

**ZSG**

Zukunftsfähige Konzepte in der Stadt- und  
Gebäudesanierung – Trollmannkaserne Steyr

A. Prehal, H. Poppe

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**23/2004**

## **Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter  
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at/>  
oder unter:

Projektfabrik Waldhör  
Nedergasse 23, 1190 Wien  
Email: [versand@projektfabrik.at](mailto:versand@projektfabrik.at)

# ZSG

Zukunftsfähige Konzepte in der Stadt- und  
Gebäudesanierung – Trollmannkaserne Steyr

Auftragnehmer:

**POPPE\*PREHAL ARCHITEKTEN**

Autoren:

Mag. Arch. Dr. Helmut Poppe

Mag. Arch. Andreas Prehal

In Zusammenarbeit mit:

Prof. Dr. Claus Kahlert, DI Ulrich Rochard, DI Wolfgang Menz,  
Jasmine Pichler, DI Simon Ulbrich, DI Herwig Gruber

Steyr, April 2004

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines beauftragten Projekts aus der dritten Ausschreibung der Programmlinie *Haus der Zukunft* im Rahmen des Impulsprogramms *Nachhaltig Wirtschaften*, welches 1999 als mehrjähriges Forschungs- und Technologieprogramm vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gestartet wurde.

Die Programmlinie *Haus der Zukunft* intendiert, konkrete Wege für innovatives Bauen zu entwickeln und einzuleiten. Aufbauend auf der solaren Niedrigenergiebauweise und dem Passivhaus-Konzept soll eine bessere Energieeffizienz, ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energieträger, nachwachsender und ökologischer Rohstoffe, sowie eine stärkere Berücksichtigung von Nutzungsaspekten und Nutzerakzeptanz bei vergleichbaren Kosten zu konventionellen Bauweisen erreicht werden. Damit werden für die Planung und Realisierung von Wohn- und Bürogebäuden richtungweisende Schritte hinsichtlich ökoeffizientem Bauen und einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich demonstriert.

Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt dank des überdurchschnittlichen Engagements und der übergreifenden Kooperationen der Auftragnehmer, des aktiven Einsatzes des begleitenden Schirmmanagements durch die Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik und der guten Kooperation mit dem Forschungsförderungsfonds der gewerblichen Wirtschaft bei der Projektabwicklung über unseren Erwartungen und führt bereits jetzt zu konkreten Umsetzungsstrategien von modellhaften Pilotprojekten.

Das Impulsprogramm *Nachhaltig Wirtschaften* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie auch in der Schriftenreihe "Nachhaltig Wirtschaften konkret" publiziert, aber auch elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderzukunft.at/> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>State of the art</b>	<b>9</b>
2.1.	Übersicht realisierter Altbausanierungen	9
<b>3.</b>	<b>Entwicklung von Sanierungsvarianten für 3 Gebäudetypen</b>	<b>22</b>
3.1.	Allgemeines	22
3.2.	Historische Bausubstanz – Fabrikstrasse 9, Steyr	24
3.3.	Gebäude aus dem 19/20Jh. – Kasernengebäude Objekt 1, Steyr	42
3.4.	Gebäude aus den 60/70er Jahren – Glimpfingerstrasse 15, Linz	67
3.5.	Detailentwicklung	86
<b>4.</b>	<b>Beurteilung der Sanierungsarbeiten aus bauphysikalischer Sicht</b>	<b>101</b>
4.1.	Aufgabenstellung im Bereich der Bauphysik	101
4.2.	Wärmebrückenberechnungen	102
4.3.	Bauphysik Wohnhaus Fabrikstraße 9	138
4.4.	Bauphysik Gebäude Objekt 1	140
4.5.	Bauphysik Gebäude Glimpfingerstrasse	142
<b>5.</b>	<b>Ökoeffiziente Gebäudesanierungskonzepte für Raumheizung, Warmwasserbereitung und Lüftung</b>	<b>145</b>
5.1.	Grundsätzliche Aspekte der Wärmeversorgung und Lüftung im Sanierungsfall	145
5.2.	Systeme und Komponenten für die Lüftung und Wärmeversorgung	151
5.3.	Exemplarische Wärmebereitstellungs- und Lüftungskonzepte für 3 Gebäude	172
<b>6.</b>	<b>Energieversorgungskonzepte in der Stadtteilsanierung</b>	<b>202</b>
6.1.	Grundlagen	202
6.2.	Exemplarische Wärmeversorgungskonzepte für 3 Referenzquartiere unterschiedlicher Größe	208
<b>7.</b>	<b>Planung und Umsetzung eines Leitprojektes</b>	<b>225</b>
7.1.	Beschreibung Trollmannkasernengelände	225
7.2.	Lebenszyklusanalyse	226
7.3.	Städtebauliche Analysen	238
7.4.	Entwicklungsschritte	256
7.5.	Nutzungsprogramm	266
7.6.	Bebauungsentwürfe	270
7.7.	Nachnutzungskonzept Kasernengelände Steyr	280
7.8.	GOSOL	290
7.9.	GOSOL Auswertung	299
7.10.	GOSOL Fazit	306
<b>8.</b>	<b>Zusammenfassung der Ergebnisse</b>	<b>308</b>

## **Kurzfassung**

ZSG – Zukunftsfähige Konzepte in der Stadt- und Gebäudesanierung – Trollmannkaserne Steyr

Das ökologische Passivhaus ist für den Neubaubereich eine geeignete Bauweise um möglichst klimaneutral und energiesparend Bauen zu können. In der Programmlinie 'Haus der Zukunft' wird in vielen Projekten dargestellt, dass es sich dabei längst nicht mehr um ein Nischenprodukt handelt, sondern dass die Passivhaustechnologie mittlerweile eine sehr hohe Breitenwirksamkeit zeigt und ohne Überzeichnung als Baustandard des 21. Jahrhunderts gesehen werden kann. Damit ist vor allem im Bereich des Wohnneubaues ein wesentlicher Schritt in Richtung Verringerung des CO<sup>2</sup> Ausstoßes und Erreichung des Kyoto-Ziels gesetzt.

Bemerkenswert aber ist, dass mit keinem Neubau CO<sup>2</sup> eingespart werden kann, sondern dass bei jeder Bautätigkeit ein Energieverbrauch und somit auch CO<sup>2</sup> Ausstoß stattfindet, und dass mit jedem Neubau auch wertvolle Bodenressourcen in Anspruch genommen werden.

Weitgehend unreflektiert sind bisweilen die erheblichen Potentiale die sich in der Nachverdichtung innerstädtischer Quartiere und in der Umnutzung und Sanierung von Gebäudebestand bieten. Dabei liegt es aber klar auf der Hand, dass nirgends so viele Ressourcen eingespart werden können als bei der Sanierung und Umstrukturierung von innerstädtischen Stadtteilbereichen.

ZSG versucht diese bislang unreflektierten Potentiale aufzuzeigen. Dies geschieht auf drei wesentlichen Projektebenen die untereinander vernetzt sind, und parallel zueinander entwickelt wurden:

### **Die Entwicklung von ökologischen und energieeffizienten Sanierungskonzepten**

Die Konzepte für ökoefiziente Gebäudesanierungen wurden anhand von drei repräsentativen Gebäudetypen aus unterschiedlichen Epochen erarbeitet. Die Verschiedenartigkeit der bestehenden Nutzung, der Gebäudestruktur, der Bausubstanz und der Baustandards ließen eine umfassende Bearbeitung der Thematik Gebäudesanierung zu. Somit wurden Sanierungskonzepte entwickelt, die für jeden Sanierungsfall anwendbar sind bzw. adaptiert werden können.

### **Entwicklung von Energieversorgungskonzepten in der Stadtteilsanierung**

Im Rahmen dieser Projektebene wurden Energieversorgungskonzepte in Hinblick auf Raumwärme und Warmwasserbereitung bei einer Stadtteilsanierung untersucht. Dabei galt es verschiedene Randbedingungen bei der Auswahl des Energieversorgungssystems zu berücksichtigen wie z.B. die Struktur der benötigten Endenergie, die Art der dezentralen Umwandlung in Nutzenergie, die Flächendichte der nachgefragten Energie oder die bereits vorhandenen Energieversorgungsstrukturen. Anhand von drei Stadtquartieren unterschiedlicher Größe wurden diese Untersuchungen vorgenommen. Diese Quartiere sind repräsentativ für eine Vielzahl vergleichbarer Stadtquartiere.

### **Planung und Umsetzung eines Leitprojektes**

Mit den Erkenntnissen aus den ersten beiden Projektebenen wurde ein konkreter Planungsvorschlag als eine städtebauliche Sanierungsstudie für das Trollmannkasernengelände ausgearbeitet. Der derzeitige Grundeigentümer und die Stadt Steyr wurden in den Planungsprozess mit eingebunden. Schwerpunkt des Projektes war die sorgfältige Berücksichtigung und Erhaltung des Gebäude- sowie des Baumbestandes. Mittels Lebenszyklusanalyse wurde gezeigt, dass einer Sanierung gegenüber einem Totalabriss und Neubau der Vorzug zu geben ist. Beim Entwurf kam dem städtebaulichen Simulationsprogramm GOSOL eine wichtige Aufgabe bei der solar-energetischen Optimierung zu. Der neue Ökostadtteil auf dem Trollmangelände zeigt, dass ökologisches und energieeffizientes Sanieren im Zusammenhang mit städtebaulichen Nachverdichtungsmaßnahmen keine Sonderlösungen darstellen, sondern hohe qualitative und quantitative Verbesserungen hervorbringen. Es wird auch ersichtlich, dass sowohl Grundstückseigentümer, Kommune und vor allem die Nutzer gleichermaßen profitieren und dabei deren Wettbewerbsfähigkeit in verschiedene Richtungen steigt.



### **Projektergebnisse**

Die Ergebnisse unserer Arbeit zeigen, dass das Projekt ZSG mit all seinen Ansprüchen im Bereich der Ökologie, der Energieeffizienz und dem Bereich der städtebaulichen Nachverdichtung realisierbar ist. Vor allem die Gesamtheit aller im Projekt behandelten Themenbereiche und deren Vernetzung untereinander ergeben ein Produkt, das nicht nur die angeführten Ansprüche erfüllt sondern auch wirtschaftlich ein großes Potential bietet.

Mit dem Projekt ZSG steht ein Planungsinstrument zur Verfügung, das als generelle Handlungsanleitung in der Gebäude- und Stadtteilsanierung (vor allem in Bezug auf Energieeffizienz und Ökologie) herangezogen werden kann. Es bietet aber auch konkrete Lösungsbeispiele für Gebäudesanierungen verschiedenster Bautechnologien. Diese Planungsvorlage bezieht sich vor allem auf Fragestellungen von Kommunen, Stadtplanern und Architekten sowie Investoren und Projektentwicklern, und soll diesen Zielgruppen als Planungsleitfaden auch zugänglich gemacht werden.

Im Rahmen des Planungsprozesses konnte der Stadt Steyr gut vor Augen geführt werden, welches Potential das innerstädtische Areal Trollmann-Kaserne bietet, und von welcher Bedeutung es für eine städtebaulich nachhaltige Entwicklung ist, rechtzeitig wichtige Entscheidungen zu treffen.

### **Schlussfolgerungen**

Im gesamten Projekt zeigt sich deutlich, dass sehr große Potentiale in der Nachverdichtung innerstädtischer Quartiere und in der Umnutzung und Sanierung von Gebäudebeständen stecken. Nirgends können so viele Ressourcen einspart werden, als bei der Sanierung und Umstrukturierung von innerstädtischen Stadtteilbereichen. Enorm wichtig dabei ist, dass zu einem möglichst frühen Zeitpunkt alle beteiligten Entscheidungsträger gemeinsam die Richtung definieren, und dass vor allem die Kommunikation zwischen den Entscheidungsträgern richtig funktioniert.

Mit dem Projekt ZSG steht nun eine Planungsvorlage als Leitfaden zur Verfügung, die sich auf Fragestellungen von Kommunen, Stadtplanern und Architekten sowie Investoren und Projektentwicklern bezieht.



## Summary

ZSG – Sustainable Concepts in urban redevelopment and building refurbishment.

The ecological passive house is suitable for new buildings to construct more climate-neutrally and energy-efficiently. In the program line „Haus der Zukunft“ (House of Future) the passive house technology is constituted in many projects, which show its broad-based activity and qualifies it as buildings standard of the 21<sup>st</sup> century. Especially in the field of residential buildings a considerable step is made towards decrease of CO<sub>2</sub> outcast and achievement of the Kyoto-protocol.

In addition to this the refurbishment of old houses does not use CO<sub>2</sub> production in consequence of building activity and makes the saving of valuable land resources possible.

Widely unthought are the high potentials in reuse and refurbishment of consisting buildings. It is obvious that nowhere more resources can be saved than in refurbishing and reorganising of city districts.

The ZSG tries to show this up to now not considered potentials. This takes place in three essential project levels that are networked with each other and are developed parallel.

### **Development of ecological and energy efficient refurbishment concepts.**

The concepts of ecoefficient refurbishments are compiled with three representative types of buildings erected in different times. The dissimilitude of the existing usage, the structure, the material of the buildings and the standards made a broad work on the subject "building refurbishment" possible.

### **Development of general activity approach for district redevelopment.**

Here the energy supply in terms of room temperature and warm water supply are investigated in a district redevelopment. Various boundary conditions for the choice of energy supply systems are considered for example the structure of necessary end-energy, the kind of peripheral transmutation in useful energy, the area density or the existing energy supply structures.

Three districts with different sizes have been investigated. These districts are representative for various comparable districts.

### **Consequently following design and implementation of a routing project.**

A definite design proposal of district redevelopment for the Trollmannkasernengelände (Trollmann barracks) has been elaborated with the results of the first two project levels. The actual tenant and the city of Steyr have been part of the design process. The topic of the project was a careful consideration and maintenance of the building and the existing trees. The life cycle analyses shows that a refurbishment has to be favoured a complete demolition. In the design process the urban simulation program GOSOL played an integral role in the solar-energetic optimisation.

The new ecodistrict in the Trollmann area shows, that ecological and energy efficient refurbishment in cooperation with past densification of city districts is not an unusual solution, but it creates high quality and quantity improvements

In addition it shows that not only tenants and the commune but particularly the user benefit of the project and their competitiveness rises.

### **Project Results**

The results of our work show, that the project ZSG with all its claims in terms of ecology, energy efficiency and urban past densifications of districts can be implemented. Especially the completeness of all in the project treated topics and their networking define a product that fulfils all requirements and provides a big economic potential.

With the project ZSG a design tool is available that can be used as general instruction of urban redevelopment and building refurbishment (especially in terms of energy efficiency and ecology). It also provides precise solutions for building refurbishments of several building technologies. This design template refers on questions of communes, urban planners and architects but also investors and developers. It will be customised for this target groups.

In the design process it could be made visible to the town of Steyr which potential the central area Trollmann barracks provides and how important decisions in time are for the sustainable development of an urban area.

### **Conclusions**

The complete project shows the high potentials of urban past densification and the reutilisation and refurbishment of existing buildings. Only in refurbishment and restructuring of city districts such high resources can be saved. Most important is that the decision makers define a common direction and that the communication of the decision makers is working. With the project ZSG a design template as instruction manual is customized, that can answer the questions of communes, urban planners and architects in addition to investors and developers.

# 1. EINLEITUNG

## Ausgangssituation

Das ökologische Passivhaus ist für den Neubaubereich eine geeignete Bauweise um möglichst klimaneutral und energiesparend Bauen zu können. Grundsätzlich dürfen wir aber nicht außer Acht lassen, dass jeglicher Neubau einen Energieverbrauch und somit auch CO<sup>2</sup> Ausstoß verursacht, und dass mit jedem Neubau auch wertvolle Bodenressourcen in Anspruch genommen werden.

Zur Minimierung dieser Faktoren haben wir bereits mit unserem Projekt `SIP - Siedlungsmodelle in Passivhausqualität` im Rahmen der Programmlinie `Haus der Zukunft` einen wesentlichen Beitrag geleistet um das ökologische Passivhaus im verdichteten Flachbau zu forcieren.

Weitgehend unreflektiert sind bisweilen die erheblichen Potentiale die sich in der Nachverdichtung innerstädtischer Quartiere und in der Umnutzung und Sanierung von Gebäudebeständen bieten. Dabei liegt es klar auf der Hand, dass nirgends so viele Ressourcen eingespart werden können als bei der Sanierung und Umstrukturierung von innerstädtischen Stadtteilbereichen.

## Problemstellung

Der derzeit praktizierte Standard in der Gebäudesanierung bringt energetisch meist gute Verbesserungen mit sich. Wie wir mit unserem mehrfach prämierten Sanierungsprojekt `Nordpool Steyr` unter Beweis stellen konnten sind aber in Bezug auf Energieeffizienz noch lange nicht alle Möglichkeiten ausgeschöpft. Es fehlen umfassende Untersuchungen darüber, wie solche Konzepte auf unterschiedliche Gebäudetypen, Baustandards und Bautechnologien angewendet werden können, beziehungsweise welche Technologien angewendet werden müssen um jeweils die höchste Effizienz in den Bereichen Ökologie, Energie und Wirtschaftlichkeit zu erreichen.

Im Bereich der Stadtsanierungen sind Defizite in der Anpassung und Übereinstimmung von energetischen und ökologischen Fragestellungen festzustellen. Meist werden lediglich die thermische Gebäudesanierung und ein Anlagentausch innerhalb eines Gebäudeteils in der Sanierung fokussiert. Übergeordnete Maßnahmen bei der Stadtsanierung, Beratung und Vermittlung zur Schadstoffminimierung und Qualitätsverbesserung sind bislang nur in Teilbereichen verwirklicht worden. Vor allem im Bereich der Wärme- und Energieversorgung gibt es keine gültigen Ansätze welche Techniken der erneuerbaren Energien auf bestehende Stadtteile unterschiedlicher Ausformung und Größe wirtschaftlich angewendet werden können.

## Zielsetzung

Anhand eines konkreten Beispiels, dem Trollmannkasernengelände in Steyr, werden Lösungsansätze im Bereich der Stadtsanierung und ökoeffizienten Gebäudesanierung entwickelt und eine Auswahl von Problemstellungen (Stadtstruktur, Infrastruktur, Gebäude) herausgenommen und methodisch verknüpft. Die Untersuchung bezieht sich auf Städtische- und Gebäudesanierungen und Nachverdichtungen. Ziel ist es ein Planungsinstrument zu erlangen, das qualitative und quantitative Faktoren der Stadt- und Gebäudesanierung beinhaltet. Anhand des Trollmangeländes wird es zu einer exemplarischen Umsetzung kommen, dass als `good practice` Beispiel zur Vermittlung innovativer Konzepte dienen soll.

## Projektbeschreibung

ZSG basiert auf drei wesentliche Projektebenen die untereinander vernetzt sind und auch parallel zueinander entwickelt werden:

- Die Entwicklung von **allgemeinen Handlungsansätzen für Stadtteilsanierungen**
- Die Entwicklung von **ökologischen und energieeffizienten Sanierungskonzepten**
- Daraus folgend die **Planung und Umsetzung eines Leitprojektes**

Die ehemalige Trollmannkaserne in Steyr steht hier beispielhaft für ein brachliegendes Gelände im innerstädtischen Bereich wie es in allen Städten vielfach anzutreffen ist (Kasernen, Industriebrachen, aufgelassene Hafengebiete in Linz,...)! Das Gelände in Steyr umfasst ca. 6 ha und war bis vor wenigen Jahren als Kaserne des österreichischen Bundesheeres genutzt. Seit einigen Jahren steht das Kasernengelände frei und soll nun von der Heeresimmobilienverwaltung verkauft werden.

Mit dem vorliegenden Projekt werden `Zukunftsfähige Konzepte für die Stadt- und Gebäudesanierung (ZSG)` entwickelt und sind danach als Leitfaden und Planungswerkzeug für Kommunen, Investoren und Planer zu verwenden. Dabei werden allgemeine (städtebauliche) und spezifische (ökologische, energieeffiziente) Handlungsansätze für Stadtteilsanierungen und umfassende Entwicklungen zu ökoeffizienten Gebäudesanierungen in den Bereichen Nutzung, Umnutzung, thermische Sanierung, ökologische Baumaterialien, Bauphysik, Einsatz erneuerbarer Energieträger, Lebenszyklusanalysen und Wirtschaftlichkeit erarbeitet.

Mit den Ergebnissen aus diesen Arbeiten wird modellhaft die Stadtteilsanierung für das Trollmannkasernengelände in Steyr durchgearbeitet und der Stadt Steyr und der Heeresimmobilienverwaltung vorgelegt. Für die Realisierung steht ein Investor als Interessent zur Verfügung. Es ist vorgesehen den Investor in die Planungsphase vor allem in Fragen der Möglichkeiten der neuen Nutzungen und in Sachen Verwertbarkeit mit einzubeziehen.

### **Fazit**

- Mit dem Projekt ZSG wird ein gesamtheitliches (ökologisch, ökonomisch und energieeffizient) Konzept für Stadtteil- und Gebäudesanierungen erarbeitet.
- Ein derart umfassendes Projekt in der Stadt- und Gebäudesanierung gibt es derzeit in Europa noch nicht (unseres Wissens auch weltweit nicht)!
- Die Ergebnisse werden als Planungsinstrument aufbereitet und können bei der Umsetzung von Stadtteil- und Gebäudesanierungen als Planungshilfe angewendet werden.
- Zielgruppen sind: Architekten, Stadtplaner, Kommunen, Investoren, Bauträger, Wohnbaugenossenschaften und Developer.
- Mit dem Leitprojekt Trollmannkasernengelände Steyr wird ein Referenzbeispiel umgesetzt, das für die Zielgruppen begreif- und begehbar ist und somit die Umsetzung von weiteren Beispielen erleichtert.
- Damit wird ein wesentlicher Beitrag zur Erhaltung von bestehenden Bausubstanzen und zur Minimierung des Stoffflusses bei Errichtung von Gebäuden erreicht.
- Die solarenergetische Optimierung, die ganze Stadtteile samt Verschattung durch Vegetation und Landschaft mit einbezieht, beinhaltet ein weit höheres CO<sup>2</sup> Einsparungspotential als die rein gebäudebezogene Optimierung.
- Durch die Einbindung von Aspekten der Wirtschaftlichkeit soll Konzept große Chancen auf eine breite Marktdiffusion erreichen.

## **Beteiligte**

### **Antragsteller/Projektleitung**

POPPE\*PREHAL ARCHITEKTEN

Steyr, A-4400, Bahnhofstraße 12  
fon +43 7252 70157-0, fax +43 7252 70157-4  
e-mail office.steyr@poppeprehal.at

Linz, A-4020, Coulinstrasse 13/1  
fon +43 732 781293-0, fax +43 732 781293-4  
e-mail office.linz@poppeprehal.at

[www.poppeprehal.at](http://www.poppeprehal.at)

### **Kooperationspartner**

**ebök** Ingenieurbüro für Energieberatung, Haustechnik und ökologische Konzepte; Prof. Dr. Claus Kahlert, Reutlinger Strasse 16, D-72072 Tübingen, fon +49 7071 9394-0

### **Sublieferanten**

**ifib** Institut für industrielle Bauproduktion, Universität Karlsruhe, Prof. Dr. Nikolaus Kohler, Englerstrasse 7, D-76128 Karlsruhe, +49 721 608 7341

## 2. STATE OF THE ART

In diesem Arbeitsabschnitt sind Altbausanierungen dokumentiert, die in den letzten 5 bis 10 Jahren in Mitteleuropa, speziell in Österreich, der Schweiz und Deutschland realisiert wurden. Für das Forschungsprojekt ZSG ist dabei wichtig, diejenigen Aspekte herauszufiltern, die in Bezug auf die für ZSG relevanten Kriterien (Energiekennzahlverbesserung, Heizkostenreduktion, Ökologie und Energieeffizienz) von Wichtigkeit sind.

### 2.1. Übersicht realisierter Altbausanierungen

Projekt-Nr.	Projektbezeichnung	Standort	Nutzung	Geschosszahl	Anzahl-WE	Gesamtfläche	Sanierungskosten
1	Nordpool Steyr	A - Steyr	Bürogebäude	3	x	3671m <sup>2</sup>	260 €/m <sup>2</sup>
2	HS-Oberneukirchen	A - Oberneukirchen	Schule	4	x	1242m <sup>2</sup>	1.069.967 €
3	WAG-Spallerhof	A - Linz	Wohngebäude	4	18	975m <sup>2</sup>	x
4	Bürogebäude in Plattenbauweise	D – Thüringen	Bürogebäude	6	x	8600m <sup>2</sup>	x
5	Jean-Paul-Platz	D – Nürnberg	Wohngebäude	3	6	894m <sup>2</sup>	530 €/m <sup>2</sup>
6	Sanierung Schulpavillon	D – Nordhorn	Schule	2	x	358m <sup>2</sup>	x
7	Hans -Grade-Ring	D – Potsdam	Wohngebäude	6	48	x	487 €/m <sup>2</sup>
8	Bärentalsiedlung	D – Ochsenfurt	Wohngebäude	3	30	x	x
9	MFH in dichter Bebauung	D – Hannover	Wohngebäude mit Kiosk	5	5+ Kiosk	500m <sup>2</sup>	x
10	PH mit denkmalgeschützter Fassade	CH - Zürich	Wohngebäude	4+1	4	475m <sup>2</sup>	x
11	Umbau denkmalgeschützte Scheune	D – Ladenburg	Wohngebäude	2	1	212m <sup>2</sup>	x
12	Umbau denkmalgeschütztes Gebäude	D – Günzburg	Wohngebäude	3+1	1	X	x



Tabelle 1: Übersicht Sanierungsprojekte



#### 2.1.1. Datenblätter realisierter Altbausanierungen


Bei Abschluss des Berichtes sind nun 12 Projekte in den folgenden Datenblättern zusammenfassend dokumentiert.



<b>Nordpool Steyr</b>		A – 4400 Steyr	Projekt Nr.: 1
<b>Architektur/ Planung</b>	Andreas Prehal Helmut Poppe A – 4400 Steyr		
<b>Bauherr</b>	Energietechnik Bogner		
			
	<b>Bestand</b>	<b>Saniert</b>	
<b>Gebäudenutzung</b>	Möbelproduktionsstätte	Bürogebäude	
<b>Baujahr</b>	1960	2002	
<b>Nutzfläche</b>	3564 m <sup>2</sup>	3671 m <sup>2</sup>	
<b>U-Werte</b>	Außenwand: 2,875 W/(m <sup>2</sup> K) Dach: 1,666 W/(m <sup>2</sup> K) Kellerdecke: 1,902 W/(m <sup>2</sup> K) Fenster: 4,468 W/(m <sup>2</sup> K)	Außenwand: 0,235 W/(m <sup>2</sup> K) Dach: 0,153 W/(m <sup>2</sup> K) Kellerdecke: 0,356 W/(m <sup>2</sup> K) Fenster: 1,489 W/(m <sup>2</sup> K)	
<b>Energiekennzahl</b>	271,6 kWh/(m <sup>2</sup> a)	37,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
<b>Heizkosten</b>	49.240 €/a	2.500 €/a	
<b>Bauweise/ Konstruktion</b>	Stahlbetonskelett ausgefacht mit Schlackeschalsteinen bzw. Vollziegelmauerwerk (ungedämmt) Dachkonstruktion aus Nagelbinder (10cm Mineralwolle)	Vorgesetzte Holzkonstruktion: 16cm (Doppel-T-Träger) Zellulosedämmung diffusionsoffene Holzfassadenplatte hinterlüftete Fassade Lärchenholz sägerau	
<b>Haustechnik</b>	Eine 102m <sup>2</sup> Solarkollektorfläche versorgt einen Pufferspeicher (alter Öltank). Solange die Temperatur im Kessel $\geq 30^{\circ}\text{C}$ beträgt, wird die Niedertemperaturheizung direkt aus dem Puffer versorgt. Sinkt die Temperatur unter $30^{\circ}\text{C}$ übernimmt eine Wasser/Wasser Wärmepumpe (Soleleitung im Puffer) die Gebäudeheizung. Zur Spitzenabdeckung dient eine zweite Wärmepumpe, die das Grundwasser eines Brunnens nutzt. Ebenso wurde eine kontrollierte Gebäudelüftung mit Erdvorwärmung und Wärmerückgewinnung installiert.		
<b>Ökologie/ Energieeffizienz</b>	Sanierungskosten amortisieren sich durch die Heizkosteneinsparung innerhalb von 20 Jahren. Bei der thermischen Sanierung wurden ausschließlich ökologische Baustoffe und Recyclingmaterialien verwendet.		
<b>Verwertbarkeit für ZSG</b>	Integration und Umnutzung von bestehenden Anlageressourcen (Brunnen, alter Öltank als Pufferspeicher);		
<b>Sanierungskosten</b>	260 €/m <sup>2</sup> Nfl.		
<b>Quelle:</b>	Poppe*Prehal		

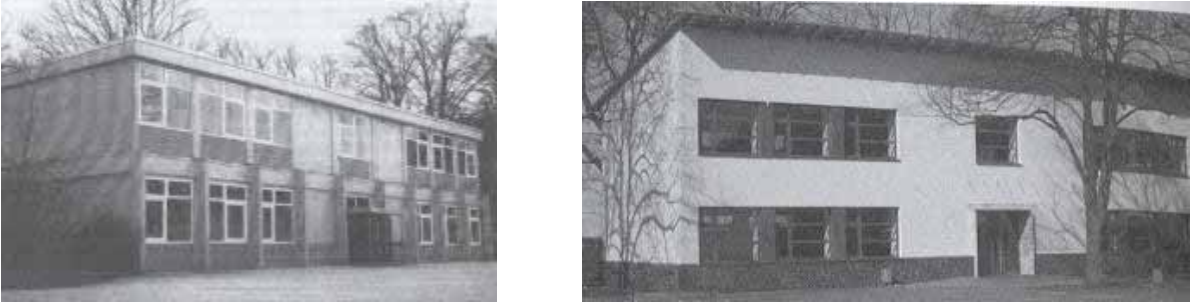



<b>Hauptschule Oberneukirchen</b>		A – 4181 Oberneukirchen	Projekt Nr.: 2
<b>Architektur/ Planung</b>	Andreas Prehal Helmut Poppe A – 4400 Steyr		
<b>Bauherr</b>	Gemeinde Oberneukirchen		
			
	<b>Bestand</b>	<b>Saniert</b>	
<b>Gebäudenutzung</b>	Schule	Schule	
<b>Baujahr</b>	k.A.	voraussichtlich 2003	
<b>Nutzfläche</b>	1242m <sup>2</sup>	1242m <sup>2</sup>	
<b>U-Werte</b>	Außenwand: 1,17 W/(m <sup>2</sup> K) Dach: 0,27 W/(m <sup>2</sup> K) Kellerdecke: 0,55 W/(m <sup>2</sup> K) Fenster: 3,10 W/(m <sup>2</sup> K)	Außenwand: 0,266 W/(m <sup>2</sup> K) Dach: 0,163 W/(m <sup>2</sup> K) Kellerdecke: 0,431 W/(m <sup>2</sup> K) Fenster: 1,141 W/(m <sup>2</sup> K)	
<b>Energiekennzahl</b>	176,6 kWh/(m <sup>2</sup> a)	33,2 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
<b>Heizkosten</b>	13.389 €/a	2.741 €/a	
<b>Bauweise/ Konstruktion</b>	Gebäude als Vollziegelmauerwerksbau;	vorgesetzte Holzkonstruktion mit Zellulosedämmung; diffusionsoffene Holzfasadenplatten; hinterlüftete Fassade;	
<b>Haustechnik</b>	Komfortlüftung mit 85% Wärmerückgewinnung; Lüftung Raumweise CO <sup>2</sup> gesteuert; 1 Heizkörper/Klasse (1500W) dadurch schnell reagierendes Heizsystem;		
<b>Ökologie/ Energieeffizienz</b>	Niedrigenergiefenster ohne Verbundstoffe; Amortisation der Mehrkosten gegenüber einer konventionellen Sanierung innerhalb von 11 Jahren, danach jährliche Einsparung von € 6.500.		
<b>Verwertbarkeit für ZSG</b>	zentrale Abluftanlage im Keller; im gesamten Gebäude Überströmöffnungen; Anschluss an das bestehende Fernwärmenetz;		
<b>Sanierungskosten</b>	1.069.967 € (für Generalsanierung)		
<b>Quelle:</b>	Poppe*Prehal		


<b>WAG - Spallerhof</b>		A – 4020 Linz	Projekt Nr.: 3
<b>Architektur/ Planung</b>	Andreas Prehal Helmut Poppe A – 4400 Steyr		
<b>Bauherr</b>	WAG Wohnungsanlagen GMBH		
			
	<b>Bestand</b>	<b>Saniert</b>	
<b>Gebäudenutzung</b>	Geschoßwohnungsbau mit 18 Wohnungen	Geschoßwohnungsbau mit 18 Wohnungen	
<b>Baujahr</b>	1970	2003	
<b>Nutzfläche</b>	974,9m <sup>2</sup>	974,9m <sup>2</sup>	
<b>U-Werte</b>	Außenwand: 1,195 W/(m <sup>2</sup> k) Dach 2,418 W/(m <sup>2</sup> k) Kellerdecke: 1,122 W/(m <sup>2</sup> k)	Außenwand: 0,205 W/(m <sup>2</sup> k) Dach 0,185 W/(m <sup>2</sup> k) Kellerdecke: 1,122 W/(m <sup>2</sup> k) Fenster: 0,900 W/(m <sup>2</sup> k)	
<b>Energiekennzahl</b>	199,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	45,3 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
<b>Heizkosten</b>	k.A.	k.A.	
<b>Bauweise/ Konstruktion</b>	Mauerwerk aus Hochofenschlacke; Stahlbetondecken;	vorgesetzte Fassade mit 160mm Zellulose; Dämmung Dach mit 200mm Zellulose; Austausch der noch nicht erneuerten Fenster, ansonsten nur Gläsertausch (U=0,9);	
<b>Haustechnik</b>	Wirtschaftlichkeitsberechnungen einer dezentralen Wärmeerzeugung in jedem Block um Leitungsverluste zu minimieren; Lüftungsggerät MELTEM WRG-K (80%) wird in jeder Wohnung installiert und zentral über Bussystem gesteuert; vorgeschlagen wird der Einbau von Solarleitungen in der Fassade zur späteren Nachrüstung von Sonnenkollektoren; Einbau von Wassersparende Armaturen (Einsparung pro Haushalt bis 75€/a); ökologische Abdeckung des Stromverbrauchs der allgemeinen Flächen durch Photovoltaikanlage;		
<b>Ökologie/ Energieeffizienz</b>	Für die thermische Sanierung werden ausschließlich ökologische bzw. Recycling Materialien verwendet; Einsparpotentiale werden nicht nur beim Heizenergieverbrauch angestrebt, sondern auch bei Strom und Wasser;		
<b>Verwertbarkeit für ZSG</b>	Abgeschrägte Fensterleibungen erhöhen den Lichteinfall; Einbau einer zentralen Lüftungsanlage ist in bewohntem Zustand nicht möglich darum Verwendung von dezentralen Geräten;		
<b>Sanierungskosten</b>	k.A.		
<b>Quelle:</b>	Poppe*Prehal		


<b>Bürogebäude in Plattenbauweise</b>		D – 99084 Thüringen	Projekt Nr.: 4
<b>Architektur/ Planung</b>	Thomas Zill Nicole Lippe D – 99084 Thüringen		
<b>Bauherr</b>	LEG - Thüringen		
			
	<b>Bestand</b>	<b>Saniert</b>	
<b>Gebäudenutzung</b>	Bürogebäude 6geschoßig	Bürogebäude 6geschoßig	
<b>Baujahr</b>	1970	2002	
<b>Nutzfläche</b>	BGF 8600m <sup>2</sup>	BGF 8600m <sup>2</sup>	
<b>U-Werte</b>	U <sub>ges</sub> : 2,0 W/(m <sup>2</sup> K)	statisch: 0,2 W/(m <sup>2</sup> K) effektiv süd: 0,04 W/(m <sup>2</sup> K) effektiv ost: 0,08 W/(m <sup>2</sup> K) effektiv west: 0,13 W/(m <sup>2</sup> K) effektiv nord: 0,14 W/(m <sup>2</sup> K)	
<b>Energiekennzahl</b>	ca. 180 kWh/(m <sup>2</sup> a)	ca. 25 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
<b>Heizkosten</b>	k.A.	k.A.	
<b>Bauweise/ Konstruktion</b>	Stahlbetonskelettbau mit vorgesetzter Aluminiumfassade;	vorgefertigte Holzrahmenwände mit ESA-Solarfassade; Fenster und Sonnenschutz sind vor das Betonskelett gestellt; Die Außenwände wurden zuvor komplett entfernt;	
<b>Haustechnik</b>	k.A.		
<b>Ökologie/ Energieeffizienz</b>	Verwendung von Werkstoffen die möglichst geringe Herstellungsenergie verursachen und die trennbar und wieder verwertbar sind; Hocheffiziente Fassadenkonstruktion durch Nutzung der Solarstrahlung		
<b>Verwertbarkeit für ZSG</b>	Extrem kurze Montagezeit von 3 Wochen bei 4000m <sup>2</sup> Fassadenfläche durch komplette Vorfertigung;		
<b>Sanierungskosten</b>	k.A.		
<b>Quelle:</b>	Gap-solar GmbH		

<b>Jean-Paul-Platz 4</b>		D – 90475 Nürnberg	Projekt Nr.: 5
<b>Architektur/ Planung</b>	Burkhard Schulze D – 90475 Nürnberg		
<b>Bauherr</b>	WBG Nürnberg		
			
	<b>Bestand</b>	<b>Saniert</b>	
<b>Gebäudenutzung</b>	Wohngebäude mit 6 Wohneinheiten	Wohngebäude mit 6 Wohneinheiten	
<b>Baujahr</b>	1930	2002	
<b>Nutzfläche</b>	6x149m <sup>2</sup>	6x149m <sup>2</sup>	
<b>U-Werte</b>	Außenwand: 1,4 W/(m <sup>2</sup> K) Dach: 0,87 W/(m <sup>2</sup> K) Kellerdecke: 0,88 W/(m <sup>2</sup> K) n <sub>50</sub> -Wert: 4,9 /h	Außenwand: 0,15 W/(m <sup>2</sup> K) Dach: 0,12 W/(m <sup>2</sup> K) Kellerdecke: 0,19 W/(m <sup>2</sup> K) Fenster: 0,80 W/(m <sup>2</sup> K) n <sub>50</sub> -Wert: 0,35 /h	
<b>Energiekennzahl</b>	204 kWh/(m <sup>2</sup> a)	27 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
<b>Heizkosten</b>	k.A.	k.A.	
<b>Bauweise/ Konstruktion</b>	Außenwände aus Vollziegelmauerwerk; Holzbalkendecken als Geschoßdecken; Betonhourdis als Kellerdecke; Kastenfenster von 1930;	Außenwände mit 20cm WDVS; oberste Geschoßdecke 25cm Dämmung; Kellerdecke 14cm Dämmung auf Unterseite; PH-Kunststofffenster (5cm Einstand von Außenkante);	
<b>Haustechnik</b>	dezentrale Abluftwärm erückgewinnungsanlage; Frischluftzufuhr und Fortluftabsaugung erfolgen für jede Wohnung direkt von bzw. nach außen; dezentrale Etagenheizungen wurden durch zentrale Gasbrennwerttherme (30kW) ersetzt; solarthermische Anlage mit 17m <sup>2</sup> und 1000l Speicher;		
<b>Ökologie/ Energieeffizienz</b>	Aus primärenergetischer Sicht und hinsichtlich der CO <sub>2</sub> -Reduktion wird der Faktor 10 überschritten;		
<b>Verwertbarkeit für ZSG</b>	Da im Inneren keine Maßnahmen durchgeführt werden konnten wurde Luftdichte Ebene an der Außenseite der Wand durchgeführt; Wärmedämmverbundsystem vollflächig verklebt bzw. vor dem Kleben eine vollflächige Spachtelung aufgetragen; Fensteranschlüsse konnten sehr einfach in diese luftdichte Ebene eingearbeitet werden;		
<b>Sanierungskosten</b>	530 €/m <sup>2</sup> WF		
<b>Quelle:</b>	7. Internationale Passivhaus Tagung		


<b>Sanierung Schulpavillon</b>		D – 48528 Nordhorn	Projekt Nr.: 6
<b>Architektur/ Planung</b>	Frank Otte Christian Beike D – 48529 Nordhorn		
<b>Bauherr</b>	Stadt Nordhorn		
			
	<b>Bestand</b>	<b>Saniert</b>	
<b>Gebäudenutzung</b>	2geschoßiger Schulpavillon mit 4 Klassen	2geschoßiger Schulpavillon mit 4 Klassen	
<b>Baujahr</b>	1971	2003	
<b>Nutzfläche</b>	357,7m <sup>2</sup>	357,7m <sup>2</sup>	
<b>U-Werte</b>	k.A.	Außenwand: 0,09 W/(m <sup>2</sup> K) Dach: 0,09 W/(m <sup>2</sup> K) Bodenplatte: 0,1 W/(m <sup>2</sup> K) Fenster: 0,8 W/(m <sup>2</sup> K)	
<b>Energiekennzahl</b>	k.A.	14,3 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
<b>Heizkosten</b>	k.A.	k.A.	
<b>Bauweise/ Konstruktion</b>	13cm Holzrahmenkonstruktion; Innenseite 2 Lagen GKF; Außenseite 15mm Spanplatte mit witterungsbeständigem Anstrich; Stahlbetonstützen tragen EG-Decke aus Stahlbetonbodenplatten;	neue Hülle als Holzrahmenkonstruktion (Stützen werden eingebunden, Zwischenraum mit Zellulose gedämmt); Außenhaut bildet eine hinterlüftete Faserzement Putzträgerplatte und im Sockelbereich ein Verblender; neues Pultdach auf vorhandenem und neu gedämmten Flachdach;	
<b>Haustechnik</b>	kontrollierte Lüftungsanlage mit Gegenstromwärmetauscher; 80 Meter Erdwärmetauscher; Restwärme über 4 Nachheizregister; Lüftung raumweise- CO <sub>2</sub> geteuert;		
<b>Ökologie/ Energieeffizienz</b>	k.A.		
<b>Verwertbarkeit für ZSG</b>	In den Klassenräumen befinden sich im Sockelbereich großflächige Zuluftöffnungen damit bei hohen Luftwechselraten keine Zugerscheinungen auftreten; Durch CO <sub>2</sub> Sensoren kann die Luftwechselrate den jeweiligen Anforderungen angepasst werden;		
<b>Sanierungskosten</b>	k.A.		
<b>Quelle:</b>	7. Internationale Passivhaus Tagung		

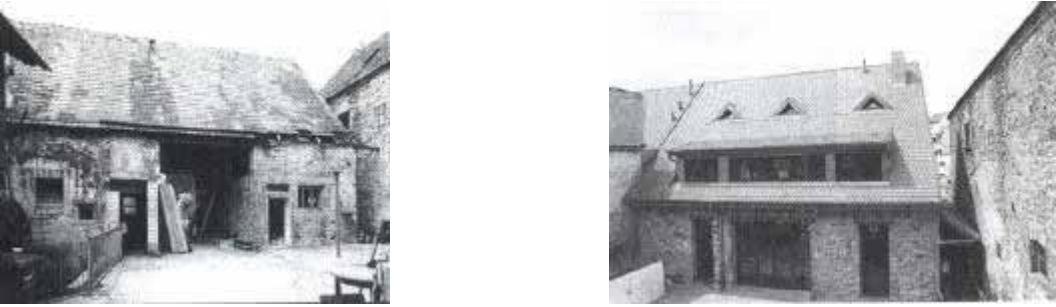
<b>Hans-Grade-Ring 60/62</b>		Projekt Nr.: 7
<b>Architektur/ Planung</b>	Henryk Hoenow H.-J. Gaudig Matthias Schmitz-Peiffer	
<b>Bauherr</b>	„Karl Marx“ Potsdam e.G.	
		kein Foto
	<b>Bestand</b>	<b>Saniert</b>
<b>Gebäudenutzung</b>	Wohnbau 6-geschoßig mit 48WE	Wohnbau 6-geschoßig mit 48WE
<b>Baujahr</b>	k.A.	2003
<b>Nutzfläche</b>	k.A.	k.A.
<b>U-Werte</b>	Außenwand: 1,05 W/(m²K) Dach: 0,9 W/(m²K) Kellerdecke: 1,5 W/(m²K) Fenster: 3,2 W/(m²K)	Außenwand: 20cm WDVS Dach: 30cm Dämmung Kellerdecke: 3+10cm Dämmung Fenster: 0,7 W/(m²K)
<b>Energiekennzahl</b>	129 kWh/(m²a)	14 kWh/(m²a)
<b>Heizkosten</b>	k.A.	k.A.
<b>Bauweise/ Konstruktion</b>	Montagebau aus geschosshohen Betonelementen; Außenwände: Sandwichplatten 150mm Tragschicht, 50mm Dämmung (Kern-Dämmung), 60mm Wetterschale; Keller ohne Dämmung;	geschlossene Dämmhülle um ges. Gebäude; Fenster in PH-Qualität; große Dämmschichten im Dach und unterhalb der Kellerdecke; Einfassung der Fenster mit Purenit-Rahmen;
<b>Haustechnik</b>	Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und zentraler Betriebstechnik innerhalb des beheizten Volumens im Dachbereich; Restheizwärmeabdeckung über bestehendes System (geringere Temperaturen) oder über Zuluft Nachheizung (wird noch geprüft);	
<b>Ökologie/ Energieeffizienz</b>	k.A.	
<b>Verwertbarkeit für ZSG</b>	die neuen Fenster wurden mittels Purenit-Rahmen in die Dämmebene verlegt;	
<b>Sanierungskosten</b>	487 €/m² Mehrkosten gegenüber normaler Sanierung: 76€/m²	
<b>Quelle:</b>	7. Internationale Passivhaus Tagung	



<b>Bärentalsiedlung</b>		D - Ochsenfurt	Projekt Nr.: 8
<b>Architektur/ Planung</b>	Werner Haase D – 97753 Karlstadt		
<b>Bauherr</b>	SWG Ochsenfurt		
	kein Foto		
	<b>Bestand</b>	<b>Saniert</b>	
<b>Gebäudenutzung</b>	30 Sozialwohnungen	30 Sozialwohnungen	
<b>Baujahr</b>	1954-1966	ab 1999	
<b>Nutzfläche</b>	gesamt k.A.	sanierte Fläche: 1.720m <sup>2</sup>	
<b>U-Werte</b>	k.A.	k.A.	
<b>Energiekennzahl</b>	250 – 550 kWh/(m <sup>2</sup> a)	16 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
<b>Heizkosten</b>	k.A.	k.A.	
<b>Bauweise/ Konstruktion</b>	k.A.	Gebäudehülle mit 16cm WDVS gedämmt; oberste Geschoßdecke mit 20cm Zellulose; Kellerdecke mit 5cm PUR; Fenster (U=1,8) wurden beibehalten; Rollladenkästen wurden nach außen versetzt; Wärmebrücken mit Temperierleitung aus Rücklauf	
<b>Haustechnik</b>	in jeder Wohnung Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung welche aus gemeinsamer Erdvorwärmstrecke und/oder Direktluft gespeist wird; über den Rücklauf geregelte unterputz Wandheizplatten in den Wohnungen; Warmwassererzeugung über Plattenwärmetauscher; Energiezentralebereitung versorgt 30 WE; zentrales Steuergerät regelt Heizwasser- und Warmwasserbereitung; im Idealfall Warmwasser- und teilweise Heizwärmebedarf durch 65m <sup>2</sup> Sonnenkollektoren abgedeckt; reicht das nicht wird eine HKA (5,5kW el, 14,5kW therm.) zugeschaltet deren Abwärme wird ins Heizsystem eingespeist der Strom wird im Haus verkauft; Eine Wärmepumpe entzieht dem ges. Abwasser bzw. einem Kältspeicher die Wärme; Bei nicht Ausreichen der Gerätekombination wird ein 32kW Pelletskessel zugeschaltet; Speicheranlage besteht aus Warmwasserspeicher (6000l, 60°C) Heizungswasserspeicher (11.000l, 40°C) und einem Kältspeicher (11.000l, 25°C);		
<b>Ökologie/ Energieeffizienz</b>	Alleine für Heizung wurden vor Sanierung 45.000l Öl verbraucht (450.000kWh) der jetzige Gasverbrauch beträgt ca. 65.000kWh;		
<b>Verwertbarkeit für ZSG</b>	Verbleibende Wärmebrücken Dachwiderlager/Schlussdecke und Mauerwerk/Keller mit Temperierleitung aus dem Rücklauf der Heizflächen um Kondensatfreiheit zu erreichen; der Speicherraum wurde insgesamt mit 46m <sup>3</sup> Zellulose gedämmt;		
<b>Sanierungskosten</b>	k.A.		
<b>Quelle:</b>	7. Internationale Passivhaus Tagung		

<b>Sanierung MFH in dichter Reihenbebauung</b>		D – 30169 Hannover	Projekt Nr.: 9
<b>Architektur/ Planung</b>	DI Matthias von Oesen Stadtwerke Hannover AG D – 30169 Hannover		
<b>Bauherr</b>	k.A.		
kein Foto			
	<b>Bestand</b>	<b>Saniert</b>	
<b>Gebäudenutzung</b>	Wohnhaus mit Kiosk im EG	Wohnhaus mit Kiosk im EG	
<b>Baujahr</b>	1910	2001	
<b>Nutzfläche</b>	ca. 500 m <sup>2</sup>	ca. 500 m <sup>2</sup>	
<b>U-Werte n<sub>50</sub>-Wert</b>	Außenwand: k.A. Dach: k.A. Kellerdecke: k.A. Fenster: k.A. n <sub>50</sub> -Wert: 7 /h	Außenwand: 0,089 W/(m <sup>2</sup> K) Dach: 0,065 W/(m <sup>2</sup> K) Kellerdecke: k.A. Fenster: 0,800 W/(m <sup>2</sup> K) n <sub>50</sub> -Wert: <0,5 /h	
<b>Energiekennzahl</b>	250 kW/(m <sup>2</sup> a)	ab 1.OG 15 kW/(m <sup>2</sup> a)	
<b>Heizkosten</b>	k.A.	k.A.	
<b>Bauweise/ Konstruktion</b>	4+1 geschossig MFH in dichter Reihen- bebauung; Vollziegelbauweise ohne Wärmedämmung;	EG wird wegen extremer Wärmebrücken nur zu Niedrigenergiestandard saniert, Ab dem 1.OG wird für alle Wohneinheiten der PH- Standard erreicht.	
<b>Haustechnik</b>	semizentrale Lüftungsanlage vom EG bis ins 3.OG; Luftansaugung im Hof; Vorwärmung durch kurzes Erdregister; weitere Erwärmung durch zwei zentrale Kanal-Gegenstrom - Wärmetauscher (Paul); Verteilung der Luft über Wickelfalzrohre in Schornsteinen; Wohnungen getrennt durch Feuerschutzklappen; eine Filterbox mit 2 Gleichstrommotoren im Bad jeder Wohnung; Verteilung in den Wohnungen in abgehängter Decke; Einbringen der Luft über Weitwurfdüsen in Wohn- und Schlafräume. Abluftventile im Bad und der Wohnküche; autarke Lüftungsanlage für Dachgeschoßwohnung; gesamte Wärmeversorgung mittels Brennwertkessel; zwei 400 Liter Warmwasserspeicher; Warmwasserwärmung unterstützt durch thermische Solaranlage; Zuluft in den Wohnungen mit Luft-Wasser-Nachheizregister auf max. 50°C erwärmt; nur im EG zusätzlich statische Heizflächen;		
<b>Ökologie/ Energieeffizienz</b>	k.A.		
<b>Verwertbarkeit für ZSG</b>	Nutzung der nicht mehr benötigten Schornsteine für Lüftungsleitungen; zur Vermeidung der Wärmebrücken durch nicht thermisch getrennte Balkondecken wurde der Wohnraum um diese Fläche erweitert; Abrundung der Leibungen verbessert den Lichteinfall;		
<b>Sanierungskosten</b>	Mehrkosten für PH-Maßnahmen: 80.000 €		
<b>Quelle:</b>	6. Europäische Passivhaustagung, Basel		



<b>Passivhaus mit denkmalgeschützter Fassade</b>		CH – 8001 Zürich	Projekt Nr.: 10
<b>Architektur/ Planung</b>	Viridén + Partner CH – 8001 Zürich		
<b>Bauherr</b>	k.A.		
			
	<b>Bestand</b>	<b>Saniert</b>	
<b>Gebäudenutzung</b>	MFH mit 4 Wohnungen	MFH mit 4 Wohnungen	
<b>Baujahr</b>	1894	April 2001	
<b>Nutzfläche</b>	475m <sup>2</sup>	475m <sup>2</sup>	
<b>U-Werte</b>	k.A.	Hülle im Ø: 0,700 W/(m <sup>2</sup> K) zur Strasse: 0,430 W/(m <sup>2</sup> K) Fenster: 0,700 W/(m <sup>2</sup> K) n <sub>50</sub> -Wert: ca. 2 /h	
<b>Energiekennzahl</b>	122 kW/(m <sup>2</sup> a)	17,5 kW/(m <sup>2</sup> a)	
<b>Heizkosten</b>	k.A.	k.A.	
<b>Bauweise/ Konstruktion</b>	teilweise denkmalgeschütztes MFH in Vollziegelbauweise ohne Wärmedämmung;	Wärmedämmung von 16–40cm; 70% der Gebäudehülle weist einen U-Wert von 0,15W/m <sup>2</sup> K auf;	
<b>Haustechnik</b>	benötigte Energie für Heizung und Warmwasser wird von Sonnenkollektoranlage (15m <sup>2</sup> ) und Luft-Wasser-Wärmepumpe (9kW) in einem Speicher (2600l) mit integriertem Boiler bereitgestellt; Wärmeverteilung über Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung; jede Wohnung hat eigene Anlage; Zu Spitzenzeiten wird die Restwärme mit den in jeder Wohnung befindlichen Holzspeicheröfen abgedeckt;		
<b>Ökologie/ Energieeffizienz</b>	es wurde so wenig wie möglich abgebrochen bzw. so viel wie möglich erhalten; Primärenergieverbrauch für Heizung, Warmwasser, Lüftung und Haushaltsstrom um Faktor 10 reduziert (auf 100 kWh/m <sup>2</sup> );		
<b>Verwertbarkeit für ZSG</b>	Denkmalgeschützte Straßenfront wurde außen und innen mit 3cm Dämmung saniert (U=0,43W/m <sup>2</sup> K); Dachgeschoss wurde wegen schlechtem Zustand abgetragen und in Holzelementbauweise neu errichtet;		
<b>Sanierungskosten</b>	k.A.		
<b>Quelle:</b>	6. Europäische Passivhaustagung, Basel		

<b>Umbau einer denkmalgeschützten Scheune zum Passivhaus</b>		D - 68526 Ladenburg	Projekt Nr.: 11
<b>Architektur/ Planung</b>	Raimund Käser SAINT-GOBAIN ISOVER G+H AG D - 68526 Ladenburg		
<b>Bauherr</b>	k.A.		
			
	<b>Bestand</b>	<b>Saniert</b>	
<b>Gebäudenutzung</b>	Tabakscheune	Wohnhaus	
<b>Baujahr</b>	ca. 1850	1997	
<b>Nutzfläche</b>	k.A.	212m <sup>2</sup>	
<b>U-Werte</b>	k.A.	Wände: 0,12-0,15 W/(m <sup>2</sup> K) Fenster 0,800 W/(m <sup>2</sup> K) Dach: 0,09 W/(m <sup>2</sup> K) Boden: 0,14 W/(m <sup>2</sup> K) n <sub>50</sub> -Wert: 0,6 /h	
<b>Energiekennzahl</b>	k.A.	13,4 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
<b>Heizkosten</b>	k.A.	k.A.	
<b>Bauweise/ Konstruktion</b>	stark versalzene Natursteinaußenwand; Dachstuhl mit Giebelfachwerk;	Betonskelettbauweise mit Abstand vorgesetztem neu aufgeschichteten Natursteinmauerwerk; Kellerdecke mit 2x 80mm Wärmedämmung (Styrodur 5000 WLG 035); innenliegende Dämmung der Bruchsteinwand; Dachstuhl mit 44cm Dämmung neu aufgebaut;	
<b>Haustechnik</b>	Normheizlast von 3-5 KW; Zur Reserve und zusätzlichen Warmwassererzeugung Gasbrennwerttherme mit Warmwasserkollektor; Lüftungsanlage (Jovex DC) mit Wärmerückgewinnung (>90%) und Erdreichwärmetauscher; Haustechniksteuerung über Bussystem sowie Fensterkontakte;		
<b>Ökologie/ Energieeffizienz</b>	k.A.		
<b>Verwertbarkeit für ZSG</b>	Die Innendämmung der Außenwand wurde mit einem nicht hygroskopischen Dämmstoff (Mineralwollefilz) ausgeführt um eine feuchtetechnisch sichere Konstruktion zu erhalten, bzw. um die Maßunterschiede des Natursteinmauerwerks auszugleichen;		
<b>Sanierungskosten</b>	k.A.		
<b>Quelle:</b>	5. Passivhaus Tagung, Böblingen		

<b>Umbau eines unter Denkmalschutz stehenden Gebäudes aus dem 18. Jh. zu einem Wohnhaus in Passivhausbauweise</b>		D - Günzburg	Projekt Nr.: 12
<b>Architektur/ Planung</b>	Martin Endhardt		
<b>Bauherr</b>	Martin Endhardt		
			
	<b>Bestand</b>	<b>Saniert</b>	
<b>Gebäudenutzung</b>	Wohnhaus	Wohnhaus	
<b>Baujahr</b>	18 Jahrhundert	18 Jahrhundert	
<b>Nutzfläche</b>	X	x	
<b>U-Werte</b>	k.A.	Außenwand: 0,140 W/(m²K) Dach: 0,130 W/(m²K) Kellerdecke: k.A. Fenster: 0,800 W/(m²K)	
<b>Energiekennzahl</b>	k.A.	geplante 15,0 kWh/(m²a)	
<b>Heizkosten</b>	k.A.	k.A.	
<b>Bauweise/ Konstruktion</b>	Kellergewölbe Vollziegelmauerwerk im EG Fachwerkkonstruktion in den OGs Kastenfenster	Keller per Hand um 50cm tiefer gegraben bzw. Unterfangung der Kellerwände, Abtragen des Gewölbes bis auf Ziegelkonstruktion, Wände im EG unterfangen und mit Foamglasstreifen unterbaut, Überdämmung des Gewölbes mit 10-60cm, Außenwände außen mit 16cm Sto Therm Cell innen mit 8cm Therm Cell, OG ersetzen der Ausfachung durch 16cm Therm Cell Platten entkoppelt von Balken durch Dämmstreifen, Überdämmen der Fachwerkkonstruktion außen mit 16cm Therm Cell, innen OSB hinterfüllt mit 10cm Perliten, Dachstuhl neu, alte Fenster restauriert, innenbündig zusätzlich PH-Fenster	
<b>Haustechnik</b>	Zentrallüftungsgerät für Zu-/Abluft mit Gegenstrom-Plattenwärmetauscher, Wärmepumpe, Gleichstromventilatoren u. Luftschalldämpfer (AEREX BW160), 400l Brauchwasserspeicher mit Wärmetauscher und Heizstab, zur Nachrüstung ein Pellet Primärofen (Wodtke) eingeplant für nicht ausreichende Nennwärmeleistungen des Lüftungsgerätes		
<b>Ökologie/ Energieeffizienz</b>	Verwendung von sto Therm Cell Produkten bzw. Foamglaselemente		
<b>Verwertbarkeit für ZSG</b>	Foamglasstreifen im Sockelbereich des EGs zur thermischen Trennung, Renovierung der originalen Fenster und zusätzlicher Einbau von PH-Fenstern innenbündig in der Ebene der Innendämmung		
<b>Sanierungskosten</b>	k.A.		
<b>Quelle:</b>	EB Energie Effizientes Bauen 2/2003 4. Jahrgang		

### 3. ENTWICKLUNG VON SANIERUNGSVARIANTEN FÜR 3 GEBÄUDE TypEN

#### 3.1. Allgemeines

Die Passivhaustechnologie ist für den Einsatz in Neubauten mittlerweile ausreichend entwickelt und es gibt sowohl für den großvolumigen Wohnbau als auch für öffentliche Gebäude schon vielerorts umgesetzte Beispiele, die den Passivhausstandard als umfassend einsetzbares Gebäudekonzept eindrucksvoll untermauern. Als Planer sind wir heute in der Lage, wie auch immer die Bauaufgabe lautet, alle unsere Neubauprojekte in Passivhausqualität umzusetzen.

Ein riesiges Potential an Bauaufgaben stellt jetzt und vermehrt auch in Zukunft die Gebäudesanierung dar. Alleine in Österreich gibt es Wohngebäude mit insgesamt 200 Millionen m<sup>2</sup> Nutzfläche, die älter als 20 Jahre sind [Quelle: Statistik Austria]. Zirka 30 % davon sind denkmalgeschützt oder wurden bereits thermisch saniert. Es bleiben immerhin rund 140 Millionen m<sup>2</sup> an sanierungsbedürftiger Wohnnutzfläche, das entspricht rund 1 Million Einfamilienhäuser. Dazu kommen noch öffentliche Gebäude, Gewerbebetriebe, Industrie und sonstige Gebäude. Das wirtschaftliche Potential alleine für Wohnbausanierungen beträgt in Österreich zirka 100 Milliarden Euro.

Neubau nach OÖ Bautechnikgesetz (Wärmeschutzverordnung)	95 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Neubau in Passivhausbauweise	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Einsparung Neubau</b>	<b>80 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>

Tabelle 2: Einsparpotential Heizenergie Neubau

Aber nicht nur in wirtschaftlicher Hinsicht bietet die Gebäudesanierung größere Potentiale als der Neubau sondern auch in Sachen Heizenergie sind die Einsparungsmöglichkeiten weit höher. Der Vergleich zwischen dem Einsparpotential im Neubau und den Möglichkeiten in der Sanierung zeigt, dass das Heizenergieeinsparungspotential bei Sanierungen doppelt so hoch ist.

Gebäudebestand durchschnittlich	200 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Energieeffiziente Sanierung	40 kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Einsparung Sanierung</b>	<b>160 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>

Tabelle 3: Einsparpotential Heizenergie Sanierung

Betrachtet man die Situation auf Basis von Einsparungen des CO<sub>2</sub> Ausstoßes, so stellt sich das Bild noch weit gravierender dar. Unter Berücksichtigung der Energieträger ist das Verhältnis von Heizenergieeinsparung und CO<sub>2</sub> Ausstoß aufgrund der Annahme, dass weitgehend gleich effiziente Heizanlagen zur Anwendung kommen, beim Neubau etwa gleich groß. Bei den Sanierungen werden meist veraltete, ineffiziente Ölkessel gegen moderne hocheffiziente Biomasse oder beispielsweise Wärmepumpenanlagen ausgetauscht, und zusammen mit einer thermischen Sanierung können hier Einsparungen des CO<sub>2</sub> Ausstoßes um den Faktor 9 bis 10 problemlos ohne besonders hohe Aufwendungen erreicht werden.

Gebäudebestand CO <sub>2</sub> Ausstoß (fossiler Brennstoffe, 200 kWh/(m <sup>2</sup> a))	56 000 kg CO <sub>2</sub> /a
Sanierung CO <sub>2</sub> Ausstoß (Wärmepumpe AZ.4, 40kWh/(m <sup>2</sup> a))	6 000 kg CO <sub>2</sub> /a
<b>Einsparung Sanierung</b>	<b>50 000 kg CO<sub>2</sub>/a</b>

Tabelle 4: CO<sub>2</sub> Einsparpotential

Nun stellt sich bei Gebäudesanierungen die Frage, inwieweit hier die Passivhaustechnologie umgesetzt werden kann, und wie auch aus wirtschaftlicher Sicht es ist, den Passivhausstandard anzustreben. Tatsache ist, dass bei jedem sanierungsbedürftigen Gebäude Wärmebrücken bestehen, die gar nicht oder nur mit extrem hohem Aufwand in Richtung Passivhaustauglichkeit saniert werden können. Unsere bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, dass solche Bestrebungen wirtschaftlich

in keinem Verhältnis stehen, und dass manche Wärmebrücken auf ein bauphysikalisch erträgliches Maß entschärft werden müssen, aber nicht mehr.

Mit dem Einsatz von Komponenten und Techniken aus der Passivhaustechnologie ist es aber möglich, Gebäudesanierungen auf ein enorm gutes thermisches Niveau zu bringen ohne übermäßig hohe Aufwendungen zu betreiben.

### **3.1.1. Methodik**

Die Konzepte für ökoeffiziente Gebäudesanierungen werden anhand von drei repräsentativen Gebäudetypen aus unterschiedlichen Epochen erarbeitet. Zuerst werden für jedes Gebäude jene Sanierungsmaßnahmen formuliert, die bei einer konventionellen Sanierung, wie sie in der Regel stattfindet, durchgeführt werden. Infolgedessen werden je drei Sanierungsvarianten entwickelt, die sich in ihrer Qualität unterscheiden, die Variante der konventionellen Sanierung aber in Bezug auf die Energieeinsparpotential weit übertreffen. Die minimierte Sanierung ist dabei als jene Sanierungsvariante zu betrachten, die einen sehr kleinen Eingriff in die Bausubstanz erfordert, jedoch in ihrer Wirkung sehr effektiv ist. Die optimierte Sanierung soll ein Referenzmodell für eine Sanierung im Sinne einer ökologischen Nachhaltigkeit darstellen. Durch die maximierte Sanierung wird dann die obere Grenze des technisch Machbaren aufgezeigt.

Zu den optimierten Sanierungsvarianten werden jeweils Details entwickelt, die auch bauphysikalisch beurteilt werden. Im Bereich der Materialauswahl greifen wir auf die Ergebnisse von SIP zurück. Bei diesem Forschungsprojekt, das im Auftrag des bmvit beim Haus der Zukunft abgewickelt wurde, wurden Materialien erhoben und bewertet, die sich aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht gut eignen.

Die Verschiedenartigkeit der bestehenden Nutzung, der Gebäudestruktur, der Bausubstanz und der Baustandards lassen eine umfassende Bearbeitung der Thematik Gebäudesanierung zu. Somit können Sanierungskonzepte entwickelt werden, die für jeden Sanierungsfall anwendbar sind bzw. adaptiert werden können.

## 3.2. Historische Bausubstanz – Fabrikstrasse 9, Steyr

### 3.2.1. Der Aspekte des Denkmalschutzes bei Gebäuden historischer Bausubstanz

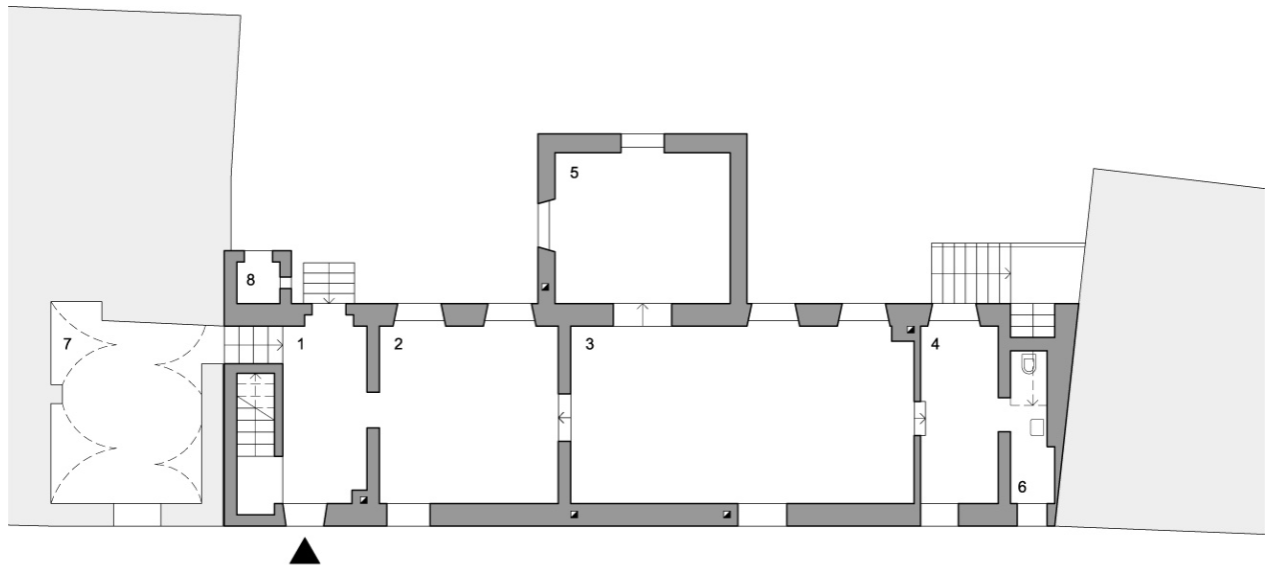
Die Problematik, welche bei der Sanierung von Gebäuden mit historischer Bausubstanz oftmals besteht liegt darin, dass eine Vielzahl dieser Gebäude unter Denkmalschutz steht. Das bedeutet, dass seine Zerstörung und jede Veränderung, die den Bestand (Substanz), die Erscheinung oder die künstlerische Wirkung beeinflussen könnte verboten ist. Veränderungen können nur dann vorgenommen werden, wenn eine Bewilligung des Bundesdenkmalamtes vorliegt. Für eine thermische Sanierung kommt in diesem Fall eine Dämmung von außen also nicht in Frage. In Steyr gibt es zudem noch die besondere Situation des Ensembleschutzes. Seit der Novellierung des Denkmalschutzgesetzes im Jahre 1978 ist in diesem Bundesgesetz der Begriff des Ensembleschutzes verankert. Dadurch können Gebäude unter Schutz gestellt werden, deren Erhaltung hauptsächlich für den übergeordneten Zusammenhang eines Ensembles von Notwendigkeit sind. In Oberösterreich gilt der Ensembleschutz für 7% aller Gemeinden. Neben dem Stadtdenkmal Steyr zählen dazu die Altstädte von Linz, Wels, Enns, Freistadt, Braunau oder Schärding, die historischen Donaumärkte Aschach, Ottensheim, Grein und Mauthausen sowie eine lange Reihe spätmittelalterlicher- frühneuzeitlicher Stadt- und Ortskerne, wie zum Beispiel Gmunden, Bad Ischl, Lauffen, Eferding, Neufelden, Obernberg, Ried oder Weyer.

### 3.2.2. Analyse Gebäudebeschreibung



Abbildung 1: Südansicht/ Straßensicht

Die Fabrikstrasse 9 befindet sich mitten im Altstadtzentrum von Steyr. Für das Gebäude gelten sowohl die Richtlinien des Denkmalschutzes als auch des Ensembleschutzes. Es ist in eine geschlossene Bebauung einer Häuserzeile eingebunden. Nordseitig erfolgt die Erschließung über die schmale Fabrikstrasse. Im Süden reicht das Grundstück bis zum einem der mehreren Steyr-Nebenarme dem Wehrwasser. Das Haus hat sein Aussehen erst im Laufe der Jahre erhalten. Mehrere Umbauten haben zum heutigen Erscheinungsbild geführt. Das zweigeschossige Gebäude ist nicht unterkellert, der Dachraum wurde nie ausgebaut. Der Familie mit 4 Kindern bietet es auf den zwei Geschoßen eine Wohnnutzfläche von 219,90m<sup>2</sup>. Unter dem östlich angrenzenden Gebäude befindet sich ein Kellergewölbe. Ausschließlich das Obergeschoß wird zum Wohnen verwendet. Das Erdgeschoß hingegen, mit dem Vorraum, einem Arbeitszimmer, einem Partyraum, einer Rumpelkammer, einem kleinen Bad und einem weiteren Zimmer wird hingegen eher wenig benützt.

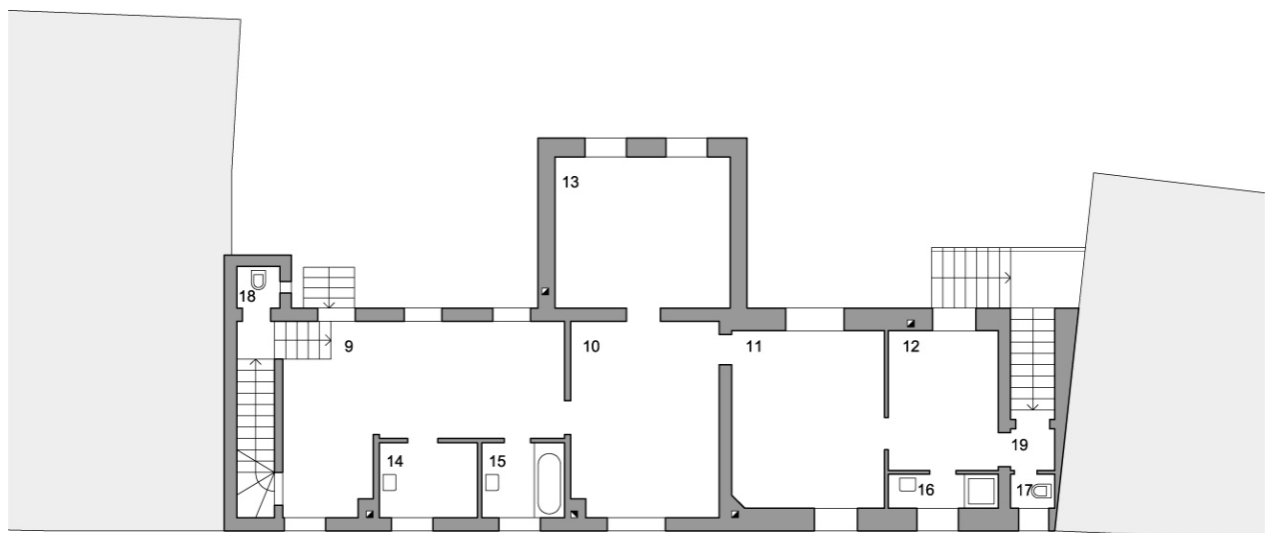


### ERDGESCHOSS

1	Vorraum	10,5m <sup>2</sup>
2	Arbeiten	22,3m <sup>2</sup>
3	Partyraum	42,9m <sup>2</sup>
4	Rumpelkammer	9,7m <sup>2</sup>
5	Zimmer	18,6m <sup>2</sup>
6	Bad/WC	4,7m <sup>2</sup>
7	Keller	19,5m <sup>2</sup>
8	Kammer	1,2m <sup>2</sup>



Abbildung 2: Grundriss Erdgeschoss



### 1. OBERGESCHOSS

9	Essen	26,7m <sup>2</sup>
10	Arbeiten	20,3m <sup>2</sup>
11	Eltern/2 Kinder	19,0m <sup>2</sup>
12	2 Kinder	10,8m <sup>2</sup>
13	Wohnen	18,6m <sup>2</sup>
14	Kochen	5,2m <sup>2</sup>
15	Bad	4,3m <sup>2</sup>
16	Bad	2,6m <sup>2</sup>
17	WC	1,1m <sup>2</sup>
18	WC	1,3m <sup>2</sup>
19	Vorraum	1,3m <sup>2</sup>



Abbildung 3: Grundriss 1. Obergeschoss



Abbildung 4: Längsschnitt

Geschoss	m <sup>2</sup>
Erdgeschoss	108,70
1. Obergeschoss	111,20
Gesamtwohnfläche	219,90

Tabelle 5: Flächenaufstellung

### 3.2.2.1. Gebäudebestand

Typisch für Häuser historischer Bausubstanz ist die Bauweise mit Vollziegelmauerwerk. Durch die verschiedenen Bautappen haben sich diverse Mauerstärken von 45cm bis 60cm ergeben. Sämtliche Außenwände, der Boden im Erdgeschoß sowie die Decke im Obergeschoß sind völlig ungedämmt. Die bestehenden Holz-Kastenfenster sind in einem schlechten Zustand. Die Wärmeerzeugung erfolgt durch einen Gaskessel, im Wohnbereich befindet sich ein Kachelofen. Das Gebäude weist im Bestand eine Energiekennzahl von 308 kWh/(m<sup>2</sup>a) auf. Die Heizlast beläuft sich auf 25,8 kW.



# Passivhaus-Projektierung

## ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima:   
 Objekt:   
 Standort:

Innentemperatur:  °C  
 Gebäudetyp/Nutzung:   
 Energiebezugsfläche  $A_{Ez}$ :  m<sup>2</sup>  
 Standard-Personenbelegung:  Pers pro m<sup>2</sup>

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Reduktionsfaktor $f_t$	$G_t$ kWh/a	kWh/a	Energie-bezugsfläche
1. Außenwand	A	383,4	1,223	1,00	94,0	39387	
2. Boden (Kellerd.,FU-Platte)	B	148,2	0,852	0,50	84,0	5304	
3. Dach (oberste Decke)	D	148,2	0,374	1,00	84,0	4649	
4.							
5. Türen	A	14,6	2,500	1,00	84,0	3066	
6.							
7.							
8. Fenster	A	38,9	2,509	1,00	84,0	8194	
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A			1,00			
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0,50			
Summe der Wärmeverluste		793,2					
						Summe	20200 kWh/a

Wärmeverluste durch Lüftung  $Q_{Lüf}$  (kWh/a):  kWh/a

Wärmeverluste durch Lüftung  $Q_{Lüf}$  (kWh/a):  kWh/a

Wärmeverluste durch Lüftung  $Q_{Lüf}$  (kWh/a):  kWh/a

Wärmeverluste durch Lüftung  $Q_{Lüf}$  (kWh/a):  kWh/a

Wärmeverluste durch Lüftung  $Q_{Lüf}$  (kWh/a):  kWh/a

Wärmeverluste durch Lüftung  $Q_{Lüf}$  (kWh/a):  kWh/a

Wärmeverluste durch Lüftung  $Q_{Lüf}$  (kWh/a):  kWh/a

Absicherung (an Fläche)	Reduktionsfaktor (vgl. Blatt Fenster)	g-Wert (nach EBC)	Fläche m <sup>2</sup>	Gesamt Wärmeverlust kWh/a	Wärmeverlust kWh/a	
1. Glas	0,40	0,00	0,00	220	0	
2. Spieg	0,43	0,60	23,66	370	2244	
3. Glas	0,43	0,60	1,65	225	27	
4. Holz	0,43	0,60	13,52	140	485	
5. Holz	0,40	0,00	0,00	360	0	
Summe					2225	756

Wärmeverluste durch Lüftung  $Q_{Lüf}$  (kWh/a):  kWh/a

Wärmeverluste durch Lüftung  $Q_{Lüf}$  (kWh/a):  kWh/a

Wärmeverluste durch Lüftung  $Q_{Lüf}$  (kWh/a):  kWh/a

Wärmeverluste durch Lüftung  $Q_{Lüf}$  (kWh/a):  kWh/a

Wärmeverluste durch Lüftung  $Q_{Lüf}$  (kWh/a):  kWh/a

Wärmeverluste durch Lüftung  $Q_{Lüf}$  (kWh/a):  kWh/a

Wärmeverluste durch Lüftung  $Q_{Lüf}$  (kWh/a):  kWh/a

Abbildung 5: PHPP Bestand

<b>Energiekennzahl</b>	<b>308kWh/(m²a)</b>
<b>Heizlast</b>	<b>25,8kW</b>

Tabelle 6: Gebäudekennwerte

<b>Außenwand</b>		mm	?(W/mK)
1	Kalk-Zement Putz	25	0,900
2	Vollziegel-Mauerwerk (350-600)	450	0,760
3	Kalk-Zement Putz	25	0,900

ges.	500
UgesW/(m²K)	1,223

<b>Boden</b>		mm	?(W/mK)
1	Schiffboden	34	0,200
2	Schüttung	150	0,200
3	Unterbeton	150	1,800

ges.	334
UgesW/(m²K)	0,852

<b>Dach</b>		mm	?(W/mK)
1	Klinkerziegel	65	1,130
2	Schüttung	150	0,200
3	Doppelbaumdecke	200	0,200
4	Schilfmatte	20	0,094
5	Kalk-Zement Putz	15	0,900

ges.	450
UgesW/(m²K)	0,374

Tabelle 7: Aufbauten Außenwand/Boden/Dach

<b>Fenster</b>	
Fenster (Bestand)	

UgesW/(m²K)	2,500
-------------	-------

<b>Türen</b>	
Türen (Bestand)	

UgesW/(m²K)	2,500
-------------	-------

Tabelle 8: Fenster/Türen

### 3.2.3. Entwicklung Sanierungskonzepte

#### 3.2.3.1. Konventionelle Sanierung

Bei einer Sanierung wie sie in der Regel durchgeführt wird, werden oft nur unzureichende Maßnahmen gesetzt. Gerade bei einem Gebäude mit historischer Bausubstanz, wird zum Beispiel oft aus Gründen des Denkmalschutzes auf eine Wärmedämmung der Fassade verzichtet. Die Maßnahmen beschränken sich meist nur auf das Aufbringen einer Wärmedämmung auf der obersten Geschoßdecke und auf eine Sanierung bzw. eine Auswechslung der bestehenden Fenster und Türen. In vielen Fällen begnügt man sich mit diesen Sanierungsmassnahmen. Dass solch ein Eingriff zwar eine Energieeinsparung mit sich bringt ist richtig, dass diese jedoch nicht sehr befriedigend ist wird im Anschluss gezeigt.

In unserem Fall der Konventionellen Sanierung wird entgegen der Regel zusätzlich der Boden im Erdgeschoss ausgewechselt, indem der bestehende Aufbau abgetragen wird und eine Dämmschüttung in einer Stärke von 50 mm eingebracht wird. Darüber wird ein schwimmender Estrich mit Klebparkett verlegt. Der U-Wert verbessert sich dadurch von  $0,852 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  auf  $0,591 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Im Bereich des Daches wird eine Dämmschüttung mit 150 mm aufgebracht, was einen neuen U-Wert von  $0,176 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  zur Folge hat. Die Fenster und Türen werden einer Runderneuerung unterzogen. Kastenfenster und Türen welche im Bestand einen U-Wert von  $2,5 - 3,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  aufweisen können nach einer Überarbeitung auf einen Wert von  $1,6 - 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  gebracht werden. Die Fassade wird bei dieser Variante wie bereits erwähnt nicht berücksichtigt.

Nach diesen Sanierungsmassnahmen sinkt die Energiekennzahl von  $308 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  auf  $259 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  was eine Verbesserung von  $49 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  bedeutet. Die Heizlast sinkt dabei von  $25,8 \text{ kW}$  auf  $20,9 \text{ kW}$ .

# Passivhaus-Projektierung

## ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: Standard  
 Objekt: Fabrikstrasse 9, Konventionell  
 Standort: Oberösterreich

Innentemperatur: 20,0 °C  
 Gebäudtyp/Nutzung: Wohnhaus  
 Energiebezugsfläche A<sub>EB</sub>: 209,5 m²  
 Standard-Personenbelegung: 6,0 Pers pro m²

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m²	U-Wert W/(m²K)	Reduktionsfaktor f <sub>t</sub>	G <sub>t</sub> kWh/a	kWh/a	Energiebezugsfläche
1. Außenwand	A	383,4	1,223	1,00	84,0	39387	
2. Boden (Kellerd., PU-Platte)	B	148,2	0,591	0,80	84,0	3676	
3. Dach (oberste Decke)	D	148,2	0,176	1,00	84,0	2194	
4.							
5. Türen	A	14,6	1,800	1,00	84,0	2208	
6.							
7.							
8. Fenster	A	38,9	1,801	1,00	84,0	5879	
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A			1,00			
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0,80			

Summe Wärmeverluste G<sub>v</sub> = 50344 kWh/a (24,8 kWh/m²)

Luftdichtheitskoeffizient n<sub>50</sub> = 0,08  
 Luftwechselrate bei 50 Pa: 0,201 h⁻¹  
 Energieverlust durch Lüftung G<sub>l</sub> = 8222 kWh/a (3,9 kWh/m²)

Summe Wärmeverluste G<sub>v</sub> + G<sub>l</sub> = 58566 kWh/a (28,0 kWh/m²)

Wärmeangebot Solarstrahlung G<sub>s</sub> = 2228 kWh/a (10,6 kWh/m²)

Wärmeangebot Heizkörper G<sub>h</sub> = 2244 kWh/a (10,7 kWh/m²)

Wärmeangebot G<sub>s</sub> + G<sub>h</sub> = 4472 kWh/a (21,3 kWh/m²)

Wärmebedarf G<sub>v</sub> + G<sub>l</sub> = 58566 kWh/a (28,0 kWh/m²)

Wärmebedarf G<sub>v</sub> + G<sub>l</sub> - G<sub>s</sub> + G<sub>h</sub> = 13844 kWh/a (6,6 kWh/m²)

Wärmebedarf G<sub>v</sub> + G<sub>l</sub> - G<sub>s</sub> + G<sub>h</sub> = 13844 kWh/a (6,6 kWh/m²)

Wärmebedarf G<sub>v</sub> + G<sub>l</sub> - G<sub>s</sub> + G<sub>h</sub> = 13844 kWh/a (6,6 kWh/m²)

Wärmebedarf G<sub>v</sub> + G<sub>l</sub> - G<sub>s</sub> + G<sub>h</sub> = 13844 kWh/a (6,6 kWh/m²)

Wärmebedarf G<sub>v</sub> + G<sub>l</sub> - G<sub>s</sub> + G<sub>h</sub> = 13844 kWh/a (6,6 kWh/m²)

Abbildung 6: PHPP Sanierung Konventionell

<b>Energiekennzahl</b>	<b>259kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>
<b>Heizlast</b>	<b>20,9kW</b>
<b>Verbesserung gegenüber Bestand</b>	<b>49kWh/m<sup>2</sup>a</b>

Tabelle 9: Gebäudekennwerte

<b>Außenwand</b>	mm	?(W/mK)
------------------	----	---------

1	Kalk-Zement Putz	25	0,900
2	Vollziegel-Mauerwerk (350-600)	450	0,760
3	Kalk-Zement Putz	25	0,900

ges.	500
UgesW/(m <sup>2</sup> K)	1,223

<b>Boden</b>	mm	?(W/mK)
--------------	----	---------

1	Parkett	22	0,15
2	Estrich	60	1,400
3	Dämmschüttung	50	0,040
4	Unterbeton	150	1,800

ges.	282
UgesW/(m <sup>2</sup> K)	0,591

<b>Dach</b>	mm	?(W/mK)
-------------	----	---------

1	Spanplatte	8	0,150
2	Dämmschüttung	150	0,040
3	Doppelbaumdecke	200	0,200
4	Schilfmatte	20	0,094
5	Kalk-Zement Putz	15	0,900

ges.	393
UgesW/(m <sup>2</sup> K)	0,176

Tabelle 10: Aufbauten Außenwand/Boden/Dach

<b>Fenster</b>
Fenster (runderneuert bzw. ersetzt)

UgesW/(m <sup>2</sup> K)	1,800
--------------------------	-------

<b>Türen</b>
Türen (runderneuert bzw. ersetzt)

UgesW/(m <sup>2</sup> K)	1,800
--------------------------	-------

Tabelle 11: Fenster/Türen

### 3.2.3.2. Zusätzliche Verbesserung durch einzelne Bauteile

Um für die Fabrikstrasse 9 optimale Dämmstärken/U-Werte in Bezug auf die Energiekennzahl zu ermitteln werden in einem nächsten Schritt die U-Werte bzw. die Dämmstärken für die raumumschließenden Bauteile kontinuierlich erhöht. Dadurch soll sichtbar gemacht werden, bis zu welchen Werten es sinnvoll ist die einzelnen Bauteile zu verbessern. Die Konventionelle Sanierung dient dabei jeweils als Ausgangssituation.

