektor
2 Erdwärmesonde
3 reversible Wärmepumpe mit Wärmerückgewinnung
4 Wasserspeicher
5 Erdkanal
6 Wärmetauscher Luft / Luft mit Wärmerückgewinnung
7 Photovoltaik - Modul
8 Freischaltstelle
9 Einspeisezähler

erwärmtes Trägerfluid (Flachkollektor)
Kaltwasser
Warmwasser
kaltes Arbeitsmittel (Sonde + Wärmepumpe)
warmes Arbeitsmittel (Sonde + Wärmepumpe)
Heizungsunterstützung -> Wärmezufuhr
Heizungsunterstützung -> Rücklauf
Wärmeabgabe
Kälteabgabe
Umgebungsluft / Zuluft
Abluft / Fortluft
Strom aus Photovoltaikanlage
Strom aus öffentlichem Netz



4.2.2. KONZEPT ZUR ENERGETISCHEN SANIERUNG

Das Konzept zur energetischen Sanierung des Gründerzeithauses in der Hofgasse 4 beinhaltet

- **die Installierung einer thermischen Solaranlage für die Brauchwassererwärmung**

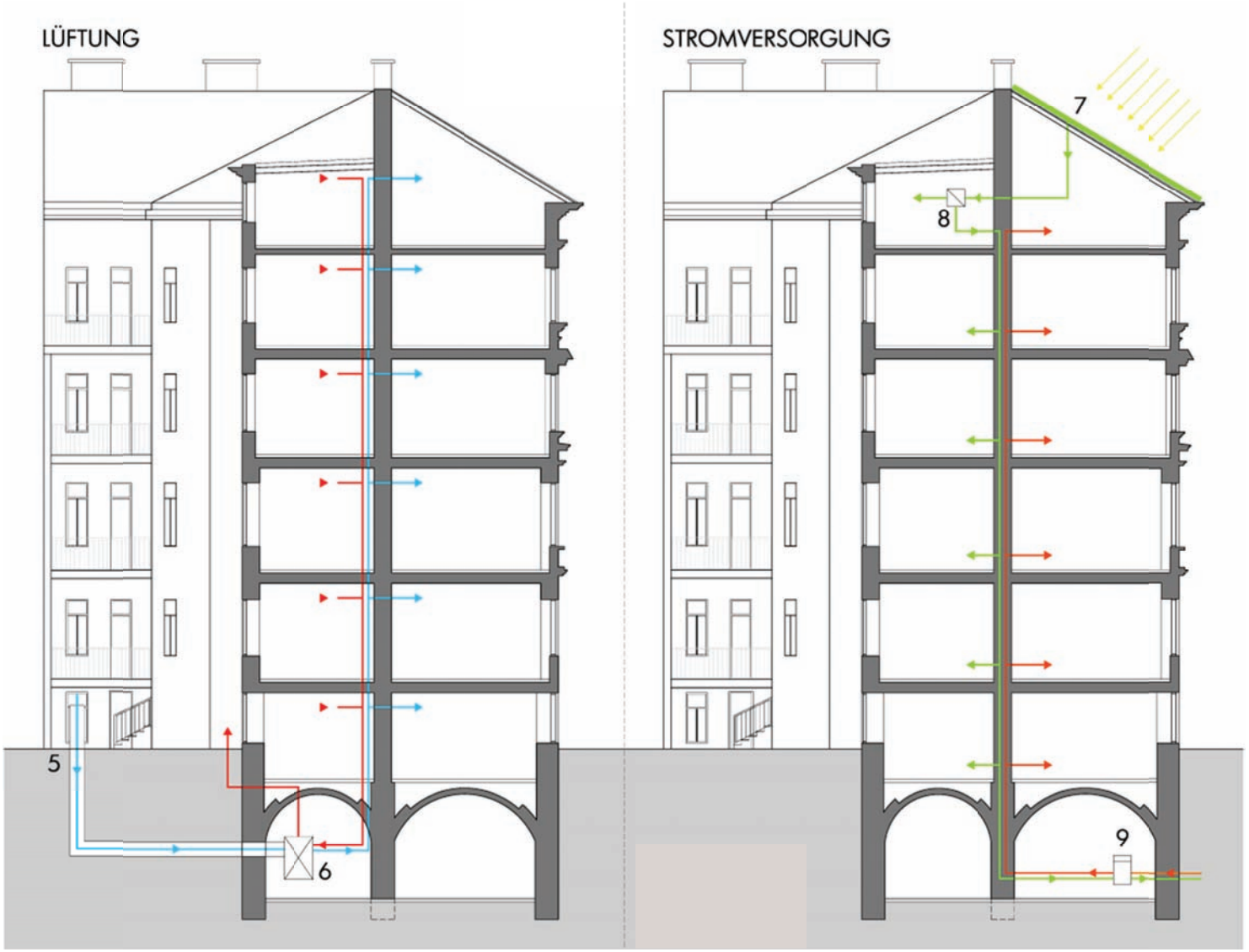
Die Orientierung des Gründerzeithauses in der Hofgasse 4 ist optimal für eine thermische Solaranlage geeignet. Der Großteil des Daches (175,02 m²) ist nach Südwesten und Südosten ausgerichtet. Davon sind lt. *Solarpotenzialkataster 158 m² sehr gut für die solare Nutzung* geeignet. [wien.gv] Aufgrund der saisonalen Schwankungen der Sonneneinstrahlung ist eine thermische Solaranlage (mit Flachkollektoren) ausschließlich für die Brauchwassererwärmung gewählt worden. Insgesamt werden 72,68 m² Kollektorfläche installiert. Diese Fläche deckt in den Sommermonaten *100 %* (April und September ca. *70 %*) und in den Wintermonaten (Oktober - März) bis zu *40 %* des Warmwasserbedarfs ab. [Hayner, Ruoff, Thiel] Als Unterstützung der Brauchwassererwärmung während der einstrahlungsarmen Saison kommen Erdwärmesonden mit Kopplung an eine Wärmepumpe zum Einsatz.

- **die Installierung von Erdwärmesonden für das Heiz- und Kühlsystem**

Im Zuge der Hofbegrünung bietet sich der zeitgleiche Einbau von Erdwärmesonden an. Zur Deckung der gesamten Heizlast sind zwei Sonden mit je 38 m Länge erforderlich. Über die Wärmepumpe (Erdreich / Wasser) wird das geringe Temperaturniveau (ca. 15 °C) auf die Betriebstemperatur des Heizsystems angehoben. Im Winter werden die Erdwärmesonden und die Wärmepumpe zeitgleich zur Unterstützung der Brauchwassererwärmung herangezogen. Im Sommer kommt das Geothermiesystem zur Unterstützung der Kühllastdeckung zum Einsatz. Durch die reversible Anwendung wird die Regeneration des Erdreichs zusätzlich gefördert. Das ermöglicht höhere Entzugsleistungen während der Heizperioden und einen effizienteren Einsatz der Wärmepumpe.

- **den Einbau von Wandflächenheizung und die Weiterverwendung der bestehenden Heizkörper zur Wärmeübergabe**

Die Wandflächenheizungen werden entlang der Außenwand zur Straße angebracht da diese nicht wärmegedämmt ist. Dadurch erhöhen sich die Oberflächentemperaturen was als sehr behaglich empfunden wird. Die bestehenden Heizkörper bleiben erhalten. Sie können die Raumtemperatur schneller regulieren als die trägen Wandheizungen was für die Benutzer eine flexible Steuerung erlaubt.


LÜFTUNG
STROMVERSORGUNG
5
6
7
8
9

■ **die Installierung einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Zuluftführung über einen Erdkanal zur Regulierung der Luftqualität und der Kühlung**

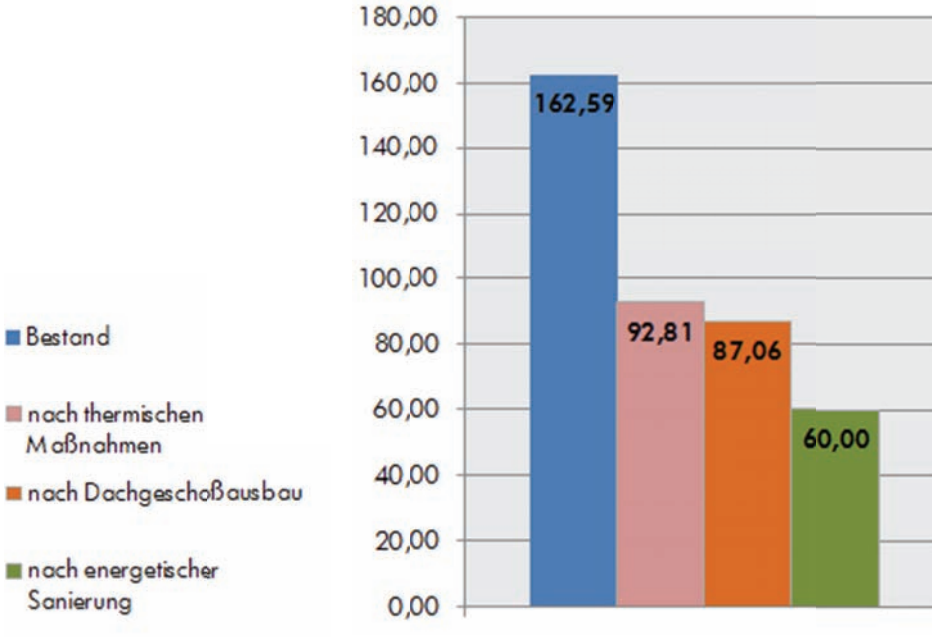
Aufgrund der verbesserten Dichtheit des Gebäudes ist ein Lüftungssystem zur Gewährleistung des hygienischen Luftwechsels erforderlich. Die angesaugte Luft wird über einen Erdkanal vortemperiert und im Keller zu der vertikalen Zuluftleitung geführt. Die vertikale Leitungsführung befindet sich im Gangbereich. Im jeweiligen Geschoß werden die Leitungen horizontal in abgehängten Decken zu den Luftöffnungen in den Aufenthaltsräumen geführt. Die Abluft wird in den belasteten Bereichen (Küche, Toilette und Bad) abgesaugt und nach einer Wärmerückgewinnung an die Umgebung abgegeben.

■ **die Installierung einer Wärmerückgewinnung und die Dämmung der Verteilungsleitungen zur Effizienzsteigerung der Bereitstellungssysteme**

Durch die Installierung einer Wärmerückgewinnung über einen Wärmetauscher wird die Effizienz der Heizungs-, Warmwasser- und Lüftungssysteme erhöht. Es kann bis zu 80 % der Abwärme weiterverwendet werden und zu dem Heiz- und des Lüftungssystems rückgeführt werden. Weiters reduziert die Dämmung der Verteilungsleitungen zusätzlich den Energiebedarf.

■ **die Installierung einer Photovoltaikanlage zur Stromerzeugung und die Kopplung mit dem örtlichen Stromnetz**

Von der verbleibenden solarnutzbaren Dachfläche (ca. 70 m²) werden 60 m² für Photovoltaikmodule verwendet. Die Anlage kann mit einer permanenten Spitzenleistung das gesamte Gründerzeithaus - theoretisch autark - mit Strom versorgen. Allerdings sind dabei die starken jahreszeitlichen Ertragsschwankungen nicht berücksichtigt. Um eine stabile Stromversorgung gewährleisten zu können wird die Photovoltaikanlage an das örtliche Stromnetz angeschlossen. Das hat den Vorteil, dass der Strom der zum Zeitpunkt der Produktion nicht verbraucht werden kann nicht hausintern gespeichert werden muss (dabei entstehen hohe Energieverluste) sondern in das örtliche Stromnetz eingespeist werden kann. Weiters kann die Energie die zum Zeitpunkt des Bedarfs nicht von der Photovoltaikanlage bereitgestellt werden kann wird durch das örtliche Stromnetz gedeckt werden.


180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
162,59
92,81
87,06
60,00
Bestand
nach thermischen Maßnahmen
nach Dachgeschoßausbau
nach energetischer Sanierung

aßnahmen

4.3. RESÜMEE DER SANIERUNG UND AUSBLICK

Der Standort des Gründerzeithauses in der Hofgasse 4 im 5. Bezirk besitzt eine sehr gute soziale und verkehrstechnische Infrastruktur. Die lebendige Atmosphäre des Stadtteils bietet eine hohe Wohnqualität in zentraler innerstädtischer Lage. Das Gebäude weist eine gut erhaltene Bausubstanz auf bei der vor allem die gegliederte Fassade schützenswert ist. Aufgrund dieser Gegebenheiten ist eine Erhaltung und Aufwertung des Gebäudes durch eine thermisch-energetischen Sanierung zu empfehlen.