#### Verbesserung Dämmung Außenwand:

	Dämmung mm	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	EKZ kWh/(m <sup>2</sup> a)	Verb. kWh/(m <sup>2</sup> a)
Sanierung Konventionell	-	1,223	259	-
Verbesserung Außenwand	10	0,889	208	-51
	20	0,736	185	-23
	30	0,628	168	-17
	40	0,548	156	-12
	50	0,486	146	-10
	60	0,437	139	-7
	70	0,396	132	-7
	80	0,363	127	-5
	90	0,335	123	-4
	100	0,331	119	-4
	110	0,290	116	-3
	120	0,272	113	-3
	130	0,256	111	-2
	140	0,242	109	-2
150	0,229	107	-2	

Tabelle 12: Verbesserung der EKZ durch Erhöhung der Dämmstärke

Bei der Erhöhung der Dämmstärke der Außenwand zeigt sich, dass bis zu der dargestellten Stärke von 150 mm Wärmedämmung eine sichtbare Verbesserung der Energiekennzahl zu beobachten ist. Da im Fall der Fabrikstrasse durch den Denkmalschutz keine Dämmung von außen erfolgen kann, ist man auf eine Innendämmung angewiesen. Bei der vernünftigen Dimensionierung der Dämmstärke einer Innendämmung ist neben den Energieeinsparungen vor allem der durch die Innendämmung verlorene Raum ein wesentlicher Entscheidungsfaktor. Zusätzliche Wandaufbauten von über 100 mm können bei kleinen Räumen dazu führen, dass diese nicht mehr wie in gewohnter Weise zu verwenden sind. Die Tabelle zeigt, dass sich bis zu einer Dämmstärke von 50 mm die größten Energieeinsparungen erzielen lassen. Zwischen 50 und 100 mm ist die Verbesserung der Energiekennzahl immer noch beträchtlich, während ab dem 10. cm zusätzlicher Wärmedämmung die Einsparungen eher gering ausfallen. Muss aus Gründen des Denkmalschutzes die Fassade eines Gebäudes von Innen gedämmt werden, wird die Dämmstärke sinnvoller Weise im Bereich zwischen 30 und 100 mm liegen. Für jedes zu sanierende Gebäude sollte die Stärke der zusätzlich aufgetragenen Wärmedämmung, unter Berücksichtigung der Faktoren Raumverlust und Energieeinsparpotential individuell ermittelt werden.

#### Verbesserung Dämmung Dach

	Dämmung mm	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	EKZ kWh/(m <sup>2</sup> a)	Verb. kWh/(m <sup>2</sup> a)
Sanierung Konventionell	150	0,176	259	-
Verbesserung Dach	200	0,144	258	1
	250	0,122	256	2
	300	0,106	255	1

Tabelle 13: Verbesserung der EKZ durch Erhöhung der Dämmstärke

Bei der Wärmedämmung des Daches zeigt sich, dass die 150 mm Dämmung die in der Regel heute bei jeder Verbesserung der obersten Geschoßdecke bzw. des Daches aufgebracht werden schon einen optimalen Erfolg in Bezug auf das Gesamtgebäude erzielen. Eine Erhöhung der Dämmstärke in 50 mm Schritten bis zu 300 mm bringt, wie die Tabelle zeigt, beinahe keine Verbesserung der Energiekennzahl. Es ist aber durchaus sinnvoll die Dämmstärke auf 200 mm zu erhöhen, da sich dies

auf die Behaglichkeit (Einzelraumberechnung) in den Räumen des obersten Geschosses positiv auswirkt.

### Verbesserung Dämmung Boden

	Dämmung mm	U-Wert W/(m²K)	EKZ kWh/(m²a)	Verb. kWh/(m²a)
Sanierung Konventionell	50	0,591	259	-
Verbesserung Boden	60	0,515	257	-2
	70	0,456	255	-2
	80	0,409	254	-1
	90	0,371	253	-1
	100	0,340	252	-1
	110	0,313	251	-1
	120	0,290	251	0
	130	0,271	250	-1
	140	0,254	249	-1
	150	0,239	249	0
	160	0,225	249	0
	170	0,213	248	-1
	180	0,202	248	0
	190	0,193	248	0
200	0,184	247	-1	

Tabelle 14: Verbesserung der EKZ durch Erhöhung der Dämmstärke

Im Bestand verliert die Fabrikstrasse 9 mehr Wärme über den zur Gänze ungedämmten unteren Gebäudeabschluss (5304 kWh/a) als über die Dippelbaumdecke im 1. Obergeschoß (4649 kWh/a). Aus diesem Grund wird bereits bei der Konventionellen Sanierung im Boden 50 mm Wärmedämmung eingebracht. Eine zusätzliche Erhöhung dieser Dämmung bis zu einer Stärke von ca. 100 mm bringt noch eine leichte Verbesserung der Energiekennzahl. Bei Dämmstärken mehr als 100 mm fallen die zusätzlichen Einsparungen nur mehr gering aus. Allgemein ist zu sagen, dass bei Gebäuden bei denen der Boden weitgehend ungedämmt ist, dieser bei einer Sanierung in jedem Fall berücksichtigt werden sollte.

### Verbesserung Fenster/Türen

	U-Wert W/(m²K)	EKZ kWh/(m²a)	Verb. kWh/(m²a)
Sanierung Konventionell	1,800	259	-
Verbesserung Fenster	1,700	257	-2
	1,600	255	-2
	1,500	253	-2
	1,400	251	-2
	1,300	249	-2
	1,200	247	-2
	1,100	244	-3
	1,000	242	-2
	0,900	240	-2

Tabelle 15: Verbesserung der EKZ durch Reduzierung des Fenster U-Wertes

Die Tabelle zeigt, dass die Verbesserung der Fenster und Türen bis zu passivhautauglichen Produkten eine gleichmäßige Verringerung der Energiekennzahl zur Folge hat. Bei den Fenstern sind aufgrund der größeren Fläche natürlich die größeren Einsparungen zu erzielen.

### zusätzlicher Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

	WRG	EKZ kWh/(m²a)	Verb. kWh/(m²a)
Sanierung Konventionell	0%	259	-
Komfortlüftung mit WRG	75%	242	-17

Tabelle 16: Verbesserung der EKZ durch Einbau einer Komfortlüftung

Durch den Einbau einer Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung mit einem Wirkungsgrad von 75% kann im Fall der Fabrikstrasse 9 die Energiekennzahl von 259 kWh/(m<sup>2</sup>a) auf 242 kWh/(m<sup>2</sup>a) reduziert werden. Das entspricht einer Reduktion um 17 kWh/(m<sup>2</sup>a). Der Einbau einer Lüftungsanlage ist aber nicht nur aus energetischen Gründen zu empfehlen. Durch eine Sanierung wird eine deutlich verbesserte Luftdichtigkeit erreicht, darum sollte zur Sicherstellung einer hygienisch und bauphysikalisch unbedenklichen Raumlufthqualität eine kontrollierte Wohnraumlüftung eingebaut werden.



### **3.2.4. Empfohlene Sanierungskonzepte**

Für die Sanierung der Fabrikstrasse 9 werden nun mit den Erkenntnissen aus dem vorherigen Abschnitt Sanierungsvarianten verschiedener Stufe vorgeschlagen. Die Minimale Sanierung enthält jene Maßnahmen die bei einer Sanierung in jedem Fall umgesetzt werden sollten. Die Optimierte Sanierung hingegen soll durch ein genau abgestimmtes Maßnahmenpaket ein Referenzmodell im Sinne einer ökologischen Nachhaltigkeit für Sanierungen von Gebäuden Historischer Bausubstanz darstellen. Die Variante der Maximierten Sanierung soll dann zeigen, auf welchen energetischen Standard die Fabrikstrasse gebracht werden könnte.

#### **3.2.4.1. Minimierte Sanierung**

Die Minimierte Sanierung ist als jene Sanierungsvariante gedacht, die einen möglichst kleinen Eingriff in die Bausubstanz mit sich bringt, jedoch in ihrer Wirkung sehr effektiv ist. Sie soll eine Konventionelle Sanierung wie sie im Normalfall oft realisiert wird im Bereich des Einsparpotentials weit übertreffen. Da beim Gebäude der Fabrikstrasse 9 die Außenwände ungedämmt sind, kommt man hier jedoch nicht umhin diese mit einer Innerdämmung in der Stärke von 50 mm auszustatten. Ebenso wird empfohlen in den Boden eine 50 mm Dämmschüttung einzubringen. Mit einer Wärmedämmung auf der obersten Geschoßdecke von 150 mm und Fenster bzw. Tür U-Werten von 1,4000 W/(m<sup>2</sup>K) erreicht dieses Objekt schließlich einen Energiekennwert von 145 kWh/(m<sup>2</sup>a). Gegenüber dem Bestand erreicht man eine Verbesserung von 163 kWh/m<sup>2</sup>a.

Der Verzicht auf eine Lüftungsanlage erspart einen zusätzlichen Eingriff in das bestehende Gebäude. Allgemein wird empfohlen, bei Gebäude deren Außenwände im Bestand ungedämmt sind, diese in jedem Fall bei der Sanierung zu berücksichtigen.

# Passivhaus-Projektierung ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: Standard  
 Objekt: Fabrikstrasse 9, Optimiert  
 Standort: Oberösterreich

Innentemperatur: 20,0 °C  
 Gebäudetyp/Nutzung: Wohnhaus  
 Energiebezugsfläche  $A_{Ez}$ : 209,5 m<sup>2</sup>  
 Standard-Personenbelegung: 6,0 Pers pro m<sup>2</sup>

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Reduktionsfaktor $f_t$	$G_t$ kWh/a	kWh/a	Energie-bezugsfläche
1. Außenwand	A	383,4	0,486	1,00	84,0	15649	
2. Boden (Kellerd., FU-Platte)	B	148,2	0,591	0,50	84,0	3678	
3. Dach (oberste Decke)	D	148,2	0,156	1,00	84,0	1937	
4.							
5. Türen	A	14,6	1,400	1,00	84,0	1717	
6.							
7.							
8. Fenster	A	38,9	1,401	1,00	84,0	4573	
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A			1,00			
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0,50			

Summe der Wärmeverluste  $Q_{tr}$  723,2 kWh/a  
 Transmissionsenergieverluste  $Q_{tr}$  2755,1 kWh/a  
 Summe 101,5 kWh/a

Wärmegewinne  $Q_{g}$   
 solarer Wärmegewinn  $Q_{gs}$   $A_{Ez} \cdot g_{solar} \cdot H_{solar}$  209,5 m<sup>2</sup> 0,43 kWh/m<sup>2</sup>a = 90,3 kWh/a  
 solarer Wärmegewinn  $Q_{gs}$  90,3 kWh/a  
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a

Wärmegewinne  $Q_{g}$   
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a  
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a

Wärmegewinne  $Q_{g}$   
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a  
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a

Wärmegewinne  $Q_{g}$   
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a  
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a

Wärmegewinne  $Q_{g}$   
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a  
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a

Wärmegewinne  $Q_{g}$   
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a  
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a

Wärmegewinne  $Q_{g}$   
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a  
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a

Wärmegewinne  $Q_{g}$   
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a  
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a

Wärmegewinne  $Q_{g}$   
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a  
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a

Wärmegewinne  $Q_{g}$   
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a  
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a

Wärmegewinne  $Q_{g}$   
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a  
 Wärmegewinn  $Q_{g}$  90,3 kWh/a

PHPP 2016, Revision 7

© 2016 PHPP Fachverlag Bielefeld

Abbildung 7: PHPP Sanierung Minimiert

### **3.2.4.2. Optimierte Sanierung**

Bei der Variante der Optimierten Sanierung werden folgende Maßnahmen umgesetzt: Sämtliche Außenwände werden mit einer Dämmstärke von 50mm von Innen gedämmt. Im Boden des Erdgeschoßes wird eine Dämmschüttung mit einer Stärke von 100 mm eingebracht, die oberste Geschoßdecke wird mit 200 mm gedämmt. Die Fenster und Türen werden ausgetauscht, ihr neuer U-Wert beträgt  $1.400 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Um die Lüftungswärmeverluste zu minimieren wird eine Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung mit einem Wirkungsgrad von 75% eingesetzt.

Durch das Maßnahmenpaket der Optimierten Sanierung erreicht die Fabrikstrasse 9 eine Energiekennzahl von  $108 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Die Heizlast beläuft sich dabei auf  $9,3 \text{ kW}$ . Verglichen mit dem Bestand entspricht das einer Verbesserung um  $200 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ .

# Passivhaus-Projektierung

## ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: Standard  
 Objekt: Fabrikstrasse 9, Optimiert  
 Standort: Oberösterreich

Innentemperatur: 20,0 °C  
 Gebäudetyp/Nutzung: Wohnhaus  
 Energiebezugsfläche A<sub>EB</sub>: 209,5 m<sup>2</sup>  
 Standard-Personenbelegung: 6,0 Pers pro m<sup>2</sup>

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Reduktionsfaktor f <sub>R</sub>	G <sub>1</sub> kWh/a	kWh/a	Energie-bezugsfläche
1. Außenwand	A	383,4	0,486	1,00	84,0	15649	
2. Boden (Kellerd.,FU-Platte)	B	148,2	0,340	0,50	84,0	2115	
3. Dach (oberste Decke)	D	148,2	0,112	1,00	84,0	1394	
4.							
5. Türen	A	14,6	1,400	1,00	84,0	1717	
6.							
7.							
8. Fenster	A	38,9	1,401	1,00	84,0	4573	
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A			1,00			
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0,50			

Summe der Wärmeverluste  $Q_{\Sigma}$  = 28448 kWh/a  
 Energiebezug  $Q_{EB}$  = 121,5 kWh/m<sup>2</sup>a

Wärmegewinne:

Wärmesumme Lüftung  $Q_{Lüf}$  = 587,1 kWh/a  
 Lüftungswärmeverluste  $Q_{Lüf,Ver}$  = 2452 kWh/a  
 Summe Lüftungswärmeverluste  $Q_{Lüf,Sum}$  = 1865 kWh/a

Wärmegewinne:

Wärmesumme Lüftung  $Q_{Lüf}$  = 587,1 kWh/a  
 Lüftungswärmeverluste  $Q_{Lüf,Ver}$  = 2452 kWh/a  
 Summe Lüftungswärmeverluste  $Q_{Lüf,Sum}$  = 1865 kWh/a

Summe Wärmeverluste  $Q_{\Sigma}$  = 28448 kWh/a  
 Wärmegewinne  $Q_{G}$  = 2452 kWh/a  
 Netto-Wärmeverlust  $Q_{\Sigma} - Q_{G}$  = 25996 kWh/a

Absicherung (an Fläche)	Reduktionsfaktor (vgl. Blatt Fenster)	g-Wert (nach EN10976)	Fläche m <sup>2</sup>	Gesamt Wärmegewinn kWh/a	Wärmegewinn kWh/m <sup>2</sup> a
1. Glas	0,40	0,00	220	5	5
2. Süd	0,43	0,60	23,66	170	224
3. West	0,43	0,60	1,65	225	27
4. Nord	0,43	0,60	13,52	140	485
5. Horizontale	0,40	0,00	360	0	0

Wärmegewinn Solarstrahlung  $Q_{G,Sol}$  = 2528 kWh/a  
 Wärmegewinn  $Q_{G}$  = 19,5 kWh/a

Interne Wärmegewinne  $Q_{G,Int}$  = 2076 kWh/a  
 Wärmegewinn  $Q_{G}$  = 11,0 kWh/a

Freie Wärme  $Q_{G,Free}$  = 5202 kWh/a  
 Wärmegewinn  $Q_{G}$  = 24,9 kWh/a

Wärmegewinne  $Q_{G}$  = 24,9 kWh/a  
 Netto-Wärmeverlust  $Q_{\Sigma} - Q_{G}$  = 25971 kWh/a

Nutzungsgrad Wärmegewinne  $\eta = (Q_{G,Int} + Q_{G,Free}) / (Q_{\Sigma} - Q_{G,Free}) = 100%$

Wärmegewinne  $Q_{G}$  = 24,9 kWh/a  
 Netto-Wärmeverlust  $Q_{\Sigma} - Q_{G}$  = 25971 kWh/a

Heizwärmebedarf  $Q_{H}$  = 25971 kWh/a  
 Energiebezug  $Q_{EB}$  = 121,5 kWh/m<sup>2</sup>a

Abbildung 8: PHPP Sanierung Optimiert

<b>Energiekennzahl</b>	<b>108kWh/(m²a)</b>
<b>Heizlast</b>	<b>9,3kW</b>
<b>Zu-/Abluftanlage</b>	<b>75%WRG</b>
<b>Verbesserung gegenüber Bestand</b>	<b>200kWh/m²a</b>

Tabelle 17: Gebäudekennwerte

<b>Außenwand</b>	mm	?(W/mK)
------------------	----	---------

1	Kalk-Zement Putz	25	0,900
2	Vollziegel-Mauerwerk (350-600)	450	0,760
3	Kalk-Zement Putz	25	0,900
4	Dämmung	50	0,040
5	Dampfsperre	-	-
6	Installationsebene	30	0,160
7	Gipskarton	15	0,210

ges.	595
UgesW/(m²K)	0,486

<b>Boden</b>	mm	?(W/mK)
--------------	----	---------

1	Parkett	22	0,15
2	Estrich	60	1,400
3	Dämmschüttung	100	0,040
5	Unterbeton	150	1,800

ges.	332
UgesW/(m²K)	0,340

<b>Dach</b>	mm	?(W/mK)
-------------	----	---------

1	Spanplatte	8	0,150
2	Dämmschüttung	200	0,040
3	Doppelbaumdecke	200	0,200
4	Dämmung	50	0,040
5	Dampfsperre	-	-
6	Installationsebene	30	0,180
7	Gipskarton	15	0,210

ges.	503
UgesW/(m²K)	0,112

Tabelle 18: Aufbauten Außenwand/Boden/Dach

<b>Fenster</b>	
NEH-Fenster	

UgesW/(m²K)	1,400
-------------	-------

Türen	
NEH-Türen	

UgesW/(m <sup>2</sup> K)	1,400
--------------------------	-------

Tabelle 19: Fenster/Türen

### 3.2.4.3. Maximierte Sanierung

Diese Sanierungsvariante für die Fabrikstrasse 9 entspricht weitgehend der der Optimierten Sanierung mit dem Unterschied, dass höhere Dämmstärken, hochwertigere Fenster und eine Lüftungsanlage mit einer Wärmerückgewinnung von 88% eingesetzt werden. So wird hier die Außenwand mit 100 mm Wärmedämmung saniert, ebenso werden im Boden 100 mm Dämmschüttung eingebracht. Die oberste Geschoßdecke wird analog der Optimierten Sanierung mit 200 mm gedämmt, als Fenster kommen Niedrigenergie-Kastenfenster mit einem Gesamt- U-Wert von 1,150 W/(m<sup>2</sup>K) zum Einsatz.

Die Fabrikstrasse 9 erreicht so einen Energiekennwert von 70 kWh/(m<sup>2</sup>a), die Heizlast beträgt 6,6 kW. Das entspricht einer Verbesserung von 238 kWh/(m<sup>2</sup>a) gegenüber dem Bestand.

# Passivhaus-Projektierung ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: Standard  
 Objekt: Fabrikstrasse 9, Optimiert  
 Standort: Oberösterreich

Innentemperatur: 20,0 °C  
 Gebäudetyp/Nutzung: Wohnhaus  
 Energiebezugsfläche A<sub>EB</sub>: 209,5 m²  
 Standard-Personenbelegung: 6,0 Pers pro m²

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m²	U-Wert W/(m²K)	Reduktionsfaktor f <sub>R</sub>	G <sub>1</sub> kWh/a	kWh/a	Energie-bezugsfläche
1. Außenwand	A	383,4	0,311	1,00	84,0	10012	
2. Boden (Kellerd., FU-Platte)	B	148,2	0,239	0,50	84,0	1484	
3. Dach (oberste Decke)	D	148,2	0,112	1,00	84,0	1394	
4.							
5. Türen	A	14,6	1,150	1,00	84,0	1410	
6.							
7.							
8. Fenster	A	38,9	1,151	1,00	84,0	3758	
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A			1,00			
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0,50			
Summe der Wärmeverluste		793,2				18058	88,2 kWh/m²a

Wärmeverluste durch Lüftung  $Q_{Lüf}$ :  $Q_{Lüf} = V_{Lüf} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot n$   
 Summe  $Q_{Lüf} = 527$  kWh/a

Lüftungswärmeverluste  $Q_{Lüf}$ :  
 Lüftungswärmeverluste  $Q_{Lüf}$ :  $Q_{Lüf} = V_{Lüf} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot n$   
 Lüftungswärmeverluste  $Q_{Lüf}$ :  $Q_{Lüf} = V_{Lüf} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot n$   
 Lüftungswärmeverluste  $Q_{Lüf}$ :  $Q_{Lüf} = V_{Lüf} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot n$

Lüftungswärmeverluste  $Q_{Lüf}$ :  
 Lüftungswärmeverluste  $Q_{Lüf}$ :  $Q_{Lüf} = V_{Lüf} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot n$   
 Lüftungswärmeverluste  $Q_{Lüf}$ :  $Q_{Lüf} = V_{Lüf} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot n$

Summe Wärmeverluste  $Q_{Lüf}$ :  
 Summe Wärmeverluste  $Q_{Lüf}$ :  $Q_{Lüf} = V_{Lüf} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot n$   
 Summe Wärmeverluste  $Q_{Lüf}$ :  $Q_{Lüf} = V_{Lüf} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot n$

Außenwand (an Fläche)	Reduktionsfaktor (vgl. Blatt Fenster)	g-Wert (nach EN10977)	Fläche	Globale Heizlast	kWh/a	kWh/m²a
1. Ost	0,40	0,00	0,00	220	5	
2. Süd	0,43	0,60	23,66	370	224	
3. West	0,43	0,60	1,65	225	27	
4. Nord	0,43	0,60	13,52	140	485	
5. Horizontale	0,40	0,00	0,00	360	0	
Summe					228	10,8 kWh/a

Interne Wärmequellen  $Q_{int}$ :  
 Interne Wärmequellen  $Q_{int}$ :  $Q_{int} = V_{int} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot n$   
 Interne Wärmequellen  $Q_{int}$ :  $Q_{int} = V_{int} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot n$

Freie Wärme  $Q_{fr}$ :  
 Freie Wärme  $Q_{fr}$ :  $Q_{fr} = V_{fr} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot n$   
 Freie Wärme  $Q_{fr}$ :  $Q_{fr} = V_{fr} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot n$

Nutzungsgrad Wärmegewinne  $\eta_{w}$ :  
 Nutzungsgrad Wärmegewinne  $\eta_{w}$ :  $\eta_{w} = \frac{Q_{fr}}{Q_{Lüf}}$   
 Nutzungsgrad Wärmegewinne  $\eta_{w}$ :  $\eta_{w} = \frac{Q_{fr}}{Q_{Lüf}}$

Wärmegewinne  $Q_{w}$ :  
 Wärmegewinne  $Q_{w}$ :  $Q_{w} = Q_{int} + Q_{fr}$   
 Wärmegewinne  $Q_{w}$ :  $Q_{w} = Q_{int} + Q_{fr}$

Heizwärmebedarf  $Q_{h}$ :  
 Heizwärmebedarf  $Q_{h}$ :  $Q_{h} = Q_{Lüf} - Q_{w}$   
 Heizwärmebedarf  $Q_{h}$ :  $Q_{h} = Q_{Lüf} - Q_{w}$

Abbildung 9: PHPP Sanierung Maximiert

### 3.3. Gebäude aus dem 19/20Jh. – Kasernengebäude Objekt 1 , Steyr

#### 3.3.1. Spezielle Aspekte der Gebäudesanierung bei Gebäuden aus dem 19/20Jh.

Die meisten Gebäude aus dieser Zeit zeichnen sich durch eine hervorragende Gebäudestruktur aus. Ihre Erschließung und der Stützenraster eignen sich auch heute für beinahe jede Umnutzung. Die Raumhöhen bieten Qualitäten, die bei Neubauten nicht erreicht werden. Anhand des Objektes 1 am ehemaligen Trollmann Kasernengelände wird hier vor allem geprüft, mit welchen Sanierungskonzepten solche Gebäude auf einen Neubaustandard hinsichtlich Energieeffizienz, Ökologie und Raumbehaglichkeit gebracht werden können. Im Übrigen gibt es eine Unmenge von Gebäuden dieser Art in Österreichs Städten. Eine Unzahl von Gründerzeitwohnbauten wird durch dieses Gebäude repräsentiert.

#### 3.3.2. Analyse Gebäudebeschreibung



Abbildung 10: Objekt 1 Nord-Westansicht/Süd-Ostansicht

Das Gebäude wurde 1885 im Zuge der Errichtung der Trollmannkaserne in Steyr gebaut (nähere Information zur Lage siehe Abschnitt Leitprojekt Trollmannkaserne Steyr). Während der Nutzungsdauer wurde es als Offiziersgebäude bzw. als Verwaltungsgebäude verwendet. Bis auf einen kleinen Bereich ist es zur Gänze unterkellert. Der zentrale Gebäudekörper, er besitzt eine geringfügig erhöhte Gesamthöhe, er beinhaltet an der nördlichen Seite die Vertikalerschließung über eine Treppe. In Richtung Osten und in Richtung Westen befinden sich zwei Trakte, die in ihrer Tiefe gegenüber dem Mittelteil reduziert sind. An diese schmalen Trakte schließen Gebäudeteile an, die durch ihre wiederum größere Tiefe das gesamte Objekt begrenzen. Ein breiter Gang entlang des Mittelteils und der beiden Trakte bedient in beiden Geschoßen sämtliche Räume. Bis auf die Abtrennung einzelner Räume ist das Gebäude in seiner Struktur im Originalzustand geblieben. Das Dachgeschoß ist für einen Ausbau bzw. eine künftige Nutzung in dieser Form nicht zu verwenden, da die Übermauerung zu gering ist. Das Erdgeschoß und das 1. Obergeschoß ergeben eine Gesamtnutzfläche von 1074,10m<sup>2</sup>. Im Kellergeschoß stehen zusätzlich 407,80m<sup>2</sup> als Lagerfläche zur Verfügung.



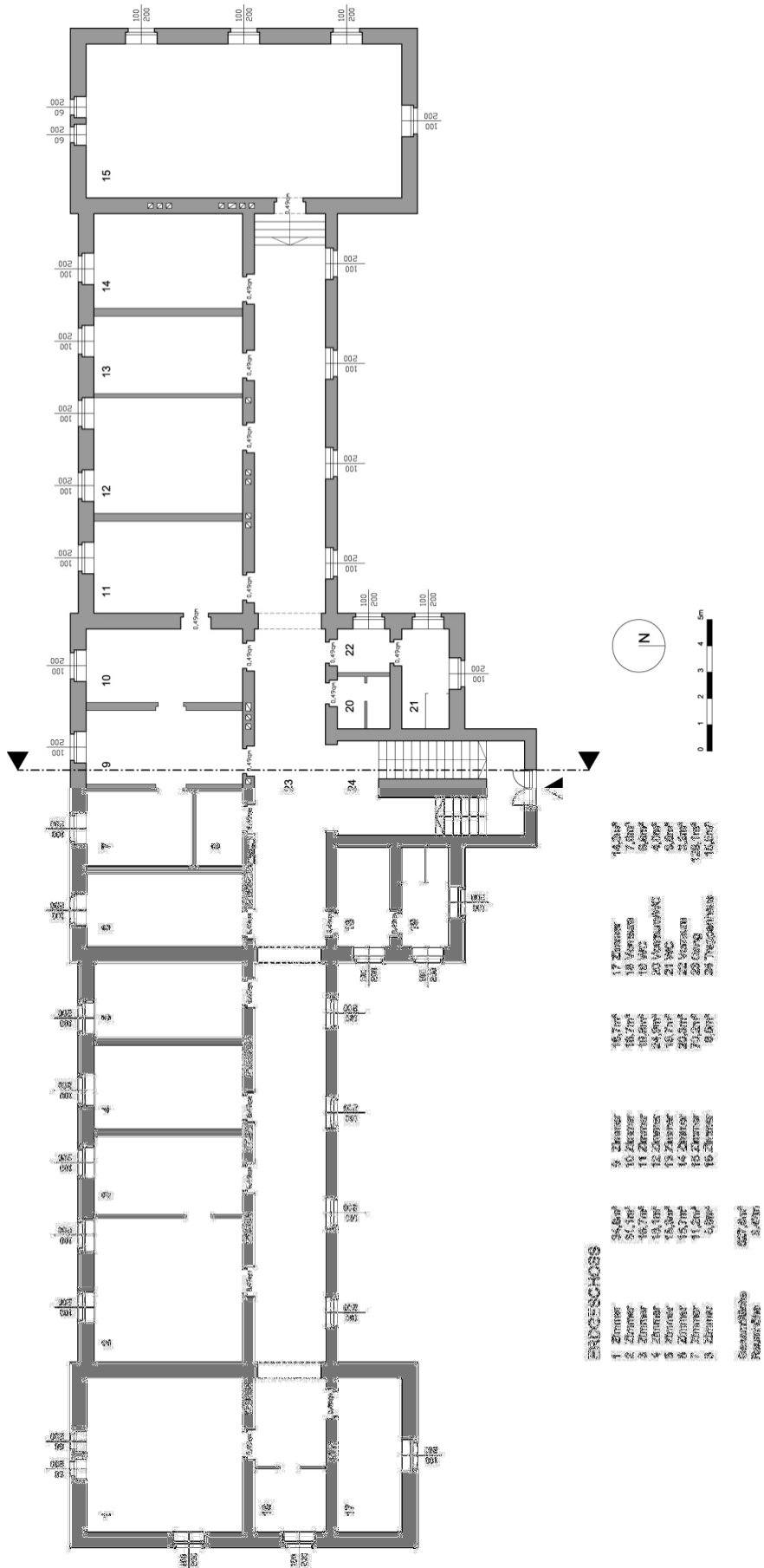


Abbildung 11: Grundriss Erdgeschoss

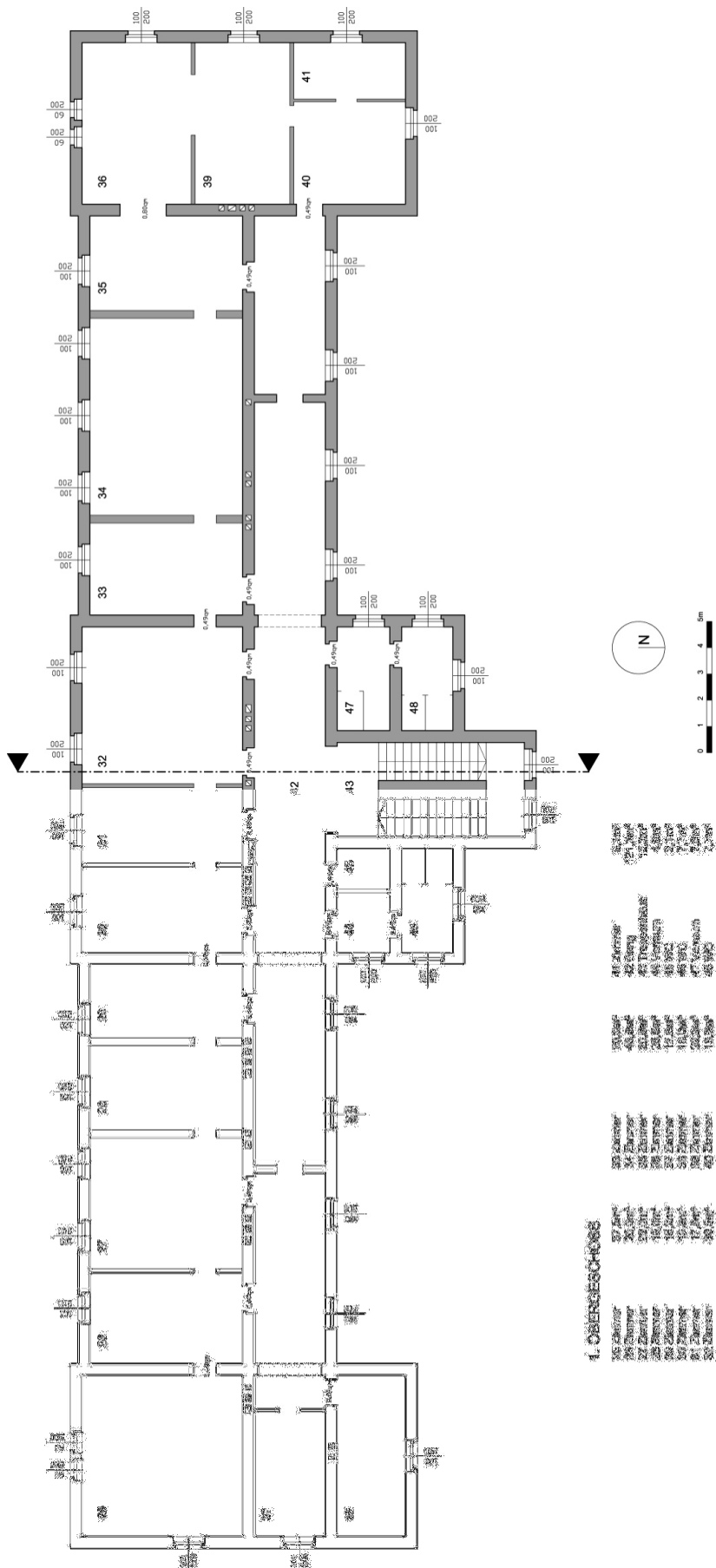


Abbildung 12: Grundriss 1.Obergeschoss

**1. OBERGESCHOSS**

35 Zentrale  
 36 Zentrale  
 37 Zentrale  
 38 Zentrale  
 39 Zentrale  
 40 Zentrale  
 41 Zentrale  
 42 Zentrale  
 43 Zentrale  
 44 Zentrale  
 45 Zentrale  
 46 Zentrale  
 47 Zentrale  
 48 Zentrale

32 Zentrale  
 33 Zentrale  
 34 Zentrale  
 35 Zentrale  
 36 Zentrale  
 37 Zentrale  
 38 Zentrale  
 39 Zentrale  
 40 Zentrale  
 41 Zentrale  
 42 Zentrale  
 43 Zentrale  
 44 Zentrale  
 45 Zentrale  
 46 Zentrale  
 47 Zentrale  
 48 Zentrale

32 Zentrale  
 33 Zentrale  
 34 Zentrale  
 35 Zentrale  
 36 Zentrale  
 37 Zentrale  
 38 Zentrale  
 39 Zentrale  
 40 Zentrale  
 41 Zentrale  
 42 Zentrale  
 43 Zentrale  
 44 Zentrale  
 45 Zentrale  
 46 Zentrale  
 47 Zentrale  
 48 Zentrale

32 Zentrale  
 33 Zentrale  
 34 Zentrale  
 35 Zentrale  
 36 Zentrale  
 37 Zentrale  
 38 Zentrale  
 39 Zentrale  
 40 Zentrale  
 41 Zentrale  
 42 Zentrale  
 43 Zentrale  
 44 Zentrale  
 45 Zentrale  
 46 Zentrale  
 47 Zentrale  
 48 Zentrale

32 Zentrale  
 33 Zentrale  
 34 Zentrale  
 35 Zentrale  
 36 Zentrale  
 37 Zentrale  
 38 Zentrale  
 39 Zentrale  
 40 Zentrale  
 41 Zentrale  
 42 Zentrale  
 43 Zentrale  
 44 Zentrale  
 45 Zentrale  
 46 Zentrale  
 47 Zentrale  
 48 Zentrale

Gesamthaus  
 Staircase

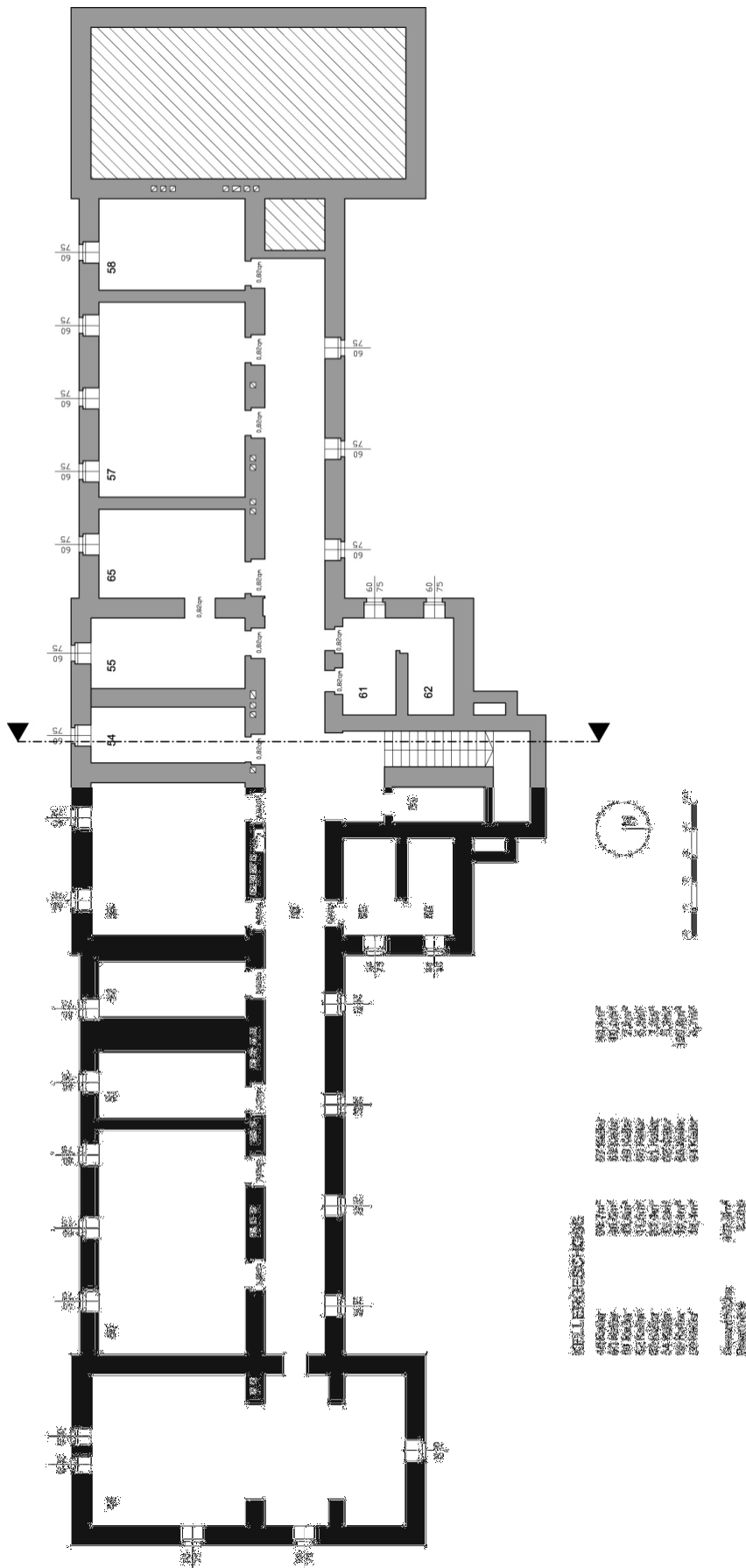
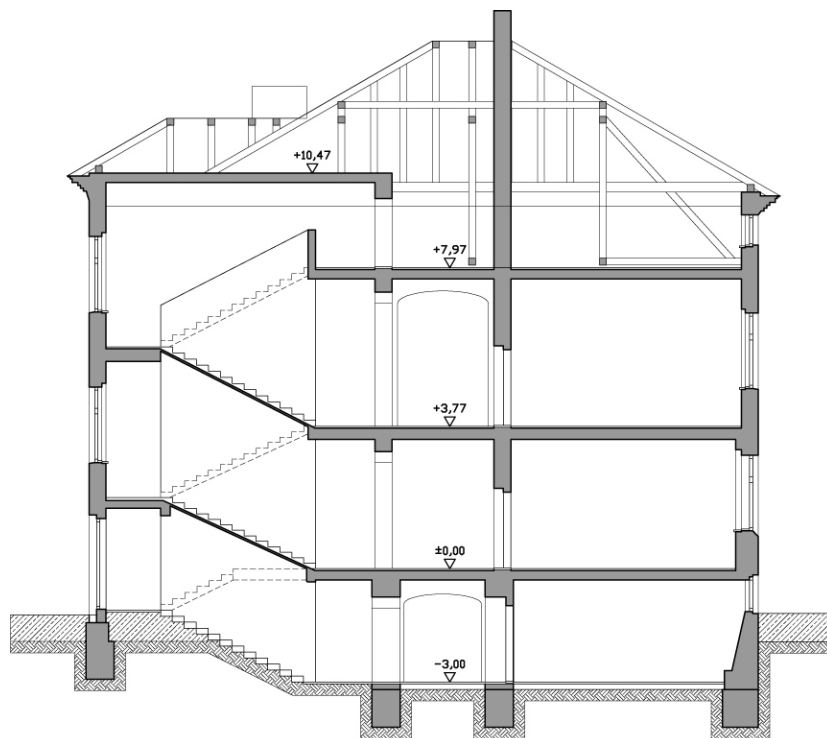


Abbildung 13: Grundriss Kellergeschoss



SCHNITT



Abbildung 14: Schnitt

Geschoß	m <sup>2</sup>
Erdgeschoß	527,60
1. Obergeschoß	546,50
Kellergeschoß	407,80
Nutzfläche (EG/1.OG)	1074,10

Tabelle 20: Flächenaufstellung

### 3.3.2.1. Gebäudebestand

Das Gebäude ist in Vollziegel Mauerwerksbauweise errichtet, wobei im Erdgeschoß die Wandstärke 60 cm im 1. Obergeschoß nur 45 cm beträgt. Sämtliche Außenwände sind ungedämmt. Ebenso weist die Kellerdecke (20 mm Styropor) einen schlechten U-Wert auf. Die oberste Geschoßdecke wurde bereits durch Aufbringen von 80 mm starken Dachbodendämmelementen saniert. Wie bei Wohn- und Industriebauten der Gründerzeit sind sämtliche Decken als flache Ziegelgewölbe zwischen eisernen Trägern ausgebildet. Vor ca. 10 Jahren wurden PVC-Fenster eingebaut. Die Wärmeversorgung erfolgt im Bestand über ein eigenes Nahwärmenetz, welches sich am Kasernengelände befindet. Das Objekt selbst weist im Bestand eine Energiekennzahl von 215 kWh/(m<sup>2</sup>a), bei einer Heizlast von 76,9 kW auf.

# Passivhaus-Projektierung

## ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: Standard  
 Objekt: Kasernengebäude, Bestand  
 Standort: Oberösterreich

Innentemperatur: 20,0 °C  
 Gebäudtyp/Nutzung: Verwaltungsgebäude  
 Energiebezugsfläche  $A_{Eg}$ : 1045,9 m²  
 Standard-Personenbelegung: 40 Pers pro m²

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m²	U-Wert W/(m²K)	Reduktionsfaktor $\xi$	$G_i$ kWh/a	KWh/a	Energie- bezugsfläche
1. Außenwand 60cm	A	581,5	1,053	1,00	84,0	51435	
2. Außenwand 45cm	A	622,1	1,330	1,00	84,0	69501	
3. Fußboden EG	B	697,3	1,006	0,50	84,0	29462	
4. oberste Geschoßdecke	D	697,3	0,269	1,00	84,0	15756	
5. Türen	A	2,8	4,100	1,00	84,0	964	
6.							
7.							
8. Fenster	A	157,6	2,009	1,00	84,0	26600	
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A			1,00			
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0,50			
Summe aller Hüllflächen		2756,6					

Summe  $Q_{H,trans}$  (Klimawand) = 196719 kWh/a  $\Rightarrow$  18,8 kWh/(m²a)

**Wärmegewinne  $Q_G$**   
 Lüftungswärmegewinn  $Q_{LW}$ : 6929 kWh/a  
 solare Wärmegewinne  $Q_{sol}$ : 11127 kWh/a  
 Wärmegewinn durch Wärmeabstrahlung  $Q_{abstr}$ : 6507 kWh/a  
 Wärmegewinn durch Wärmeabstrahlung  $Q_{abstr}$ : 6507 kWh/a  
 Wärmegewinn durch Wärmeabstrahlung  $Q_{abstr}$ : 6507 kWh/a  
 Wärmegewinn durch Wärmeabstrahlung  $Q_{abstr}$ : 6507 kWh/a  
 Wärmegewinn durch Wärmeabstrahlung  $Q_{abstr}$ : 6507 kWh/a  
**Summe Wärmegewinne  $Q_G$** : 33578 kWh/a

**Summe Wärmeverluste  $Q_V$**   
 Wärmeverluste durch Transmission  $Q_{trans}$ : 196719 kWh/a  
 Wärmeverluste durch Lüftung  $Q_{LW}$ : 6929 kWh/a  
**Summe Wärmeverluste  $Q_V$** : 203648 kWh/a

**Wärmegewinne durch Lüftung  $Q_G$**   
 Lüftungswärmegewinn  $Q_{LW}$ : 6929 kWh/a  
**Wärmegewinne durch Lüftung  $Q_G$** : 6929 kWh/a

**Interne Wärmequellen  $Q_i$**   
 Länge Heizzeit spezil. Leistung  $q_i$ : 0,024 kWh/m²h  
**Interne Wärmequellen  $Q_i$** : 11861 kWh/a

**Freie Wärme  $Q_F$**   
**Freie Wärme  $Q_F$** : 22226 kWh/a  
 Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten  $Q_F / Q_V$ : 0,09

Nutzungsgrad Wärmegewinne  $\eta_0$ : 100%

**Wärmegewinne  $Q_G$**   
**Wärmegewinne  $Q_G$** : 22226 kWh/a

**Heizwärmebedarf  $Q_{H1}$**   
**Heizwärmebedarf  $Q_{H1}$** : 225266 kWh/a

Grenzwert  $1,5$  kWh/(m²a) Anforderung erfüllt? **nein**

Abbildung 15: PHPP Bestand

<b>Energiekennzahl</b>	<b>215kWh/(m²a)</b>
<b>Heizlast</b>	<b>76,9kW</b>

Tabelle 21: Gebäudekennwerte

<b>Außenwand</b>		mm	?(W/mK)
1	Kalk-Zement Putz	25	0,900
2	Vollziegel-Mauerwerk (450-600)	550	0,760
3	Kalk-Zement Putz	25	0,900

ges.	600
UgesW/(m²K)	1,053

<b>Boden</b>		mm	?(W/mK)
1	Verbundestrich	20	1,400
2	Magerbeton	45	1,400
3	Styropor	20	0,040
4	Schüttung (Sand)	50	0,700
5	Ziegeldecke (Stahlträger)	250	1,500

ges.	385
UgesW/(m²K)	1,006

<b>Dach</b>		mm	?(W/mK)
1	Trockenestrich	35	1,400
2	EPS	80	0,040
3	Klinkerziegel	65	1,130
4	Doppelbaumdecke	200	0,200
5	Schilfmatte	20	0,094
6	Kalk-Zement Putz	15	0,900

ges.	415
UgesW/(m²K)	0,269

Tabelle 22: Aufbauten Außenwand/Boden/Dach

<b>Fenster</b>
Fenster (Bestand)

UgesW/(m²K)	2,000
-------------	-------

<b>Türen</b>
Türen (Bestand)

UgesW/(m²K)	4,100
-------------	-------

Tabelle 23: Fenster/Türen

### 3.3.3. Umnutzungskonzept

Für die weitere Bearbeitung und die Entwicklung der Sanierungsvarianten wird dem Kasernengebäude als Folgenutzung Wohnen zugeordnet. In die beiden Geschosse werden insgesamt 16 Wohnungen mit Größen zwischen 50,87 und 72,73 m<sup>2</sup> eingeplant. Erschlossen werden diese Wohnungen über einen, an der Nordseite des Gebäudes vorgesetzten Laubengang. Dieser Laubengang durchbricht den Mittelteil des Gebäudes, die bestehende Vertikalerschließung kann weiter verwendet werden. An der Südfassade wird jeder der 4 Wohnungstypen ein Balkon mit einer Größe von 6 m<sup>2</sup> zugeordnet. Der Wohnungstyp 1 mit 67,70 m<sup>2</sup> bzw. der Wohnungstyp 2 mit 70,21 m<sup>2</sup> sind als 3-Zimmerwohnungen konzipiert. Die Wohnungstypen 3 (52,24 m<sup>2</sup>) und 4 (50,87 m<sup>2</sup>) sind Single-Wohnungen die im Bedarfsfall, durch Abtrennen des Schlafbereichs vom Wohnbereich in 2-Zimmerwohnungen umgewandelt werden können. Alle Wohnungen sind mit einem vom Bad getrennten WC bzw. einem Abstellraum ausgestattet. Insgesamt ergibt sich auf den beiden Geschossen eine neue Wohnnutzfläche von 982,94 m<sup>2</sup> wobei 482,04 m<sup>2</sup> auf das Erdgeschoß und 500,90 m<sup>2</sup> auf das Obergeschoß entfallen. Die geringfügig größeren Wohnungen (bei gleichem Grundriss) im Obergeschoß resultieren daraus, dass im Obergeschoß die Außenwände anstatt 60 cm nur 45 cm stark sind und dadurch die Wohnungen um eine Spur größer sind.

Geschoss	Typ	m <sup>2</sup>	Anzahl	m <sup>2</sup> -gesamt
Erdgeschoss	Typ 1	67,70	2	135,40
Erdgeschoss	Typ 2	70,21	2	140,42
Erdgeschoss	Typ 3	52,24	2	104,48
Erdgeschoss	Typ 4	50,87	2	101,74
1. Obergeschoss	Typ 1	72,73	2	145,46
1. Obergeschoss	Typ 2	71,47	2	142,94
1. Obergeschoss	Typ 3	53,19	2	106,38
1. Obergeschoss	Typ 4	53,06	2	106,12
Erdgeschoss gesamt				482,04
Obergeschoss gesamt				500,90
Gesamtwohnfläche				982,94

Tabelle 24: Flächenaufstellung

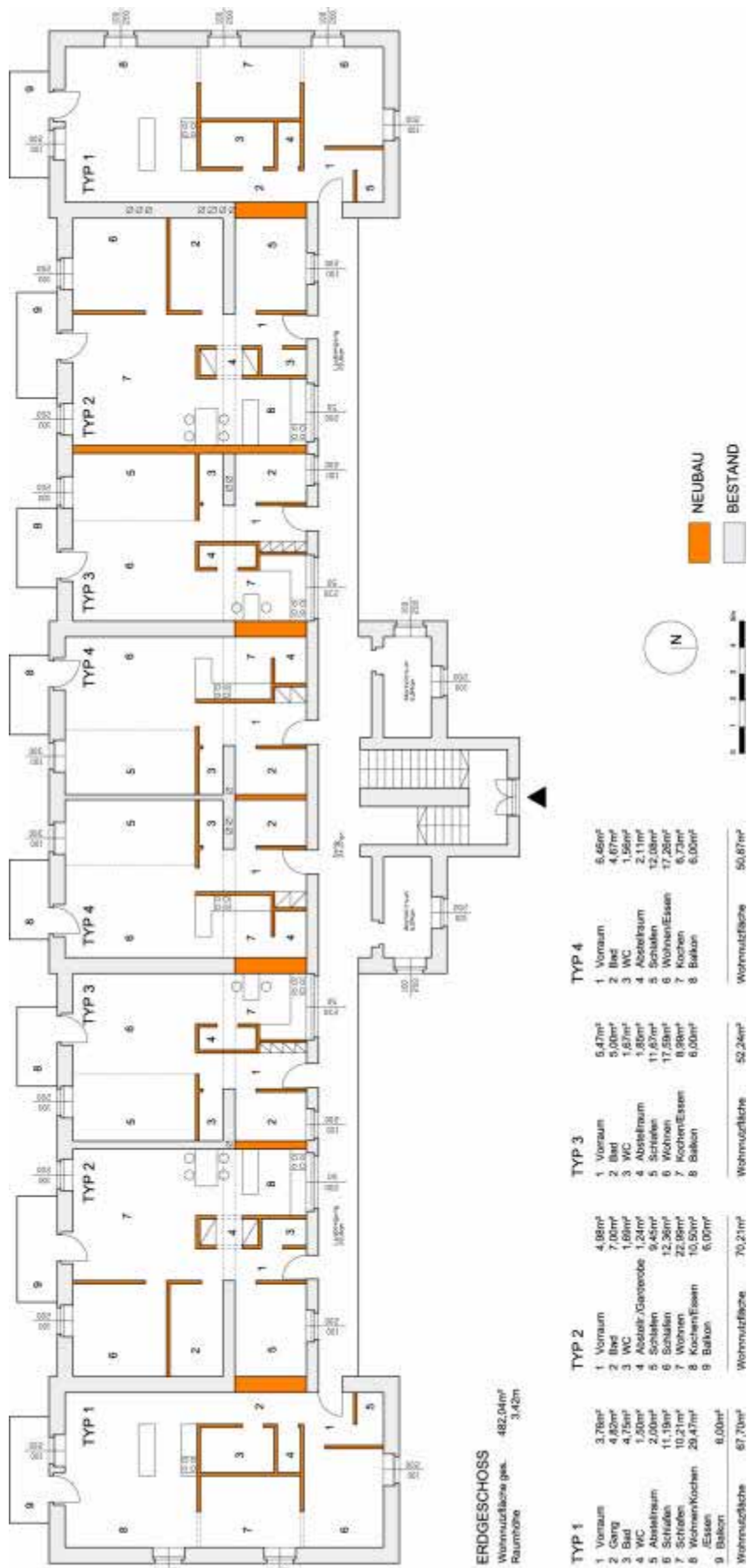


Abbildung 16: Grundriss Erdgeschoss



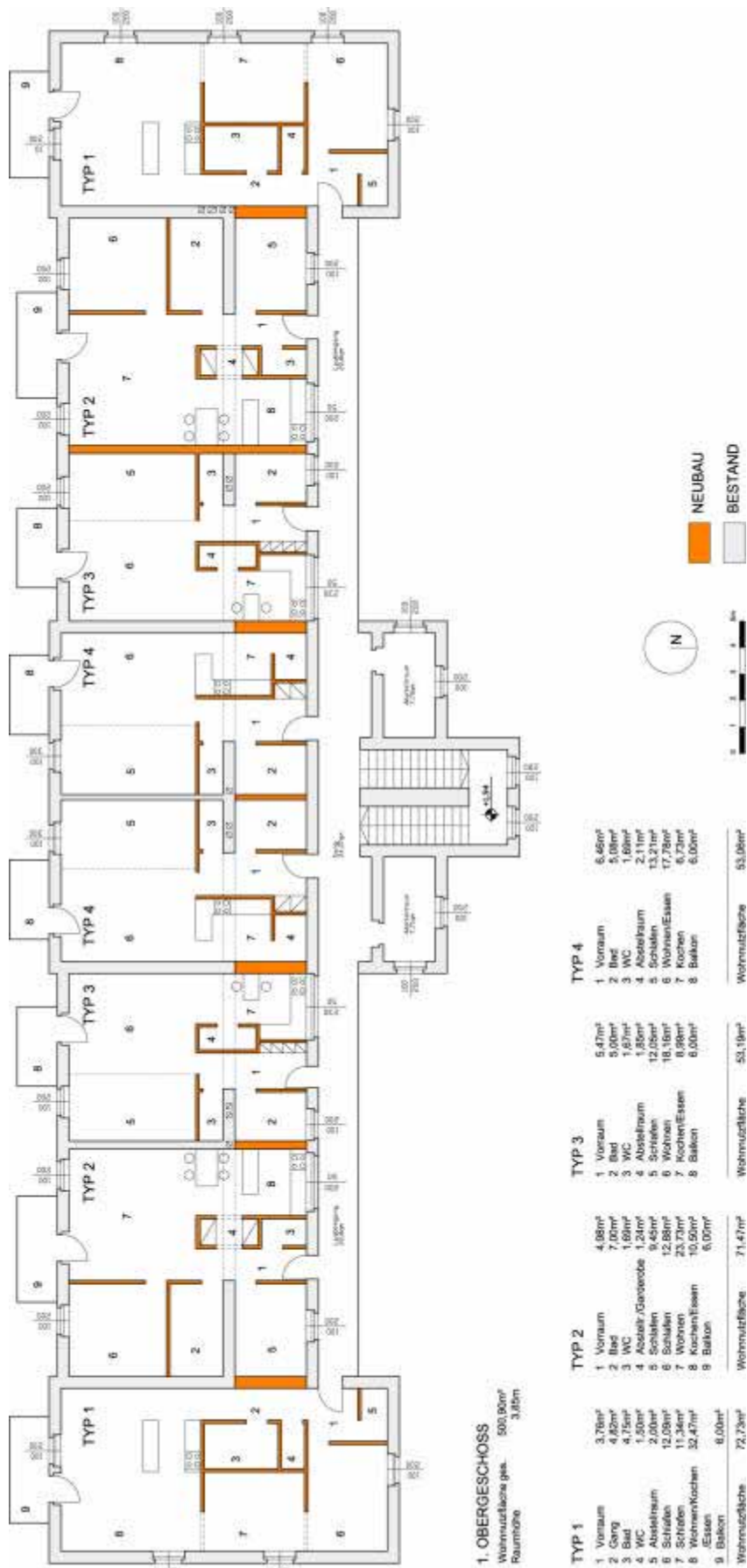


Abbildung 17: Grundriss 1.Obergeschoss

### **3.3.4. Bestand – Neubau - Abbruch**

Die folgende Darstellung der Grundrisse zeigt den Eingriff in das Gebäude, der notwendig ist um aus dem früheren Verwaltungsgebäude ein Wohngebäude mit den zuvor beschriebenen Grundrissen entstehen zu lassen. Gelb dargestellt ist der Abbruch, rot dargestellt sind die Neubaumaßnahmen, während der Bestand in Grau gehalten ist. Gut sichtbar wird hierbei, dass die Grundstruktur des Gebäudes weitgehend unverändert bleibt. Der größte Eingriff würde darin bestehen, dass die ursprüngliche, tragende Wand, welche die Räume vom Gang abtrennt, teilweise durch einen Unterzug ersetzt werden müsste. Die Neubaumaßnahmen beschränken sich ansonsten auf ein Minimum.

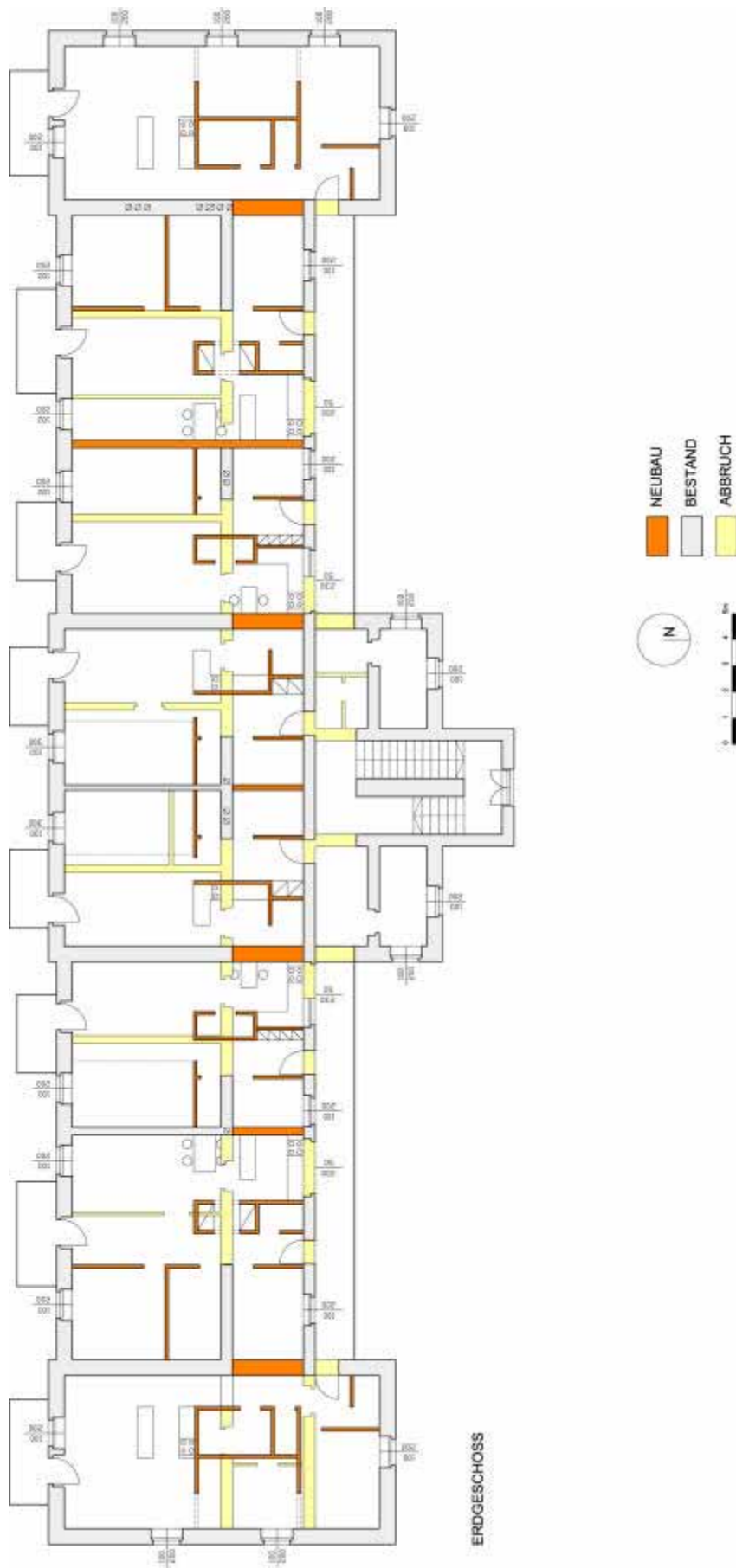
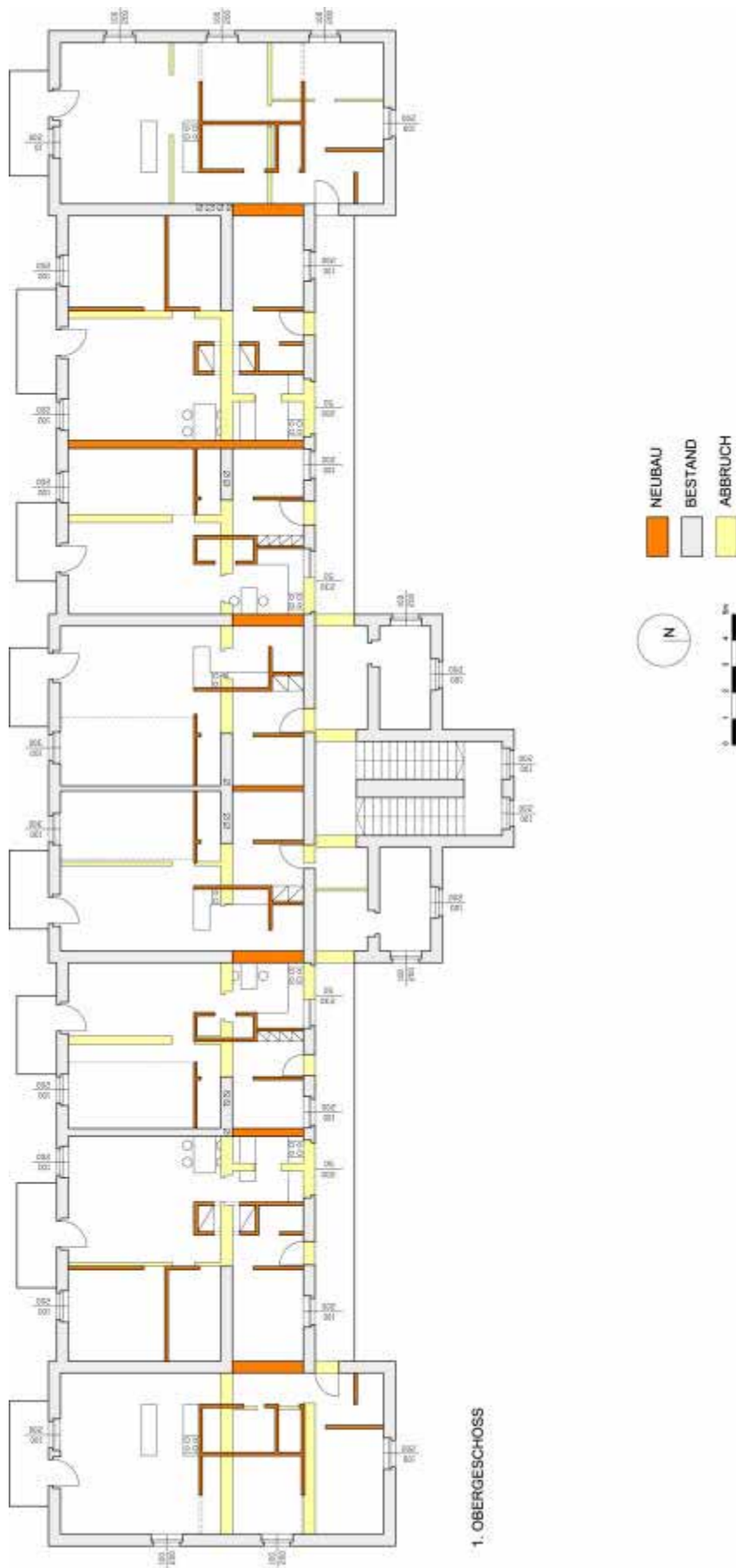


Abbildung 18: Grundriss Erdgeschoss



1. OBERGESCHOSS

Abbildung 19: Grundriss 1.Obergeschoss

### **3.3.5. Entwicklung Sanierungskonzepte**

#### **3.3.5.1. Konventionelle Sanierung**

Bei der Konventionellen Sanierung sind jene Maßnahmen umgesetzt die heute üblicherweise bei einer Generalsanierung durchgeführt werden.

Beim Kasernengebäude beschränken sich diese Maßnahmen vor allem das Aufbringen eines Vollwärmeschutzes mit 80mm Stärke. Der Boden wird nicht wärme gedämmt, im Bedarfsfall werden die Parkettböden abgeschliffen und neu versiegelt. Im Bereich des Daches wird der vorhandene Aufbau über der Rohdecke abgetragen und durch eine 150mm Dämmschüttung mit Abdeckplatte ersetzt. Die Bestandsfenster bleiben erhalten, nur die im Bestand sehr schlechte Eingangstür wird erneuert.

Mit diesen Sanierungsmaßnahmen sinkt die Energiekennzahl von 215kWh/(m<sup>2</sup>a) auf 122kWh/(m<sup>2</sup>a). Damit ergibt sich eine Verbesserung um 93kWh/(m<sup>2</sup>a). Die neue Heizlast für das gesamte Gebäude beträgt 45,7kW anstatt vorherigen 76,9kW.

# Passivhaus-Projektierung

## ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima:	Standard	Innentemperatur:	20,0 °C
Objekt:	Objekt 1, Konventionell	Gebäudetyp/Nutzung:	Wohnhaus
Standort:	Oberösterreich	Energiebezugsfläche A <sub>EP</sub> :	982,9 m <sup>2</sup>
		Standard-Personenbelegung:	45,0 Pers pro m <sup>2</sup>

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Reduktionsfaktor f <sub>r</sub>	Q <sub>t</sub> kWh/a	Q <sub>t</sub> kWh/a	Energie- bezugsfläche
1 Außenwand 60cm	A	640,5	0,338	1,00	84,0	18188	
2 Außenwand 45cm	A	640,5	0,362	1,00	84,0	19488	
3 Fußboden EG	B	647,3	0,839	0,50	84,0	22823	
4 oberste Geschoßdecke	D	647,3	0,194	1,00	84,0	10525	
5 Türen	A	31,7	2,000	1,00	84,0	5322	
6							
7							
8 Fenster	A	134,2	2,000	1,00	84,0	22547	
9 Wbrücken außen (Länge/m)	A			1,00			
10 Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0,50			

Transmissionswärmeverluste Q<sub>t</sub> =  $\sum Q_{t,i}$  = 28898 kWh/a (100%)

Wärmegewinne  
 effektiver Wärmestrom durch den Wärmeholgerüst  
 Wärmestrom durch das Erdreich  
 Wärmegewinn durch Lüftung  
 Wärmegewinn durch Solarstrahlung  
 Wärmegewinn durch Lüftung  
 Wärmegewinn durch Solarstrahlung  
 Wärmegewinn durch Lüftung  
 Wärmegewinn durch Solarstrahlung

Wärmegewinneverluste Q<sub>g</sub> = 2487 kWh/a (8,6%)

Summe Wärmeverluste Q<sub>v</sub> = (28898 + 2487) = 31385 kWh/a (100%)

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor f <sub>r</sub>	U-Wert (gen. Eben.)	Fläche m <sup>2</sup>	Gesamt Heizziel kWh/a	Wärmegewinn kWh/a
1 Ost	0,41	0,60	8,00	225	444
2 Süd	0,45	0,60	81,60	370	5255
3 West	0,41	0,60	12,00	225	2581
4 Nord	0,35	0,60	32,60	140	811
5 Horizontale	0,40	0,00	0,00	360	0

Wärmegewinn Solarstrahlung Q<sub>s</sub> = 10812 kWh/a (34,5%)

Wärmegewinn Lüftung Q<sub>l</sub> = 1026 kWh/a (3,2%)

Wärmegewinn Erdreich Q<sub>e</sub> = 2188 kWh/a (6,8%)

Wärmegewinn Lüftung Q<sub>l</sub> = 1026 kWh/a (3,2%)

Wärmegewinn Lüftung Q<sub>l</sub> = 1026 kWh/a (3,2%)

Wärmegewinn Lüftung Q<sub>l</sub> = 1026 kWh/a (3,2%)

Wärmegewinn Lüftung Q<sub>l</sub> = 1026 kWh/a (3,2%)

Wärmegewinn Lüftung Q<sub>l</sub> = 1026 kWh/a (3,2%)

Wärmegewinn Lüftung Q<sub>l</sub> = 1026 kWh/a (3,2%)

Abbildung 20: PHPP Sanierung Konventionell

<b>Energiekennzahl</b>	<b>122kWh/(m²a)</b>
<b>Heizlast</b>	<b>45,7kW</b>
<b>Verbesserung gegenüber Bestand</b>	<b>93kWh/m²a</b>

Tabelle 25: Gebäudekennwerte

<b>Außenwand</b>		mm	?(W/mK)
1	Dünnputz	8	0,900
2	Vollwärmeschutz	80	0,040
3	Kalk-Zement Putz	25	0,900
4	Vollziegel-Mauerwerk (450-600)	550	0,760
5	Kalk-Zement Putz	25	0,900

ges.	688
UgesW/(m²K)	0,338

<b>Boden</b>		mm	?(W/mK)
--------------	--	----	---------

1	Parkett	10	0,150
2	Verbundestrich	20	1,400
3	Magerbeton	45	1,400
4	Styropor	20	0,040
5	Schüttung (Sand)	50	0,700
6	Ziegeldecke (Stahlträger)	250	1,500

ges.	395
UgesW/(m²K)	0,839

<b>Dach</b>		mm	?(W/mK)
-------------	--	----	---------

1	Spanplatte	8	0,210
2	Dämmschüttung	150	0,040
3	Doppelbaumdecke	200	0,200
4	Installationsebene	30	0,180
5	Kalk-Zement Putz	15	0,900

ges.	403
UgesW/(m²K)	0,194

Tabelle 26: Aufbauten Außenwand/Boden/Dach

<b>Fenster</b>
Fenster (bestand)

UgesW/(m²K)	2,000
-------------	-------

<b>Türen</b>
Türen (wie Fenster bestand)

UgesW/(m²K)	2,000
-------------	-------

Tabelle 27: Fenster/Türen

### 3.3.5.2. Zusätzliche Verbesserung einzelner Bauteile

Analog der Vorgehensweise bei dem Wohnhaus der Fabrikstrasse werden nun die U-Werte bzw. die Dämmstärken der raumumschließenden Bauteile wieder kontinuierlich erhöht um zu sehen bis zu welchem Punkt es sinnvoll ist die einzelnen Bauteile zu verbessern bzw. um für die empfohlenen Sanierungsvarianten sinnvolle Maßnahmenpakete zusammenstellen zu können.

#### Verbesserung Dämmung Außenwand

	Dämmung mm	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	EKZ kWh/(m <sup>2</sup> a)	Verb. kWh/(m <sup>2</sup> a)
Sanierung Konventionell	80	0,338	122	-
Verbesserung Außenwand	90	0,312	119	3
	100	0,289	116	3
	110	0,270	114	2
	120	0,253	112	2
	130	0,238	110	2
	140	0,224	108	2
	150	0,212	107	1
	160	0,202	106	1
	170	0,192	105	1
	180	0,183	104	1
	190	0,175	103	1
200	0,168	102	1	

Tabelle 28: Verbesserung der EKZ durch Erhöhung der Dämmstärke

Erhöht man ausgehend von den 80mm Wärmedämmung der Konventionellen Sanierung die Dämmstärke in cm-Schritten bis zu einer Stärke von 200mm ist beim Kasernengebäude eine ständige Verbesserung der Energiekennzahl zu beobachten. Die ersten beiden cm ergeben je eine Verbesserung um 3kWh/(m<sup>2</sup>a), von 110 bis 140mm beträgt die Verbesserung je 2kWh/(m<sup>2</sup>a) und von 150 bis 200mm beträgt die Verbesserung je 1kWh/(m<sup>2</sup>a).

#### Verbesserung Dämmung Dach

	Dämmung mm	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	EKZ kWh/(m <sup>2</sup> a)	Verb. kWh/(m <sup>2</sup> a)
Sanierung Konventionell	150	0,194	122	-
Verbesserung Dach	200	0,156	120	2
	250	0,130	118	2
	300	0,112	117	1

Tabelle 29: Verbesserung der EKZ durch Erhöhung der Dämmstärke

Die bei der Konventionellen Sanierung aufgebrauchten 150mm Wärmedämmung ergeben bereits sehr gute Dämmeigenschaften (U-Wert 0,194W/(m<sup>2</sup>K)). Die weitere Erhöhung in 50mm Schritten bis zu einer Dämmstärke von 300mm ergibt zwar noch geringe Verbesserungen der Energiekennzahl, ist aber in Bezug auf das Gesamtkonzept von geringer Bedeutung. Für die Behaglichkeit im Obergeschoß ist es jedoch sinnvoll die Wärmedämmung zumindest auf 200mm zu erhöhen.

#### Verbesserung Dämmung Boden

	Dämmung mm	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	EKZ kWh/(m <sup>2</sup> a)	Verb. kWh/(m <sup>2</sup> a)
Sanierung Konventionell	-	0,839	122	-
Verbesserung Boden	10	0,674	117	5
	20	0,577	114	3
	30	0,504	112	2
	40	0,448	111	1
	50	0,403	110	1
	60	0,366	109	1



	70	0,335	108	1
	80	0,309	107	1
	90	0,287	106	1
	100	0,268	106	0
	110	0,251	105	1
	120	0,236	105	0
	130	0,223	105	0
	140	0,211	104	1
	150	0,201	104	0

Tabelle 30: Verbesserung der EKZ durch Erhöhung der Dämmstärke

Wie bei der Fabrikstrasse 9 bereits sichtbar wurde, zeigt diese Tabelle dass ein im Bestand zur Gänze ungedämmter Boden in jedem Fall in ein Sanierungskonzept mit eingebunden werden sollte. Der erste Zentimeter Wärmedämmung reduziert hier die Energiekennzahl um 5kWh/(m<sup>2</sup>a), der Zweite um 3kWh/(m<sup>2</sup>a) und der dritte Zentimeter um 2 kWh/(m<sup>2</sup>a). Von 40 bis 90mm Wärmedämmung liegt die Verbesserung bei 1kWh/(m<sup>2</sup>a). Eine weitere Erhöhung der Dämmstärke bis 150mm erscheint dann aber in Bezug auf das Gesamtkonzept als nicht mehr sinnvoll.

### Verbesserung Fenster/Türen

		U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	EKZ kWh/(m <sup>2</sup> a)	Verb. kWh/(m <sup>2</sup> a)
Sanierung Konventionell		2,000	122	-
Verbesserung Fenster		1,900	120	2
		1,800	119	1
		1,700	118	1
		1,600	116	2
		1,500	115	1
		1,400	113	2
		1,300	112	1
		1,200	110	2
		1,100	109	1
		1,000	108	1
	0,900	107	1	

Tabelle 31: Verbesserung der EKZ durch Reduzierung des Fenster/Türen U-Wertes

Die Verbesserung des Fenster/Türen U-Wertes bis zum PH-Produkt bringt eine kontinuierliche Verbesserung der Energiekennzahl mit sich. Auf Grund der um ein Vielfaches größeren Fensterfläche liegt das weitaus Größere Einsparpotential natürlich bei den Fenstern.

### zusätzlicher Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

		WRG	EKZ kWh/(m <sup>2</sup> a)	Verb. kWh/(m <sup>2</sup> a)
Sanierung Konventionell		0%	122	
Komfortlüftung mit WRG		79%	90	32

Tabelle 32: Verbesserung der EKZ durch Einbau einer Komfortlüftung

Durch den Einbau einer Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung mit einem Wirkungsgrad von 75% sinkt die Energiekennzahl bei diesem Gebäude von 122kWh/(m<sup>2</sup>a) auf 90kWh/(m<sup>2</sup>a). Das entspricht einer Reduktion um 32kWh/(m<sup>2</sup>a). Wie schon erwähnt ist der Einbau einer Lüftungsanlage nicht nur aus energetischen Gründen zu empfehlen. Durch eine Sanierung wird eine deutlich verbesserte Luftdichtigkeit erreicht, darum sollte zur Sicherstellung einer hygienisch und bauphysikalisch unbedenklichen Raumluftqualität eine kontrollierte Wohnraumlüftung eingesetzt werden.

### 3.3.6. Empfohlene Sanierungskonzepte

Auch beim Kasernengebäude werden an dieser Stelle drei Sanierungsvarianten unterschiedlicher Qualität beschrieben. Wie bei der Fabrikstrasse 9 enthält die Minimierte Sanierung ein Maßnahmenpaket, welches bei möglichst geringen Aufwendungen ein gutes Ergebnis erreicht. Die Optimierte Sanierung soll ein Referenzmodell für eine Sanierung im Sinne einer ökologischen Nachhaltigkeit darstellen, wobei die Maximierte Sanierung dann die obere Grenze des technisch Machbaren aufzeigt.

#### 3.3.6.1. Minimierte Sanierung

Maßnahmen die bei einer anstehenden Sanierung auf jeden Fall berücksichtigt werden sollten, sind in der Minimierten Sanierungsvariante zusammengefasst. Bei dem Objekt 1 am Kasernengelände beinhaltet das eine Dämmung des Bodens, ein Auswechseln der Fenster und Türen bzw. die Dämmung der obersten Geschoßdecke. Hier tritt wieder das gleiche Problem wie bei der Fabrikstrasse 9 auf nämlich, dass eine Dämmung des Bodens durch den doch erhöhten Aufwand meist nicht realisiert wird. Bedenkt man aber, dass bei der Variante der Konventionellen Sanierung, bei der der Boden im Bestandszustand belassen wurde über diesen ca. doppelt soviel Wärmeverluste auftreten, als über die mit 150mm gedämmte oberste Geschoßdecke (22 823kWh zu 10 525kWh), dann wird schnell klar, dass der Boden im Sanierungskonzept nicht fehlen darf. Mit einem neuen Bodenaufbau mit 50mm Wärmedämmung reduzieren sich die Wärmeverluste auf die Hälfte (11 000kWh). Die Dämmung der Fassade erfolgt durch eine mit 120mm Wärmedämmung versehene vorgesetzte Holzkonstruktion. Die bei der Konventionellen Sanierung 150mm Dämmstärke auf der obersten Geschoßdecke erscheinen auch hier als ausreichend. Im Gegensatz dazu wird aber dringend geraten die bestehenden Fenster gegen Fenster mit einem U-Wert von ca. 0,15W/(m<sup>2</sup>K) zu tauschen. Dadurch lassen sich die Transmissionswärmeverluste über die Fenster von 22 547kWh auf 12 776kWh reduzieren.

Das Gebäude erreicht somit eine Energiekennzahl von 82kWh/(m<sup>2</sup>a). Dies entspricht einer Verbesserung gegenüber dem Bestand von 133kWh/(m<sup>2</sup>a) und gegenüber der Konventionellen Sanierung von 40kWh/(m<sup>2</sup>a). Die Heizlast einspricht 32,6kW. Der Verzicht auf eine Lüftungsanlage erspart auch in diesem Fall weitere Eingriffe in das Gebäude.

# Passivhaus-Projektierung ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: <input type="text" value="Standard"/>	Innentemperatur: <input type="text" value="20,0"/> °C
Objekt: <input type="text" value="Objekt 1, Minimiert"/>	Gebäudetyp/Nutzung: <input type="text" value="Wohnhaus"/>
Standort: <input type="text" value="Oberösterreich"/>	Energiebezugsfläche A <sub>EP</sub> : <input type="text" value="982,9"/> m <sup>2</sup>
	Standard-Personenbelegung: <input type="text" value="45,0"/> Pers pro m <sup>2</sup>

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Reduktionsfaktor f <sub>R</sub>	Q <sub>T</sub> kkWh/a	kWh/a	Energie- bezugsfläche
1 Außenwand 60cm	A	640,5	0,261	1,00	84,0	14065	
2 Außenwand 45cm	A	640,5	0,276	1,00	84,0	14845	
3 Fußboden EG	B	647,3	0,403	0,50	84,0	10944	
4 oberste Geschoßdecke	D	647,3	0,194	1,00	84,0	10525	
5 Türen	A	31,7	1,150	1,00	84,0	3060	
6							
7							
8 Fenster	A	134,2	1,133	1,00	84,0	12776	
9 Wbrücken außen (Länge/m)	A			1,00			
10 Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0,50			

Transmissionswärmeverluste Q<sub>T</sub> =  $\sum Q_T = 82218 \text{ kWh/a}$  (Summe) 87,4 (kWh/m<sup>2</sup>a)

Wärmegewinne Q<sub>G</sub> =  $\sum Q_G = 2467 \text{ kWh/a}$  (Summe) 2,5 (kWh/m<sup>2</sup>a)

Wärmegewinne durch Lüftung Q<sub>l</sub> =  $\sum Q_{l,i} = 0,880 \text{ kWh/a}$  (Summe) 0,09 (kWh/m<sup>2</sup>a)

Wärmegewinne durch Solarstrahlung Q<sub>s</sub> =  $\sum Q_{s,i} = 10818 \text{ kWh/a}$  (Summe) 11,0 (kWh/m<sup>2</sup>a)

Summe Wärmegewinne Q<sub>G</sub> =  $\sum Q_G = 13485 \text{ kWh/a}$  (Summe) 13,6 (kWh/m<sup>2</sup>a)

Wärmegewinne durch Lüftung Q<sub>l</sub> =  $\sum Q_{l,i} = 0,880 \text{ kWh/a}$  (Summe) 0,09 (kWh/m<sup>2</sup>a)

Wärmegewinne durch Solarstrahlung Q<sub>s</sub> =  $\sum Q_{s,i} = 10818 \text{ kWh/a}$  (Summe) 11,0 (kWh/m<sup>2</sup>a)

Wärmegewinne durch Lüftung Q<sub>l</sub> =  $\sum Q_{l,i} = 0,880 \text{ kWh/a}$  (Summe) 0,09 (kWh/m<sup>2</sup>a)

Wärmegewinne durch Lüftung Q<sub>l</sub> =  $\sum Q_{l,i} = 0,880 \text{ kWh/a}$  (Summe) 0,09 (kWh/m<sup>2</sup>a)

Wärmegewinne durch Lüftung Q<sub>l</sub> =  $\sum Q_{l,i} = 0,880 \text{ kWh/a}$  (Summe) 0,09 (kWh/m<sup>2</sup>a)

Wärmegewinne durch Lüftung Q<sub>l</sub> =  $\sum Q_{l,i} = 0,880 \text{ kWh/a}$  (Summe) 0,09 (kWh/m<sup>2</sup>a)

Wärmegewinne durch Lüftung Q<sub>l</sub> =  $\sum Q_{l,i} = 0,880 \text{ kWh/a}$  (Summe) 0,09 (kWh/m<sup>2</sup>a)

Wärmegewinne durch Lüftung Q<sub>l</sub> =  $\sum Q_{l,i} = 0,880 \text{ kWh/a}$  (Summe) 0,09 (kWh/m<sup>2</sup>a)

Abbildung 21: PHPP Sanierung Minimiert

### 3.3.6.2. Optimierte Sanierung

Bei der Variante der Optimierten Sanierung werden beim Kasernengebäude die Außenwände mit einer vorgesetzten Holzkonstruktion mit einer Dämmstärke von 160mm versehen. Über den bestehenden Bodenaufbau im Erdgeschoß wird eine 80mm Dämmschüttung aufgebracht, und darüber ein Estrich mit Parkettboden hergestellt. Wie bei der Konventionellen Sanierung wird der Aufbau der obersten Geschoßdecke bis zur Rodeckenoberkante abgetragen. Eine 250mm Dämmschüttung wird aufgebracht und mit einer Spanplatte abgedeckt. Die Fenster und Türen werden gegen niedrigenergiehaus-taugliche Produkte mit einem U-Wert von  $1,150\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$  ersetzt. Ergänzt wird das Sanierungskonzept mit einer Zu/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung mit einer Wärmerückgewinnung von 79%.