Das Konzept zur thermischen Sanierung zeigt ein großes Potenzial zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs. Dabei können mit Hilfe der Aufwertung der Gebäudehülle und der Erhöhung der Gebäudekompaktheit bis zu 46,5 % des Bedarfs an Heizenergie eingespart werden. In Kombination mit dem Konzept zur energetischen Sanierung des Gründerzeithauses in der Hofgasse 4 sind noch höhere Energieeinsparungen möglich. So können über die Wärmerückgewinnung der Lüftungs- und Heizanlage und durch die Dämmung der Leitungen weitere 35 % des Heizwärmebedarfs reduziert werden. Das bedeutet eine Senkung des ursprünglichen Heizwärmebedarfs von 162,59 kWh/m²a auf etwa 60 kWh/m².
Der hohen Wärmeeinstrahlung (im Sommer) in den südöstlichen und südwestlichen Gebäudeteilen wird durch die Sonnenschutzbeschichtung der Kastenfensterverglasung entgegen gewirkt. Zur Deckung des verbleibenden Kühlbedarfs kommt die reversible Wärmepumpe zum Einsatz. Sie gleicht dadurch ebenfalls die Regenerationszeit des Erdreichs aus. **(Abb. 4. 11.)**

Diese thermisch-energetische Sanierung zeigt, dass der Energiebedarf eines Gründerzeithauses soweit reduziert werden kann um den verbleibenden Bedarf durch regenerative Energieträger decken zu können. Ausschließlich bei der Photovoltaik-Technologie verhindern die geringen Wirkungsgrade von maximal 16 % eine bedarfsdeckende Energieproduktion vor Ort.

In Hinblick auf die Ressourcenproblematik der fossilen Brennstoffe, das Problem der ansteigenden CO_2-Emissionen und dem damit verbundenen Klimawandel werden thermisch-energetische Sanierungen in Zukunft ein großes Aufgabengebiet darstellen. Dafür ist eine kompetenzübergreifende Zusammenarbeit von Architekten, Bauingenieuren, Haustechnikern, Denkmalpflegern, Energietechnikern und Bauphysikern eine unumgängliche Voraussetzung.

ANHANG

5. ANHANG

5.1. UNTERLAGEN ZUR THERMISCH-ENERGETISCHEN SANIERUNG

5.1.1. ENERGIEAUSWEISE

Energieausweis des Bestands

OIB-Programm
für die Berechnung von Energiekennzahlen
Version hwb02h

Allgemeine Angaben		
Gebäudeart:		Mehrfamilienhaus
Erbaut im Jahr:		1904
Standort:	Straße	Hofgasse 4 - Bestand
	PLZ, Ort	1050 Wien-Margareten (W)
	EZ	413
	Kat. Gem.	Margarethen
	Grst. Nr.	136
	Geo. Länge	
	Geo. Breite	
Eigentümer/Errichter:	Name	Dipl.Ing. Elisabeth Würrer Alder
	Straße	
	PLZ, Ort	
Energieausweis ausgestellt durch:	Name	Barbara Groß
	Straße	Rauscherstraße 10 / 16
	PLZ, Ort	1200 Wien
	Tel	
	GZ	
	Bearbeiter	
	Datum	06. Mai 2011
	Korrektur	

Technische Angaben	
Bauvorhaben:	Hofgasse 4 - Bestand

Gebäude			
Gebäude-widmung:	○ Einfamilienhaus		
	○ Zweifamilienhaus		
	○ Reihenhaus		
	◉ Mehrfamilienhaus	20 °C	qi = 3,0 W/m²
	○ Krankenhaus		
	○ Pflegeheim		
	○ Bürogebäude		
	○ Schule		
	○ Sonstige		
Bauweise:	◉ schwere Bauweise	ETA = 1,00	
	○ mittelschwere Bauweise		
	○ leichte Bauweise		

Abmessungen	
beheiztes Brutto-Volumen des Gebäudes V_B in m³	4987,52
beheizte Brutto-Geschoßfläche BGF_B in m²	1358,92

Transmissions- und Lüftungswärmeverluste			
Fenster:	◉ U-Wert laut Prüfbericht	für die solaren Gewinne gilt Ag = 0,7 * Aw	
	○ U-Wert-Berechnung		
Wärme-brücken:	◉ Leitwertzuschläge pauschal		
	○ Leitwertzuschläge gemäß EN ISO 10211-1 in W/K		
Lüftung:	◉ Fensterlüftung: Luftwechselrate in 1/h		1,00
	○ mechanische Lüftung		
	maschinell eingestellte Luftwechselrate >= 0,4 in 1/h		
	Nutzungsgrad der Wärmerückgewinnung η_{WRG} in %		
	Nutzungsgrad des Erdwärmetauschers η_{EWT} in %		
	Luftwechselrate infolge von Ex- und Infiltration n_x in 1/h		
	Luftwechselrate n in 1/h		1,00

Heizungstechnische Anlagen
ein Gas-Durchlauferhitzer pro Wohneinheit = insgesamt 12 Stück

Warmwassertechnische Anlagen
Nutzung des Gas-Durchlauferhitzers auch für die Warmwassererwärmung

ENERGIEAUSWEIS

Gebäudeart	Mehrfamilienhaus	**Erbaut im Jahr**	1904
Standort	Hofgasse 4 - Bestand 1050 Wien-Margareten	**Einlagezahl**	413
Katastralgemeinde	Margarethen	**Grundstücksnummer**	136
Eigentümer/Errichter (zum Zeitpunkt der Ausstellung)	Dipl.Ing. Elisabeth Würrer Alder		

Wärmeschutzklassen		**Energiekennzahl WBF**	**Energiekennzahl Standort**
Niedriger Heizwärmebedarf	**Skalierung**	**HWB_{BGF}**	**HWB_{BGF}**
A	$HWB_{BGF} \leq$ 30 kWh/(m²·a)		
B	$HWB_{BGF} \leq$ 50 kWh/(m²·a)		
C	$HWB_{BGF} \leq$ 70 kWh/(m²·a)		
D	$HWB_{BGF} \leq$ 90 kWh/(m²·a)		
E	$HWB_{BGF} \leq$ 120 kWh/(m²·a)		
F	$HWB_{BGF} \leq$ 160 kWh/(m²·a)		
G	$HWB_{BGF} >$ 160 kWh/(m²·a)	**162,59 kWh/(m²·a)**	**171,39 kWh/(m²·a)**
Hoher Heizwärmebedarf			

Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient U_m	1,05 W/(m²·K)	
Volumsbezogener Transmissions-Leitwert $P_{T,V}$	0,421 W/(m³·K)	
LEK-Wert	70	
Flächenbezogene Heizlast P_1	78,51 W/m²	laut WBF
Flächenbezogener Heizwärmebedarf HWB_{BGF}	**162,59 kWh/(m²·a)**	laut WBF
Zulässiger Grenzwert Niedrigenergiehaus	**36 kWh/(m²·a)**	

Ausgestellt durch
Barbara Groß
Rauscherstraße 10 / 16
1200 Wien

Geschäftszahl

Bearbeiter **Datum** 06. Mai 2011

entsprechend SAVE-Richtlinie 93/76/EWG nach KOM (87) 401 endg.

ENERGIEAUSWEIS

Klimadaten (Standort)

Seehöhe	180 m	Strahlungssummen I	
Heiztage HT	208 d/a	Süden	373 kWh/(m²·a)
Norm-Außentemperatur θ_{ne}	-13 °C	Osten/Westen	226 kWh/(m²·a)
Mittlere Innentemperatur θ_i	20 °C	Norden	154 kWh/(m²·a)
Heizgradtage HGT	3.398 Kd/a	Horizontal	383 kWh/(m²·a)

Klimadaten (WBF)

Seehöhe	m	Strahlungssummen I	
Heiztage HT	208 d/a	Süden	356 kWh/(m²·a)
Norm-Außentemperatur θ_{ne}	-12 °C	Osten/Westen	210 kWh/(m²·a)
Mittlere Innentemperatur θ_i	20 °C	Norden	150 kWh/(m²·a)
Heizgradtage HGT	3.235 Kd/a	Horizontal	368 kWh/(m²·a)

Gebäudedaten

Beheiztes Brutto-Volumen V_B	4.987,52 m³	Geographische Länge
Gebäudehüllfläche A_B	2.008,73 m²	Geographische Breite
Brutto-Geschoßfläche BGF_B	1358,92 m²	
Charakteristische Länge l_c	2,48 m	

	Ergebnisse	**WBF**	**Standort**	
1	Leitwerte $L_e + L_u + L_g$	2.099,78	2.099,78	W/K
2	Leitwertzuschläge $L_{\ddot{u}} + L_\gamma$			W/K
3	Transmissions-Leitwert L_T	2.099,78	2.099,78	W/K
4	Lüftungs-Leitwert L_V	1.234,41	1.234,41	W/K
5	Heizlast P_{tot}	106.694	110.028	W
6	Transmissionswärmeverluste Q_T	163.027	171.241	kWh/a
7	Lüftungswärmeverluste Q_V	95.840	100.669	kWh/a
8	Passive solare Wärmegewinne $\eta \times Q_s$	17.563	18.655	kWh/a
9	Interne Wärmegewinne $\eta \times Q_i$	20.351	20.351	kWh/a
10	**Heizwärmebedarf Q_h**	**220.952**	**232.903**	**kWh/a**
11	Verhältnis von Wärmegewinnen zu Wärmeverlusten γ	15	14	%

Anzahl der Beiblätter:

Wärmebrückenzuschlag: 0 %

Luftwechselrate: 1/h

Aufteilung der verglasten Flächen nach Himmelsrichtungen:
Süden: 4,8 % Osten: 32,8 % Westen: 32,6 % Norden: 29,8 %

Anmerkung:
Der Energieausweis dient zur Information über den energetischen Standard des Gebäudes. Für die Ausstellung dieses Energieausweises wurden Angaben des Errichters herangezogen. Der Berechnung liegen durchschnittliche Klimadaten, standardisierte interne Wärmegewinne sowie ein standardisiertes Nutzerverhalten zugrunde. Die errechneten Bedarfswerte können daher von den tatsächlichen Verbrauchswerten abweichen. Bei Mehrfamilienwohnhäusern ergeben sich je nach Lage der Wohnung im Gebäude unterschiedliche Energiekennzahlen. Für die exakte Auslegung der Heizungsanlage muß eine Berechnung der Heizlast gemäß ÖNORM M 7500 erstellt werden.

entsprechend SAVE-Richtlinie 93/76/EWG nach KOM (87) 401 endg.