Mit den gesetzten Maßnahmen erreicht das Gebäude eine Energiekennzahl von  $44\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Verglichen mit dem Bestand ergibt dies eine Verbesserung um  $171\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , verglichen mit der Konventionellen Sanierung beträgt die Verbesserung immer noch  $78\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Die Heizlast nach der Sanierung beläuft sich auf  $20,0\text{kW}$ .

# Passivhaus-Projektierung ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: <input type="text" value="Standard"/>		Innentemperatur: <input type="text" value="20,0"/> °C	
Objekt: <input type="text" value="Objekt 1, Optimiert"/>		Gebäudetyp/Nutzung: <input type="text" value="Wohnhaus"/>	
Standort: <input type="text" value="Oberösterreich"/>		Energiebezugsfläche A <sub>EG</sub> : <input type="text" value="982,9"/> m <sup>2</sup>	
		Standard-Personenbelegung: <input type="text" value="45,0"/> Pers pro m <sup>2</sup>	

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Reduktionsfaktor f <sub>r</sub>	Q <sub>t</sub> kWh/a	Q <sub>t</sub> kWh/a	Energie- bezugsfläche
1 Außenwand 60cm	A	640,5	0,210	1,00	84,0	11287	
2 Außenwand 45cm	A	640,5	0,219	1,00	84,0	11787	
3 Fußboden EG	B	647,3	0,309	0,50	84,0	8406	
4 oberste Geschoßdecke	D	647,3	0,130	1,00	84,0	7093	
5 Türen	A	31,7	1,150	1,00	84,0	3060	
6							
7							
8 Fenster	A	134,2	1,133	1,00	84,0	12776	
9 Wbrücken außen (Länge/m)	A			1,00			
10 Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0,50			

Transmissionswärmeverluste Q<sub>t</sub> Summe: 84410 kWh/a 88,4

Wärmegewinn	Wärmeverlust	Wärmebedarf	Wärmebedarf	Wärmebedarf	Wärmebedarf
effektiver Wärmestrom durch das Bauteil	Wärmestrom durch das Bauteil	Wärmestrom durch das Bauteil	Wärmestrom durch das Bauteil	Wärmestrom durch das Bauteil	Wärmestrom durch das Bauteil
Wärmestrom durch das Bauteil	Wärmestrom durch das Bauteil	Wärmestrom durch das Bauteil	Wärmestrom durch das Bauteil	Wärmestrom durch das Bauteil	Wärmestrom durch das Bauteil

Lüftungswärmeverluste Q<sub>l</sub> Summe: 10888 kWh/a 11,1

Summe Wärmeverluste Q<sub>v</sub> Summe: 95298 kWh/a 97,5

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor f <sub>r</sub>	U-Wert (gen. Bauteil)	Fläche m <sup>2</sup>	Gesamt Wärmeverlust	Wärmebedarf
1 Ost	0,41	0,60	8,00	225	444
2 Süd	0,45	0,60	81,60	370	5255
3 West	0,41	0,60	12,00	225	2581
4 Nord	0,35	0,60	32,60	140	810
5 horizontal	0,40	0,00	0,00	360	0

Wärmegewinn Solarstrahlung Q<sub>s</sub> Summe: 10818 kWh/a 10,9

Wärmegewinn Lüftung Q<sub>l</sub> Summe: 21488 kWh/a 21,9

Wärmegewinn Lüftung Q<sub>l</sub> Summe: 21488 kWh/a 21,9

Wärmegewinn Lüftung Q<sub>l</sub> Summe: 21488 kWh/a 21,9

Wärmegewinn Lüftung Q<sub>l</sub> Summe: 21488 kWh/a 21,9

Wärmegewinn Lüftung Q<sub>l</sub> Summe: 21488 kWh/a 21,9

Wärmegewinn Lüftung Q<sub>l</sub> Summe: 21488 kWh/a 21,9

Wärmegewinn Lüftung Q<sub>l</sub> Summe: 21488 kWh/a 21,9

Abbildung 22: PHPP Sanierung Optimiert

<b>Energiekennzahl</b>	<b>44kWh/(m²a)</b>
<b>Heizlast</b>	<b>20,0kW</b>
<b>Zu-/Abluftanlage</b>	<b>79%WRG</b>
<b>Verbesserung gegenüber Bestand</b>	<b>171kWh/m²a</b>
<b>Verbesserung geg. Konventionell</b>	<b>78kWh/m²a</b>

Tabelle 33: Gebäudekennwerte

<b>Außenwand</b>	mm	?(W/mK)
------------------	----	---------

1	Dünnputz	8	0,900
2	Putzträgerplatte	10	0,400
3	Wärmedämmung/TJI-Steher	160	0,040
4	Kalk-Zement Putz	25	0,900
5	Vollziegel-Mauerwerk (450-600)	550	0,760
6	Kalk-Zement Putz	25	0,900

ges.	778
UgesW/(m²K)	0,210

<b>Boden</b>	mm	?(W/mK)
--------------	----	---------

1	Parkett	10	0,150
2	Estrich	60	1,400
3	Dämmschüttung	80	0,040
4	Verbundestrich	20	1,400
5	Magerbeton	45	1,400
6	Styropor	20	0,040
7	Schüttung (Sand)	50	0,700
8	Ziegeldecke (Stahlträger)	250	1,500

ges.	535
UgesW/(m²K)	0,309

<b>Dach</b>	mm	?(W/mK)
-------------	----	---------

1	Spanplatte	8	0,210
2	Dämmschüttung	250	0,040
3	Doppelbaumdecke	200	0,200
4	Installationsebene	30	0,180
5	Gipskarton	15	0,210

ges.	503
UgesW/(m²K)	0,130

Tabelle 34: Aufbauten Außenwand/Boden/Dach

<b>Fenster</b>	
NEH-Fenster	

UgesW/(m²K)	1,150
-------------	-------

Türen	
NEH-Türen	

UgesW/(m²K)	1,150
-------------	-------

Tabelle 35: Fenster/Türen

### 3.3.6.3. Maximierte Sanierung

Bei dieser Sanierungsvariante werden sämtliche Dämmstärken erhöht bzw. arbeitet die Lüftungsanlage hier mit einer Wärmerückgewinnung von 89%. Die Wärmedämmung der Fassade erfolgt mit einer Stärke von 200mm, im Bodenaufbau beträgt die Dämmstärke 80mm, die oberste Geschoßdecke wird mit 250mm Perlitschüttung saniert und die Bestandsfenster werden durch Passivhauskomponenten mit einem U-Wert von 0,95W/(m²K) ersetzt.

Durch diese weitere Verbesserung der thermischen Hülle reduziert sich die Energiekennzahl auf 33kWh/(m²a), was einer nochmaligen Reduktion von 11kWh/(m²a) gegenüber der Optimierten Sanierung entspricht. Die Heizlast beträgt hier nur noch 16,3kW.

# Passivhaus-Projektierung

## ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima:	Standard	Innentemperatur:	20,0 °C
Objekt:	Objekt 1, Maximiert	Gebäudetyp/Nutzung:	Wohnhaus
Standort:	Oberösterreich	Energiebezugsfläche A <sub>EP</sub> :	982,9 m <sup>2</sup>
		Standard-Personenbelegung:	45,0 Pers pro m <sup>2</sup>

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Reduktionsfaktor f <sub>r</sub>	Q <sub>t</sub> kWh/a	Q <sub>t</sub> kWh/a	Energie- bezugsfläche
1 Außenwand 60cm	A	640,5	0,175	1,00	84,0	9428	
2 Außenwand 45cm	A	640,5	0,182	1,00	84,0	9775	
3 Fußboden EG	B	647,3	0,268	0,50	84,0	7281	
4 oberste Geschoßdecke	D	647,3	0,130	1,00	84,0	7093	
5 Türen	A	31,7	0,950	1,00	84,0	2528	
6							
7							
8 Fenster	A	134,2	0,958	1,00	84,0	10804	
9 Wbrücken außen (Länge/m)	A			1,00			
10 Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0,50			

Transmissionswärmeverluste Q<sub>t</sub> Summe 48208 kWh/a 47,7

Wärmegewinn	Wärmeverlust	Q <sub>g</sub>	Q <sub>t</sub>	Q <sub>net</sub>	Q <sub>net</sub>	Q <sub>net</sub>	Q <sub>net</sub>
Wärmegewinn	Wärmeverlust	2457	48208	2457	48208	2457	2457
effektiver Wärmestrom durch den Wärmeholgerüst	Wärmeverlust						
Wärmestrom durch das Bauteil	Wärmeverlust						
energetisch wirksamer Luftwechsel	Wärmeverlust						

Lüftungswärmeverluste Q<sub>l</sub> Summe 2457 kWh/a 2,5

Summe Wärmeverluste Q<sub>v</sub> Summe 50765 kWh/a 50,2

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor	U-Wert	Fläche	Gesamt Heizwert	Q <sub>g</sub>	Q <sub>g</sub>
1 Ost	0,41	0,60	8,00	225	444	444
2 Süd	0,45	0,60	81,60	225	5255	5255
3 West	0,41	0,60	12,00	225	2581	2581
4 Nord	0,35	0,60	32,60	225	210	210
5 horizontal	0,40	0,00	0,00	225	0	0

Wärmegewinn Solarstrahlung Q<sub>s</sub> Summe 10818 kWh/a 10,8

Wärmegewinn Lüftung Q<sub>l</sub> Summe 2457 kWh/a 2,5

Wärmegewinn Q<sub>g</sub> Summe 21488 kWh/a 21,5

Wärmegewinn Q<sub>g</sub> Summe 21488 kWh/a 21,5

Wärmegewinn Q<sub>g</sub> Summe 21488 kWh/a 21,5

Wärmegewinn Q<sub>g</sub> Summe 21488 kWh/a 21,5

Wärmegewinn Q<sub>g</sub> Summe 21488 kWh/a 21,5

Wärmegewinn Q<sub>g</sub> Summe 21488 kWh/a 21,5

Abbildung 23: PHPP Maximiert



### **3.4. Gebäude aus den 60/70er Jahren – Glimpfingerstrasse 15, Linz**

#### **3.4.1. Spezielle Aspekte der Gebäudesanierung bei Gebäuden aus den 60/70er Jahren**

In diesem Bereich befindet sich wohl das Segment in der Gebäudesanierung, in der das größte Potential für die Umsetzung von ökologischen und energieeffizienten Sanierungskonzepten besteht. Fast alle dieser Bauten werden von Gemeinnützigen Genossenschaften verwaltet und sukzessive saniert. Hier fehlt es ganz dringend an Leitbildern, die vorzeigen, dass Ökologie, Energieeffizienz und innovative Technologien nicht im Widerspruch stehen zu den wirtschaftlichen Erfordernissen der Genossenschaften. Ein Schwerpunkt bei der Entwicklung von diesen Sanierungskonzepten, ist jedenfalls die Problematik dass diese Gebäude bewohnt sind und somit die Installation von innovativen Haustechniksystemen wesentlich erschwert wird.

#### **3.4.2. Analyse Gebäudebeschreibung**



Abbildung 24: Nord-Ostansicht

Das Gebäude Glimpfingerstrasse 15 ist ein Wohnblock der Bebauung des Spallerhofs in Linz der insgesamt aus 16 Blocks besteht. Die 4 bzw. 6-geschossigen Gebäude sind im Besitz der WAG-Linz. Das in dieser Untersuchung betrachtete Haus Glimpfingerstrasse 15 liegt als eines der zwei mittleren Häuser in einem Verband von 4 Wohnblöcken. In den 6 Geschossen befinden sich je zwei Wohnungen mit je 75,87m<sup>2</sup> Wohnfläche. An der südorientierten Hauptfassade ist jeder Wohnung ein Balkon zugeordnet. Die Wohnungen werden über ein zentrales Treppenhaus an der Nordseite des Gebäudes erschlossen. Dieses springt über die Fassade vor und beinhaltet zudem einen Aufzug. Die Energiebezugsfläche des gesamten Gebäudes beträgt 910,44m<sup>2</sup>. Im Kellergeschoß befinden sich Parteienkeller, Abstellflächen, eine Waschküche und Trockenräume.

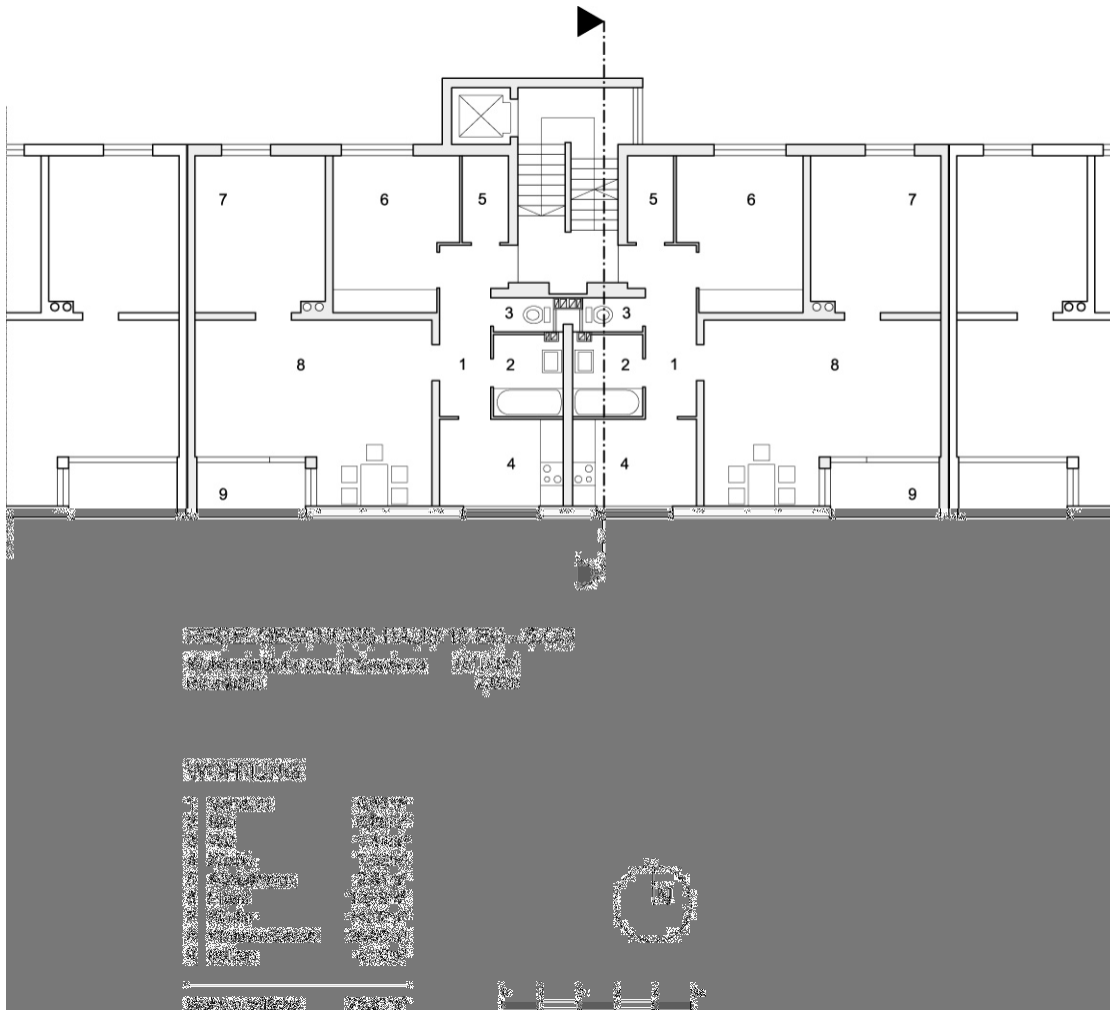


Abbildung 25: Grundriss Regelgeschoss

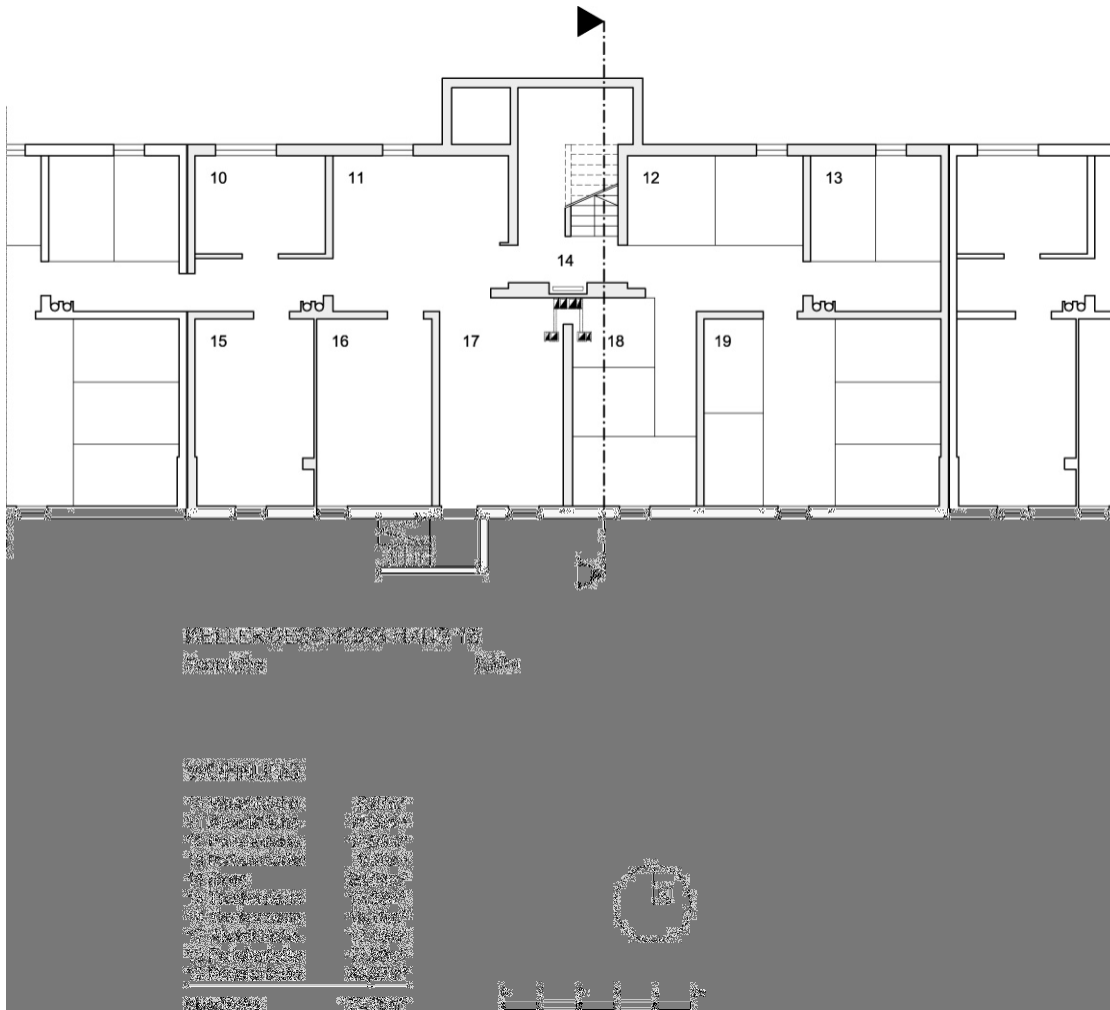
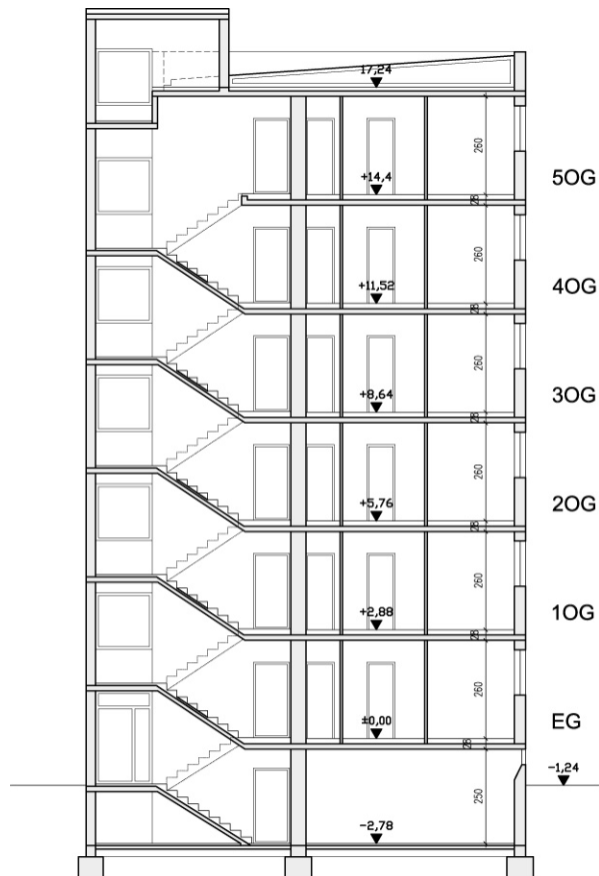


Abbildung 26: Grundriss Kellergeschoss



SCHNITT HAUS 15



Abbildung 27: Schnitt

Geschoss	Typ	m <sup>2</sup>	Anzahl	m <sup>2</sup> -gesamt
Erdgeschoss	Wohnung	75,87	2	151,74
1. Obergeschoss	Wohnung	75,87	2	151,74
2. Obergeschoss	Wohnung	75,87	2	151,74
3. Obergeschoss	Wohnung	75,87	2	151,74
4. Obergeschoss	Wohnung	75,87	2	151,74
5. Obergeschoss	Wohnung	75,87	2	151,74
Gesamtwohnfläche				910,44

Tabelle 36: Flächenaufstellung

#### **3.4.2.1. Gebäudebestand**

Das Gebäude ist mit Schüttbetonwänden aus Schlackebeton und Decken aus Stahlbeton errichtet. Die Außenwände sind im Bestand ungedämmt. Ebenso ist die Kellerdecke bzw. die auskragende Betonplatte der Balkons nicht gedämmt. Auf der obersten Geschoßdecke sind 50mm Wärmedämmung aufgebracht. Die Fenster wurden vor ca. 10 Jahren ausgewechselt und durch PVC-Fenster mit einer Wärmeschutzverglasung ersetzt. Das Gebäude erreicht im Bestand aufgrund einer hervorragenden Kompaktheit eine Energiekennzahl von 133kWh/(m<sup>2</sup>a). Die Heizlast beträgt 47,3kW.

# Passivhaus-Projektierung

## ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: Standard  
 Objekt: Spallerhof, Bestand  
 Standort: Oberösterreich

Innentemperatur: 20,0 °C  
 Gebäudetyp/Nutzung: Wohnhaus  
 Energiebezugsfläche A<sub>EB</sub>: 910,4 m<sup>2</sup>  
 Standard-Personenbelegung: 36,0 Pers pro m<sup>2</sup>

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Reduktionsfaktor f <sub>R</sub>	G <sub>T</sub> kWh/a	kWh/a	Energie-bezugsfläche
1. Außenwand	A	505,7	1,154	1,00	94,0	49017	
2. Außenwand zu Treppenhaus	X	192,1	1,195	0,50	84,0	9642	
3. Schottenwand zu Nachbar	X	294,7	0,860	0,00	84,0	0	
4. Dach	D	180,4	0,610	1,00	84,0	9243	
5. Kellerdecke	B	180,4	1,119	0,50	84,0	8476	
6. Eingangstüren	X	20,0	1,800	0,50	84,0	1512	
7.							
8. Fenster	A	163,0	1,804	1,00	84,0	24694	
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A			1,00			
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0,50			

Summe der Wärmeverluste  $Q_{T,trans}$  kWh/a: 102658  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 112,7

Transmissionsenergieverluste  $Q_{T,trans}$  kWh/a: 102658  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 112,7

Wärmegewinne:  $Q_{T,ext}$  kWh/a: 2278  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 2,5

Wärmegewinne durch Lüftung  $Q_{T,ext}$  kWh/a: 2278  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 2,5

Wärmegewinne durch Lüftung  $Q_{T,ext}$  kWh/a: 2278  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 2,5

Summe Wärmeverluste  $Q_{T,trans}$  kWh/a: 102658  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 112,7

Ausführung der Fassade:  $Q_{T,trans}$  kWh/a: 9600  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 10,5

Wärmegewinne durch Solarstrahlung  $Q_{T,ext}$  kWh/a: 9600  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 10,5

Interne Wärmegewinne  $Q_{T,ext}$  kWh/a: 102658  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 112,7

Freie Wärme  $Q_{T,ext}$  kWh/a: 102658  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 112,7

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten  $Q_{T,ext} / Q_{T,trans}$ : 1,000

Nutzungsgrad Wärmegewinne  $\eta_{g,ext}$ : 100%

Wärmegewinne  $Q_{T,ext}$  kWh/a: 102658  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 112,7

Heizwärmebedarf  $Q_{T,trans}$  kWh/a: 121402  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 133,4

PHPP 2009 (deutsch)

PHPP 2009 (deutsch) - Energie

Abbildung 28: PHPP Bestand

<b>Energiekennzahl</b>	<b>133kWh/(m²a)</b>
<b>Heizlast</b>	<b>47,2kW</b>

Tabelle 37: Gebäudekennwerte

<b>Außenwand</b>		mm	?(W/mK)
1	Putz	25	0,900
2	Schlackenbeton - Mauerwerk	300	0,460
3	Putz	25	0,900

ges.	350
UgesW/(m²K)	1,154

<b>Boden</b>		mm	?(W/mK)
1	Klebeparkett	10	0,130
2	Estrich	50	1,400
3	Schüttung	80	0,210
4	Stahlbetondecke	140	2,320

ges.	280
UgesW/(m²K)	1,119

<b>Dach</b>		mm	?(W/mK)
1	Dachhaut	10	0,080
2	Wärmedämmung	50	0,040
3	Stahlbetondecke	250	2,320
4	Putz	15	0,900

ges.	325
UgesW/(m²K)	0,610

Tabelle 38: Aufbauten Außenwand/Boden/Dach

<b>Fenster</b>
Fenster (Bestand)

UgesW/(m²K)	1,800
-------------	-------

<b>Türen</b>
Türen (Bestand)

UgesW/(m²K)	1,800
-------------	-------

Tabelle 39: Fenster/Türen

### **3.4.3. Entwicklung Sanierungskonzepte**

#### **3.4.3.1. Konventionelle Sanierung**

Beim Gebäude der Glimpfingerstrasse 15 sehen die Maßnahmen der Konventionellen Sanierung so aus, dass die Fassade mit einem Vollwärmeschutz mit einer Dämmstärke von 80mm saniert werden bzw. die 50mm Wärmedämmschicht im Dach auf 150mm erhöht wird. Diejenigen Fenster die in den letzten 10 Jahren noch nicht ausgetauscht wurden werden erneuert, ansonsten bleiben Fenster und Türen im derzeitigen Bestand. Es kommt zu keiner Dämmung der Kellerdecke.



# Passivhaus-Projektierung

## ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: Standard  
 Objekt: Spallerhof, Konventionell  
 Standort: Oberösterreich

Innentemperatur: 20,0 °C  
 Gebäudetyp/Nutzung: Wohnhaus  
 Energiebezugsfläche  $A_{Ez}$ : 910,4 m<sup>2</sup>  
 Standard-Personenbelegung: 36,0 Pers pro m<sup>2</sup>

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Reduktionsfaktor $f_R$	$G_i$ kWh/a	kWh/a	Energie-bezugsfläche
1. Außenwand	A	505,7	0,377	1,00	84,0	16010	
2. Außenwand zu Treppenhaus	X	192,1	1,195	0,50	84,0	9642	
3. Schottenwand zu Nachbar	X	294,7	0,860	0,00	84,0	0	
4. Dach	D	180,4	0,242	1,00	84,0	3861	
5. Kellerdecke	B	180,4	1,119	0,50	84,0	8476	
6. Eingangstüren	X	20,0	1,800	0,50	84,0	1512	
7.							
8. Fenster	A	163,0	1,804	1,00	84,0	24684	
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A			1,00			
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0,50			

Summe der Wärmeverluste  $Q_{T,trans}$  kWh/a: 82224  
 kWh/m<sup>2</sup>: 90,3

Wärmeverluste durch Lüftung  $Q_{T,lüf}$  kWh/a: 2278  
 kWh/m<sup>2</sup>: 2,5

Wärmeverluste durch Lüftung  $Q_{T,lüf}$  kWh/a: 2278  
 kWh/m<sup>2</sup>: 2,5

Wärmeverluste durch Lüftung  $Q_{T,lüf}$  kWh/a: 2278  
 kWh/m<sup>2</sup>: 2,5

Summe Wärmeverluste  $Q_{T,trans}$  kWh/a: 82224  
 kWh/m<sup>2</sup>: 90,3

Ausführung der Fassade	Reduktionsfaktor	U-Wert	Fläche	Übersch. Heizlast	kWh/a	kWh/m <sup>2</sup>
1. Glas	0,21	0,60	9,70	225	242	
2. Süd	0,29	0,60	99,90	370	5766	
3. West	0,21	0,60	9,70	225	242	
4. Nord	0,50	0,60	55,69	140	2818	
5. Horizontal	0,40	0,00	0,00	360	0	

Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung  $Q_{T,sol}$  kWh/a: 9639  
 kWh/m<sup>2</sup>: 10,6

Interne Wärmegewinne  $Q_{T,int}$  kWh/a: 10224  
 kWh/m<sup>2</sup>: 11,2

Freie Wärme  $Q_{T,ext}$  kWh/a: 10224  
 kWh/m<sup>2</sup>: 11,2

Verfügbare freie Wärme zu Verlusten  $Q_{T,ext} / Q_{T,trans}$  = 12,4

Nutzungsgrad Wärmegewinne  $\eta_{T,ext}$  = 100%

Wärmegewinne  $Q_{T,ext}$  kWh/a: 10224  
 kWh/m<sup>2</sup>: 11,2

Heizwärmebedarf  $Q_{T,heiz}$  kWh/a: 82224  
 kWh/m<sup>2</sup>: 90,3

Ergebnis  $\eta_{T,ext} = 1,1$  Anforderung  $\geq 1,0$

Abbildung 29: PHPP Konventionell

<b>Energiekennzahl</b>	<b>91kWh/(m²a)</b>
<b>Heizlast</b>	<b>34,1kW</b>
<b>Verbesserung gegenüber Bestand</b>	<b>42kWh/m²a</b>

Tabelle 40: Gebäudekennwerte

<b>Außenwand</b>		mm	?(W/mK)
1	Dünnputz	8	0,900
2	Wärmedämmung (sto-Term Cell)	80	0,045
3	Putz	25	0,900
4	Schlackenbeton - Mauerwerk	300	0,460
5	Putz	15	0,900

ges.	428
UgesW/(m²K)	0,377

<b>Boden</b>		mm	?(W/mK)
1	Klebeparkett	10	0,130
2	Estrich	50	1,400
3	Schüttung	80	0,210
4	Stahlbetondecke	140	2,320

ges.	280
UgesW/(m²K)	1,119

<b>Dach</b>		mm	?(W/mK)
1	Dachhaut	10	0,080
2	Wärmedämmung	150	0,040
3	Stahlbetondecke	250	2,320
4	Putz	15	0,900

ges.	425
UgesW/(m²K)	0,242

Tabelle 41: Aufbauten Außenwand/Boden/Dach

<b>Fenster</b>
Fenster (bestand)

UgesW/(m²K)	1,800
-------------	-------

<b>Türen</b>
Türen (bestand)

UgesW/(m²K)	1,800
-------------	-------

Tabelle 42: Fenster/Türen

### 3.4.3.2. Zusätzliche Verbesserung einzelner Bauteile

Die Verbesserung der U-Werte einzelner Bauteile, ausgehend von dem Standard der Konventionellen Sanierung dient wieder dazu für die folgende Sanierungskonzepte geeignete Dämmstärken für die Bauteile in Bezug auf die Energiekennzahl herauszufiltern.

#### Verbesserung Dämmung Außenwand

	Dämmung mm	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	EKZ kWh/(m <sup>2</sup> a)	Verb. kWh/(m <sup>2</sup> a)
Sanierung Konventionell	80	0,377	91	-
Verbesserung Außenwand	90	0,348	90	1
	100	0,323	88	2
	110	0,301	87	1
	120	0,282	87	0
	130	0,266	86	1
	140	0,251	85	1
	150	0,238	84	1
	160	0,226	84	0
	170	0,215	83	1
	180	0,205	83	0
	190	0,196	83	0
200	0,188	82	1	

Tabelle 43: Verbesserung der EKZ durch schrittweise Erhöhung der Dämmstärke

Die Erhöhung der Fassadendämmstärke zeigt, ausgehend von 80mm, bis zu 150mm eine leichte Verbesserung der EKZ. Zwischen 150mm und 200mm ist diese Verbesserung nur noch minimal.

#### Verbesserung Dämmung Dach

	Dämmung mm	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	EKZ kWh/(m <sup>2</sup> a)	Verb. kWh/(m <sup>2</sup> a)
Sanierung Konventionell	150	0,242	91	-
Verbesserung Dach	200	0,186	90	1
	250	0,151	89	1
	300	0,127	89	0

Tabelle 44: Verbesserung der EKZ durch schrittweise Erhöhung der Dämmstärke

Auch hier zeigt sich wieder, dass die bei der Konventionellen Sanierung aufgebrauchten 150mm Wärmedämmung im Dach bereits eine sehr gute Dämmwirkung besitzen. Die weitere Erhöhung ist in erster Linie aus Gründen der Behaglichkeit im oberen Geschoß zu empfehlen.

#### Verbesserung Dämmung Boden

	Dämmung mm	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	EKZ kWh/(m <sup>2</sup> a)	Verb. kWh/(m <sup>2</sup> a)
Sanierung Konventionell	-	1,119	91	-
Verbesserung Boden	10	0,874	89	2
	20	0,717	88	1
	30	0,608	87	1
	40	0,528	86	1
	50	0,466	86	0
	60	0,418	85	1
	70	0,378	85	0
	80	0,346	85	0
	90	0,318	84	1
	100	0,295	84	0

Tabelle 45: Verbesserung der EKZ durch schrittweise Erhöhung der Dämmstärke

Dass ein völlig ungedämmter Boden tunlichst zu vermeiden ist, zeigt sich auch bei der Glimpfingerstraße 15. Der Erste Zentimeter Wärmedämmung verbessert die Energiekennzahl um 2kWh/(m²a), die Zentimeter 2 bis 4 um je 1kWh/(m²a), dann sinkt die EKZ, bis zur Dämmstärke von 100mm, alle 20mm um eine kWh/(m²a).

**Verbesserung Fenster/Türen**

		<b>U-Wert</b> W/(m²K)	<b>EKZ</b> kWh/(m²a)	<b>Verb. kWh/(m²a)</b>
Sanierung Konventionell		1,800	91	-
Verbesserung Fenster		1,700	89	2
		1,600	88	1
		1,500	86	2
		1,400	85	1
		1,300	83	2
		1,200	81	2
		1,100	80	1
		1,000	78	2
	0,900	77	1	

Tabelle 46: Verbesserung der EKZ durch Reduzierung des Fenster/Türen U-Wertes

Viel Einsparpotential steckt auch in den Fenstern. Die Erhöhung der Qualität der Fenster bis zum Status von Passivhauselementen bringt eine ständige Verbesserung der Energiekennzahl.

**zusätzlicher Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung**

		<b>WRG</b>	<b>EKZ</b> kWh/(m²a)	<b>Verb. kWh/(m²a)</b>
Sanierung Konventionell		0%	91	-
Komfortlüftung mit WRG		79%	59	32

Tabelle 47: Verbesserung der EKZ durch Einbau einer Komfortlüftung

Wird bei diesem Gebäude, wobei die Konventionelle Sanierung als Ausgangssituation herangezogen wird, eine Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung in die Haustechnikanlage integriert, kann bei einer Wärmerückgewinnung von 79% die Energiekennzahl um 32kWh/(m²a) verbessert werden.

### **3.4.4. Empfohlene Sanierungskonzepte**

Wie bei der Fabrikstrasse 9 und beim Kasernengebäude werden nun die drei Sanierungsvarianten, Minimierte Sanierung, Optimierte Sanierung und die Maximierte Sanierung mit ihren Sanierungsmaßnahmen beschrieben.

#### **3.4.4.1. Minimierte Sanierung**

Die Maßnahmen der Minimierten Variante beinhalten eine Wärmedämmung der Fassade mit 120mm Stärke. Auf die oberste Geschoßdecke werden in Summe 150mm Wärmedämmung aufgebracht, und im Gegensatz zur nicht wärmegeprägten Kellerdecke bei der Konventionellen Sanierung wird diese mit einer Dämmstärke von 40mm von unten gedämmt. Fenster die in den letzten 10 Jahren nicht ausgetauscht werden, werden durch neue Fenster mit einem Glas U-Wert von  $0,9\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$  ersetzt. Ebenso erhalten die übrigen Fenster eine neue Verglasung mit einem U-Wert von  $0,9\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Eine Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung ist bei dieser Variante nicht vorgesehen. Das Gebäude Glimpfingerstrasse 15 erreicht somit eine Energiekennzahl von  $73\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Die Verbesserung gegenüber dem Bestand beträgt  $60\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , gegenüber der Konventionellen Sanierung immerhin noch  $18\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Die Heizlast beläuft sich auf  $28,8\text{kW}$ .

# Passivhaus-Projektierung

## ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: Standard  
 Objekt: Spallerhof, Minimiert  
 Standort: Oberösterreich

Innentemperatur: 20,0 °C  
 Gebäudetyp/Nutzung: Wohnhaus  
 Energiebezugsfläche A<sub>EB</sub>: 910,4 m<sup>2</sup>  
 Standard-Personenbelegung: 36,0 Pers pro m<sup>2</sup>

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Reduktionsfaktor f <sub>R</sub>	G <sub>1</sub> kWh/a	kWh/a	Energie-bezugsfläche
1. Außenwand	A	505,7	0,282	1,00	84,0	11992	
2. Außenwand zu Treppenhaus	X	192,1	1,195	0,50	84,0	9642	
3. Schottenwand zu Nachbar	X	294,7	0,860	0,00	84,0	0	
4. Dach	D	180,4	0,242	1,00	84,0	3661	
5. Kellerdecke	B	180,4	0,661	0,50	84,0	5008	
6. Eingangstüren	X	20,0	1,800	0,50	84,0	1512	
7.							
8. Fenster	A	163,0	1,177	1,00	84,0	16107	
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A			1,00			
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0,50			

Summe der Wärmeverluste  $Q_{\Sigma}$  kWh/a: 47822  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 52,3

Transmissionswärmeverluste  $Q_{tr}$  kWh/a: 47822  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 52,3

Wärmegewinne:  $Q_{g}$  kWh/a: 2278  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 2,5

Wärmegewinne durch Lüftung  $Q_{gl}$  kWh/a: 2278  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 2,5

Wärmegewinne durch Lüftung  $Q_{gl}$  kWh/a: 2278  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 2,5

Summe Wärmeverluste  $Q_{\Sigma}$  kWh/a: 47822  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 52,3

Ausführung der Fassade:  $Q_{f}$  kWh/a: 225  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 0,25

Wärmegewinne durch Solarstrahlung  $Q_{s}$  kWh/a: 225  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 0,25

Interne Wärmegewinne  $Q_{i}$  kWh/a: 225  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 0,25

Freie Wärme  $Q_{f}$  kWh/a: 225  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 0,25

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten  $Q_{f}/Q_{\Sigma}$  = 0,47

Nutzungsgrad Wärmegewinne  $\eta = (Q_{g} + Q_{gl}) / Q_{\Sigma}$  = 100%

Wärmegewinne  $Q_{g}$  kWh/a: 225  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 0,25

Heizwärmebedarf  $Q_{h}$  kWh/a: 47597  
 kWh/m<sup>2</sup>a: 52,1

PHPP 2009, Revision 7

© 2009 PHPP Softwareentwicklung

Abbildung 30: PHPP Minimiert

#### **3.4.4.2. Optimierte Sanierung**

Die gesetzten Maßnahmen bei der Optimierte Sanierung bestehen aus einer Wärmedämmung der Fassade in einer Stärke von 200mm. Die Dämmung der Kellerdecke erfolgt durch Aufkleben von 80mm starken Dämmplatten auf der Deckenunterseite. Auf der obersten Geschosdecke wird eine Gesamtdämmstärke von 200mm erreicht. Diejenigen Fenster die in den letzten 10 Jahren noch nicht ausgetauscht wurden werden ersetzt, ansonsten werden nur neue Gläser mit einem U-Wert von  $0,9\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$  in die bestehenden Rahmen eingesetzt. Zusätzlich werden die Rahmen überdämmt. Die einzelnen Wohnungstüren bleiben im Bestand.

Durch den Einsatz einer Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung von 79% erreichen die gesetzten Maßnahmen zusammen eine Reduktion der Energiekennzahl von  $133\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  auf  $35\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , was einer Verbesserung von  $98\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  gegenüber dem Bestand bzw. von  $56\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  gegenüber der Konventionellen Sanierung entspricht. Die Heizlast beträgt nach der Optimierte Sanierung nur noch  $15,3\text{kW}$ .

# Passivhaus-Projektierung

## ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: Standard  
 Objekt: Spallerhof, Optimiert  
 Standort: Oberösterreich

Innentemperatur: 20,0 °C  
 Gebäudetyp/Nutzung: Wohnhaus  
 Energiebezugsfläche  $A_{Ez}$ : 910,4 m<sup>2</sup>  
 Standard-Personenbelegung: 36,0 Pers pro m<sup>2</sup>

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Reduktionsfaktor $f_R$	$G_1$ kWh/a	$G_2$ kWh/a	Energie-bezugsfläche
1. Außenwand	A	505,7	0,188	1,00	94,0	7985	
2. Außenwand zu Treppenhaus	X	192,1	1,195	0,25	84,0	4821	
3. Schottenwand zu Nachbar	X	294,7	0,860	0,00	84,0	0	
4. Dach	D	180,4	0,186	1,00	84,0	2812	
5. Kellerdecke	B	180,4	1,119	0,50	84,0	8478	
6. Eingangstüren	X	20,0	1,500	0,50	84,0	1260	
7.							
8. Fenster	A	163,0	1,182	1,00	84,0	16185	
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A			1,00			
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0,50			
Summe der Wärmeverluste $Q_{tr}$						41558	45,8

Wärmeverlust	Wärmesumme $Q_{tr}$ kWh/a	Wärmeverlust $Q_{tr}$ kWh/a	Wärmeverlust $Q_{tr}$ kWh/a	Wärmeverlust $Q_{tr}$ kWh/a	Wärmeverlust $Q_{tr}$ kWh/a
Wärmeverlust durch Lüftung $Q_{Lüf}$	798	810,4	2278,1		
Wärmeverlust durch Lüftung $Q_{Lüf}$	479	0,78	0,042	1,4	
Wärmeverlust durch Lüftung $Q_{Lüf}$	2278	0,40	0,00	64,0	8,7
<b>Summe Wärmeverluste <math>Q_{tr}</math></b>	<b>41558</b>	<b>8828</b>	<b>1,0</b>	<b>50381</b>	<b>55,5</b>

Ausführung	Reduktionsfaktor	U-Wert	Fläche	Wärmeverlust $Q_{tr}$ kWh/a	Wärmeverlust $Q_{tr}$ kWh/a	
1. Glas	0,21	0,60	9,70	225	245	
2. Spd	0,29	0,60	99,90	370	5788	
3. Wst	0,21	0,60	9,70	225	245	
4. Wst	0,50	0,60	55,68	140	2818	
5. Wst	0,40	0,00	0,00	360	0	
Summe					860	8,4

Wärmeverlust	Wärmesumme $Q_{tr}$ kWh/a	Wärmeverlust $Q_{tr}$ kWh/a	Wärmeverlust $Q_{tr}$ kWh/a
Wärmeverlust durch Lüftung $Q_{Lüf}$	810,4	225	1035,4
Wärmeverlust durch Lüftung $Q_{Lüf}$		1035,4	1139
Wärmeverlust durch Lüftung $Q_{Lüf}$		1035,4	20,7
Wärmeverlust durch Lüftung $Q_{Lüf}$		1035,4	8,37
Nutzungsgrad Wärmegewinnung	$\eta = (G_1 + G_2) / (G_1 + G_2 + Q_{tr}) = 100\%$		
Wärmegewinnung $G_1$		18778	20,8
Wärmegewinnung $G_2$		81558	88,7
Ergebnis	1,5	Wärmegewinnung $G_1 + G_2$	100,5

Abbildung 31: PHPP Optimiert



<b>Energiekennzahl</b>	<b>35kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>
<b>Heizlast</b>	<b>15,3kW</b>
<b>Zu-/Abluftanlage</b>	<b>79%WRG</b>
<b>Verbesserung gegenüber Bestand</b>	<b>98kWh/m<sup>2</sup>a</b>
<b>Verbesserung geg. Konventionell</b>	<b>56kWh/m<sup>2</sup>a</b>

Tabelle 48: Gebäudekennwerte

<b>Außenwand</b>		mm	?(W/mK)
1	Dünnputz	8	0,900
2	Wärmedämmung (sto-Term Cell)	200	0,045
3	Putz	25	0,900
4	Schlackenbeton - Mauerwerk	300	0,460
5	Putz	15	0,900

ges.	548
UgesW/(m <sup>2</sup> K)	0,188

<b>Boden</b>		mm	?(W/mK)
1	Klebeparkett	10	0,130
2	Estrich	50	1,400
3	Schüttung	80	0,210
4	Stahlbetondecke	140	2,320

ges.	280
UgesW/(m <sup>2</sup> K)	1,119

<b>Dach</b>		mm	?(W/mK)
1	Dachhaut	10	0,080
2	Wärmedämmung	200	0,040
3	Stahlbetondecke	250	2,320
4	Putz	15	0,900

ges.	475
UgesW/(m <sup>2</sup> K)	0,186

Tabelle 49: Aufbauten Außenwand/Boden/Dach

<b>Fenster</b>
NEH-Fenster

UgesW/(m <sup>2</sup> K)	1,200
--------------------------	-------

<b>Türen</b>
Türen (bestand)

UgesW/(m <sup>2</sup> K)	1,500
--------------------------	-------

Tabelle 50: Fenster/Türen

#### **3.4.4.3. Maximierte Sanierung**

Eine weitere Verbesserung einzelner Bauteile führt zur Maximierten Sanierung. Bei dieser Variante beträgt die Dämmstärke der Fassade analog derer der Optimierten Variante 200mm. Die oberste Geschoßdecke wird mit 250mm gedämmt, die Kellerdecke mit 80mm auf der Deckenunterseite. Hier werden die bestehenden Fenster gegen Produkte aus der Passivhaustechnologie ersetzt. Die eingesetzten Fenster weisen einen U-Wert von  $0,85\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$  auf. Zusätzlich werden auch noch die Wände zu den unbeheizten Stiegenhäuser mit 30mm Wärmedämmung versehen. Der Energiekennwert sinkt somit auf  $23\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Das entspricht einer zusätzlichen Verbesserung der Energiekennzahl gegenüber der Optimierten Sanierung von  $12\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Die Heizlast beträgt bei der Maximierten Sanierungsvariante nur noch 11,6kW.

# Passivhaus-Projektierung

## ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: Standard  
 Objekt: Spallerhof, Maximiert  
 Standort: Oberösterreich

Innentemperatur: 20,0 °C  
 Gebäudetyp/Nutzung: Wohnhaus  
 Energiebezugsfläche  $A_{Ez}$ : 910,4 m<sup>2</sup>  
 Standard-Personenbelegung: 36,0 Pers pro m<sup>2</sup>

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Reduktionsfaktor $f_R$	$G_i$ kWh/a	kWh/a	Energie-bezugsfläche
1. Außenwand	A	505,7	0,188	1,00	84,0	7985	
2. Außenwand zu Treppenhaus	X	192,1	0,627	0,25	84,0	2528	
3. Schottenwand zu Nachbar	X	294,7	0,860	0,00	84,0	0	
4. Dach	D	180,4	0,151	1,00	84,0	2282	
5. Kellerdecke	B	180,4	1,119	0,50	84,0	8478	
6. Eingangstüren	X	20,0	1,500	0,50	84,0	1260	
7.							
8. Fenster	A	163,0	0,823	1,00	84,0	11267	
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A			1,00			
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0,50			

Summe der Wärmeverluste  $Q_{v,trans}$  kWh/a: 69728  
 kWh/m<sup>2</sup>: 67,1

Wärmegewinn  $Q_{g,trans}$  kWh/a: 2278  
 kWh/m<sup>2</sup>: 2,4

Summe Wärmeverluste  $Q_{v,trans}$  kWh/a: 67450  
 kWh/m<sup>2</sup>: 65,3

Wärmegewinn  $Q_{g,trans}$  kWh/a: 2278  
 kWh/m<sup>2</sup>: 2,4

Summe Wärmeverluste  $Q_{v,trans}$  kWh/a: 65172  
 kWh/m<sup>2</sup>: 62,9

Ausführung der Fassade	Reduktionsfaktor	U-Wert	Fläche	Überschneidung	Wärmeverlust	Wärmegewinn
1. Glas	0,25	0,53	9,70	225	227	
2. Stb	0,33	0,53	99,90	370	5667	
3. Mauer	0,25	0,53	9,70	225	227	
4. Holz	0,56	0,53	55,69	140	2818	
5. Holzbohle	0,40	0,00	0,00	360	0	

Summe Wärmegewinn  $Q_{g,trans}$  kWh/a: 6873  
 kWh/m<sup>2</sup>: 6,8

Interne Wärmegewinne  $Q_{g,int}$  kWh/a: 10204  
 kWh/m<sup>2</sup>: 11,0

Freie Wärme  $Q_{g,ext}$  kWh/a: 10204  
 kWh/m<sup>2</sup>: 10,9

Nutzungsgrad Wärmegewinn  $\eta_{g,trans}$  kWh/a: 36%

Wärmegewinn  $Q_{g,trans}$  kWh/a: 10204  
 kWh/m<sup>2</sup>: 10,9

Heizwärmebedarf  $Q_{h,trans}$  kWh/a: 56948  
 kWh/m<sup>2</sup>: 61,6

Ergebnis  $\eta_{g,trans}$  kWh/a: 16  
 Anforderung  $\eta_{g,trans}$  kWh/a: 16

Abbildung 32: PHPP Maximiert

## 3.5. Detailentwicklung

### 3.5.1. Vorbemerkung Bauphysik zu Konstruktionsdetails

Die Verminderung des Heizenergieverbrauchs von Gebäuden im Bestand ist maßgeblich durch einen verbesserten Wärmeschutz der Gebäudehülle zu erzielen. Wesentlich sind hier Maßnahmen im Bereich der Außenwand, der Fenster, des Daches und der Kellerdecke.

Mit der bestehenden Gebäudehülle sind die wesentlichen Randbedingungen für die konstruktive Ausführung eines verbesserten Wärmeschutzes bereits vorgegeben. Die Wahl der für die Sanierung verwendeten Konstruktion wird in erster Linie vom Gedanken der „Mängelbeseitigung“ und „Problemlösung“ bestimmt. Eine untergeordnete, wenn auch nicht zu vernachlässigende Rolle, spielen sicherlich Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit der anstehenden Investition. Angesichts der zahlreich vorhandenen faktischen Restriktionen tritt die im Bereich des Neubaus so wichtige Zielwertdiskussion deutlich in den Hintergrund. Speziell im Rahmen von Forschungsvorhaben und geförderten Objekten sollte die Fragestellung „Was ist unter den gegebenen Randbedingungen noch möglich?“ besonders ausführlich und intensiv behandelt werden.

Im Rahmen der Planung sind speziell die Anschlusspunkte bei Bauteilübergängen, Materialwechseln bzw. statisch erforderlichen Durchdringungen der wärmedämmenden Ebene zu prüfen. Die hier vorhandenen Wärmebrücken lassen sich zumeist nicht auf einfache Weise beseitigen. Da sie, neben einem erhöhten Heizenergieverlust, auch kühlere Oberflächentemperaturen im Innenbereich aufweisen, ist Kondensatbildung und evtl. auch Schimmelpilzbildung eine häufig auftretende Konsequenz. Zur Vermeidung dieser Nachteile ist ein abgestimmtes Konzept aus Wärmedämmung in der Fläche und konstruktiv auszubildenden Maßnahmen im Bereich von Wärmebrücken notwendig. Häufig verwendete Arbeitswerkzeuge im Bereich des Wärmeschutzes sind Energiekennwertverfahren und Wärmebrückenkataloge bzw. Wärmebrückenberechnungsprogramme. Neben hoch entwickelten und teilweise komplexen Werkzeugen ist nach wie vor die genaue Kenntnis der vorhandenen Bausubstanz ein entscheidender Faktor, um weitergehende Aussagen im Rahmen der Planung treffen zu können.

Energiekennwertverfahren sind im Allgemeinen Ein-Zonen-Modelle, die die Energieverluste (Transmission und Lüftung) sowie die Energiegewinne (solar und interne Quellen) bilanzieren; dies erlaubt eine Aussage über die Wirksamkeit von baulichen Maßnahmen auf den Energieverbrauch des Gebäudes.

Mit Hilfe der Wärmebrückenkataloge bzw. Wärmebrückenberechnungsprogramme können Anschlusskonstruktionen hinsichtlich des Transmissionswärmeverlustes und der Oberflächentemperatur, somit der möglichen Wasserdampfkondensation beurteilt werden.

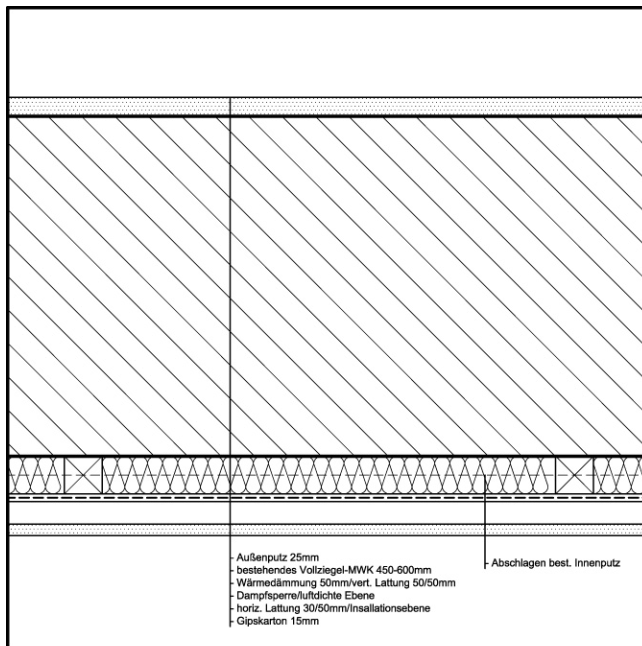
Nachfolgend ist eine Übersicht der Anschlusspunkte bei den jeweiligen Objekten zusammengefasst. Die einzelnen Details sind zunächst nach der architektonischen Vorstellung sowie der für die einzelne Bausubstanz sinnvollen Konstruktion gewählt. In der weiteren Bearbeitung werden die Details hinsichtlich der vorhandenen Energieverluste sowie Kondensatbildung im Innenbereich überprüft.

### 3.5.2. Details Fabrikstrasse 9

Die Detailentwicklung beim Gebäude der Fabrikstrasse 9 wird parallel in zwei Richtungen vorgenommen. Zum Einen wird ein herkömmlicher Aufbau einer Innendämmung mit einem weichen Dämmstoff gewählt, zum Anderen wird untersucht, ob durch die Verwendung einer Mineralschaumplatte eine Innendämmung ohne Dampfsperre realisiert werden kann.

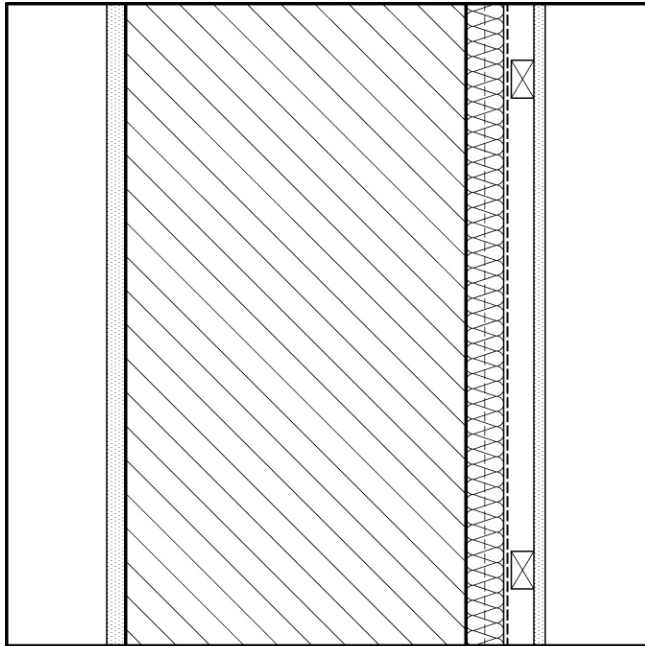
#### 3.5.2.1. Innendämmung mit weicher Dämmung

Um den Raumverlust durch den zusätzlichen Wandaufbau möglichst gering zu halten wird ganzflächig an der Innenseite der Außenwand der bestehende Putz abgeschlagen. Durch diese Maßnahme können je nach Putzoberfläche bis zu 50mm gewonnen werden. Der zusätzliche innere Wandaufbau besteht aus einer 50mm starken weichen Wärmedämmung zwischen vertikaler Lattung (50/50mm), einer feuchteadaptiven Dampfbremse bzw. luftdichten Ebene, einer 30mm dicken Installationsebene und aus einer einfachen Beplankung aus Gipskartonplatten.



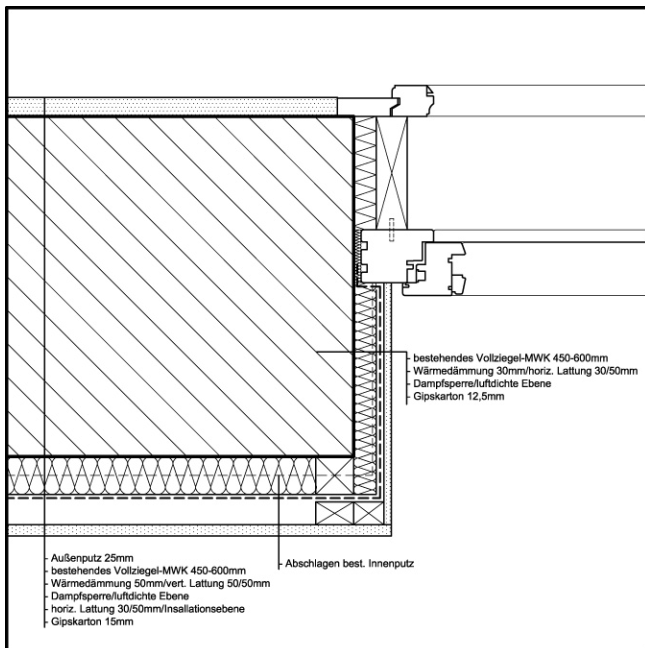
M1:10 Schnitt horizontal  
Außenmauer - Innendämmung

Abbildung 33: Wandaufbau



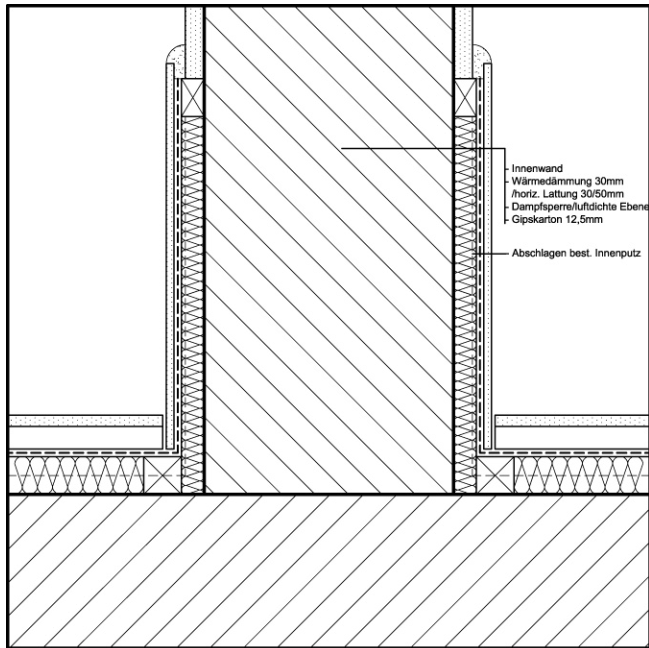
M1:10 Schnitt vertikal  
Außenmauer - Innendämmung

Abbildung 34: Wandaufbau



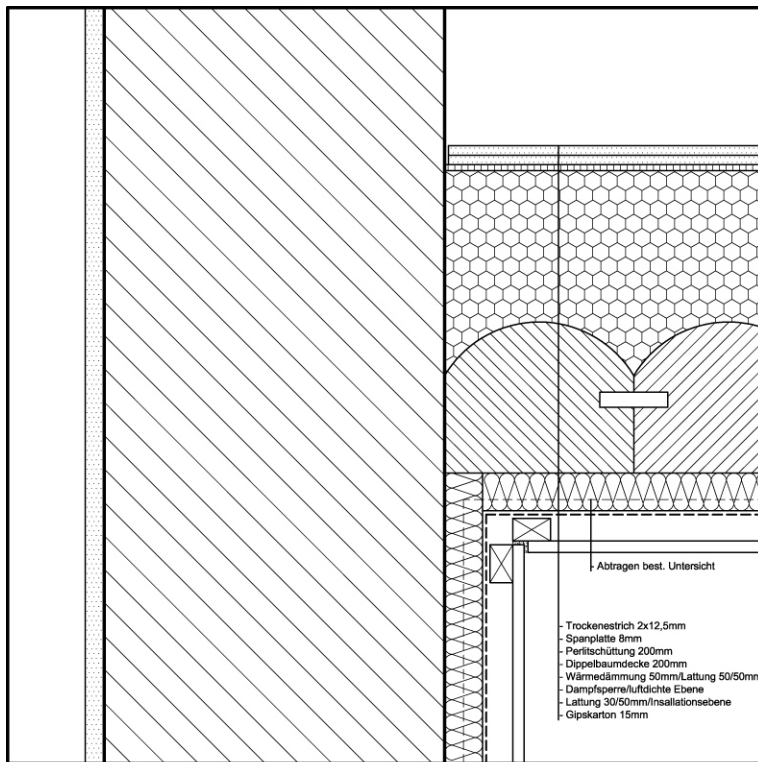
M1:10 Schnitt horizontal  
Fensteranschluß

Abbildung 35: Anschluss Fenster



M1:10 Schnitt horizontal  
Anschluß Aussenwand-Innenwand

Abbildung 36: Anschluss Innenwand



M1:10 Schnitt vertikal  
Anschluß Doppelbaumdecke längs

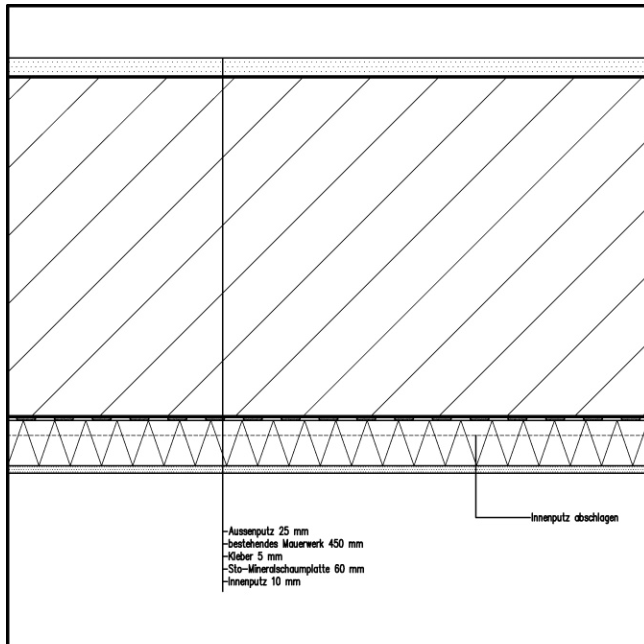
Abbildung 37: Anschluss oberste Geschoßdecke, quer





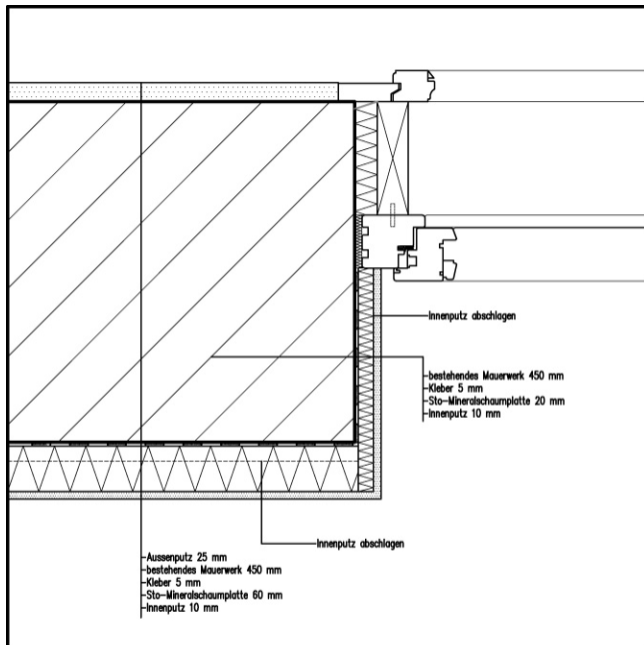
### 3.5.2.2. Innendämmung mit Mineralschaumplatten

Auch bei der Variante mit Mineralschaumplatten als Innendämmung wird der bestehende Innenputz abgeschlagen. Mittels eines speziellen Klebers werden die Mineralschaumplatten aufgeklebt und verputzt.



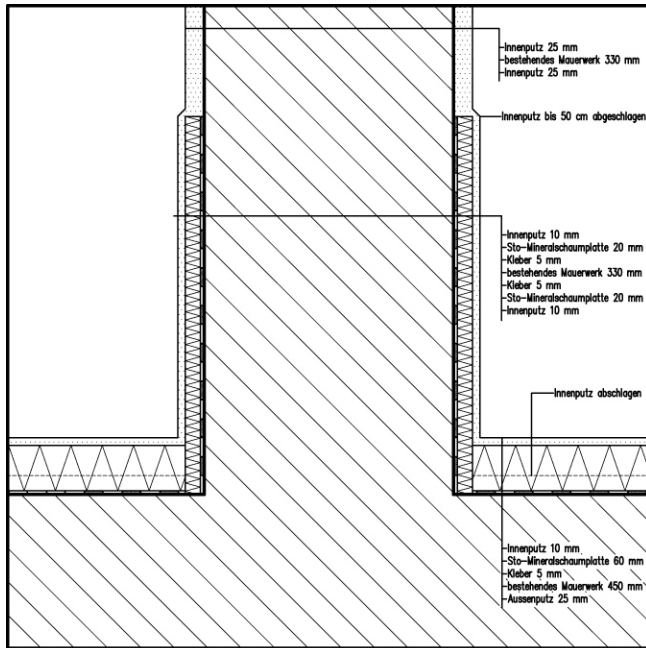
M1:10 Schnitt horizontal  
Außenmauer - Innendämmung

Abbildung 40: Wandaufbau



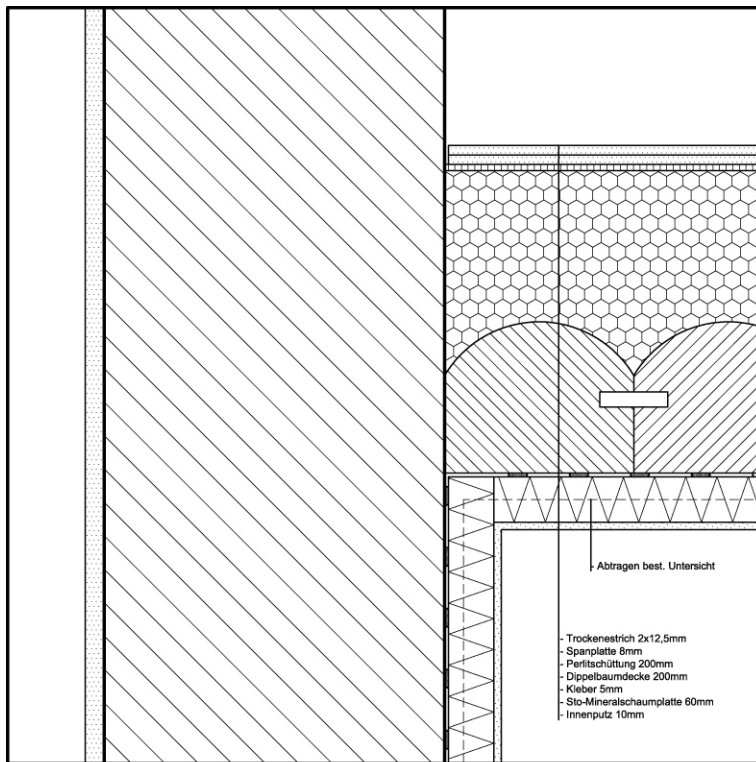
M1:10 Schnitt horizontal  
Fensteranschluß

Abbildung 41: Fensteranschluss



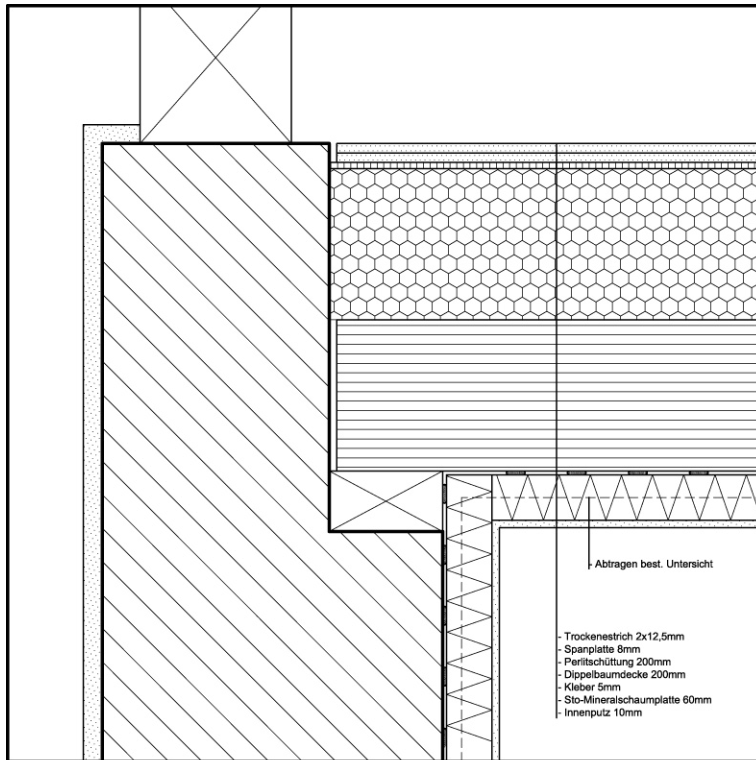
M1:10 Schnitt horizontal  
Anschluß Aussenwand-Innenwand

Abbildung 42: Anschluss Innenwand



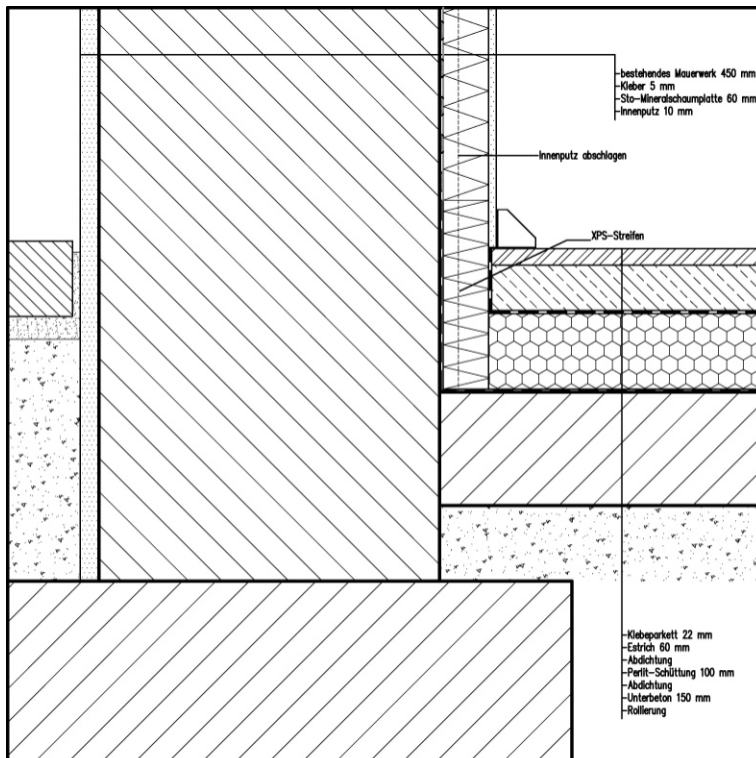
M1:10 Schnitt vertikal  
Anschluß Doppelbaumdecke längs

Abbildung 43: Anschluss oberste Geschoßdecke, quer



M1:10 Schnitt vertikal  
Anschluß Doppelbaumdecke quer

Abbildung 44: Anschluss oberste Geschoßdecke, längs



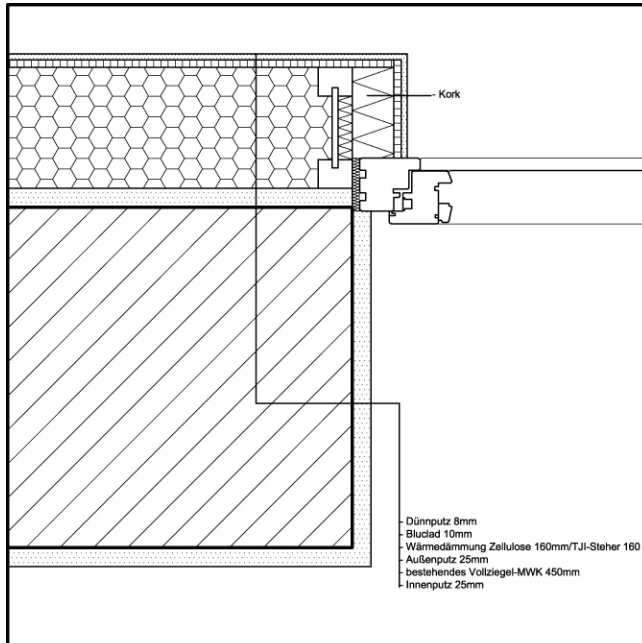
M1:10 Schnitt vertikal  
Sockel

Abbildung 45: Sockel

### 3.5.3. Details Kasernengebäude Objekt 1

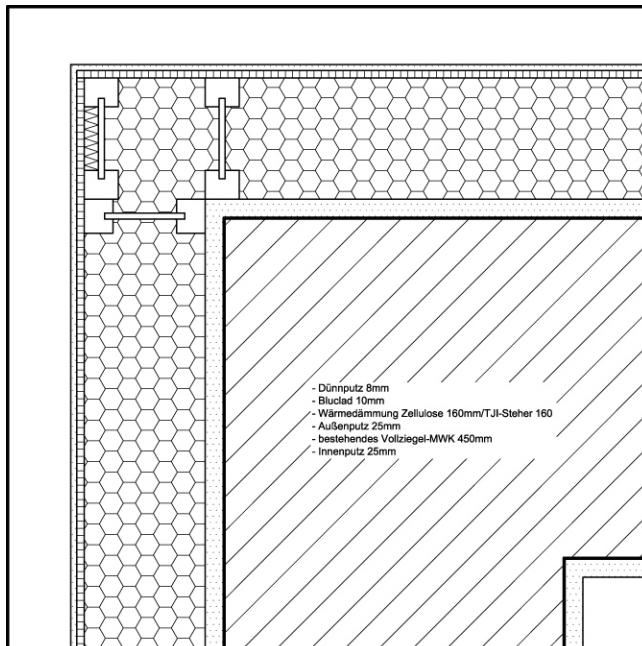
#### 3.5.3.1. vorgesetzte Holzkonstruktion mit Zellulosedämmung

Die Dämmung der Gebäudehülle beim Objekt 1 erfolgt durch Vorsetzen einer hoch wärmedämmten Holzkonstruktion. Diese wird direkt an die bestehende Putzfassade geschraubt. In einem vorgegebenen Raster werden I-Träger aus Holz an der Fassade befestigt und mit einer Putzträgerplatte beplankt. Die Putzträgerplatte wird verputzt.



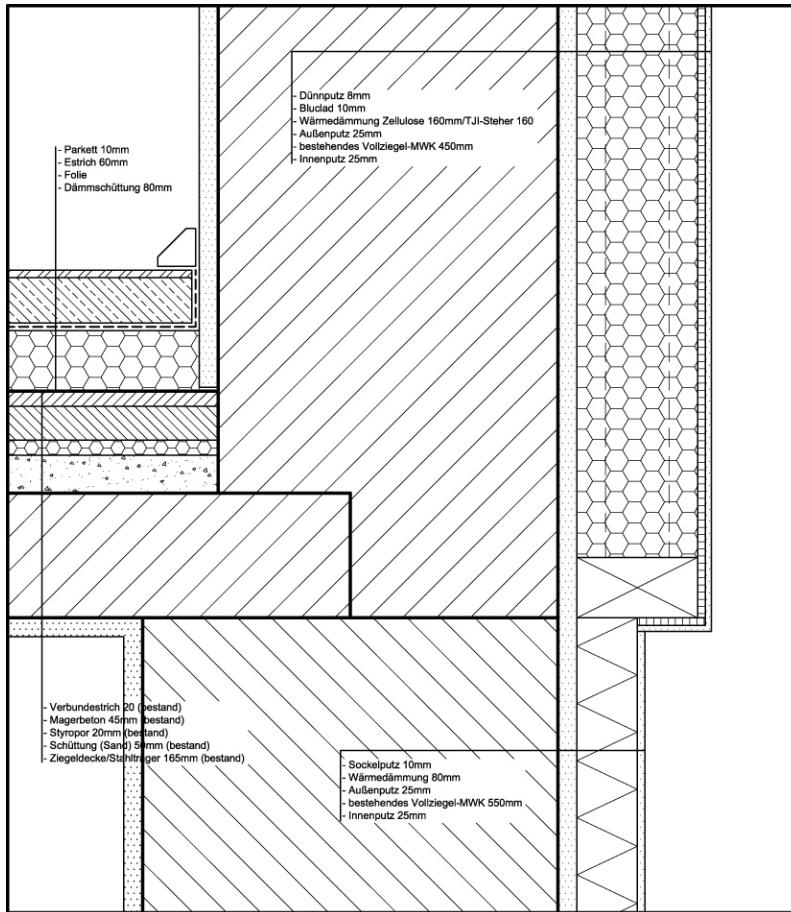
M1:10 Schnitt horizontal  
Fensteranschluß

Abbildung 46: Fensteranschluss



M1:10 Schnitt horizontal  
Eckdetail

Abbildung 47: Eckdetail



M1:10 Schnitt vertikal

Sockel

Abbildung 48: Sockeldetail/Fußbodenaufbau

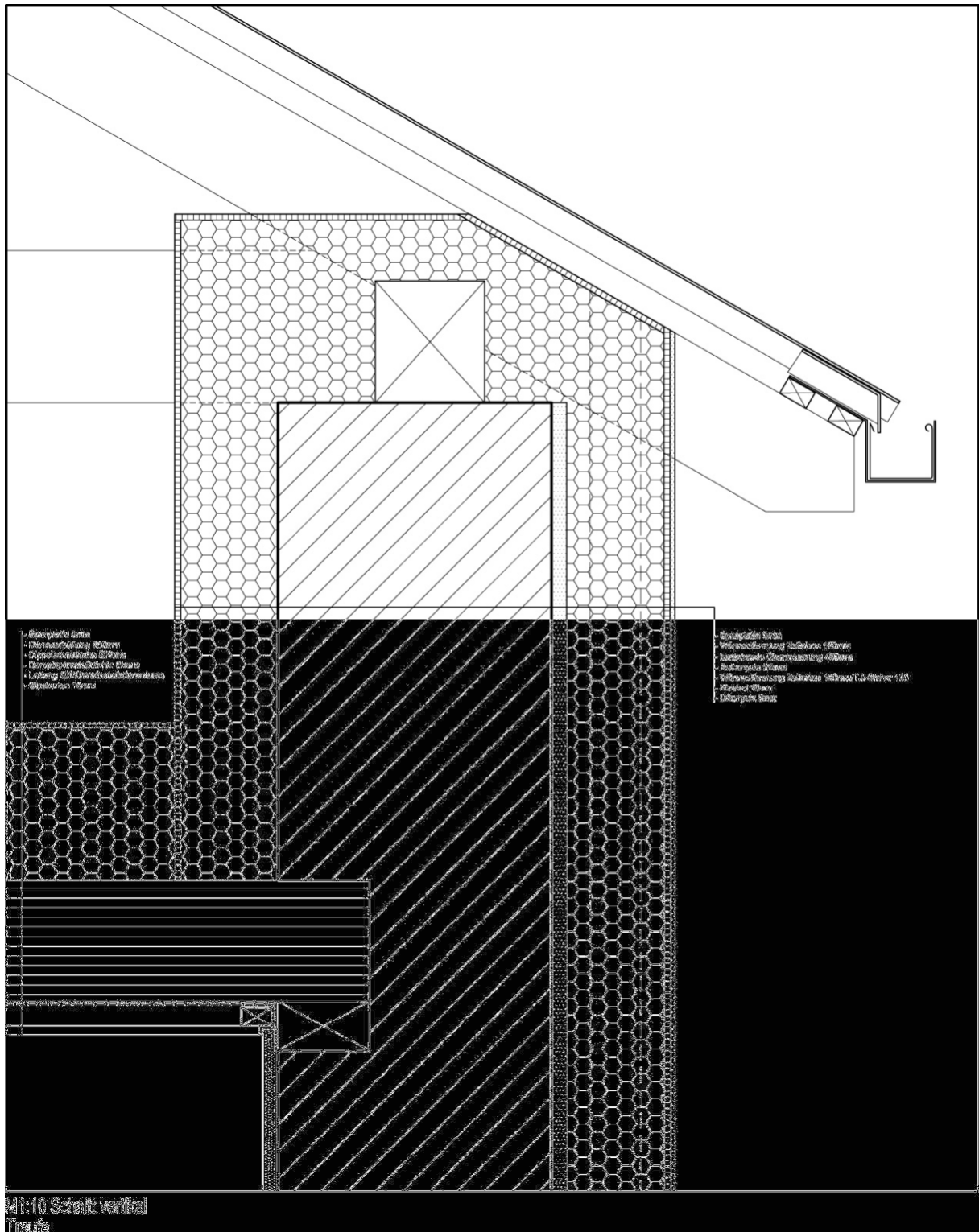
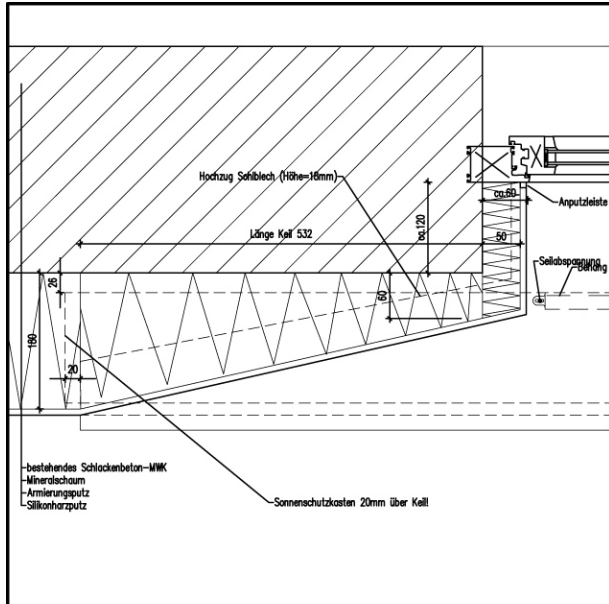


Abbildung 49: Traufe/oberste Geschoßdecke

### 3.5.4. Details Glimpfingerstrasse 15

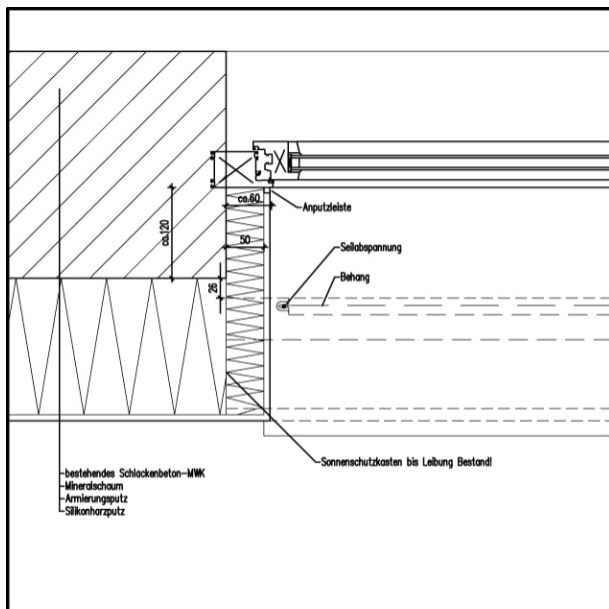
#### 3.5.4.1. Vollwärmeschutz mit Mineralschaumplatten

Die Sanierung der Gebäudehülle erfolgt hier durch Aufbringen eines Vollwärmeschutzes aus Mineralschaumplatten mit einer Stärke von 200mm.