Bauteile

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - Bestand

Bauteil 1 Kellerdecke — Decke zu unbeheiztem Keller

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Fliesen	1,5			1,300		0,012
2	Estrich	5,0			1,700		0,029
3	Beschüttung	13,5	100,00		0,700		0,193
4	Vollziegel-Gewölbe	25,0	100,00		0,700		0,357
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	0,340
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	0,931
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	0,931
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	0,931
Der Bauteil besteht aus 4 homogenen Schichten	
Gesamtdicke der Konstruktion: 45 cm	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	1,074
Temperaturkorrekturfaktor f_i	0,5

Bauteil 2 oberste Geschoßdecke — Decke zu unbeheiztem Dachraum

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz + Unterdecke	3,0			0,700		0,043
2	Dippelbäume	18,0			0,150		1,200
3	Beschüttung	2,5	100,00		0,700		0,036
4	Ziegelpflasterbelag	6,5	100,00		0,760		0,086
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	0,200
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	1,564
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	1,564
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	1,564
Der Bauteil besteht aus 4 homogenen Schichten	
Gesamtdicke der Konstruktion: 30 cm	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	0,639
Temperaturkorrekturfaktor f_i	0,9

Bauteile

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - Bestand

Bauteil 3 Außenwand Souterrain — Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	70,0			0,700		1,000
3	Kalk-Zementputz	3,5	100,00		0,800		0,044
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	nicht hinterlüftet	0,170
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W		1,235
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W		1,235
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W		1,235
Der Bauteil besteht aus 3 homogenen Schichten		
Gesamtdicke der Konstruktion: 75 cm		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K		0,810
Temperaturkorrekturfaktor f_i		1,0

Bauteil 4 Außenwand Hochparterre+1. Stock — Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	55,0			0,700		0,786
3	Kalk-Zementputz	3,5	100,00		0,800		0,044
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	nicht hinterlüftet	0,170
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W		1,021
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W		1,021
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W		1,021
Der Bauteil besteht aus 3 homogenen Schichten		
Gesamtdicke der Konstruktion: 60 cm		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K		0,980
Temperaturkorrekturfaktor f_i		1,0

Bauteile

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - Bestand

Bauteil 5 | Außenwand 2.+3. Stock | Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0.700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	40,0			0.700		0,571
3	Kalk-Zementputz	3,5	100,00		0.800		0,044
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W — nicht hinterlüftet	0,170
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	0,807
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	0,807
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	0,807
Der Bauteil besteht aus 3 homogenen Schichten	
Gesamtdicke der Konstruktion: 45 cm	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	1,240
Temperaturkorrekturfaktor f_i	1,0

Bauteil 6 | Fensterparapete | Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0.700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	25,0			0.700		0,357
3	Kalk-Zementputz	3,5	100,00		0.800		0,044
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W — nicht hinterlüftet	0,170
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	0,592
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	0,592
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	0,592
Der Bauteil besteht aus 3 homogenen Schichten	
Gesamtdicke der Konstruktion: 30 cm	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	1,688
Temperaturkorrekturfaktor f_i	1,0

Bauteile

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - Bestand

Bauteil 7 | Außenwand Souterrain | Erdanliegende Wand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	70,0			0,700		1,000
3							
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	0,130
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	1,151
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	0,576
Der Bauteil besteht aus 2 homogenen Schichten	
Gesamtdicke der Konstruktion: 71,5 cm	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	0,868
Temperaturkorrekturfaktor f_i	0,6

Bauteil 8 | Feuermauer | Wand zu sonstigem Pufferraum

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	28,5			0,700		0,407
3							
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	0,260
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	0,689
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	0,344
Der Bauteil besteht aus 2 homogenen Schichten	
Gesamtdicke der Konstruktion: 30 cm	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	1,452
Temperaturkorrekturfaktor f_i	0,5

Bauteile

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - Bestand

Bauteil 9 | Flachdach | Außendecke

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz + Unterdecke	3,0			0,700		0,043
2	Dippelbäume	18,0			0,150		1,200
3	Beschüttung	4,5	100,00		0,700		0,064
4	Decksand	2,0	100,00		0,700		0,029
5	Schalung	2,5	100,00		0,130		0,192
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	nach unten: nicht hinterlüftet	0,210
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W		1,738
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W		1,738
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W		1,738
Der Bauteil besteht aus 5 homogenen Schichten		
Gesamtdicke der Konstruktion: 30 cm		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K		0,575
Temperaturkorrekturfaktor f_i		1,0

Bauteil 10

◉ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
○ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	
Temperaturkorrekturfaktor f_i	

Fenstertypen (-konstruktionen)

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - Bestand

Fenster F1	Kastenfenster, 2-fach, Holz	
U-Wert des Fensters U_w laut Prüfbericht in W/m²K		2,500
U-Wert der Verglasung U_g in W/m²K		
U-Wert des Rahmens U_f in W/m²K		
Wärmebrückenzuschlag ψ_g in W/mK		
Gesamtenergiedurchlaßgrad g		0,800

Fenster F2	Kastenfenster, 1-fach, Holz (Stiegenhaus+WC)	
U-Wert des Fensters U_w laut Prüfbericht in W/m²K		4,600
U-Wert der Verglasung U_g in W/m²K		
U-Wert des Rahmens U_f in W/m²K		
Wärmebrückenzuschlag ψ_g in W/mK		
Gesamtenergiedurchlaßgrad g		0,900

Fenster F3		
U-Wert des Fensters U_w laut Prüfbericht in W/m²K		
U-Wert der Verglasung U_g in W/m²K		
U-Wert des Rahmens U_f in W/m²K		
Wärmebrückenzuschlag ψ_g in W/mK		
Gesamtenergiedurchlaßgrad g		

Fenster F4		
U-Wert des Fensters U_w laut Prüfbericht in W/m²K		
U-Wert der Verglasung U_g in W/m²K		
U-Wert des Rahmens U_f in W/m²K		
Wärmebrückenzuschlag ψ_g in W/mK		
Gesamtenergiedurchlaßgrad g		

Fenster F5		
U-Wert des Fensters U_w laut Prüfbericht in W/m²K		
U-Wert der Verglasung U_g in W/m²K		
U-Wert des Rahmens U_f in W/m²K		
Wärmebrückenzuschlag ψ_g in W/mK		
Gesamtenergiedurchlaßgrad g		

Fensterflächen

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - Bestand

Anzahl	Fenster	in Bauteil	j	S	b	h	A_w	f_g	A_g	A_f	l_g	U_w
	F1 - F10	1 - 24			m	m	m²		m²	m²	m	W/m²K
5	F1	3	W	U	1,10	1,70	9,35	0,70	6,55	2,81	28,05	2,500
4	F1	3	O	U	1,10	1,70	7,48	0,70	5,24	2,24	22,44	2,500
4	F1	3	N	U	0,80	1,70	5,44	0,70	3,81	1,63	16,32	2,500
1	F2	3	N	U	0,30	0,80	0,24	0,70	0,17	0,07	0,72	4,600
11	F1	4	W	U	1,10	2,00	24,20	0,70	16,94	7,26	72,60	2,500
12	F1	4	O	U	1,10	2,00	26,40	0,70	18,48	7,92	79,20	2,500
2	F1	4	S	U	1,10	2,00	4,40	0,70	3,08	1,32	13,20	2,500
8	F1	4	N	U	0,80	2,00	12,80	0,70	8,96	3,84	38,40	2,500
2	F2	4	N	U	0,30	0,80	0,48	0,70	0,34	0,14	1,44	4,600
5	F2	4	N	U	0,80	2,00	8,00	0,70	5,60	2,40	24,00	4,600
12	F1	5	W	U	1,10	2,20	29,04	0,70	20,33	8,71	87,12	2,500
12	F1	5	O	U	1,10	2,20	29,04	0,70	20,33	8,71	87,12	2,500
2	F1	5	S	U	1,10	2,20	4,84	0,70	3,39	1,45	14,52	2,500
8	F1	5	N	U	0,80	2,20	14,08	0,70	9,86	4,22	42,24	2,500
2	F2	5	N	U	0,30	0,80	0,48	0,70	0,34	0,14	1,44	4,600
9	F2	5	N	U	0,80	2,20	15,84	0,70	11,09	4,75	47,52	4,600
99							192,11		134,48	57,63	576,33	

Türflächen

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - Bestand

Anzahl	Türen	in Bauteil	b	h	A_d
	T1 - T6	1 - 24	m	m	m²
1	T1	4	1,70	3,50	5,95
3	T2	3	1,10	1,70	5,61
3	T3	4	0,80	2,00	4,80
2	T3	5	0,80	2,20	3,52
9					19,88

Leitwerte

Bauvorhaben:	Hofgasse 4 - Bestand

Bauteile

	Bezeichnung	A_{brutto} m²	A_i m²	U_i W/m²K	f_i	$A_i * U_i * f_i$ W/K
1	Decke zu unbeheiztem Keller - Kellerdecke	261,60	261,60	1,074	0,50	140,50
2	Decke zu unbeheiztem Dachraum - oberste Geschoßdecke	231,85	231,85	0,639	0,90	133,41
3	Außerwand - Außenwand Souterrain	143,36	115,24	0,810	1,00	93,30
4	Außerwand - Außenwand Hochparterre+1. Stock	438,64	351,61	0,980	1,00	344,41
5	Außerwand - Außenwand 2.+3. Stock	410,47	313,63	1,240	1,00	388,83
6	Außerwand - Fensterparapete	51,60	51,60	1,688	1,00	87,11
7	Erdanliegende Wand - Außenwand Souterrain	59,02	59,02	0,868	0,60	30,75
8	Wand zu sonstigem Pufferraum - Feuermauer	387,25	387,25	1,452	0,50	281,19
9	Außerdecke - Flachdach	24,95	24,95	0,575	1,00	14,36
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

Anmerkung: A_{brutto} beinhaltet die Bauteilflächen **inkl.** Fenster und Türen

Fenster

	Bezeichnung		A_i m²	U_i W/m²K	f_i	$A_i * U_i * f_i$ W/K
F1	Kastenfenster, 2-fach, Holz		167,07	2,500	var.	417,68
F2	Kastenfenster, 1-fach, Holz (Stiegenhaus+WC)		25,04	4,600	var.	115,18
F3					var.	
F4					var.	
F5					var.	
F6					var.	
F7					var.	
F8					var.	
F9					var.	
F10					var.	

Türen

	Bezeichnung		A_i m²	U_i W/m²K	f_i	$A_i * U_i * f_i$ W/K
T1	Eingangstür (Metal-Glas-Konstruktion)		5,95	4,000	var.	23,80
T2	Metalltür Souterrain		5,61	2,100	var.	11,78
T3	Balkontür / Gartentür (Holz-Glas-Konstruktion)		8,32	2,100	var.	17,47
T4					var.	
T5					var.	
T6					var.	

Energieausweis nach den thermischen Maßnahmen
(Wärmedämmung und Aufwertung der Kastenfenster)

OIB-Programm
für die Berechnung von Energiekennzahlen
Version hwb02h

Allgemeine Angaben

Gebäudeart:		Mehrfamilienhaus
Erbaut im Jahr:		1904
Standort:	Straße	Hofgasse 4 - nach thermischer Sanierung
	PLZ, Ort	1050 Wien-Margareten (W)
	EZ	413
	Kat. Gem.	Margarethen
	Grst. Nr.	136
	Geo. Länge	
	Geo. Breite	
Eigentümer/Errichter:	Name	Dipl.Ing. Elisabeth Würrer Alder
	Straße	
	PLZ, Ort	
Energieausweis ausgestellt durch:	Name	Barbara Groß
	Straße	Rauscherstraße 10 / 16
	PLZ, Ort	1200 Wien
	Tel	
	GZ	
	Bearbeiter	
	Datum	06. Mai 2011
	Korrektur	

ENERGIEAUSWEIS

Gebäudeart	Mehrfamilienhaus	**Erbaut im Jahr**	1904
Standort	Hofgasse 4 - nach thermischer Sani 1050 Wien-Margareten	**Einlagezahl**	413
Katastralgemeinde	Margarethen	**Grundstücksnummer**	136
Eigentümer/Errichter (zum Zeitpunkt der Ausstellung)	Dipl.Ing. Elisabeth Würrer Alder		

Wärmeschutzklassen		**Energiekennzahl WBF**	**Energiekennzahl Standort**
Niedriger Heizwärmebedarf	**Skalierung**	**HWB_{BGF}**	**HWB_{BGF}**
A	$HWB_{BGF} \leq$ 30 kWh/(m²·a)		
B	$HWB_{BGF} \leq$ 50 kWh/(m²·a)		
C	$HWB_{BGF} \leq$ 70 kWh/(m²·a)		
D	$HWB_{BGF} \leq$ 90 kWh/(m²·a)		
E	$HWB_{BGF} \leq$ 120 kWh/(m²·a)	**92,87 kWh/(m²·a)**	**98,2 kWh/(m²·a)**
F	$HWB_{BGF} \leq$ 160 kWh/(m²·a)		
G	$HWB_{BGF} >$ 160 kWh/(m²·a)		
Hoher Heizwärmebedarf			

Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient U_m	0,74 W/(m²·K)	
Volumsbezogener Transmissions-Leitwert $P_{T,V}$	0,262 W/(m³·K)	
LEK-Wert	46	
Flächenbezogene Heizlast P_1	47,74 W/m²	laut WBF
Flächenbezogener Heizwärmebedarf HWB_{BGF}	**92,87 kWh/(m²·a)**	laut WBF
Zulässiger Grenzwert Niedrigenergiehaus	**34 kWh/(m²·a)**	

Ausgestellt durch
Barbara Groß
Rauscherstraße 10 / 16
1200 Wien

Geschäftszahl

Bearbeiter **Datum** 06. Mai 2011

ENERGIEAUSWEIS

Klimadaten (Standort)