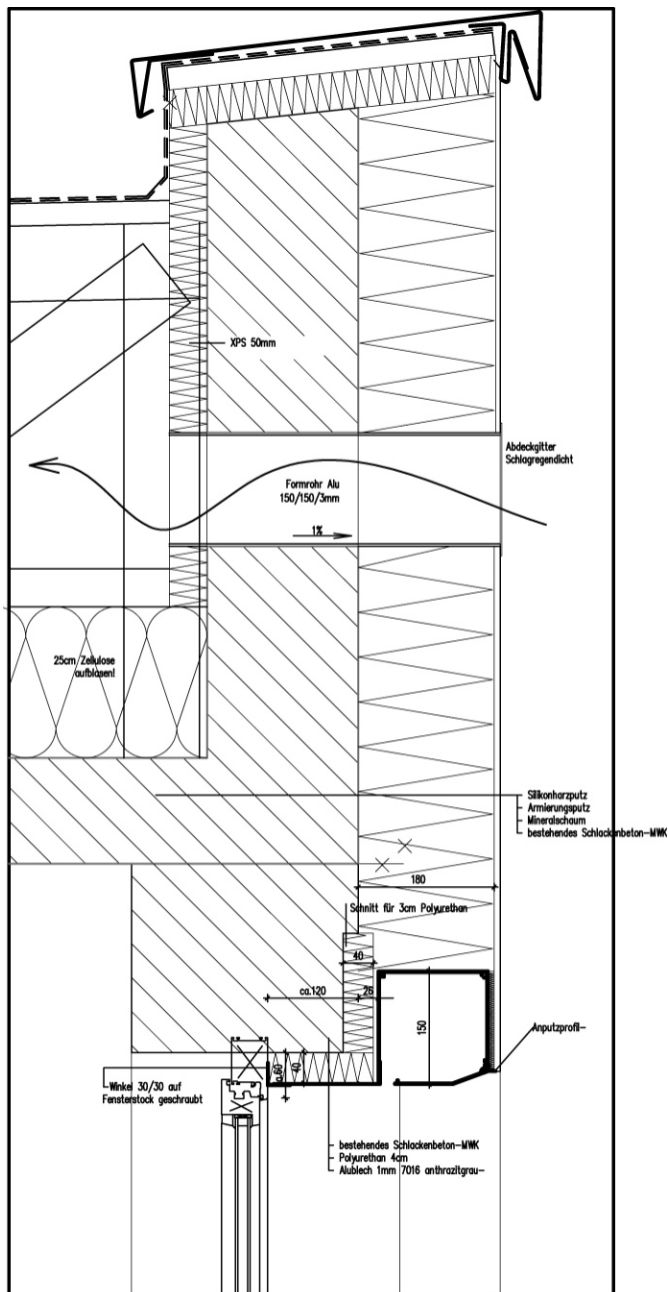
M1:10 Schnitt horizontal  
Leibung breit textiler Sonnenschutz

Abbildung 50: Fensteranschluss Leibung breit



M1:10 Schnitt horizontal  
Leibung 90° textiler Sonnenschutz

Abbildung 51: Fensteranschluss Leibung 90°



M1:10 Schnitt vertikal  
Fenster textiler Sonnenschutz Dach

Abbildung 52: Attika/oberste Geschoßdecke/Fensteranschluss







## **4. BEURTEILUNG DER SANIERUNGSARBEITEN AUS BAUPHYSIKALISCHER SICHT**

### **4.1. Aufgabenstellung im Bereich der Bauphysik**

Die Sanierung des Gebäudebestands erfolgt nicht nur aus Gründen der Bauerhaltung sondern soll - im Rahmen einer sinnvollen Heizenergieeinsparung – durch eine thermisch wirksame Verbesserung der Außenbauteile den Heizenergieverbrauch reduzieren.

Die bauphysikalischen Aufgabenstellungen sind dabei im Wesentlichen:

- Bemessung der Qualität und der Dicke der Wärmedämmung an den Außenbauteilen
- Überprüfung von Wärmebrücken
- Vermeidung von Kondensatbildung an Bauteiloberflächen und im Bauteilinnern
- Luftdichte Bauweise

Weitere Einsparungen des Heizenergiebedarfs sind bei einer solaroptimierten Abstimmung der Bauteile möglich. Diese spielen jedoch im Gesamtkonzept durch die vorgegebene Kubatur sowie Orientierung eine eher untergeordnete Bedeutung.

Maßnahmen zur Lüftung eines Gebäudes sind hauptsächlich bei der Haustechnik angesiedelt. Hier ist die komfortable Be- und Entlüftung eines Gebäudes über eine Lüftungsanlage möglich, wenn nicht die für den Nutzer aufwändigere Fensterlüftung in das Lüftungskonzept aufgenommen wird.

#### **4.1.1. Grundlagen**

Bei der Beurteilung der vorzunehmenden Maßnahmen für die Sanierung von Außenbauteilen können folgende Unterlagen und Werkzeuge herangezogen werden:

- Anforderung an den Mindestwärmeschutz (hygienischer Wärmeschutz)
- Zielsetzung von Energiekennwerten / energetischer Wärmeschutz
- Berechnungsverfahren zum Heizenergieverbrauch, z.B. Energiebilanzverfahren im Passivhausprojektierungspaket (PHPP)
- Wärmebrückenberechnungsprogramme
- Wärmebrückenkataloge (Literaturangaben siehe im Anhang)
- Vermeidung von Kondensation im Bauteilquerschnitt (Wasserdampfdiffusion, Berechnung z.B. nach EN ISO 13788)

Die Unterscheidung bei den Anforderungen zum Wärmeschutz in einen hygienischen und energetischen Bereich beruht auf den baulichen Gegebenheiten bei bestehenden Gebäuden. Vorgegebene Bauteile erlauben nicht überall eine wirtschaftliche Ausführung von Dämmmaßnahmen.

Der energetische Wärmeschutz ist in den österreichischen Bauverordnungen über die Anforderung an den Wärmedurchgangskoeffizient in den einzelnen Bauteilen festgelegt. Für eine Gesamtbetrachtung des energetisch erreichbaren Wärmeschutzes einschließlich der haustechnischen Komponenten sollte der Heizenergiebedarf jedoch auch auf Grundlage eines einfachen Bilanzierungsmodells berücksichtigt werden. Dann ist eine einfache Bewertung der planerisch vorgesehenen Maßnahmen möglich.

#### **4.1.2. Vorgehensweise / Durchführung**

Im Rahmen des vorliegenden Berichts werden an Hand von drei Beispielen konkrete Handlungsweisen der bauphysikalischen Untersuchungsmethoden aufgezeigt. Unterschiedliche Anforderungen und Zielsetzungen führen zu einer notwendigen differenzierten Betrachtungsweise und erweitern das Feld der verwendeten Werkzeuge. Im Rahmen der Bauphysik erfolgen damit unterschiedliche Maßnahmen, die in Einzelschritten dargestellt werden und an Hand von verschiedenen Kriterien als Entscheidungsgrundlage herangezogen werden können. Abschließend ergibt sich eine Optimierung aus den baulichen Gegebenheiten und der Zielsetzung der Energieeinsparung.

## 4.2. Wärmebrückenberechnungen

### 4.2.1. Wärmebrücken Fabrikstrasse 9

# Wärmebrückenberechnung



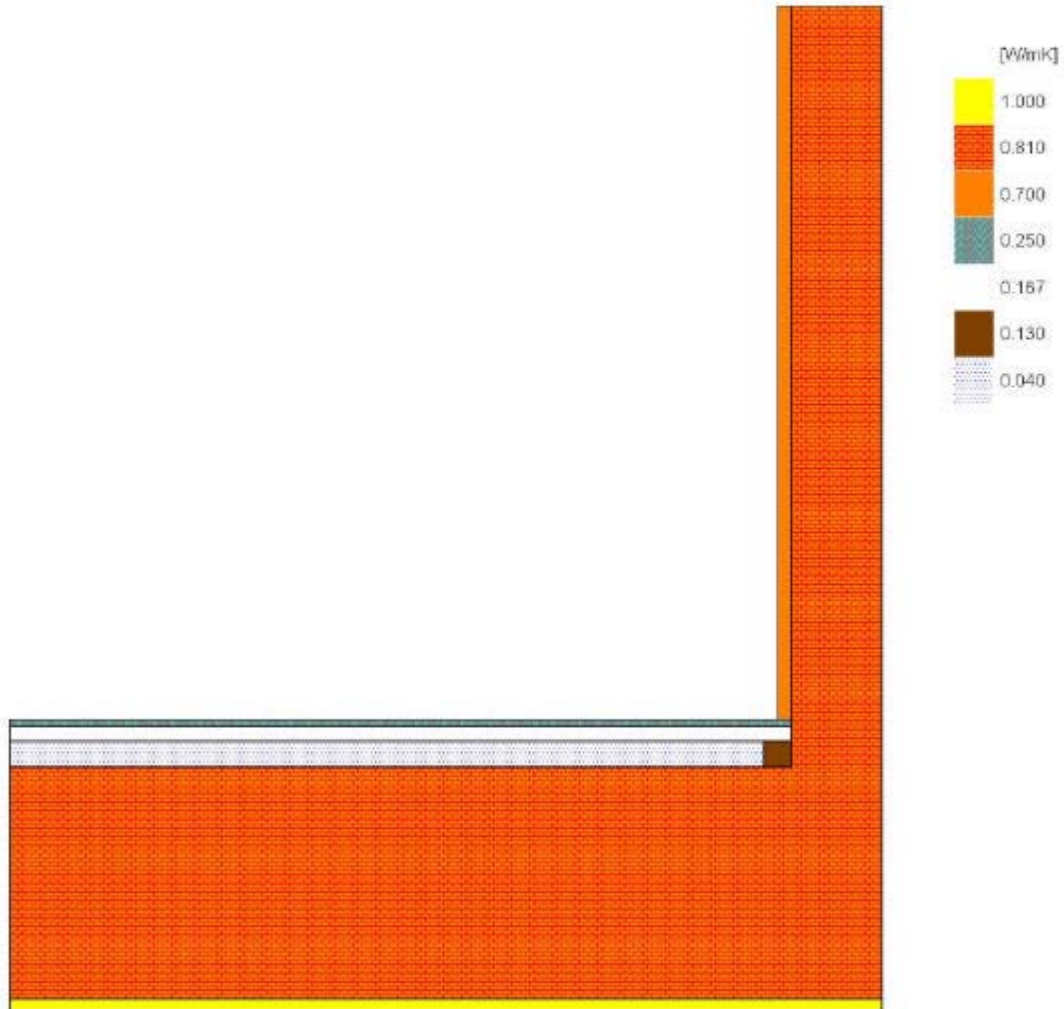
<b>Projekt :</b>	Fabrikstrasse 9, Steyr
<b>Auftraggeber:</b>	Architekt
<b>Datum :</b>	13.11.2003
<b>Bearbeiter :</b>	EG
<b>Version Name :</b>	<b>Fs9IW0</b>
<b>Interner Code:</b>	AW
<b>Version Beschreibung :</b>	Anschluss Innen- an Außenwand; ohne Flankendämmung der Innenwand
<b>Bezug auf Zeichnung Nr:</b>	Details v. 5.11.2003

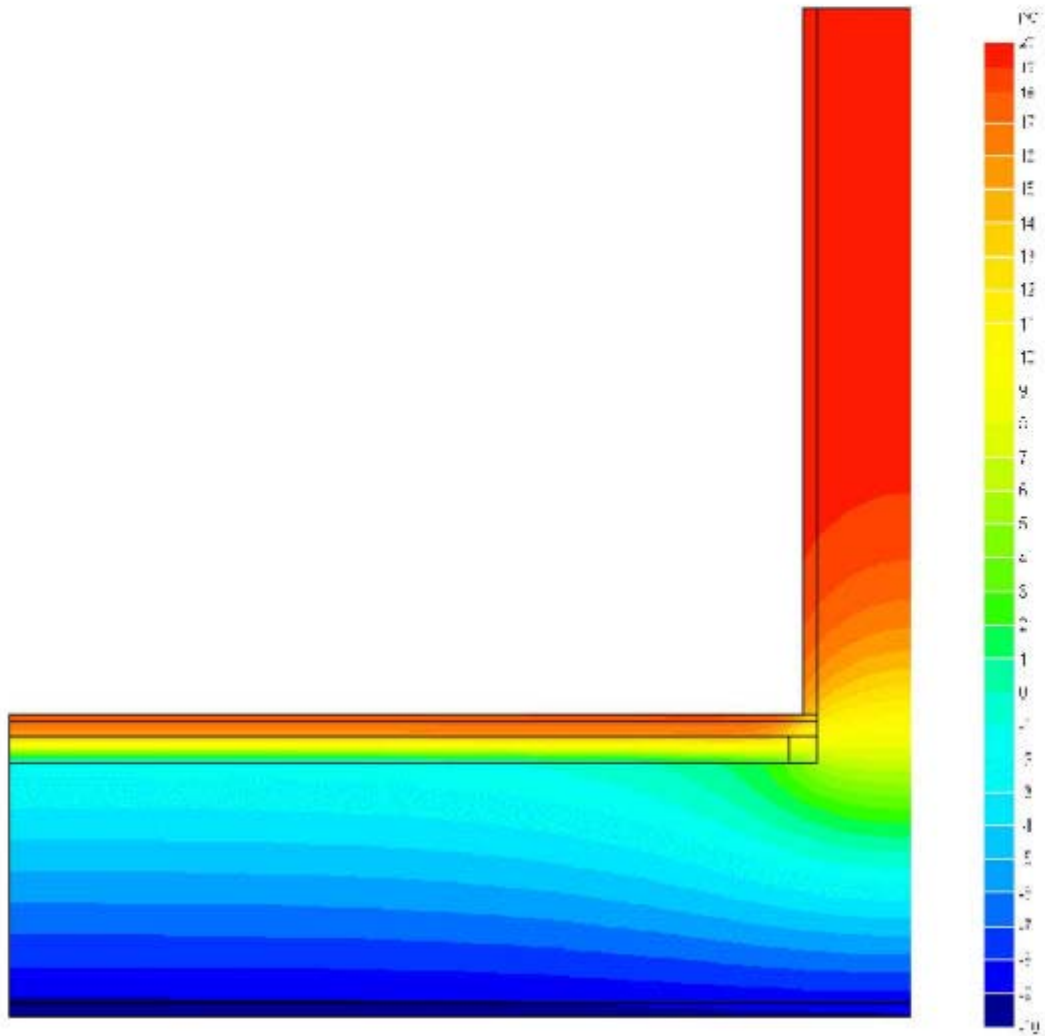
### Ausgangswerte

Außentemperatur	$T_e$	-10	[°C]
Innentemperatur	$T_i$	20	[°C]
Wärmedurchgangskoeff. Wand	$U_w$	0,45	[W/(m²K)]

### Ergebnisse der Berechnung

Bezugstemperaturdifferenz des Wärmedurchgangskoeffizienten	$\Theta$	20	[K]
innenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_i$		[W/(mK)]
außenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_a$	0,150	[W/(mK)]
minimale Innentemperatur, Randbedingungen nach EN ISO 10211	$\Theta_{si 0,13}$	15,1	[°C]
minimale Innentemperatur, Randbedingungen nach DIN 4108-2	$\Theta_{si 0,25}$	14,2	[°C]
Temperaturfaktor nach DIN 4108-2	$f_{Rsi 0,25}$	0,77	[-]





# Wärmebrückenberechnung



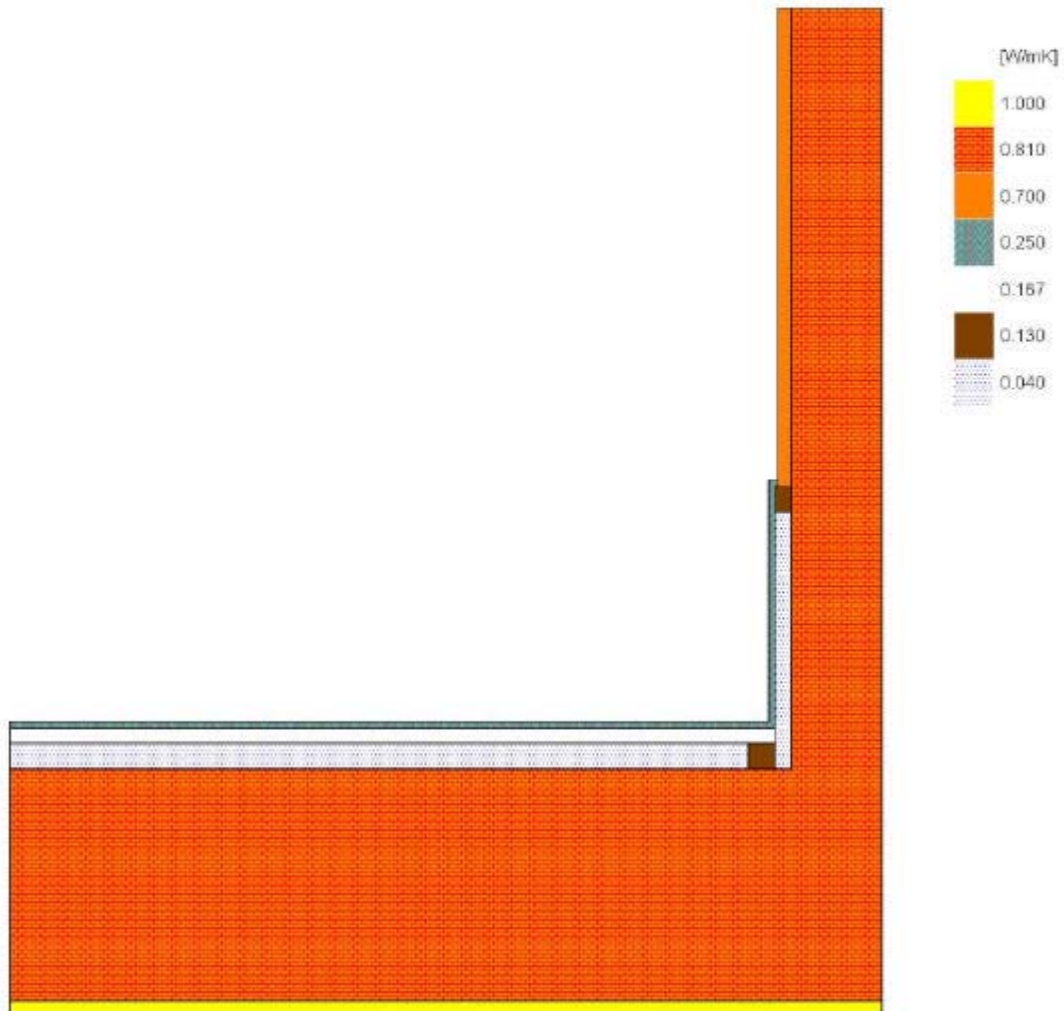
<b>Projekt :</b>	Fabrikstrasse 9, Steyr
<b>Auftraggeber:</b>	Architekt
<b>Datum :</b>	13.11.2003
<b>Bearbeiter :</b>	EG
<b>Version Name :</b>	<b>Fs9IW3</b>
<b>Interner Code:</b>	AW
<b>Version Beschreibung :</b>	Anschluss Innen- an Außenwand; 30 mm Flankendämmung der Innenwand
<b>Bezug auf Zeichnung Nr:</b>	Details v. 5.11.2003

## Ausgangswerte

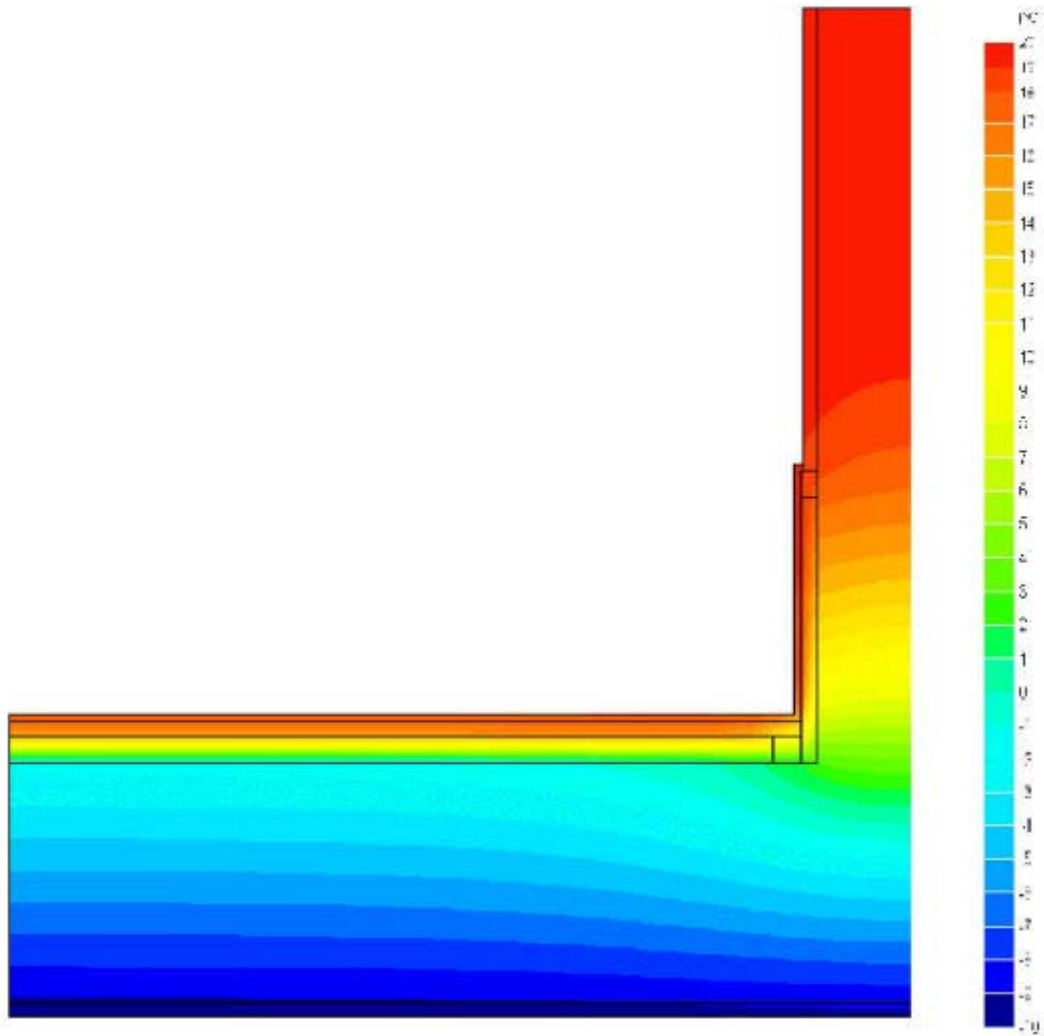
Außentemperatur	$T_e$	<b>-10</b>	[°C]
Innentemperatur	$T_i$	<b>20</b>	[°C]
Wärmedurchgangskoeff. Wand	$U_w$	<b>0,45</b>	[W/(m²K)]

## Ergebnisse der Berechnung

Bezugstemperaturdifferenz des Wärmedurchgangskoeffizienten	$\Theta$	<b>20</b>	[K]
innenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_i$		[W/(mK)]
außenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_a$	<b>0,088</b>	[W/(mK)]
minimale Innentemperatur, Randbedingungen nach EN ISO 10211	$\Theta_{si, 0,15}$	<b>16,3</b>	[°C]
minimale Innentemperatur, Randbedingungen nach DIN 4108-2	$\Theta_{si, 0,25}$	<b>15,4</b>	[°C]
Temperaturfaktor nach DIN 4108-2	$f_{Rsi, 0,25}$	<b>0,82</b>	[ ]







# Wärmebrückenberechnung



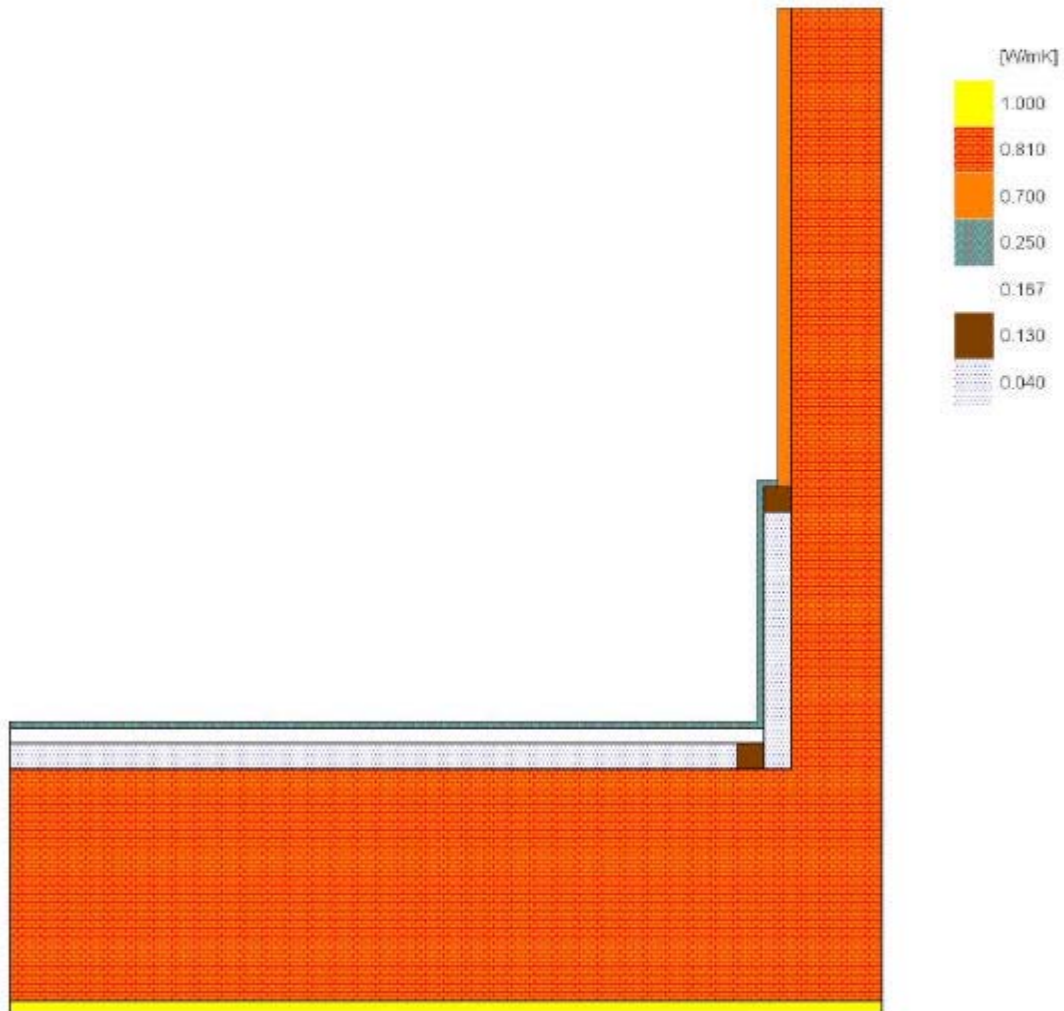
<b>Projekt :</b>	Fabrikstrasse 9, Steyr
<b>Auftraggeber:</b>	Architekt
<b>Datum :</b>	13.11.2003
<b>Bearbeiter :</b>	EG
<b>Version Name :</b>	<b>Fs9IW5</b>
<b>Interner Code:</b>	AW
<b>Version Beschreibung :</b>	Anschluss Innen- an Außenwand; 50 mm Flankendämmung der Innenwand
<b>Bezug auf Zeichnung Nr:</b>	Details v. 5.11.2003

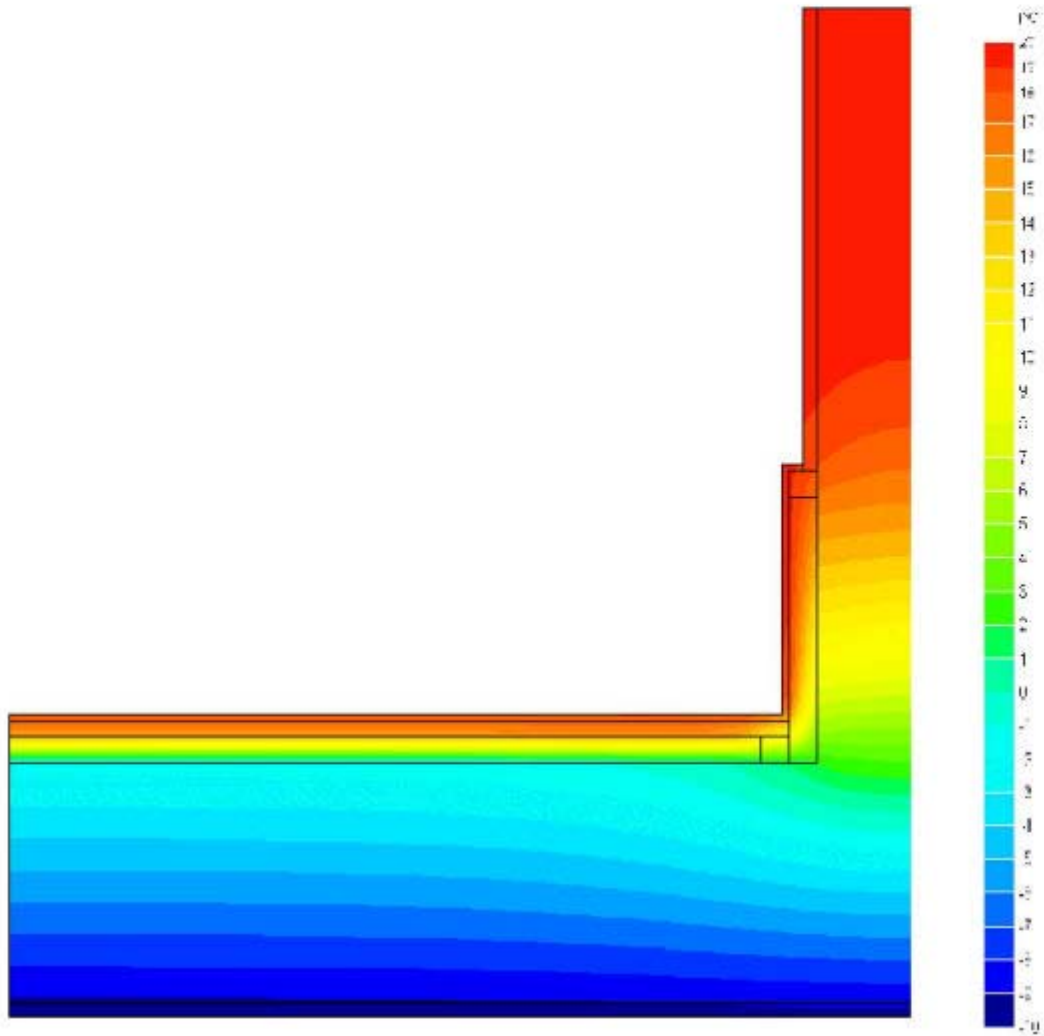
## Ausgangswerte

Außentemperatur	$T_e$	<b>-10</b>	[°C]
Innentemperatur	$T_i$	<b>20</b>	[°C]
Wärmedurchgangskoeff. Wand	$U_w$	<b>0,45</b>	[W/(m²K)]

## Ergebnisse der Berechnung

Bezugstemperaturdifferenz des Wärmedurchgangskoeffizienten	$\Theta$	<b>20</b>	[K]
innenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_i$		[W/(mK)]
außenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_a$	<b>0,083</b>	[W/(mK)]
minimale Innentemperatur, Randbedingungen nach EN ISO 10211	$\Theta_{si, 0,15}$	<b>16,5</b>	[°C]
minimale Innentemperatur, Randbedingungen nach DIN 4108-2	$\Theta_{si, 0,25}$	<b>15,6</b>	[°C]
Temperaturfaktor nach DIN 4108-2	$f_{Rsi, 0,25}$	<b>0,82</b>	[ ]





# Wärmebrückenberechnung



**Projekt :** Fabrikstrasse 9, Steyr  
**Auftraggeber:** Architekt  
**Datum :** 13.11.2003  
**Bearbeiter :** EG

**Version Name :** **Fs9Fe0**  
**Interner Code:** AW-Fe  
**Version Beschreibung :** Schematischer Wandanschluss Holz-Kastenfenster; ohne Dämmung der Laibung innen  
**Bezug auf Zeichnung Nr:** Details v. 5.11.2003

## Ausgangswerte

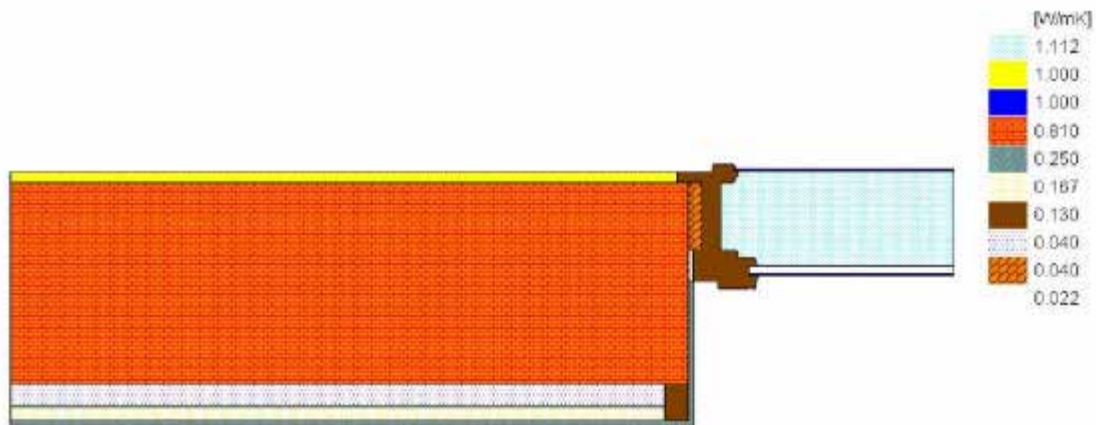
Außentemperatur	$T_e$	-10	[°C]
Innentemperatur	$T_i$	20	[°C]
Wärmedurchgangskoeff. Wand	$U_w$	0,45	[W/(m²K)]
Wärmedurchgangskoeff. Fenster	$U_f$	0,92	[W/(m²K)]

## Ergebnisse der Berechnung

Bezugstemperaturdifferenz des Wärmedurchgangskoeffizienten	$\Theta$	30	[K]
innenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_i$		[W/(mK)]
außenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_e$	0,327	[W/(mK)]
minimale Innentemperatur, Randbedingungen nach EN ISO 10211	$\Theta_{e, 0,15}$	11,5	[°C]
minimale Innentemperatur, Randbedingungen nach DIN 4108-2	$\Theta_{e, 0,25}$	10,0	[°C]
Temperaturfaktor nach DIN 4108-2	$f_{Rsi, 0,25}$	0,60	[-]

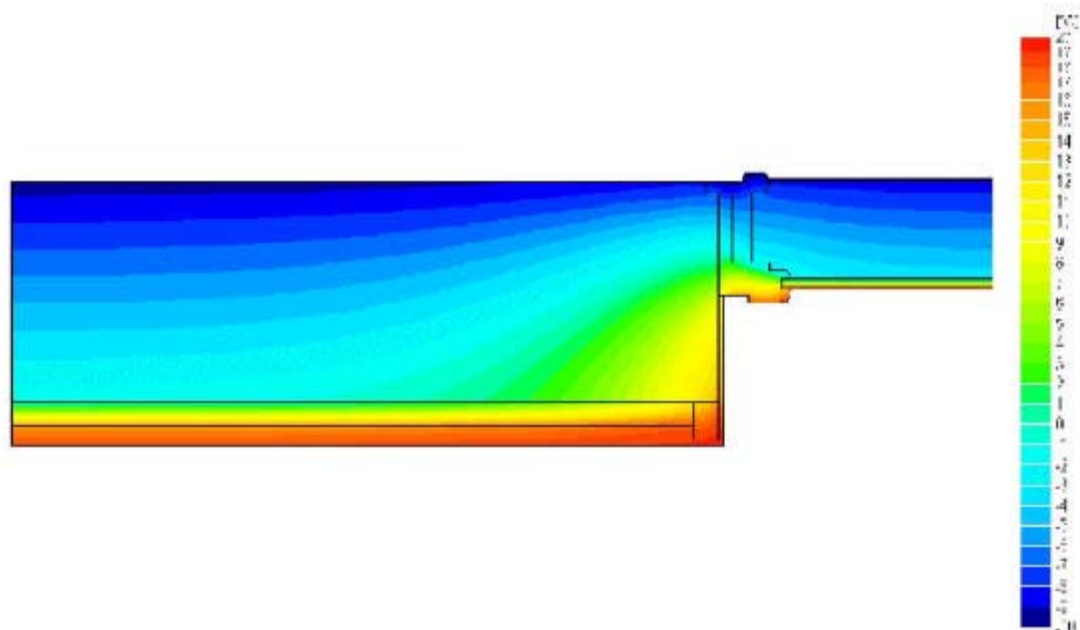
Bildname : Fs9Fe0\_m.bmp

# Materialbild



Bildname : Fs9Fe0\_1.bmp

# Temperaturbild



# Wärmebrückenberechnung



<b>Projekt :</b>	Fabrikstrasse 9, Steyr
<b>Auftraggeber:</b>	Architekt
<b>Datum :</b>	13.11.2003
<b>Bearbeiter :</b>	EG
<b>Version Name :</b>	<b>Fs9Fe3</b>
<b>Interner Code:</b>	AW-Fe
<b>Version Beschreibung :</b>	Schematischer Wandanschluss Holz-Kastenfenster; 30 mm Dämmung der Laibung innen
<b>Bezug auf Zeichnung Nr:</b>	Details v. 5.11.2003

## Ausgangswerte

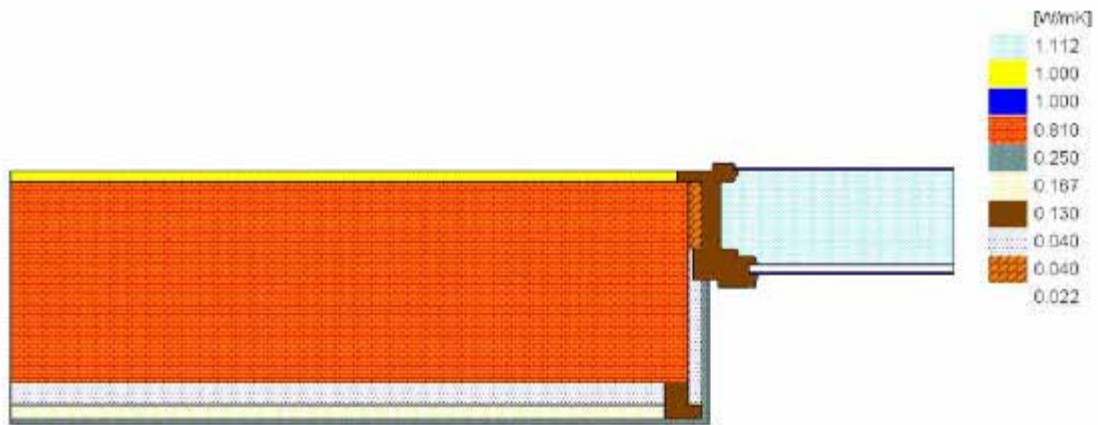
Außentemperatur	$T_e$	<b>-10</b>	[°C]
Innentemperatur	$T_i$	<b>20</b>	[°C]
Wärmedurchgangskoeff. Wand	$U_w$	<b>0,45</b>	[W/(m²K)]
Wärmedurchgangskoeff. Fenster	$U_f$	<b>0,92</b>	[W/(m²K)]

## Ergebnisse der Berechnung

Temperaturdifferenz des Wärmedurchgangskoeffizienten	$\Delta T$	<b>30</b>	[K]
innenluftbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_i$		[W/mK]
außenluftbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_e$	<b>0,160</b>	[W/mK]
minimale Innentemperatur, Randbedingungen nach EN ISO 10211	$\theta_{a,0}$	<b>13,4</b>	[°C]
minimale Innentemperatur, Randbedingungen nach DIN 4108-2	$\theta_{a,0,2}$	<b>13,1</b>	[°C]
Temperaturfaktor nach DIN 4108-2	$\psi_{a,0}$	<b>0,66</b>	[K]

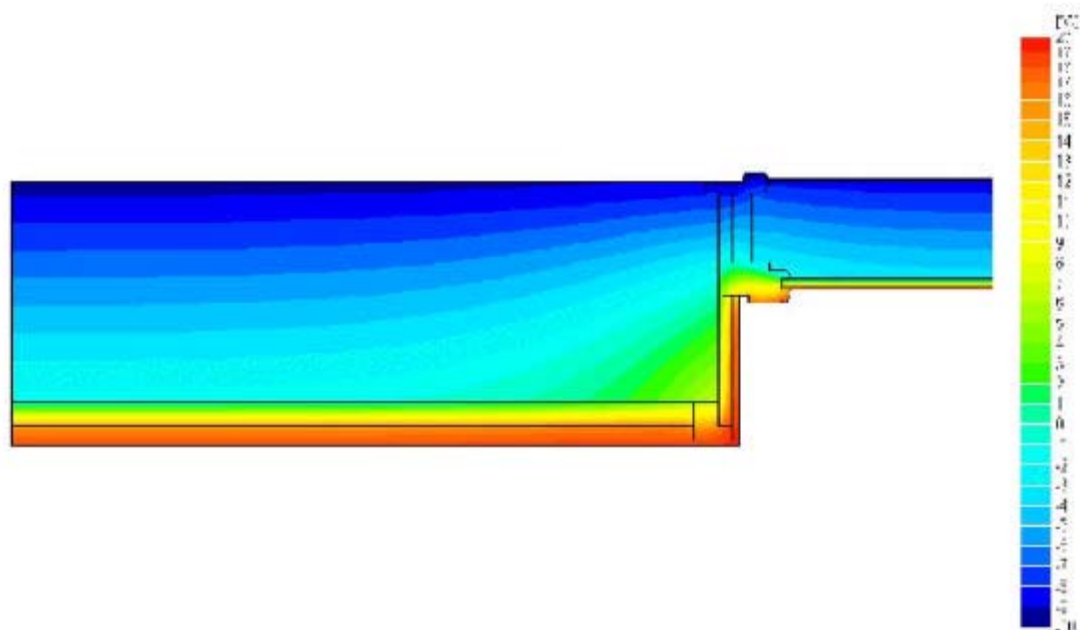
Bildname : Fe9Fe3\_m.bmp

## Materialbild



Bildname : Fe9Fe3\_1.bmp

## Temperaturbild





# Wärmebrückenberechnung



<b>Projekt :</b>	Fabrikstrasse 9, Steyr
<b>Auftraggeber:</b>	Architekt
<b>Datum :</b>	13.11.2003
<b>Bearbeiter :</b>	EG
<b>Version Name :</b>	<b>Fs9Fe5</b>
<b>Interner Code:</b>	AW-Fe
<b>Version Beschreibung :</b>	Schematischer Wandanschluss Holz-Kastenfenster; 50 mm Dämmung der Laibung innen
<b>Bezug auf Zeichnung Nr:</b>	Details v. 5.11.2003

## Ausgangswerte

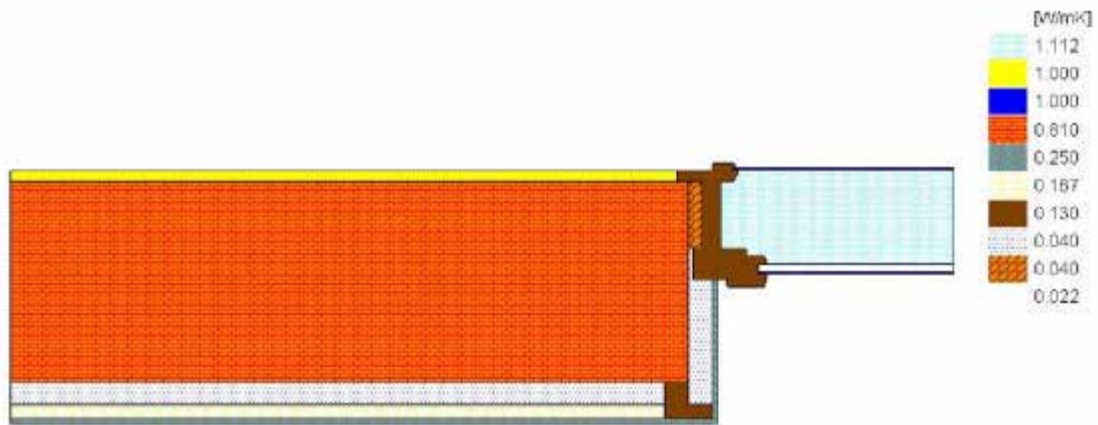
Außentemperatur	$T_e$	<b>-10</b>	[°C]
Innentemperatur	$T_i$	<b>20</b>	[°C]
Wärmedurchgangskoeff. Wand	$U_w$	<b>0,45</b>	[W/(m²K)]
Wärmedurchgangskoeff. Fenster	$U_f$	<b>0,92</b>	[W/(m²K)]

## Ergebnisse der Berechnung

Temperaturdifferenz des Wärmedurchgangskoeffizienten	$\Delta T$	<b>30</b>	[K]
innenluftbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_i$		[W/mK]
außenluftbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_e$	<b>0,000</b>	[W/mK]
minimale Innentemperatur, Randbedingungen nach EN ISO 10211	$\theta_{a,0.95}$	<b>13,5</b>	[°C]
minimale Innentemperatur, Randbedingungen nach DIN 4108-2	$\theta_{a,0.95}$	<b>13,7</b>	[°C]
Temperaturfaktor nach DIN 4108-2	$\psi_{a,0.95}$	<b>0,68</b>	[K]

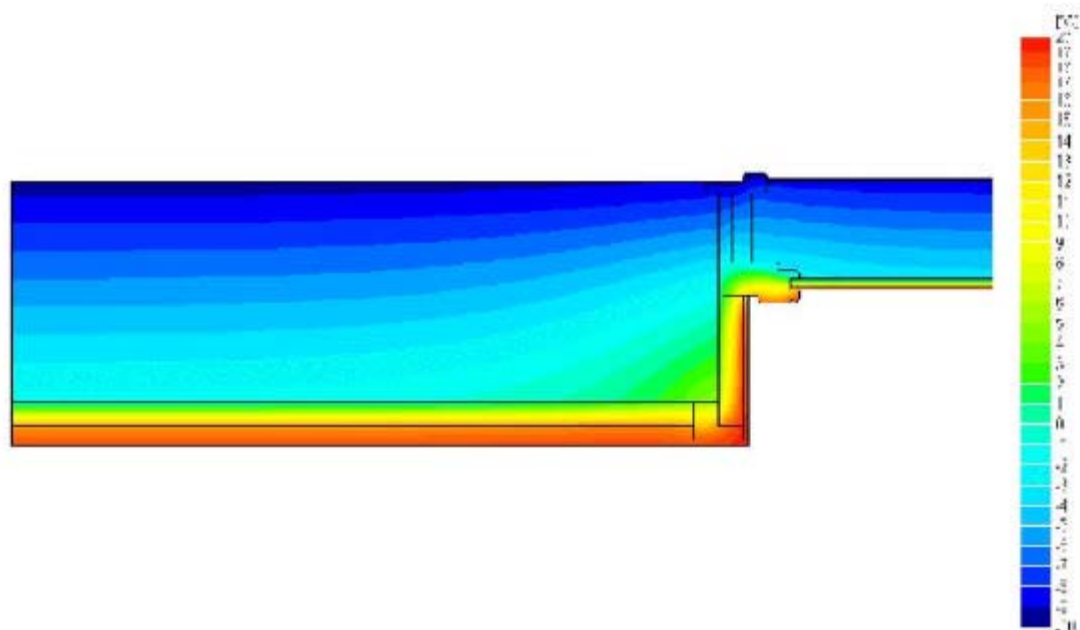
Bildname : F89Fe5\_in.bmp

# Materialbild



Bildname : F89Fe5\_1.bmp

# Temperaturbild



## 4.2.2. Wärmebrücken Kasernengebäude Objekt 1

### Wärmestromberechnung nach E DIN EN ISO 10211



**Projekt :** Objekt\_1  
**Auftraggeber:** Architekten  
**Datum :** 08.01.2004  
**Bearbeiter :** GL

**Version Name :** Traufe  
**Interner Code:** DA-WA  
**Version Beschreibung :** Traufanschluss

**Bezug auf Zeichnung Nr:** Details

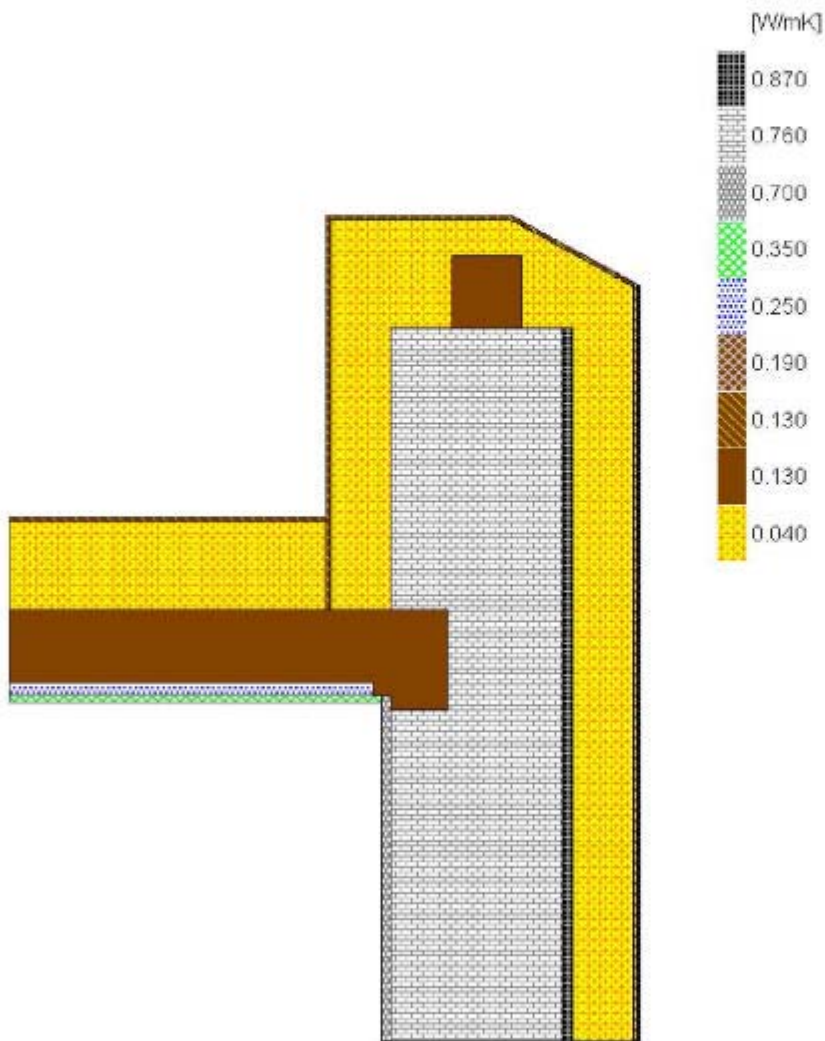
#### Ausgangswerte

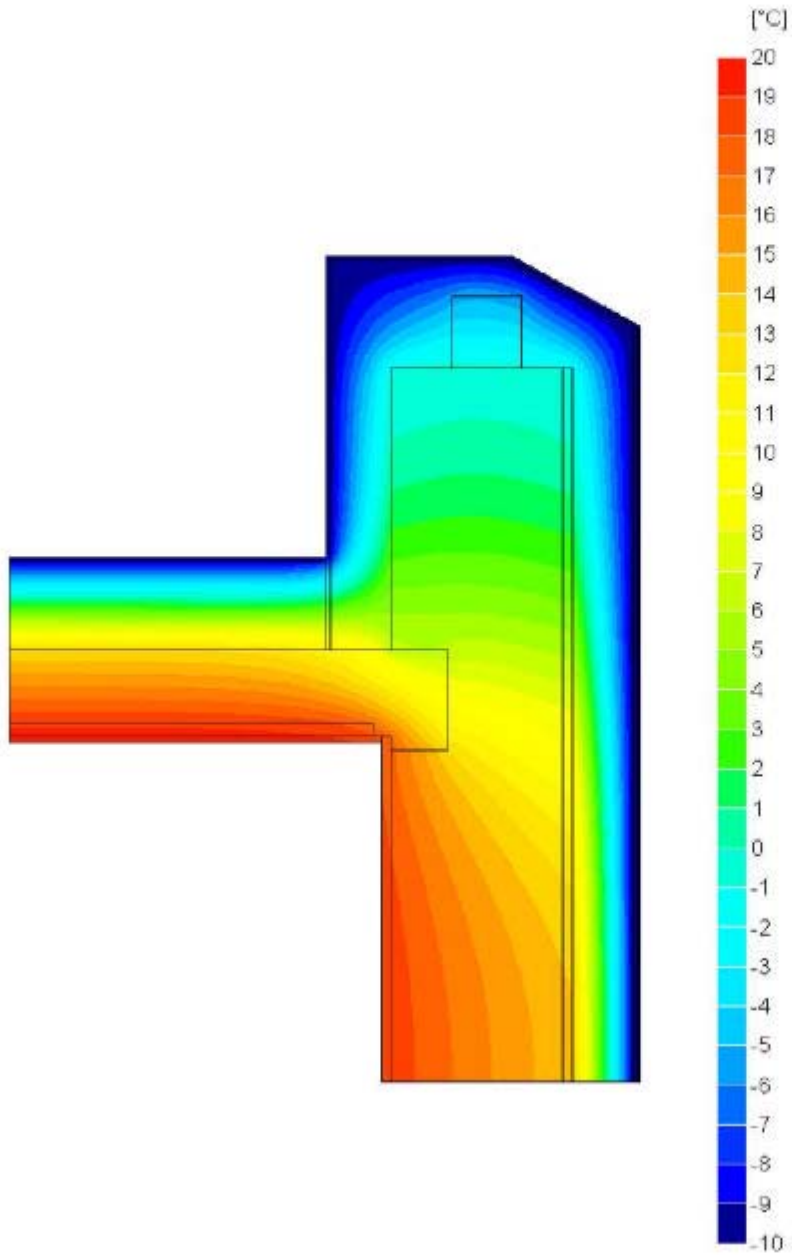
Außentemperatur	$T_e$	-10	[°C]
Innentemperatur	$T_i$	20	[°C]
Übergangswiderstand außen	$R_{se}$	0,04	[(m²K)/W]
Übergangswiderstand innen	$R_{si}$	0,13	[(m²K)/W]
Wärmedurchgangskoeff. Wand	$U_{wall}$	0,21	[W/(m²K)]
Wärmedurchgangskoeff. Decke	$U_r$	0,12	[W/(m²K)]

#### Ergebnisse der Berechnung

innenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_i$	0,17	[W/(mK)]
außenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_a$	-0,01	[W/(mK)]
minimale Innentemperatur	$T_{min}$	18,0	[°C]
Temperaturfaktor, bezogen auf minimale Innentemperatur	$f_{Rsi}$	0,93	[-]
maximale Innentemperatur	$T_{max}$	19,5	[°C]

Bildname : Traufe\_m.bmp





### 4.2.3. Wärmebrücken Glimpfingerstrasse 15

## Wärmestromberechnung nach E DIN EN ISO 10211



<b>Projekt :</b>	Glimpfingerstrasse
<b>Auftraggeber:</b>	Architekten
<b>Datum :</b>	22.12.2003
<b>Bearbeiter :</b>	GL

<b>Version Name :</b>	<b>Balkon</b>
<b>Interner Code:</b>	A-WA
<b>Version Beschreibung :</b>	Balkonplatte umdämmt

**Bezug auf Zeichnung Nr:** Details

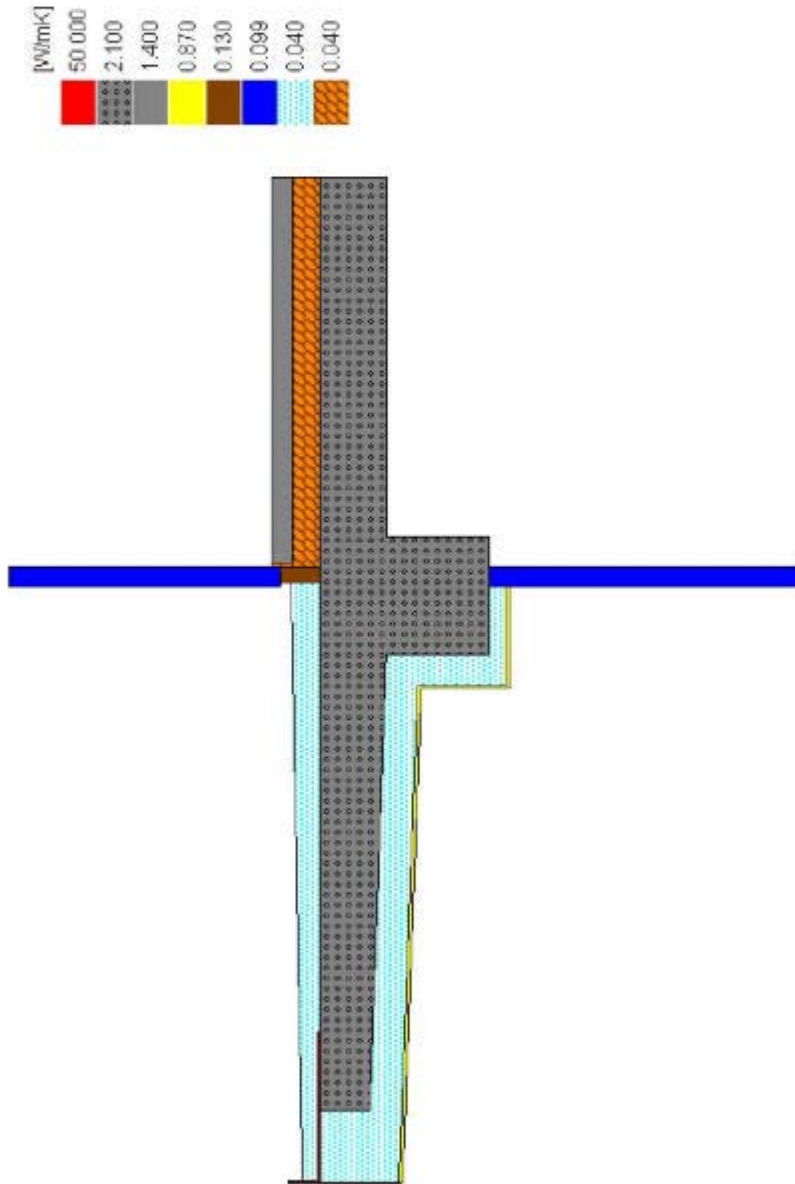
#### Ausgangswerte

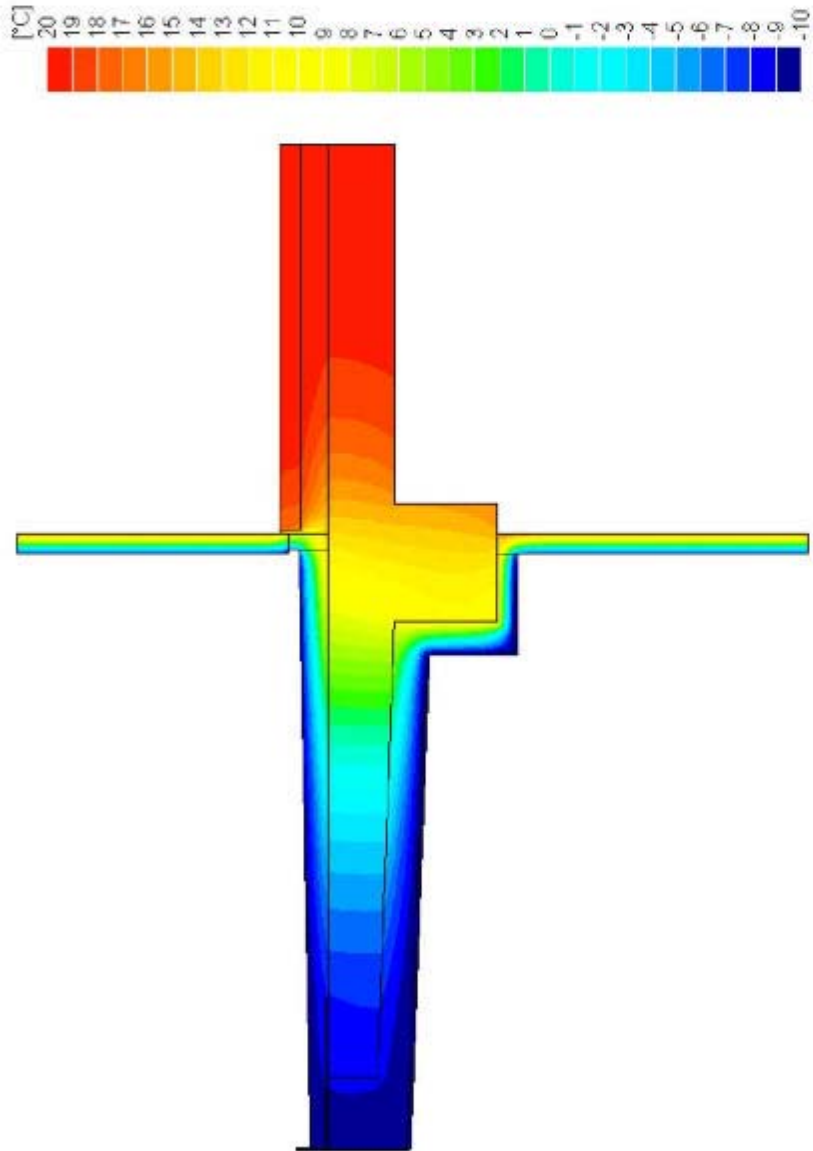
Außentemperatur	$T_e$	<b>-10</b>	[°C]
Innentemperatur	$T_i$	<b>20</b>	[°C]
Übergangswiderstand außen	$R_{se}$	<b>0,04</b>	[(m <sup>2</sup> K)/W]
Übergangswiderstand innen	$R_{si}$	<b>0,13</b>	[(m <sup>2</sup> K)/W]
Wärmedurchgangskoeff. Wand	$U_{wall}$	<b>0,21</b>	[W/(m <sup>2</sup> K)]
Wärmedurchgangskoeff. Fenster	$U_w$	<b>1,5</b>	[W/(m <sup>2</sup> K)]

#### Ergebnisse der Berechnung

innenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_i$	<b>0,451</b>	[W/(mK)]
außenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_a$	<b>0,451</b>	[W/(mK)]
minimale Innentemperatur	$T_{min}$	<b>12,2</b>	[°C]
Temperaturfaktor, bezogen auf minimale Innentemperatur	$f_{Rsi}$	<b>0,74</b>	[-]
maximale Innentemperatur	$T_{max}$	<b>19,9</b>	[°C]

Bildname : Balken\_m.bmp







# Wärmestromberechnung

nach E DIN EN ISO 10211



**Projekt :** Glimpfingerstrasse  
**Auftraggeber:** Architekten  
**Datum :** 22.12.2003  
**Bearbeiter :** GL

**Version Name :** **Sturz+00**  
**Interner Code:** AW-FEN  
**Version Beschreibung :** Fenstersturz Dämmung Grundvariante

**Bezug auf Zeichnung Nr:** Details

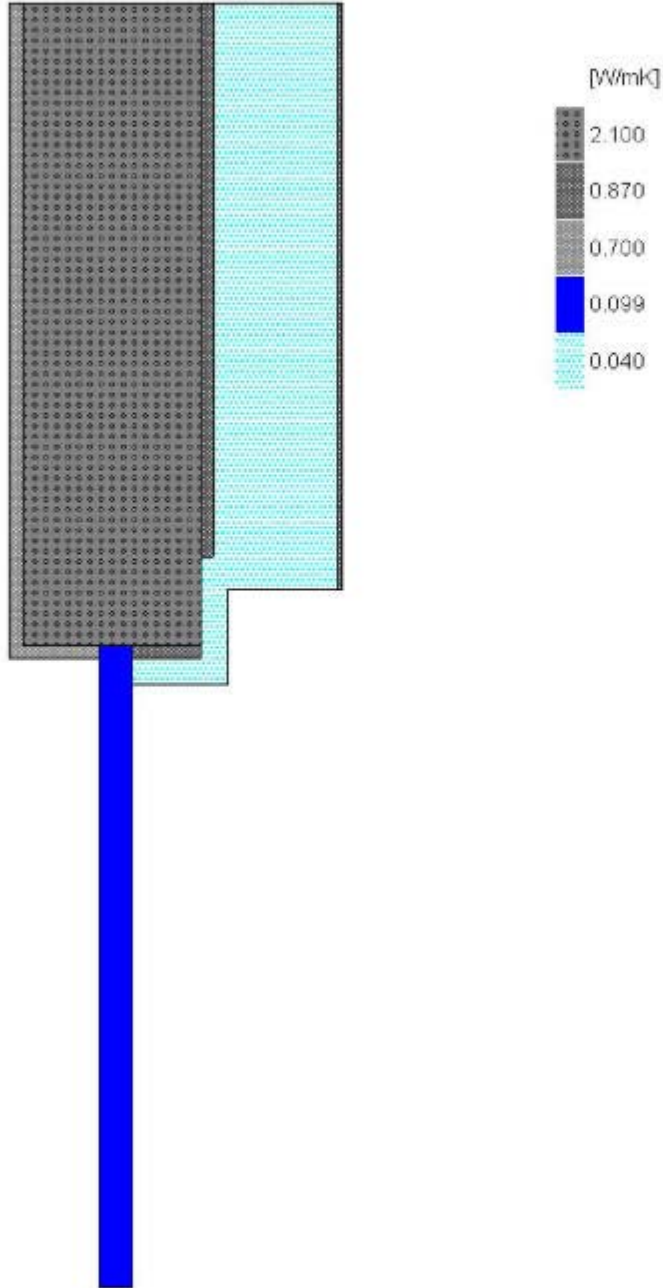
## Ausgangswerte

Außentemperatur	$T_e$	<b>-10</b>	[°C]
Innentemperatur	$T_i$	<b>20</b>	[°C]
Übergangswiderstand außen	$R_{se}$	<b>0,04</b>	[(m²K)/W]
Übergangswiderstand innen	$R_{si}$	<b>0,13</b>	[(m²K)/W]
Wärmedurchgangskoeff. Wand	$U_{wall}$	<b>0,21</b>	[W/(m²K)]
Wärmedurchgangskoeff. Fenster	$U_w$	<b>1,5</b>	[W/(m²K)]

## Ergebnisse der Berechnung

innenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_i$	<b>0,141</b>	[W/(mK)]
außenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_a$	<b>0,141</b>	[W/(mK)]
minimale Innentemperatur	$T_{min}$	<b>14,2</b>	[°C]
Temperaturfaktor, bezogen auf minimale Innentemperatur	$f_{Rsi}$	<b>0,81</b>	[-]
maximale Innentemperatur	$T_{max}$	<b>19,1</b>	[°C]

Bildname : Sturz+00\_m.bmp





# Wärmestromberechnung

nach E DIN EN ISO 10211



**Projekt :** Glimpfingerstrasse  
**Auftraggeber:** Architekten  
**Datum :** 22.12.2003  
**Bearbeiter :** GL

**Version Name :** Sturz+02  
**Interner Code:** AW-FEN  
**Version Beschreibung :** Fenstersturz Dämmung + 2cm

**Bezug auf Zeichnung Nr:** Details

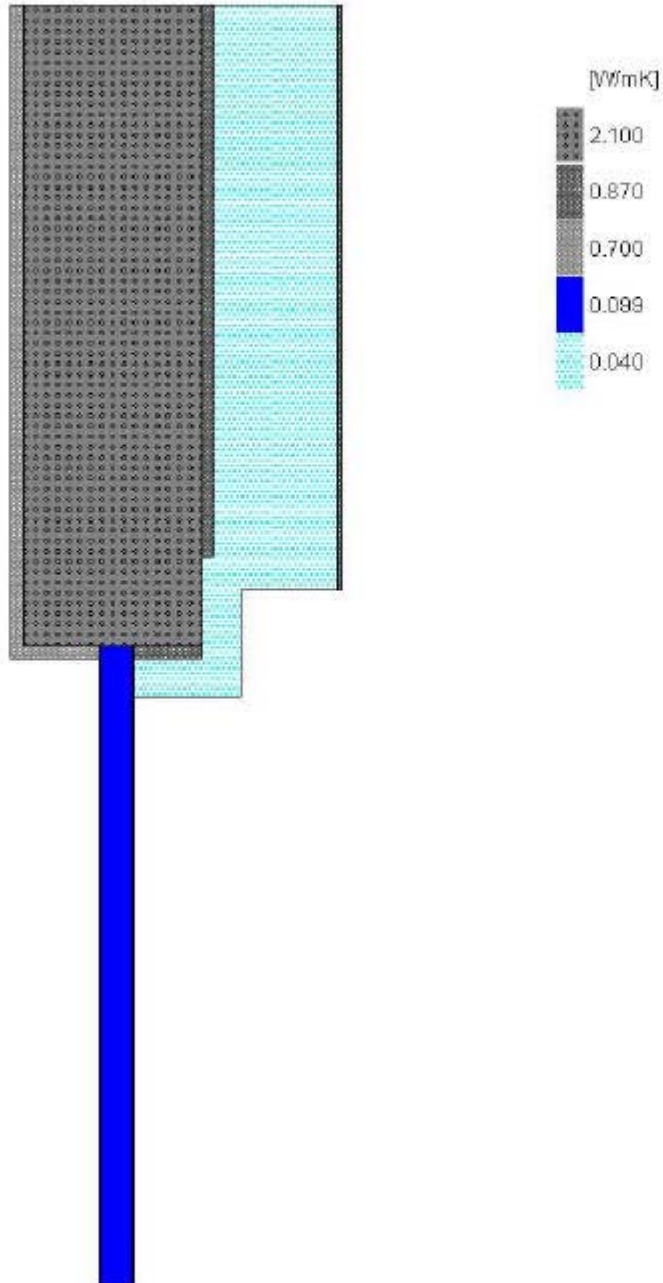
## Ausgangswerte

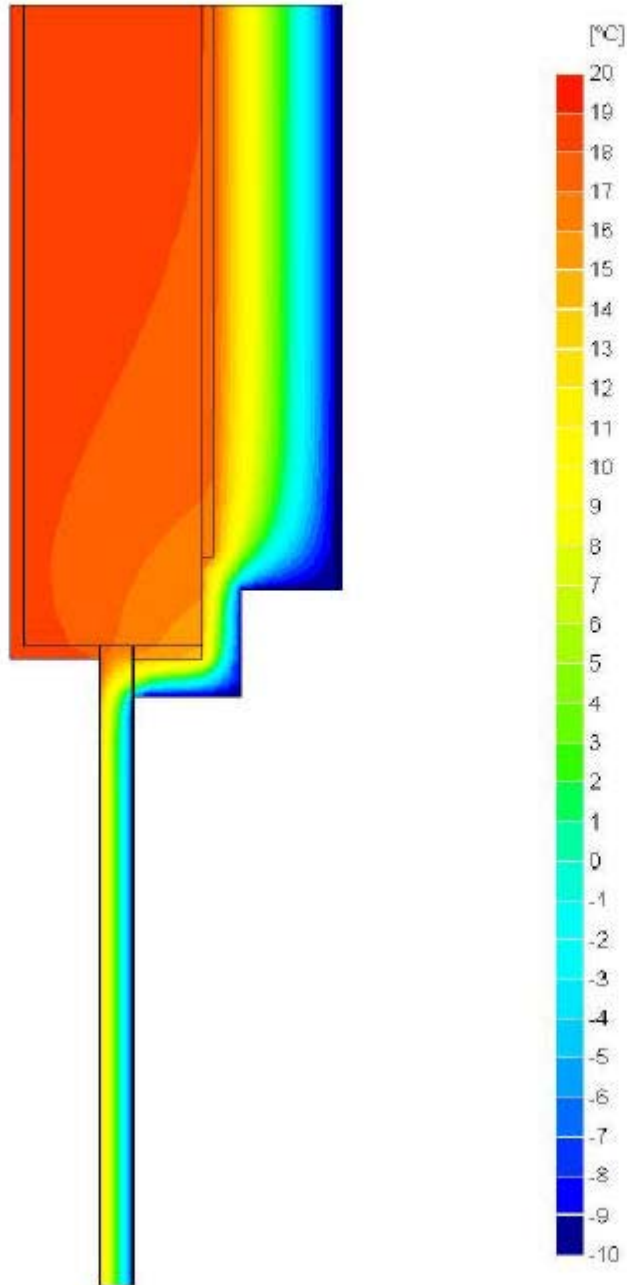
Außentemperatur	$T_e$	-10	[°C]
Innentemperatur	$T_i$	20	[°C]
Übergangswiderstand außen	$R_{se}$	0,04	[(m <sup>2</sup> K)/W]
Übergangswiderstand innen	$R_{si}$	0,13	[(m <sup>2</sup> K)/W]
Wärmedurchgangskoeff. Wand	$U_{wall}$	0,21	[W/(m <sup>2</sup> K)]
Wärmedurchgangskoeff. Fenster	$U_w$	1,5	[W/(m <sup>2</sup> K)]

## Ergebnisse der Berechnung

innenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_i$	0,059	[W/(mK)]
außenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_a$	0,059	[W/(mK)]
minimale Innentemperatur	$T_{min}$	14,2	[°C]
Temperaturfaktor, bezogen auf minimale Innentemperatur	$f_{Rsi}$	0,81	[-]
maximale Innentemperatur	$T_{max}$	19,1	[°C]

Bildname : Sturz+02\_ m.bmp





# Wärmestromberechnung

nach E DIN EN ISO 10211



**Projekt :** Glimpfingerstrasse  
**Auftraggeber:** Architekten  
**Datum :** 26.03.2004  
**Bearbeiter :** EG

**Version Name :** **Leibung1**  
**Interner Code:** AW-FEN  
**Version Beschreibung :** Fensterleibung Grundvariante

**Bezug auf Zeichnung Nr:** G 02 Schnitt horizontal

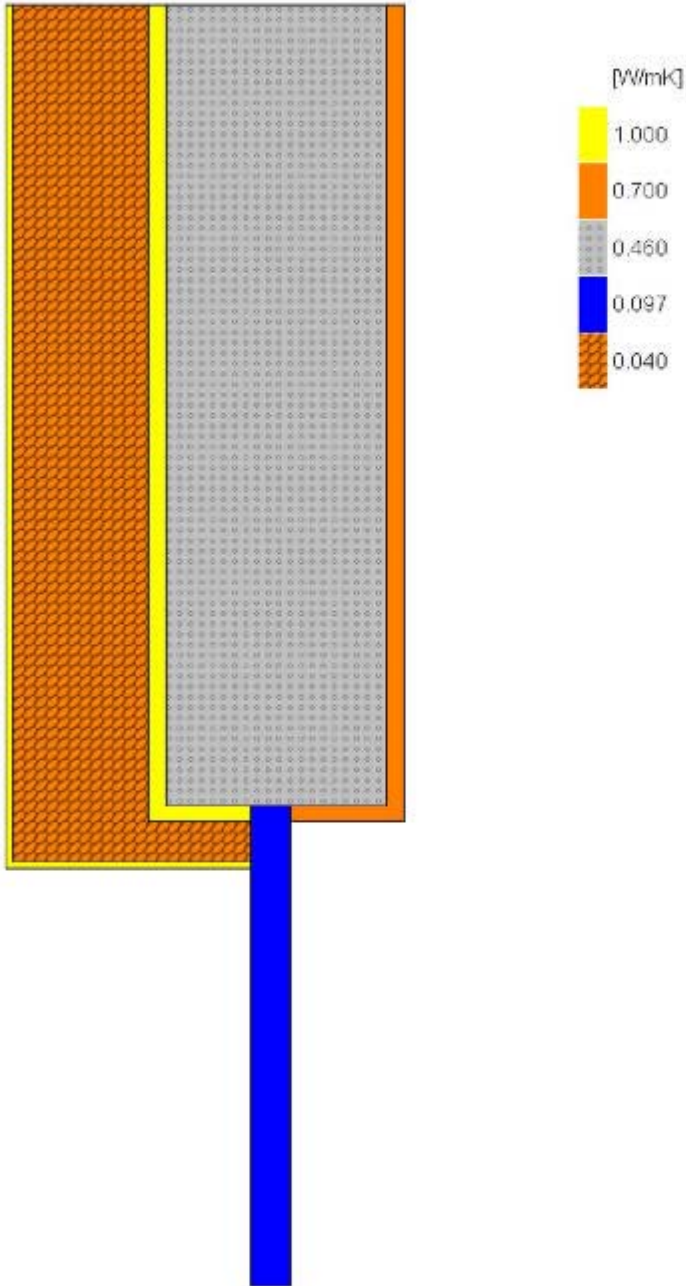
## Ausgangswerte

Außentemperatur	$T_e$	<b>-10</b>	[°C]
Innentemperatur	$T_i$	<b>20</b>	[°C]
Übergangswiderstand außen	$R_{se}$	<b>0,04</b>	[(m <sup>2</sup> K)/W]
Übergangswiderstand innen	$R_{si}$	<b>0,13</b>	[(m <sup>2</sup> K)/W]
Wärmedurchgangskoeff. Wand	$U_{wall}$	<b>0,21</b>	[W/(m <sup>2</sup> K)]
Wärmedurchgangskoeff. Fenster	$U_w$	<b>1,5</b>	[W/(m <sup>2</sup> K)]

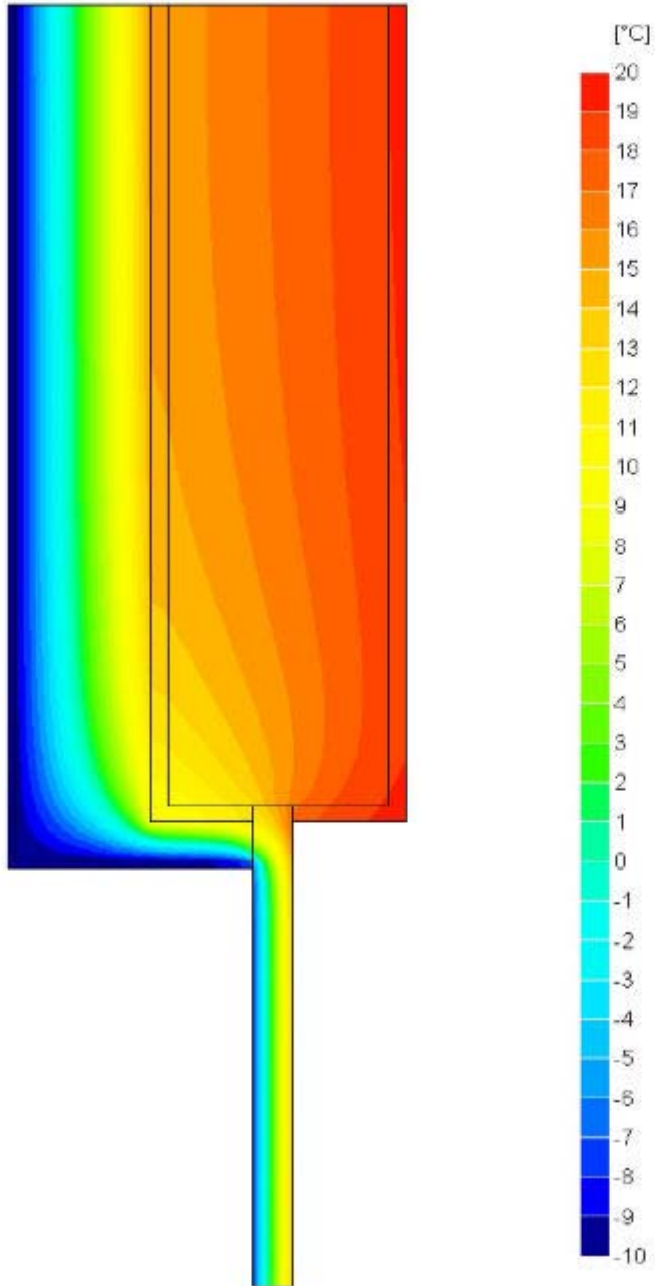
## Ergebnisse der Berechnung

innenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_i$	<b>0,015</b>	[W/(mK)]
außenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_a$	<b>0,015</b>	[W/(mK)]
minimale Innentemperatur	$T_{min}$	<b>14,1</b>	[°C]
Temperaturfaktor, bezogen auf minimale Innentemperatur	$f_{Rsi}$	<b>0,80</b>	[-]
maximale Innentemperatur	$T_{max}$	<b>19,4</b>	[°C]

Bildname : Leitung1\_m.bmp







# Wärmestromberechnung

nach E DIN EN ISO 10211



**Projekt :** Glimpfingerstrasse  
**Auftraggeber:** Architekten  
**Datum :** 26.03.2004  
**Bearbeiter :** EG

**Version Name :** **Leibung2**  
**Interner Code:** AW-FEN  
**Version Beschreibung :** Fensterleibung mit angeschrägter  
Wanddämmung

**Bezug auf Zeichnung Nr:** G 03 Schnitt horizontal

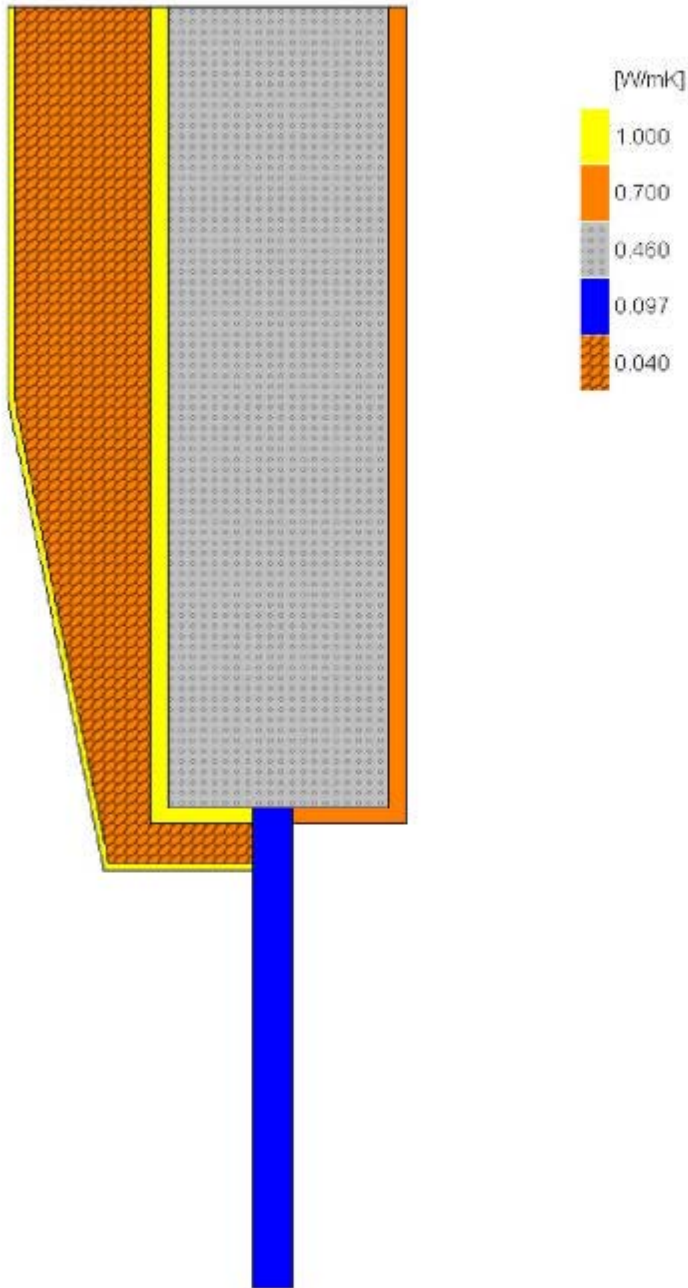
## Ausgangswerte

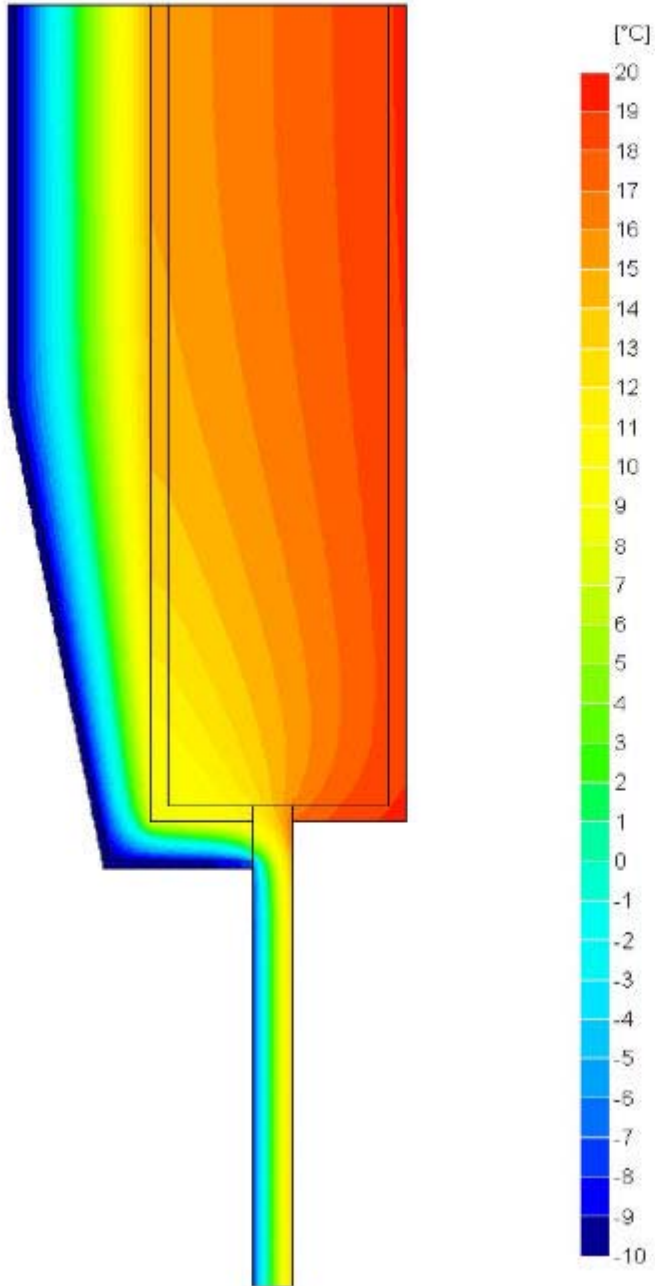
Außentemperatur	$T_e$	<b>-10</b>	[°C]
Innentemperatur	$T_i$	<b>20</b>	[°C]
Übergangswiderstand außen	$R_{se}$	<b>0,04</b>	[(m <sup>2</sup> K)/W]
Übergangswiderstand innen	$R_{si}$	<b>0,13</b>	[(m <sup>2</sup> K)/W]
Wärmedurchgangskoeff. Wand	$U_{wall}$	<b>0,21</b>	[W/(m <sup>2</sup> K)]
Wärmedurchgangskoeff. Fenster	$U_w$	<b>1,5</b>	[W/(m <sup>2</sup> K)]

## Ergebnisse der Berechnung

innenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_i$	<b>0,052</b>	[W/(mK)]
außenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_a$	<b>0,052</b>	[W/(mK)]
minimale Innentemperatur	$T_{min}$	<b>14,1</b>	[°C]
Temperaturfaktor, bezogen auf minimale Innentemperatur	$f_{Rsi}$	<b>0,80</b>	[-]
maximale Innentemperatur	$T_{max}$	<b>19,3</b>	[°C]

Bildname : Leitung2\_m.bmp





# Wärmestromberechnung

nach E DIN EN ISO 10211



**Projekt :** Glimpfingerstrasse  
**Auftraggeber:** Architekten  
**Datum :** 26.03.2004  
**Bearbeiter :** EG

**Version Name :** **Leibung3**  
**Interner Code:** AW-FEN  
**Version Beschreibung :** Fensterleibung mit angeschrägter  
Wanddämmung, wärmetechnisch  
verbessertes Fenster

**Bezug auf Zeichnung Nr:** G 03 Schnitt horizontal

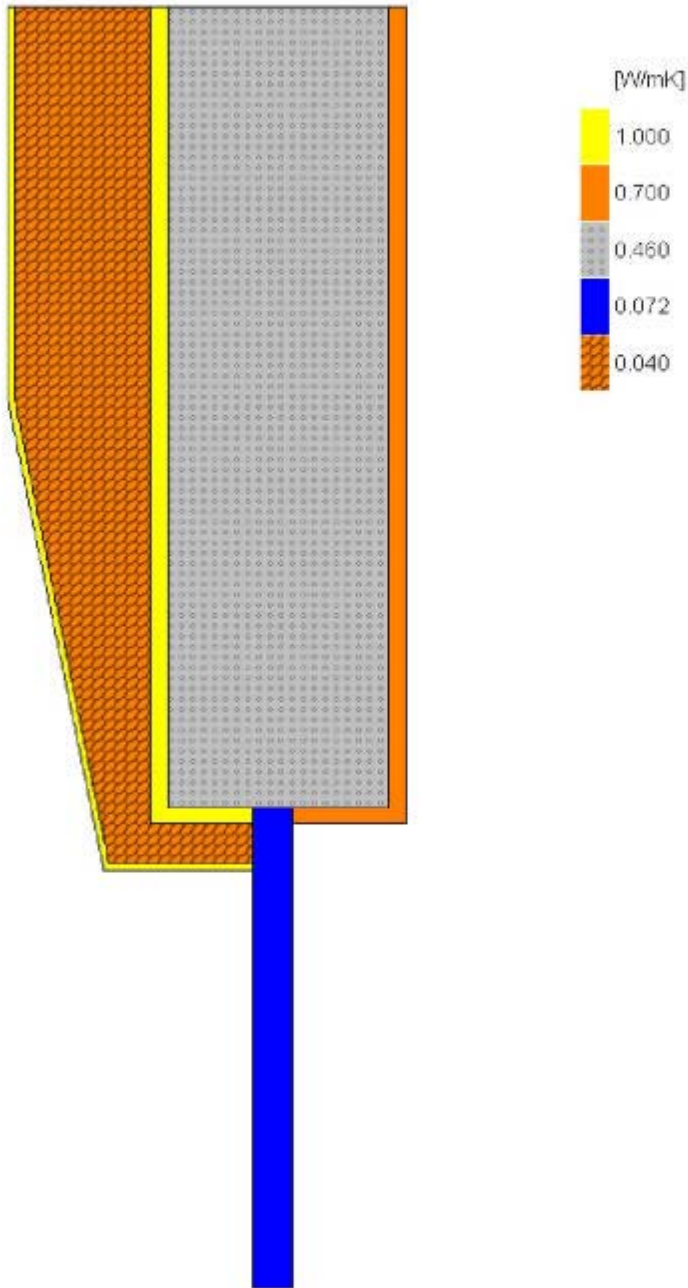
## Ausgangswerte

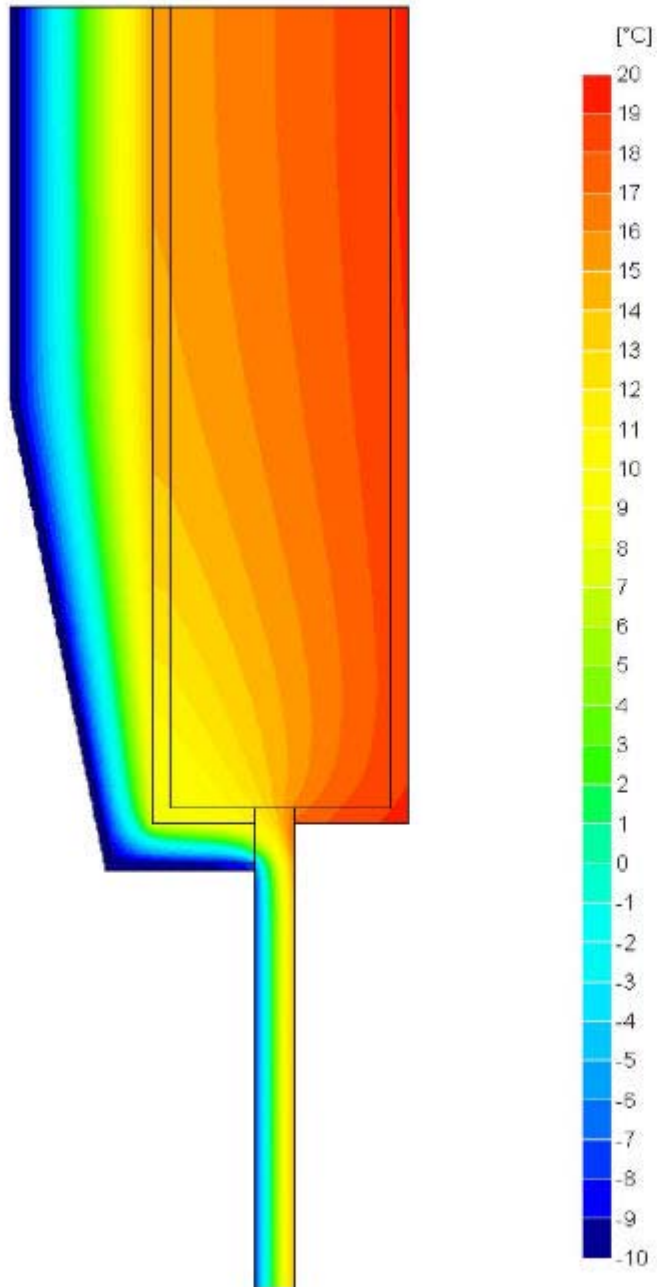
Außentemperatur	$T_e$	<b>-10</b>	[°C]
Innentemperatur	$T_i$	<b>20</b>	[°C]
Übergangswiderstand außen	$R_{se}$	<b>0,04</b>	[(m <sup>2</sup> K)/W]
Übergangswiderstand innen	$R_{si}$	<b>0,13</b>	[(m <sup>2</sup> K)/W]
Wärmedurchgangskoeff. Wand	$U_{wall}$	<b>0,21</b>	[W/(m <sup>2</sup> K)]
Wärmedurchgangskoeff. Fenster	$U_w$	<b>1,2</b>	[W/(m <sup>2</sup> K)]

## Ergebnisse der Berechnung

innenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_i$	<b>0,064</b>	[W/(mK)]
außenmaßbezogener linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\Psi_a$	<b>0,064</b>	[W/(mK)]
minimale Innentemperatur	$T_{min}$	<b>15,3</b>	[°C]
Temperaturfaktor, bezogen auf minimale Innentemperatur	$f_{Rsi}$	<b>0,84</b>	[-]
maximale Innentemperatur	$T_{max}$	<b>19,3</b>	[°C]

Bildname : Leitung3\_m.bmp





## **4.3. Bauphysik Wohnhaus Fabrikstraße 9**

### **4.3.1. Bausubstanz / Bauaufnahme**

Das denkmalgeschützte Gebäude ist mit massiven Mauerwerksaußenwänden in einer Stärke von 33 bis 60 cm errichtet. Die Fenster sind als Kastenfenster mit Einfachverglasung ausgebildet. Das Gebäude ist nicht unterkellert und weist nur eine minimale Dämmung zum Erdreich mit einer Schüttung auf einer Betonbodenplatte auf. Die oberste Dachgeschossdecke ist als Dippelbaumdecke (massive Holzstämme) und einer Schüttung zum Dachboden abgeschlossen. Der Heizenergiebedarf weist rechnerisch eine für diese Bauweise typischen Wert als Energiekennwert von 300 kWh/m<sup>2</sup>a auf.