Seehöhe	180 m	Strahlungssummen I	
Heiztage HT	208 d/a	Süden	373 kWh/(m²·a)
Norm-Außentemperatur θ_{ne}	-13 °C	Osten/Westen	226 kWh/(m²·a)
Mittlere Innentemperatur θ_i	20 °C	Norden	154 kWh/(m²·a)
Heizgradtage HGT	3.398 Kd/a	Horizontal	383 kWh/(m²·a)

Klimadaten (WBF)

Seehöhe	m	Strahlungssummen I	
Heiztage HT	208 d/a	Süden	356 kWh/(m²·a)
Norm-Außentemperatur θ_{ne}	-12 °C	Osten/Westen	210 kWh/(m²·a)
Mittlere Innentemperatur θ_i	20 °C	Norden	150 kWh/(m²·a)
Heizgradtage HGT	3.235 Kd/a	Horizontal	368 kWh/(m²·a)

Gebäudedaten

Beheiztes Brutto-Volumen V_B	5.924,45 m³	Geographische Länge	
Gebäudehüllfläche A_B	2.105,28 m²	Geographische Breite	
Brutto-Geschoßfläche BGF_B	1631,51 m²		
Charakteristische Länge l_c	2,81 m		

	Ergebnisse	**WBF**	**Standort**	
1	Leitwerte $L_e + L_u + L_g$	1.549,69	1.549,69	W/K
2	Leitwertzuschläge $L_{\ddot{U}} + L_z$	4,31	4,31	W/K
3	Transmissions-Leitwert L_T	1.554,00	1.554,00	W/K
4	Lüftungs-Leitwert L_V	879,78	879,78	W/K
5	Heizlast P_{tot}	77.881	80.315	W
6	Transmissionswärmeverluste Q_T	120.652	126.732	kWh/a
7	Lüftungswärmeverluste Q_V	68.306	71.748	kWh/a
8	Passive solare Wärmegewinne $\eta \times Q_s$	13.013	13.828	kWh/a
9	Interne Wärmegewinne $\eta \times Q_i$	24.433	24.433	kWh/a
10	**Heizwärmebedarf Q_h**	**151.512**	**160.219**	**kWh/a**
11	Verhältnis von Wärmegewinnen zu Wärmeverlusten γ	20	19	%

Anzahl der Beiblätter:

Wärmebrückenzuschlag: 0,3 % Luftwechselrate: 0,6/h

Aufteilung der verglasten Flächen nach Himmelsrichtungen:
Süden: 4,8 % Osten: 32,8 % Westen: 32,6 % Norden: 29,8 %

Anmerkung:
Der Energieausweis dient zur Information über den energetischen Standard des Gebäudes. Für die Ausstellung dieses Energieausweises wurden Angaben des Errichters herangezogen. Der Berechnung liegen durchschnittliche Klimadaten, standardisierte interne Wärmegewinne sowie ein standardisiertes Nutzerverhalter zugrunde. Die errechneten Bedarfswerte können daher von den tatsächlichen Verbrauchswerten abweichen. Bei Mehrfamilienwohnhäusern ergeben sich je nach Lage der Wohnung im Gebäude unterschiedliche Energiekennzahlen. Für die exakte Auslegung der Heizungsanlage muß eine Berechnung der Heizlast gemäß ÖNORM M 7500 erstellt werden.

entsprechend SAVE-Richtlinie 93/76/EWG nach KOM (87) 401 endg.

Technische Angaben

Bauvorhaben:	Hofgasse 4 - nach thermischer Sanierung

Gebäude

Gebäude-widmung:	○ Einfamilienhaus		
	○ Zweifamilienhaus		
	○ Reihenhaus		
	◉ Mehrfamilienhaus	20 °C	qi = 3,0 W/m²
	○ Krankenhaus		
	○ Pflegeheim		
	○ Bürogebäude		
	○ Schule		
	○ Sonstige		
Bauweise:	◉ schwere Bauweise	ETA = 1,00	
	○ mittelschwere Bauweise		
	○ leichte Bauweise		

Abmessungen

beheiztes Brutto-Volumen des Gebäudes V_B in m³	5924,45
beheizte Brutto-Geschoßfläche BGF_B in m²	1631,5

Transmissions- und Lüftungswärmeverluste

Fenster:	◉ U-Wert laut Prüfbericht	für die solaren Gewinne gilt Ag = 0,7 * Aw	
	○ U-Wert-Berechnung		
Wärme-brücken:	◉ Leitwertzuschläge pauschal		
	○ Leitwertzuschläge gemäß EN ISO 10211-1 in W/K		
Lüftung:	◉ Fensterlüftung: Luftwechselrate in 1/h		0,60
	○ mechanische Lüftung		
	maschinell eingestellte Luftwechselrate >= 0,4 in 1/h		
	Nutzungsgrad der Wärmerückgewinnung η_{WRG} in %		
	Nutzungsgrad des Erdwärmetauschers η_{EWT} in %		
	Luftwechselrate infolge von Ex- und Infiltration n_x in 1/h		
	Luftwechselrate n in 1/h		0,60

Heizungstechnische Anlagen

ein Gas-Durchlauferhitzer pro Wohneinheit = insgesamt 12 Stück

Warmwassertechnische Anlagen

Nutzung des Gas-Durchlauferhitzers auch für die Warmwassererwärmung

Bauteile

Bauvorhaben:	Hofgasse 4 - nach thermischer Sanierung

Bauteil 1 — Kellerdecke — Decke zu unbeheiztem Keller

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Fliesen im Dünnbett	1,5			1,300		0,012
2	Zementestrich	5,0			1,700		0,029
3	TDP (30/25mm)	3,0	100,00		0,700		0,043
4	Wärmedämmung (EPS)	8,0	100,00		0,032		2,500
5	Beschüttung	2,5	100,0		0,700		0,036
6	Vollziegel-Gewölbe	25,0	100,00		0,700		0,357
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	0,340
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	3,317
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	3,317
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	3,317
Der Bauteil besteht aus 6 homogenen Schichten	
Gesamtdicke der Konstruktion: 45 cm	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	0,302
Temperaturkorrekturfaktor f_i	0,5

Bauteil 2 — oberste Geschoßdecke — Decke zu unbeheiztem Dachraum

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz + Unterdecke	3,0			0,700		0,043
2	Dippelbäume	18,0			0,150		1,200
3	Beschüttung	2,5	100,00		0,700		0,036
4	Ziegelpflasterbelag	6,5	100,00		0,760		0,086
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	0,200
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	1,564
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	1,564
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	1,564
Der Bauteil besteht aus 4 homogenen Schichten	
Gesamtdicke der Konstruktion: 30 cm	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	0,639
Temperaturkorrekturfaktor f_i	0,9

Bauteile

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - nach thermischer Sanierung

Bauteil 3 | Außenwand Souterrain (Straße) | Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	70,0			0,700		1,000
3	Kalk-Zementputz	3,5	100,00		0,800		0,044
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	nicht hinterlüftet	0,170
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W		1,235
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W		1,235
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W		1,235
Der Bauteil besteht aus 3 homogenen Schichten		
Gesamtdicke der Konstruktion: 75 cm		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K		0,810
Temperaturkorrekturfaktor f_i		1,0

Bauteil 4 | Außenwand HP+1. Stock (Straße) | Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	55,0			0,700		0,786
3	Kalk-Zementputz	3,5	100,00		0,800		0,044
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	nicht hinterlüftet	0,170
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W		1,021
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W		1.021
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W		1,021
Der Bauteil besteht aus 3 homogenen Schichten		
Gesamtdicke der Konstruktion: 60 cm		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K		0,980
Temperaturkorrekturfaktor f_i		1,0

Bauteile

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - nach thermischer Sanierung

Bauteil 5 | Außenwand 2. - DG (Straße) | Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	40,0			0,700		0,571
3	Kalk-Zementputz	3,5	100,00		0,800		0,044
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	nicht hinterlüftet	0,170
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W		0,807
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W		0,807
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W		0,807
Der Bauteil besteht aus 3 homogenen Schichten		
Gesamtdicke der Konstruktion: 45 cm		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K		1,240
Temperaturkorrekturfaktor f_i		1,0

Bauteil 6 | Fensterparapete (Straße) | Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	25,0			0,700		0,357
3	Kalk-Zementputz	3,5	100,00		0,800		0,044
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	nicht hinterlüftet	0,170
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W		0,592
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W		0,592
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W		0,592
Der Bauteil besteht aus 3 homogenen Schichten		
Gesamtdicke der Konstruktion: 30 cm		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K		1,688
Temperaturkorrekturfaktor f_i		1,0

Bauteile

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - nach thermischer Sanierung

Bauteil 7 | Außenwand Souterrain (Straße) | Erdanliegende Wand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	70,0			0,700		1,000
3							
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	0,130
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	1,151
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	0,576
Der Bauteil besteht aus 2 homogenen Schichten	
Gesamtdicke der Konstruktion: 71,5 cm	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	0,868
Temperaturkorrekturfaktor f_i	0,6

Bauteil 8 | Feuermauer | Wand zu sonstigem Fufferraum

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	28,5			0,700		0,407
3							
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	0,260
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	0,689
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	0,344
Der Bauteil besteht aus 2 homogenen Schichten	
Gesamtdicke der Konstruktion: 30 cm	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	1,452
Temperaturkorrekturfaktor f_i	0,5

Bauteile

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - nach thermischer Sanierung

Bauteil 9 | Außenwand Souterrain (Hof) | Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	70,0			0,700		1,000
3	Wärmedämmung (Schafwolle)	20,0	100,00		0,036		5,556
4	Hinterlüftung mit Lattung	3,0	90,00	10,00	0,200	0,130	0,155
5	Holz-Außenwandpaneel (wasserfest verleimt, be	3,5	100,00		0,130		0,269
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W hinterlüftet	0,260
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	7,264
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	7,262
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	7,263
Der Bauteil besteht aus 4 homogenen und 1 inhomogenen Schichten	
Gesamtdicke der Konstruktion: 98 cm	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	0,138
Temperaturkorrekturfaktor f_i	1,0

Bauteil 10 | Außenwand HP+1. Stock (Hof) | Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	55,0			0,700		0,786
3	Wärmedämmung (Schafwolle)	20,0	100,00		0,036		5,556
4	Hinterlüftung mit Lattung	3,0	90,00	10,00	0,200	0,130	0,155
5	Holz-Außenwandpaneel (wasserfest verleimt, be	3,5	100,00		0,130		0,269
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W hinterlüftet	0,260
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	7,050
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	7,047
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	7,049
Der Bauteil besteht aus 4 homogenen und 1 inhomogenen Schichten	
Gesamtdicke der Konstruktion: 83 cm	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	0,142
Temperaturkorrekturfaktor f_i	1,0

Bauteile

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - nach thermischer Sanierung

Bauteil 11 | Außenwand 2. - DG (Hof) | Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	40,0			0,700		0,571
3	Wärmedämmung (Schafwolle)	20,0	100,00		0,036		5,556
4	Hinterlüftung mit Lattung	3,0	90,00	10,00	0,200	0,130	0,155
5	Holz-Außenwandpaneel (wasserfest verleimt, be	3,5	100,00		0,130		0,269
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	hinterlüftet	0,260
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W		6,836
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W		6,833
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W		6,834
Der Bauteil besteht aus 4 homogenen und 1 inhomogenen Schichten		
Gesamtdicke der Konstruktion: 68 cm		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K		0,146
Temperaturkorrekturfaktor f_i		1,0

Bauteil 12 | Fensterparapete (Hof) | Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	25,0			0,700		0,357
3	Wärmedämmung (Schafwolle)	20,0	100,00		0,036		5,556
4	Hinterlüftung mit Lattung	3,0	90,00	10,00	0,200	0,130	0,155
5	Holz-Außenwandpaneel (wasserfest verleimt, be	3,5	100,00		0,130		0,269
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	hinterlüftet	0,260
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W		6,621
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W		6,619
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W		6,620
Der Bauteil besteht aus 4 homogenen und 1 inhomogenen Schichten		
Gesamtdicke der Konstruktion: 53 cm		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K		0,151
Temperaturkorrekturfaktor f_i		1,0

Bauteile

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - nach thermischer Sanierung

Bauteil 13 | Flachdach | Außendecke

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz + Unterdecke	3,0			0,700		0,043
2	Dippelbäume	18,0			0,150		1,200
3	Beschüttung	4,5	100,00		0,700		0,064
4	Decksand	2,0	100,00		0,700		0,029
5	Schalung	2,5	100,00		0,130		0,192
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	nach unten: nicht hinterlüftet	0,210
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W		1,738
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W		1,738
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W		1,738
Der Bauteil besteht aus 5 homogenen Schichten		
Gesamtdicke der Konstruktion: 30 cm		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K		0,575
Temperaturkorrekturfaktor f_i		1,0

Bauteil 14

◉ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
○ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	
Temperaturkorrekturfaktor f_i	

Fenstertypen (-konstruktionen)

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - nach thermischer Sanierung

Fenster F1	Kastenfenster, 2-fach, Holz, saniert	
U-Wert des Fensters	U_w laut Prüfbericht in W/m²K	1,300
U-Wert der Verglasung	U_g in W/m²K	
U-Wert des Rahmens	U_f in W/m²K	
Wärmebrückenzuschlag	ψ_g in W/mK	
Gesamtenergiedurchlaßgrad	g	0,600

Fenster F2	Kastenfenster, 1-fach, Holz, saniert (Stiegenhaus+WC)	
U-Wert des Fensters	U_w laut Prüfbericht in W/m²K	1,500
U-Wert der Verglasung	U_g in W/m²K	
U-Wert des Rahmens	U_f in W/m²K	
Wärmebrückenzuschlag	ψ_g in W/mK	
Gesamtenergiedurchlaßgrad	g	0,600

Fenster F3		
U-Wert des Fensters	U_w laut Prüfbericht in W/m²K	
U-Wert der Verglasung	U_g in W/m²K	
U-Wert des Rahmens	U_f in W/m²K	
Wärmebrückenzuschlag	ψ_g in W/mK	
Gesamtenergiedurchlaßgrad	g	

Fenster F4		
U-Wert des Fensters	U_w laut Prüfbericht in W/m²K	
U-Wert der Verglasung	U_g in W/m²K	
U-Wert des Rahmens	U_f in W/m²K	
Wärmebrückenzuschlag	ψ_g in W/mK	
Gesamtenergiedurchlaßgrad	g	

Fenster F5		
U-Wert des Fensters	U_w laut Prüfbericht in W/m²K	
U-Wert der Verglasung	U_g in W/m²K	
U-Wert des Rahmens	U_f in W/m²K	
Wärmebrückenzuschlag	ψ_g in W/mK	
Gesamtenergiedurchlaßgrad	g	

Fensterflächen

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - nach thermischer Sanierung

Anzahl	Fenster F1 - F10	in Bauteil 1 - 24	j	S	b m	h m	A_w m²	f_g	A_g m²	A_f m²	l_g m	U_w W/m²K
5	F1	3	W	U	1,10	1,70	9,35	0,70	6,55	2,81	28,05	1,300
4	F1	3	O	U	1,10	1,70	7,48	0,70	5,24	2,24	22,44	1,300
4	F1	9	N	U	0,80	1,70	5,44	0,70	3,81	1,63	16,32	1,300
1	F2	9	N	U	0,30	0,80	0,24	0,70	0,17	0,07	0,72	1,500
11	F1	4	W	U	1,10	2,00	24,20	0,70	16,94	7,26	72,60	1,300
12	F1	4	O	U	1,10	2,00	26,40	0,70	18,48	7,92	79,20	1,300
2	F1	4	S	U	1,10	2,00	4,40	0,70	3,08	1,32	13,20	1,300
8	F1	10	N	U	0,80	2,00	12,80	0,70	8,96	3,84	38,40	1,300
2	F2	10	N	U	0,30	0,80	0,48	0,70	0,34	0,14	1,44	1,500
5	F2	10	N	U	0,80	2,00	8,00	0,70	5,60	2,40	24,00	1,500
12	F1	5	W	U	1,10	2,20	29,04	0,70	20,33	8,71	87,12	1,300
12	F1	5	O	U	1,10	2,20	29,04	0,70	20,33	8,71	87,12	1,300
2	F1	5	S	U	1,10	2,20	4,84	0,70	3,39	1,45	14,52	1,300
8	F1	11	N	U	0,80	2,20	14,08	0,70	9,86	4,22	42,24	1,300
2	F2	11	N	U	0,30	0,80	0,48	0,70	0,34	0,14	1,44	1,500
9	F2	11	N	U	0,80	2,20	15,84	0,70	11,09	4,75	47,52	1,500
99							192,11		134,48	57,63	576,33	

Leitwerte

Bauvorhaben:	Hofgasse 4 - nach thermischer Sanierung

Bauteile

	Bezeichnung	A_{brutto} m²	A_i m²	U_i W/m²K	f_i	$A_i * U_i * f_i$ W/K
1	Decke zu unbeheiztem Keller - Kellerdecke	261,60	261,60	0,302	0,50	39,44
2	Decke zu unbeheiztem Dachraum - oberste Geschoßdecke	231,85	231,85	0,639	0,90	133,41
3	Außenwand - Außenwand Souterrain (Straße)	82,18	59,74	0,810	1,00	48,36
4	Außenwand - Außenwand HP+1. Stock (Straße)	248,27	179,63	0,980	1,00	175,95
5	Außenwand - Außenwand 2. - DG (Straße)	332,31	265,87	1,240	1,00	329,62
6	Außenwand - Fensterparapete (Straße)	41,36	41,36	1,688	1,00	69,83
7	Erdanliegende Wand - Außenwand Souterrain (Straße)	83,08	83,08	0,868	0,60	43,29
8	Wand zu sonstigem Pufferraum - Feuermauer	460,05	460,05	1,452	0,50	334,06
9	Außenwand - Außenwand Souterrain (Hof)	40,55	34,87	0,138	1,00	4,80
10	Außenwand - Außenwand HP+1. Stock (Hof)	124,99	103,71	0,142	1,00	14,71
11	Außenwand - Außenwand 2. - DG (Hof)	163,85	133,45	0,146	1,00	19,53
12	Außenwand - Fensterparapete (Hof)	10,24	10,24	0,151	1,00	1,55
13	Außendecke - Flachdach	24,95	24,95	0,575	1,00	14,36
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

Anmerkung: A_{brutto} beinhaltet die Bauteilflächen **inkl.** Fenster und Türen

Fenster

	Bezeichnung		A_i m²	U_i W/m²K	f_i	$A_i * U_i * f_i$ W/K
F1	Kastenfenster, 2-fach, Holz, saniert		167,07	1,300	var.	217,19
F2	Kastenfenster, 1-fach, Holz, saniert (Stiegenhaus+WC)		25,04	1,500	var.	37,56
F3					var.	
F4					var.	
F5					var.	
F6					var.	
F7					var.	
F8					var.	
F9					var.	
F10					var.	

Türen

	Bezeichnung		A_i m²	U_i W/m²K	f_i	$A_i * U_i * f_i$ W/K
T1	Eingangsprtal (Metal-Glas-Konstruktion)		8,84	4,000	var.	35,36
T2	Metalltür Souterrain		5,61	2,100	var.	11,78
T3	Balkontür / Gartentür (Holz-Glas-Konstruktion)		8,32	2,100	var.	17,47
T4					var.	
T5					var.	
T6					var.	

Energieausweis nach der thermischen Sanierung
(inklusive Dachgeschoßeinbau)

OIB-Programm
für die Berechnung von Energiekennzahlen

Version hwb02h

Allgemeine Angaben

Gebäudeart:		Mehrfamilienhaus
Erbaut im Jahr:		1904
Standort:	Straße	Hofgasse 4 - nach Sanierung
	PLZ, Ort	1050 Wien-Margareten (W)
	EZ	413
	Kat. Gem.	Margarethen
	Grsl. Nr.	136
	Geo. Länge	
	Geo. Breite	
Eigentümer/Errichter:	Name	Dipl.Ing. Elisabeth Würrer Alder
	Straße	
	PLZ, Ort	
Energieausweis ausgestellt durch:	Name	Barbara Groß
	Straße	Rauscherstraße 10 / 16
	PLZ, Ort	1200 Wien
	Tel	
	GZ	
	Bearbeiter	
	Datum	06. Mai 2011
	Korrektur	

Technische Angaben

Bauvorhaben:	Hofgasse 4 - nach Sanierung

Gebäude

Gebäude-widmung:	○ Einfamilienhaus		
	○ Zweifamilienhaus		
	○ Reihenhaus		
	◉ Mehrfamilienhaus	20 °C	qi = 3,0 W/m²
	○ Krankenhaus		
	○ Pflegeheim		
	○ Bürogebäude		
	○ Schule		
	○ Sonstige		
Bauweise:	◉ schwere Bauweise	ETA = 1,00	
	○ mittelschwere Bauweise		
	○ leichte Bauweise		

Abmessungen

beheiztes Brutto-Volumen des Gebäudes V_B in m³	5924,45
beheizte Brutto-Geschoßfläche BGF_B in m²	1631,51

Transmissions- und Lüftungswärmeverluste

Fenster:	◉ U-Wert laut Prüfbericht	für die solaren Gewinne gilt Ag = 0,7 * Aw	
	○ U-Wert-Berechnung		
Wärme-brücken:	◉ Leitwertzuschläge pauschal		
	○ Leitwertzuschläge gemäß EN ISO 10211-1 in W/K		
Lüftung:	◉ Fensterlüftung: Luftwechselrate in 1/h		0,60
	○ mechanische Lüftung		
	maschinell eingestellte Luftwechselrate >= 0,4 in 1/h		
	Nutzungsgrad der Wärmerückgewinnung η_{WRG} in %		
	Nutzungsgrad des Erdwärmetauschers η_{EWT} in %		
	Luftwechselrate infolge von Ex- und Infiltration n_x in 1/h		
	Luftwechselrate n in 1/h		0,60

Heizungstechnische Anlagen

Erdwärmesonde mit Wärmepumpe und Wärmerückgewinnung

Warmwassertechnische Anlagen

Solarkollektoren mit Anlage zur Wärmerückgewinnung

ENERGIEAUSWEIS

OiB

Gebäudeart	Mehrfamilienhaus	**Erbaut im Jahr**	1904
Standort	Hofgasse 4 - nach Sanierung 1050 Wien-Margareten	**Einlagezahl**	413
Katastralgemeinde	Margarethen	**Grundstücksnummer**	136
Eigentümer/Errichter (zum Zeitpunkt der Ausstellung)	Dipl.Ing. Elisabeth Würrer Alder		

Wärmeschutzklassen		**Energiekennzahl WBF**	**Energiekennzahl Standort**
Niedriger Heizwärmebedarf	**Skalierung**	HWB_{BGF}	HWB_{BGF}
A	$HWB_{BGF} \leq$ 30 kWh/(m²·a)		
B	$HWB_{BGF} \leq$ 50 kWh/(m²·a)		
C	$HWB_{BGF} \leq$ 70 kWh/(m²·a)		
D	$HWB_{BGF} \leq$ 90 kWh/(m²·a)	87,06 kWh/(m²·a)	
E	$HWB_{BGF} \leq$ 120 kWh/(m²·a)		92,09 kWh/(m²·a)
F	$HWB_{BGF} \leq$ 160 kWh/(m²·a)		
G	$HWB_{BGF} >$ 160 kWh/(m²·a)		
Hoher Heizwärmebedarf			

Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient U_m	0,69 W/(m²·K)	
Volumsbezogener Transmissions-Leitwert $P_{T,V}$	0,245 W/(m³·K)	
LEK-Wert	43	
Flächenbezogene Heizlast P_1	45,72 W/m²	laut WBF
Flächenbezogener Heizwärmebedarf HWB_{BGF}	**87,06 kWh/(m²·a)**	laut WBF
Zulässiger Grenzwert Niedrigenergiehaus	**34 kWh/(m²·a)**	

Ausgestellt durch	Barbara Groß Rauscherstraße 10 / 16 1200 Wien		
Geschäftszahl			
Bearbeiter		**Datum**	06. Mai 2011

entsprechend SAVE-Richtlinie 93/76/EWG nach KOM (87) 401 endg.