### **4.3.2. Maßnahmenpaket**

#### **4.3.2.1. Außenwand**

Die Anforderungen an den Wärmeschutz von Außenwänden laut den sich unterscheidenden bautechnischen Vorschriften der österreichischen Bundesländer sind mit Dämmstoffdicken von bis zu 12 cm zu realisieren. Wärmetechnische Maßnahmen sind wegen der Vorgaben aus dem Denkmalschutz an den Außenwänden nur auf der Innenseite einsetzbar.

Für die Innendämmung ist eine praktische Beschränkung auf einen maximalen Wärmedurchlasswiderstand sinnvoll. Aufgrund der Feuchteinwirkung sollte eine Außenwand nicht mit einer vergleichsweise dicken Innendämmung vom Rauminnenklima abgekoppelt werden. Konkrete Vorgaben an den Wärmeschutz sind aus dem Bereich der Sanierung von Fachwerkwänden gegeben. Hier sind Dämmstoffdicken von ca. 4 cm bei einer üblichen Wärmeleitfähigkeit von 0,04 W/mK als Kompromiss zwischen einem guten Wärmeschutz, ausreichender Behaglichkeit und bauphysikalisch funktionierender Konstruktion anzusehen.

Die entstehenden Wärmebrücken durch einbindende Decken und Innenwände sind gesondert zu betrachten. Hierbei ist zu prüfen, ob eine zusätzliche flankierende Wärmedämmung notwendig ist. Dies gilt nicht nur für die Vermeidung von Oberflächentauwasser in den Ecken, sondern auch zur Optimierung der wärmegeprägten Bauteilflächen. Konkrete Aussagen hierzu erfolgen im Abschnitt zu Wärmebrücken.

#### **4.3.2.2. Fenster**

Hier sind die Belange des Denkmalschutzes bei der wärmetechnischen Sanierung zu berücksichtigen. Die vorhandenen Kastenfenster werden gegen eine Kastenfensterkonstruktion mit innenliegendem Holzfenster mit Wärmeschutzverglasung und außenliegender hinterlüfteter Einfachverglasung ausgetauscht, so dass insgesamt ein U-Wert der Konstruktion von 1,4 W/m<sup>2</sup>K erzielt wird. Solare Gewinne sind wegen der Nordorientierung und der teilweise verschatteten Lage des Gebäudes nicht von großer Bedeutung.

#### **4.3.2.3. Fußboden gegen Erdreich**

Die wärmedämmende Konstruktion gegen Erdreich erfolgt mit einem Austausch des bestehenden Fußbodenaufbaus mit Schüttung und Schiffboden durch einen Höhenausgleich mit Wärmedämmung, Estrich und Parkett. Die neue Konstruktion weist einen U-Wert von 0,34 W/m<sup>2</sup>K auf.

#### **4.3.2.4. Oberste Geschossdecke**

Die oberste Geschossdecke wird mit einer zusätzlichen Dämmlage versehen, z.B. als Schüttung und oberseitiger begehbare Decklage in einer Dicke von 250 mm, so dass ein sehr guter Wärmedurchgangskoeffizient von  $U = 0,11$  W/m<sup>2</sup>K erzielt wird.

#### **4.3.2.5. Berücksichtigung von Wärmebrücken**

Aus der Wärmebrückenberechnung ergeben sich folgende Kennwerte:



## Fensterlaibung

Die Wärmedämmebene springt von der Innendämmung zu den an der Vorderkante der Außenwand gelegenen Fenstern. Die Laibung stellt hier eine Wärmebrücke dar. Wärmetechnisch kann die Laibung zusätzlich gedämmt werden. Die Berücksichtigung unterschiedlicher Dämmdicken in der Laibung ergibt folgende Ergebnisse:

Berechnungsvariante	Oberflächentemperatur	? -Wert
Ohne Leibungsdämmung	10,0 °C	0,33 W/mK
Mit 30 mm	12,1 °C	0,14 W/mK
Mit 50 mm	12,3 °C	0,10 W/mK

Die Berechnungen sind im vorherigen Kapitel graphisch zusammengefasst.

Die Ausführung ohne Leibungsdämmung führt zu einer deutlichen Unterschreitung der nach dem hygienischen Wärmeschutz notwendigen Oberflächentemperaturen, z.B. DIN 4108, Teil 2 mit mindestens 12,6 °C. So ist davon auszugehen, dass bei der ungedämmten Variante Schimmelpilzbildung zu erwarten ist.

Eine Leibungsdämmung mit 30 mm Dicke erhöht die Oberflächentemperatur soweit, dass Oberflächenkondensation bzw. Schimmelpilzbildung normalerweise ausgeschlossen werden kann. Der Wärmeverlust wird durch die vergleichsweise dünn bemessene Dämmstoffbekleidung schon deutlich reduziert. Eine Erhöhung der Dämmstoffdicke bringt nur eine geringe Reduktion der Transmissionswärmeverluste. Damit ist eine Dämmstoffdicke im Bereich der Laibung in einer Dicke von 30 mm vollkommen ausreichend für den Wärmeschutz. Die lichte Größe der Laibung wird in tolerierbarer Weise verringert, so dass bei behutsamen Sanierungsmethoden evtl. die Fensterrahmen im Bestand belassen werden können.

## Flankendämmung an Innenwänden

Berechnungsvariante	Oberflächentemperatur	? -Wert
Ohne Flankendämmung	14,2 °C	0,15 W/mK
30 mm Flankendämmung	15,4 °C	0,10 W/mK

Die Berechnungen sind im vorherigen Kapitel graphisch zusammengefasst.

Durch die zusätzliche Flankendämmung ist nur eine minimale Anhebung der niedrigsten Kantentemperatur zu erzielen. Die Wärmebrückenverluste reduzieren sich, bezogen auf das Gesamtgebäude, nicht wesentlich. Damit ist eine Flankendämmung in diesem Fall nicht unbedingt notwendig.

## Flankendämmung an Geschossdecken

Vereinfachend kann bei den vorhandenen Holzbalkendecken die Wärmedämmung in den Gefachen verlegt werden, damit eine ausreichende Wärmedämmung im Außenwandanschlussbereich erzielt wird.

An unvermeidlich verbleibenden Wärmebrücken kann immer noch Feuchtigkeit kondensieren. Diese Gefahr wird durch die vorgesehene Lüftungsanlage mit der Auslegung auf den hygienisch notwendigen Mindestluftwechsel deutlich reduziert. Sonst müsste über das ausreichende Öffnen von Fenstern (Stoßlüftung, mehrmals über den Tag verteilt) dieser Grundluftwechsel sichergestellt werden.

### 4.3.3. Auswertung / Gesamtergebnis / Beurteilung

Aus den vorgenannten Maßnahmen ist eine Reduktion des Energiekennwertes für das Gebäude auf einen Wert von 110 kWh/m<sup>2</sup>a möglich und kann somit gegenüber dem Ausgangswert von 209 kWh/m<sup>2</sup>a ca. 100 kWh/m<sup>2</sup>a einsparen. Dies ist mit der Berücksichtigung einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung machbar. Im Rahmen des Gesamtprojekts ist ein hohes Potential der Heizenergieeinsparung möglich.

## **4.4. Bauphysik Gebäude Objekt 1**

### **4.4.1. Bausubstanz / Bauaufnahme**

Das Gebäude aus dem 19. Jahrhundert weist massive Mauerwerksaußenwände in einer Dicke von 55 cm auf. Die alten Fenster sind schon mit neuen Kunststoffrahmenfenstern und Isolierverglasung vor ca. 10 Jahren ausgetauscht worden. Der Bodenaufbau auf der Kellerdecke ist mit einer minimalen Dämmschicht von 2 cm Polystyrol versehen. Die oberste Dachgeschossdecke ist als Dippelbaumdecke ausgebildet mit 8 cm Wärmedämmung aus Polystyrol wärmetechnisch saniert worden. Der Heizenergiebedarf beträgt durch die kompakte Bauweise als Energiekennwert 209 kWh/m<sup>2</sup>a.

### **4.4.2. Maßnahmenpaket**

#### **4.4.2.1. Außenwand**

Die thermische Verbesserung der Außenwand erfolgt als Bekleidung mit einer Unterkonstruktion aus 16 cm tiefen Holz-Steg-Trägern (z.B. Produkt TJI) mit einer Putzträgerplatte, z.B. Bluclad und außenseitigem Putzauftrag. Die Wärmebrückenwirkung der Holz-Steg-Träger ist minimal, weil der Holzflächenanteil im Bereich des Stegs nur ca. 1 % beträgt. Der erzielte U-Wert liegt bei 0,21 W/m<sup>2</sup>K. Diese Konstruktion ist ausreichend wetterbeständig und sicher gegen mechanische Einwirkungen.

#### **4.4.2.2. Fenster**

Die Fenster werden gegen eine Dreifach-Wärmeschutzverglasung und hochwertig wärmetechnisch ausgebildetem Rahmen ausgetauscht, so dass ein sehr guter Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters mit  $U = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$  erreicht wird. Der Einbau der Fenster erfolgt mit Überstand über das bestehende Mauerwerk. Damit ist eine optimierte Einbausituation hinsichtlich der Wärmebrückenwirkung des Fensteranschlusses gegeben. Beim Einbau der Fenster sollte auf einen möglichst geringen Versatz der Wärmedämmebenen zwischen Fenster und Dämmstoff der Außenwand Wert gelegt werden.

Die Fenster weisen einen Gesamtenergiedurchlassgrad von 0,6 auf. Dies erlaubt hohe solare Gewinne für die Nutzung als Heizenergie im Gebäude.

#### **4.4.2.3. Kellerdecke**

Der Fußbodenaufbau wird mit einer Dämmschüttung bzw. Dämmschicht mit Estrich und Nutzbelag auf die vorhandene Schichtung gelegt. Die neue Konstruktion weist einen U-Wert von 0,34 W/m<sup>2</sup>K auf.

#### **4.4.2.4. Oberste Geschossdecke**

Auf der obersten Geschossdecke wird als Ersatz für die vorhandene Schichtung auf der Dippelbaumdecke eine zusätzliche Dämmlage vorgesehen, z.B. als Schüttung und oberseitiger begehbare Decklage in einer Dicke von 250 mm, so dass ein sehr guter Wärmedurchgangskoeffizient von  $U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$  erzielt wird.

#### **4.4.2.5. Berücksichtigung von Wärmebrücken**

Für die Traufe des Dachanschlusses ist eine Wärmebrückenberechnung durchgeführt worden. Die Bewertung weiterer Wärmebrücken erfolgt mit dem Wärmebrückenkatalog. Andere Wärmebrücken sind in üblicher Art und Weise behandelt.

### **Taufanschluss**

Das Schrägdach liegt auf einer Betonauflage im Traufbereich auf der Außenwand auf. Zur Reduktion der Wärmebrücken wird eine umlaufende Dämmung gewählt. Aus der Berechnung ergibt sich folgendes:

Berechnungsvariante	Oberflächentemperatur	? -Wert
Umlaufende Dämmung	18,0 °C	-0,01 W/mK

Die Berechnung ist im vorherigen Kapitel graphisch zusammengefasst.

Der ? -Wert von  $-0,01 \text{ W/mK}$  ist im Vergleich zur Außenecke als einer geometrisch ähnlichen Wärmebrücke zu sehen. Hier sind bei vergleichbaren Dämmstoffdicken ein ? -Wert von ca.  $-0,07 \text{ W/mK}$  zu erreichen. Damit ist die umlaufende Dämmung der Betonaufkantung als Optimierung zwischen dem baulichen Aufwand und einer Minimierung der Energieverluste zu sehen. Der negative ? -Wert bei Gebäudeaußenecken entsteht aus dem Außenmaßbezug des Energiekennwertverfahrens das bei diesem Maßbezug eine Überschätzung des Energieverlustes in der Fläche enthält.

#### **Sockelanschluss Außenwand**

Die Wärmeverluste über die massive Wärmebrücke am Sockel der Außenwand werden durch ein Überdämmen der Außenwand reduziert. Die Dämmbekleidung wird bis Unterkante Rohdecke heruntergezogen. Darunter erfolgt eine mit 80 mm dünner bemessene Perimeterdämmung. Aus dem Wärmebrückenkatalog ist hier mit einem ? -Wert von  $0,1 \text{ W/mK}$  und einer minimalen Innenraumtemperatur von  $15 \text{ °C}$  zu rechnen. Damit ist ein nur geringfügig höherer Energieverlust über den Sockelanschluss im Vergleich zu einer thermischen Trennung, z.B. mit einem wärmedämmenden Sockelstein, vorhanden. Der zusätzliche Wärmeverlust entspricht in etwa dem einer zusätzlichen Außenwandfläche von 1 m Höhe, die rings um das Gebäude verläuft.

#### **4.4.3. Auswertung / Gesamtergebnis / Beurteilung**

Das wärmetechnisch behandelte Gebäude weist einen Energiekennwert von  $41 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  auf. Gegenüber dem Ausgangszustand von  $209 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  entspricht dies einer Einsparung von ca.  $168 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Durch die Reduktion des Energiekennwerts auf ca. ein Viertel des Ursprungswerts ist eine deutliche Energieeinsparung gegeben.

## **4.5. Bauphysik Gebäude Glimpfingerstrasse**

### **4.5.1. Bausubstanz / Bauaufnahme**

Das sechsstöckige Gebäude ist als kompaktes Wohngebäude mit regelmäßigen Grundrissen konzipiert. Die Außenwände bestehen aus 30 cm dicken und beidseitig verputzten Schlackebetonsteinen. Die Fenster aus Kunststoffrahmen sind mit einer einfachen Isolierverglasung versehen. Die Kellerdecke ist mit einem Zementestrich auf einer 80 mm hohen Schüttung auf der Betondecke wärmedämmend. Das Dach als Flachdach ist weitgehend ungedämmt.

Kennzeichnend für den Gebäudetyp sind die vorhandenen Balkone, die statisch als auskragende Betonplatten mit typischer massiver Anbindung an die Zwischengeschossdecken. In der Wärmebrückenberechnung erfolgen hierzu nähere Angaben. Der Heizenergiebedarf im Bestand beträgt durch die kompakte Bauweise als Energiekennwert 198 kWh/m<sup>2</sup>a.

### **4.5.2. Maßnahmenpaket**

#### **4.5.2.1. Außenwand**

Die Außenwand wird mit einer wärmedämmenden Bekleidung aus einer Unterkonstruktion aus 18 cm tiefen Holz-Steg-Trägern (z.B. Produkt TJI) mit dazwischenliegender Wärmedämmung versehen. Zum Wetterschutz erfolgt außenseitig eine Putzträgerplatte, z.B. Bluclad und Putzauftrag. Die Wärmebrückenwirkung der Holz-Steg-Träger ist minimal, weil der Holzflächenanteil im Bereich des Stegs nur ca. 1 % beträgt. Der erzielte U-Wert liegt bei 0,21 W/m<sup>2</sup>K. Diese Konstruktion ist ausreichend wetterbeständig und sicher gegen mechanische Einwirkungen.

#### **4.5.2.2. Fenster**

Die Verglasung wird gegen eine hochwertige Wärmeschutzverglasung mit  $U_g = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$  in den verbleibenden Rahmen ausgetauscht, so dass ein Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters mit  $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  erreicht wird. Der Einbau der Fenster ist wegen der vorliegenden Einbausituation in der Mitte der tragenden Mauerwerksschale gegeben. Der Versatz der Dämmebenen erfolgt mit einer zusätzlichen umlaufenden Dämmung in der Laibung, Sturz und Fensterbank. Die Auswirkungen im Bereich Fenstersturz sind bei den Wärmebrückenberechnungen zusammengefasst. Die Fenster weisen einen Gesamtenergiedurchlassgrad von 0,6 auf. Dies erlaubt hohe solare Gewinne für die Nutzung als Heizenergie im Gebäude.

#### **4.5.2.3. Kellerdecke**

Der Fußbodenaufbau auf der Kellerdecke wird wegen der schon vorhandenen Wärmedämmung zunächst belassen. Der U-Wert mit 1,2 W/m<sup>2</sup>K ist für das Gesamtkonzept als ausreichend anzusehen. Hier können Kosten für eine aufwändige Sanierung im genutzten Gebäude eingespart werden.

#### **4.5.2.4. Flachdach**

Das Flachdach wird mit einer Wärmedämmschicht mit einer Dicke von 20 cm und oberseitiger Abdichtung neu belegt. Der resultierende Wärmedurchgangskoeffizient beträgt 0,19 W/m<sup>2</sup>K.

#### **4.5.2.5. Berücksichtigung von Wärmebrücken**

Für das vorliegende Gebäude ist die Wärmebrücke mit dem Balkon eine typische Konstruktion. Die wärmetechnische Sanierung ist im Einzelnen zu prüfen. Die Bewertung weiterer Wärmebrücken erfolgt mit dem Wärmebrücken-katalog. Andere Wärmebrücken sind in üblicher Art und Weise behandelt.

## Auskragende Balkonplatte

Die massive auskragende Betonplatte mit Nutzung als Balkon stellt eine gravierende Wärmebrücke dar. Durch eine Reihe von Maßnahmen kann der Energieverlust verringert werden. Das Konzept ist hierbei auf die künftige Nutzung und die Wirtschaftlichkeit abzustimmen.

Für die wärmetechnische Beurteilung der Wärmebrücke sind in der nachfolgenden Tabelle die wärmetechnischen Kennwerte für die niedrigste Oberflächentemperatur (i.a. Ecktemperaturen) sowie der zusätzliche Energieverlust zum flächigen U-Wert der Außenwand als  $\psi$ -Wert für den laufenden Meter Bauteillänge angegeben. Die Werte sind für ähnliche Konstruktionen aus einem Wärmebrückenkatalog entnommen. Für die umlaufende Dämmung der Balkonplatte erfolgt eine gesonderte Berechnung, deren Ergebnisse im vorherigen Kapitel graphisch dargestellt sind.

<b>Wärmebrücke: Auskragende Balkonplatte</b>	<b>Minimale Oberflächen- temperatur innen</b>	<b><math>\psi</math>-Wert</b>
Bestand (ohne Dämmung der Außenwand)	10,1 °C	0,34 W/mK
Mit Außenwanddämmung:		
Ohne Maßnahmen an der Balkonplatte	< 12,2 °C	> 0,62 W/mK
Umlaufende Dämmung der Balkonplatte	12,2 °C	0,45 W/mK
Vergleich: Balkonplatte mit Isokorb, z.B. Fa. Schöck	14,9 °C	0,29 W/mK
Vergleich: Balkon vorgestellt, ohne tragende Verbindung zur Wand	19,2 °C	0 W/mK

Aus den Tabellenwerten ist ersichtlich, dass eine umlaufende Dämmung der Balkonplatte einen Kompromiss aus den Randbedingungen Wirtschaftlichkeit und minimaler Wärmeverlust ist. Die bestmögliche Konstruktion ist die Balkonplatten abzuschneiden und neu auf gesonderte Stützen mit maximaler horizontaler Lastabtragung an der Wand zu verbinden. Dann ist eine durchlaufende Außendämmung ohne zusätzlichen Wärmeverlust möglich. Zur Vervollständigung der Tabelle ist eine thermische Trennung der Balkonplatte mit einem Isokorb angegeben, die für einen Neubau den wirtschaftlichen Kompromiss darstellt.

Anmerkung: Der  $\psi$ -Wert gibt den zusätzlichen Wärmeverlust im Vergleich zur Außenwand an. Daraus resultiert der geringere  $\psi$ -Wert im Bestand wegen des schlechteren U-Werts der Außenwand.

## Fensteranschluss: Sturz

In der Wärmedämmung der Außenwand ist bei den Fenstern noch ein Rollladenkasten eingebaut. Der Austausch der Wärmedämmung durch den Rollladenkasten stellt eine deutliche Verschlechterung der wärmetechnischen Situation dar. Die Verwendung einer Dämmlage zwischen Rollladenkasten und Außenwand führt zu einer Minimierung der Wärmeverluste. Die Dicke der Zwischendämmung ist zu prüfen.

<b>Wärmebrücke: Fenstersturz mit Rollladenkasten</b>	<b>Minimale Oberflächen- temperatur innen</b>	<b><math>\psi</math>-Wert</b>
mit 30 mm Zwischendämmung	14,2 °C	0,14 W/mK
mit 50 mm Zwischendämmung	14,2 °C	0,06 W/mK

Die Berechnungsergebnisse sind im vorherigen Kapitel graphisch zusammengefasst.

Die Dämmschichtdicke ist wegen des Fensteranschlusses zunächst nicht für die niedrigste Oberflächentemperatur bestimmend. Maßgeblich ändert sich der zusätzliche Wärmeverlust auf einen geringen Wert von 0,06 W/mK wenn die Dämmschichtdicke auf einen Wert von 50 mm angehoben wird. Hier kann durch eine geringe Erhöhung schon eine Minimierung erreicht werden.

### Fensterlaibung

Die Wärmebrücke über die Fensterlaibung ist durch die Leibungsdämmung mit 50 mm ausreichend gedämmt. Der zusätzliche Wärmeverlust über die Laibung ergibt sich hier mit  $\psi = 0,015 \text{ W/mK}$ . Berücksichtigt ist bei der Auswertung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten für den Außenmaßbezug die freie Querschnittsöffnung des Fensters ohne Innenputz im Leibungsbereich.

Die Außenwanddämmung ist zu den Fenstern zum Teil abgeschrägt ausgebildet. Dies führt zu einer minimalen Verschlechterung der bestehenden Einbausituation, weil die Dämmschicht in der außenliegenden Leibungsecke nur unwesentlich zur Dämmung der Konstruktion beiträgt. Der  $\psi$ -Wert erhöht sich auf 0,052 W/mK. Vorteilhaft ist die geringere Verschattungswirkung der Fensterlaibung. Hier sind über einen größeren Zeitraum nennenswerte Energiegewinne über die solare Einstrahlung des Fensters möglich.

Der Austausch der Verglasung durch eine wärmetechnisch höherwertigere Verglasung führt zu einer stärkeren Gewichtung der Wärmebrücke über die Laibung. Dies wird durch eine Erhöhung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten deutlich.

Die Berechnungsergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Wärmebrücke: Fensterlaibung	Minimale Oberflächen- temperatur innen	$\psi$ -Wert
Leibungsdämmung 50 mm	14,1 °C	0,015 W/mK
Außenwanddämmung abgeschrägt	14,2 °C	0,052 W/mK
Fenster mit Verglasung 0,9 W/m <sup>2</sup> K	15,3 °C	0,064 W/mK

Die Berechnungsergebnisse sind im vorherigen Kapitel graphisch zusammengefasst.

### 4.5.3. Auswertung / Gesamtergebnis / Beurteilung

Durch die Maßnahmen zum Wärmeschutz kann der Heizenergiebedarf des Gebäudes als Energiekennwerte von 198 kWh/m<sup>2</sup>a auf 53 kWh/m<sup>2</sup>a gesenkt werden. Dies entspricht einer Einsparung von ca. 145 kWh/m<sup>2</sup>a bezogen auf den Quadratmeter Wohnfläche. Damit ist eine deutliche Energieeinsparung gegeben.

## 5. ÖKOEFFIZIENTE GEBÄUDESANIERUNGSKONZEPTE FÜR RAUMHEIZUNG, WARMWASSERBEREITUNG UND LÜFTUNG

### 5.1. Grundsätzliche Aspekte der Wärmeversorgung und Lüftung im Sanierungsfall

Grundsätzlich gelten gleiche Kriterien wie beim Neubau. Ausgehend von einem konkreten Objekt gilt es mit der Haustechnik unter den gegebenen Randbedingungen die vom Bauauftraggeber gestellten Anforderungen möglichst wirtschaftlich zu lösen. Besondere Randbedingungen der Sanierung ergeben sich vor allem aus den Beschränkungen des bestehenden Gebäudes, das nicht mehr so flexibel auf Anforderungen der Gebäudetechnik reagieren kann wie ein Gebäude, das bislang nur als Plan existiert, sowie dem Vorhandensein eines weiteren Akteurs: der Mieter bzw. Bewohner des Gebäudes.

Randbedingungen für die Sanierung der Gebäudetechnik:

#### **Ökologie**

Der gesellschaftliche Stellenwert des Klima- und Umweltschutzes ist in den letzten Jahren erheblich gestiegen. Bei der Sanierung von Gebäuden, müssen deshalb ökologischen und energetischen Fragen eine hohe Priorität eingeräumt werden.

#### **Nutzererwartungen**

Mit Sanierungen einhergehend steigen die Erwartungen an Komfort und Bedienungsfreundlichkeit von haustechnischen Anlagen sowie an Betriebskostenreduzierungen durch Energieeinsparung.

#### **Platz**

Die baulichen Gegebenheiten des bestehenden Gebäudes bestimmen weitgehend die Möglichkeiten bei der Änderung der Haustechnik, insbesondere bei Technikräumen und Installationsschächten. Die Integration neuer Anlagen (z.B. Lüftungsanlagen) bedeutet bei der Planung einen erhöhten Aufwand gegenüber dem Neubau.

Neue Erschließungstrassen oder Technikräume sind meist mit erhöhtem Kostenaufwand verbunden, können jedoch deutliche Vorteile bringen. So kann z.B. bei verkleinertem Wärmeerzeuger eine Dachheizzentrale im ausgebauten Dachgeschoss statt einem Heizraum im kalten Keller energetische Vorteile und Nutzflächengewinn bedeuten.

#### **Bestandsaufnahme**

Die Entscheidung über den Umfang der Sanierungen an der Gebäudetechnik und über die zu treffenden Maßnahmen erfordert eine gründliche Bestandsaufnahme, die sich oft aufwändig und zeitintensiv gestaltet, insbesondere wenn Leitungen nicht mehr zugänglich sind und keine Haustechnikpläne existieren.

**Kosten:** Innerhalb des gesetzten Kostenrahmens sollten die Maßnahmen auf ihre Wirtschaftlichkeit geprüft werden. Oftmals lassen sich Maßnahmen zur Verbesserung der energetischen Qualität wirtschaftlich darstellen, wenn die Mehrkosten für die energetische Optimierung getrennt von den ohnehin notwendigen Erneuerungskosten betrachtet werden. Grundsätzlich sollten alle Maßnahmen auf Fördermöglichkeiten überprüft werden, durch die die Wirtschaftlichkeit besonders beim Einsatz regenerativer Energien deutlich verbessert werden kann.

#### **Sanierungstiefe und -umfang**

Die Möglichkeiten bei der Sanierung haustechnischer Anlagen werden dadurch bestimmt,

- ob die Sanierung im bewohnten oder unbewohnten Zustand durchgeführt wird
- ob nur eine wärmetechnische Sanierung des Gebäudes oder auch Sanierungen in den Wohnungen (z.B. der Bäder) stattfinden
- ob bauliche Maßnahmen in den Wohnungen möglich sind (z.B. Versetzen von Wänden, Öffnen von Installationsschächten) oder ob nur Schönheitsreparaturen vorgesehen sind.

Der zeitliche Ablauf der baulichen Sanierung erfordert oftmals eine abschnittsweise (wohnungsweise) Installation der Haustechnik und somit ein hohes Maß an Abstimmung und Koordination zwischen Planern, ausführenden Gewerken und Hausverwaltung. Unter Umständen muss auch eine

vorübergehende, provisorische Versorgung (z.B. mit mobilen Heizzentralen) sichergestellt werden, solange zentrale Einrichtungen erneuert werden.

### **Veränderte Rechtsvorschriften**

Bei der Sanierung haustechnischer Anlagen sind gesetzliche Vorschriften sowie baurechtliche Bestimmungen, die sich gegebenenfalls seit der Erstellung des Gebäudes geändert haben, zu beachten; dies gilt insbesondere für den Brandschutz, den Schallschutz sowie die Beschränkung von Energieverlusten. Bei Anpassungen an geänderte Vorschriften, die einen unverhältnismäßigen Aufwand erfordern, sind mit den zuständigen Behörden Lösungen im Rahmen des Bestandsschutzes zu erörtern.

### **5.1.1. Kriterien für ökoeffiziente Konzepte**

Ökologische Konzepte für die Wärmebereitstellung und die Lüftung von Gebäuden sind gekennzeichnet durch den schonenden Umgang mit Ressourcen und durch möglichst geringe Belastungen der Umwelt mit Schadstoffen. Diese Ziele sind erreichbar, indem vor allem folgende Kriterien beachtet werden:

- **Einsatz energieeffizienter Technik** bei der Erneuerung von Anlagenkomponenten („always use the best“). Die Verwendung von Produkten, die hinsichtlich der Energieeffizienz aus dem Marktsegment mit hoher Qualität stammen, ist in vielen Fällen wirtschaftlich lohnend und kann verhindern, dass die Komponenten aus energetischen oder ökonomischen Gründen bereits vor Ablauf ihrer üblichen Nutzungszeit ausgetauscht werden müssen.
    - stromeffiziente Antriebe bei Pumpen und Ventilatoren
    - hohe Wirkungsgrade bei Wärmeerzeugern
    - effiziente Wärmerückgewinnung bei Zu-/Abluftanlagen
  - Durch die **Minimierung des Energieaufwands beim Transport von Wasser und Luft** kann insbesondere der Einsatz elektrischer Energie reduziert werden. Gleichzeitig ergeben sich dadurch oftmals Synergieeffekte bei Investitionen und bei der Vermeidung von Wärmeverlusten.
  - kompakte Verteilnetze mit möglichst kurzen Leitungslängen (dies beginnt bereits bei der Grundrissplanung, z.B. durch Gruppierung der Sanitärräume)
  - richtige Dimensionierung von Verteilnetzen, Vermeidung von hohen Druckverlusten, korrekte hydraulische Einregulierung
  - **Vermeidung von Wärmeverlusten**
    - alle „warmen“ Anlagenkomponenten (z.B. Wärmeerzeuger, Lüftungszentralgerät, Warmwasserspeicher,...) und Leitungen/Kanäle innerhalb der thermischen Gebäudehülle anordnen
    - kalte Leitungen/Kanäle innerhalb der thermischen Gebäudehülle (z.B. Außenluft- und Fortluftkanäle bei Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung) möglichst kurz halten
    - angemessene Dämmung von Anlagenteilen vorsehen, deren Temperatur deutlich von der Soll-Raumtemperatur abweichen
  - Einen **hohen Anteil regenerativer Energien** bei der Energiebereitstellung anstreben.
  - **Sinnvolle Integration in bauliche Randbedingungen** und an Gebäudeanforderungen.
    - die Anlagenkomponenten sollen richtig dimensioniert und den Anforderungen des Gebäudes angepasst sein. Die Anlagen sollen nicht mehr leisten als erforderlich ist.
    - die baulichen Maßnahmen zur Integration der Anlagentechnik müssen innerhalb eines angemessenen Rahmens bleiben.
- ? **Einfache Technik, die funktioniert** („angepasste Technologie“). Dies spart Ressourcen und erleichtert den Betrieb.

### **5.1.2. Änderungen des Energiebedarfs und der Nutzererwartungen**

Werden Gebäude wärmetechnisch saniert, sinken der Heizwärmebedarf und die Gebäudeheizlast i.d.R. erheblich. Allerdings kann es sein, dass sich dies durch den verbesserten Komfort (Vollbeheizung der Wohnung statt wie bisher nur Teilbeheizung einzelner Räume; höhere



Raumlufttemperaturen, die früher in Kälteperioden nicht erreicht werden konnten, etc.) nicht im gleichen Maße auf den tatsächlichen Energieverbrauch nach einer Sanierung auswirkt.

Sanierungen im Wohnungsbau sind oft mit einer Sanierung der Bäder verbunden. Dies führt i.d.R. zu besserer Ausstattung und höherem Komfort, die – bei unveränderter Belegung – einen höheren Warmwasserbedarf zur Folge haben.

Das Sanierungskonzept für die Wärmeversorgung muss auf diese geänderten Bedingungen reagieren. Dem gestiegenen Anteil des Warmwasserbedarfs muss eine entsprechende Bedeutung beigemessen werden. Effiziente Warmwasserbereitung und –Verteilung steigen im Stellenwert. Hohe Wärmeverluste z.B. durch ungenügende Wärmedämmung von Leitungen oder Speichern können zu einem dominierenden Faktor werden, der besonders beachtet und behandelt werden muss. Andererseits bietet das veränderte Verhältnis von Warmwasserbedarf und Raumwärmebedarf die Möglichkeit, einen nennenswerten Anteil am Gesamtwärmebedarf regenerativ z.B. durch thermische Solaranlagen zu decken.

Insgesamt werden nach einer umfassenden Sanierung von den Nutzern ähnliche hohe Anforderungen und Erwartungen an thermisches Raumklima, Luftqualität, Warmwasserkomfort, Schallschutz, Ästhetik und Bedienerfreundlichkeit gestellt, wie beim Neubau. Auch dies muss bei der Haustechnik-Konzeption beachtet werden. Gerade in der Sanierung sind oftmals Kompromisse zwischen Wünschenswertem und Machbarem unausweichlich. Halbherzige Sanierungslösungen haben jedoch oft unzufriedene Nutzer zur Folge und sind letztendlich unbefriedigend.

### 5.1.3. Wiederverwendung bestehender Anlagenteile

Haustechnische Anlagen sind i.d.R. nicht so langlebig wie die Gebäude, in denen sie installiert sind. Zum Zeitpunkt einer Gebäudesanierung hat die Haustechnik deshalb u.U. bereits mehrere Erneuerungs- und Sanierungszyklen hinter sich und der Zeitpunkt der nächsten notwendigen Erneuerung/Sanierung fällt nicht unbedingt mit der Gebäudesanierung zusammen. Bei der Bestandsaufnahme ist deshalb der Zustand der verschiedenen Anlagenteile gründlich zu untersuchen und eine mögliche Weiterverwendung sorgfältig zu prüfen. Unter folgenden Gesichtspunkten ist eine Weiterverwendung günstig:

- Reduzierung der Sanierungskosten
- Reduzierung der Sanierungsdauer
- Vermeidung baulicher Folgearbeiten (z.B. Öffnen von Installationsschächten)
- Ressourcenschonung (Materialeinsatz)

Demgegenüber muss abgewogen werden, ob die Weiterverwendung

- keinen Vorschriften oder gesetzlichen Vorgaben widerspricht (Schadstoffemission, Brandschutz, Hygiene)
- gravierende energetische Nachteile mit sich bringt, die zu unnötig hohen Energiekosten führen,
- nicht weitere Sanierungsarbeiten innerhalb eines unverhältnismäßig kurzen Zeitraum notwendig macht,
- gestalterischen Anforderungen oder anderen Nutzererwartungen nicht gerecht wird.

Die übliche Nutzungsdauer von **Wärmeerzeugern** liegt zwischen 15 und 20 Jahren. Bei sehr ineffizienten Wärmeerzeugern ist ein Austausch gegen energieeffiziente Geräte auch vor Ablauf der Nutzungsdauer in den meisten Fällen wirtschaftlich sinnvoll, insbesondere wenn sich die benötigte Heizleistung durch die Sanierung deutlich verringert.

**Warmwasser- und Heizungspufferspeicher** sollten vor Wiederverwendung innseitig inspiziert und gereinigt werden. Außerdem ist in der Regel die Wärmedämmung zu verbessern.

Bei **Rohrleitungsnetzen** von Heizungs- und Trinkwasseranlagen sollen ebenfalls das Innere der Rohre inspiziert werden. Trinkwasserleitungen sind auf Legionellenbefall zu untersuchen. Gegebenenfalls ist der Aufwand der Sanierung gegen die Neuverlegung der Leitungen abzuwägen. Folgende Gesichtspunkte können zusätzlich für die Installation eines neuen Leitungsnetzes sprechen:

- zu groß dimensionierte Heizungsleitungen haben höhere Wärmeverluste
- zu groß dimensionierte Heizungsleitungen führen zu regelungstechnisch trägen Systemen
- nicht zugängliche Leitungen können nicht nachträglich gedämmt werden

- im Rahmen der Sanierung sind deutlich kompaktere Netze zu realisieren
- Schallprobleme bestehender Leitungen (Ausdehnungsgeräusche) können beseitigt werden

Bei einer Weiterverwendung der Rohrleitungen sollte sicher gestellt sein, dass die Leitungen mindestens noch 10 Jahre ohne Schadensfälle genutzt werden können.

Die Weiterverwendung von **Heizflächen** ermöglicht bei einer wärmetechnischen Sanierung des Gebäudes eine Senkung der mittleren Heizwassertemperaturen.

#### **Beispiele:**

Bisher waren die Heizkörper bei einer spezifischen Heizlast des Gebäudes von 100 W/m<sup>2</sup> auf Systemtemperaturen von 90/70°C ausgelegt. Nach einer Sanierung beträgt die spezifische Heizlast nur noch 30 W/m<sup>2</sup>. Die gleichen Heizkörper können nun diese Heizlast mit Vorlauf-/Rücklauftemperaturen von 55/35°C decken.

Eine Fußbodenheizung war auf eine Auslegungsleistung von 80 W/m<sup>2</sup> bei Systemtemperaturen von 55/50°C ausgelegt. Nach der Sanierung werden nur noch 30 W/m<sup>2</sup> benötigt. Die Vorlauf-/Rücklauftemperaturen können auf 35/28°C gesenkt werden.

Gegen die Verwendung der alten Heizkörper spricht, dass diese oft einen großen Wasserinhalt haben und deswegen regelungstechnisch sehr träge sind, was zu Überhitzung und erhöhten Wärmeverlusten führen kann.

Bestehende **Lüftungsanlagen** sind vor einer etwaigen Weiterverwendung einer besonders gründlichen Überprüfung zu unterziehen. Der Ersatz alter Ventilatoren durch energieeffiziente Geräte mit guten Regelungsmöglichkeiten ist i.d.R. auch wirtschaftlich sinnvoll. Lüftungskanäle sind vor allem in Hinblick auf Brandschutz, Schallschutz und Hygiene zu untersuchen. Die Kanäle sollten im Zuge der Sanierung innen gereinigt werden.

## **5.1.4. Besondere Randbedingungen bei der Gebäudesanierung**

### **5.1.4.1. Berücksichtigung baulicher Gegebenheiten**

- Wärmeversorgungs- und Lüftungskonzepte haben sehr unterschiedlichen **Platzbedarf**. Sie müssen auf den tatsächlich vorhandenen Platz abgestimmt werden. Gibt es keine oder wenig Möglichkeiten für zentrale Technikräume, sind dezentrale Lösungen unter Umständen günstiger. Denkbar ist aber auch die Auslagerung von zentralen Anlagenteilen, z.B. als wetterfeste und gedämmte Lüftungsdachzentrale oder als separate Heizzentrale für mehrere Gebäude. Eine Integration der Haustechnikräume in die gedämmte Gebäudehülle ist jedoch i.d.R. die energetisch beste Lösung. Dies beinhaltet auch die Möglichkeit, Teile des kalten Dachspeichers oder Kellers in die Dämmung einzubeziehen.
- Bei Grundriss Änderungen oder Platzierung von Technikräumen sollte auf sinnvolle Anordnungen geachtet werden, die kompakte Verteilnetze für die Haustechnik ermöglichen. Trassen sollten innerhalb der thermischen Gebäudehülle verlaufen. Neben der Nutzung von Installationsschächten können Leitungen auch in nicht genutzten Kaminen oder auf der Außenhülle des Gebäudes innerhalb der Dämmebene verlegt werden. Gespitzte Durchbrüche und Unterputzverlegen von Leitungen sind kostspielig und zeitraubend. Decken- und Wanddurchbrüche werden kostengünstiger mit entsprechend den Leitungsdimensionen exakt gebohrten Kernlochbohrungen erstellt. Im bewohnten Zustand sind dabei Verfahren mit Direktabsaugung zu verwenden, um die Verunreinigungen zu minimieren. Abgehängte Decken sind meist kostengünstiger und schneller ausgeführt als umfangreiche Verkleidungen und Stundenlohnarbeiten an Wand-, Boden- und Deckenbelägen.
- Im Bestand entspricht der **Brandschutz** oft nicht mehr den aktuellen Anforderungen und muss bei einer Sanierung angepasst werden. Zusätzliche Brandschutzmaßnahmen werden notwendig, wenn neue Leitungen, insbesondere Lüftungsleitungen, durch Decken oder Wohnungstrennwände oder aus Installationsschächten geführt werden. Sinnvoll ist meist eine Begehung mit den für den Brandschutz zuständigen Behörden und eine gemeinsame Festlegung der zu treffenden Maßnahmen.
- Durch die Sanierung von Wohnungen erhöhen sich die Erwartungen der Nutzer an den **Schallschutz**. Im Bereich der Haustechnikinstallation ist auf die üblichen Maßnahmen zum Schallschutz zu achten:
  - schallentkoppelte Installation von Leitungen und Einrichtungsgegenständen

- Vorwandinstallationen sind schalltechnisch besser als Unterputzverlegung
- Verwendung von ausreichend Schalldämpfern in Lüftungsanlagen

Bei der Wiederverwendung bestehender Leitungen ist gegebenenfalls zu prüfen, ob Maßnahmen gegen auftretende Dehnungs- oder Strömungsgeräusche möglich sind.

- Maßnahmen oder Installationen bei der Haustechnik, die die **Statik** des Gebäudes beeinflussen, müssen mit einem Statiker abgestimmt werden. Dies gilt für alle Durchbrüche durch Wände oder Decken aber auch für die Aufstellung von schweren Komponenten (Lüftungsgeräte, Warmwasserspeicher,...) auf Dächern, Dachspeichern oder in den Wohnungen. Insbesondere großflächige Deckendurchbrüche sind im Bestand nur schwer zu realisieren, Besser ist es, Leitungen auf mehrere Durchbrüche aufzuteilen oder Kernlochbohrungen zu verwenden.
- Steht ein Gebäude unter **Denkmalschutz** kann dies den Ensembleschutz betreffen, die Außenfassade aber auch Teile der Innenausstattung. Im Zusammenhang mit der Haustechnik sind in der Regel Maßnahmen problematisch, die stark in das äußere Erscheinungsbild des Gebäudes eingreifen, wie z.B. thermische Solaranlagen, Photovoltaikanlagen, externe Schornsteine, Dachaufbauten für Lüftungsanlagen oder Lüftungsdurchlässe in der Fassade. Es empfiehlt sich eine möglichst frühzeitige Kontaktaufnahme mit den für den Denkmalschutz zuständigen Stellen

#### 5.1.4.2. Sanierung im bewohnten Zustand

Im Mietwohnungsbau hat die Pflege der Bestandsmieter an Bedeutung zugenommen. In diesem Zusammenhang ist die frühzeitige Einbeziehung und Information der Mieter im Sanierungsfall entscheidend. Möglichkeiten der Wohnwertverbesserungen, von bedarfsorientierten Veränderungen und zur Lösungen von Detailproblemen der Mieter sollten in die Sanierungsplanung ebenso einfließen wie mieterspezifische Sanierungswünsche oder Besonderheiten wie Möblierung usw. Im Bereich der Haustechnik sind hier besonders Maßnahmen zur Verbesserung des Sanitärkomforts, der Beheizung, der Belüftung (mechanische Wohnungslüftung), des Bedienkomforts und zur Reduzierung der Verbrauchskosten hervorzuheben.

Die Sanierung sollte so durchgeführt werden, dass die Bewohner ohne unzumutbare Belästigungen in den Wohnungen bleiben können, das heißt:

- weitest gehender Erhalt der Wohnfunktion und der Abgeschlossenheit der Wohneinheiten
- weitest gehende Vermeidung von Verschmutzungen, täglicher Grobreinigung und Baumüllentsorgung
- Gewährleistung der Strom- und Wasserversorgung sowie der Funktion von Abwasser und erforderlicher Beheizung gegebenenfalls durch Provisorien
- Einhaltung von Regelarbeitszeiten und Beschränkung der Lärmbelästigungen

Die installationstechnischen Gegebenheiten und Veränderungsmöglichkeiten sind dahingehend zu prüfen, ob Vorfertigungen möglich sind, um dadurch die Montagezeiten in den Wohnungen zu verkürzen.

Aufwändiges Öffnen von Installationsschächten sollte möglichst vermieden, alternative Erschließungsmöglichkeiten über die Außenfassade oder nicht mehr genutzte Kamine geprüft werden.

#### 5.1.5. Qualitätssicherung bei der Ausführung

Eine gründliche Bestandsaufnahme vor Ort erlaubt eine planerische Bearbeitung vieler Problempunkte im Vorfeld und schafft somit gute Voraussetzungen für einen zügigen und qualitativ hochwertigen Installationsablauf.

Bei Standardsituationen, die sich in größeren Objekten mehrfach wiederholen, lohnt es sich, die Installation beispielhaft ausführen zu lassen und auf ihre Tauglichkeit zu prüfen.

In der Sanierung treten viele Probleme erst in der Ausführung zu Tage. Sie werden dann unter Zeitdruck spontan gelöst, was oft zu mangelhaften Lösungen führt. Frühzeitig ist zwischen Bauleitung und ausführenden Gewerken das Vorgehen bei „Vor-Ort-Problemen“ festlegen, z.B. anhand Checkliste / Kriterienkatalog:

was ist betroffen?:      Funktion  
                                   Ästhetik / Gestaltung  
                                   Statik  
                                   Luftdichtheit

Energie:       ? zusätzliche Wärmeverluste  
                  ? zusätzlicher Beförderungsaufwand

wer ist zu informieren?: Architekt  
                              Bauleiter  
                              Statiker  
                              andere Gewerke

Die Qualitätssicherung in der Ausführung erfordert eine gute Kommunikation zwischen allen Beteiligten (z.B. durch regelmäßige jour-fix-Termine). Es sollten bei der Sanierung ausreichende Zeitpuffer für die Lösung der auftretenden Probleme geschaffen werden.

### 5.1.6. Qualitätssicherung im Betrieb

- Die **Regelung der Heizungs- und Lüftungsanlage** muss für den Nutzer **verständlich und einfach** zu bedienen sein. Die momentanen Betriebszustände sollen einfach erkennbar sein. Bei Übergabe ist der Nutzer in die Funktion und Bedienung der Anlagen einzuweisen. Zu jeder Anlage gehört eine Bedienungs- und Wartungsanleitung.
- Bei größeren Objekten oder Anlagen sollte eine **qualifizierte Fachkraft für die Bedienung und Überwachung** der Anlagen zur Verfügung stehen. Diese sollte besonders auf die energieeffiziente Betriebsführung der Anlagen geschult sein. Durch Weiterbildungsmaßnahmen sollte das Fachwissen bei Änderungen an den Anlagen auf dem neusten Stand gehalten werden.
- Bei Wohnbaugesellschaften, Kommunen oder anderen Betrieben, die mehrere Gebäude verwalten, sollte im Rahmen der Liegenschaftsverwaltung das **Energiemanagement** zur Koordination verschiedener Aufgaben unter dem Gesichtspunkt der Energie- und Kosteneinsparung eingeführt werden.

Das Energiemanagement umfasst mehrere Aufgabenbereiche:

**Gebäudedaten** müssen erfasst und analysiert werden (Nutzflächen, Gebäudesubstanz, Technische Ausrüstung, Nutzung, bisheriger Energieverbrauch, Energiekennwerte etc.). Diese Daten müssen regelmäßig fortgeschrieben werden.

**Verbrauchskontrolle** muss erfolgen. Hierzu werden alle Verbrauchsdaten regelmäßig abgelesen und ausgewertet. Die notwendigen Messeinrichtungen müssen zur Verfügung stehen.

Die **Betriebsführung** aller technischen Anlagen muss optimiert werden. Hierzu gehören die Regelungseinstellungen der Anlagen, die Überwachung der Raumtemperaturen, Wartung und Instandhaltung der Anlagen sowie ein geregelter Stördienst.

Die **Energiebeschaffung** muss optimiert werden (Prüfung von Lieferverträgen für Strom und gegebenenfalls Gas, Koordination des Heizölbezugs etc.).

Die **Nutzungsoptimierung** der Gebäude umfasst eine Optimierung der Belegungspläne und die Information und Motivation der NutzerInnen.

**Einsparmaßnahmen** müssen rechtzeitig **geplant** werden (Prioritäten, Zeitplan, Kostenplan). Sehr wichtig ist die Integration in laufende Sanierungsmaßnahmen.

**Kommunikation** ist nötig: Schulung und Motivation von Betriebspersonal (Hausmeister), Weiterbildung von Verwaltungsangestellten, Berichterstattung und -erstattung und Erfahrungsaustausch z.B. mit anderen Gesellschaften / Kommunen gehört dazu.

Als Einstieg in ein Energiemanagement wird die Anlage eines Energie-Ordners empfohlen. Dieser Ordner (bzw. das Ordner-System) enthält bei regelmäßiger Pflege alle wichtigen, den Energieverbrauch der Gebäude betreffenden Daten und Unterlagen. Die Daten sind so bei Bedarf griffbereit und müssen nicht aufwendig aus unterschiedlichen Akten herausgesucht und aufbereitet werden.

## 5.2. Systeme und Komponenten für die Lüftung und Wärmeversorgung

### 5.2.1. Wärmeerzeugung

Bei einer Erneuerung der Heizungsanlage sollte immer geprüft werden, ob eine Umstellung von mehreren Wärmeerzeugern auf eine zentrale Anlage lohnt. Dies gilt sowohl für den Geschosswohnungsbau mit Einzelöfen oder Etagenheizungen im Bestand, als auch für räumlich und verwaltungsmäßig zusammen gehörende Gebäudekomplexe, bei denen jedes Gebäude über eine Wärmeerzeugung verfügt. Bei einer Umstellung auf zentrale Versorgung kann u.U. eine höhere Effizienz bei geringeren Investitionen erzielt werden.

Weitere Vorteile sind:

- zusätzlicher Wohn- oder Nutzraum wird verfügbar
- optimale Anpassung der Erzeugerleistung möglich
- eine hohe Qualität bei der Betriebsführung, -überwachung und Wartung ist bei zentralen Anlagen eher gegeben (bei entsprechender Größe auch durch professionelle Fachkräfte)
- geringere Wartungskosten
- zukünftig höhere Flexibilität für neue Energieträger und Anlagentechnik, i.d.R. begünstigen zentrale Systeme umweltfreundliche Techniken wie z.B. solare Warmwasserbereitung oder Kraft-Wärme-Kopplung

Demgegenüber sind der erforderliche bauliche Aufwand und die zusätzlichen Wärmeverluste von Verteilleitungen abzuwägen.

#### 5.2.1.1. Gas- / Öl-Brennwertkessel

Bei Gebäuden mit Gas- oder Heizölversorgung entspricht dies der klassischen Lösung entsprechend dem Stand der Technik. Die Brennwerttechnik nutzt einen Teil der im Abgas enthaltenen Kondensationswärme. Bei Ölkesseln wird dies i.d.R. durch nachgeschaltete Abgaswärmetauscher erreicht. Zusammen mit den geringeren Bereitschafts- und Abgasverlusten erzielen Brennwertkessel um etwa 6 – 8% bessere Nutzungsgrade als Niedertemperaturkessel und um 15 bis 30% bessere Nutzungsgrade als Konstanttemperaturkessel.

**Zu beachten:**

- Kaminsanierung notwendig (Einbau einer feuchteunempfindlichen Abgasleitung)
- Es ist eine Entwässerungsmöglichkeit für das Kondensat erforderlich
- Gas-Brennwertgeräte können bis zu einer bestimmten Leistung raumluftunabhängig betrieben werden (wichtig bei Einbeziehung des Technikraums in warme Gebäudehülle) oder eignen sich für Dachheizzentralen
- Vorlauftemperaturen der Heizkreise auf maximal 70°C auslegen. Bei wärmetechnischer Sanierung des Gebäudes Systemtemperaturen (Vorlauf / Rücklauf) möglichst auf 60/40°C senken.
- Bei der Auswahl des Kessels ist neben dem Nutzungsgrad auch auf geringe Bereitschaftsverluste und geringe Stromaufnahme für Gebläse, Brenner und Pumpen achten.
- Eine Kombination mit Sonnenkollektoren zur Warmwasserbereitung ist sinnvoll und wünschenswert (u.a. Reduzierung von Bereitschaftsverlusten des Kessels bei der Warmwasserbereitung im Sommer)

**Vor- und Nachteile bei Sanierung:**

- + bei Ersatz eines bestehenden Kessels kostengünstige und einfache Lösung mit kurzer Amortisationszeit.
- + bei Erdgasanschluss keine Brennstoffbevorratung nötig
- + (noch) relativ geringe Brennstoffkosten
- Zusatzkosten für Gasanschluss
- Nutzung fossiler Brennstoffe, die bei ökoeffizienter Sanierung möglichst vermieden werden sollte. Die Brennwertnutzung stellt allerdings eine relativ effiziente Nutzung dieser Brennstoffe dar und ist deshalb als Mindestanforderung an eine ökoeffiziente Sanierung anzusehen.

### 5.2.1.2. Holz- / Pellet-Kessel

Hackgut- und Pelletsheizungen haben in Österreich in den vergangenen Jahren hohe Zuwachszahlen, insbesondere in Oberösterreich (ca. 12.500 Pelletsanlagen im Jahr 2001). Für die Wärmeerzeugung stehen unterschiedliche Systeme zur Verfügung, vom Kaminofen über Pellet-Einzelöfen, Pellet- oder Scheitholz-Zentralheizungskessel bis hin zu Hackschnitzelanlagen großer Leistung. Für Pellet-Zentralheizungskessel und Hackschnitzelanlagen stehen automatische Brennstoffbeschickungs- und Entaschungsanlagen zur Verfügung, so dass sie vom Bedienungsaufwand her mit Gas- oder Ölkesseln vergleichbar sind. Während Pelletsheizungen im Leistungsbereich von 2 bis 400 kW zur Verfügung stehen, beginnt der sinnvolle Einsatz von Hackschnitzelanlagen ab einer Leistung von etwa 150 kW (Kessel ab 50 kW bis zu einigen MW stehen zur Verfügung).

#### Zu beachten:

- Brennholz muss gut getrocknet sein (Feuchtegehalt <20%) und darf weder lackiert, imprägniert, lasiert oder kunststoffbeschichtet sein.
- Holzkessel sollten gebläseunterstützt und mit elektronischer Verbrennungsluft- und Leistungssteuerung ausgestattet sein.
- Holzkessel sollten in Verbindung mit einem Pufferspeicher zur Reduzierung der Anfah- und Ausbrandphasen und zur Glättung von Leistungsspitzen eingesetzt werden (Kapazität ca. 2 Std. Kesselvolllast)
- Holzkessel müssen mit einer geregelten Rücklauftemperaturhochhaltung ausgestattet sein.

#### Vor- und Nachteile bei Sanierung:

- + annähernd CO<sub>2</sub>-neutrale Wärmeerzeugung
- + einheimischer Energieträger, hohe Nutzerakzeptanz
- relativ große Brennstofflagerräume notwendig (bei Holzpellets ca. 2,5 m<sup>3</sup> je 100 m<sup>2</sup> beheizter Fläche)
- höhere Investitionskosten als bei Gas- oder Ölkesseln

### 5.2.1.3. Anbindung an ein bestehendes Fern- oder Nahwärmenetz

Der Anschluss an ein bestehendes Fern- oder Nahwärmenetz ist gesamtwirtschaftlich gesehen sinnvoll. Ob die Maßnahme auf das zu sanierende Gebäude bezogen wirtschaftlich ist, hängt in hohem Maße von den Anschlusskosten ab, die in der Regel deutlich höher sind als im Neubau. Die ökologische Bewertung hängt von der Wärmeerzeugung in der jeweiligen Zentrale ab. Positiv zu bewerten ist Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, die Verwendung von Biomasse als Brennstoff und die Einbindung von thermischen Solaranlagen.

Die Heizungsanlage kann direkt an die Fernwärme angeschlossen werden oder über eine Systemtrennung mit Plattenwärmetauscher. Die Warmwasserbereitung kann in einem zentralen Warmwasser-Speicher erfolgen oder in wohnungsweisen Kompaktstationen, in denen neben der Übergabe der Heizwärme auch die Warmwasserbereitung im Durchlaufprinzip erfolgt.

#### zu beachten:

- Fern- und Nahwärmeleitungen werden oft mit höheren Temperaturen betrieben als für die Wärmeversorgung im Gebäude selbst notwendig sind. Deshalb ist auf eine besonders sorgfältige und lückenlose Dämmung der Anschlussleitungen und der Wärmeübergabestation zu achten.
- Für einen verlustarmen Betrieb von Fern- und Nahwärmenetzen ist auf möglichst niedrige Rücklauftemperaturen zu achten: Heizsysteme auf möglichst geringe Rücklauftemperaturen (max. 30 – 40°C) auslegen, Warmwasserbereitungssystem für geringe Rücklauftemperaturen auswählen (Speicherladesysteme oder WW-Bereitung im Durchlaufverfahren).

#### Vor- und Nachteile bei Sanierung:

- + geringer Platzbedarf, keine Brennstoffbevorratung nötig.
- + kein Kamin / Abgasleitung erforderlich
- + keine Schadstoffemissionen vor Ort
- relativ hoher Aufwand für Hausanschluss (Kosten für Erdarbeiten und Wiederherstellung von Oberflächen, eventuell Beschädigung von Bepflanzungen), Kostenreduzierungen / Synergieeffekte sind möglich, wenn auch andere Sparten (Strom, Telekommunikation, Abwasser etc.) neu verlegt werden müssen.
- vergleichsweise hohe Wärmepreise

#### 5.2.1.4. Erdreich- oder Grundwassergekoppelte Wärmepumpen

Umwelt- oder Abwärme auf niedrigem Temperaturniveau wird durch Wärmepumpen auf ein höheres Temperaturniveau gebracht, so dass sie zur Raumheizung oder Warmwasserbereitung genutzt werden kann. Das Verhältnis der über ein Jahr bereitgestellten Wärme zu dem für den Antrieb des Verdichters, für Hilfsaggregate und für die Erschließung der Wärmequellen eingesetzten Stroms wird Jahresarbeitszahl (JAZ) bezeichnet. Je höher die JAZ um so geringer der energetische Aufwand für die Nutzung der Umweltenergie und umso wirtschaftlicher ist der Betrieb der Wärmepumpe. Wärmepumpen arbeiten besonders effizient, wenn die Wärmequelle möglichst konstant eine Temperatur  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  hat und wenn das heizungsseitige Temperaturniveau möglichst gering ist.

Als Wärmequellen werden Außenluft, Grundwasser, Erdreich oder Abwärme (z.B. die Abluft von Wohnungslüftungsanlagen) verwendet. In Verbindung mit Grundwasser, Erdreich und Abwärme können Wärmepumpen Jahresarbeitszahlen im Bereich von 4,0 erreichen.

Mit Erdsonden (i.d.R. bis zu 100 m tief) kann auch in der Sanierung mit relativ geringem Geländebedarf das Erdreich als Wärmequelle erschlossen werden.

Wegen des ganzjährig relativ hohen Temperaturniveaus der Abluft und des notwendigen Speichers eignen sich Abluftwärmepumpen besonders für die Trinkwasserbereitung.

Verfügbar sind auch gasbetriebene Wärmepumpen. Diese haben zwar deutlich geringere Jahresarbeitszahlen als Elektro-Wärmepumpen, dies wird jedoch durch die günstigere Primärenergiebilanz von Erdgas gegenüber Strom aufgewogen.

##### **Zu beachten:**

- möglichst effiziente Wärmepumpen mit Gütesiegel verwenden
- Wärmequellenerschließung richtig dimensionieren
- Bei den hydraulischen Systemen zur Erschließung von Wärmequellen auf möglichst geringe Druckverluste achten, damit Hilfsenergieeinsatz gering bleibt.
- bevorzugt Heizsysteme mit geringen Systemtemperaturen verwenden (z.B. Flächenheizungen mit Auslegungstemperaturen  $35/28^{\circ}\text{C}$ )

##### **Vor- und Nachteile bei Sanierung:**

- + sinnvolle Lösung, wenn keine anderen leitungsgebundenen Energieträger zur Verfügung stehen.
- + keine Brennstoffbevorratung nötig.
- + kein Kamin / Abgasleitung erforderlich
- + keine Schadstoffemissionen vor Ort
- + bei vielen Stromversorgern gibt es besonders günstige Wärmepumpentarife
- bei Heizkörpersystemen mit Auslegungstemperaturen über  $50^{\circ}\text{C}$  arbeiten Wärmepumpen nicht effizient.
- u.U. hohe Kosten zur Wärmequellenerschließung

#### 5.2.1.5. Kompaktaggregat mit WP

Als Sonderform der elektrischen Wärmepumpe können bei Gebäuden, die im sanierten Zustand in den Bereich des Passivhaus-Standards kommen und mit Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung (WRG) ausgestattet werden, Kompaktaggregate mit Fortluftwärmepumpen eingesetzt werden. Sie nutzen als Wärmequelle die Fortluft (je nach System noch zusätzliche Außenluft zur Leistungssteigerung) und geben ihre Wärme teils an die Zuluft, teils an Puffer- oder Warmwasser-Speicher ab. Gute Systeme erreichen Jahresarbeitszahlen  $>3,0$ . Wohnungsweise Kompaktaggregate können aufgrund ihres geringen Platzbedarfs auch im Geschosswohnungsbau eingesetzt werden.

##### **Zu beachten:**

- bei Systemen, die die Raumwärme nur über die Luft verteilen, ist die dadurch begrenzte Heizleistung zu beachten (Zulufttemperaturen  $<50^{\circ}\text{C}$ ).
- die Auslegung der Luftmengen sollte nur nach hygienischen Anforderungen und nicht nach der notwendigen Heizleistung erfolgen. Gegebenenfalls sind Zusatz-Heizquellen vorzusehen.

##### **Vor- und Nachteile bei Sanierung:**

- + kostengünstige und energieeffiziente Wärmeerzeugung in Verbindung mit einer kontrollierten Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung

- + bei den meisten Systemen ist eine Kombination mit thermischen Solaranlagen möglich
- + monoenergetische Versorgung mit Strom
- + keine Schadstoffemissionen vor Ort
- im Geschosswohnungsbau muss in jeder Wohnung Stellfläche für Kompaktaggregat und WW-Speicher zur Verfügung stehen und in jeder Wohnung müssen die kalten Außenluft- und Fortluftleitungen bis zur Fassade verzogen werden
- begrenzte Heizleistung

#### 5.2.1.6. Klein-BHKW / Brennstoffzelle

Bei Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) werden gleichzeitig Strom und Wärme erzeugt. Erfolgt dies nicht in großen Heizkraftwerken sondern dezentral in kleineren Einheiten spricht man von Blockheizkraftwerken (BHKW).

Ein BHKW besteht aus einem Motor, der einen Stromgenerator antreibt. Die heißen Abgase und die Motorabwärme werden zur Erwärmung des Heizungswassers genutzt. Als Brennstoffe können Heizöl, Erdgas, Pflanzenöl (Rapsöl), Biogas oder Holzhackschnitzel verwendet werden. Bei Holzhackschnitzel-BHKWs ist dem eigentlichen BHKW ein Holzvergaser vorgeschaltet, mit dem das Gas für den Gasmotor erzeugt wird.

Etwa 30% der eingesetzten Brennstoffenergie werden in Strom, 60% in Wärme umgesetzt, der Gesamtwirkungsgrad liegt bei etwa 90%.

Klein-BHKW liegen im elektrischen Leistungsbereich von ca. 5 bis 30 kW. BHKWs sind mit einer Nennleistung bis zu mehreren MW erhältlich und eignen sich somit für die Beheizung von kleinen Mehrfamilienhäusern bis hin zu ganzen Siedlungen.

Inzwischen wurden auch Brennstoffzellen für den Einsatz in Heizungsanlagen entwickelt. Im Prinzip handelt es sich ebenfalls um Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen. Unter Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff wird elektrische und thermische Energie erzeugt. Als Brennstoff wird Erdgas verwendet. Gegenüber motorischen BHKWs haben Brennstoffzellen höhere elektrische Wirkungsgrade, ein besseres Teillastverhalten und geringere Schadstoff- und Geräuschemissionen.

#### Zu beachten:

- BHKWs eignen sich besonders bei ganzjährig vorhandener, möglichst konstanter Grundlast. Bei energetisch sanierten Gebäuden im Geschosswohnungsbau ist dies z.B. der ganzjährig vorhandene Warmwasserbedarf, der einen Anteil am Gesamt-Jahreswärmebedarf zwischen 20 und 40% haben kann.
  - Um häufiges An- und Abschalten zu vermeiden, werden BHKWs mit Pufferspeichern betrieben
  - Um lange Laufzeiten zu erreichen, deckt ein BHKW i.d.R. nur einen Teil der benötigten Maximalleistung ab. Der Rest wird durch einen Spitzenlastkessel gedeckt. Der Spitzenlastkessel dient auch der Betriebssicherheit bei Störungen oder Wartung am BHKW.
- Klein-BHKW werden auch monovalent betrieben

#### Vor- und Nachteile bei Sanierung:

- + Primärenergetisch günstige Wärmeerzeugung, da durch die gleichzeitige Stromerzeugung der im Elektrizitätskraftwerk vermiedene Primärenergieeinsatz gutgeschrieben werden kann.
- + Kann bei Ersatz einer alten Kesselanlage meist problemlos in bestehende Heizungsanlage eingebunden werden.
- Schallemissionen von Motor-BHKWs erfordern besondere Maßnahmen
- zusätzlichen Platzbedarf für Pufferspeicher
- deutlich höhere Investitionskosten als bei Gas- oder Ölkesseln

#### 5.2.1.7. Thermische Solaranlagen

Bei thermischen Solaranlagen wird über Sonnenkollektoren (üblicherweise Flach- oder Röhrenkollektoren) Wärme erzeugt, die zur Trinkwassererwärmung oder zur Heizungsunterstützung genutzt werden kann.

Systeme zur reinen Trinkwassererwärmung werden bei kleinen Anlagen auf einen solaren Deckungsanteil von bis zu 60% ausgelegt. Bei Systemkosten von 800 bis 1000 EUR/m<sup>2</sup>

Kollektorfläche kostet die solare Nutzwärme 0,20 bis 0,30 EUR/kWh. Bei größeren Anlagen (ab ca. 50 m<sup>2</sup>) erreicht man die wirtschaftlichsten Anlagen bei einer Auslegung auf eine spezifische Last von 60



bis 70 Liter/(Tag m<sup>2</sup>), die einen solaren Deckungsanteil von etwa 30% erreichen. Die Vollkosten für die solare Wärme können dann jedoch unter 0,12 EUR/kWh liegen. Die spezifische Last ist das Verhältnis von täglichem Warmwasserverbrauch (bezogen auf 60°C) zu der installierten Kollektorfläche in Quadratmetern.

Auch bei größeren Systemen mit Kurzzeit-Pufferspeicher zur Heizungsunterstützung (mit einem solaren Deckungsanteil von 20 – 30% am Gesamtwärmebedarf) können ähnliche Kosten für die solare Nutzwärme realisiert werden. Die spezifischen Systemkosten betragen etwa 650 bis 800 EUR/m<sup>2</sup> Kollektorfläche.

Systeme mit Langzeit-Wärmespeicher, mit denen Solarwärme im Winter nutzbar gemacht wird (Deckungsanteile von 40 – 50% am Gesamtwärmebedarf) eignen sich wegen des großen Platzbedarfs für den saisonalen Speicher i.d.R. nicht für Sanierungsprojekte.

#### **Zu beachten:**

- Bei denkmalgeschützten Gebäuden ist die Montage von Sonnenkollektoren meist schwierig. Rechtzeitig Kontakt mit den zuständigen Behörden aufnehmen.
- Es ist auf eine möglichst einfache Systemgestaltung, Regelung und Einbindung in die restliche Haustechnik zu achten.
- Das Dach muss saniert sein bevor Solarkollektoren darauf installiert werden. Die Lebensdauer des Daches muss mindestens so lang sein wie die der Kollektoren (ca. 20 – 25 Jahre)
- Bei einer Orientierung zwischen Südost und Südwest und bei Neigungen zwischen 25 und 60° ändert sich der Nutzwärmeertrag einer Solaranlage nur geringfügig.
- Der gemeinsame Betrieb von thermischen Solaranlagen und BHKW ist i.d.R. unwirtschaftlich, da die Laufzeiten des BHKW deutlich reduziert werden.
- Bei Systemen mit solaren Nahwärmenetzen ist den Systemtemperaturen und den Leitungsverlusten des Netzes besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

#### **Vor- und Nachteile bei Sanierung:**

- + Mit Solaranlagen zur Trinkwasserbereitung können bei Häusern mit hohem Dämmstandard etwa 15% des Gesamtwärmebedarfs regenerativ gedeckt werden.
- + „sichtbarer“ Umweltschutz, hohe Nutzerakzeptanz
- Es muss eine Installationstrasse von den Solarkollektoren bis zum Heizraum gefunden werden.
- unter rein betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten meist noch nicht rentabel.

## **5.2.2. Wärmeverteilung und –übergabe**

### **5.2.2.1. Wärmeverteilung über Luft oder Wasser**

In Heizungsanlagen kann die Wärme von der Erzeugung zu den beheizten Räumen mit Luft oder mit Wasser transportiert werden. Grundsätzlich werden für luftbasierende Verteilsysteme wegen der geringeren Wärmekapazität der Luft große Luftmengen, große Leitungsquerschnitte (Platzbedarf) und relativ viel Transportenergie benötigt. Wasser ist deshalb unter wirtschaftlichen und energetischen Gesichtspunkten als Wärmeträger in Heizungsanlagen vorzuziehen.

#### **Beispiel:**

Um eine Heizleistung von 2 kW zu transportieren braucht man entweder:  
einen Luftvolumenstrom von 150 m<sup>3</sup>/h, der in einer Leitung mit 125 mm Durchmesser mit einer elektrischen Antriebsleistung von 0,14 Watt je Meter geradem Rohr gefördert wird.  
einen Wasservolumenstrom von 0,086 m<sup>3</sup>/h, der in einer Leitung mit 15 mm Durchmesser mit einer elektrischen Antriebsleistung von 0,005 Watt je Meter geradem Rohr gefördert wird.

Luftheizsysteme in Wohngebäuden können dann sinnvoll sein, wenn das Gebäude sowieso über eine kontrollierte Wohnungslüftung mit Zu-/Abluftanlage verfügt und die notwendige Heizleistung mit dem nach hygienischen Gesichtspunkten dimensionierten Luftvolumenstrom transportiert werden kann. Diese Grenze liegt bei einer spezifischen Heizlast von 10 – 15 W/m<sup>2</sup>, was etwa dem Passivhaus-Standard entspricht. Unterhalb dieser Grenze können dann die Kosten für ein zusätzliches Heizwärmeverteil- und -übergabesystem eingespart werden.

Höhere Heizleistungen könnten mit einem Umluftsystem transportiert werden, bei dem jedoch durch größere Kanalquerschnitte, höheren Regelungs- und Transportaufwand der Kostenvorteil wieder verloren geht.

### 5.2.2.2. Wärmeverteilsysteme mit Warmwasser

*Schwerkraftheizungen*, bei denen der Heizungswasserumlauf nur durch die unterschiedliche Dichte von kaltem und warmem Wasser erfolgt, sind im Bestand nur noch selten anzutreffen. Pumpen-Warmwasserheizungen sind kostengünstiger und verfügen über eine erheblich bessere Regelbarkeit. Bestehende Schwerkraftheizungen sollten mit Heizungspumpen und entsprechenden Regelarmaturen umgerüstet werden.

Die im Bestand noch anzutreffenden *Einrohrheizungen* sollten nach Möglichkeit in Zweirohrheizungen umgerüstet werden.

#### **Die Nachteile der Einrohrheizung sind:**

- Höhere Pumpenleistung notwendig
- ungünstigere Regelbarkeit (z.B. wegen der unregelmäßigen Wärmeabgabe der Heizungsleitungen)
- höhere Rücklauftemperaturen im Teillastbereich, ungünstig für Brennwertnutzung oder für Wärmepumpen

Beim *Zweirohrsystem* ist jeder Heizkörper an die getrennte Vorlauf- und Rücklaufleitung angeschlossen und erhält annähernd die gleiche Vorlauftemperatur. Die Regelung der Heizleistung erfolgt zentral durch die Änderung der Vorlauftemperatur und dezentral durch Massenstromdrosselung an Thermostatventilen. Der Wasserumlauf wird durch eine Heizungspumpe bewirkt. Mehrere Heizungsstränge mit unterschiedlichen Druckverlusten können mit Strangreguliertventilen untereinander hydraulisch abgeglichen werden. Für eine einwandfreie Funktion ist eine hydraulische Berechnung des Rohrnetzes und die Einregulierung aller Regelorgane auf die berechneten Werte erforderlich.

### 5.2.2.3. Leitungsführung

Bei horizontaler Verteilung in den Geschossen bietet sich bei der Sanierung oftmals eine Ringleitung entlang der Außenwand an. Diese kann z.B. in Verbindung mit einem Sockelleistensystem ausgeführt werden. Vorteilhaft ist der Anschluss der Heizkörper im Tichelmann-System (siehe Abbildung 56). Damit herrschen an allen Heizkörpern nahezu die gleichen Druckverhältnisse, was den hydraulischen Abgleich vereinfacht.

Eine horizontale Verteilung mit sternförmiger Anbindung der Heizkörper erfordert die Verlegung der Heizungsleitungen im Fußbodenaufbau und ist somit im Sanierungsfall selten möglich.

#### **Vorteile:**

- + günstige Hydraulik und einfache Einregulierung
- + keine unregelmäßige Wärmeabgabe in anderen Räumen wie bei Ringleitung

#### **Nachteil:**

- Große Leitungslängen wenn Heizkörper an der Außenwand montiert sind.

Bei einer unteren (im Untergeschoss) oder oberen (im Dachgeschoss) Verteilung mit vertikaler Erschließung aller, übereinander angeordneter Heizkörper ist auf eine besonders gute Wärmedämmung der Leitungen im kalten Bereich zu achten. Gegebenenfalls sind die Leitungen in die Dämmebene einzubeziehen (bei Dämmung auf der obersten Geschossdecke oder bei unter der Kellerdecke).

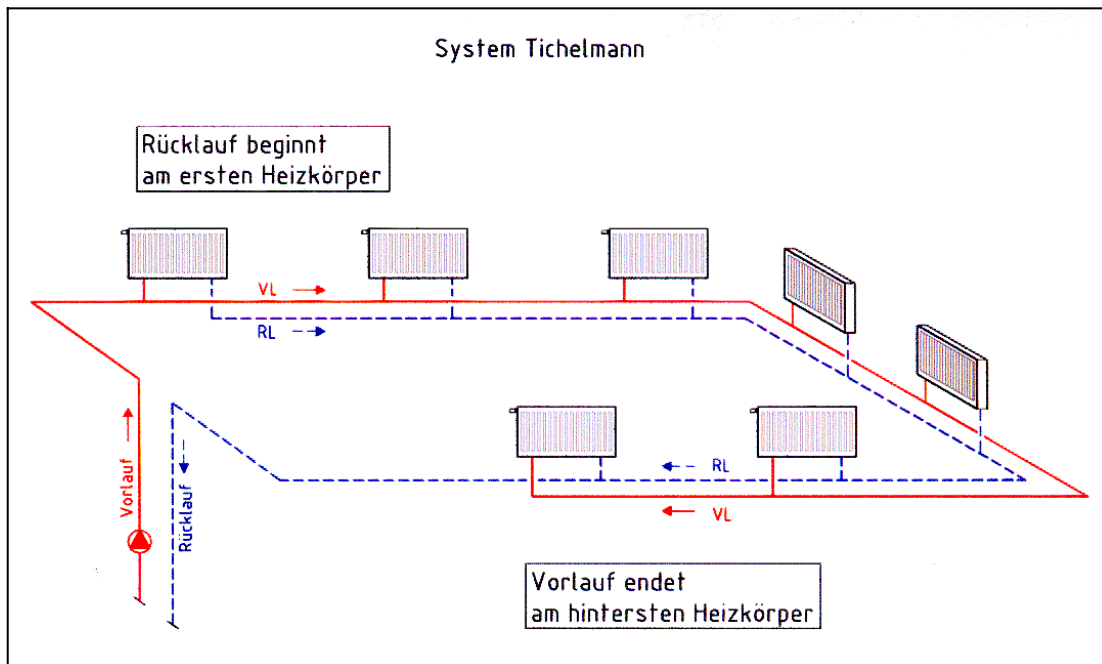


Abbildung 56: Anbindung der Heizkörper im Tichelmann-System

Wird bei der wärmetechnischen Sanierung eine dicke Wärmedämmung auf der Außenwand aufgebracht, können die Leitungen auch außen auf der Außenwand verlegt und überdämmt werden. Dadurch können die Leitungen schnell, einfach, unsichtbar und mit geringer Baubelastung in den Wohnungen verlegt werden.