ENERGIEAUSWEIS

Klimadaten (Standort)

Seehöhe	180 m	Strahlungssummen I	
Heiztage HT	208 d/a	Süden	373 kWh/(m²·a)
Norm-Außentemperatur θ_{ne}	-13 °C	Osten/Westen	226 kWh/(m²·a)
Mittlere Innentemperatur θ_i	20 °C	Norden	154 kWh/(m²·a)
Heizgradtage HGT	3.398 Kd/a	Horizontal	383 kWh/(m²·a)

Klimadaten (WBF)

Seehöhe	m	Strahlungssummen I	
Heiztage HT	208 d/a	Süden	356 kWh/(m²·a)
Norm-Außentemperatur θ_{ne}	-12 °C	Osten/Westen	210 kWh/(m²·a)
Mittlere Innentemperatur θ_i	20 °C	Norden	150 kWh/(m²·a)
Heizgradtage HGT	3.235 Kd/a	Horizontal	368 kWh/(m²·a)

Gebäudedaten

Beheiztes Brutto-Volumen V_B	5.924,45 m³	Geographische Länge	
Gebäudehüllfläche A_B	2.097,05 m²	Geographische Breite	
Brutto-Geschoßfläche BGF_B	1631,51 m²		
Charakteristische Länge l_c	2,83 m		

	Ergebnisse	WBF	Standort	
1	Leitwerte $L_e + L_u + L_g$	1.431,82	1.431,82	W/K
2	Leitwertzuschläge $L_\chi + L_z$	19,25	19,25	W/K
3	Transmissions-Leitwert L_T	1.451,07	1.451,07	W/K
4	Lüftungs-Leitwert L_V	879,78	879,78	W/K
5	Heizlast P_{tot}	74.587	76.918	W
6	Transmissionswärmeverluste Q_T	112.661	118.338	kWh/a
7	Lüftungswärmeverluste Q_V	68.306	71.748	kWh/a
8	Passive solare Wärmegewinne $\eta \times Q_s$	14.500	15.408	kWh/a
9	Interne Wärmegewinne $\eta \times Q_i$	24.433	24.433	kWh/a
10	**Heizwärmebedarf Q_h**	**142.033**	**150.244**	**kWh/a**
11	Verhältnis von Wärmegewinnen zu Wärmeverlusten γ	22	21	%

Anzahl der Beiblätter:

Wärmebrückenzuschlag: 1,3 %

Luftwechselrate: 0,6/h

Aufteilung der verglasten Flächen nach Himmelsrichtungen:
Süden: 5,3 % Osten: 32,6 % Westen: 32,4 % Norden: 29,7 %

Anmerkung:
Der Energieausweis dient zur Information über den energetischen Standard des Gebäudes. Für die Ausstellung dieses Energieausweises wurden Angaben des Errichters herangezogen. Der Berechnung liegen durchschnittliche Klimadaten, standardisierte interne Wärmegewinne sowie ein standardisiertes Nutzerverhalten zugrunde. Die errechneten Bedarfswerte können daher von den tatsächlichen Verbrauchswerten abweichen. Bei Mehrfamilienwohnhäusern ergeben sich je nach Lage der Wohnung im Gebäude unterschiedliche Energiekennzahlen. Für die exakte Auslegung der Heizungsanlage muß eine Berechnung der Heizlast gemäß ÖNORM M 7500 erstellt werden.

entsprechend SAVE-Richtlinie 93/76/EWG nach KOM (87) 401 endg.

Bauteile

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - nach Sanierung

Bauteil 1 Kellerdecke — Decke zu unbeheiztem Keller

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Fliesen im Dünnbett	1,5			1,300		0,012
2	Zementestrich	5,0			1,700		0,029
3	TDP (30/25mm)	3,0	100,00		0,700		0,043
4	Wärmedämmung (EPS)	8,0	100,00		0,032		2,500
5	Beschüttung	2,5	100,0		0,700		0,036
6	Vollziegel-Gewölbe	25,0	100,00		0,700		0,357
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	0,340
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	3,317
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	3,317
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	3,317
Der Bauteil besteht aus 6 homogenen Schichten	
Gesamtdicke der Konstruktion: 45 cm	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	0,302
Temperaturkorrekturfaktor f_i	0,5

Bauteil 2 Dach — Dachschräge

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	PCM-Gipsbauplatte	2,5			0,210		0,119
2	Lattung	3,0			0,130		0,231
3	WD (Schafwolle) zwischen Sparren	24,0	90,00	10,00	0,036	0,130	5,286
4	sägeraue Holzplatte	1,8	100,00		0,130		0,138
5	WD (Schafwolle)	8,0	100,00		0,036		2,222
6	Schalung	3,0	10,00	90,00	0,130	0,200	0,155
7	Hinterlüftung zw. Konterlattung	5,0			0,200		0,250
8	Lattung	3,0			0,130		0,231

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W hinterlüftet	0,200
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	9,378
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	8,833
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	9,106
Der Bauteil besteht aus 6 homogenen und 2 inhomogenen Schichten	
Gesamtdicke der Konstruktion: 50,3 cm	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	0,110
Temperaturkorrekturfaktor f_i	1,0

Bauteile

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - nach Sanierung

Bauteil 3 | Außenwand Souterrain (Straße) | Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	70,0			0,700		1,000
3	Kalk-Zementputz	3,5	100,00		0,800		0,044
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	nicht hinterlüftet	0,170
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W		1,235
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W		1,235
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W		1,235
Der Bauteil besteht aus 3 homogenen Schichten		
Gesamtdicke der Konstruktion: 75 cm		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K		0,810
Temperaturkorrekturfaktor f_i		1,0

Bauteil 4 | Außenwand HP+1. Stock (Straße) | Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	55,0			0,700		0,786
3	Kalk-Zementputz	3,5	100,00		0,800		0,044
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	nicht hinterlüftet	0,170
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W		1,021
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W		1,021
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W		1,021
Der Bauteil besteht aus 3 homogenen Schichten		
Gesamtdicke der Konstruktion: 60 cm		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K		0,980
Temperaturkorrekturfaktor f_i		1,0

Bauteile

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - nach Sanierung

Bauteil 5 | Außenwand 2. - DG (Straße) | Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	40,0			0,700		0,571
3	Kalk-Zementputz	3,5	100,00		0,800		0,044
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	nicht hinterlüftet	0,170
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W		0,807
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W		0,807
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W		0,807
Der Bauteil besteht aus 3 homogenen Schichten		
Gesamtdicke der Konstruktion: 45 cm		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K		1,240
Temperaturkorrekturfaktor f_i		1,0

Bauteil 6 | Fensterparapete (Straße) | Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	25,0			0,700		0,357
3	Kalk-Zementputz	3,5	100,00		0,800		0,044
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	nicht hinterlüftet	0,170
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W		0,592
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W		0,592
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W		0,592
Der Bauteil besteht aus 3 homogenen Schichten		
Gesamtdicke der Konstruktion: 30 cm		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K		1,688
Temperaturkorrekturfaktor f_i		1,0

Bauteile

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - nach Sanierung

Bauteil 7	Außenwand Souterrain (Straße)	Erdanliegende Wand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	70,0			0,700		1,000
3							
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	0,130
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	1,151
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	0,576
Der Bauteil besteht aus 2 homogenen Schichten	
Gesamtdicke der Konstruktion: 71,5 cm	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	0,868
Temperaturkorrekturfaktor f_i	0,6

Bauteil 8	Feuermauer	Wand zu sonstigem Pufferraum

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	28,5			0,700		0,407
3							
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	0,260
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	0,689
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	0,344
Der Bauteil besteht aus 2 homogenen Schichten	
Gesamtdicke der Konstruktion: 30 cm	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	1,452
Temperaturkorrekturfaktor f_i	0,5

Bauteile

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - nach Sanierung

Bauteil 9	Außenwand Souterrain (Hof)	Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	70,0			0,700		1,000
3	Wärmedämmung (Schafwolle)	20,0	100,00		0,036		5,556
4	Hinterlüftung mit Lattung	3,0	90,00	10,00	0,200	0,130	0,155
5	Holz-Außenwandpaneel (wasserfest verleimt, be	3,5	100,00		0,130		0,269
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W hinterlüftet	0,260
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	7,264
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	7,262
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	7,263
Der Bauteil besteht aus 4 homogenen und 1 inhomogenen Schichten	
Gesamtdicke der Konstruktion: 98 cm	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	0,138
Temperaturkorrekturfaktor f_i	1,0

Bauteil 10	Außenwand HP+1. Stock (Hof)	Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	55,0			0,700		0,786
3	Wärmedämmung (Schafwolle)	20,0	100,00		0,036		5,556
4	Hinterlüftung mit Lattung	3,0	90,00	10,00	0,200	0,130	0,155
5	Holz-Außenwandpaneel (wasserfest verleimt, be	3,5	100,00		0,130		0,269
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W hinterlüftet	0,260
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W	7,050
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W	7,047
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W	7,049
Der Bauteil besteht aus 4 homogenen und 1 inhomogenen Schichten	
Gesamtdicke der Konstruktion: 83 cm	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K	0,142
Temperaturkorrekturfaktor f_i	1,0

Bauteile

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - nach Sanierung

Bauteil 11 | Außenwand 2. - DG (Hof) | Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	40,0			0,700		0,571
3	Wärmedämmung (Schafwolle)	20,0	100,00		0,036		5,556
4	Hinterlüftung mit Lattung	3,0	90,00	10,00	0,200	0,130	0,155
5	Holz-Außenwandpaneel (wasserfest verleimt, be	3,5	100,00		0,130		0,269
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	hinterlüftet	0,260
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W		6,836
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W		6,833
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W		6,834
Der Bauteil besteht aus 4 homogenen und 1 inhomogenen Schichten		
Gesamtdicke der Konstruktion: 68 cm		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K		0,146
Temperaturkorrekturfaktor f_i		1,0

Bauteil 12 | Fensterparapete (Hof) | Außenwand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	25,0			0,700		0,357
3	Wärmedämmung (Schafwolle)	20,0	100,00		0,036		5,556
4	Hinterlüftung mit Lattung	3,0	90,00	10,00	0,200	0,130	0,155
5	Holz-Außenwandpaneel (wasserfest verleimt, be	3,5	100,00		0,130		0,269
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	hinterlüftet	0,260
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W		6,621
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W		6,619
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W		6,620
Der Bauteil besteht aus 4 homogenen und 1 inhomogenen Schichten		
Gesamtdicke der Konstruktion: 53 cm		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K		0,151
Temperaturkorrekturfaktor f_i		1,0

Bauteile

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - nach Sanierung

Bauteil 13 | Außenwand Souterrain (Hof) | Erdanliegende Wand

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz	1,5			0,700		0,021
2	Vollziegelmauerwerk	70,0			0,700		1,000
3	Perimeterdämmung XPS	10,0	100,00		0,038		2,632
4							
5							
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W		0,130
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W		3,783
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W		3,783
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W		3,783
Der Bauteil besteht aus 3 homogenen Schichten		
Gesamtdicke der Konstruktion: 81,5 cm		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K		0,264
Temperaturkorrekturfaktor f_i		0,6

Bauteil 14 | Gründach | Außendecke

○ U-Wert laut Gutachten gemäß EN ISO 6946 in W/m²K
◉ U-Wert-Berechnung gemäß Schichtaufbau

Nr.	Schichtaufbau von innen nach außen	Dicke cm	Anteil 1 %	Anteil 2 %	λ 1 W/mK	λ 2 W/mK	d/λ m²K/W
1	Kalkputz + Unterdecke	3,0			0,700		0,043
2	Dippelbäume	18,0			0,150		1,200
3	SB-Verbunddecke	10,0	100,00		2,100		0,048
4	Wärmedämmung (PU-Hartschaumplatte)	24,0	100,00		0,033		7,273
5	Drän-u. Wasserspeicherelement	6,0	100,00		0,900		0,067
6							
7							
8							

Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in m²K/W	nach unten: nicht hinterlüftet	0,210
Wärmedurchgangswiderstand R_T' in m²K/W		8,840
Wärmedurchgangswiderstand R_T'' in m²K/W		8,840
$R_T = (R_T' + R_T'') / 2$ in m²K/W		8,840
Der Bauteil besteht aus 5 homogenen Schichten		
Gesamtdicke der Konstruktion: 61 cm		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i in W/m²K		0,113
Temperaturkorrekturfaktor f_i		1,0

Fenstertypen (-konstruktionen)

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - nach Sanierung

Fenster F1	Kastenfenster, 2-fach, Holz, saniert	
U-Wert des Fensters	U_w laut Prüfbericht in W/m²K	1,300
U-Wert der Verglasung	U_g in W/m²K	
U-Wert des Rahmens	U_f in W/m²K	
Wärmebrückenzuschlag	ψ_g in W/mK	
Gesamtenergiedurchlaßgrad	g	0,600

Fenster F2	Kastenfenster, 1-fach, Holz, saniert (Stiegenhaus+WC)	
U-Wert des Fensters	U_w laut Prüfbericht in W/m²K	1,500
U-Wert der Verglasung	U_g in W/m²K	
U-Wert des Rahmens	U_f in W/m²K	
Wärmebrückenzuschlag	ψ_g in W/mK	
Gesamtenergiedurchlaßgrad	g	0,600