#### 5.2.2.4. Auslegung und Ausführung von energieeffizienten Heizleitungsnetzen

Bei Erneuerung des Rohrnetzes sollten die Leitungsquerschnitte auf ein maximales Druckgefälle von 100 Pa/m (= 1 mbar/m) dimensionieren. Dies entspricht bei den verschiedenen Nenndurchmessern in etwa folgenden maximalen Volumenströmen:

Nenndurchmesser	Förderstrom	Nenndurchmesser	Förderstrom
DN 15	0,22 m³/h	DN 40	2,5 m³/h
DN 20	0,45 m³/h	DN 50	5 m³/h
DN 25	0,8 m³/h	DN 65	11 m³/h
DN 32	1,6 m³/h	DN 80	17 m³/h

Bei Leitungslängen über 50 m ist eine Dimensionierung auf 50 Pa/m besser.

- Druckverlustarme Armaturen und Einbauteile verwenden
- Schmutzfänger haben oft besonders hohe Druckverluste: lieber eine Nennweite größer dimensionieren, Siebe regelmäßig kontrollieren und reinigen!
- Bestehende Rohrnetze gründlich spülen, Ventile, Schmutzfänger, Wärmemengenzähler u.ä. auf Verschmutzung prüfen.
- Rohrnetze berechnen oder bestehende Netze messen, um korrekten hydraulischen Abgleich vornehmen zu können.

Die Wärmedämmung von Heizungsleitungen mit einer Dämmstärke entsprechend dem Nenndurchmesser führt zu einem mittleren, längenspezifischen Wärmedurchgangskoeffizienten von knapp 0,20 W/mK. Bei ökoefizienten Gebäuden wird empfohlen, bei der Wärmedämmung über diese Mindestanforderungen hinaus zu gehen. Durch folgende, verbesserte Dämmstärken mit alukaschierten Mineralwolle-Rohrschalen mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(mK) kann ein mittlerer, längenspezifischer Wärmedurchgangskoeffizient von 0,15 W/mK erreicht werden:

Rohraußendurchmesser	DN	Mindestdämmstärke	Verbesserte Dämmstärke
15 mm		20 mm	20 mm
18 mm	15	20 mm	30 mm
22 mm	20	20 mm	30 mm

28 mm	25	30 mm	40 mm
35 mm	32	30 mm	60 mm
44 mm	40	40 mm	70 mm
57 mm	50	50 mm	90 mm

Bei der Ausführung muss auf eine lückenlose Aufbringung der Dämmung geachtet werden, alle Formteile, Einbauten und Armaturen sollen überdämmt werden.

Die mittlere Heizwassertemperatur beeinflusst die Wärmeverluste des Heizsystems. Zur Reduzierung dieser Verluste sind niedrige Systemtemperaturen vorteilhaft. Viele Wärmeerzeugersysteme arbeiten bei niedrigen Rücklauftemperaturen (Brennwertnutzung) oder Vorlauftemperaturen (Wärmepumpentechnik) besonders effizient. Je niedriger die Systemtemperaturen sind, umso größer müssen andererseits die Heizflächen bei gleicher Heizleistung dimensioniert werden. Bei gut wärmegeämmten Gebäuden können folgende Anhaltswerte als sinnvoller Kompromiss gewählt werden:

Anlagen mit Heizkörpern: mittlere Heizwassertemperatur 50°C (z.B. 60/40°C)  
 Anlagen mit Flächenheizung: mittlere Heizwassertemperatur 30°C (z.B. 35/25°C)

Werden bei einer wärmetechnischen Sanierung eines Gebäudes die bestehenden Heizkörper beibehalten, können die Systemtemperaturen der Heizungsanlage so weit abgesenkt werden, dass der/die Heizkörper im ungünstigsten Raum die reduzierte Heizlast noch decken kann.

Je größer die Temperaturspreizung zwischen Vorlauf und Rücklauf bei Auslegungsbedingungen gewählt wird, umso weniger Heizungswasser wird für den Transport der gleichen Wärmemenge benötigt. Dies wirkt sich günstig auf die Rohrleitungsdimensionierung und auf die Pumpenleistung aus.

Bei Anlagen mit Heizkörpern: mindestens 15 K, besser 20 K Spreizung  
 bei Anlagen mit Flächenheizung: mindestens 7 K, besser 10 K Spreizung

#### 5.2.2.5. Heizungspumpen

Heizungspumpen sollten selbsttätig regelbar sein (elektronische Drehzahlregelung). Sinnvoll ist dies meist auch schon bei kleinen Nennwärmeleistungen, allerdings nur, wenn keine überdimensionierte Elektronikpumpe eingebaut wird. Steht keine geeignete Elektronikpumpe zur Verfügung, sind optimal dimensionierte Kleinpumpen die bessere Lösung.

Vorzugsweise sollen Heizungspumpen mit EC-Motoren (elektronisch kommutierte Motoren, Synchronmotor mit Permanentmagnet) eingesetzt werden. Diese haben gegenüber den bisher verwendeten Asynchronmotoren einen deutlich besseren Wirkungsgrad gerade auch im Teillastbetrieb.

Die Auslegung der Pumpe erfolgt anhand des berechneten Nennlastpunktes (Nenndruckverlust und Nennvolumenstrom) der Anlage im Druck/Volumenstrom-Diagramm. Die Pumpe sollte so ausgelegt werden, dass ihr Arbeitspunkt bei höchster Drehzahlstufe in unmittelbarer Nähe des Nennlastpunktes liegt. Bei Pumpen mit energetisch optimierter Drehzahlregelung liegt das Wirkungsgradmaximum auf einer Parabel im Auslegungsdiagramm. Optimal ausgelegt ist die Pumpe, wenn diese Kurve mit der Anlagenkennlinie zusammen fällt oder leicht nach links verschoben liegt.

Bei bestehenden Heizungsnetzen kann die Anlagenkennlinie mit Hilfe von Messpumpen ermittelt werden.

#### 5.2.2.6. Heizflächen

Flächenheizungen (Fußbodenheizungen und Wandheizungen) erfordern deutlich geringere Vorlauftemperaturen als Heizkörper. Sie eignen sich deshalb besonders für Wärmeerzeugersysteme wie Wärmepumpen oder solare Heizungsunterstützung.

Fußbodenheizungen sind auf Grund ihrer großen Speichermasse regelungstechnisch träge. Bei Gebäuden mit geringer spezifischer Heizlast kann dies dadurch kompensiert werden, dass die Fußboden-Oberflächentemperatur nur wenig über der gewünschten Raumtemperatur liegt, so dass bei ansteigender Raumtemperatur die Wärmeabgabe der Fußbodenheizung stark abnimmt (Selbstregelungseffekt).

Heizkörper unter den Fenstern kompensieren durch ihre Strahlungswärme die kalten Fensteroberflächen. Bei passivhaustauglichen Fenstern ( $U\text{-Wert-Fenster } U_w < 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) kann auf eine Zuordnung der Heizkörper zu den Außenfenstern verzichtet werden. Dadurch können u.U. sehr kompakte Heizungsnetze möglich werden. Bei 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung muss dies im Einzelfall anhand der Behaglichkeitskriterien geprüft werden.

Bei der Auswahl von Heizkörpern sollten wegen der besseren Regelfähigkeit solche mit geringer Masse und Wasserinhalt bevorzugt werden. Dies kann u.U. auch ein Argument für die Erneuerung alter Radiatoren mit großem Wasserinhalt sein. Für Sanierungen gibt es spezielle Heizkörper, die das Achsmaß der Bestandsheizkörper haben und somit Änderungen am Rohrnetz überflüssig machen.

### **5.2.2.7. Regelung**

Die zentralen Heizungsregelungen sollen dahingehend ausgewählt und eingestellt werden, dass die Betriebsbereitschaftsverluste, die Verteilverluste und der Stromeinsatz minimiert werden. Standard sind heute Regelungen, die die Vorlauftemperatur in Abhängigkeit von der Außentemperatur absenken. Optimierte Regelungen regeln die Vorlauftemperatur nach dem tatsächlichen Heizbedarf im Gebäude.

Die energetischen Einsparungen durch Nachtabsenkungen werden bei steigendem Wärmedämmstandard immer geringer. Durch die Regelung sollte jedoch sichergestellt werden, dass Zirkulations- und Umwälzpumpen in Zeiten, in denen kein Bedarf besteht, abgeschaltet werden.

Die Raumtemperaturregelung sollte raumweise erfolgen. Standardmäßig werden dazu Thermostatventile an den Heizkörpern oder Raumthermostate bei Fußbodenheizungen verwendet. Alte Regeleinrichtungen, insbesondere Thermostatventile sollten bei der Sanierung erneuert werden. Thermostatventile sollten auf einen kleinen Proportionalbereich (möglichst 1 Kelvin) ausgelegt werden. Der Proportionalbereich eines Thermostatventils gibt die Raumtemperaturerhöhung gegenüber dem eingestellten Sollwert an, bei der das Thermostatventil ganz schließt. Optimierte Regelungen bestehen aus elektronischen Reglern, die keinen Proportionalbereich benötigen (PI-Regler). Teilweise erkennen diese Heizkörperregler auch geöffnete Fenster und schließen automatisch die Heizkörperventile bis zum Erreichen der Frostgrenze. Um eine gute Regelfähigkeit zu erreichen, muss die unregelte Wärmeabgabe an den Raum (z.B. durch ungenügend gedämmte Heizungsleitungen) begrenzt und der Wasserinhalt der Heizkörper möglichst klein sein.

## **5.2.3. Warmwasserbereitung**

### **5.2.3.1. Zentrale Systeme**

Bei zentralen Systemen wird das Warmwasser zentral erzeugt und über ein Warmwasser-Verteilnetz im Gebäude oder in der Wohnung verteilt.

Da in diesem Fall meist der gleiche Wärmeerzeuger wie für die Heizung verwendet werden kann, stellt dies bei vorhandenem Warmwasser-Verteilnetz die kostengünstigste und i.d.R. auch effizienteste Warmwassererwärmung dar. Zudem ist sie die Voraussetzung für die Nutzung von Solarenergie zur Warmwasserbereitung.

Als Wärmeerzeuger kommen üblicherweise die gleichen Systeme zum Einsatz, wie sie auch in Heizungsanlagen eingesetzt werden. Als Sonderform der Wärmeerzeugung kann bei Gebäuden mit zentraler, mechanischer Abluftanlage eine Abluftwärmepumpe zur Trinkwassererwärmung eingesetzt werden.

Mit thermischen Solarkollektoren kann das Warmwasser im Sommer bis in die Übergangszeit hinein erwärmt werden. Sinnvoll dimensionierte Solaranlagen können zwischen 30 und 60% des Jahreswarmwasserbedarfs decken. Im Winter und bei nicht ausreichender Solarstrahlung erfolgt die Warmwassererwärmung über den Wärmeerzeuger der Heizungsanlage.

Meist ist das Rohrnetz so lang, dass die Auskühlung während langer Entnahmepausen durch entsprechende Systeme vermieden werden muss. Aus energetischen und hygienischen Gründen ist ein Warmwasser-Zirkulationssystem einer elektrischen Rohrbegleitheizung vorzuziehen. Die Zirkulationspumpe muss selbsttätig abschaltbar sein (Steuerung mit Zeitprogramm, Zeitschaltuhr) und die zirkulierten Leitungen mindestens mit einer Dämmstärke entsprechend dem Rohrdurchmesser gedämmt werden.

Bei zentraler Warmwasserversorgung wird zwischen Speicher-Systemen und Durchfluss-Systemen unterschieden.

Beim **Speicher-System** wird das Warmwasser i.d.R. indirekt über Wärmetauscher erwärmt und in der zur Abdeckung des Spitzenbedarfs notwendigen Menge gespeichert. Für Wärmeerzeuger, die niedrige Rücklauftemperaturen erfordern, sind Speicherladesysteme mit Schichtenspeicher günstig, bei denen der Speicher von oben nach unten beladen wird und die Rücklauftemperaturen während des gesamten Ladevorgangs relativ niedrig bleiben.

**Vorteile:**

- + große Warmwasserleistung auch bei kleinen Heizkesseln
- + gute Regelbarkeit der Warmwasser-Temperatur
- + Belastungsspitzen werden durch Speicher ausgeglichen

**Nachteile:**

- Korrosionsgefahr bzw. Steinansatz im Speicher
- größerer Platzbedarf
- Speicher-Wärmeverluste
- hygienisch anfälliger

Bei **Durchfluss-Systemen** wird das Warmwasser erst unmittelbar vor dem Gebrauch in entsprechend dimensionierten Wärmetauschern erwärmt. Dazu muss eine ausreichende Heizleistung zur Verfügung stehen, entweder in Form eines entsprechend groß dimensionierten Wärmeerzeugers oder in Form von gespeichertem, heißen Heizungswassers.

**Vorteile:**

- + hygienisch günstiger (kein abgestandenes Warmwasser)
- + geringer Platzbedarf (bei Systemen ohne Heizwasserspeicherung)

**Nachteile:**

- hohe System-Wärmeleistung erforderlich
- Gefahr der Verkalkung des Wärmetauschers
- Schwankungen der Warmwasser-Temperatur
- ungünstig wenn Warmwasserbedarf in kurzen Stoßzeiten anfällt

Als zentrale Versorgung gelten auch **wohnungsweise Systeme** im Geschosswohnungsbau. Hier wird jeweils eine Wohnung z.B. mit einem Gas-Kombikessel oder über eine Wärme-Übergabestation, in der Warmwasser im Durchlaufprinzip erwärmt wird, mit Warmwasser versorgt.

Die Lösung mit wohnungsweisen Warmwasserbereitern hat besondere Vorteile bei der Sanierung, wenn

- Entnahmestellen kompakt angeordnet sind und keine Warmwasserzirkulation benötigt wird
- für bestehende Gasdurchlauferhitzer nach der Fenstersanierung die Verbrennungsluft nicht mehr ausreicht oder die Schornsteine aufwändig saniert werden müssten.

Der energetische Nachteil besteht darin, dass das Heizungsnetz ganzjährig auf hohem Temperaturniveau gehalten werden muss.

### 5.2.3.2. Dezentrale Systeme

Einzelne oder räumlich konzentrierte Warmwasser-Entnahmestellen werden von einem Trinkwasser-Erwärmer versorgt. Die Warmwasserleitungen sind in diesen Fällen sehr kurz und es ist kein Zirkulationssystem notwendig.

Als Trinkwasser-Erwärmer können elektrische oder Gas-Durchlauferhitzer oder Elektro-Warmwasserspeicher verwendet werden. Die Warmwasserbereitung im Durchlaufprinzip ist energetisch günstiger, da keine Speicher-Wärmeverluste entstehen. Einen hohen Komfort bieten elektronisch geregelte Durchlauferhitzer.

Sinnvoll kann eine dezentrale Warmwasserbereitung dann sein, wenn vereinzelte Zapfstellen weit von der Wärmeerzeugung entfernt sind oder wenn an entfernten Zapfstellen selten Wasser benötigt wird.

**Vor- und Nachteile bei Sanierung:**

- + relativ geringe Investitionskosten

- + einfache Lösung, wenn kein Warmwasserverteilsystem vorhanden ist.
- bei elektrischen Systemen i.d.R. höhere Verbrauchskosten als bei zentralen Systemen
- keine Einbindung von Sonnenkollektoren möglich

### 5.2.3.3. Warmwasser-Leitungsnetze

Das Warmwasser-Verteilnetz sollte so kompakt wie möglich ausgeführt werden. Wesentlichen Einfluss darauf hat die kompakte Anordnung von Sanitäräumen. Abhängig vom verfügbaren Druckgefälle sollten die Warmwasserleitungen auf möglichst kleine Rohrquerschnitte dimensioniert werden.

Warmwasserleitungen müssen gut wärmegeämmt werden, mindestens so dick wie der Rohrdurchmesser. Energetisch sinnvoll sind darüber hinausgehende Dämmstärken bei zentralen, in die Zirkulation einbezogenen Verteilungen.

Trinkwasserleitungen müssen vor Gebrauch sachgerecht gespült werden (auch bei Wiederverwendung bestehender Leitungen). Bestehende Leitungsnetze sollten auf Korrosion und Verkalkung geprüft werden. Eventuell ist eine Untersuchung auf Legionellen sinnvoll. Gegebenenfalls ist eine Rohrsanierung durchzuführen (Aufbau einer inwandigen Schutzschicht durch dosierte Zugabe entsprechender Mittel). Stillgelegte Leitungsabschnitte im Bestand (auch kurze Sackleitungen) sind vollständig vom Netz zu trennen, so dass keine nicht durchflossenen Leitungsteile vorhanden sind.

## 5.2.4. Lüftung

### 5.2.4.1. Luftqualität und Hygiene

Bei der Sanierung von Gebäuden wird die Luftdichtheit der Gebäudehülle i.d.R. deutlich verbessert, insbesondere wenn die Fenster erneuert werden. Dadurch wird sich die natürliche Lüftung des Gebäudes durch Undichtigkeiten erheblich reduzieren – was aus energetischen Gründen auch wünschenswert ist – und sie wird bei weitem nicht mehr zur erforderlichen Grundlüftung von Wohnungen ausreichen. Erfahrungsgemäß passen die Bewohner, besonders wenn sie bereits vor der Sanierung im Gebäude wohnten, ihre Lüftungsgewohnheiten selten dieser neuen Situation an. Die Folgen der oftmals ungenügend gelüfteten Wohnungen zeigen sich dann als Bauschäden in Form von Schimmelpilzen. Durch den Einsatz von mechanischen Wohnungslüftungsanlagen kann dieser Problematik erfolgreich begegnet werden. Voraussetzung ist eine einwandfreie Funktion, so dass eine gute Akzeptanz durch die Bewohner erreicht wird.

### 5.2.4.2. Mechanische Lüftungssysteme

Mechanische Lüftungsanlagen können als Abluftanlagen oder als Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung ausgeführt werden. Bei Abluftanlage wird Abluft aus Räumen mit Feuchte- und Geruchslasten abgesaugt. Frischluft strömt über Außenluftdurchlässe in der Gebäudehülle in Wohn- und Schlafzimmer nach. Bei Zu-/Abluftanlagen wird diesen Räumen die Zuluft mit einem Ventilator über ein Kanalnetz zugeführt. Wenn Abluft und Zuluft in einem System erfasst werden, kann mit einem Wärmetauscher die Wärme von der Abluft auf die Zuluft übertragen werden (Wärmerückgewinnung).

Die Art der Lüftung hat wesentliche Auswirkungen auf den Kennwert des Heizwärmebedarfs. Der Grenzwert von 15 kWh/(m<sup>2</sup> a) für Passivhäuser kann nur mit einer Zu-/Abluftanlage mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung erreicht werden.

Wird ein Passivhaus mit einem Heizwärmebedarf von 15 kWh/(m<sup>2</sup> a) statt mit einer Zu-/Abluftanlage mit einem Wärmebereitstellungsgrad von 80% bei einem Nennluftwechsel von 0,4h<sup>-1</sup> mit einer reinen Abluftanlage ausgestattet, erhöht sich der Heizwärmebedarf auf etwa 32 kWh/(m<sup>2</sup> a).

Sollen also Gebäude mit einem Zielwert des Heizwärmebedarf von 40 kWh/(m<sup>2</sup> a) nur mit einer Abluftanlage ausgestattet werden, muss die Gebäudehülle und die passive Solarnutzung fast Passivhaus-Qualität haben.

Voraussetzungen, damit eine effiziente Wärmerückgewinnung in der Lüftungsanlage auch zu entsprechenden Energieeinsparungen führt, sind einerseits eine luftdichte Gebäudehülle und andererseits ein gut funktionierende Anlage, so dass die Nutzer die Fensteröffnungszeiten während der Heizperiode auf ein Minimum reduzieren können.

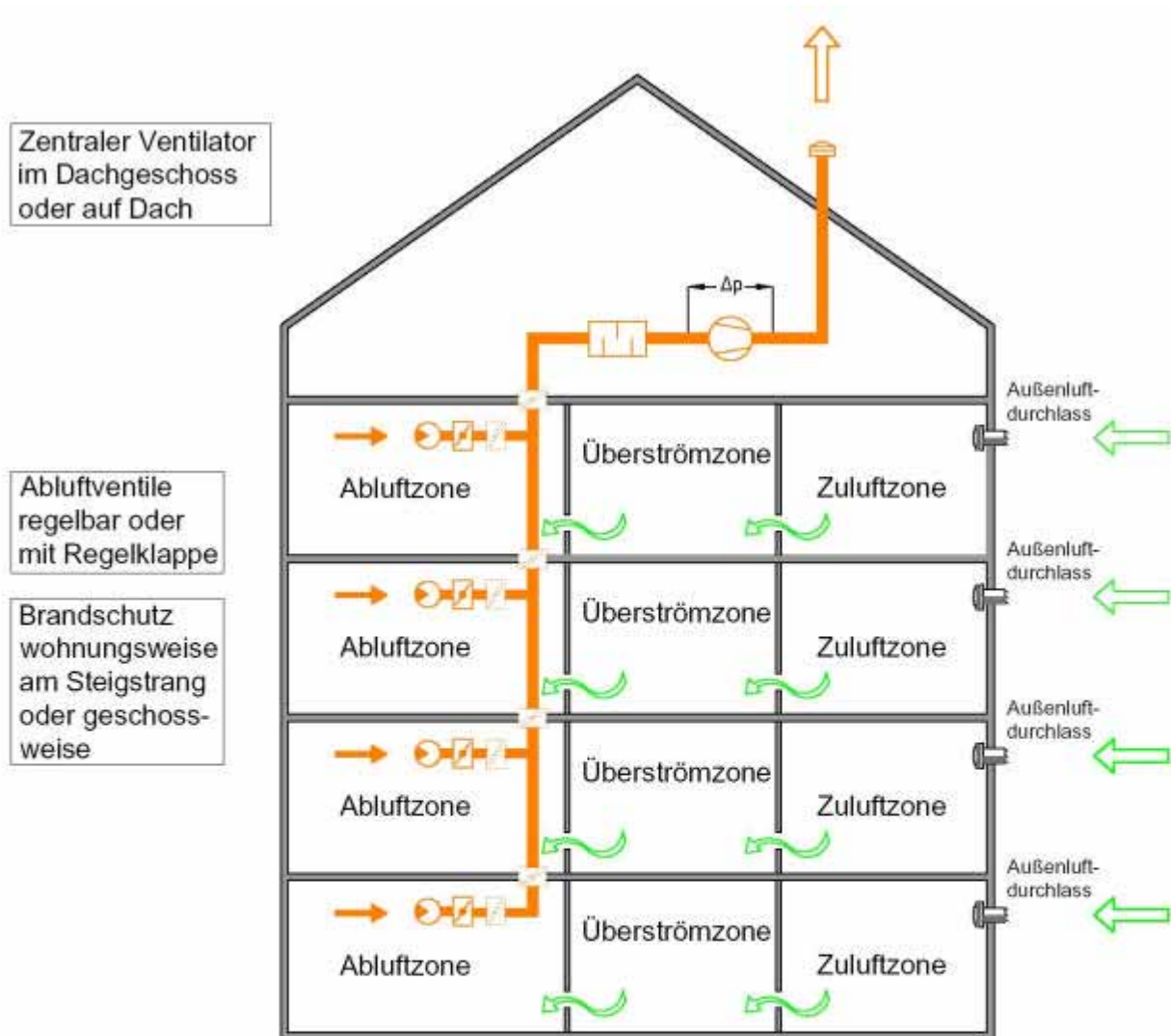
In Gebäuden mit mehreren Wohneinheiten können dezentrale, zentrale oder semizentrale Anlagen eingesetzt werden. Bei dezentralen Anlagen erhält jede Wohneinheit eine Lüftungsanlage. Zentrale Anlagen versorgen das ganze Gebäude mit Luft, die Regelung der Luftvolumenströme in den Wohnungen kann durch regelbare Luftdurchlässe oder Volumenstromregler erfolgen. Bei semizentralen Anlagen werden zentrale Komponenten (z.B. Wärmerückgewinnung oder Außenluftfilterung) mit dezentralen Ventilatoren für jede Wohnung kombiniert.

Im Folgenden werden einige Systeme für Gebäude mit mehreren Wohneinheiten beschrieben. Die angegebenen Investitionen beziehen sich auf Nettopreise für fertig installierte Anlagen ohne bauliche Nebenleistungen und auf eine Wohnungsgröße von ca. 75 m<sup>2</sup>.

#### **5.2.4.3. Zentrale Abluftanlage**

Mit zentralen, differenzdruckgesteuerten Abluftventilatoren (z.B. Dachventilatoren über den Installationsschächten) wird die Abluft nach außen befördert. In den Nutzer-/Wohneinheiten gibt es ein kurzes, kompaktes Kanalnetz mit Abluftventilen in den Ablufträumen. Die Regelung erfolgt über manuelle oder elektrische Umschaltung von Grund- auf Bedarfslüftung mit Volumenstromregler oder Abluftventile mit Konstantvolumenstromregelung in jeder Wohnung. Die Frischluftnachströmung erfolgt über Außenluftdurchlässe im Fensterrahmen oder in der Außenwand in den Aufenthaltsräumen. Es ist eine brandschutztechnische Abschottung jeder Wohnung zum Steigstrang erforderlich.





## Zentrale Abluftanlage

Abbildung 57: Zentrale Abluftanlage

### Energetische Kennwerte:

Auslegungsluftwechsel (Referenz):  $0,4 \text{ h}^{-1}$

luftmengenspezifische, elektrische Leistungsaufnahme:  $0,20 \text{ Wh/m}^3$

Jahresstrombedarf  $1,75 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

### Vorteile:

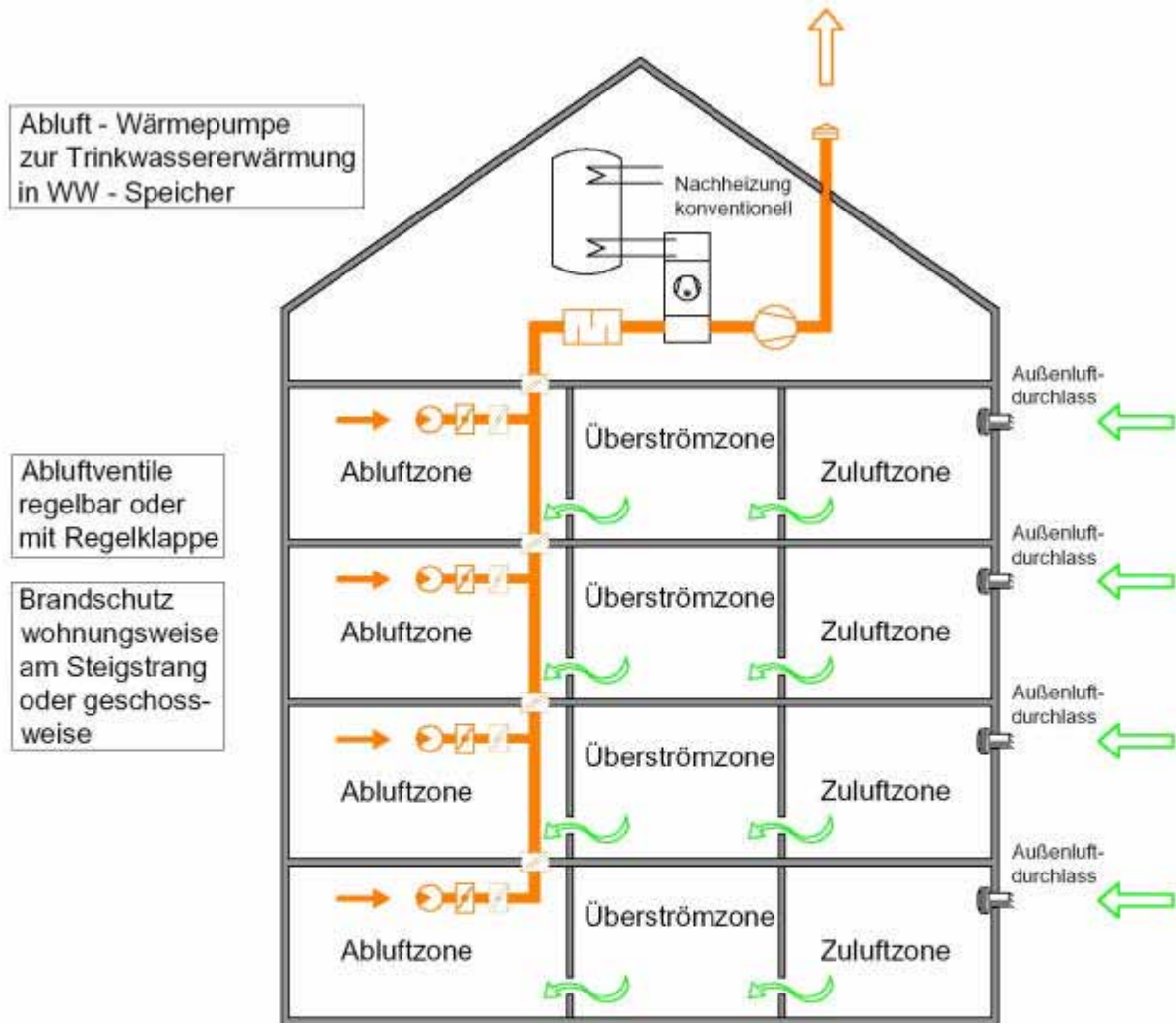
- + kostengünstigste Variante einer mechanischen Lüftung
- + platzsparende Lösung bei vorhandenen Installationsschächten und günstiger Anordnung der Ablufträume
- + Falls bereits Lüftungsrohre im Installationsschacht vorhanden sind, können diese Anlagen mit geringen baulichen Nebenarbeiten installiert werden und eignen sich besonders für Sanierungen im bewohnten Zustand.

**Nachteile:**

- keine Wärmerückgewinnung
- Zuordnung der Außenluftdurchlässe zu Heizquellen beachten

**Kosten:**

12 bis 15 EUR/m<sup>2</sup>



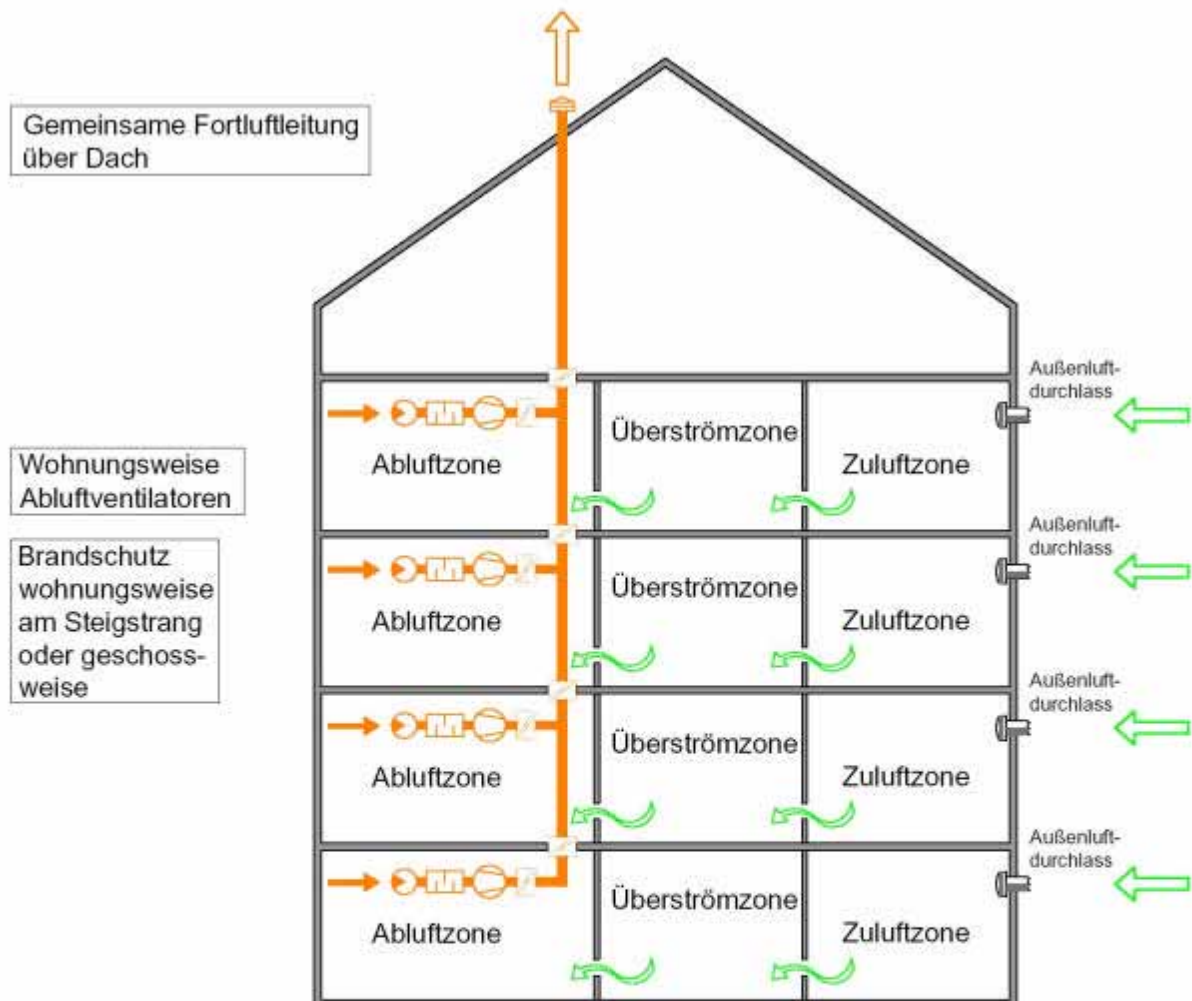
## Zentrale Abluftanlage mit Abwärmee- nutzung durch Wärmepumpe

Abbildung 58: Zentrale Abluftanlage mit Abwärmee-  
nutzung durch Wärmepumpe

### 5.2.4.4. Dezentrale (wohnungswise) Abluftanlage

Installation von Abluftventilatoren in jeder Nutzer-/Wohneinheit. Wenn die Ablufträume um den Installationsschacht angeordnet sind können dies z.B. Einzelraumlüfter an einem gemeinsamen Steigstrang sein. Ansonsten kann ein zentraler Boxventilator je Wohnung eingesetzt werden, mit

einem kompakten Kanalnetz mit Abluftventilen in den Ablufträumen. Die Frischluftnachströmung erfolgt über Außenluftdurchlässe im Fensterrahmen oder in der Außenwand in den Aufenthaltsräumen. Die Einstellung der wohnungsweisen Luftmenge erfolgt über Stufenschalter. Es ist eine brandschutztechnische Abschottung jeder Wohnung zum Steigstrang erforderlich. Dieser kann entfallen, wenn der Abluftventilator die Fortluft direkt über die Fassade ausbläst.



## Dezentrale Anluftanlagen mit gemeinsamer Fortluftleitung

Abbildung 59: Dezentrale Abluftanlagen mit gemeinsamer Fortluftleitung

### Energetische Kennwerte:

Auslegungsluftwechsel (Referenz):  $0,4 \text{ h}^{-1}$

luftmengenspezifische, elektrische Leistungsaufnahme:  $0,20 \text{ Wh/m}^3$

Jahresstrombedarf  $1,75 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

### Vorteile:

- + kostengünstige Variante einer mechanischen Lüftung, jedoch oftmals etwas teurer als zentrale Variante, vor allem bei Gebäuden mit vielen Geschossen.
- + einfaches System

**Nachteile:**

- keine Wärmerückgewinnung
- u.U. Schallprobleme (Abstrahlgeräusche Lüftungsgerät, insbesondere bei Einzelraumlüftern)
- Zuordnung der Außenluftdurchlässe zu Heizquellen beachten

**Kosten:**

15 bis 20 EUR/m<sup>2</sup>

**5.2.4.5. Zentrale Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung**

Die zentralen Komponenten sollten nach Möglichkeit in einem Technikraum innerhalb der thermischen Hülle oder als wetterfeste und gedämmte Lüftungszentrale auf dem Dach ausgeführt werden. Die Zentrale umfasst typischerweise folgende Komponenten: differenzdruckgesteuerte Ventilatoren, Wärmetauscher mit Sommer-Bypass, Außenluftfilter F7 und Abluftfilter G4, Wärmetauscher mit Sommer-Bypass, Frostschutz mit elektrischem Vorheizregister (alternativ kann Frostschutz auch mit Erdwärmetauscher sichergestellt werden, falls Lüftungszentrale im UG oder EG), zentrale Schalldämpfer.

In den Wohnungen muss sowohl ein Abluft- als auch ein Zuluftkanalnetz installiert werden. Dazu sind i.d.R. abgehängte Decken in zentral gelegenen Räumen (z.B. Flur) und im Bereich des zentralen Installationsschachtes notwendig. Die wohnungsweise Regelung erfolgt mit Volumenstromregler und z.B. einem 3-Stufen-Schalter als Bedieneinheit. Eventuell kann je Wohnung ein Nachheizregister mit Anschluss an die Warmwasserheizung installiert werden.

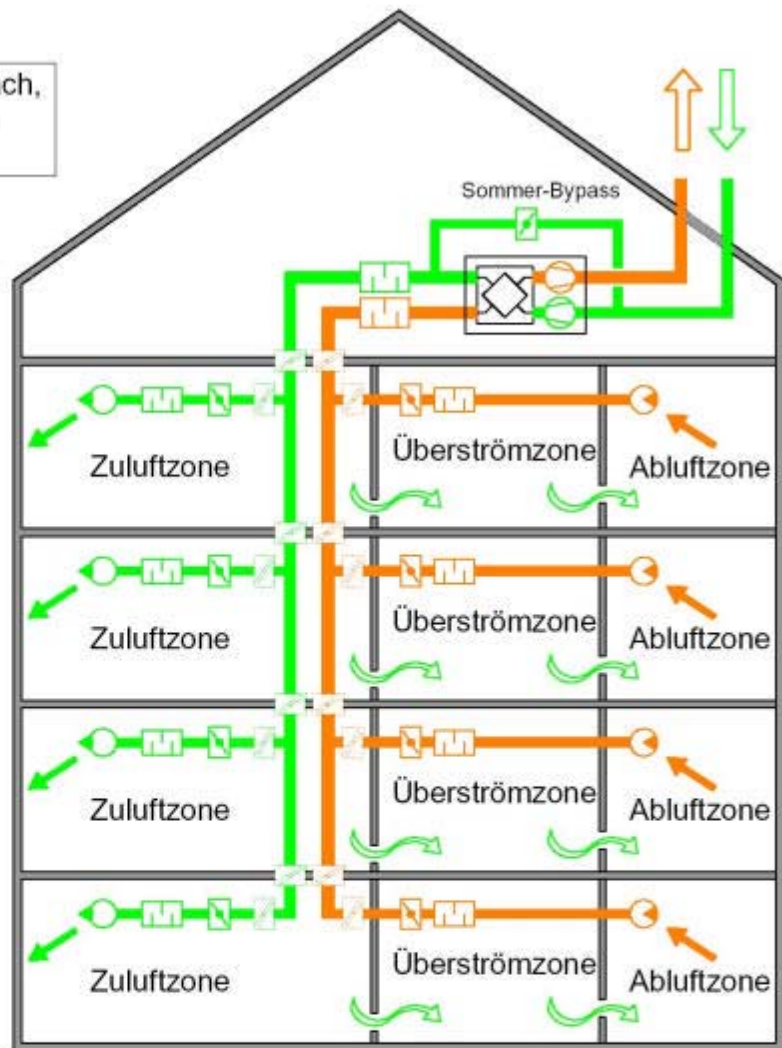
Es ist eine brandschutztechnische Abschottung jeder Wohnung zum Steigstrang erforderlich.

Fortluft und Außenluft über Dach,  
alternativ Außenluft von unten  
über EWT

Zentrales  
Lüftungsgerät  
mit WRG

Wohnungsweise regelbare  
Volumenstromregler  
in Abluft und Zuluft

Brandschutz  
wohnungswise  
am Steigstrang  
oder geschoss-  
weise



## Zentrale Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung

Abbildung 60: Zentrale Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung

### Energetische Kennwerte:

Auslegungsluftwechsel (Referenz):  $0,4 \text{ h}^{-1}$

Wärmerückgewinnung mit Wärmebereitstellungsgrad zwischen 75 und 90% je nach System  
luftmengenspezifische, elektrische Leistungsaufnahme:  $0,45 \text{ Wh/m}^3$

Jahresstrombedarf  $3,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$

### Vorteile:

- + Möglichkeit zur energieeffizienten Wärmerückgewinnung
- + zentrale Komponenten können durch ihre Baugröße höhere energetische Qualität haben als kleinere, dezentrale Geräte
- + geringer Platzbedarf in den Wohnungen im Vergleich zu wohnungswisen Zu-/Abluftanlagen
- + alle Anlagenteile, die gewartet werden müssen, befinden sich im Technikraum

**Nachteile:**

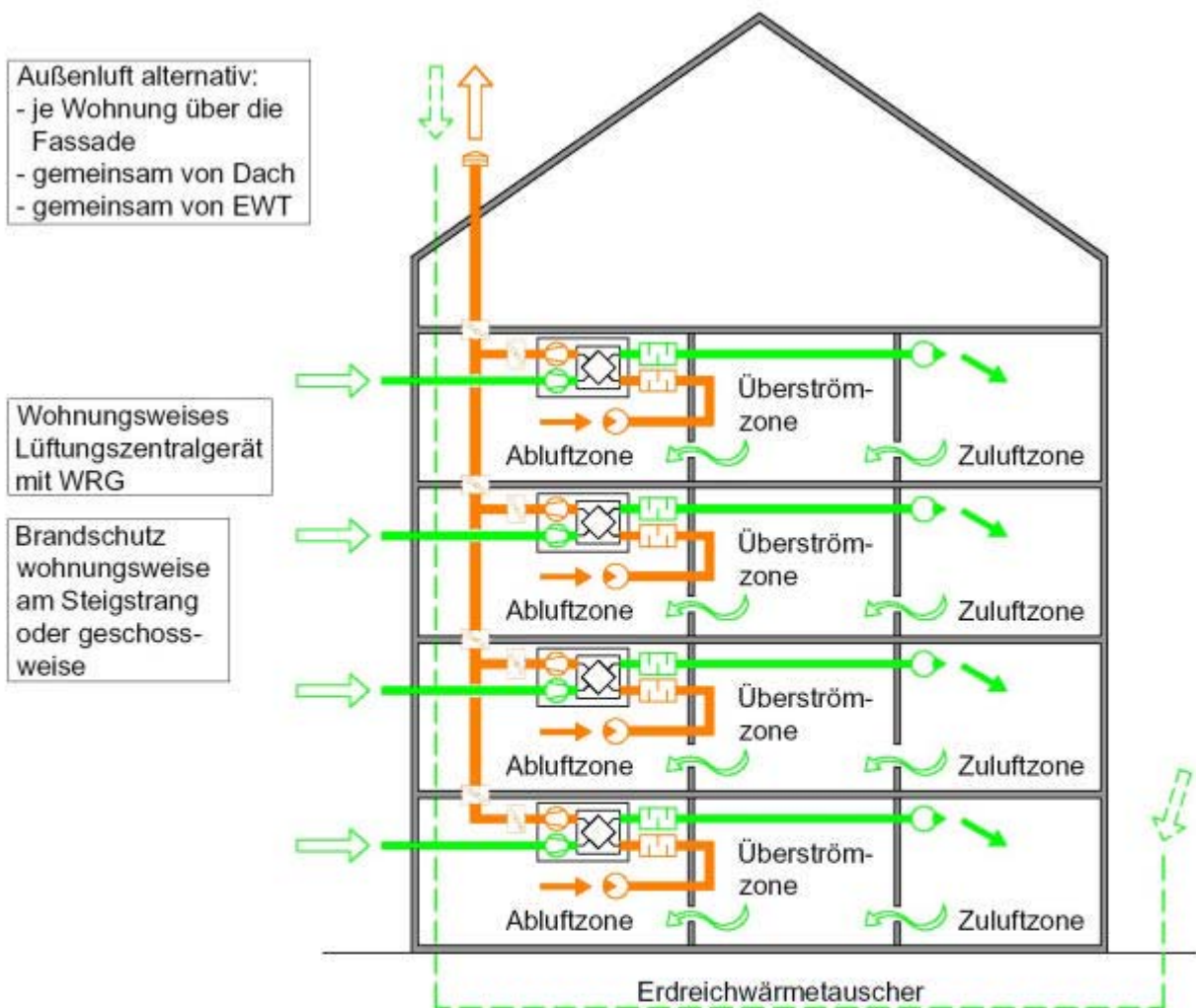
- ausreichend großer Technikraum muss vorhanden sein
- Führung der zentralen Lüftungskanäle oft schwierig
- verzweigtes Zuluftkanalnetz erfordert oft abgehängte Decken
- Brandschutz beachten

**Kosten:**

40 bis 50 EUR/m<sup>2</sup>

**5.2.4.6. Dezentrale (wohnungswise) Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung**

Jede Nutzer-/Wohneinheit wird mit einer eigenen Lüftungsanlage ausgestattet. Die Anlage besteht jeweils aus einem Zentralgerät mit Ventilatoren, Wärmetauscher, Sommer-Bypass, Filter und Schalldämpfer (eventuell Nachheizregister). Außenluftansaugung und Fortluftausblasung können jeweils direkt über die Fassade erfolgen oder über Lüftungskanäle in vertikalen Schächten. Der Frostschutz erfolgt z.B. mit elektrischem Vorheizregister, Lösungen mit Erdwärmetauscher sind kaum möglich.



## Dezentrale Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung

Abbildung 61: Dezentrale Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung

### Energetische Kennwerte:

Auslegungsluftwechsel (Referenz):  $0,4 \text{ h}^{-1}$

Wärmerückgewinnung mit Wärmebereitstellungsgrad zwischen 75 und 90% je nach System  
 luftmengenspezifische, elektrische Leistungsaufnahme:  $0,45 \text{ Wh/m}^3$

Jahresstrombedarf  $3,1 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$

### Vorteile:

- + Möglichkeit zur energieeffizienten Wärmerückgewinnung
- + i.d.R. keine besonderen Brandschutzanforderungen
- + günstig, wenn keine ausreichenden Installationsschächte vorhanden sind

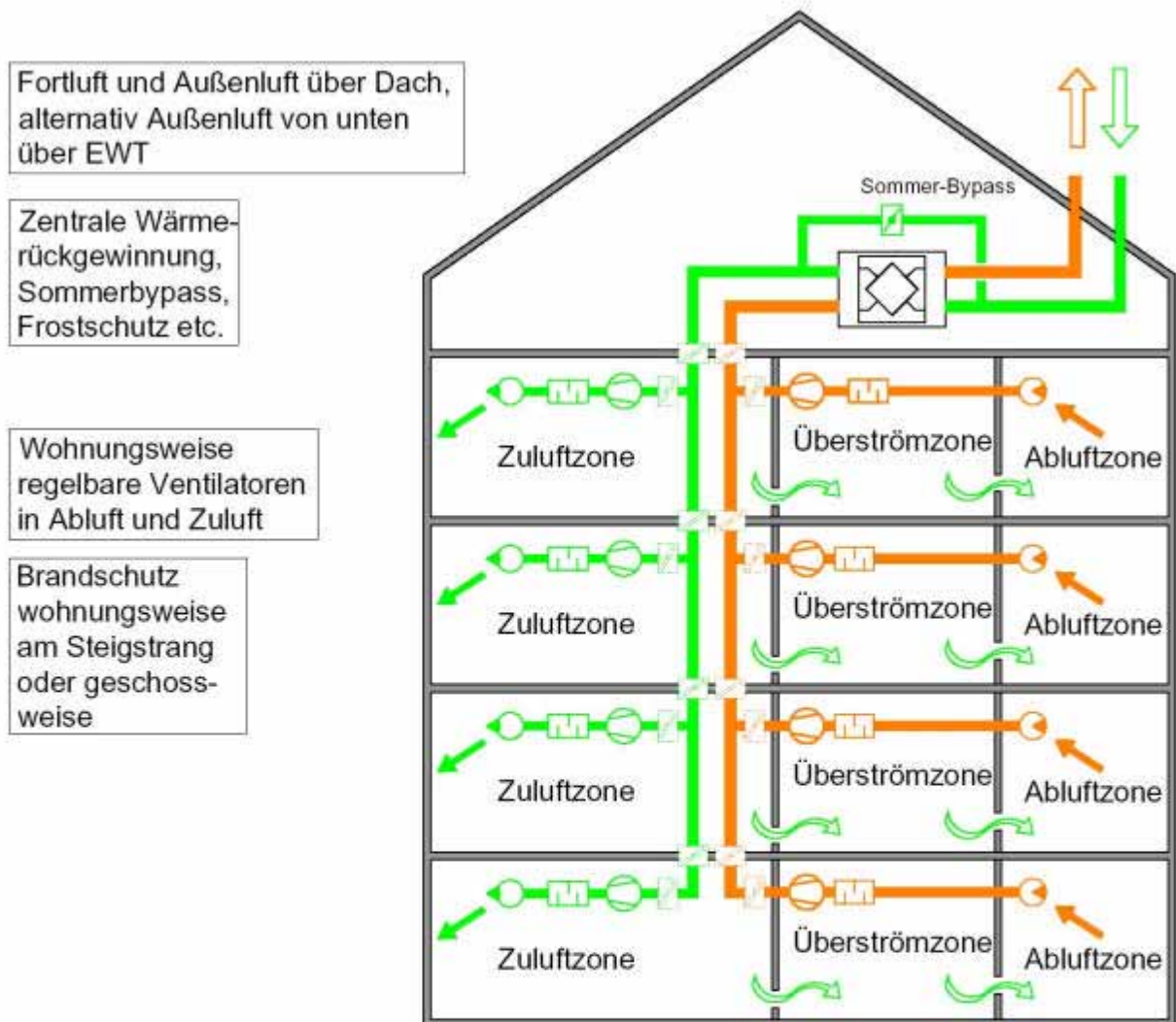
### Nachteile:

- Platzbedarf in den Wohnungen
- verzweigtes Zuluftkanalnetz erfordert oft abgehängte Decken
- Anlagenteile, die einer Wartung unterliegen, befinden sich in den Wohnungen
- u.U. Schallprobleme (Abstrahlgeräusche Lüftungsgerät)

**Kosten:**  
50 bis 60 EUR/m<sup>2</sup>

#### 5.2.4.7. Semizentrale Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung im Geschosswohnungsbau

Zentrale Außenluftansaugung (eventuell über Erdwärmetauscher), Außenluftfilterung, Wärmerückgewinnung mit Sommer-Bypass und zentrale Schalldämpfer. Dezentral werden für jede Nutzer-/Wohneinheit volumenstromkonstante Ventilatoren, Schalldämpfer und eventuell ein Nachheizregister installiert. Brandschutztechnische Abschottung jeder Wohnung zum Steigstrang



## Semizentrale Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung

Abbildung 62: Semizentrale Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung



**Energetische Kennwerte:**

Auslegungsluftwechsel (Referenz):  $0,4 \text{ h}^{-1}$

Wärmerückgewinnung mit Wärmebereitstellungsgrad zwischen 75 und 90% je nach System

luftmengenspezifische, elektrische Leistungsaufnahme:  $0,45 \text{ Wh/m}^3$

Jahresstrombedarf  $3,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$

**Vorteile:**

- + Möglichkeit zur energieeffizienten Wärmerückgewinnung
- + gute Regelungsmöglichkeiten mit großem Regelbereich für Wohnungen
- + geringer Platzbedarf in den Wohnungen

**Nachteile:**

- ausreichend großer Technikraum muss vorhanden sein
- Führung der zentralen Lüftungskanäle oft schwierig
- verzweigtes Zuluftkanalnetz erfordert oft abgehängte Decken
- Brandschutz beachten

**Kosten:**

40 bis 55 EUR/m<sup>2</sup>

#### **5.2.4.8. Kombiniertes System mit dezentralen Einzelraumlüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung und Abluftanlage für innenliegende Sanitärräume**

Jeder Aufenthaltsraum wird mit Einzelraumlüftern in der Außenwand ausgestattet. Die Einzelraumlüfter versorgen den Raum mit Zu- und Abluft und haben eine integrierte Wärmerückgewinnung. Innenliegende Sanitärräume werden mit einem einfachen Abluftsystem ausgestattet (mit zentralem oder dezentralen Ventilatoren).

**Energetische Kennwerte:**

Auslegungsluftwechsel: ca.  $0,55 \text{ h}^{-1}$

Wärmerückgewinnung mit Wärmebereitstellungsgrad 90% für Einzelraumlüfter, Gesamtsystem ca. 45%

luftmengenspezifische, elektrische Leistungsaufnahme:  $0,25 \text{ Wh/m}^3$  für Einzelraumlüfter und  $0,20 \text{ Wh/m}^2$  für Abluft

Jahresstrombedarf  $2,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$

**Vorteile:**

- + kein Luftkanalnetz in den Wohnungen erforderlich
- + relativ kostengünstig
- + geringer Strombedarf

**Nachteile:**

- kein Querlüftungsprinzip, es ist ein erhöhter Luftwechsel erforderlich um die gleiche Lüftungseffizienz wie bei Querlüftung zu erreichen
- durch Abluftsystem in den innenliegende Räumen eingeschränkte Wärmerückgewinnung des Gesamtsystems
- Schallquelle im Raum
- keine hochwertige Außenluftfilterung möglich

**Kosten:**

38 bis 45 EUR/m<sup>2</sup>

## 5.3. Exemplarische Wärmebereitstellungs- und Lüftungskonzepte für 3 Gebäude

### 5.3.1. Historische Bausubstanz Wohnhaus Fabrikstraße 9, Steyr

#### 5.3.1.1. Bestand Haustechnik

##### **Raumheizung und Warmwasserbereitung:**

Im Gebäude ist eine Warmwasser-Pumpenheizung mit einem Gaskessel als Wärmeerzeuger installiert. Zusätzlich sind thermische Solarkollektoren zur Unterstützung der Warmwasserbereitung sowie ein Kachelofen mit Holzfeuerung im Wohnbereich vorhanden. Die Warmwasserbereitung erfolgt zentral mit Verteilung zu den zwei Bädern und zur Küche. Für die Raumheizung ist im Erdgeschoss teilweise eine Fußbodenheizung installiert, im Obergeschoss Heizkörper.

##### **Lüftung:**

Bisher erfolgte die Lüftung über Fenster.

#### 5.3.1.2. Bauliche Voraussetzungen, Technikraum, Trassen

Das Gebäude steht unter Denkmalschutz. Änderungen an der Außenhülle müssen mit den zuständigen Ämtern abgesprochen werden. Dies betrifft vor allem Sonnenkollektoren auf dem Dach, eventuelle Außenluftdurchlässe in der Fassade oder Frischluft- und Fortlufthauben auf dem Dach. Im vorliegenden Fall sind deutliche Änderungen am äußeren Erscheinungsbild genehmigt worden (Sonnenkollektoren auf dem Dach), so dass in Bezug auf die Haustechnik keine wesentlichen Einschränkungen bestehen.

Es sind keine Kellerräume vorhanden, die als Technikraum oder Brennstofflager genutzt werden könnten. Es ist vorgesehen, die Decke über dem Obergeschoss zu dämmen, so dass sich der Dachboden außerhalb der thermischen Hülle befindet und somit als Technikraum ungünstig ist. Werden bei der Sanierung die Dachschrägen gedämmt, bietet sich der Dachboden als Technikzentrale an, insbesondere:

- wenn eine Gastherme mit raumluftunabhängigem Betrieb vorgesehen wird, da dann die Abgasleitung sehr kurz und einfach durch das Dach geführt werden kann.
- wenn die Einbindung einer thermischen Solaranlage vorgesehen ist, da die Verbindungsleitungen zwischen Kollektoren und Speicher kurz sind und keine Steigstränge durch die Geschosse benötigt werden.
- wenn eine Zu-/Abluftanlage vorgesehen ist, die keinen Erdwärmetauscher erhält. Außenluft und Fortluft können dann über kurze Wege über Dach angesaugt bzw. ausgeblasen werden.

Im vorliegenden Fall bietet sich ein kleiner Technikraum im Obergeschoss neben der Küche an:

- Er befindet sich innerhalb der thermischen Hülle, was sich günstig auf den Wärmebereitstellungsgrad der Lüftung und die Nutzbarkeit der Wärmeverluste von Heizung und Warmwasserspeicher auswirkt.
- Außenluft- und Fortluftleitungen können nach oben über Dach geführt werden und verlaufen nur eine Strecke (zwischen Lüftungszentralgerät und Decke über OG) im Warmen.
- Es ist ein Kamin vorhanden, der als Abgasleitung für einen Gas-Brennwertkessel genutzt werden kann.

#### 5.3.1.3. Wärmebereitstellungskonzept

Die bisherige Wärmeversorgung erfolgte mit dem Energieträger Erdgas. Es sind keine Brennstofflagerräume vorhanden.

Will man in solch einem Fall dennoch zu einem regenerativen Energieträger wechseln, besteht die Möglichkeit eines unterirdischen Holzpelletspeichers, aus dem mit einer Saugleitung ein Kessel automatisch beschickt werden kann. Zu bedenken sind allerdings der relativ hohe Aufwand für die damit verbundenen Erdarbeiten und das Wiederherstellen von Oberflächen und Bepflanzung. Da es

im vorliegenden Fall keinen Aufstellort für den Kessel in unmittelbarer Nähe zu einem Erdspeicher gibt, scheidet diese Lösung hier sowieso aus.

Als Alternative kommt noch eine Wärmeerzeugung mit einer erdgekoppelten, elektrischen Wärmepumpe in Frage. Dazu wären auf dem Grundstück zwei etwa 100 m tiefe Erdsondenbohrungen als Wärmequelle nötig. In Verbindung mit einer Fußbodenheizung und Auslegungstemperaturen von 35/28°C für den Heizungsvorlauf/-rücklauf kann die Wärmepumpe eine Jahresarbeitszahl von 4,0 erreichen. Da auch hier die Verbindungsleitungen zwischen Erdsonden und Wärmepumpe möglichst kurz sein sollten, spricht die Lage des Technikraumes auch hier eher gegen diese Lösung. Außerdem muss mit deutlich höheren Investitionen (Erdsonden ca. 9.000 EUR, Mehrkosten Fußbodenheizung gegenüber Heizkörpern) als bei einer Lösung mit Gas-Brennwertkessel gerechnet werden.

Die Nutzung des bereits vorhandenen Erdgas-Anschlusses und der Einsatz eines Gas-Brennwertkessel ist demnach die naheliegendste und kostengünstigste Lösung unter Berücksichtigung der ökologischen Mindestanforderungen.

Verbessert wird die ökologische Bewertung durch die Einbeziehung der bereits vorhandenen Solaranlage. Auch wenn keine Solaranlage vorhanden wäre, könnte mit vertretbarem Mehraufwand (Mehrkosten für Kollektoren, Leitungen, vergrößertem Speicher und Regelung ca. 4.500 EUR) die Primärenergiebilanz verbessert und die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert werden.

Im vorliegenden Fall ist es sogar sinnvoll, ein System einzusetzen, das eine solare Heizungsunterstützung ermöglicht. Auf dem Markt befinden sich z.B. Anlagen, bei denen der Brennwertkessel im Bereitschaftsteil eines Solar-Pufferspeichers integriert ist. Aus dem Pufferspeicher, der vorrangig von der Solaranlage und bei Bedarf durch den Brennwertkessel beheizt wird, wird sowohl die Wärme für die Raumheizung als auch für die Warmwasserbereitung entnommen. Die Warmwasserbereitung erfolgt im Durchlaufprinzip. Bei dem mit der Sanierung angestrebten Dämmstandard mit einem Heizwärmebedarf um 100 kWh/(m<sup>2</sup> a) kann ein solarer Deckungsanteil an der Heizwärme von 10 – 15% erreicht werden. Zusammen mit dem Beitrag zur Warmwasserbereitung führt dies zu Energieeinsparungen von 20 – 25%.

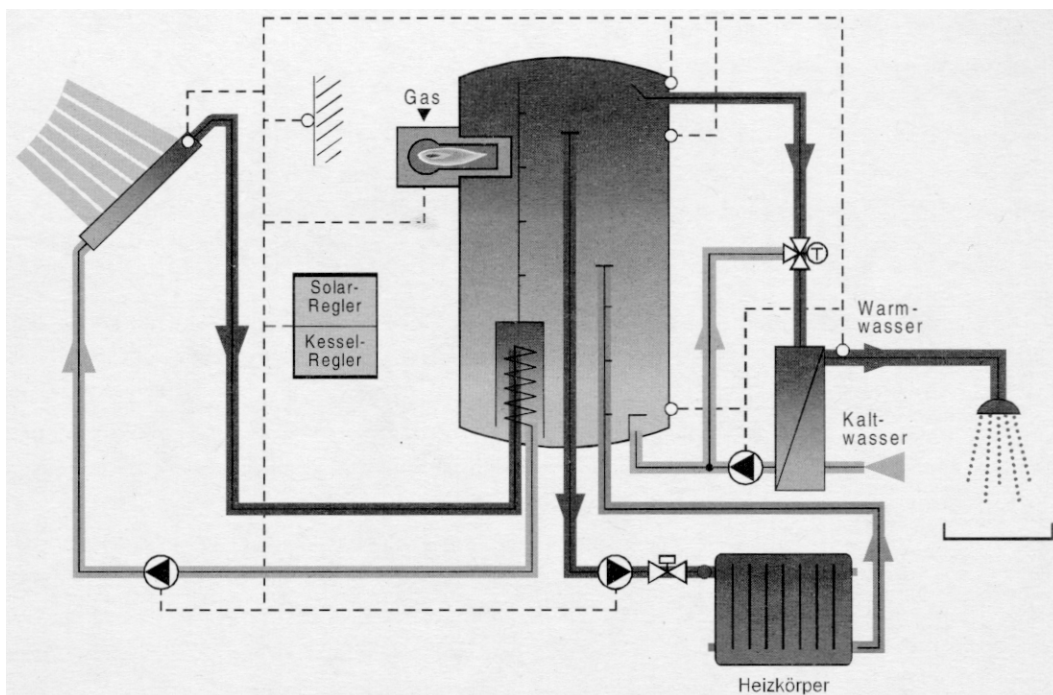


Abbildung 63: Funktionsschema einer Heizungsanlage mit solarer Warmwasserbereitung und solarer Heizungsunterstützung (Quelle: Solvis)

Bei hochwärmegedämmten Gebäuden, mit einer relativ kurzen Heizperiode im Kernwinter bei relativ geringer Sonnenscheindauer, wird der absolute Beitrag (in kWh/a) der solaren Heizwärmeunterstützung gering sein. Zudem ist bei diesen Gebäuden zu bedenken, dass der hohe Anteil passiver Solarnutzung über Fensterflächen dazu führt, dass das Gebäude vor allem in Zeiten geringer Solarstrahlung beheizt werden muss. Deshalb sollte bei solchen Gebäuden der Mehraufwand für die solare Heizwärmeunterstützung im Einzelfall kritisch geprüft werden.

Die Heizlast des sanierten Gebäudes wird im vorliegenden Fall immer noch so hoch sein (ca. 45 W/m<sup>2</sup>), dass eine Wärmeverteilung über die Zuluft einer Wohnungslüftungsanlage nicht in Frage kommt (die Grenze liegt bei etwa 10 W/m<sup>2</sup>). Auf ein eigenes Heizwärmeverteilnetz kann hier also nicht verzichtet werden. Sinnvoll ist eine Pumpenwarmwasser-Heizung mit Heizkörpern. Die Auslegungstemperaturen sollten möglichst niedrig gewählt werden. Beim Einsatz neuer Heizkörper sollten diese auf VL/RL-Temperaturen von maximal 60/40°C ausgelegt werden. Durch eine Spreizung von 20 K bei Auslegungstemperatur kann der notwendige Heizwasserstrom relativ gering bleiben, was sich günstig auf Pumpenstrom und Leitungsdimensionierung auswirkt.

Für die Heizleitungsverlegung bietet sich an, je Geschoss einen Kreis entlang der Außenwände zu verlegen und die Heizkörper nach dem Tichelmann-Prinzip (siehe Abbildung in Abschnitt 5.2.2) anzuschließen. Dadurch sind an allen Heizkörpern annähernd gleiche hydraulische Bedingungen und die Einregulierung vereinfacht sich. Um die unregelmäßige Wärmeabgabe an die Räume durch die Heizungsleitungen zu minimieren, muss die Ringleitung auch in den beheizten Räumen gedämmt werden.

Die Heizungsleitungen können entweder in einem Sockelleistensystem oder in einer Installationsebene in Verbindung mit der Innendämmung verlegt werden. Die Leitungen sollten auf ein Druckgefälle von unter 100 Pa/m dimensioniert werden. In den Geschossen reichen dazu Kupferrohre in den Dimensionen 15x1 und 18x1 mm aus. Zur Vermeidung von unregelmäßiger Wärmeabgabe über die Heizungsleitungen sollten diese auch in den Räumen mit mindestens 20 mm gedämmt werden.

Die Wärmeübergabe in den Räumen erfolgt am kostengünstigsten mit Heizkörpern unter den Fenstern. Werden bestehende Heizkörper wieder verwendet, sind die Auslegungstemperaturen des Heiznetzes soweit zu senken, dass die Heizkörperleistung der nach der Sanierung deutlich gesenkten Heizlast entspricht. Alle Heizkörper sollten mit neuen Thermostatventilen mit möglichst geringem Proportionalbereich (maximal 1 Kelvin) ausgestattet sein. Der Proportionalbereich des Ventils gibt an, um wie viel Grad die Raumtemperatur über der Solltemperatur liegen muss, damit das Ventil vollständig schließt.

Alternativ kann die Wohnung mit einer neuen Fußbodenheizung ausgestattet werden. Um unerwünschte Überhitzungen durch das trägere Wärmeübergabesystem zu minimieren, sollten möglichst geringe Auslegungstemperaturen und eine präzise Raumtemperaturregelung verwendet werden. Unter diesen Umständen kann durch das niedrigere Temperaturniveau des Heizsystems der solare Deckungsanteil etwas erhöht werden. Ob bei der verbleibenden spezifischen Heizlast von 45 W/m<sup>2</sup> mit den günstigen Auslegungstemperaturen von 35/28°C eine ausreichende Heizleistung erreicht wird, ist fraglich. Bei Fußbodenheizungen betragen die Mehrkosten zwischen 20% und 50% gegenüber einer Heizkörperheizung. Werden bestehende Heizkörper wieder verwendet, wird das Verhältnis noch ungünstiger.

#### **5.3.1.4. Lüftungskonzept**

Wie bei allen Gebäuden, bei denen durch die Sanierung eine deutlich verbesserte Luftdichtigkeit erreicht wird, sollte hier zur Sicherstellung einer hygienisch und bauphysikalisch unbedenklichen Raumluftqualität eine kontrollierte Wohnungslüftung eingebaut werden. Prinzipiell kann dies im vorliegenden Fall sowohl mit einer Abluftanlage, einer zentralen Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung oder mit raumweisen Wärmerückgewinnungsgeräten in den Außenwänden realisiert werden.

Die zentrale Abluftanlage ist die kostengünstigste Variante. Folgende Gründe sprechen bei diesem Gebäude jedoch für eine Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung:

- + Die Raumanordnung würde es jedoch notwendig machen, dass einige Räume nur als Überströmbereiche zwischen Zulufräumen (Wohn- und Schlafzimmer) und Ablufträumen (Sanitäräumen, Küche, Abstell- und Technikraum) fungieren, obwohl sie eigentlich als Zulufttraum behandelt werden sollten (z.B. Schlafräum mit 2 Kindern im EG). Dies wird mit einer Zu-/Abluftanlage besser gelöst.
- + Da auf Grund des Denkmalschutzes der Verbesserung des Dämmstandards Grenzen gesetzt sind, spricht auch die Reduzierung des Heizwärmebedarfs durch eine Wärmerückgewinnung für die Zu-/Abluftanlage.
- + Bei denkmalgeschützten Häusern sind die optischen Änderungen an Fassade und Dach bei einer zentralen Zu-/Abluftanlage am geringsten. Gegenüber etwa 10 Außenluftdurchlässen in der Fassade, die bei einer Abluftanlage notwendig wären, lassen sich jeweils eine Außenluft- und Fortlufthaube relativ unauffällig in die Dachfläche integrieren.

- + Weitere Vorteile der zentralen Zu-/Abluftanlage sind ein besserer Schallschutz nach außen (vor allem im innerstädtischen Bereich vorteilhaft) sowie die Möglichkeit, die Außenluft hochwertig zu filtern.

Gegen den Einsatz von raumweisen Zu-/Abluftgeräten mit Wärmerückgewinnung spricht:

- Durch die gleichzeitige Versorgung der Räume mit Zuluft und Abluft wird für die gleiche Lüftungseffizienz etwa die doppelte Luftmenge benötigt wie beim Querströmungsprinzip. Die Reduzierung der Lüftungswärmeverluste durch die Wärmerückgewinnung fällt dadurch deutlich geringer aus.
- Raumweisen Geräte würden hier durch die Beeinflussung der Fassade eventuell mit dem Denkmalschutz kollidieren.
- Alle Räume sind ohne großen Aufwand mit Lüftungsleitungen zu erschließen, so dass nirgends Einzelraumgeräte als Notlösung erforderlich wären.

Die Wohnung ist für 6 Bewohner konzipiert. Die Auslegungsbedingung für die Zuluft wäre somit  $6 \times 30 \text{ m}^3/\text{h} = 180 \text{ m}^3/\text{h}$  Zuluftvolumenstrom. Bei den relativ kleinen Sanitärräumen wäre die Auslegungsbedingung (mindestens 2-facher Luftwechsel) bereits mit etwa  $140 \text{ m}^3/\text{h}$  erreicht. Da im Nennbetrieb der Lüftungsanlage jedoch mindestens ein 0,3-facher Luftwechsel bezogen auf das gesamte Luftvolumen der Wohnung erreicht werden sollte, muss die Lüftungsanlage jeweils  $190 \text{ m}^3/\text{h}$  in Zu- und Abluft fördern. Dass der Mindestluftwechsel allein mit den Zuluft- oder Abluft-Auslegungsbedingungen nicht erreicht wird, liegt hier an der relativ großzügigen Belegung ( $42 \text{ m}^2/\text{Person}$ ) und den kleinen Sanitärräumen.

Im Technikraum im OG ist ausreichend Platz für ein Lüftungszentralgerät. Außenluft- und Fortluftleitungen können auf kurzem Weg direkt nach oben durch den Dachboden übers Dach geführt werden. Da es sich während der Heizperiode um kalte Leitungen handelt, müssen sie mit mindestens 76 mm (marktgängig sind geschlossenzellige Dämmmaterialien mit 38 mm Dicke) diffusionsdichter Wärmedämmung gedämmt werden.

Da die Raumhöhen aus gestalterischen Gründen erhalten werden sollen und somit keine abgehängten Deckenbereiche für Lüftungsleitungen zur Verfügung stehen, bietet sich eine horizontale Verteilung oberhalb der obersten Geschossdecke und eine vertikale Erschließung der Räume über die zwei Geschosse an.

Die Verlegung auf der obersten Geschossdecke widerspricht nur teilweise dem Grundsatz, dass Zu- und Abluftleitungen innerhalb der thermischen Hülle verlegt werden sollen. Da die oberste Geschossdecke mit 250 mm gedämmt wird, verlaufen die Lüftungsrohre innerhalb der Dämmebene. Wird auf eine ausreichende Überdämmung der Leitungen geachtet, ist dies in vielen Sanierungsfällen eine platz sparende und kostengünstige Lösung, die z.B. auch bei Wärmedämmverbundsystemen an der Fassade angewendet werden kann. Bei dieser Art der Verlegung wird die luftdichtende Ebene mehrfach durchdrungen. Deshalb ist auf einen besonders sorgfältigen Anschluss der Leitungen an diese Ebene zu achten.

Auf Grund der Luftmengen sind die vertikalen Verteilungen bis zum ersten Abzweig mit DN 150 oder DN 160 zu dimensionieren (max. 3,0 m/s). Rechnet man mit 2 cm Bodenabstand für die Rohrschellen so bleibt eine Überdeckung von 70 bis 80 mm. Im Bereich dieser Lüftungsrohre sollte als eine zusätzliche Lage Dämmmaterial verlegt werden. Zum Vergleich sind in Abbildung 64 die energetischen Auswirkungen unterschiedlicher Verlegung im konkreten Fall dargestellt. Die Wärmeverluste der Lüftungsleitungen werden in den Wärmebereitstellungsgrad (WBG) der Wärmerückgewinnung eingerechnet und haben somit Auswirkungen auf den Heizwärmebedarf (HWB) des Gebäudes. Ausgangswert ist ein Lüftungsgerät mit einem Wärmebereitstellungsgrad von 80%. Bereits durch die Wärmeverluste an die zwei kurzen Außenluft- und Fortluftleitungen reduziert sich der Wärmebereitstellungsgrad auf 78%. Die Länge der Zu- und Abluftleitung, deren Lage variiert wurde, beträgt jeweils 10 Meter.

Verlegung der Zuluft- und Abluftleitungen	WBG <sub>eff</sub> [-]	HWB [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
innerhalb thermischer Hülle	78%	107,7
in Dämmebene	75%	108,5
außerhalb mit 100 mm Dämmung	70%	109,7
außerhalb ohne Dämmung	13%	124,1

Abbildung 64: energetische Auswirkung unterschiedlicher Verlegung der  
Zuluft- und Abluftleitungen

Um die gerichtete Luftströmung von den Zuluft zu den Ablufträumen zu ermöglichen, müssen Überströmöffnungen vorgesehen werden, z.B. in Form von gekürzten Türblättern (ca. 15 mm Spalt).

Schalltechnisch sollte die Anlage jeweils mit einem zentralen Schalldämpfer in Zuluft, Abluft, Fortluft und Außenluft (die beiden letztgenannten können auf dem Dachboden installiert werden) ausgestattet und in die Lüftungsleitungen zwischen Zimmern jeweils ein Telefonie-Schalldämpfer eingebaut werden.

Brandschutztechnisch werden an eine Lüftungsanlage im Einfamilienhaus keine besonderen Anforderungen gestellt. Allenfalls sind die jeweiligen Bestimmungen für den Betrieb von raumluftabhängigen Feuerstätten im Zusammenhang mit Lüftungsanlagen zu beachten, falls nach der Sanierung zusätzlich zum raumluftunabhängigen Gaskessel noch ein Kaminofen im Gebäude betrieben wird.

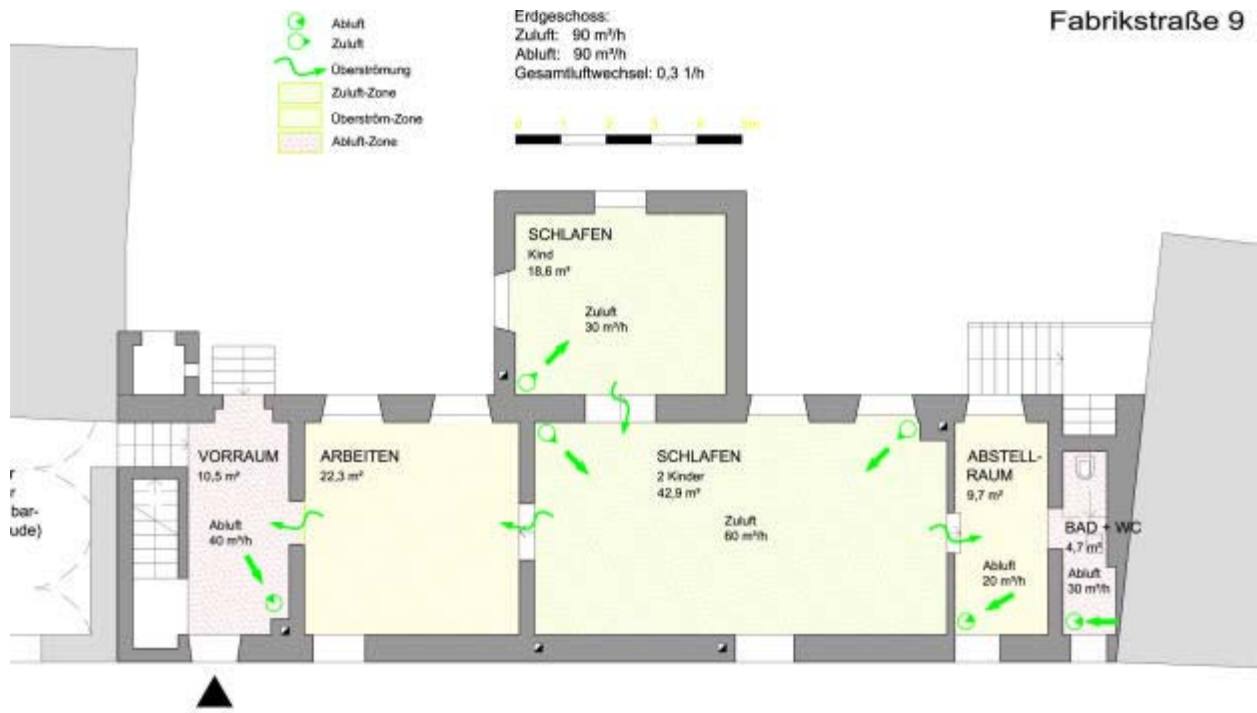
### 5.3.1.5. Übersicht Haustechnikkonzept für Wärme und Lüftung

Historische Bausubstanz: <b>Wohnhaus Fabrikstraße 9, Steyr</b>	
Optimierte Sanierungsvariante	
<p><b>Wärmeversorgung:</b></p> <p>Energieträger: Erdgas, Sonnenenergie</p> <p>Wärmeerzeugung:</p> <p>Raumheizung: Gas-Brennwertkessel mit solarem Pufferspeicher und solarer Heizungsunterstützung</p> <p>Warmwasser: thermische Solarkollektor, Solar-WW-Speicher, ausgelegt auf Deckungsanteil von 60%, Nachheizung über Gaskessel</p> <p>Platzierung: Technikraum innerhalb thermischer Hülle im OG Solarkollektoren auf südorientierter Dachfläche</p>	<p><b>Beachten:</b> Gaskessel mit raumluftunabhängigem Betrieb wegen Lüftungsanlage</p>
<p><b>Wärmeverteilsystem:</b></p> <p>Raumheizung: Pumpen-Warmwasserheizung mit Leitungen innerhalb der thermischen Hülle. Verlegung mit Sockelleistensystem oder in Installationsebene der Innendämmung System-Auslegungstemperaturen: VL 65°C / RL 45°C</p> <p>Warmwasser: Warmwasserleitungen innerhalb der thermischen Hülle. WW-Zirkulation mit Bedarfstaster-Anforderung in Sanitärräumen</p>	<p><b>Beachten:</b> Leitungen in untergeordneten Räumen, in Schächten u.ä. mindestens mit 20 mm dämmen, Ringleitungen ebenfalls dämmen</p> <p><b>Beachten:</b> Warmwasserleitungen mindestens mit 20 mm dämmen</p>
<p><b>Raumwärmeübergabe:</b></p> <p>Heizkörper unter den Fenstern Thermostatventile</p>	<p><b>Beachten:</b> Thermostatventile mit kleinem Proportionalbereich einsetzen.</p>
<p><b>Lüftung:</b></p> <p>Lüftungssystem: Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung Querlüftungsprinzip mit Zuluft-, Überström- und Abluftzonen</p> <p>Auslegung: geringe Belegung (42 m<sup>2</sup>/Pers.), Auslegung auf Mindestluftwechsel 0,3 1/h entsprechend 190 m<sup>3</sup>/h</p> <p>Wärmerückgewinnung: Gegenstromwärmetauscher im Lüftungsgerät mit Wärmebereitstellungsgrad &gt;80%</p> <p>Luftkanalnetz: horizontale Verteilung im Dachboden (innerhalb der Dämmebene)</p>	<p><b>Beachten:</b> Luftdichtheit der Gebäudehülle <math>n_{50} &lt; 1,0</math> 1/h</p> <p><b>Beachten:</b> ausreichende Überströmöffnungen planen</p> <p><b>Beachten:</b> Lüftungskanäle mit mindestens 100 mm überdämmen.</p> <p><b>Beachten:</b> Bei Durchdringung der luftdichten Ebene luftdichten Anschluss</p>

vertikale Erschließung der Räume.	der Kanäle planen
<b>Kennwerte:</b>	
Energiekennwert Heizwärme:	108 kWh/(m <sup>2</sup> a)
PE-Kennwert WW, Heizung, Lüftung:	114 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Gesamtemission CO <sub>2</sub> -Äquivalent:	24,7 kg/(m <sup>2</sup> a)
Lüftung:	
Wärmebereitstellungsgrad Gerät:	80%
Effektiver Wärmebereitstellungsgrad:	75%
spez. elektr. Leistungsaufnahme Nennbetrieb:	0,40 Wh/m <sup>3</sup>
Raumheizung:	
Heizlast:	45 W/m <sup>2</sup>
Aufwandszahl Heizwärmeverteilung:	1,0+
Aufwandszahl Wärmeerzeuger Heizung:	0,92
PE-Aufwandszahl Raumheizung:	1,04
Warmwasser:	
Aufwandszahl WW-Verteilung und Speicherung:	1,12
Aufwandszahl Wärmeerzeuger Warmwasser:	1,23
PE-Aufwandszahl Warmwasser:	0,89

Tabelle 51: Übersicht Haustechnikkonzept für Wärme und Lüftung



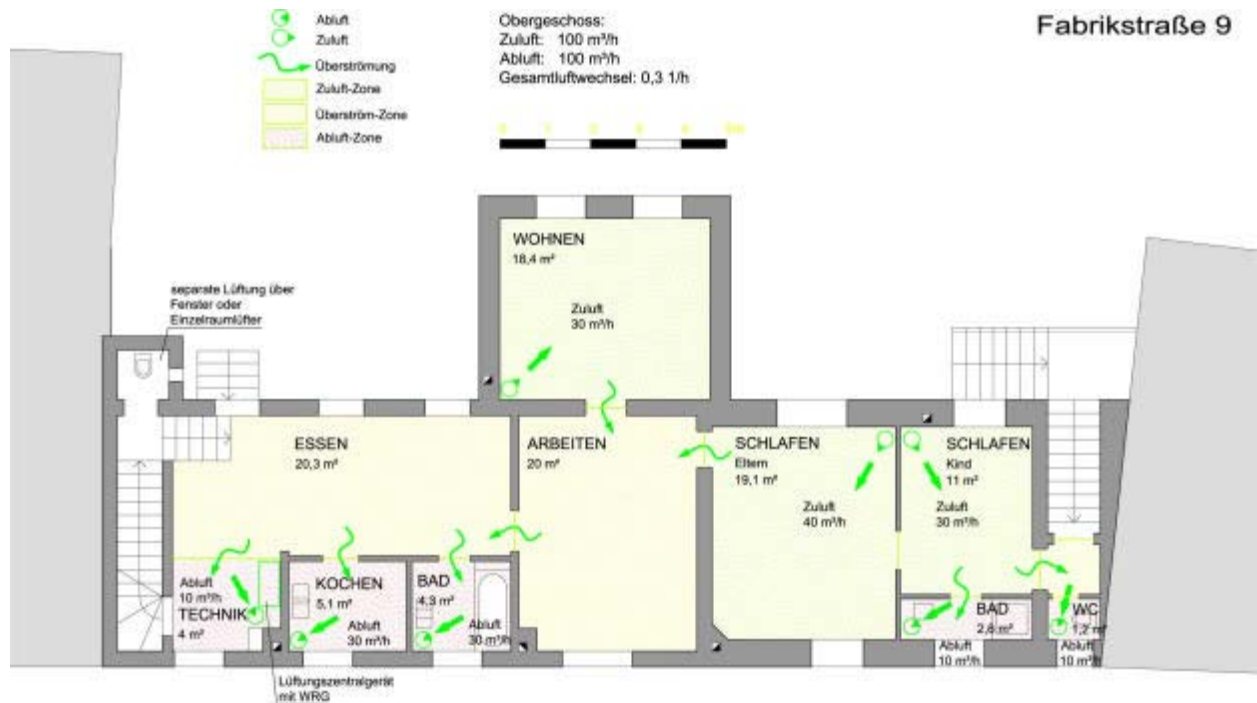


Lüftungskonzept  
 Zu-/Abluftanlage mit WRG  
 ERDGESCHOSS



**POPPE\*PREHAL ARCHITEKTEN**  
**ebök** Ingenieurbüro für Energieberatung,  
 Haustechnik und ökologische Konzepte GbR

Abbildung 65: Lüftungskonzept Erdgeschoss

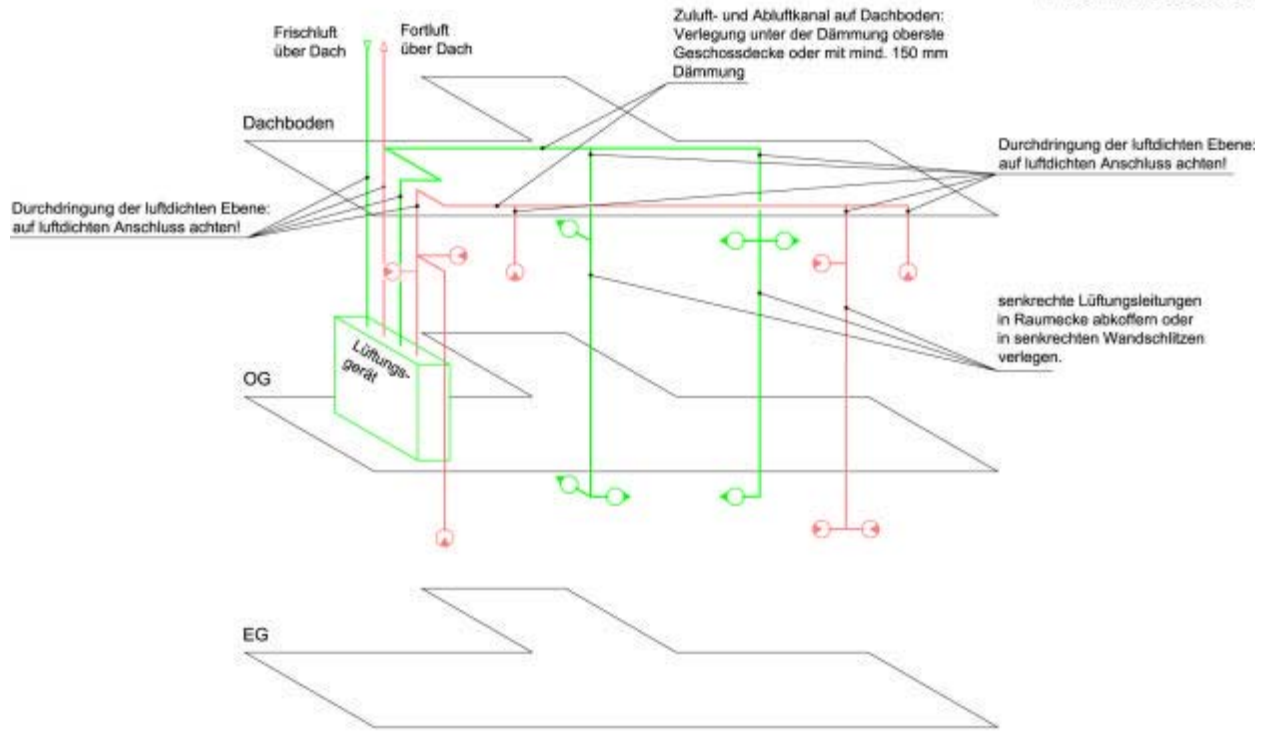


Lüftungskonzept  
 Zu-/Abluftanlage mit WRG  
 OBERGESCHOSS



**POPPE\*PREHAL ARCHITEKTEN**  
**ebök** Ingenieurbüro für Energieberatung,  
 Haustechnik und ökologische Konzepte GbR

Abbildung 66: Lüftungskonzept Obergeschoss



Lüftungskonzept  
Zu-/Abluftanlage mit WRG  
STRANGSCHEMA

**POPPE\*PREHAL ARCHITEKTEN**  
**ebök** Ingenieurbüro für Energieberatung,  
Haustechnik und ökologische Konzepte GbR

Abbildung 67: Lüftungskonzept Strangschema

### 5.3.1.6. Vergleich mit Alternativkonzepten anhand der Kennwerte Haustechnik

Für vergleichbare Sanierungsobjekte kann folgendes Konzept als Mindestanforderung an eine ökoeffiziente Sanierung angesehen werden:

Wärmeversorgung mit Gas-Brennwertkessel für Raumwärme und Warmwasserbereitung sowie Abluftanlage als kontrollierte Wohnungslüftung (**Variante 1**). Bei einem Energiekennwert Heizwärme von 122kWh/(m<sup>2</sup>a) ergeben sich ein Primärenergie-Kennwert von 146kWh/(m<sup>2</sup>a) und spezifische CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen von 31,4 kg/(m<sup>2</sup>a).

Mit einer thermischen Solaranlage für die Warmwasserbereitung (**Variante 1.1**) können die Kennwerte um etwa 9% reduziert werden.

Steht kein Gasanschluss zur Verfügung kann eine erdgekoppelte, elektrische Wärmepumpe als Wärmeerzeuger eingesetzt werden. Bei einer Jahresarbeitszahl von 4,0 für die Raumwärmeerzeugung und 3,7 für die Warmwasserbereitung sowie den Faktoren der europäischen Stromversorgung (**Variante 2**) ergeben sich etwas günstigere Kennwerte als bei Variante 1. Legt man beim Strom die österreichischen Faktoren für Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen (**Variante 2.1**) zu Grunde, ergeben sich sehr günstige Kennwerte.

Ist ein geeigneter Heizraum mit Brennstofflager vorhanden, kann als energetisch optimierte Variante ein zentraler Holz-Pelletsessel für die Wärmeversorgung, eine thermischen Solaranlage zur Warmwasserbereitung und eine Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung angesehen werden (**Variante 3**). Wie beim ausführlich beschriebenen Konzept, reduziert sich durch die Wärmerückgewinnung der Heizwärmebedarf von 122 auf 108 kWh/(m<sup>2</sup>a). Der Primärenergie-Kennwert sinkt auf 40kWh/(m<sup>2</sup>a) und die CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen auf 10,7kg/(m<sup>2</sup>a), setzt man auch hier die österreichischen Stromfaktoren an (**Variante 3.1**), sogar auf 34kWh/(m<sup>2</sup>a) und 9,4kg/(m<sup>2</sup>a).

	Heizwärmebedarf [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	PE-Kennwert [kWh/(m <sup>2</sup> a)]		CO <sub>2</sub> -Äquivalent [kg/(m <sup>2</sup> a)]	
beschriebenes Konzept Fabrikstr. 9: Gas-Brennwert / Solar / Zu-Abluft 80% WRG	<b>108</b>	114	100%	24,7	100%
Variante 1: Gas-Brennwert / Abluftanlage	<b>122</b>	146	128%	31,4	127%
Variante 1.1: Gas-Brennwert / Solar / Abluftanlage	<b>122</b>	136	119%	29,2	118%
Variante 2: Sole-WP JAZ 4,0 / Abluftanlage	<b>122</b>	108	95%	25,0	101%
Variante 2.1: (österreichischer Strom) Sole-WP JAZ 4,0 / Abluftanlage	<b>122</b>	33	29%	10,2	41%
Variante 3: Holzpellet-Kessel / Solar / Zu-Abluft 80% WRG	<b>108</b>	40	35%	10,7	43%
Variante 3.1: (österreichischer Strom) Holzpellet-Kessel / Solar / Zu-Abluft 80% WRG	<b>108</b>	34	30%	9,4	38%

Abbildung 68: energetische Kennwerte für unterschiedliche Konzepte für Wärme und Lüftung

### 5.3.1.7. Zusammenfassung

Bei der historischen Bausubstanz sind eine Vielzahl von **Wärmeversorgungssystemen** anzutreffen. Als einigermaßen typisch kann die Beheizung mit Einzelöfen, mit zentralen Kachelöfen oder auch kombinierte Systeme (wie im untersuchten Beispiel) angesehen werden. Generell sollte bei diesen Gebäuden eine zentrale Wärmeerzeugung angestrebt werden. Falls leitungsgebundene Energieträger wie Erdgas oder Fernwärme vorhanden sind, ist ein Anschluss an diese Energieversorgung sinnvoll. Alternativ kann die Wärmeversorgung, wenn die entsprechenden Voraussetzungen vorliegen, mit

erdgebundenen Wärmepumpen oder mit zentralen, automatisierten Holzkesseln erfolgen. Der Einsatz von thermischen Sonnenkollektoren ist wünschenswert, wird aber bei denkmalgeschützten Gebäuden nur in seltenen Fällen (wie bei der Fabrikstrasse 9) möglich sein.

In der Regel findet man bei Gebäuden dieser Baualtersklasse Keller oder andere Räume, die als **Technikzentralen** verwendet werden können. Bei entsprechender Reduzierung der Heizlast durch die wärmetechnische Sanierung können oft relativ kleine Wärmeerzeuger verwendet werden, die im bewohnten Bereich oder in einer Dachheizzentrale eingesetzt werden können. Anzustreben ist die Aufstellung von Wärmeerzeuger, Warmwasserspeicher, Lüftungsgeräten und ähnlicher Komponenten innerhalb der gedämmten Hülle.

Meist ist kein, bzw. nur ein ungenügendes **Heizwärmeverteilnetz** vorhanden. Auf Grund des erreichbaren Dämmstandards dieser Gebäude, insbesondere wenn es sich um denkmalgeschützte Objekte handelt, werden die Heizkörper wie üblich im Außenwandbereich unter den Fenstern angeordnet. Die Leitungsführung kann als Ringleitung entlang der Außenfassade in Verbindung mit einem Sockelleistensystem oder bei innengedämmten Gebäuden in einer Installationsebene der Innendämmung erfolgen oder alternativ mit einer oben oder unten liegenden Verteilung mit vertikaler Erschließung der einzelnen Räume.

Die Gebäude der historischen Bausubstanz werden typischerweise über Fenster gelüftet, teilweise findet sich freie **Lüftung** über Schächte. Der Einbau einer Wohnungslüftungsanlage ist zu empfehlen. Insbesondere bei denkmalgeschützten Häusern mit Innendämmung wird durch eine kontrollierte, mechanische Lüftungsanlage die Bauschadenanfälligkeit deutlich vermindert. Bei denkmalgeschützten Gebäuden wird mit einer Zu-/Abluftanlage am wenigsten in Fassade und Dachgestaltung eingegriffen.

In den meisten Fällen sind die Sanitärräume räumlich nicht zusammen liegend, so dass nicht nur das Wasserverteilnetz aufwändig ist, sondern meist auch das **Lüftungskanalnetz**. Oft bietet sich deshalb eine horizontale Leitungsführung auf der obersten Geschossdecke oder unter der Kellerdecke mit vertikaler Erschließung der einzelnen Räume. Dabei ist zu beachten, dass bei Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung die Lüftungsleitungen noch innerhalb der Dämmebene liegen oder entsprechend gut gedämmt werden.

Ausgehend vom ökologischen Mindeststandard mit Gas-Brennwertkessel und Abluftanlage kann mit einer Zu-/Abluftanlage ca. 25% Primärenergieeinsparung erreicht werden und mit einer thermischen Solaranlage weitere 10%. Unter ökologischen Gesichtspunkten stellt eine regenerative Wärmeerzeugung mit Holz in Verbindung mit einer thermischen Solaranlage und einer Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung die optimale Variante dar.

## **5.3.2. Gebäude Jahrhundertwende 19./20. Jh. Konzept für Kasernengebäude Objekt 1, Steyr Trassenführung Gebäude Bahnhofstraße 12, Steyr**

### **5.3.2.1. Bestand Haustechnik**

#### **Raumheizung und Warmwasserbereitung:**

Im Gebäude ist eine Warmwasser-Pumpenheizung mit Heizkörpern installiert. Die Wärmeversorgung erfolgt aus einem Nahwärmenetz, zur Wärmeerzeugung sind in der zentralen Heizzentrale im Hauptgebäude auf dem Kasernengelände Heizkessel mit Ölbrennern installiert. Die Heizkörper im Erdgeschoss werden mit einem 2-Leiter-Rohrsystem mit Verteilung im Untergeschoss erschlossen, die Heizkörper im Obergeschoss sind an ein an der Außenfassade umlaufende Einrohrsystem angeschlossen.

Die Warmwasserbereitung erfolgte bisher dezentral elektrisch.

#### **Lüftung:**

Bisher erfolgte die Lüftung über Fenster.

### **5.3.2.2. Bauliche Voraussetzungen, Technikräume, Trassen**

Das Gebäude soll im Rahmen der Sanierung für Wohnraum umgenutzt werden. Dazu ist die Aufteilung in 8 Wohnungen je Geschoss vorgesehen.

Im Dachboden und im Untergeschoss sind Räume vorhanden, in denen zentrale Technik untergebracht werden kann. Nach der Sanierung verläuft die thermische Hülle oberhalb der Kellerdecke und auf der Decke vom Obergeschoss zum Dachboden. Falls zentrale Technik im Untergeschoss oder auf dem Dachboden untergebracht werden soll, wäre zu prüfen, ob diese Bereiche ebenfalls gedämmt und somit in die thermische Hülle einbezogen werden können.

Für die Wärmeversorgung bietet sich eine Verteilung in der Dämmebene zum kalten Untergeschoss an. Im vorliegenden Fall bedeutet dies die Verlegung der Heizungsleitungen auf dem vorhandenen Fußboden im Erdgeschoss. Bei der Sanierung ist als Fußbodenaufbau auf den bestehenden Verbundestrich eine 80 mm starke Perliteschüttung mit oberseitigem Estrich. Die Aufbauhöhe erlaubt problemlos die Verlegung der Heizungsleitungen (ca. DN 25), die mit Kompaktdämmhülsen unterseitig 38 mm gedämmt werden. Die einzelnen Wohnungen werden von diesen horizontalen Verteilleitungen über wohnungszentrale Installationsschächte vertikal erschlossen.

Alternativ kann die Verteilung auch unter der Kellerdecke erfolgen, falls diese dann unterseitig gedämmt wird. Die Einbeziehung der Heizungsverteilleitungen in die Dämmebene ist in diesem Fall jedoch wesentlich aufwendiger als im Rahmen einer Perliteschüttung auf der Oberseite der Decke.

Bei zentralen Lüftungsanlagen bietet sich der Dachboden für die Installation der Zentralgeräte an, da hier Außenluft- und Fortluftleitungen problemlos über Dach geführt werden können und nicht innerhalb der gedämmten Hülle verlaufen. Das horizontale Luftkanalnetz auf dem Dachboden kann innerhalb der oberseitigen Dämmebene verlaufen. Die Leitungen zu den Wohnungen sind dabei so aufzuteilen, dass die maximale Rohrdimension 160 mm beträgt, so dass bei einer geplanten Dämmstärke von 250 mm noch eine Rohrüberdeckung etwa 70 mm vorhanden ist. Noch günstiger ist die Verlegung von Ovalrohren mit entsprechendem Querschnitt, bei denen die Überdeckung dann mehr als 100 mm betragen würde. Die vertikale Erschließung der Wohnungen erfolgt dann über die wohnungszentralen Installationsschächte.

Bei Gebäuden mit mehreren Wohnungen ist es für die Warmwasserversorgung kostengünstig und energetisch vorteilhaft, wenn die Sanitäräume mit Warmwasserzapfstellen möglichst kompakt im Bereich des vertikalen Installationsschachtes liegen. Dies ermöglicht kurze Leitungslängen und vor allem den Verzicht auf zirkulierende Leitungen innerhalb der Wohnung. Im Geschosswohnungsbau dieser Baualtersklasse (Jahrhundertwende 19./20. Jh.) ist dies typischerweise der Fall. Im vorliegenden Fall ergeben sich jedoch aus der Struktur des Gebäudes teilweise Wohnungszuschnitte, bei denen WW-Zapfstellen mehr als 5 m vom zentralen Installationsschacht entfernt sind. Dies muss bei der Warmwasserversorgung berücksichtigt werden. Die Anordnung der Sanitäräume erfordert außerdem den Anschluss jeder Wohnung an 2 Schmutzwasserfallleitungen.

### 5.3.2.3. Wärmebereitstellungskonzept

Bei bestehendem Nahwärmenetz ist eine Beibehaltung dieser Wärmeversorgung ökologisch dann sinnvoll, wenn die zentrale Wärmeerzeugung besonders effizient und/oder unter Einbindung regenerativer Energiequellen erfolgt, so dass die zusätzlichen Verluste des Nahwärmeverteilnetzes ausgeglichen werden. Die Möglichkeiten einer ökoeffizienten Wärmeversorgung mit dem bestehenden Nahwärmenetz wurden bereits untersucht. Werden diese realisiert, ist aus wirtschaftlichen und energetischen Gründen an der Nahwärmeversorgung festzuhalten.

Grundsätzlich ist alternativ auch eine gebäudezentrale Wärmeerzeugung möglich. Ausreichend Platz für Heizraum und eventuelle Brennstofflager sind im Untergeschoss vorhanden, wie dies i.d.R. bei Gebäuden dieser Baualterklasse der Fall ist. Ebenso sind ausreichend Kamine vorhanden, von denen einer als Abgasleitung genutzt werden könnte. Im vorliegenden Fall wäre eine Wärmeerzeugung mit Holzpellet-Kessel und solarer Trinkwasserbereitung, eventuell auch mit solarer Heizungsunterstützung in Verbindung mit einem Pufferspeicher denkbar. Bei Gebäuden mit Erdgasanschluss kann alternativ auch ein Gas-Brennwertkessel eingesetzt werden.

Die Heizlast des sanierten Gebäudes wird im vorliegenden Fall bei der optimierten Sanierungsvariante bei ca. 20 W/m<sup>2</sup> betragen. In Verbindung mit der dabei vorgesehenen 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung reicht eine Wärmeverteilung über die Zuluft einer Wohnungslüftungsanlage nicht aus, um die Behaglichkeitskriterien einzuhalten. Auf ein eigenes Heizwärmeverteilnetz mit Heizkörpern unter den Fenstern oder einer Fußbodenheizung kann nicht verzichtet werden. Die bestehenden Heizkörper sind für die neue Heizlast deutlich zu groß. Sie haben einen großen Wasserinhalt und die Raumtemperatur wäre mit ihnen somit schlecht zu regeln. Deshalb sollten sie ersetzt werden.

Für jede Wohnung muss die Wärme an einer zentralen Stelle übergeben werden, damit eine Heizkostenerfassung mit Wärmemengenzähler möglich ist. Für die Heizleitungsverlegung in den Wohnungen bietet sich sowohl für Heizkörper als auch für Fußbodenheizung eine sternförmige Verlegung von der zentralen Wärmeübergabe aus an. Die Leitungen können im Fußbodenaufbau verlegt werden.

Die Warmwasserbereitung kann wohnungszentral in Wohnungs-Warmwasserbereitungsstationen im Durchlaufprinzip erfolgen (siehe Abbildung 69). Die Station wird direkt an die Heizungsleitungen angeschlossen. Diese müssen auf den für die Warmwasserbereitung benötigten maximalen Heizwasser-Massenstrom dimensioniert werden und die Vorlauftemperatur muss ganzjährig auf dem für die Warmwasserbereitung benötigten Temperaturniveau gehalten werden. Den dadurch zusätzlich entstehenden Wärmeverlusten steht die Einsparung von Wärmeverlusten eines separaten, zirkulierten Warmwasser-Verteilnetzes und eines Warmwasserspeichers gegenüber.



Abbildung 69: Wohnungsstation zur Warmwasserbereitung im Durchflussprinzip mit Plattenwärmetauscher (Quelle: Fa. Logotherm)

Vorteile der wohnungszentralen Warmwasserbereitung:

- Kein zentrales Warmwasserverteilnetz mit Zirkulation und keine zentrale oder dezentrale Warmwasserspeicherung, dadurch
- weniger Wärmeverluste
- bessere Hygiene (kein stehendes Warmwasser)
- geringerer Platzbedarf
- nur eine Verbrauchs-Messeinrichtung (Wärmemengenzähler) je Wohnung
- u.U. geringere Investitionen

Bei Bedarf können diese Stationen auch mit Warmwasserzirkulation ausgestattet werden, um den Warmwasserkomfort auch bei weit auseinander liegenden Zapfstellen innerhalb einer Wohnung zu gewährleisten.

Falls die Leistungsabnahme aus dem Nahwärmenetz begrenzt werden muss oder wenn nur ein auf die Heizlast dimensionierter Wärmeerzeuger zur Verfügung steht, kann im Gebäude über einen Pufferspeicher die Leistungsspitzen der Warmwasserbereitung überbrückt werden.

Falls im vorliegenden Fall kein Pufferspeicher für die Warmwasserbereitung erforderlich ist, erlaubt dieses Wärmebereitstellungskonzept eine Verlegung aller Komponenten in die gedämmte Hülle. Es wäre kein Heizraum im Untergeschoss notwendig, der außerhalb der thermischen Hülle liegt oder aufwändig gedämmt werden müsste.

#### 5.3.2.4. Lüftungskonzept

Der angestrebte Energiestandard mit einem Heizwärmebedarf von etwa 40 kWh/(m<sup>2</sup> a) kann nur mit einer Zu-/Abluftanlage mit hochwertiger Wärmerückgewinnung erreicht werden. Bei einer Lüftung mit Abluftanlagen würde sich der Kennwert fast verdoppeln.

Angesichts der großen Raumhöhen sind dezentrale, Wohnungsweise Zu-/Abluftgeräte möglich, die innerhalb einer abgehängten Decke montiert sind. Der abgehängte Bereich kann sich auf die kleinflächigen Räume (WC, Abstellraum, Bad, Flur mit Vorraum) beschränken. Von dort können alle Räume mit Lüftungsleitungen erschlossen werden. Fortluft- und Außenluftleitungen müssten kurz

gehalten und diffusionsdicht gedämmt werden. Sinnvoll ist ein Verzug über den Laubengang bis an die Gebäude-Vorderkante.

Kostengünstiger ist eine zentrale Lösung mit einem oder zwei zentralen (je eins pro Gebäudehälfte) Lüftungsgeräten. Dies könnte realisiert werden, wenn ein Teil des Dachbodens abgetrennt und als Lüftungszentrale gedämmt und somit in die thermische Gebäudehülle einbezogen werden würde. Die Verteilung auf dem Dachboden könnte wie oben beschrieben innerhalb der Wärmedämmung verlaufen. Die Luftmengenregelung in den einzelnen Wohnungen erfolgt über stufenweise steuerbare Volumenstromregler für Zuluft und Abluft in jeder Wohnung. Die Regelung der zentralen Ventilatoren erfolgt über eine Konstantdruckregelung. Auch bei dieser Variante wären in den Wohnungen abgehängte Decken in Teilbereichen notwendig, in denen die Volumenstromregler, die Schalldämpfer und die Lüftungsleitungen zu den einzelnen Räumen installiert werden.

Die Zonierung der Wohnungen in Zuluft-, Abluft- und Überströmzone sowie die Dimensionierung der Luftmengen wurde beispielhaft für die Wohnungen vom Typ 1 und Typ 4 anhand von Pflichtblättern durchgeführt. Für Typ 1 ergibt sich ein Nennvolumenstrom von 120 m<sup>3</sup>/h und für Typ 4 von 90 m<sup>3</sup>/h. Unter Berücksichtigung einer Bedarfslüftung mit einem um etwa 30% erhöhten Volumenstrom ergibt sich ein Auslegungsvolumenstrom von etwa 2000 m<sup>3</sup>/h für das ganze Gebäude. Diese Luftmenge könnte auch auf zwei Zentralgeräte mit je 1000 m<sup>3</sup>/h verteilt werden. Der Brandschutz kann dadurch erreicht werden, dass entweder die Lüftungsleitungen jeweils beim Durchdringen der Geschossdecken mit Brandschutzklappen ausgestattet werden oder indem die vertikalen Installationsschächte als F90-Schächte ausgeführt werden und die Lüftungsleitungen beim Austritt aus dem Schacht mit Brandschutzklappen ausgestattet werden.



### 5.3.2.5. Übersicht Haustechnikkonzept für Wärme und Lüftung

<p><b>Jahrhundertwende 19./20. Jh.: Kasernengebäude Objekt 1, Steyr</b></p>	
<p><b>Optimierte Sanierungsvariante</b></p>	
<p><b>Wärmeversorgung:</b>  Nahwärme aus bestehenden Nahwärmenetz mit Heizzentrale im Zentralbau.  Energieträger: Holz  Wärmeerzeugung: Holzhackschnitzelkessel  Wärmeübergabe: Wärmeübergabestationen in jeder Wohnung, dezentrale Warmwasserbereitung mit Plattenwärmetauscher</p>	
<p><b>Wärmeverteilsystem:</b>  Raumheizung: Pumpen-Warmwasserheizung mit Leitungen innerhalb der thermischen Hülle. Verlegung im Fußbodenaufbau  System-Auslegungstemperaturen: VL 60°C / RL 40°C  Warmwasser: Warmwasserleitungen nur innerhalb der Wohnungen innerhalb der thermischen Hülle.  nur in Ausnahmefällen wohnungsweise WW-Zirkulation mit Bedarfstaster-Anforderung in Sanitärräumen</p>	<p><b>Beachten:</b> Warmwasserleitungen mindestens mit 20 mm dämmen</p>
<p><b>Raumwärmeübergabe:</b>  Heizkörper unter den Fenstern  Thermostatventile</p>	<p><b>Beachten:</b> Thermostatventile mit kleinem Proportionalbereich einsetzen.</p>
<p><b>Lüftung:</b>  Lüftungssystem: zentrale Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung  Querlüftungsprinzip mit Zuluft-, Überström- und Abluftzonen  Auslegung: Nennluftwechsel 0,5 1/h  Wärmerückgewinnung: Gegenstromwärmetauscher im Lüftungsgerät mit Wärmebereitstellungsgrad &gt;80%  Luftkanalnetz: horizontale Verteilung im Dachboden (innerhalb der Dämmebene)  vertikale Erschließung der Wohnungen über wohnungszentrale Installationsschächte  Innerhalb der Wohnungen Leitungen in abgehängter Deckenbereich</p>	<p><b>Beachten:</b> Luftdichtheit der Gebäudehülle <math>n_{50} &lt; 1,0</math> 1/h  <b>Beachten:</b> ausreichende Überströmöffnungen planen  <b>Beachten:</b> Lüftungskanäle mit mindestens 70 - 100 mm überdämmen.  <b>Beachten:</b> Bei Durchdringung der luftdichten Ebene luftdichten Anschluss der Kanäle planen</p>
<p><b>Kennwerte:</b></p>	

Energiekennwert Heizwärme:	43 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
PE-Kennwert WW, Heizung, Lüftung:	35 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Gesamtemission CO <sub>2</sub> -Äquivalent:	9,0 kg/(m <sup>2</sup> a)	
Lüftung:		
Wärmebereitstellungsgrad Gerät:	80%	
Effektiver Wärmebereitstellungsgrad:	80%	
spez. elektr. Leistungsaufnahme Nennbetrieb:	0,40 Wh/m <sup>3</sup>	
Raumheizung:		
Heizlast:	20 W/m <sup>2</sup>	
Aufwandszahl Heizwärmeverteilung:	1,0	
Aufwandszahl Übergabestation Heizung:	1,02	
PE-Aufwandszahl Raumheizung:	0,26	
Warmwasser:		
Aufwandszahl WW-Verteilung:	1,26	
Aufwandszahl Übergabestation Warmwasser:	1,05	
PE-Aufwandszahl Warmwasser:	0,34	

Tabelle 52: Übersicht Haustechnikkonzept für Wärme und Lüftung

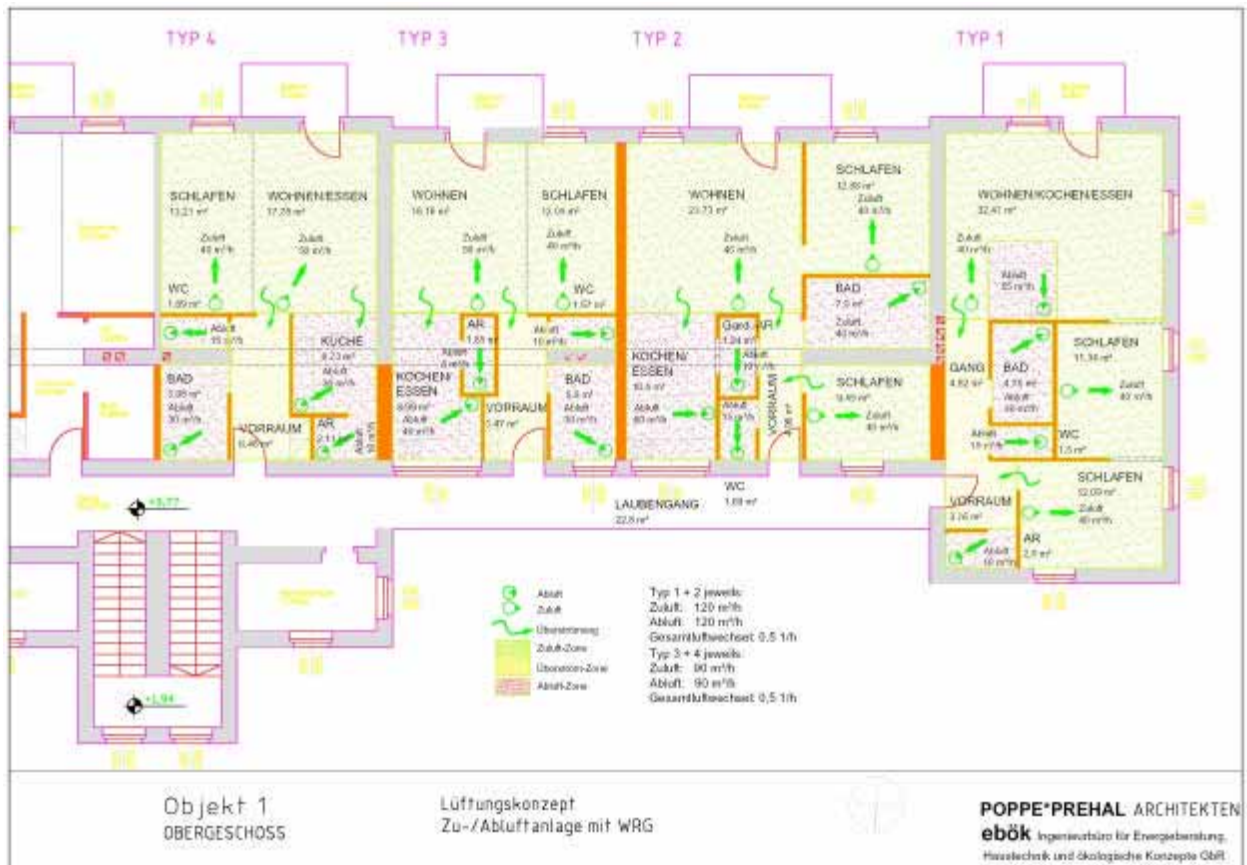


Abbildung 70: Lüftungskonzept Objekt 1

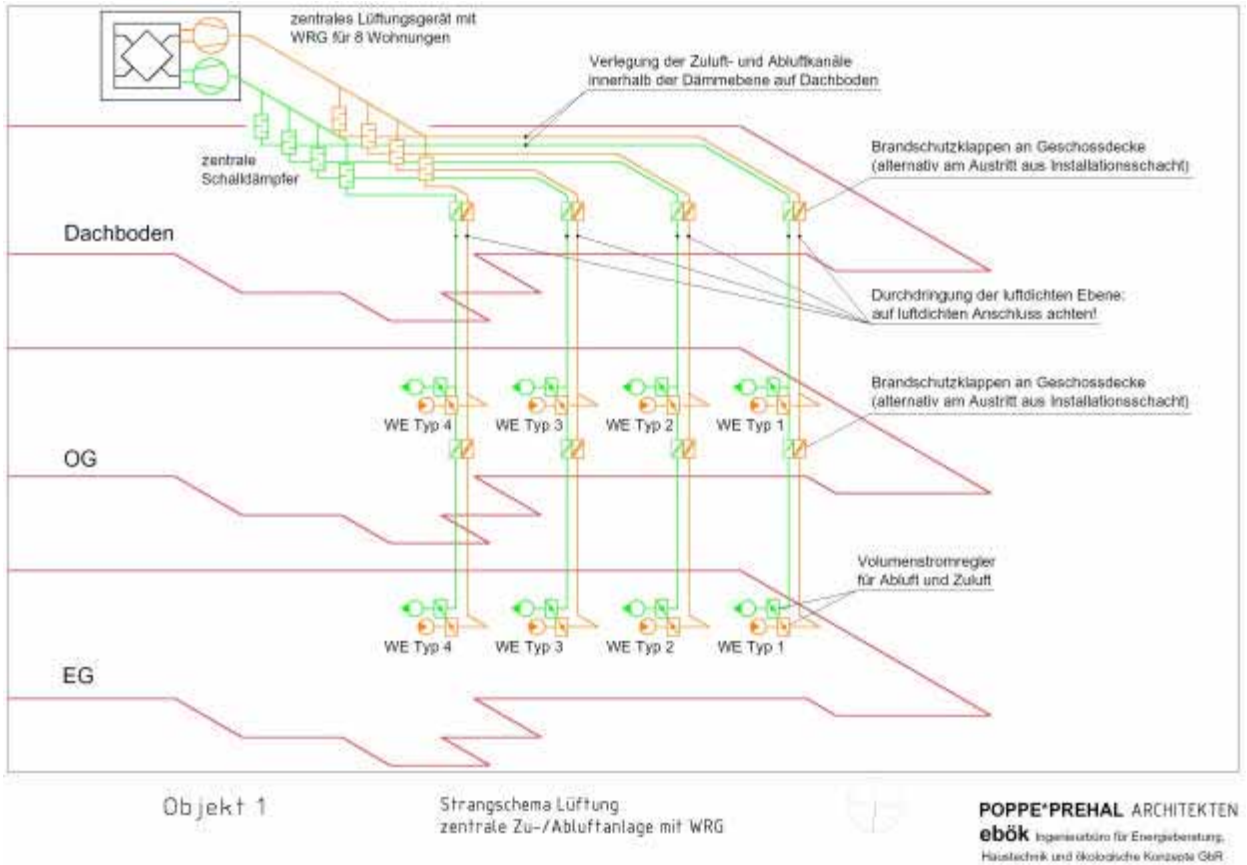


Abbildung 71: Lüftungskonzept Strangschema Objekt 1

**PFLICHTBLATT FÜR WOHNUNGLÜFTUNGSANLAGEN**  
**Zentrale Zu-/Abluftanlage, Auslegung für 1 Wohneinheit**

Projekt: **Objekt 1, WE Typ 1**  
 Anlage: **zentrale Zu-/Abluftanlage**

Planungsbüro: **Ing.-Büro ebök, Tübingen**  
 Bearbeiter: **nb/ro**  
 Datum: **02.09.2003**

**1. Standardnutzung und besondere Anforderungen:**

Auslegung der Anlage gemäß Standardnutzungsbedingungen  
 keine Einbindung der Dunstabzugshaube  
 keine besonderen Schadstoffquellen (Rauchen o.ä.)

**2. Auslegungskriterien für Luftvolumenströme**

	Richtwerte	Anzahl		resultierende Startwerte
<b>Außenluftvolumenstrom:</b>				
je Person:	30 m <sup>3</sup> /h *	<b>3</b>	=	90 m <sup>3</sup> /h
<b>Abluftvolumenstrom:</b>				
Küchen:	60 m <sup>3</sup> /h *	<b>1</b>	=	60 m <sup>3</sup> /h
Bäder, HWR u.ä.:	40 m <sup>3</sup> /h *	<b>1</b>	=	40 m <sup>3</sup> /h
WC, Vorrat u.ä.:	10 m <sup>3</sup> /h *	<b>2</b>	=	<u>20 m<sup>3</sup>/h</u>
			Summe:	120 m <sup>3</sup> /h
<b>Startwert Nennvolumenstrom:</b>				120 m <sup>3</sup> /h
<b>Zustände mit erhöhtem Volumenstrom:</b>		<b>160</b>	Bedarfslüftung	(üblich 1,3 bis 1,5 x Nennvol.strom)

**3. Luftmengenverteilung**

Raum	Fläche m <sup>2</sup>	Höhe m	Luftvolumen			Volumenstrom und Luftwechsel			
			Zone			Nennbedingungen			
			ZU m <sup>3</sup>	AB m <sup>3</sup>	ÜBER m <sup>3</sup>	V <sub>ZU</sub> m <sup>3</sup> /h	V <sub>AB</sub> m <sup>3</sup> /h	LW <sub>ZU</sub> 1/h	LW <sub>AB</sub> 1/h
<b>WE Typ 1 EG</b>									
Wohnen/Essen/Kochen	32,5	3,27	106			40	55	0,4	0,5
Schlafen 1	11,3	3,27	37			40		1,1	
Schlafen 2	12,1	3,27	40			40		1,0	
Bad	4,8	3,27		16			40		2,6
WC	1,5	3,27		5			15		3,1
Abstellraum	2,0	3,27		7			10		1,5
Vorraum	3,8	3,27			12				
Gang	4,8	3,27			16				
gesamt:	73	3,27	183	27	28	120	120		

**4. Abgestimmte Volumenströme**

Nennvolumenstrom: **120** m<sup>3</sup>/h  
 Auslegungsvolumenstrom: **160** m<sup>3</sup>/h  
 belüftete Fläche: **73** m<sup>2</sup>

Tabelle 53: Pflichtblatt für Wohnungslüftungsanlagen / WE Typ 1

**PFLICHTBLATT FÜR WOHNUNGLÜFTUNGSANLAGEN**  
**Zentrale Zu-/Abluftanlage, Auslegung für 1 Wohneinheit**

Projekt: **Objekt 1, WE Typ 4**  
 Anlage: **zentrale Zu-/Abluftanlage**

Planungsbüro: **Ing.-Büro ebök, Tübingen**  
 Bearbeiter: **nb/ro**  
 Datum: **02.09.2003**

**1. Standardnutzung und besondere Anforderungen:**

Auslegung der Anlage gemäß Standardnutzungsbedingungen  
 keine Einbindung der Dunstabzugshaube  
 keine besonderen Schadstoffquellen (Rauchen o.ä.)

**2. Auslegungskriterien für Luftvolumenströme**

	Richtwerte	Anzahl		resultierende Startwerte
<b>Außenluftvolumenstrom:</b>				
je Person:	30 m <sup>3</sup> /h *	<b>2</b>	=	60 m <sup>3</sup> /h
<b>Abluftvolumenstrom:</b>				
Küchen:	60 m <sup>3</sup> /h *	<b>1</b>	=	60 m <sup>3</sup> /h
Bäder, HWR u.ä.:	40 m <sup>3</sup> /h *	<b>1</b>	=	40 m <sup>3</sup> /h
WC, Vorrat u.ä.:	10 m <sup>3</sup> /h *	<b>2</b>	=	<u>20 m<sup>3</sup>/h</u>
			Summe:	120 m <sup>3</sup> /h
<b>Startwert Nennvolumenstrom:</b>				120 m <sup>3</sup> /h
<b>Zustände mit erhöhtem Volumenstrom:</b>		<b>120</b>	Bedarfslüftung	(üblich 1,3 bis 1,5 x Nennvol.strom)

**3. Luftmengenverteilung**

Raum	Fläche m <sup>2</sup>	Höhe m	Luftvolumen			Volumenstrom und Luftwechsel			
			Zone			Nennbedingungen			
			ZU	AB	ÜBER	V <sub>ZU</sub>	V <sub>AB</sub>	LW <sub>ZU</sub>	LW <sub>AB</sub>
			m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	1/h	1/h
<b>WE Typ 4 EG</b>									
Wohnen / Essen	17,8	3,27	58			50		0,9	
Schlafen	13,2	3,27	43			40		0,9	
Küche	6,7	3,27		22			35		1,6
Bad	5,1	3,27		17			30		1,8
WC	1,7	3,27		6			15		2,7
Abstellraum	2,1	3,27		7			10		1,4
Vorraum	6,5	3,27			21				
gesamt:	53	3,27	101	51	21	90	90		

**4. Abgestimmte Volumenströme**

Nennvolumenstrom: **90** m<sup>3</sup>/h  
 Auslegungsvolumenstrom: **120** m<sup>3</sup>/h  
 belüftete Fläche: **53** m<sup>2</sup>

Tabelle 54: Pflichtblatt für Wohnungslüftungsanlagen / WE Typ 4

### 5.3.2.6. Vergleich mit Alternativkonzepten anhand der Kennwerte Haustechnik

Besteht für Sanierungsobjekte ein Nah-/Fernwärmeanschluss bei dem die Wärmeerzeugung nicht mit Holzhackschnitzelkessel und thermischer Solaranlage erfolgt, sondern in einem Heizkraftwerk oder Blockheizkraftwerk mit 70% Wärmeanteil aus Kraft-Wärme-Kopplung (**Variante 1**) verschlechtert sich der Primärenergie-Kennwert auf 63 kWh/(m<sup>2</sup> a).

Beim untersuchten Gebäude, wie bei allen vergleichbaren Gebäuden mit möglichen Heizräumen im Untergeschoss, wäre auch eine gebäudezentrale Wärmeerzeugung denkbar. Dazu sollten jedoch der Wärmeerzeuger und der dann notwendige Warmwasser- oder Pufferspeicher in einem gedämmten Heizraum aufgestellt werden. Als Mindestanforderung an eine ökoeffiziente Sanierung kann folgendes Konzept angesehen werden:

Wärmeversorgung mit Gas-Brennwertkessel für Raumwärme und Warmwasserbereitung sowie Abluftanlage als kontrollierte Wohnungslüftung (**Variante 2**). Bei einem Energiekennwert Heizwärme von 78 kWh/(m<sup>2</sup> a) ergeben sich ein Primärenergie-Kennwert von 126 kWh/(m<sup>2</sup> a) und spezifische CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen von 27,1 kg/(m<sup>2</sup> a). Diese Werte liegen allerdings bereits um mehr als das Dreifache über den Werten der Grundvariante.

Mit einer thermischen Solaranlage für die Warmwasserbereitung (**Variante 2.1**) können die Kennwerte dieser Variante um 8,5% reduziert werden.

Wird zusätzlich eine Zu-/Abluftanlage mit 80% Wärmerückgewinnung installiert reduziert sich der Heizwärmebedarf um weitere 42%, der PE-Kennwert und die CO<sub>2</sub>-Emissionen um weitere 22%.

Diese beiden Kennwerte liegen dann bei etwa dem doppelten Wert wie bei der Grundvariante.

Ist ein geeignetes Brennstofflager vorhanden, kann bei der gebäudezentralen Wärmeerzeugung als energetisch optimierte Variante ein zentraler Holz-Pelletkessel für die Wärmeversorgung, eine thermischen Solaranlage zur Warmwasserbereitung und eine Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung angesehen werden (**Variante 3**). Wie bei der ausführlich beschriebenen Grundvariante, reduziert sich durch die Wärmerückgewinnung der Heizwärmebedarf von 78 auf 43 kWh/(m<sup>2</sup> a). Auch die Kennwerte für die Primärenergie und die CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen sind aufgrund der ähnlichen Wärmeerzeugung (Solar und Brennstoff Holz identisch).

	Heizwärmebedarf f [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	PE-Kennwert [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	CO <sub>2</sub> -Äquivalent [kg/(m <sup>2</sup> a)]
beschriebenes Konzept Objekt1: Nahwärme, Holz + solar / Zu- Abluft 80% WRG	43	35    100%	9,0    100%
Variante 1: Nahwärme, Gas-(B)HKW 70% KWK / Zu-Abluft 80% WRG	43	63    180%	9,0    100%
Variante 2: Gas-Brennwert / Abluftanlage	78	126    360%	27,1    301%
Variante 2.1: Gas-Brennwert / Solar / Abluftanlage	78	107    306%	23,2    258%
Variante 2.2: Gas-Brennwert / Solar / Zu- Abluft 80% WRG	43	81    231%	17,6    196%
Variante 3: Holzpellet-Kessel / Solar / Zu- Abluft 80% WRG	43	35    100%	8,9    99%

Abbildung 72: energetische Kennwerte für unterschiedliche Konzepte für Wärme und Lüftung

### 5.3.2.7. Trassenführung am Beispiel Gebäude Bahnhofstraße 12, Steyr

Beim Gebäude Bahnhofstraße 12 handelt es sich um ein 3-geschossiges Wohngebäude mit jeweils zwei Wohneinheiten je Geschoss. Das Gebäude ist unterkellert und hat einen großen Dachspeicher. Am Beispiel dieses Gebäudes, das typisch für den Geschosswohnungsbau in dieser Baualtersklasse ist, wird gezeigt, wie die Wohneinheiten bei einer Umstellung auf zentrale Wärmeversorgung sowie

bei einer Ausstattung mit einer zentralen Lüftungsanlage mit den verschiedenen haustechnischen Medien erschlossen werden können.

Für eine zentrale Wärmeversorgung wird eine Aufstellung des Wärmeerzeugers in den meisten Fällen im Keller am sinnvollsten sein. Die Erschließung der Wohnungen erfolgt dann zunächst mit einer unteren, horizontalen Verteilung im Untergeschoss zu den zwei Steigsträngen, mit denen dann die jeweils übereinander liegenden Wohneinheiten versorgt werden. Je Haushälfte ist somit ein Installationsschacht notwendig. Da die Sanitärräume zusammen angeordnet sind, können die Wasserversorgung und die Entwässerung ebenfalls über diese beiden Installationsschächte erfolgen.

Wegen der relativ einfachen Außenluftansaugung und Fortluftabführung ist die Aufstellung der zentralen Lüftungsanlage auf dem Dachspeicher in der Regel die günstigste Lösung. Bei der typischen Wohnungsgröße von ca. 85 m<sup>2</sup> reicht ein Luftvolumenstrom von 90 bis 100 m<sup>3</sup>/h je Wohneinheit für den Regelbetrieb aus. Um auch eine bedarfsabhängige Stoßlüftung zu ermöglichen, sollte das Zentralgerät bei 6 Wohneinheiten auf ca. 720 m<sup>3</sup>/h ausgelegt und einen Regelbereich bis herunter auf etwa 270 m<sup>3</sup>/h haben. Für die Erschließung der Wohnungen mit den Lüftungsleitungen gibt es in der Regel 3 Möglichkeiten:

- Nutzung von vorhandenen oder neuen Installationsschächten zusammen mit Heizungs- und Sanitärleitungen
- Nutzung von nicht mehr benötigten Kaminen
- Erschließung auf der Außenwand innerhalb der Dämmebene mit ausreichender Überdämmung

Die Verteilung in der Wohnung kann dann unter der Decke erfolgen, da die Raumhöhen so groß sind, dass in Bad und Flur die Decke problemlos abgehängt werden kann.

#### **Ermittlung von Schachtgrößen:**

Wird die spezifische Heizlast des Gebäudes durch die wärmetechnische Sanierung auf etwa 25 W/m<sup>2</sup> gesenkt kann ein Steigstrang problemlos mit Heizungsleitungen mit der Nennweite DN 20 versorgt werden (mit DN 20 können bis zu 5 Wohnungen mit 85 m<sup>2</sup> versorgt werden). Versehen mit einer sehr guten Wärmedämmung von jeweils 40 mm wird somit für den Heizungsvorlauf und –rücklauf eine Schachtfläche von etwa 10 x 20 cm benötigt.

Erfolgt die Warmwasserbereitung ebenfalls zentral, wird eine weitere Fläche von ca. 10 x 30 cm für Kaltwasser-, Warmwasser- und Zirkulationsleitung benötigt. Einschließlich einer Schmutzwasser-Fallrohrleitung und unter Berücksichtigung von Ein- und Ausfädelungen wird eine lichte Schachtfläche von etwa 20 x 70 cm benötigt.

Die Schachtfläche kann reduziert werden, wenn die Warmwasserbereitung dezentral über Plattenwärmetauscher erfolgt. Die Heizungsleitungen müssen dann für die Spitzenlast der Warmwasserbereitung ausgelegt und somit etwas größer dimensioniert werden. Warmwasser- und Zirkulationsleitungen im Schacht entfallen jedoch und die Schachtgröße kann auf etwa 20 x 55 cm reduziert werden. Allerdings muss dann in jeder Wohnung außerhalb des Schachtes Platz für die Übergabestation mit dem Plattenwärmetauscher zur Warmwasserbereitung gefunden werden.

Bei der Erschließung mit Lüftungsleitungen gibt es ebenfalls zwei Varianten:

- alle übereinander liegende Wohnungen werden mit je einer gemeinsamen Zuluft- und Abluftleitung erschlossen, in diesem Fall beträgt die Nennweite der runden Luftkanäle DN 200, oder Verwendung von Ovalkanälen 100 x 350 cm. Wird die oberste Wohnung direkt vom Dachspeicher und nicht über den Installationsschacht erschlossen, reduzieren sich die benötigten Querschnitte auf DN 160 bzw. 80 x 320 mm.
- jede Wohnung wird mit einer separaten Leitung erschlossen, und zwar jeweils DN 100 für Zuluft und Abluft.

Die erste Lösung ist platz sparender. Sie ist vorzuziehen, wenn keine Anlagenteile, die gewartet werden müssen (wie z.B. dezentrale Stützventilatoren oder Volumenstromregler) in den Wohnungen installiert sein sollen.

In Abbildung 73 und Abbildung 74 sind zwei Beispiele für eine möglichst platz sparende Erschließung der Wohnungen zeichnerisch dargestellt. Im ersten Beispiel wird der Installationsschacht für Heizung, Lüftung und Sanitär genutzt, die Warmwasserbereitung erfolgt dezentral in den Wohnungen. Es wird

dennoch Platz für die Querung des Schachtes mit einer Warmwasserleitung benötigt. Der benötigte freie Schachtquerschnitt beträgt 40 x 60 cm. Der Brandschutz für die Lüftungsanlage erfolgt mit wartungsfreien Wandschotts an der Schachtwand, die eine Feuerwiderstandsklasse F90 haben müssen.

Im zweiten Beispiel wurden die Lüftungsleitungen auf der Außenwand installiert. Dabei wurden Ovalkanäle verwendet, die bei einer Gesamtdämmstärke von 20 cm noch eine ausreichende Überdämmung der Luftkanäle mit 15 cm erlauben. Der benötigte freie Schachtquerschnitt in den Wohnungen beträgt dann nur noch 20 x 55 cm, wenn die Warmwasserbereitung ebenfalls dezentral in den Wohnungen erfolgt.

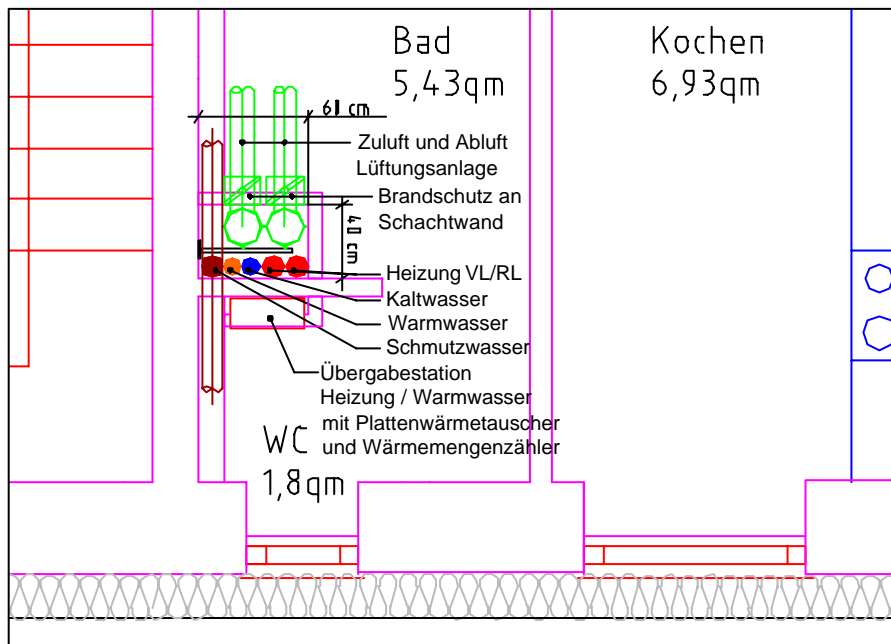


Abbildung 73: Beispiel für die Erschließung einer Wohnung im Geschosswohnungsbau mit einem gemeinsamen Installationsschacht für Heizung, Lüftung und Sanitär.

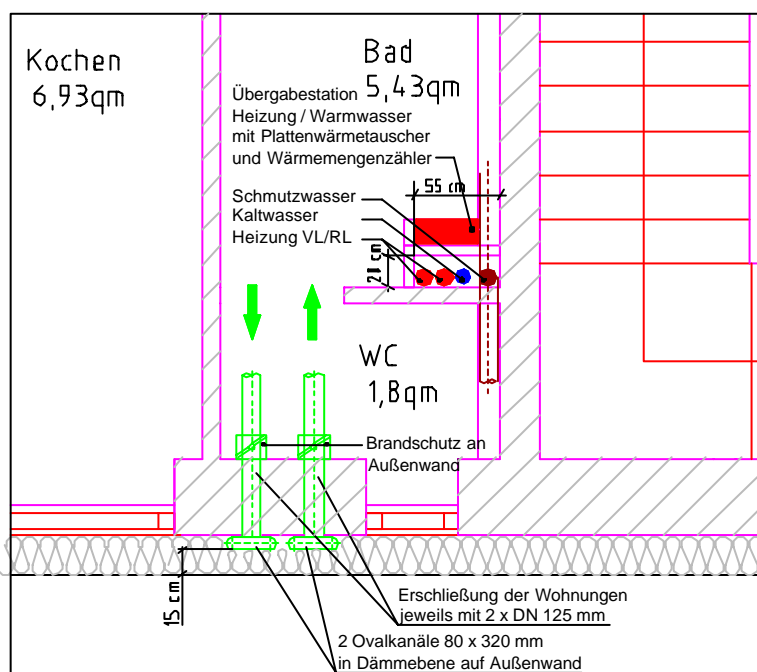


Abbildung 74: Beispiel für die Erschließung einer Wohnung im Geschosswohnungsbau mit Lüftungsleitungen auf der Außenwand und dadurch reduziertem Platzbedarf für den Installationsschacht.



### 5.3.2.8. Zusammenfassung

Bei den Gebäuden aus der Baualtersklasse Jahrhundertwende 19./20. Jhd. bieten sich zentrale **Wärmeversorgungssysteme** an, entweder mit gebäudezentralen Wärmeerzeugern oder als Nah- oder Fernwärmeanschluss. Ausreichend Platz für zentrale Technik ist meist vorhanden und die Wohnungen sind relativ einfach über zentrale Installationsschächte zu erschließen. An diesen zentralen Schächten kann die Wärmeübergabe an die Wohneinheiten erfolgen. Auch die Warmwasserbereitung kann an dieser Stelle über Plattenwärmetauscher erfolgen, damit können Warmwasser- und Zirkulationsleitungen eingespart und Speicher- und Verteilverluste minimiert werden. Der Einsatz von thermischen Sonnenkollektoren ist wünschenswert. Bei den meist größeren Gebäuden sind i.d.R. ausreichend Flächen auf den geeigneten Dächern vorhanden.

In den meisten Fällen sind Gebäude dieser Baualtersklasse unterkellert und haben dort Räume, die als **Technikzentralen** verwendet werden können. Meist ist auch ein Dachspeicher vorhanden, auf dem eine zentrale Lüftungsanlage installiert werden kann. Diese Räume befinden sich in der Regel nicht innerhalb der gedämmten Gebäudehülle. In diesem Fall ist auf eine sehr gute Wärmedämmung aller warmer Anlagenteile und auf möglichst kurze Leitungslängen bis zum Eintritt in die gedämmte Hülle zu achten oder zu prüfen, ob die entsprechenden Räume mit in die gedämmte Hülle einbezogen werden können.

Die Gebäude sind bereits meist mit einem **Heizwärmeverteilnetz** ausgestattet. Auf Grund des erreichbaren Dämmstandards dieser Gebäude, werden die Heizkörper wie üblich im Außenwandbereich unter den Fenstern angeordnet. Gegebenenfalls können bestehende Leitungen und Heizkörper weiterverwendet werden. Bei starker Reduzierung der Heizlast ist ein Austausch der ansonsten überdimensionierten und zu trägen Heizkörper sinnvoll.

Die Gebäude dieser Baualtersklasse werden typischerweise über Fenster gelüftet, teilweise findet sich freie **Lüftung** über Schächte. Der Einbau einer Wohnungslüftungsanlage ist zu empfehlen. Bei einer ökoeffizienten Sanierung kann der Heizenergiekennwert durch den Einsatz einer Zu-/Abluftanlage mit guter Wärmerückgewinnung auf unter 40 kWh/(m<sup>2</sup> a) reduziert werden. Die Voraussetzungen für eine zentrale Lüftungsanlage sind meist gut, die Platzverhältnisse und die Raumhöhen erlauben jedoch in vielen Fällen auch wohnungsweise Anlagen.

Die Raumhöhen in diesen Gebäuden sind typischerweise deutlich größer als in heutigen Gebäuden. Somit können die Decken in untergeordneten Räumen (Flure, Dielen, Sanitärräume) abgehängt werden, um dort die Luftkanäle für die Luftverteilung unterzubringen. In den meisten Fällen sind die Sanitärräume bei einander liegend, so dass das **Lüftungskanalnetz** sehr kompakt sein kann. Bei zentralen Anlagen kann die Erschließung über die zentralen Installationsschächte oder auf der Außenfassade innerhalb der Dämmebene erfolgen.

Ausgehend vom ökologischen Mindeststandard mit Gas-Brennwertkessel und Abluftanlage kann durch den Einsatz einer thermischen Solaranlage ca. 15% Primärenergieeinsparung erreicht werden und mit einer Zu-/Abluftanlage mit 80% Wärmerückgewinnung weitere 21%. Unter ökologischen Gesichtspunkten stellt eine regenerative **Wärmeerzeugung** mit Holz in Verbindung mit einer thermischen Solaranlage und einer Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung die optimale Variante dar. Der Primärenergiekennwert liegt dann mit 35 kWh/(m<sup>2</sup>a) – sowohl bei einer gebäudezentralen Heizzentrale als auch bei einer Versorgung über ein Nahwärmenetz – bei weniger als der Hälfte als mit Gas-Brennwertkessel.

### 5.3.3. Gebäude aus den 60/70er Jahre Konzept für Spallerhof, Linz

Beim zweispännigen Geschosswohnungsbau Spallerhof werden bei sechs Wohngeschossen jeweils 12 Wohneinheiten über ein Treppenhaus erschlossen. Das Gebäude besteht aus 4 solchen Treppeneinheiten und hat somit 48 Wohnungen mit insgesamt 3640 m<sup>2</sup> Wohnfläche.

Im Folgenden werden 3 Sanierungskonzepte verglichen:

- **Variante A:**  
Dämmstandard nach optimierter Variante, zentrale Abluftanlagen je Treppeneinheit, Heizzentrale für gesamtes Gebäude, Wärmeübergabe mit Heizkörpern, Warmwasserbereitung dezentral mit Plattenwärmetauschern je Wohnung. Heizwärmebedarf: 80 kWh/(m<sup>2</sup>a).
- **Variante B:**  
Dämmstandard nach optimierter Variante, zentrale Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung je Treppeneinheit, eine Heizzentrale je Treppeneinheit, Wärmeübergabe mit Heizkörpern, Warmwasserbereitung zentral je Treppeneinheit. Heizwärmebedarf: 56 kWh/(m<sup>2</sup>a)
- **Variante C:**  
Wärmeschutz entsprechend Passivhausstandard, Haustechnik-Kompaktaggregat für Heizung und Warmwasserbereitung mit Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung in jeder Wohnung, Heizwärmebedarf 15 kWh/(m<sup>2</sup>a)
- **Variante D:**  
Wärmeschutz entsprechend Passivhausstandard, zentrale Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung je Treppeneinheit, eine Heizzentrale je Treppeneinheit, Wärmeübergabe mit Heizkörpern, Warmwasserbereitung zentral je Treppeneinheit. Heizwärmebedarf 15 kWh/(m<sup>2</sup>a)

#### 5.3.3.1. Beschreibung der Haustechnikvarianten

Im Untergeschoss sind Räume vorhanden, in denen zentrale Technik untergebracht werden kann. Nach der Sanierung verläuft die thermische Hülle oberhalb der Kellerdecke und auf dem Flachdach (entspricht der Decke über dem obersten Geschoss). Falls zentrale Technik im Untergeschoss untergebracht werden soll, wäre zu prüfen, ob diese Bereiche ebenfalls gedämmt und somit in die thermische Hülle einbezogen werden können.

Die Wohnungen werden über einen zentralen Installationsschacht je Treppenhaus erschlossen. Über diesen Schacht werden auch die innenliegenden Sanitärräume entlüftet. Im Bestand trifft man auf Systeme mit freier Lüftung über Schächte, Systeme mit Einzelraumlüftern und einer gemeinsamen Fortluftleitung oder auf Systeme mit Dachventilatoren und mehreren Lüftungsleitungen im Schacht.

Beim Einsatz einer mechanischen Wohnungslüftungsanlage wird der Nennluftwechsel bei Wohnungen mit 65 bis 90 m<sup>2</sup> Wohnflächen, wie sie in Geschosswohnungsbauten dieser Altersklasse typisch sind, unabhängig ob es sich um Abluft- oder Zu-/Abluftanlagen handelt, auf etwa 80 bis 120 m<sup>3</sup>/h ausgelegt. Im vorliegenden Fall erfolgte die Dimensionierung auf 90 m<sup>3</sup>/h (3 Personen à 30 m<sup>3</sup>/h und drei Ablufträume mit 40, 30 und 20 m<sup>3</sup>/h, siehe Pflichtblatt Lüftungsanlage). Die lichten Raumhöhen sind in diesen Gebäuden i.d.R. ausreichend hoch, um zumindest in untergeordneten Räumen (z.B. Flur, WC) die Decken um ca. 20 cm abzuhängen, um Lüftungsleitungen zu installieren.

**PFLICHTBLATT FÜR WOHNUNGLÜFTUNGSANLAGEN**  
**Zentrale Zu-/Abluftanlage, Auslegung für 1 Wohneinheit**

Projekt: **Spallerhof, 1 WE**  
 Anlage: **zentrale Zu-/Abluftanlage**

Planungsbüro: **Ing.-Büro ebök, Tübingen**  
 Bearbeiter: **ro**  
 Datum: **02.09.2003**

**1. Standardnutzung und besondere Anforderungen:**

Auslegung der Anlage gemäß Standardnutzungsbedingungen  
 keine Einbindung der Dunstabzugshaube  
 keine besonderen Schadstoffquellen (Rauchen o.ä.)

**2. Auslegungskriterien für Luftvolumenströme**

Richtwerte	Anzahl		resultierende Startwerte
<b>Außenluftvolumenstrom:</b>			
je Person: 30 m³/h *	<b>3</b>	=	90 m³/h
<b>Abluftvolumenstrom:</b>			
Küchen: 60 m³/h *	<b>1</b>	=	60 m³/h
Bäder, HWR u.ä.: 40 m³/h *	<b>1</b>	=	40 m³/h
WC, Vorrat u.ä.: 10 m³/h *	<b>1</b>	=	10 m³/h
		Summe:	110 m³/h
<b>Startwert Nennvolumenstrom:</b>			110 m³/h
<b>Zustände mit erhöhtem Volumenstrom:</b>		<b>120</b>	Bedarfslüftung (üblich 1,3 bis 1,5 x Nennvol.strom)

**3. Luftmengenverteilung**

Raum	Fläche m²	Höhe m	Luftvolumen			Volumenstrom und Luftwechsel			
			Zone			Nennbedingungen			
			ZU	AB	ÜBER	V <sub>ZU</sub>	V <sub>AB</sub>	LW <sub>ZU</sub>	LW <sub>AB</sub>
			m³	m³	m³	m³/h	m³/h	1/h	1/h
Wohnen / Essen	26,6	2,60	69			40		0,6	
Eltern	12,8	2,60	33			30		0,9	
Kinder	14,1	2,60	37			20		0,5	
Küche	7,6	2,60		20			40		2,0
Bad	3,9	2,60		10			30		3,0
WC	1,4	2,60		4			20		5,3
Abstellraum	2,6	2,60		7			*		
Flur	6,7	2,60			17				
gesamt:	76	2,60	139	40	17	90	90		

\* Abstellraum über Türgitter zum Flur gelüftet

**4. Abgestimmte Volumenströme**

Nennvolumenstrom: **90** m³/h  
 Auslegungsvolumenstrom: **120** m³/h

Tabelle 55: Pflichtblatt für Wohnungslüftungsanlagen / 1 WE

### **Variante A:**

Der zentrale Heizraum für das gesamte Gebäude für einen Wärmeerzeuger mit ca. 100 kW Heizleistung kann im Untergeschoss eines Gebäudeteils unter Verlust von entsprechender Kellerfläche (ca. 10 – 15 m<sup>2</sup>) oder als separate Heizzentrale außerhalb der Gebäudes („Container“-Lösung) erstellt werden. Als Grundvariante wurde ein Gas-Brennwertkessel als Wärmeerzeuger angenommen. Es sind jedoch auch andere Wärmeerzeuger möglich, wie z.B. holzbefeuerte Kessel oder ein Anschluss an Fernwärme. Als Option ist auch der Einsatz einer thermischen Solaranlage möglich. Die Solarwärme würde dann in einen Pufferspeicher in der Heizzentrale eingespeist.

Die horizontale Verteilung der Heizleitungen erfolgt im Untergeschoss außerhalb der gedämmten Hülle, die vertikale Verteilung in den Installationsschächten an den jeweiligen Treppenhäusern. Jede Wohnung wird mit einer Übergabestation mit Wärmemengenzähler ausgestattet. Innerhalb der Wohnung werden das vorhandene Heizleitungsnetz und möglicherweise auch die Heizkörper wieder verwendet. Die Warmwasserverteilung erfolgt dezentral in den Wohnungen mit Plattenwärmetauschern. Die Sanitärräume sind so kompakt angeordnet, dass keine Warmwasserzirkulation notwendig ist. Wird eine thermische Solaranlage eingesetzt, muss ein Solarleitungsnetz zwischen Kollektoren (Aufständigung auf dem Flachdach oder Fassadenkollektoren) und Heizzentrale installiert werden.

Für die zentralen Abluftanlagen wird je Treppenhaus ein Dachventilator eingesetzt. Nach einer Reinigung können eventuell bestehende Lüftungskanäle / -schächte wieder verwendet werden. Der Brandschutz wird wohnungsweise durch wartungsfreie Brandschutzschotts am Schacht gewährleistet. Die Erschließung der Ablufträume erfolgt über einen abgeköfferten Abluftkanal im WC und Bad. Frischluft strömt über in die Fensterrahmen integrierten Außenluftdurchlässe in die Wohn- und Schlafräume nach. Bei dieser Lösung sind für die Lüftung keine zusätzlichen Technikflächen oder Trassen notwendig.

### **Variante B:**

Jede Treppeneinheit erhält eine eigene Heizzentrale im Untergeschoss im Bereich der Abstellfläche beim Installationsschacht. Bei einer benötigten Heizleistung von ca. 30 kW kann dies z.B. ein wandhängender, raumluftunabhängiger Gaskessel sein. Die Warmwasserbereitung erfolgt in einem beigestellten, indirekt vom Wärmeerzeuger beheizten Warmwasserspeicher. Der Platzbedarf je Treppeneinheit beträgt 3 bis 4 m<sup>2</sup>. Als Option ist auch der Einsatz einer thermischen Solaranlage zur Warmwasserbereitung möglich.

Die Verteilungen für Heizung und Warmwasser werden im Installationsschacht am Treppenhaus nach oben geführt. Es ist eine Warmwasserzirkulation bis jeweils zur Wohnungsgrenze notwendig. Die Leitungslängen im kalten Untergeschoss sind relativ kurz. Wird eine thermische Solaranlage eingesetzt, muss ebenfalls ein Solarleitungsnetz zwischen Kollektoren und Heizzentrale installiert werden.

Die zentrale Lüftungsanlage für jede Treppeneinheit kann in einem gedämmten Container auf dem Flachdach beim Installationsschacht im Bereich des Treppenhauskopfes/ Aufzugsüberfahrt aufgestellt werden. Über den Installationsschacht werden die Wohnungen über gemeinsame Zuluft- und Abluftleitungen versorgt. In den Wohnungen werden jeweils am Schacht Brandschutzschotts und Volumenstromregler eingebaut. In WC, Bad und Flur werden die Decken abgehängt, um Zuluft und Abluft auf die verschiedenen Räume zu verteilen.

### **Variante C:**

Jede Wohneinheit erhält ein Haustechnikkompakttaggregat mit Zu-Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung, einer Fortluftwärmepumpe zur Zuluftnacherwärmung und Warmwasserbereitung sowie einem Warmwasserspeicher. Die Heizleistung der Fortluftwärmepumpe liegt typischerweise bei ca. 1,5 kW. Zur Absicherung des Warmwasserkomforts kann ein elektrischer Heizstab oder Durchlauferhitzer eingesetzt werden. Die Aufstellung kann im Abstellraum erfolgen, der Platzbedarf je Wohneinheit beträgt ca. 1 m<sup>2</sup>. Die Raumheizung erfolgt über die Zulufterwärmung. Es gibt auch Aggregate, bei denen Wärme für ein wasserführendes Verteilnetz ausgekoppelt werden kann, so dass zusätzlich noch Heizkörper versorgt werden können. Es ist jedoch prinzipiell möglich, auf das bisherige Heizungsverteilnetz und die Heizkörper zu verzichten. Es ist keine Warmwasserzirkulation notwendig. Die Einbindung einer thermischen Solaranlage ist theoretisch möglich, im Geschosswohnungsbau jedoch kaum zu realisieren, da eine separate Anlage je Wohnung erforderlich wäre.

Die Außenluftansaugung und die Fortluftführung erfolgt direkt über die Fassade. In den Abstellräumen, die an den Aufzugsschacht grenzen, müssen die Leitungen durch das Elternschlafzimmer verzogen und entsprechend gut gedämmt werden. Dennoch sind diese kalten

Leitungen relativ kurz. Der Frostschutz für die Lüftungsanlage wird über ein elektrisches Vorheizregister sichergestellt. In WC, Bad und Flur werden die Decken abgehängt, um Zuluft und Abluft auf die verschiedenen Räume zu verteilen.

Bei diesem Konzept sind keine zentralen Technikflächen für Heizung oder Lüftung notwendig. Bei nicht brennbaren Fassaden sind außerdem im Rahmen der Haustechnik keine Maßnahmen zum Brandschutz notwendig.

#### **Variante D:**

Die Haustechnik für Heizung, Lüftung und Warmwasser entspricht weitgehend der Variante B. Die Raumheizung erfolgt jedoch über die Zulufterwärmung in Nachheizregistern in jeder Wohneinheit und nicht über Heizkörper.

### **5.3.3.2. Vergleich der Haustechnikvarianten**

#### **Bauliche Maßnahmen, Flächenbedarf für Haustechnik**

Der bauliche Wärmeschutz geht bei den Varianten A und B von den vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahmen aus. Für den bei Variante C und D angenommenen Passivhausstandard sind erhebliche Mehraufwendungen im Bereich des baulichen Wärmeschutz notwendig (z.B. 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung).

Bei einer Heizzentrale für das ganze Gebäude (**Variante A**) wird ein Technikraum von etwa 10 bis 15 m<sup>2</sup> im Untergeschoss oder als separate, neu zu erstellende Heizzentrale neben dem Gebäude realisiert werden könnte. Außerdem wird eine Trasse für die Heizungsleitungen im Untergeschoss unter der Decke benötigt. Erhält jede Treppeneinheit eine Zentrale (**Varianten B und D**), werden etwa 4 x 4 m<sup>2</sup> = 16 m<sup>2</sup> Fläche benötigt. Für die **Variante C** werden keine zentralen Technikflächen benötigt, in den Wohnungen werden jedoch insgesamt 12 m<sup>2</sup> Wohnfläche in den Abstellräumen für die Kompaktaggregate benötigt.

Für zentrale Lüftungsanlagen ist in **Variante A** kein zusätzlicher Platzbedarf nötig, da die Dachventilatoren auf dem Dach installiert werden. Für die zentralen Zu-/Abluftanlagen der **Varianten B und D** gibt es in den typischen Geschosswohnungsbauten der 60er und 70er Jahre mit ihren Flachdächern in der Regel keinen Platz innerhalb der gedämmten Gebäudehülle. Entweder können die Anlagen im Untergeschoss installiert werden, mit Problemen bei der Außenluftansaugung und der Fortluftausblasung, oder es wird entsprechender Raum auf den Dachflächen geschaffen, z.B. mit einem gedämmten Lüftungscontainer, mit einem Leichtbauaufsatz in Verbindung mit Treppenhauköpfen oder Aufzugsüberfahrten oder indem die Anlage als wetterfeste und gedämmte Lüftungszentrale ausgeführt wird. Bei **Variante C** werden jeweils nur die Stellflächen für das Kompaktaggregat in den Wohnungen benötigt.

Sind keine geeigneten Lüftungsleitungen oder Heizungsleitungen in den Installationsschächten vorhanden, müssen die Schächte zur Verlegung dieser Leitungen geöffnet werden, was mit erheblichen baulichen Mehraufwendungen bei der Sanierung verbunden ist. In diesem Fall sind wohnungsweise Systeme, wie bei Variante C, von Vorteil für die Sanierung.

Innerhalb der Wohnungen werden bei den Varianten mit Zu-/Abluftanlagen abgehängte Decken in den Fluren und im WC benötigt. Hinzu kommen Kernlochbohrungen über den Türen der an den Flur grenzenden Räume. Bei einer zentralen Abluftanlage sind nur Kernlochbohrungen zwischen WC und Bad sowie Küche und eine Abkofferung der Abluftleitung bis zur Küche notwendig.

#### **Investitionen für Haustechnik**

Bei den folgenden Preisangaben handelt es sich um Schätzungen auf der Grundlage fertig installierter Anlagen, netto ohne Mehrwertsteuer, bezogen auf eine mittlere Wohnungsgröße von 75 m<sup>2</sup>. Es handelt sich um Investitionen für die Haustechnik. Bauliche Maßnahmen sind nicht enthalten.

Die **Variante A** mit zentralen Abluftanlagen und einer Heizzentrale für das ganze Gebäude ist mit den geringsten Investitionen für die Haustechnik verbunden.

Wenn bestehende Lüftungsleitungen in den Schächten weiter verwendet werden können und nur gereinigt werden müssen, können die Abluftanlagen in typischen Geschosswohnungsbauten mit etwa 75 m<sup>2</sup> je Wohneinheit mit etwa 10 bis 12 EUR/m<sup>2</sup> realisiert werden. Sind neue Lüftungsleitungen zu verlegen, liegen die zusätzlichen Kosten bei etwa 2 bis 3 EUR/m<sup>2</sup>.

Eine gemeinsame Heizzentrale, neue Verteilleitungen im Untergeschoss und in den Schächten sowie die Wärmeübergabestationen in den Wohnungen führen zu spezifischen Investitionen von etwa 20 EUR/m<sup>2</sup>. Weiter Kosten können anfallen, je nachdem ob die vorhandenen Heizkörper weiter verwendet werden oder nicht.

Für eine thermische Solaranlage sind nochmals etwa 25 EUR/m<sup>2</sup> zu veranschlagen.

Bei den baulichen Maßnahmen entscheiden vor allem die Lage der zentralen Heizzentrale und die Frage, ob die vertikalen Installationsschächte für Installationen geöffnet werden müssen, über die Höhe der Kosten.

Bei **Variante B** belaufen sich die Investitionen für eine zentrale Zu-/Abluftanlage je Treppeneinheit auf etwa 45 EUR/m<sup>2</sup> und für eine Heizzentrale, die Verteilleitungen Heizung und Warmwasser im Schacht und die Übergabe an die Wohneinheiten auf etwa 28 EUR/m<sup>2</sup>. Für eine thermische Solaranlage sind nochmals 25 bis 30 EUR/m<sup>2</sup> zu veranschlagen.

Bauliche Kosten fallen an, je nachdem ob Baumaßnahmen für die Lüftungszentralen notwendig sind, für das Öffnen und Wiederverschließen der Schächte sowie für die abgehängten Decken in den Wohnungen.

Bei **Variante C** betragen die Investitionen für ein Kompaktaggregat sowie die Luftkanalnetz und den Anschluss an die Sanitärleitungen je Wohneinheit etwa 8.500 EUR, das entspricht etwa 110 EUR/m<sup>2</sup>. Hinzu kommt die Demontage der nicht mehr benötigten Heizkörper. Bei dieser Variante ist zu beachten, dass nur geringe bauliche Maßnahmen erforderlich sind. Insbesondere sind keine Arbeiten an zentralen Schächten notwendig, so dass die Kosten in diesem Bereich vergleichsweise gering sein werden.

Nicht berücksichtigt sind dabei die Kosten für den gegenüber der Grundvariante verbesserten Wärmeschutz.

Die Investitionen bei **Variante D** sind gleich hoch wie bei Variante B. Wegen des Warmwasserbedarfs fällt die Heizleistung für den zentralen Kessel trotz deutlich geringerer Heizlast nicht kleiner aus.

	spez. Investitionen in EUR/m <sup>2</sup>			
	Heizung	Lüftung	Solar	gesamt
Variante A:	20	10 - 15		30 - 35
Variante A, solar:	20	10 - 15	25	55 - 60
Variante B:	28	45		73
Variante B, solar:	28	45	25 - 30	99 - 103
Variante C:				110
Variante D:	28	45		73
Variante D, solar:	28	45	25 - 30	99 - 103

Abbildung 75: Übersicht über die spezifischen Investitionen für die Haustechnik, netto, bezogen auf eine mittlere Wohnungsgröße von 75 m<sup>2</sup>

### Energetischer Vergleich

Mit dem vorgeschlagenen Dämmstandard und einer Abluftanlage kann der Heizwärmebedarf durch die Sanierung auf 80 kWh/(m<sup>2</sup>a) reduziert werden. Bei der in Variante A zu Grunde gelegten Wärmeversorgung ergibt sich daraus ein Primärenergiebedarf von 122 kWh/(m<sup>2</sup>a) und spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen von 26,3 kg/(m<sup>2</sup>a). Primärenergiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen können durch den Einsatz von regenerativen Energieträgern weiter reduziert werden, z.B. durch den Einsatz von thermischen Solarkollektoren um etwa 14% auf 105 kWh/(m<sup>2</sup>a) und 22,8 kg/(m<sup>2</sup>a).

Durch den Einsatz einer Lüftungsanlage mit 80% Wärmerückgewinnung kann der Heizwärmebedarf von 80 auf 56 kWh/(m<sup>2</sup>a) gesenkt werden. Diese Reduzierung des Heizwärmebedarfs um 30% ergibt beim Primärenergieeinsatz und bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen nur eine Reduktion um 16%, da der Warmwasserbedarf konstant bleibt. Den höheren Verteilverlusten durch das ganzjährig auf hohem Temperaturniveau betriebene Wärmeverteilnetz in Variante A steht ein höherer Hilfsenergieeinsatz für mehr Pumpen, Kessel und die Zu-/Abluftanlagen in Variante B gegenüber. Durch den Einsatz einer thermischen Solaranlage können auch in Variante B Primärenergieeinsatz und CO<sub>2</sub>-Emissionen jeweils um etwa 14% reduziert werden und liegen dann bei 88 kWh/(m<sup>2</sup>a) und 19,3 kg/(m<sup>2</sup>a).

Eine Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes hin zum Passivhausstandard reduziert den Heizwärmebedarf im Vergleich zu Variante B zwar um weitere 73% auf 15 kWh/(m<sup>2</sup>a), Primärenergieeinsatz und CO<sub>2</sub>-Emissionen reduzieren sich wegen des konstanten Warmwasserbedarfs je nach Anlagenvariante nur um 30 bis 45%. Der Einsatz von zentraler Haustechnik (Variante D) rechtfertigt sich dann energetisch nur bei der Einbindung regenerativer Energien (z.B. mit einer zentralen thermischen Solaranlage) oder besonders effizienter Wärmeerzeugung. Dann kann der Primärenergiekennwert unter 50 kWh/(m<sup>2</sup>a) gesenkt werden. Ansonsten ist die wohnungsweise Ausstattung mit Kompaktaggregaten (Variante C) unter energetischen Gesichtspunkten die bessere Lösung.

	Heizwärmebedarf [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	PE-Kennwert [kWh/(m <sup>2</sup> a)]		CO <sub>2</sub> -Äquivalent [kg/(m <sup>2</sup> a)]	
Variante A: Abluftanlage, gebäudezentraler BW-Kessel, WW-Bereitung dezentral mit WT	<b>80</b>	122	100%	26,3	100%
Variante A, solar: Abluftanlage, gebäudezentraler BW-Kessel, 50 m <sup>2</sup> Solaranlage, WW-Bereitung dezentral mit WT	<b>80</b>	105	86%	22,8	87%
Variante B: je Treppenhaus Zu-/Abluftanlage, BW-Kessel, WW- Bereitung zentral	<b>56</b>	103	84%	22,4	85%
Variante B, solar: je Treppenhaus Zu-/Abluftanlage, BW-Kessel, WW- Bereitung zentral, 50 m <sup>2</sup> Solaranlage	<b>56</b>	88	72%	19,3	73%
Variante C: PH- Standard, Haustechnik- Kompaktaggregat je Wohneinheit, mit Zu-/Abluftanlage und Fortluft-WP, Zuluftheizung	<b>15</b>	56	46%	13,0	49%
Variante D: PH-Standard, zentrale Zu-/Abluftanlage je Treppen- haus, BW-Kessel, WW-Bereitung zentral, Variante D, solar: PH-Standard, zentrale Zu-/Abluftanlage je Treppen- haus, BW-Kessel, WW-Bereitung zentral, 50 m <sup>2</sup> Solaranlage	<b>15</b>	62	51%	13,6	52%
	<b>15</b>	47	39%	10,4	40%

Abbildung 76: energetische Kennwerte für die untersuchten Varianten

### 5.3.3.3. Zusammenfassung

Die kompakte Anordnung der Sanitärräume um zentrale Installationsschächte und die Erschließung mehrerer Wohnungen über einen Schacht (im vorliegenden Fall 12 Wohnungen) erlauben bei der Sanierung von Geschosswohnungsbauten aus den 60er und 70er Jahren kostengünstige Lösungen bei der Haustechnik, insbesondere wenn bestehende Heizungsverteilungen und etwaige Lüftungsleitungen in den Schächten genutzt werden können und somit keine Arbeiten an den Installationsschächten nötig sind. Am kostengünstigsten sind zentrale Abluftanlagen in Verbindung mit einer gebäudezentralen Wärmeerzeugung mit dezentraler Warmwasserbereitung in den Wohnungen. Günstige Primärenergiekennwerte und CO<sub>2</sub>-Emissionen können nur in Verbindung mit dem Einsatz von regenerativen Energien erreicht werden.

Durch den Einsatz zentraler Zu-/Abluftanlagen mit effizienter Wärmerückgewinnung verringert sich der Heizwärmebedarf deutlich und der Primärenergiebedarf und die CO<sub>2</sub>-Emissionen entsprechend. Die Investitionen für die Haustechnik verdoppeln sich jedoch und auch die baulichen Nebenleistungen sind aufwändiger.

Wird der Wärmeschutz des Gebäudes bis zum Passivhausstandard verbessert können zwar sehr niedrige Primärenergiekennwerte und CO<sub>2</sub>-Emissionen erreicht werden, insbesondere wenn regenerative Energien eingesetzt werden. Die Investitionen für die Haustechnik lassen sich jedoch nicht reduzieren. Beim Einsatz von wohnungsweisen Kompaktaggregaten erhöhen sich sogar die spezifischen Investitionen gegenüber allen anderen Varianten. Der Vorteil liegt hier bei den geringen baulichen Aufwendungen zur Installation der Haustechnik und einer wohnungsautarken Wärme- und Lüftungsversorgung, was vor allem die Verbrauchskostenabrechnung vereinfacht.

## 6. ENERGIEVERSORGUNGSKONZEPTE IN DER STADTTEILSANIERUNG

### 6.1. Grundlagen

#### 6.1.1. Aufgabe: Versorgung mit Endenergie

Aufgabe der Energieversorgung ist die Bereitstellung von Endenergie für die bei den Nutzern benötigte Nutzenergie in Form von Raumwärme, Warmwasser, mechanischer Energie (z.B. Lüftungsanlage), Kunstlicht, Kälte, Kochwärme etc.

Einige dieser Energienutzungen sind an bestimmte Energieträger gebunden (Kunstlicht ? Strom), bei anderen sind verschiedene Energieträger einsetzbar (Raumwärme ? Strom, Gas, Öl, Sonne, Holz, Fernwärme).

Nach dem Energiefluss Österreichs im Jahre 2000 (Quelle: Energieverwertungsagentur, Wien) verteilt sich der Endenergieeinsatz für Warmwasser und Raumwärme (incl. Kochen und Klimatisierung) wie folgt auf die verschiedenen Energieträger:

Energieträger	Endenergie in PJ	Anteil
Öl	86	25%
Gas	81	24%
Strom	36	11%
Fernwärme	42	12%
Biomasse	74	22%
Kohle	11	3%
Sonstige	9	3%
Summe:	339	

Tabelle 56: Verteilung des Endenergieeinsatzes für Warmwasser und Raumwärme auf Energieträger (nach Energiefluss Österreich 200, Energieverwertungsagentur, Wien)

Die Umwandlung von Endenergie in Nutzenergie findet in der Regel beim Nutzer statt. Die Effizienz dieser Umwandlung hat Auswirkungen auf den Endenergiebedarf.

Durch eine Sanierung wird der Nutzenergiebedarf einiger Energienutzungen beeinflusst (z.B. wird der Raumwärmebedarf durch Wärmedämmung reduziert) andere nur geringfügig oder gar nicht (z.B. Warmwasserbedarf). Sanierungen der Gebäudetechnik, insbesondere bei der Wärmeerzeugung haben Auswirkungen auf die Umwandlungsprozesse von Endenergie in Nutzenergie.

Im Sanierungsfall sind folgende Randbedingungen bei der Auswahl des Energieversorgungssystems zu berücksichtigen:

- Struktur der benötigten Endenergie
- Art der dezentralen Umwandlung in Nutzenergie
- Flächendichte der nachgefragten Endenergie (Arbeit und Leistung)
- Vorhandene Energieversorgungsstrukturen

Im Rahmen der Studie werden Energieversorgungskonzepte in Hinblick auf Raumwärme und Warmwasserbereitung untersucht.

#### 6.1.2. Primärenergieträger und Umwandlungsverluste

Bei der ökologischen Bewertung von Energieversorgungskonzepten ist entscheidend, welche Primärenergieträger am Anfang der Energieumwandlungskette stehen und welche Verluste bei der Umwandlung / Transport bis zur Nutzung auftreten.



Als Bewertungsmaßstäbe werden allgemein der Primärenergieeinsatz und die CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen je kWh Nutzenergie herangezogen.

Der Primärenergieeinsatz entspricht dem Kumulierten Energie-Aufwand (KEA), der eine Maßzahl für den Energieressourcenaufwand entlang einer Prozesskette bis zur Bereitstellung von Endenergie beim Nutzer darstellt. Enthalten ist die Gewinnung incl. Materialvorleistungen, Transport und Umwandlungsverluste. Physikalisch besteht bei den Primärenergieträgern kein Unterschied zwischen fossilen, nuklearen oder erneuerbaren Energien, zur ökologischen Bewertung wird deshalb i.d.R. nur der Anteil nicht erneuerbarer Primärenergien betrachtet.

CO<sub>2</sub> ist das wichtigste Gas für den zusätzlichen Treibhauseffekt aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe. Der Einfluss sämtlicher klimarelevanten Treibhausgase (z.B. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, NMVOC, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O) wird durch die Bildung von Äquivalentwerten berücksichtigt, den so genannten CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Sie entsprechen der Menge an CO<sub>2</sub>-Emissionen, die das gleiche Treibhauspotential aufweist wie die Summe aller treibhausaktiven Emissionen.