Fenster F3	Dachflächenfenster	
U-Wert des Fensters	U_w laut Prüfbericht in W/m²K	0,900
U-Wert der Verglasung	U_g in W/m²K	
U-Wert des Rahmens	U_f in W/m²K	
Wärmebrückenzuschlag	ψ_g in W/mK	
Gesamtenergiedurchlaßgrad	g	0,620

Fenster F4	Fenster-Fixverglasung	
U-Wert des Fensters	U_w laut Prüfbericht in W/m²K	0,900
U-Wert der Verglasung	U_g in W/m²K	
U-Wert des Rahmens	U_f in W/m²K	
Wärmebrückenzuschlag	ψ_g in W/mK	
Gesamtenergiedurchlaßgrad	g	0,620

Fenster F5		
U-Wert des Fensters	U_w laut Prüfbericht in W/m²K	
U-Wert der Verglasung	U_g in W/m²K	
U-Wert des Rahmens	U_f in W/m²K	
Wärmebrückenzuschlag	ψ_g in W/mK	
Gesamtenergiedurchlaßgrad	g	

Fensterflächen

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - nach Sanierung

Anzahl	Fenster F1 - F10	in Bauteil 1 - 24	j	S	b m	h m	A_w m²	f_g	A_g m²	A_f m²	l_g m	U_w W/m²K
5	F1	3	W	U	1,10	1,70	9,35	0,70	6,55	2,81	28,05	1,300
4	F1	3	O	U	1,10	1,70	7,48	0,70	5,24	2,24	22,44	1,300
4	F1	9	N	U	0,80	1,70	5,44	0,70	3,81	1,63	16,32	1,300
1	F2	9	N	U	0,30	0,80	0,24	0,70	0,17	0,07	0,72	1,500
11	F1	4	W	U	1,10	2,00	24,20	0,70	16,94	7,26	72,60	1,300
12	F1	4	O	U	1,10	2,00	26,40	0,70	18,48	7,92	79,20	1,300
2	F1	4	S	U	1,10	2,00	4,40	0,70	3,08	1,32	13,20	1,300
8	F1	10	N	U	0,80	2,00	12,80	0,70	8,96	3,84	38,40	1,300
2	F2	10	N	U	0,30	0,80	0,48	0,70	0,34	0,14	1,44	1,500
5	F2	10	N	U	0,80	2,00	8,00	0,70	5,60	2,40	24,00	1,500
12	F1	5	W	U	1,10	2,20	29,04	0,70	20,33	8,71	87,12	1,300
12	F1	5	O	U	1,10	2,20	29,04	0,70	20,33	8,71	87,12	1,300
2	F1	5	S	U	1,10	2,20	4,84	0,70	3,39	1,45	14,52	1,300
8	F1	11	N	U	0,80	2,20	14,08	0,70	9,86	4,22	42,24	1,300
2	F2	11	N	U	0,30	0,80	0,48	0,70	0,34	0,14	1,44	1,500
6	F2	11	N	U	0,80	2,20	10,56	0,70	7,39	3,17	31,68	1,500
6	F3	2	W	U	0,60	1,80	6,48	0,70	4,54	1,94	19,44	0,900
6	F3	2	O	U	0,60	1,80	6,48	0,70	4,54	1,94	19,44	0,900
2	F3	2	S	U	0,60	1,80	2,16	0,70	1,51	0,65	6,48	0,900
2	F1	11	N	U	0,80	1,40	2,24	0,70	1,57	0,67	6,72	1,300
1	F2	11	N	U	0,30	1,40	0,42	0,70	0,29	0,13	1,26	1,500
3	F1	11	N	U	0,80	1,40	3,36	0,70	2,35	1,01	10,08	1,300
2	F4	11	N	U	0,80	1,40	2,24	0,70	1,57	0,67	6,72	0,800
2	F4	11	N	U	1,50	1,00	3,00	0,70	2,10	0,90	9,00	0,800
120							213,21		149,25	63,96	639,63	

Türflächen

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - nach Sanierung

Anzahl	Türen T1 - T6	in Bauteil 1 - 24	b m	h m	A_d m²
1	T1	4	1,70	5,20	8,84
3	T2	3	1,10	1,70	5,61
3	T3	4	0,80	2,00	4,80
2	T3	5	0,80	2,20	3,52
9					22,77

Leitwerte

Bauvorhaben: Hofgasse 4 - nach thermischer Sanierung

Bauteile

	Bezeichnung	A_{brutto} m²	A_i m²	U_i W/m²K	f_i	$A_i * U_i * f_i$ W/K
1	Decke zu unbeheiztem Keller - Kellerdecke	261,60	261,60	0,302	0,50	39,44
2	Decke zu unbeheiztem Dachraum - oberste Geschoßdecke	231,85	231,85	0,639	0,90	133,41
3	Außenwand - Außenwand Souterrain (Straße)	82,18	59,74	0,810	1,00	48,36
4	Außenwand - Außenwand HP+1. Stock (Straße)	248,27	179,63	0,980	1,00	175,95
5	Außenwand - Außenwand 2. - DG (Straße)	332,31	265,87	1,240	1,00	329,62
6	Außenwand - Fensterparapete (Straße)	41,36	41,36	1,688	1,00	69,83
7	Erdanliegende Wand - Außenwand Souterrain (Straße)	83,08	83,08	0,868	0,60	43,29
8	Wand zu sonstigem Pufferraum - Feuermauer	460,05	460,05	1,452	0,50	334,06
9	Außenwand - Außenwand Souterrain (Hof)	40,55	34,87	0,138	1,00	4,80
10	Außenwand - Außenwand HP+1. Stock (Hof)	124,99	103,71	0,142	1,00	14,71
11	Außenwand - Außenwand 2. - DG (Hof)	163,85	133,45	0,146	1,00	19,53
12	Außenwand - Fensterparapete (Hof)	10,24	10,24	0,151	1,00	1,55
13	Außendecke - Flachdach	24,95	24,95	0,575	1,00	14,36
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

Anmerkung: A_{brutto} beinhaltet die Bauteilflächen **inkl.** Fenster und Türen

Fenster

	Bezeichnung		A_i m²	U_i W/m²K	f_i	$A_i * U_i * f_i$ W/K
F1	Kastenfenster, 2-fach, Holz, saniert		167,07	1,300	var.	217,19
F2	Kastenfenster, 1-fach, Holz, saniert (Stiegenhaus+WC)		25,04	1,500	var.	37,56
F3					var.	
F4					var.	
F5					var.	
F6					var.	
F7					var.	
F8					var.	
F9					var.	
F10					var.	

Türen

	Bezeichnung		A_i m²	U_i W/m²K	f_i	$A_i * U_i * f_i$ W/K
T1	Eingangsportal (Metall-Glas-Konstruktion)		8,84	4,000	var.	35,36
T2	Metalltür Souterrain		5,61	2,100	var.	11,78
T3	Balkontür / Gartentür (Holz-Glas-Konstruktion)		8,32	2,100	var.	17,47
T4					var.	
T5					var.	
T6					var.	

5.1.2. BERECHNUNGEN FÜR DAS KONZEPT DER ENERGETISCHEN SANIERUNG

Heizwärmebedarf		
Annahme Heiztage		250 Tage
Erwärmesonde (38 m) - Heizleistung *(lt. Hayner, Ruoff, Thiel)* + reversibler Wärmepumpe Erdreich / Wasser	1 Sonde	350 kWh pro Tag
nach Sanierung		
Heizwärmebedarf nach Sanierung		87,06 kWh/m²a
Brutto - Geschoßfläche		1.632 m²
benötigte Leistung		142.039 kWh/a
benötigte Erdwärmesonden - Anzahl		2 Sonden
Warmwasserbedarf		
Annahme *(lt. www.energiesparhaus.at)*	40 Liter pro Pers.+Tag	548 kWh/a pro Person
sehr gut geeignete Fläche *(lt. Solarpotenzialkataster)*	158 m²	
Flachkollektor - Leistung (lt. Hayner, Ruoff, Thiel)	1 m² 1 Person pro Jahr	226 kWh/a 2,42 m²
nach Sanierung		
benötigte Leistung	30 Personen	16.425 kWh/a
Flachkollektor - benötigte Generatorfläche	30 Personen	72,68 m²

Kühlleistung		
Annahme Tage mit Kühlbedarf		60 Tage
Erwärmesonde (38 m) - Kühlleistung *(lt. Viessmann)* + reversibler Wärmepumpe Erdreich / Wasser	1 Sonde	24 kWh pro Tag
nach Sanierung		
Brutto - Geschoßfläche		1.632 m²
mögliche Kühlleistung *(lt. Viessmann)*	2 Sonden	48 kWh pro Tag
insgesamte Kühlleistung		2.880 kWh pro Kühlperiode
Strombedarf		
Annahme *(lt. www.energiesparhaus.at)*	1 Person	1.700 kWh/a
sehr gut geeignete Fläche *(lt. Solarpotenzialkataster)*	158 m²	
Photovoltaikzelle - Leistung *(lt. Hayner, Ruoff, Thiel)*	1 m²	1.209 kWp*h/a
nach Sanierung		
benötigte Leistung	30 Personen	51.000 kWh/a
benötigte Generatorfläche	30 Personen	42 m²
verfügbare Fläche (abzüglich Solaranlage + Dachflächenfenster)		70,20 m²
zu erbringende Leistung (60 m² Generatorfläche)		72.533 kWph/a

kWp* = Kilowatt-peak (Spitzenleistung bei optimalen Bedingungen)

5.2. VERZEICHNISSE

5.2.1. LITERATUR

ADAM, N. (2010): Auf Eco-Kurs!. Innovative Wärmeabgabetechnologie für höchste Energieeffizienz. Berger-Verlag, Horn

ARCH+ ZEITSCHRIFT FÜR ARCHITEKTUR (2010): Post Oil City. Die Stadt nach dem Öl. Die Geschichte der Zukunft der Stadt. Ausgabe 196/197, ARCH+ Verlag GmbH, Aachen

BUNDESARBEITSKREIS ALTBAUERNEUERUNG E. V. (Hrsg.) (2006): Bauen im Bestand. Schäden, Maßnahmen und Bauteile – Katalog für die Altbauerneuerung. 1. unveränderter Nachdruck, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln

ERTL, U. (2004): Energetisch, strukturelle Altbaumodernisierung am Beispiel eines Um- und Ausbaus eines gründerzeitlichen Institutgebäudes der Universität für Bodenkultur. Wien

FECHNER, J. (Hrsg.) (2002): Altbau Modernisierung. Der praktische Leitfaden. Springer-Verlag, Wien

GRIMSCHEID, G.; LUNZE, D. (2010): Nachhaltig optimierte Gebäude. Energetischer Baukasten, Leistungsbündel und Life-Cicle-Leistungsangebote. Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg

GUSCHLBAUER-HRONEK, K.; GRABLER-BAUER, G. (2003): Altbausanierung mit Passivhauspraxis. Strategien zur Marktaufbereitung für die Implementierung von Passivhauskomponenten in der Althaussanierung. Wiener Neustadt

HAYNER, M.; RUOFF, J.; THIEL, D. (2010): Faustformel. Gebäudetechnik für Architekten. Deutsche Verlags-Anstalt, München

HEGGER, M.; FUCHS, M.; STARK, T.; ZEUMER, M. (2007): Energie Atlas. Nachhaltige Architektur. Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG (Hrsg.), München

KOLBITSCH, A. (1989): Altbaukonstruktionen. Praxis der Erhaltung von Bauten. Charakteristika. Rechenwerte. Sanierungsansätze. Springer-Verlag, Wien

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (2007): OIB-Richtlinie 2. Brandschutz.

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (2007): OIB-Richtlinie 3. Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz.

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (2007): OIB-Richtlinie 4. Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit.

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (2007): OIB-Richtlinie 6. Energieeinsparung und Wärmeschutz.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (Hrsg.) (1990):ÖNORM B 3800. Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (Hrsg.) (2002): ÖNORM B 8115. Schallschutz und Raumakustik im Hochbau.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (Hrsg.) (2005): ÖNORM B 1600. Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen.

SCHIEBOLD, H. (2010): Heizung und Wassererwärmung in römischen Thermen. Historische Entwicklung. Nachfolgesysteme. Neuzeitliche Betrachtungen und Untersuchen. Christoph Ohlig (Hrsg.), Books on Demand GembH, Norderstedt (Deutschland)

STAHR, M.; PUITS, J.; PFESTORF, K. (1999): Praxiswissen Bausanierung. Erkennen und Beheben von Bauschäden. Michael Stahr (Hrsg.), Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaf mbH, Braunschweig / Wiesbaden

TREBERSPURG, M. (1999): Neues Bauen mit der Sonne. Ansätze zu einer klimagerechten Architektur. Zweite, aktualisierte und erweiterte Auflage, Springer-Verlag, Wien

WIENER BAUORDNUNG (2010)

WESSELAK, V.; SCHABBACH, T. (2009): Regenerative Energietechnik. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg

Internet

CLIMATE CHART: http://www.climate-charts.com am 21.04.2001

DAEMWOOL NATURDÄMMSTOFFE: http://www.daemwool.at am 06.05.2011

FRAUENHOFER IRB: http://www.baufachinformation.de am 25.04.2011

HEIZUNGSFINDER: http://www.heizungsfinder.de/solarthermie/kollektor/preise am 02.05.2011

MÜLLER, H.: http://www.arch-m.de am 25.04.20211

THOTH, A.: http://www4.architektur.tu-darmstadt.de/powerhouse/db/248,id_58,s_Papers.sp.fb15 am 21.04.2011

UNESCO: http://www.unesco.org/new/en/unesco/ am 21.04.2011

WIEN.GV: http://www.wien.gv.at/ vom 21.03.2011

WIEN ENERGIE: http://www.wienenergie.at/ am 17.02.2011

5.2.2. Abbildungen

Kapitel 1 Einleitung

Abb. 1. 1. nach ARCH+ ZEITSCHRIFT FÜR ARCHITEKTUR (2010): Post Oil City. Die Stadt nach dem Öl. Die Geschichte der Zukunft der Stadt. Ausgabe 196/197, ARCH+ Verlag GmbH, Aachen, S. 66 ff.

Abb. 1. 2. nach LEBENSMINISTERIUM: http://lebensministerium.at am 07.02.2011

Abb. 1. 3. nach email von PÖHN, C., Magistratsabteilung 39 – Bauphysiklabor vom 24.03.2011

Abb. 1. 4. nach email von PÖHN, C., Magistratsabteilung 39 – Bauphysiklabor vom 24.03.2011 und TREBERSPURG, M. (1999): Neues Bauen mit der Sonne. Ansätze zu einer klimagerechten Architektur. Zweite, aktualisierte und erweiterte Auflage, Springer-Verlag, Wien

Kapitel 2 Analyse historischer Quellen

Abb. 2. 1. nach TREBERSPURG, M. (1999): Neues Bauen mit der Sonne. Ansätze zu einer klimagerechten Architektur. Zweite, aktualisierte und erweiterte Auflage, Springer-Verlag, Wien, S. 12

Abb. 2. 2. nach TREBERSPURG, M. (1999): Neues Bauen mit der Sonne. Ansätze zu einer klimagerechten Architektur. Zweite, aktualisierte und erweiterte Auflage, Springer-Verlag, Wien, S. 14

Abb. 2. 3. nach SCHIEBOLD, H. (2010): Heizung und Wassererwärmung in römischen Thermen. Historische Entwicklung. Nachfolgesysteme. Neuzeitliche Betrachtungen und Untersuchen. Christoph Ohlig (Hrsg.), Books on Demand GembH, Norderstedt (Deutschland), S. 69

Abb. 2. 4. KAHLFELDT, P.; LANG, F.; LENZ, B.; PFAU, J.; SCHANDA, U.; SCHRÖDER, E.; VOLKWEIN, J.; WEBER, J. (2008); Atlas Sanierung. Instandhaltung. Umbau. Ergänzung. Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG (Hrsg.), München, S. 33

Abb. 2. 5. ZENTRALASIEN: http://zentralasien.net/ vom 21.04.2011 und THOTH, A.: http://www4.architektur.tu-darmstadt.de/powerhouse/db/248,id_58,s_Papers.sp.fb15 am 21.04.2011

Abb. 2. 6. nach THOTH, A.: http://www4.architektur.tu-darmstadt.de/powerhouse/db/248,id_58,s_Papers.sp.fb15 am 21.04.2011

Abb. 2. 7. ARCHNET: https://archnet.org am 19.05.2011

Abb. 2. 8. WIEN.GV: http://www.wien.gv.at/ vom 21.03.2011

Abb. 2. 9. eigene Grafik

Abb. 2. 10. BOBEK, H.; LICHTENBERGER, E. (1966): Wien. Bauliche Gestalt und Entwicklung seit der Mitte des 19. Jahrhunderts. Verlag Hermann Böhlaus Nachf., Graz – Köln, S. 70 ff.

Abb. 2. 11. eigene Grafik
Abb. 2. 12. nach KOLBITSCH, A. (1989): Altbaukonstruktionen. Praxis der Erhaltung von Bauten. Charakteristika. Rechenwerte. Sanierungsansätze. Springer-Verlag, Wien, S. 74 ff.
Abb. 2. 13. nach KOLBITSCH, A. (1989): Altbaukonstruktionen. Praxis der Erhaltung von Bauten. Charakteristika. Rechenwerte. Sanierungsansätze. Springer-Verlag, Wien, S. 91 ff.
Abb. 2. 14. KAHLFELDT, P.; LANG, F.; LENZ, B.; PFAU, J.; SCHANDA, U.; SCHRÖDER, E.; VOLKWEIN, J.; WEBER, J. (2008); Atlas Sanierung. Instandhaltung. Umbau. Ergänzung. Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG (Hrsg.), München, S. 142
Abb. 2. 15. KAHLFELDT, P.; LANG, F.; LENZ, B.; PFAU, J.; SCHANDA, U.; SCHRÖDER, E.; VOLKWEIN, J.; WEBER, J. (2008); Atlas Sanierung. Instandhaltung. Umbau. Ergänzung. Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG (Hrsg.), München, S. 136
Abb. 2. 16. nach KOLBITSCH, A. (1989): Altbaukonstruktionen. Praxis der Erhaltung von Bauten. Charakteristika. Rechenwerte. Sanierungsansätze. Springer-Verlag, Wien, S. 98 ff.
Abb. 2. 17. nach KOLBITSCH, A. (2009): BTA. Bautechnische Analysen und Statik historischer Baukonstruktionen. Teil Hochbaukonstruktionen und Bauwerkserhaltung. LVA-Nr. 251.131.. Technische Universität Wien (Hrsg.), Wien, S. 71
Abb. 2. 18. nach KOLBITSCH, A. (1989): Altbaukonstruktionen. Praxis der Erhaltung von Bauten. Charakteristika. Rechenwerte. Sanierungsansätze. Springer-Verlag, Wien, S. 134 ff.
Abb. 2. 19. BUNDESARBEITSKREIS ALTBAUERNEUERUNG E. V. (Hrsg.) (2006): Bauen im Bestand. Schäden, Maßnahmen und Bauteile – Katalog für die Altbauerneuerung. 1. unveränderter Nachdruck, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln, S. 198 ff.
Abb. 2. 20. eigene Grafik

Kapitel 3 Analyse von Energieträgern und ihren Einsatzmöglichkeiten in Gründerzeithäusern

Abb. 3. 1. nach HEGGER, M.; FUCHS, M.; STARK, T.; ZEUMER, M. (2007): Energie Atlas. Nachhaltige Architektur. Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG (Hrsg.), München, S. 178
Abb. 3. 2. nach HEGGER, M.; FUCHS, M.; STARK, T.; ZEUMER, M. (2007): Energie Atlas. Nachhaltige Architektur. Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG (Hrsg.), München, S. 116
Abb. 3. 3. nach HAYNER, M.; RUOFF, J.; THIEL, D. (2010): Faustformel. Gebäudetechnik für Architekten. Deutsche Verlags-Anstalt, München, S. 75
Abb. 3. 4. nach WESSELAK, V.; SCHABBACH, T. (2009): Regenerative Energietechnik. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg, S. 197
Abb. 3. 5. nach WESSELAK, V.; SCHABBACH, T. (2009): Regenerative Energietechnik. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg, S. 227

Abb. 3. 6. nach HEGGER, M.; FUCHS, M.; STARK, T.; ZEUMER, M. (2007): Energie Atlas. Nachhaltige Architektur. Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG (Hrsg.), München, S. 118

Abb. 3. 7. nach HEGGER, M.; FUCHS, M.; STARK, T.; ZEUMER, M. (2007): Energie Atlas. Nachhaltige Architektur. Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG (Hrsg.), München, S. 120

Abb. 3.8. nach HEGGER, M.; FUCHS, M.; STARK, T.; ZEUMER, M. (2007): Energie Atlas. Nachhaltige Architektur. Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG (Hrsg.), München, S. 139

Abb. 3. 9. eigene Grafik und nach HAYNER, M.; RUOFF, J.; THIEL, D. (2010): Faustformel. Gebäudetechnik für Architekten. Deutsche Verlags-Anstalt, München, S. 82

Abb. 3. 10. eigene Grafik und nach HAYNER, M.; RUOFF, J.; THIEL, D. (2010): Faustformel. Gebäudetechnik für Architekten. Deutsche Verlags-Anstalt, München, S. 29

Kapitel 4 Gründerzeithaus in Margareten

Abb. 4. 1. eigene Grafik und WIEN.GV: http://www.wien.gv.at vom 21.03.2011

Abb. 4. 2. eigene Grafik

Abb. 4. 3. eigene Grafik

Abb. 4. 4. eigene Grafik

Abb. 4. 5. eigene Grafik

Abb. 4. 6. eigene Grafik

Abb. 4. 7. eigene Grafik

Abb. 4. 8. eigene Grafik

Abb. 4. 9. eigene Grafik

Abb. 4. 10. eigene Grafik

Abb. 4. 11. eigene Grafik

5.2.3. TABELLEN

Kapitel 1 Einleitung

Tab. 1. 1. nach WESSELAK, V.; SCHABBACH, T. (2009): Regenerative Energietechnik. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg, S. 6
Tab. 1. 2. nach WESSELAK, V.; SCHABBACH, T. (2009): Regenerative Energietechnik. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg, S. 8

Kapitel 2 Analyse historischer Quellen

Tab. 2. 1. nach CLIMATE CHART: http://www.climate-charts.com am 21.04.2001
Tab. 2. 2. nach CLIMATE CHART: http://www.climate-charts.com am 21.04.2001

Kapitel 3 Analyse von Energieträgern und ihren Einsatzmöglichkeiten in Gründerzeithäusern

Tab. 3. 1. nach HAYNER, M.; RUOFF, J.; THIEL, D. (2010): Faustformel. Gebäudetechnik für Architekten. Deutsche Verlags-Anstalt, München, S. 32+90
Tab. 3. 2. nach HAYNER, M.; RUOFF, J.; THIEL, D. (2010): Faustformel. Gebäudetechnik für Architekten. Deutsche Verlags-Anstalt, München, S. 32
Tab. 3. 3. nach HAYNER, M.; RUOFF, J.; THIEL, D. (2010): Faustformel. Gebäudetechnik für Architekten. Deutsche Verlags-Anstalt, München, S. 80
Tab. 3. 4. nach HAYNER, M.; RUOFF, J.; THIEL, D. (2010): Faustformel. Gebäudetechnik für Architekten. Deutsche Verlags-Anstalt, München, S. 82 und TREBERSPURG, M. (1999): Neues Bauen mit der Sonne. Ansätze zu einer klimagerechten Architektur. Zweite, aktualisierte und erweiterte Auflage, Springer-Verlag, Wien
Tab. 3. 5. nach HAYNER, M.; RUOFF, J.; THIEL, D. (2010): Faustformel. Gebäudetechnik für Architekten. Deutsche Verlags-Anstalt, München, S. 29
Tab. 3. 6. eigene Tabelle

Kapitel 5 Anhang

Kap. 5.1.2. HAYNER, M.; RUOFF, J.; THIEL, D. (2010): Faustformel. Gebäudetechnik für Architekten. Deutsche Verlags-Anstalt, München
ENERGIESPARHAUS: http://www.energiesparhaus.at/energie/warmwasser.htm am 09.05.2011
SOLARPOTENZIALKATASTER: http://www.wien.gv.at vom 21.03.2011
VIESSMANN: http://www.viessmann.at am 09.05.2011