Der KEA und die CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen können u.a. mit dem Globalen Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) berechnet werden. Beispiele für die Endenergiebezogenen Faktoren bei der Wärmebereitstellung für die Anwendung in Deutschland zeigt Tabelle 57. Der „KEA nicht erneuerbar“ entspricht dabei dem üblicherweise verwendeten Primärenergiefaktor.

Energieträger	CO <sub>2</sub> -Äquivalent	KEA Summe	KEA nicht erneuerbar
	g / kWh <sub>End</sub>	kWh <sub>PE</sub> /kWh <sub>End</sub>	kWh <sub>PE</sub> /kWh <sub>End</sub>
Erdgas	254,1	1,17	1,17
Heizöl EL	317,7	1,16	1,15
Steinkohle Briketts	446,3	1,11	1,11
Holz-Stücke	20,8	1,04	0,03
Holz-Hackschnitzel	58,4	1,17	0,15
Holz-Pellets	70,1	1,28	0,25

Tabelle 57: CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen und Primärenergiefaktoren für ausgewählte Energieträger, bezogen auf Endenergie bei der Wärmebereitstellung (nach GEMIS 4.14, September 2002)

Während bei den in Tabelle 58 aufgeführten Energieträgern vermutlich keine entscheidenden Unterschiede zwischen Österreich und Deutschland bestehen, ergeben sich beim Strom entsprechend dem jeweiligen Kraftwerkspark regional sehr unterschiedliche Faktoren.

	CO <sub>2</sub> -Äquivalent	KEA Summe	KEA nicht erneuerbar
	g / kWh <sub>Strom</sub>	kWh <sub>PE</sub> /kWh <sub>Strom</sub>	kWh <sub>PE</sub> /kWh <sub>Strom</sub>
Österreich	280,2	1,61	0,92
Schweiz	39,5	2,00	1,31
Deutschland	661,8	2,89	2,60
EU	457,4	2,80	2,48
EU + Schweiz + Norwegen	429,5	2,71	2,35

Tabelle 58: CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen und Primärenergiefaktoren für die Strombereitstellung ausgewählter Kraftwerksparks (GEMIS 4.14, Sept. 2002)

Die Wahl, welcher Kraftwerkspark für die Stromerzeugung zu Grunde gelegt wird, beeinflusst die Bewertung einer Stromanwendung u.U. erheblich. Angesichts des liberalisierten Strommarktes und des europäischen Strom-Verbundnetzes erscheint eine Bewertung des Stromeinsatzes mit den europäischen Werten sinnvoll. Will man sich jedoch auf den österreichischen Strom-Mix beziehen, so schneiden Stromanwendungen bei der Primärenergiebilanz um den Faktor 2,5 und bei den CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen um den Faktor 1,5 besser ab, als mit dem europäischen Strom-Mix.

Auswirkungen hat die Wahl der Referenz-Stromerzeugung auch bei der ökologischen Bewertung von Kraft-Wärme-Kopplungs-Systemen (KWK), bei denen gleichzeitig Strom und Wärme bereitgestellt werden. I.d.R. wird die Bewertung auf ein Hauptprodukt (z.B. Wärme) bezogen, für das Nebenprodukt

(entsprechend Strom) werden Gutschriften für die dadurch an anderer Stelle eingesparten Emissionen und Primärenergie angerechnet. Mit dem europäischen Strom-Mix als Referenz fällt somit die Bewertung eines KWK-Systems günstiger aus als im Kontext der rein österreichischen Stromerzeugung.

Die ökologische Bewertung von KWK-Systemen beeinflusst die Bewertung von Fernwärmeversorgungen. Da hier sehr unterschiedliche Prozesse bei der Wärmeerzeugung beteiligt sein können und der KWK-Anteil sowie die Netzverluste je nach Wärmeversorger stark schwanken können, helfen allgemeine Primärenergiefaktoren und CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionsfaktoren bei der Bewertung eines konkreten Projektes wenig. Hier sollte immer eine projektspezifische Berechnung der Faktoren durch den Wärmeversorger angefordert werden. Die in Tabelle 59 aufgeführten Faktoren, die im Passivhaus-Projektierungspaket verwendet werden und mit GEMIS 3.0 für deutsche Verhältnisse berechnet sind, können nur als grobe Anhaltswerte herangezogen werden.

Fernwärme aus:	CO <sub>2</sub> -Äquivalent g / kWh <sub>End</sub>	Primärenergiefaktor kWh <sub>PE</sub> /kWh <sub>End</sub>
Steinkohle Heizkraftwerk mit 70% KWK	214	0,71
Steinkohle Heizkraftwerk mit 35% KWK	306	1,10
Steinkohle Heizkraftwerk mit 0% KWK	398	1,49

Tabelle 59: CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen und Primärenergiefaktoren für die Strombereitstellung ausgewählter Kraftwerkparks (GEMIS 4.14, Sept. 2002)

### 6.1.3. Energieversorgungskonzepte für Raumwärme und Warmwasser

#### 6.1.3.1. Zentrale Wärmeerzeugung und leitungsgebundene Verteilung durch Fernheizungen

In Heizwerken oder Heizkraftwerken wird an zentraler Stelle Wasser erwärmt und in Rohrleitungsnetzen (Fernwärmeleitungen) den Nutzern zugeführt. Während Heizwerke der ausschließlichen Erzeugung von Wärme dienen, wird in Heizkraftwerken kombiniert Strom und Wärme erzeugt (Kraft-Wärme-Kopplung). In Österreich werden etwa 2/3 der Fernwärme in Heizkraftwerken und 1/3 in Heizwerken erzeugt. Im Jahre 2001 betrug die Gesamtlänge des Fernwärmenetzes in Österreich 2950 km, mit ihm wurden 513 000 Wohnungen mit Fernwärme versorgt (Quelle: Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen).

#### Vorteile der Fernheizung sind:

- + Investitions- und Platzersparnis beim Verbraucher (kostengünstige Übergabestationen, kein Heiz- und Brennstofflagerraum, kein Schornstein)
- + keine Brennstofftransporte zu den Verbrauchern (Verkehrsentlastung)
- + Vermeidung dezentraler Emissionsquellen
- + Verwendung kostengünstiger Brennstoffe möglich (z.B. Müll)
- + hohe Ausnutzung des Brennstoffs möglich, insbesondere bei der gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme
- + hohe Betriebssicherheit
- + professionelle Betriebsführung

#### Nachteile der Fernheizung sind:

- relativ hohe Wärmeverteilungskosten
- Wärmeverluste des Leitungsnetzes

Werden räumlich relativ kleine, abgegrenzte Quartiere oder Siedlungen mit einem Wärmeverteilnetz ausgestattet, spricht man oft von Nahwärme. Als Wärmeerzeuger können neben konventionellen Systemen (Öl- oder Gaskessel, Gas- oder Öl-BHKW) mit fossilen Brennstoffen insbesondere folgende Systeme mit regenerativen Brennstoffen zum Einsatz kommen:

- Blockheizkraftwerke zur gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme, z.B.
  - Biogas-BHKW

- Rapsöl-BHKW
- Holzgas-BHKW
- Biomassen-Heizkessel (Holzhackschnitzel, Holzpellets oder Stroh)
- Einbindung von thermischen Solaranlagen als solare Nahwärme mit Kurzzeit- oder Langzeitspeicher

Neben den generellen Vorteilen der Fernheizung können durch Nahwärme außerdem oft folgende Vorteile gegenüber dezentralen Wärmeerzeugern genutzt werden:

- Überschreitung der unteren Leistungsschwelle bei einigen Wärmeerzeugertechniken wie BHKW oder Holzhackschnitzel
- höhere Flexibilität und Zukunftsoffenheit hinsichtlich Energieträger und Anlagentechnik
- geringere Gesamtinvestition als bei vielen dezentralen Wärmeerzeugern

### **6.1.3.2. Dezentrale Wärmeerzeugung mit leitungsgebundenen Energieträgern**

Als leitungsgebundene Energieträger für die Raumheizung und Warmwasserbereitung kommen Gas und Strom in Frage. Stromnetze stehen in allen Bestandquartieren zur Verfügung, in vielen Bereichen ist ein Gasnetz vorhanden.

Strom kann zur direktelektrischen Wärmeerzeugung mit Widerstandsheizungen oder zum Antrieb von elektrischen Wärmepumpen verwendet werden. Auch bei günstigen Primärenergiefaktoren für Strom sollte dieser hochwertige und teure Energieträger nicht in Widerstandsheizungen in Wärme umgewandelt werden. Thermodynamisch entstehen dadurch hohe Exergieverluste (Die Exergie ist ein Maß für die Arbeitsfähigkeit von Energie).

Mit Wärmepumpen kann Umweltwärme, die sich auf einem niedrigen Temperaturniveau befindet, auf einem höheren Temperaturniveau nutzbar gemacht werden. Je nach Wärmequelle und Wärmeabgabesystem der Wärmepumpe kann mit einer Einheit Strom 2,5 bis 5 Einheiten nutzbare Wärme erzeugt werden. Entsprechend der jeweiligen Wärmequelle werden folgende Wärmepumpensysteme unterschieden:

- Grundwasser-Wärmepumpen
- Erdreich-Wärmepumpen
- Außenluft-Wärmepumpen
- Fortluft/Abluft-Wärmepumpen

Gas kann als Brennstoff für Gaskessel, für Blockheizkraftwerke, für Brennstoffzellen oder für Gas-Wärmepumpen eingesetzt werden.

Ähnlich wie beim Stromnetz ist es bei einem liberalisierten Gasmarkt zukünftig denkbar, dass neben Erdgas auch regenerativ erzeugtes Gas (Biogas, Deponiegas) nach entsprechender Aufbereitung ins Gasnetz eingespeist wird und es so auch einen regenerativen Anteil bei der Gasversorgung geben kann.

### **6.1.3.3. Dezentrale Wärmeerzeugung mit nicht leitungsgebundenen Energieträgern**

Als mögliche Energieträger kommen hierfür Flüssiggas, Heizöl, Holz oder Rapsöl in Frage, die in Heizkesseln oder Klein-BHKWs zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden können. Diese Energieträger erfordern eine dezentrale Brennstoffbevorratung. Der Platzbedarf ist abhängig von Heizwärmebedarf, Brennstoff und gewünschter Bevorratungsdauer.

Nicht leitungsgebundene Energieträger sollten nur eingesetzt werden, wenn

- Brennstofflagerräume in ausreichender Größe vorhanden sind
- der Brennstoff auf absehbare Zeit in ausreichender Menge und Qualität zur Verfügung steht
- keine Einschränkungen hinsichtlich lokaler Schadstoffemissionen bestehen
- die Flächendichte des Wärmebedarfs so gering ist, dass der Aufbau eines Leitungsnetzes für Gas oder Fernwärme unwirtschaftlich ist und eine Wärmeversorgung über Wärmepumpen mit Strom als alleinigem Energieträger nicht durchführbar ist

Dezentrale Wärmeerzeugung kann auch mit thermischen Solaranlagen erfolgen.

#### 6.1.3.4. Einbindung regenerativer Energien

Als regenerative Energiequellen für die Raumwärme und Warmwasserbereitung kommen vor allem die thermische Nutzung der Solarenergie und der Einsatz von Biomasse als Brennstoff in Frage. Abgesehen von der Nutzung in großen Solarkraftwerken wird die **thermische Solarenergie** in folgenden Versorgungssystemen genutzt:

- Solaranlagen mit Kurzzeit-Wärmespeicher zur Warmwasserbereitung (und eventuell Heizungsunterstützung) im Gebäude selbst, Kollektorfläche <100 m<sup>2</sup>. Die Anlagen werden meist auf einen solaren Deckungsanteil von 40 bis 60% an der Warmwasserbereitung ausgelegt. Je nach Anteil des Warmwasserbedarfs am Gesamtwärmebedarf liegt der solare Deckungsanteil am Gesamtwärmebedarf dann zwischen 10 und 25%.
- Solaranlagen mit Einspeisung der Solarwärme in ein Nahwärmenetz in Verbindung mit einem Kurzzeit-Wärmespeicher, Kollektorfläche >100 m<sup>2</sup>. Der solare Deckungsanteil am Gesamtwärmebedarf kann bis 30% betragen.
- Solaranlagen mit saisonalem Langzeit-Wärmespeicher und solarer Nahwärme, Kollektorfläche: mehrere Hundert bis mehrere Tausend m<sup>2</sup>. Der solare Deckungsanteil am Gesamtwärmebedarf kann 30 bis 60% betragen.

Durch den Einsatz von **Biomasse als Brennstoff** können sehr hohe regenerative Anteile bei der Wärmeerzeugung erzielt werden. Selbst unter Berücksichtigung des nichtregenerativen Energieaufwands bei der Bereitstellung der Brennstoffe liegt der regenerative Anteil bei 80 bis 85%. Manche Wärmeerzeuger (z.B. BHKWs oder Holz hackschnitzelanlagen) werden aus Gründen der Betriebssicherheit oder der wirtschaftlicheren Betriebsführung mit zusätzlichen Spitzenlastkesseln (meist Gaskessel) kombiniert. Die Anlagen werden i.d.R. so dimensioniert, dass der Spitzenlastkessel nur 20 bis 40% der Jahreswärmemenge erzeugt, so dass auch in diesen Fällen noch ein hoher regenerativer Anteil an der Wärmeerzeugung gewährleistet wird.

Die Vorteile einer Holzheizung im Vergleich zu einer konventionellen Gas- oder Ölheizung sind:

- Ersatz von wertvollen Ressourcen durch einen nachwachsenden Rohstoff
- Einsatz heimischer Energieträger mit Unabhängigkeit von Energieimporten
- Volkswirtschaftliche Vorteile mit höherer Wertschöpfung in der Region
- Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes / Verminderung des Treibhauseffektes
- Entlastung des (Brenn-)Holzmarktes

Im weiteren Sinne zählt auch die Nutzbarmachung von Umweltwärme durch Wärmepumpen zur Nutzung von regenerativer Energie. Dies gilt insbesondere bei der Nutzung von **oberflächennaher Geothermie**, bei der es sich bis zu einer Tiefe von 15 m im Wesentlichen um gespeicherte Sonnenenergie, darunter um Wärme aus dem Erdinneren handelt. Diese Energie kann über das Grundwasser, über Erdsonden oder Erdkollektoren erschlossen werden. In Sonderfällen ist auch eine direkte Nutzung ohne Wärmepumpen möglich.

#### 6.1.3.5. Gesichtspunkte bei der Stadteilsanierung

- Verbesserungen beim baulichen Wärmeschutz und der gebäudeinternen Haustechnik führen im Rahmen von Stadteilsanierungen zu einer Reduzierung des Heizwärmebedarfs. Die Flächendichte des Wärmebedarfs und der maximalen Auslegungsleistung sinken. Gleichzeitig erhöht sich der Anteil des Warmwasserbedarfs an der Gesamt-Wärmemenge und der Sockel dieser ganzjährigen Wärmenachfrage erhöht sich. Dadurch kommt einer effizienten Warmwasserbereitung erhöhte Bedeutung zu. Diese Veränderungen in der Wärmenachfrage verbessern die Möglichkeiten für Wärmeversorgungs-systeme, deren Wirtschaftlichkeit an lange Jahres-Laufzeiten gebunden ist (BHKW, Holz hackschnitzelanlagen) und für die Solarenergienutzung.
- Die leitungsgebundenen Energieträger Gas und vor allem Fernwärme haben einen strategischen Nachteil: Bei sinkender Abnahmedichte steigen die spezifischen Kosten für Netzunterhaltung und Netzverluste. Dennoch ist es meist wirtschaftlich, vorrangig bestehende Leitungsnetze weiter zu nutzen. Die Umstellung auf andere Energieträger ist meist nur unter hohem Investitionseinsatz möglich. Bei der Umstellung auf eine stromgestützte Wärmeversorgung durch Wärmepumpen muss beispielsweise entsprechende Wärmequellen erschlossen werden.

Bei Gasnetzen kann die durch Sanierungen abnehmende Wärmenachfrage dadurch ausgeglichen werden, dass gasbetriebene BHKWs im Sanierungsgebiet installiert werden.

- Potentiale für regenerative Wärmeerzeugung können durch Biomassen-Brennstoffe, solare Warmwasserbereitung und Nutzung von Umweltwärme in direkter Form oder über Wärmepumpen erschlossen werden.

Mit dem Einsatz von Biomassen-Brennstoffen kann ein sehr hoher Anteil regenerativer Wärmeerzeugung erreicht werden. Dabei ist zu beachten, dass diese Brennstoffe durch ihre Erzeugung, Verarbeitung und Bereitstellung immer auch einen gewissen Anteil an nicht erneuerbarer Energie enthalten. Bei der Stadtteilsanierung eignen sie sich besonders gut als Ersatz für konventionelle, fossile Wärmeerzeuger, wenn die Infrastruktur einer bestehenden Heizzentrale mit Nah- oder Fernwärmenetz genutzt werden kann.

Dezentrale thermische Solaranlagen lassen sich im Rahmen der Gebäudesanierung am einfachsten verwirklichen. Solare Nahwärme mit Kurzzeitspeichern erfordert ein Nahwärmenetz mit niedrigen Rücklauftemperaturen, die sich im Sanierungsfall meist nicht für das ganze Versorgungsgebiet realisieren lassen. Ist dies dennoch möglich, können höhere solare Deckungsanteile als bei den dezentralen Solaranlagen realisiert werden. Solare Nahwärme mit saisonalen Speichern wird sich im Bestand wegen des Platzbedarfs für den Speicher und dem zusätzlichen solaren Wärmeleitungsnetz nur in Ausnahmefällen realisieren lassen.

Bei der Sanierung können besonders erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen mit Wärmequelle Grundwasser oder mit Erdsonden eingesetzt werden. In beiden Fällen kann die Erschließung der Wärmequelle mit relativ geringem Geländebedarf im Bestand erfolgen. Besonders bei fehlenden Versorgungsnetzen für Erdgas oder Fernwärme können erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen eine wirtschaftlich und energetisch sinnvolle Lösung darstellen.

Bei der Nutzung des Grundwassers wird dieses dem Untergrund über einen oder mehrere Förderbrunnen entnommen, in der Wärmepumpe abgekühlt und über Schluckbrunnen wieder in den Untergrund eingebracht. Die Tiefe der Brunnen variiert je nach Grundwasserstand zwischen 4 und 50 m. Die Grundwassernutzung ist grundsätzlich genehmigungspflichtig.

Bei Erdwärmesonden werden vorgefertigte Kunststoffrohrbündel (überwiegend werden Doppel-U-Rohre aus HDPE verwendet) in ein Bohrloch eingeführt und der Ringraum mit einem Bentonit / Zement / Wasser-Gemisch abgedichtet. Die Sondentiefe liegt üblicherweise zwischen 25 und 200 m. Da bei Bohrungen über 100 m ein bergrechtliches Verfahren durchgeführt werden muss, beschränken sich viele Anlagen auf diese Tiefe.

Eine Sonderform der Nutzung oberflächennaher Geothermie stellt die direkte Nutzung mit Erdwärmetauschern zur Vorerwärmung oder -kühlung von Außenluft bei Wohnungslüftungsanlagen dar. Während die verbreitete Form von Luft-Erdwärmetauschern zur Vortemperierung der Außenluft wegen der großen Querschnitte und den damit verbundenen aufwändigen Erdarbeiten im Sanierungsfall eher selten ausgeführt werden kann, bietet sich u.U. der Einsatz von Sole-Erdwärmetauschern an. Falls um das Gebäude aufgegraben werden muss, um z.B. die Perimeterdämmung zu verbessern oder eine Dränage zu verlegen, kann dieser Arbeitsraum genutzt werden, um darin Solegefüllte PE-Leitungen zu verlegen, die als Erdwärmetauscher dienen. Im Winter kann damit in einem Vorheizregister der Lüftungsanlage die Außenluft vorgewärmt und im Sommer gekühlt werden. Die Leitungen sollten mindestens 1 m unter Geländeoberkante verlegt werden, bei mehreren Leitungen (was i.d.R. sinnvoll ist) sollte der Abstand zueinander mindestens 50 cm betragen.

- Mit Biomasse-Wärmeerzeuger können ähnliche Wärmegestehungspreise wie bei konventionellen, fossilen Wärmeversorgungssystemen erzielt werden. Demgegenüber liegen die solaren Wärmepreise unter Berücksichtigung der annuitätischen berechneten Investitionen im Sanierungsfall mit 0,20 bis 0,30 EUR/kWh bei dezentralen Anlagen und 0,10 bis 0,20 EUR/kWh bei solarer Nahwärme mit Kurzzeitspeicher noch deutlich höher.

## **6.2. Exemplarische Wärmeversorgungskonzepte für 3 Referenzquartiere unterschiedlicher Größe**

### **6.2.1. Referenzquartier 1 - Strindbergweg, Linz**

#### **6.2.1.1. Nutzungsanforderungen und Energiebedarf im Bestand und nach Sanierung**

Beim untersuchten Referenzquartier handelt es sich um 13 Wohngebäude mit jeweils 7 Wohneinheiten auf drei Vollgeschossen. Die Gebäude schließen teilweise mit einem Versatz aneinander an, so dass insgesamt 4 Baukörper (2x je 4 Häuser, 1x 3 Häuser, 1x 2 Häuser) vorhanden sind.

Die beheizte Fläche (Energiebezugsfläche) beträgt 596 m<sup>2</sup> je Haus, für die 91 Wohneinheiten insgesamt 7748 m<sup>2</sup>. Die zugehörige Siedlungsfläche beträgt 10,1 ha. Der anhand des PHPP berechnete Heizwärmebedarf des Bestands beträgt 126,8 kWh/(m<sup>2</sup>a), der Warmwasser-Nutzwärmebedarf wird unter Standardbedingungen im PHPP mit 18,6 kWh/(m<sup>2</sup>a) angesetzt.

Die Gebäude sind an das öffentliche Erdgasnetz angeschlossen. Die bestehende Wärmeversorgung erfolgt über wohnungsweise Gas-Kombithermen, über die sowohl die Raumwärme als auch das Warmwasser bereitgestellt wird. Mit dieser Wärmeversorgung ergibt sich ein Endenergiebedarf in Form von Erdgas von 163 kWh/(m<sup>2</sup>a) und unter Berücksichtigung des eingesetzten Hilfsstroms ein Primärenergiebedarf von 193 kWh<sub>PE</sub>/(m<sup>2</sup>a).

Der Gesamtgasverbrauch der 13 Häuser liegt bei 1.263 MWh/a, was einer Netzbelastung (Energieabnahme) von 125 MWh/(ha a) entspricht. Die installierte Leistung der Kombithermen richtet sich nach dem Spitzenwarmwasserbedarf, so dass i.d.R. von einer Mindestleistung von 18 kW ausgegangen werden kann. Damit ergibt sich bei einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,4 eine maximale Netzbelastung (Leistung) von 8,1 m<sup>3</sup>/(h ha).

Durch eine wärmetechnische Sanierung der Gebäude wird der Heizwärmebedarf gesenkt. Je nachdem ob Wohnungslüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung oder nur Abluftanlagen eingebaut werden, sinkt er bei der vorgeschlagenen Verbesserung der Wärmedämmung auf 34 bzw. 55 kWh/(m<sup>2</sup>a). Der Nutzwärmebedarf für die Warmwasserbereitung wird durch die Sanierung nicht wesentlich beeinflusst, so dass hier weiterhin von den 18,6 kWh/(m<sup>2</sup>a) nach Standardnutzungsbedingungen ausgegangen werden kann.

#### **6.2.1.2. Energieeffiziente Wärmeversorgungskonzepte nach der Sanierung**

Das untersuchte Quartier ist mit einem Erdgas-Versorgungsnetz erschlossen. Fernwärme steht für die Gebäude nicht zur Verfügung. Für eine Wärmeversorgung auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen (z.B. Holzheizung) steht in den Gebäude kein ausreichender Lagerraum zur Verfügung (bei Holzpellets ca. 15 m<sup>3</sup> je Haus) und müsste erst mit relativ hohen Kosten erstellt werden. Im vorliegenden Fall erscheint diese Lösung deshalb als ungeeignet. Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist eine weitere Nutzung des Erdgasanschlusses sinnvoll. Unterschiedliche Varianten ergeben sich aus der Art des Wärmeerzeugers und der Kombination mit weiteren gebäudetechnischen Anlagen.

Bei einer konventionellen Sanierung würden nur die Gas-Kombithermen in den Wohnungen erneuert. Da bei einer gleichzeitigen, wärmetechnischen Sanierung die benötigte Auslegungs-Heizleistung deutlich sinkt (von ca. 45 W/m<sup>2</sup> auf 14 bis 20 W/m<sup>2</sup>) verschlechtert sich die Auslastung und somit auch die Energieeffizienz der wohnungsweisen Gas-Kombithermen.

Energieeffizienzpotentiale und Verbrauchskostenreduzierungen können im Bereich der Haustechnik nur über eine zentrale Wärmeversorgung erschlossen werden. Dies könnte im vorliegenden Fall durch eine Heizzentrale mit einem Wärmeerzeuger in jedem Haus oder durch eine Heizzentrale für jeden Baukörper. Voraussetzung dafür ist, dass im Untergeschoss der Häuser geeignete und ausreichend große Räume in entsprechende Heizräume umgewandelt werden können. Außerdem muss ein zentrales Wärmeverteilnetz für Heizung und Warmwasser zwischen dem Heizraum und den Wohnungen erstellt werden. Die energetischen Vorteile liegen vor allem in einer effizienteren Wärmeerzeugung und der Möglichkeit, regenerative Energien in die Wärmeversorgung einzubinden. Aber auch in Hinblick auf Wartungskosten und Ersatzinvestitionen kann eine zentrale Wärmeerzeugung Vorteile bringen.

Die Umstellung auf eine zentrale Wärmeversorgung je Haus würde auf der Anlagenseite Investitionen in Höhe von etwa 25 EUR/m<sup>2</sup> Wohnfläche verursachen. Nicht berücksichtigt sind bauliche Maßnahmen wie Öffnen und Schließen von Installationsschächten, Wanddurchbrüchen usw. Die reine Ersatzinvestition für die Kombithermen beläuft sich auf ca. 28 EUR/m<sup>2</sup>. Beide Maßnahmen sind somit etwa kostengleich.

Die zentrale Wärmeerzeugung würde es erlauben, thermische Solarkollektoren in das System einzubinden. Bei einer Solaranlage zur Warmwasserbereitung mit einem solaren Deckungsanteil am Warmwasserbedarf von etwa 50% würden Investitionen in Höhe von etwa 22 EUR/m<sup>2</sup> anfallen.

Würden immer 4 Häuser über eine Heizzentrale versorgt, ist auch der Einsatz eines Klein-BHKW oder einer Brennstoffzelle denkbar. Eine solche Heizzentrale mit Klein-BHKW, Spitzenlastkessel, Warmwasserbereitung sowie dem Wärmeverteilnetz und der Wohnungsübergabe würde Investitionen von ca. 27 EUR/m<sup>2</sup> erfordern.

Bei einer konventionellen Sanierung würde die Lüftung der Wohnungen weiterhin über Fenster erfolgen. In Hinblick auf eine gute Raumluftqualität und zur Vermeidung von Bauschäden ist eine mechanische Wohnungslüftung auf jeden Fall empfehlenswert. Bei einer einfachen, zentralen Abluftanlage mit Außenluftnachströmung über Luftdurchlässe in der Fassade kann von Kosten von etwa 15 EUR/m<sup>2</sup>, bei einer Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung von etwa 45 EUR/m<sup>2</sup> ausgegangen werden.

Während durch eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung der Heizwärmebedarf deutlich gesenkt werden kann, wird sich unter Standardnutzungsbedingungen bei Abluftanlagen wenig am Heizwärmebedarf ändern. Allerdings besteht die Möglichkeit, über eine elektrische Wärmepumpe die Abluft einer zentralen Abluftanlage als Wärmequelle für die Warmwasserbereitung zu nutzen. Eine solche Abluftwärmepumpe wurde zusätzlich zur Lüftungsanlage etwa 10 EUR/m<sup>2</sup> kosten.

Aus der Vielzahl der möglichen Kombinationen wurden 3 Anlagenvarianten unter energetischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten miteinander verglichen. Als Referenzvariante wurde der Ersatz der bestehenden Kombithermen heran gezogen.

Variante 1: zentrale Wärmeerzeugung je Haus mit Gas-Brennwertkessel  
Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung  
Kosten: 70 EUR/m<sup>2</sup>

Variante 2: zentrale Wärmeerzeugung je Haus mit Gas-Brennwertkessel  
thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung  
zentrale Abluftanlage mit Abluftwärmepumpe  
Kosten: 72 EUR /m<sup>2</sup>

Variante 3: zentrale Wärmeerzeugung für eine Baukörper (2 bis 4 Häuser) mit Klein-BHKW und Gas-Spitzenlastkessel  
zentrale Abluftanlage  
Kosten: 42 EUR/m<sup>2</sup>

### 6.2.1.3. Energetische Bewertung

Für die energetische Beurteilung der Varianten wurden die für die Raumheizung, die Warmwasserbereitung und Lüftung einschließlich der Hilfsenergie benötigte Endenergie in Form von Erdgas und Strom anhand des Rechenverfahrens des Passivhaus-Projektierungspakets (PHPP) berechnet. Bei der Berechnung des Primärenergieaufwands und der CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen wurden für Erdgas die Faktoren entsprechend Tabelle 57 auf Seite 203 verwendet und für den Strom die Faktoren für den europäischen Strommix entsprechend Tabelle 58 auf Seite 203.

Bei Fensterlüftung bzw. beim Einsatz einer Abluftanlage liegt der Heizwärmebedarf der sanierten Gebäude bei 55,4 kWh/(m<sup>2</sup>a). Der Nutz-Warmwasserbedarf wurde bei allen Varianten mit 18,6 kWh/(m<sup>2</sup>a) angesetzt.

Bei der Referenzvariante (Kombithermen) werden für Heizung und Warmwasser 82,6 kWh/(m<sup>2</sup>a) Gas und 1,1 kWh/(m<sup>2</sup>a) Strom für Hilfsenergie benötigt. Der Primärenergiebedarf liegt bei 99 kWhPE/(m<sup>2</sup>a) und die CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen bei 21,5 tCO<sub>2</sub>/(m<sup>2</sup>a).

Durch eine Lüftungsanlage mit 70% Wärmerückgewinnung sinkt der Heizwärmebedarf auf 34,4 kWh/(m<sup>2</sup>a). Dadurch reduziert sich bei Variante 1 der Endenergiebedarf Gas auf 61,6 kWh/(m<sup>2</sup>a). Die zusätzlichen Wärmeverluste der zentralen Wärmeverteilung werden durch die effizientere Wärmeerzeugung ausgeglichen. Der Hilfsstromeinsatz steigt durch die Lüftungsanlage auf 3,1 kWh/(m<sup>2</sup>a). Der Primärenergiebedarf liegt bei 79 kWh<sub>PE</sub>/(m<sup>2</sup>a) und die CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen bei 17,0 t<sub>CO2</sub>/(m<sup>2</sup>a).

Bei Variante 2 wird durch den Einsatz von Sonnenkollektoren und eine Abluftwärmepumpe beim Warmwasserbedarf Energie eingespart. Der Endenergiebedarf Gas sinkt auf 64,1 kWh/(m<sup>2</sup>a), da ein Teil des Warmwasserbedarfs mit der elektrischen Abluftwärmepumpe gedeckt wird, erhöht sich der Stromeinsatz auf 3,5 kWh/(m<sup>2</sup>a). Damit liegt der Primärenergiebedarf bei 83 kWh<sub>PE</sub>/(m<sup>2</sup>a) und die CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen bei 17,8 t<sub>CO2</sub>/(m<sup>2</sup>a).

Beim Einsatz eines Klein-BHKW entsprechend Variante 3 wird der zeitgleich bei der Wärmeerzeugung erzeugte Strom als Gutschrift berücksichtigt. Dadurch ergibt sich ein negativer Endenergieeinsatz von Strom in Höhe von -28,0 kWh/(m<sup>2</sup>a). Der Endenergiebedarf Gas liegt mit 125,7 kWh/(m<sup>2</sup>a) trotz des gleichen Nutzwärmebedarfs wie in Variante 2 deutlich höher, da die Wärme im BHKW nur mit ca. 60% Jahreswirkungsgrad erzeugt wird, gegenüber ca. 95% in einem Brennwertkessel. Durch die Stromgutschrift ergibt sich beim Primärenergiebedarf jedoch wieder ein günstiger Wert von 81 kWh<sub>PE</sub>/(m<sup>2</sup>a). Da das Verhältnis von Erdgas zu Strom bei den CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen nicht ganz so günstig ist, liegt diese Variante hier mit 19,9 t<sub>CO2</sub>/(m<sup>2</sup>a) deutlich über den beiden anderen Varianten. Wird statt des europäischen Strommixes die Faktoren für die österreichischer Stromproduktion zu Grunde gelegt, schneidet diese Variante primärenergetisch erheblich schlechter ab (121,3 kWh<sub>PE</sub>/(m<sup>2</sup>a)).

Gegenüber der Referenzvariante wird bei allen drei Anlagenvarianten ca. 20% des Primärenergieeinsatzes eingespart, ebenso bei den CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen, wobei mit dem BHKW die Reduzierung hier nur knapp 10% beträgt. Das ökologische Optimum bei Beibehaltung der Erdgasversorgung könnte durch Kombination von Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung mit thermischer Solaranlage erreicht werden. Die Einsparungen gegenüber der Referenzvariante betragen dann etwa 35%.

#### **6.2.1.4. Energieverbrauchs- und Betriebskosten**

Zur Berechnung der Verbrauchskosten wurden die Strom- und Erdgas-Tarife der Linz AG zu Grunde gelegt. Durch die Tarifstruktur wird der spezifische Erdgaspreis günstiger, je größer die Nutzungseinheit wird. So liegen die spezifischen Erdgaspreise bei den Varianten mit zentraler Wärmeerzeugung zwischen 0,050 und 0,055 EUR/kWh, während bei dezentraler Wärmeerzeugung die kWh Erdgas 0,070 EUR kostet. Auch die Kosten für Wartung und Betriebskosten, wie z.B. Abgasmessungen, liegen bei zentraler Wärmeerzeugung mit ca. 0,40 EUR/m<sup>2</sup> deutlich unter denen von dezentralen Kombigeräten (ca. 1,00 EUR/m<sup>2</sup>). Diesen Kostenvorteilen stehen allerdings die zusätzlichen Kosten für die Heizkostenverteilung (Miete/Wartung Messgeräte, administrativer Aufwand) gegenüber, die bei einer zentralen Wärmeversorgung notwendig wäre. Je nach Verbrauchserfassungsgeräte muss mit Kosten von 0,50 bis 0,80 EUR/m<sup>2</sup> gerechnet werden.

Beim Kostenvergleich wurden der Gasverbrauch sowie der für die Lüftung, Heizung und Warmwasserbereitung benötigte Hilfsstrom berücksichtigt.

Bei wohnungsweisen Kombithermen rechnet jede Nutzungseinheit ihren Gasverbrauch separat mit dem Versorger ab. Die Energiekosten liegen nach der Sanierung bei etwa 5,90 EUR/m<sup>2</sup> zuzüglich etwa 1,00 EUR/m<sup>2</sup> für Wartung und Betriebskosten. Durch die entsprechenden Energieeinsparungen bei den Varianten mit Wärmerückgewinnung oder mit Solaranlage und durch die Vorteile der zentralen Wärmeerzeugung liegen die Energiekosten bei diesen Varianten bei etwa 4,00 EUR/m<sup>2</sup>, wenn Wärmerückgewinnung und Solaranlage kombiniert werden, sinken die Kosten sogar auf 3,25 EUR/m<sup>2</sup>. Die Kosten für Heizkostenverteilung, Wartung und Betrieb betragen etwa 1,20 bis 1,30 EUR/m<sup>2</sup>.

Da in Österreich Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung nur bezuschusst wird, wenn die Wärme in ein öffentliches Fernwärmenetz eingespeist wird, erfolgt eine Gutschrift für den vom BHKW erzeugten Strom nur entsprechend dem mittleren Marktpreis (29,62 EUR/MWh für das 4. Quartal 2003 nach e-control). Dementsprechend schlecht schneidet die Variante mit Klein-BHKW ab: Die Energiekosten



liegen bei etwa 5,70 EUR/m<sup>2</sup>, die Kosten für Heizkostenverteilung, Wartung und Betrieb bei 1,20 EUR/m<sup>2</sup>, da beim BHKW mit höheren Wartungskosten als bei Brennwertkesseln zu rechnen ist

#### **6.2.1.5. Zusammenfassung**

Bei Wohngebäuden dieser Größe und Baualtersklasse kann durch die Verbesserung der Wärmedämmung der Heizwärmebedarf um über die Hälfte, bei Einsatz einer effizienten Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung sogar um fast 75% reduziert werden. Der Anteil des Warmwasserbedarfs am Gesamtwärmebedarf steigt auf etwa ein Drittel.

Sind die Gebäude nicht bereits an eine Fernwärmeversorgung angeschlossen, so finden sich im Bestand häufig dezentrale Wärmeerzeuger, teils als Gas-Etagenheizungen, als Elektro-Speicheröfen oder als Elektro-Warmwasserspeicher. Der Vorteil besteht vor allem in der einfachen, direkten Verbrauchskostenabrechnung der Nutzer mit dem Energieversorger. Andererseits genügt die Wärmeerzeugung oft nicht den Maßstäben effizienter und ökologischer Energienutzung. Potentiale für effiziente Wärmeerzeugung, die Einbindung modernster Technologie und regenerativer Energieträger können nur über eine Zentralisierung der Wärmeerzeugung erschlossen werden, sei dies in Form einer Anbindung an ein Nah- oder Fernwärmenetz oder der Erstellung von gebäudezentralen Heizzentralen.

Sind keine größeren baulichen Maßnahmen notwendig (z.B. Bau von Brennstoff-Lagerräumen o.ä.), so liegen die Investitionskosten für eine Umstellung auf zentrale Wärmeversorgung meist in derselben Größenordnung, wie die Kosten für die Erneuerung der dezentralen Wärmeerzeuger. Energetisch können die erhöhten Verteilverluste i.d.R. durch höhere Effizienz bei der Wärmeerzeugung kompensiert werden. Besondere Vorteile ergeben sich vor allem dann, wenn durch die zentrale Wärmeerzeugung regenerative Energien eingebunden werden können.

Im vorliegenden Fall einer bestehenden Erdgasversorgung erscheint die Beibehaltung dieses Energieträgers als wirtschaftlich sinnvoll und ökologisch vertretbar, wenn Anlagentechnik verwendet wird, die den Energiebedarf weiter senken. Entsprechende Anlagenvarianten mit Wärmerückgewinnung, Abluft-Wärmepumpe, solarer Warmwasserbereitung und Kraft-Wärme-Kopplung wurden mit der Beibehaltung der dezentralen Wärmeerzeugung als Referenzvariante verglichen. Die möglichen Primärenergie- und Emissionseinsparungen gegenüber dieser Referenzvariante liegen im Bereich von 10 bis 35%. Auch in Hinblick auf die Verbrauchs- und Betriebskosten schneiden die zentralen Systeme gut ab, mit Ausnahme der Variante mit BHKW, das auf Grund der ungünstigen Einspeisevergütungen für den erzeugten Strom nicht zu nennenswerten Verbrauchskosteneinsparungen gegenüber der Referenzvariante führt.

	Referenz	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Optimiert
	dezentrale Kombithermen	zentrale BW-Kessel, Zu-Abluftanlage mit WRG	zentrale BW-Kessel, Abluftanlage mit Abluft-WP, Solaranlage	zentrale BHKW mit Spitzenkessel, Abluftanlage	zentrale BW-Kessel, Zu-Abluftanlage mit WRG, Solaranlage
Heizwärmebedarf [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	55,4	34,4	55,4	55,4	34,4
Endenergie Gas [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	82,6	61,6	64,1	125,7	49,7
Endenergie Strom [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	1,1	3,1	3,5	-28,0	3,1
Primärenergiebedarf [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	99,3	79,4	83,2	81,2	65,4
CO <sub>2</sub> -Äquivalent [t <sub>CO2</sub> /(m <sup>2</sup> a)]	21,5	17,0	17,8	19,9	14,0
Energiekosten [EUR/(m <sup>2</sup> a)]	5,94	3,89	4,01	5,68	3,25
Betriebskosten [EUR/(m <sup>2</sup> a)]	1,00	0,50	0,40	0,40	0,50
Heizkostenverteilungskost.[EUR/(m <sup>2</sup> a)]		0,80	0,80	0,80	0,80
Summe Kosten [EUR/(m <sup>2</sup> a)]	6,94	5,19	5,21	6,88	4,55
Investitionen [EUR/m <sup>2</sup> ]	28	70	72	42	92
Mehrkosten je kWh [EUR/kWh]		2,12	2,75	0,78	1,89
Mehrkosten je t CO <sub>2</sub> [EUR/t <sub>CO2</sub> ]		9,42	11,98	8,98	8,51

Tabelle 60: Übersicht über die energetischen und wirtschaftlichen Kennwerte der untersuchten Varianten

Falls weder ein Fernwärmenetz noch eine Erdgasversorgung zur Verfügung stehen, kann eine Wärmeerzeugung mit elektrischen Erdreich/Sole-Wärmepumpen oder mit Holzkesseln in einer gebäudezentralen Heizzentrale eine sinnvolle Alternative sein.

Aus Sicht des Energieversorgers ist eine Wärmeversorgung interessant, bei der die Auslastung des Erdgasnetzes nicht im gleichen Maße wie der Heizwärmebedarf der sanierten Gebäude sinkt. Damit kann der Anteil der Netzkosten am spezifischen Wärmepreis niedrig gehalten werden. Unter diesem Gesichtspunkt kann die Versorgungsvariante mit Klein-BHKW interessant sein. Gegenüber 125 MWh/(ha a) vor der Sanierung, sinkt die Abnahme aus dem Erdgasnetz nur auf 96 MWh/(ha a), anstatt auf 38 MWh/(ha a) bei der energieoptimierten Variante. Gleichzeitig sinkt die maximale Netzbelastung (Leistung aufgrund des Spitzenvolumenstroms) auf 1,1 m<sup>3</sup>/(h ha).

Unter den österreichischen Randbedingungen für die Kraft-Wärme-Kopplung ist der Betrieb eines Klein-BHKWs für private Betreiber kaum interessant und kann nur im Rahmen eines Contracting-Modells durch den Energieversorger funktionieren.

## 6.2.2. Referenzquartier 2 - Trollmannkaserne, Steyr

### 6.2.2.1. Beschreibung des Stadtteils

Das Gelände der ehemaligen Trollmannkaserne liegt nördlich des Stadtzentrums von Steyr. Das Sanierungs- und Stadtentwicklungskonzept für dieses Quartier sieht den Erhalt von 4 bestehenden Gebäuden und die Errichtung von neuen Gebäuden mit gemischter Nutzung vor. Die Fläche des Areals beträgt 6,1 ha. Davon wird ein etwa 0,9 ha großer Bereich mit altem Baumbestand als Park innerhalb des Quartiers erhalten.

Für die Sanierung der Bestandsgebäude ist ein Heizenergiekennwert von 45 kWh/(m<sup>2</sup>a) angestrebt. Von diesen Gebäuden sollen zwei für Büros genutzt werden, ein Gebäude wird als Wohnraum saniert und im ehemaligen Hauptgebäude sind ein Seniorenheim und ein Kindergarten vorgesehen. Im gesamten südlichen Bereich sollen Wohngebäude im Passivhausstandard mit einem Heizenergiekennwert von 15 kWh/(m<sup>2</sup>a) entstehen. Für die neuen Gebäude im nördlichen Bereich ist eine vorwiegend gewerbliche Nutzung mit Büros, Geschäften und Praxen vorgesehen. Diese Gebäude sind mit einem Heizenergiekennwert von 30 kWh/(m<sup>2</sup>a) geplant.

Status	Nutzung	Energie- bezugsfläch e	Heizenergie- kennwert
		[m <sup>2</sup> ]	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]
Bestand	Büro	1899	45
Bestand	Wohnen	1753	45
Bestand	Heim/Kindergart en	5793	45
Neubau	Büro	14992	30
Neubau	Wohnen	19434	15
Neubau	Gewerbe	5901	30
Summe:		49772	
Wohnen insgesamt		26980	

Tabelle 61: Übersicht über Flächen und Heizenergie-Kennwerte der sanierten und neu gebauten Gebäude (Planungswerte)

Die Gesamt-Brutto-Geschossfläche beträgt 64.634 m<sup>2</sup>, dies ergibt eine Energiebezugsfläche von rund 50.000 m<sup>2</sup>, davon rund 27.000 als Wohnfläche (einschließlich Seniorenheim). Die Bebauungsdichte beträgt 1,06.

#### 6.2.2.2. Energetische Randbedingungen für eine Wärmeversorgung mit hohem regenerativen Anteil

Ausgehend von den 3 projektierten Wärmedämmstandards und unter Berücksichtigung einer Nacht- und Wochenendabsenkung in den gewerblich genutzten Flächen ergibt sich ein Heizwärmebedarf von 1.264 MWh/a. Mit einem Nutz-Warmwasserbedarf von 17 kWh/(m<sup>2</sup>a) in den Wohnungen und 25 kWh/(m<sup>2</sup>a) im Heimbereich ergibt sich ein Gesamt-Nutzwärmebedarf von 1.770 MWh/a. Geht man von einer effizienten Wärmeübergabe und Wärmeverteilung mit geringen Verlusten in den Gebäuden aus, beträgt der Endenergiebedarf an den Gebäudegrenze insgesamt 1940 MWh/a. Durch den geringen, durchschnittlichen Heizwärmebedarf liegt der Anteil der für die Warmwasserbereitung benötigten Endenergie trotz des hohen Anteils an gewerblich genutzten Flächen bei einem Drittel des Gesamt-Wärmebedarfs. Dies ist eine gute Voraussetzung für die Nutzung von Sonnenenergie.

Die maximal benötigte Heizleistung beträgt 1,56 MW zuzüglich etwaiger Wärmeverluste eines Nahwärmenetzes, wobei etwa 0,95 MW auf die Heizung und 0,61 MW auf die Warmwasserbereitung entfallen.

Für das gesamte Gebiet ergibt sich eine Flächendichte des Wärmebedarfs von 317 MWh/(ha a) und eine Lastdichte von 0,26 MW/ha. Für die untersuchten Wärmeversorgungsvarianten sollen alle Gebäude über ein Nahwärmenetz versorgt werden. Dafür wird ein Verteilnetz von etwa 1,4 km benötigt. Das Netz hätte dann eine Liniendichte von 1,12 MW/km. Dank der verdichteten Bauweise werden damit trotz des geringen Heizwärmebedarfs Kennwerte erreicht, die einen wirtschaftlichen Betrieb eines Nahwärmenetzes möglich erscheinen lassen.

Bei einer Neuverlegung des Nahwärmenetzes kann von einer guten Wärmedämmung ausgegangen werden. Außerdem sollte das Netz vor allem bei Varianten mit solarer Nahwärme auf einem möglichst niedrigen Temperaturniveau betrieben werden. Bei Nennweiten zwischen DN 25 und DN 100 kann für die Netzverluste ein mittlerer Wärmeverlust von 160 kWh/(m a) angesetzt werden. Die jährlichen Netzverluste betragen dann 224 MWh/a, dies entspricht 12% der Gesamtwärmenachfrage. Die Wärmeverluste eines solaren Verteilnetzes werden dabei nicht berücksichtigt. Diese werden beim Nutzwärmeertrag der Solaranlage berücksichtigt.

#### 6.2.2.3. Beschreibung der untersuchten Versorgungskonzepte

Im Rahmen des Sanierungskonzepts werden Wärmeversorgungskonzepte mit hohem regenerativem Anteil untersucht. Durch den relativ hohen Anteil des Warmwasserbedarfs am Gesamtwärmebedarf eignet sich besonders die Nutzung von Sonnenenergie. Es werden 3 Varianten verglichen:

- Solare Nahwärme mit Kurzzeitspeicher und einer Heizzentrale mit Gaskesseln
- Solare Nahwärme mit saisonalem Langzeitspeicher und einer Heizzentrale mit Gaskesseln

- Nahwärmeversorgung über eine Heizzentrale mit Holzhackschnitzel-Heizwerk und Gas-Spitzenlastkessel

Zur Wärmeversorgung der Gebäude genügt ein aus zwei Leitern bestehendes Nahwärmenetz (2-Leiternetz). Von Vorteil ist eine dezentrale Warmwasserbereitung in den Gebäuden. Dadurch kann ein zusätzliches Leiterpaar für die Warmwasserversorgung entfallen. Zur Einbindung der Solarkollektoren reicht ein weiterer Leiter für den Solarvorlauf. Die Wärmeübergabe erfolgt über Plattenwärmetauscher in den Gebäuden. Somit müssen keine Frostschutzmittel führenden Leitungen im Boden verlegt werden. Der Rücklauf wird mit dem Rücklauf des Wärmeverteilnetzes gekoppelt. Dieses 3-Leiternetz vereinigt kostengünstige Verlegung mit relativ geringen Netzverlusten.

Solare Nahwärme erreicht nur dann eine hohe Effizienz mit hohen spezifischen Solarerträgen, wenn die Rücklauftemperatur im Netz möglichst gering ist. Die Wärmeübergabesysteme für Heizung und Warmwasser in den Gebäuden sind dementsprechend zu planen. Von Vorteil sind Niedertemperatur-Heizsysteme und eine Warmwasserbereitung mit Durchlaufsystemen oder mit angepasstem Speicherladesystem. Die Netzurücklauftemperatur sollte im Jahresdurchschnitt unter 35°C liegen.

### **Solare Nahwärme mit Kurzzeit-Wärmespeicher**

Aus wirtschaftlichen Gründen werden diese Systeme meist auf einen solaren Deckungsgrad von 50% des Warmwasserbedarfs ausgelegt. Der Kurzzeitspeicher wird so dimensioniert, dass Solarwärme für 1 bis 3 Tage zwischengespeichert werden kann.

Ausgehend von diesen Vorgaben ist im vorliegenden Fall eine Kollektorfläche von etwa 700 m<sup>2</sup> und ein Wasser-Pufferspeicher mit einer Größe von 30 bis 40 m<sup>3</sup> erforderlich. Unter den angenommenen Randbedingungen kann mit einem spezifischen, jährlichen Nutzwärme-Solarertrag (ab Speicher) von etwa 450 kWh je m<sup>2</sup> Kollektorfläche gerechnet werden. Die restliche Wärme wird durch Gas-Kessel in der Heizzentrale erzeugt und in das Nahwärmenetz eingespeist.

Unter wirtschaftlichen und energetischen Gesichtspunkten ist es günstig, die Kollektoren möglichst als Großanlagen auf wenig Gebäude im Bereich der Heizzentrale zu konzentrieren. Neben einem kurzen Solarwärmenetz, niedrigen spezifischen Kollektorkosten durch Großkollektoren oder Kollektordächern („solar roof“) kann auch eine höhere Effizienz als bei vielen Kleinanlagen erreicht werden. Falls sich die zukünftige Heizzentrale wieder im ehemaligen Kasernen-Hauptgebäude (Objekt 6) befindet, bieten sich die Neubauten nördlich und südlich dieses Gebäudes an. Die 4-geschossigen Gebäude haben eine ideale Nord-Süd-Ausrichtung. Da eine Aufständigung auf Flachdächern mit erheblichen Mehrkosten verbunden ist wäre eine nach Süden zwischen 15° und 30° geneigte Dachfläche (Pulldach) optimal. Zur Installation von 700 m<sup>2</sup> Kollektorfläche würde bereits die Dachfläche des längeren Gewerbegebäudes nördlich von Objekt 6 ausreichen.

Bei den Investitionen muss mit spezifischen Kollektorkosten von 180 bis 230 EUR/m<sup>2</sup> gerechnet werden, wobei u.U. Einsparungen beim Dachaufbau und der Dachhaut gegengerechnet werden können. Die Kosten für den solaren Wärmespeicher (i.d.R. hochwärmegedämmte Stahl tanks) liegen bei 30.000 bis 40.000 EUR. Insgesamt ist für das komplette Solarsystem mit Investitionen in Höhe von 250.000 bis 320.000 EUR zu rechnen. Für die konventionelle Heizzentrale sind (ohne eventuelle bauliche Kosten) Investitionen von 170.000 bis 200.000 EUR erforderlich, für das Nahwärmeverteilnetz rund 350.000 EUR. Die Gesamt-Investitionen liegen dann bei etwa 770.000 bis 870.000 EUR.

### **Solare Nahwärme mit Langzeit-Wärmespeicher**

Ziel einer solaren Nahwärmeversorgung mit einem saisonalen Speicher ist die Nutzung der im Sommer im Überfluss vorhandenen Sonnenenergie zur Warmwasserbereitung und Raumheizung im Winter. Nur indem die Solarwärme über mehrere Monate gespeichert wird, können hohe solare Deckungsanteile am Gesamtwärmebedarf realisiert werden. Bei bisher realisierten Projekten solarer Nahwärme mit Langzeit-Wärmespeicher wurden Deckungsanteile zwischen 40% und 70% erreicht.

Um einen solaren Deckungsanteil von etwa 50% zu erreichen werden zwischen 3000 und 4000 m<sup>2</sup> Kollektorfläche benötigt. Auch in dieser Versorgungsvariante sollten die Kollektoren als Großflächenkollektoren oder als Kollektordächer möglichst nahe bei Heizzentrale und Speicher montiert werden. Als mittlerer, spezifischer Solarertrag kann von etwa 300 kWh/(m<sup>2</sup> a) ausgegangen werden.

Kernstück dieses Versorgungssystems ist der Langzeit-Wärmespeicher. Derzeit liegen Erfahrungen mit folgenden Speichertypen vor:

- Heißwasser-Wärmespeicher werden meist aus Stahlbeton hergestellt, teilweise oder ganz im Erdreich eingebaut und im Temperaturbereich zwischen 30° und 95° betrieben.
- Kies-Wasser-Wärmespeicher können eine kostengünstige Alternative zu Behälterbauwerken sein. Sie haben als Speichermedium eine mit Wasser gefüllte Kies-Schüttung und werden bis zu Temperaturen von 85°C betrieben. Durch den Kiesanteil mit einer geringeren Wärmespeicherfähigkeit als Wasser müssen diese Speicher um etwa 50% größer gebaut werden als Heißwasserspeicher gleicher Wärmespeicherkapazität.
- Bei Erdsonden-Wärmespeicher wird das Erdreich als Speichermedium genutzt. Über vertikale Erdsonden, die im Abstand von 1,5 m bis 3 m zwischen 20 und 100 tief eingebracht werden, wird das Erdreich mit Wärme beladen und entladen. Vorteile liegen im relativ geringen Bauaufwand und in der einfachen Erweiterbarkeit. Durch die geringere Wärmespeicherfähigkeit des Erdreichs gegenüber Wasser und auf Grund geringerer Betriebstemperaturen müssen diese Speicher drei- bis fünfmal größer gebaut werden als Heißwasserspeicher gleicher Wärmespeicherkapazität.
- Aquifer-Wärmespeicher nutzen abgeschlossene Grundwasserschichten oder unterirdische, wassergesättigte Formationen als Speichermedium. Über Förder- und Schluckbrunnen wird der Speicher be- und entladen. Typische Tiefen geeigneter Schichten liegen meist über 100 m. Da eine Dämmung des Speichers nicht möglich ist, sollte das Volumen möglichst groß sein und die maximalen Betriebstemperaturen kleiner als bei Heißwasserspeichern.

Die Auswahl des Speichertyps hängt vor allem von dem erforderlichen Volumen, den örtlichen Gegebenheiten und Platzverhältnissen und von den geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen im Untergrund ab. So wirken sich z.B. Grundwasserströmungen ungünstig auf die Speicherverluste aus.

Mit zunehmender Speichergröße verringern sich durch die Verbesserung des Oberflächen/Volumen-Verhältnisses die spezifischen Wärmeverluste des Speichers. Erst bei sehr großen Speichern (30.000 bis 100.000 m<sup>3</sup> je nach Speichertyp) kann jedoch auf eine Wärmedämmung verzichtet werden.

Für den Variantenvergleich wird von einem Heißwasserwärmespeicher ausgegangen, der im Bereich des zentralen Parks gebaut werden kann. Kostengünstig ist ein Teileinbau in die Erde mit Geländeüberhöhung im Bereich des Speichers und einem hohen Erdmassenausgleich. Die spezifischen Baukosten betragen etwa 90 bis 110 EUR/m<sup>3</sup>. Die Speichergröße sollte etwa 1,5 bis 2,5 m<sup>3</sup> je m<sup>2</sup> Kollektorfläche betragen.

Eine unter energetischen und Kostengesichtspunkten optimierte Dimensionierung der Kollektorfläche und der Speichergröße muss anhand eines dynamischen Simulationsprogramms erfolgen. Für eine grobe Abschätzung des Potentials und der Kosten wird von einer Kollektorfläche von 3500 m<sup>2</sup> und einer Speichergröße von 6000 m<sup>3</sup> ausgegangen.

Die erforderlichen Investitionen betragen dann ungefähr 700.000 EUR für die Kollektorfelder und 600.000 EUR für den Speicher. Insgesamt wird das Solarsystem einschließlich der Mehrkosten für ein 3-Leiter-Netz ungefähr 1,49 Mio. EUR kosten. Zuzüglich der sowieso notwendigen konventionellen Heizzentrale und des Nahwärmenetzes betragen die Gesamt-Investitionen für diese Versorgungsvariante dann etwa 2,0 bis 2,05 Mio. EUR

### **Nahwärme aus einem Holzhackschnitzel-Heizwerk mit Gas-Spitzenlastkessel**

Es gibt heute moderne Heizkessel, die so genannte Holzhackschnitzel praktisch automatisch verfeuern können. Holzhackschnitzel werden aus Abfallholz usw. hergestellt, können wie andere Energieträger bei Großhändlern gekauft werden oder auch bei Vorhandensein der zugehörigen technischen Ausstattung selbst hergestellt werden.

Sinnvoll wäre im vorliegenden Fall die Aufstellung eines Holzhackschnitzelkessels von ca. 500 bis 600 kW zur Deckung der Grundlast sowie zweier zusätzlicher Gas-Brennwertkessel bzw.

Niedertemperaturkessel zur Sicherstellung des Betriebs und zur Spitzenlastabdeckung. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Holzkessel etwa 80% der benötigten Jahreswärmemenge bereitstellen kann. Der Rest wird durch die Gaskessel geliefert.

Die Heizzentrale kann in der bestehenden Heizzentrale im ehemaligen Hauptgebäude der Kaserne untergebracht werden. Wegen der im Vergleich zu Öl deutlich höheren Lagervolumenmenge der Holzhackschnitzel (1 Schüttkubikmeter Holzhackschnitzel entsprechen dem Energieinhalt von etwa

100 Litern Heizöl) wird umfangreicher Lagerraum im Außenbereich mit zugehöriger Erschließungsinfrastruktur erforderlich (hier gibt es spezielle „Silobehälter“, die mit LKWs angefahren und ausgetauscht werden können). Im Kernwinter kann pro Woche ein LKW-Zug An- und Abfahrt anfallen. Zur Sammlung der anfallenden Asche wird ein Container von ca. 800 Liter Inhalt benötigt, es fallen pro Jahr etwa 4 bis 5 Tonnen Asche an.

Für die gesamte Heizzentrale betragen die Investitionen ohne baulichen Maßnahmen etwa 300.000 bis 350.000 EUR, so dass sich zusammen mit dem Nahwärmenetz Gesamtinvestitionen für die Wärmeversorgung von etwa 650.000 bis 700.000 EUR.

#### Übersicht über untersuchte Varianten mit grob geschätzten Investitionsaufwand

Heizzentrale	Erdgas-Kessel	Erdgas-Kessel	Holzhackschnitzel-Heizwerk mit Erdgas-Spitzenlastkessel
Solaranlage, Kollektorfläche	700 m <sup>2</sup>	3500 m <sup>2</sup>	
Solarspeicher, Typ Speichergröße	Heißwasser-Kurzzeit 40 m <sup>3</sup>	Heißwasser-Langzeit 6000 m <sup>3</sup>	
Wärmeverteilnetz	2-Leiter-Nahwärmenetz 2-Leiter-Solarwärmeleitung zwischen Kollektorfeld und Heizzentrale	3-Leiter-Nahwärmenetz	2-Leiter-Nahwärmenetz
Investitionen in Tausend Euro			
Heizzentrale	170 – 200	170 – 200	300 – 350
Nahwärmenetz	370	400	350
Solarsystem	230 – 300	1.440	
Gesamt	770 - 870	2.010 – 2.040	650 - 700

#### 6.2.2.4. Energetischer Vergleich der Versorgungsvarianten

Für die energetische Berechnung wurde bei den Systemen der solaren Nahwärme von spezifischen, solaren Nutzwärmeerträgen ab Solarspeicher ausgegangen, wie sie unter den angenommenen Randbedingungen mit den beschriebenen Anlagensystem und Dimensionierungsgrößen erreicht werden können.

Mit einem spezifischen Ertrag von 450 kWh/(m<sup>2</sup> a) liefert das System mit Kurzzeit-Wärmespeicher jährlich 315 MWh solarer Wärme und erreicht damit einen solaren Deckungsanteil von 16% am Gesamtwärmebedarf.

Mit einem spezifischen Ertrag von 300 kWh/(m<sup>2</sup> a) liefert das System mit Langzeit-Wärmespeicher jährlich 1.050 MWh solarer Wärme und erreicht damit einen solaren Deckungsanteil von 54% am Gesamtwärmebedarf.

Für die Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz wurden die brennstoffspezifischen Kennwerte entsprechend Tabelle 57 verwendet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 77 dargestellt. Primärenergieeinsatz und CO<sub>2</sub>-Emissionen sind auf die Energiebezugsfläche der Gebäude bezogen. Bei den Bilanzen wurde der Hilfsstromeinsatz nicht berücksichtigt, da der Hilfsstromeinsatz in den Gebäuden bei allen Varianten gleich ist und die Unterschiede beim Wärmetransport im Nahwärme- und im Solarwärmenetz keinen wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse haben.

Bei einer Wärmeversorgung mit Holzhackschnitzel-Heizwerk beträgt der mittlere Primärenergie-Kennwert für das Quartier bei 17,8 kWh/(m<sup>2</sup> a) und die mittleren spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen 4,9 t/(m<sup>2</sup> a). Sie ist damit unter ökologischen Gesichtspunkten die günstigste Lösung. Mit einer solaren Nahwärme mit saisonalem Speicher liegt der Primärenergie-Kennwert mit 30,9 kWh/(m<sup>2</sup> a) um 74% höher und die CO<sub>2</sub>-Emissionen mit 6,7 t/(m<sup>2</sup> a) um 37% höher. Durch den geringeren solaren Deckungsanteil der solaren Nahwärme mit Kurzzeitspeicher sind Primärenergie-Kennwert und CO<sub>2</sub>-Emissionen bei dieser Variante am höchsten.

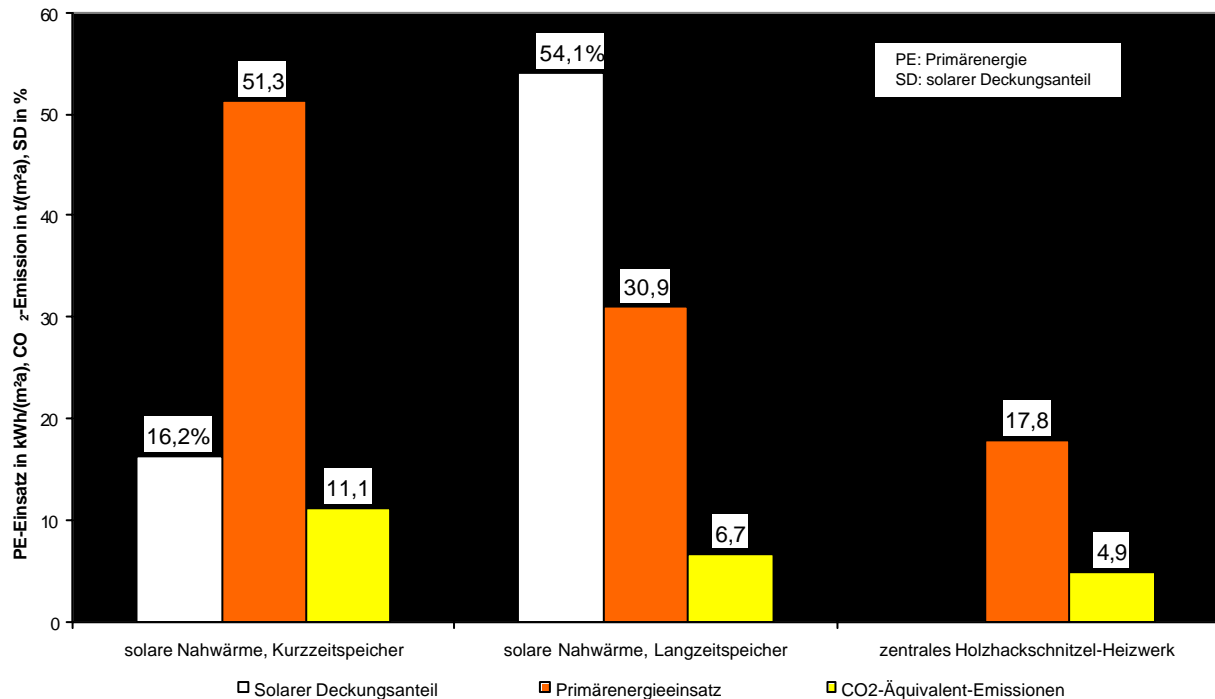


Abbildung 77: Solarer Deckungsanteil am Gesamtwärmebedarf, Primärenergieeinsatz und CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen der untersuchten Varianten, bezogen auf die gesamte, beheizte Wohn- und Nutzfläche (Energiebezugsfläche) im untersuchten Quartier

### 6.2.2.5. Zusammenfassung

- Durch einen hohen Anteil an freien Flächen, auf denen Neubauten mit hohem Dämmstandard und geringem Heizwärmebedarf erstellt werden können, und in Verbindung mit einer energetisch hochwertigen Sanierung der Bestandsgebäude, kann ein mittlerer Heizenergiekennwert im untersuchten Gebiet von etwa 25 kWh/(m<sup>2</sup> a) erreicht werden.
- Obwohl für fast die Hälfte der Flächen eine Gewerbe- und Büronutzung vorgesehen ist, die mit sehr geringem Warmwasserbedarf verbunden ist, erreicht der Warmwasserbedarf des Gesamtgebietes einen Anteil von 33% am Gesamtwärmebedarf. Dadurch sind sehr gute Voraussetzungen für die thermische Solarenergienutzung gegeben.
- Durch die hohe Verdichtung mit einer Bebauungsdichte von 10,6 werden trotz der geringen Heizenergiekennwerte der Gebäude mit 317 MWh/(ha\*a) eine Flächendichte des Wärmebedarfs erreicht, die einen wirtschaftlichen Betrieb eines Nahwärmenetzes möglich erscheinen lassen.
- In Verbindung mit einem Nahwärmenetz ist eine Heizzentrale mit Holzhackschnitzel-Heizwerk und Gas-Spitzenlastkessel die Variante mit den niedrigsten Gesamt-Investitionen und den geringsten Umweltbelastungen. Mit einem Primärenergie-Einsatz von 17,8 kWh/(m<sup>2</sup> a) wird ein sehr geringer mittlerer PE-Kennwert für Warmwasser und Heizung erreicht.
- Durch die Einbindung von großen Solarkollektoranlagen in das Nahwärmenetz kann mit einem Kurzzeitspeicher ein solarer Deckungsanteil von 16% und mit einem saisonalen Langzeitspeicher sogar über 50% erreicht werden.
- Grundsätzlich kann die solare Nahwärme mit Kurzzeit-Wärmespeicher auch mit einer Holzhackschnitzel-Heizzentrale kombiniert werden. Die Gesamt-Investitionen erhöhen sich entsprechend. Gleichzeitig ist mit einer weiteren Reduktion des Primärenergieeinsatzes und der CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber der Variante Holzhackschnitzel-Heizwerk zu rechnen.

## 6.2.3. Referenzquartier 3 - Stadtteil Ennsleite, Steyr

### 6.2.3.1. Beschreibung des Stadtteils

Der Stadtteil Ennsleite befindet sich südlich des Stadtzentrums von Steyr oberhalb der Enns. Der untersuchte Bereich umfasst eine Fläche von 18,8 ha mit insgesamt 133 Gebäuden. Bei einer Gesamt-Bruttogeschossfläche von rund 133.700 m<sup>2</sup> beträgt die Bebauungsdichte 0,71. Es handelt sich fast ausschließlich um 3 bis 5-geschossige Wohngebäude. Es gibt drei höhere Gebäude mit 7, 8 und 10 Geschossen. Die beheizte Wohnfläche (Energiebezugsfläche) beträgt insgesamt knapp 100.000 m<sup>2</sup> in 1158 Wohneinheiten. Hinzu kommt ein Schulgebäude mit einer beheizten Nutzfläche von ca. 7750 m<sup>2</sup>.

Die Gebäude wurden überwiegend in den 60iger und 70iger Jahren des 20. Jahrhunderts gebaut. Ein Teil der Gebäude wurde nachträglich gedämmt und zwar Anfang der 90iger Jahre mit einer mittleren Dämmstärke von 40 mm und im Jahr 2000 mit einer mittleren Dämmstärke von 80 mm. Die Gebäude können somit drei Klassen des Wärmedämmstandards zugeordnet werden:

unsanierte Gebäude: Heizwärme-Kennwert 176 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
Sanierung 90iger Jahre: 40 mm Dämmung Heizwärme-Kennwert 129 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
Sanierung 2000: 80 mm Dämmung Heizwärme-Kennwert 116 kWh/(m<sup>2</sup>a)

Entsprechend den Heizwärme-Kennwerten kann den Gebäudeklassen auch eine mittlere, spezifische Auslegungs-Heizlast zugeordnet werden.

Energiekennwert Heizwärme	spez. Auslegungs-Heizlast	Energiebezugsfläche	Anteil an Gesamtfläche
176 kWh/(m <sup>2</sup> a)	100 W/m <sup>2</sup>	50901 m <sup>2</sup>	47,6%
129 kWh/(m <sup>2</sup> a)	75 W/m <sup>2</sup>	21048 m <sup>2</sup>	19,7%
116 kWh/(m <sup>2</sup> a)	65 W/m <sup>2</sup>	34994 m <sup>2</sup>	32,7%

Tabelle 62: Heizwärmekeendaten / spezifische Auslegungs-Heizlast

90% der Gebäude ist an ein sternförmig verlegtes Fernleitungsnetz angeschlossen. Die Heizzentrale mit einem Heizwerk befindet sich zentral im Stadtteil. Die Länge des Leitungsnetzes beträgt ca. 4250 m mit Nennweiten zwischen DN 40 und DN 200. Etwa 55% davon sind als frei verlegte Leitungen im Keller der Gebäude verlegt.

Im Stadtteil ist außerdem ein Erdgasnetz verlegt. Die nicht mit Fernwärme versorgten Gebäude werden mit Gas-Einzelöfen oder gebäudezentralen Kesseln beheizt.

### 6.2.3.2. Dezentrale oder zentrale Wärmeerzeugung im Stadtteil

Im Bestand werden aus wirtschaftlichen Gründen bestehende, leitungsgebundene Energieträger wie Erdgas oder Fernwärme kaum durch neue Versorgungsnetze ersetzt. Für Stadtteile, in denen die Gebäude mit Heizöl, Holz oder Elektrospeicheröfen beheizt werden kann die nachträgliche Installation eines Leitungsnetzes durchaus sinnvoll sein.

Am Beispiel des Stadtteils Ennsleite wird untersucht, wie sich eine wärmetechnische Sanierung der Gebäude auf die Versorgungsstruktur auswirkt, welche Vor- und Nachteile sich für eine dezentrale oder zentrale Wärmeerzeugung ergeben und welche Möglichkeiten sich für die Einbindung regenerativer Energien ergeben.

Für die dezentrale Wärmeerzeugung wird dabei von einer Erdgasversorgung mit gebäudezentralem Heizkessel ausgegangen. Im Vergleich dazu wird eine zentrale Wärmeerzeugung mit einem Heizwerk für den ganzen Stadtteil mit zugehörigem Fernwärmenetz betrachtet.

Ausgehend von der Einteilung der Gebäude in 3 Wärmedämmstandards mit zugehörigem Heizwärme-Kennwert und einem angenommenen Standard-Nutzwarmwasserbedarf von 17 kWh/(m<sup>2</sup>a) für die Wohnungen ergibt sich für das untersuchte Gebiet ein Gesamt-Nutzwärmebedarf von 17.200 MWh/a, von denen 90% auf die Raumheizung und 10% auf den Warmwasserbedarf entfallen. Unter



Berücksichtigung von Speicher-, Verteil- und Übergabeverlusten in den Gebäuden ergibt sich ein Gesamt-Wärmebedarf von 19.300 MWh/a. Damit ergibt sich eine Wärmebedarfsdichte von rund 1000 MWh/(ha a).

Wärmebedarfsdichten dieser Größenordnung eignen sich sehr gut für eine leitungsgebundene Energieversorgung, da mit kompakten Netzen eine hohe Netzbelastung und somit günstige Energieverteilungskosten erreicht werden können. Bei Fernwärmenetzen ergibt sich neben dem wirtschaftlichen auch ein energetischer Vorteil, da bei hoher Netzbelastung der Anteil der Netz-Wärmeverluste an der Wärmelieferung sinkt.

### Versorgung mit Fernwärme

Wird für den Stadtteil Ennsleite eine vollständige Versorgung mit Fernwärme angenommen, ergibt sich mit den angenommenen mittleren Auslegungs-Heizlasten eine maximale thermische Leistung von 8,94 MW zuzüglich der Netzverluste. Die Lastdichte für das Quartier beträgt damit 0,48 MW/ha und die Netzbelastung (Liniendichte) bei der Gesamtnetzlänge von 4250 m beträgt 2,1 MW/km.

Die spezifischen, jährlichen Netzverluste eines Fernwärmenetzes hängen von den verlegten Nennweiten, der Qualität der Wärmedämmung, dem mittleren Temperaturniveau des Heizwassers und der Betriebsweise ab. Sie liegen zwischen 100 und 400 kWh/(m a) je Meter Trassenlänge. Legt man im vorliegenden Fall einen mittleren Wert von 250 kWh/(m a) zu Grunde, ergeben sich jährliche Netzverluste von rund 1100 MWh/a, was etwa 6% der Jahres-Wärmelieferung entspricht.

In folgender Tabelle sind als Vergleich Kennwerte für einige typische Quartiere mit Fernwärmeversorgung auf Grundlage unterschiedlicher Quellen und eigener Berechnungen zusammengestellt.

Quartier	Wärmebedarfsdichte [MWh/(ha a)]	Liniendichte [MW/km]	Netzverluste	Wärmeverteilungskosten [EUR/MWh]
Stadtkern	1000 – 2000	2 – 6	<5%	4 – 12
überwiegend große MFH, Bestand	600 – 1200	1,5 – 2,5	5 – 10%	5 – 15
überwiegend RH, Bestand	250 – 500	0,8 – 1,2	8 – 12%	10 – 30
gemischte Bebauung, hoher Anteil EFH + DH, Bestand	150 – 300	0,5 – 1,0	12 – 17%	15 – 50
Neubaubereich, überwiegend EFH + RH	75 – 200	0,1 – 0,7	15 – 20%	25 – 200

Tabelle 63: Kenndaten für EFH Einfamilienhaus, DH Doppelhaus, MFH Mehrfamilienhaus, RH Reihenhaus

Die Übersicht zeigt, dass das untersuchte Quartier günstige Kennwerte für eine Fernwärmeversorgung aufweist. Je geringer die Gebäudedichte und je besser der Dämmstandard sind, umso ungünstiger werden die Kennwerte. In Neubaugebieten mit geringer Gebäudedichte und hohem Dämmstandard ist eine Fernwärmeversorgung nicht mehr wirtschaftlich zu realisieren.

Die Angaben über die Investitionen für ein Fernwärme-Verteilnetz schwanken stark. Bei der nachträglichen Verlegung im Bestand sind die Kosten etwa 50 – 100% höher als in Neubaugebieten. Je nach Nennweite und Leitungssystem liegen erdverlegte Leitungen im Bestand für Nennweiten zwischen DN 40 und DN 200 bei etwa 300 bis 1000 EUR/m Trassenlänge. Frei verlegte Leitungen in Gebäuden liegen etwa bei der Hälfte dieser Kosten. Für das untersuchte Quartier würden sich bei einer Neuverlegung des Fernwärmenetzes Investitionen von etwa 1,85 Mio. EUR ergeben.

Zur Berechnung des Primärenergieeinsatzes und der CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen wird bei der Fernwärmeversorgung für den Bestand eine Heizzentrale mit fossiler Wärmeerzeugung mit einem Jahresnutzungsgrad von 88% und einem Primärenergiefaktor von 1,17 für den Brennstoff

angenommen. Daraus ergibt sich ein Jahres-Brennstoffbedarf von 23.700 MWh/a. Unter Berücksichtigung eines mittleren Hilfsstromeinsatzes von 3,1 kWh/(m<sup>2</sup>a), davon 1,2 kWh/(m<sup>2</sup>a) für die Fernwärmeverteilung, ergibt sich ein Primärenergieeinsatz von 28.550 MWh/a.

### **Erdgas-Versorgungsnetz mit dezentraler Wärmeerzeugung mit Gaskesseln**

Bei der Verlegung eines neuen Gas-Verteilnetzes liegen die Investitionen um 30 bis 50% unter denen eines Fernwärmenetzes. Es ist nur ein Rohr zu verlegen und die spezifischen Leitungskosten sind geringer. Allerdings sind wie bei der Fernwärme die Tiefbaukosten und die Kosten zur Wiederherstellung der Oberfläche der überwiegende Faktor.

Bei einer angenommenen Erdgasversorgung für alle Gebäude im untersuchten Quartier und unter der Annahme eines mittleren Jahresnutzungsgrads der gebäudezentralen Gasheizkessel von 83% für die Heizwärme und 70% für die Warmwasserbereitung ergibt sich insgesamt ein Jahres-Brennstoffbedarf von 23.770 MWh/a. Unter Berücksichtigung eines mittleren Hilfsstromeinsatzes von 2,8 kWh/(m<sup>2</sup>a) beträgt der jährliche Primärenergieeinsatz 28.520 MWh/a.

Sowohl der Brennstoff- als auch der Primärenergieeinsatz sind bei der Fernwärmeversorgung und bei der Erdgasversorgung gleich hoch. Der zusätzliche Aufwand für die Wärmeverluste des Fernwärmenetzes und für den Hilfsenergieeinsatz für den Wärmetransport wird durch eine höhere Effizienz bei der Wärmeerzeugung ausgeglichen.

### **6.2.3.3. Wärmetechnische Sanierung und Versorgungsvarianten**

Um die Auswirkungen einer Sanierung der Gebäude mit einer einhergehenden Reduzierung des Heizwärmebedarfs zu untersuchen, wird angenommen, dass mittelfristig die Heizwärme-Kennzahl aller noch unsanierten Gebäude auf einen mittleren Wert von 40 kWh/(m<sup>2</sup> a) verbessert wird. Um diesen Wert zu erreichen müssen neben einer deutlichen Verbesserung der Wärmedämmung und der Fenster-U-Werte auch mechanische Wohnungslüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung installiert werden. Bei den restlichen Gebäuden wird im gleichen Zeitraum keine Verbesserung der Wärmedämmung vorgenommen. Der in dieser Zeit notwendige Ersatz von Gebäudetechnik führt jedoch auch in diesen Gebäuden zu einer Verbesserung des mittleren Jahresnutzungsgrades der Wärmeerzeuger und zur Verringerung von Wärmeverlusten der Haustechnik.

Die für die Raumheizung benötigte Wärme verringert sich von 15.500 MWh im Bestand auf 6.900 MWh. Es wird angenommen, dass der Warmwasser-Nutzwärmebedarf vor und nach der Sanierung gleich bleibend 1.700 MWh beträgt, so dass der Gesamt-Nutzwärmebedarf bei 8.600 MWh/a liegt. Der Anteil des Warmwasserbedarfs erhöht sich von 10 auf 20%.

Einschließlich der gebäudeseitigen Wärmeverluste beträgt der Gesamt-Wärmebedarf 10.066 MWh/a, was einer Wärmebedarfsdichte von 535 MWh/(ha a) entspricht. Die maximale thermische Leistung verringert sich von 8,94 MW auf 4,07 MW. Da bei einer Fernwärmeversorgung weiterhin ein gleich langes Verteilnetz benötigt wird, verschlechtern sich die Kennwerte dieses Netzes bei der Wärmebedarfsdichte um 48% und bei der Lastdichte und Liniendichte um 54% auf 0,22 MW/ha und 0,96 MW/km. Wird auch die gleiche Qualität der Leitungsdämmung und die gleichen Netztemperaturen und Betriebsweisen unterstellt, bleibt der absolute Wert der Netzverluste gleich, während sich der Anteil an der Jahres-Wärmelieferung von 6 auf 11% erhöht.

Im Vergleich mit den beiden Versorgungsvarianten für die Bestandssituation (Variante A: Erdgasversorgung mit dezentralen Heizkessel, Variante B: Fernwärmeversorgung) werden folgenden Versorgungsvarianten nach der Sanierung untersucht:

Variante C: Erdgasversorgung mit gebäudezentralen Heizkesseln  
Verbesserung des mittleren Jahresnutzungsgrads für die Heizung auf 94% und auf 88% für die Warmwasserbereitung  
Effizienzsteigerung bei der Hilfsenergie, jedoch zusätzlicher Stromeinsatz für kontrollierte Wohnungslüftung in den sanierten Gebäuden (mittlerer Hilfsstromeinsatz 3,7 kWh/(m<sup>2</sup>a))

Variante D: Erdgasversorgung mit gebäudezentralen Heizkesseln und solarer Warmwasserbereitung.  
Es wird angenommen, dass 50% der Gebäude mit einer thermischen Solaranlage

ausgestattet werden (dies entspricht etwa dem Anteil der neu sanierten Gebäude) und diese einen solaren Deckungsanteil von 55% an der Warmwasserbereitung erreichen. Verbesserung des mittleren Jahresnutzungsgrads für die Heizung auf 94% und auf 90% für die Warmwasserbereitung  
Effizienzsteigerung bei der Hilfsenergie, jedoch zusätzlicher Stromeinsatz für kontrollierte Wohnungslüftung und Solaranlagen in den sanierten Gebäuden (mittlerer Hilfsstromeinsatz 3,8 kWh/(m<sup>2</sup>a))

Variante E: Fernwärmeversorgung, fossile Wärmeerzeugung  
Verbesserung des Jahresnutzungsgrads der Wärmeerzeugung in der Heizzentrale auf 90%  
Effizienzsteigerung bei der Hilfsenergie, jedoch zusätzlicher Stromeinsatz für kontrollierte Wohnungslüftung in den sanierten Gebäuden (mittlerer Hilfsstromeinsatz 4,0 kWh/(m<sup>2</sup>a))

Variante F: Fernwärmeversorgung, fossile Wärmeerzeugung mit zusätzlicher zentraler Solaranlage  
Verbesserung des Jahresnutzungsgrads der Wärmeerzeugung in der Heizzentrale auf 90%  
zentrale thermische Solaranlage im Bereich der Heizzentrale mit ca. 500 m<sup>2</sup> Fläche aus der jährlich ca. 210 MWh ins Fernwärmenetz eingespeist werden,  
Effizienzsteigerung bei der Hilfsenergie, jedoch zusätzlicher Stromeinsatz für kontrollierte Wohnungslüftung in den sanierten Gebäuden und für die zentrale Solaranlage (mittlerer Hilfsstromeinsatz 4,1 kWh/(m<sup>2</sup>a))

Variante G: Fernwärmeversorgung mit fossiler Wärmeerzeugung, dezentrale solare Warmwasserbereitung  
Verbesserung des Jahresnutzungsgrads der Wärmeerzeugung in der Heizzentrale auf 90%  
Es wird angenommen, dass 50% der Gebäude mit einer thermischen Solaranlage ausgestattet werden (dies entspricht etwa dem Anteil der neu sanierten Gebäude) und diese einen solaren Deckungsanteil von 55% an der Warmwasserbereitung erreichen.  
Effizienzsteigerung bei der Hilfsenergie, jedoch zusätzlicher Stromeinsatz für kontrollierte Wohnungslüftung und Solaranlagen in den sanierten Gebäuden (mittlerer Hilfsstromeinsatz 4,2 kWh/(m<sup>2</sup>a))

Variante H: Fernwärmeversorgung mit regenerativer Wärmeerzeugung (Holzhackschnitzel) und Gas-Spitzenlastkessel  
Jahresnutzungsgrads der Wärmeerzeugung in der Heizzentrale 90%  
Es wird angenommen, dass der zentrale Holzhackschnitzelkessel 80% der Jahreswärmearbeit liefert und der Spitzenlastkessel 20%  
Effizienzsteigerung bei der Hilfsenergie, jedoch zusätzlicher Stromeinsatz für kontrollierte Wohnungslüftung in den sanierten Gebäuden (mittlerer Hilfsstromeinsatz 4,0 kWh/(m<sup>2</sup>a))

Für alle Sanierungsvarianten wird angenommen, dass sich durch entsprechende Maßnahmen bei der Sanierung der Haustechnik die mittleren Wärmeverluste bei Speicherung, Verteilung und Übergabe der Heizwärme und des Warmwassers um 20 bis 30% reduzieren lassen.  
Auch der Hilfsstromeinsatz kann durch den Einsatz effizienterer Technik im Mittel über alle (sanierten und unsanierten Gebäude) um etwa 15% reduziert werden. Allerdings führt insbesondere der Einsatz von Wohnungslüftungsanlagen in den sanierten Gebäuden und die solare Warmwasserbereitung bei einigen Versorgungsvarianten dazu, dass sich der mittlere, spezifische Hilfsstromeinsatz gegenüber den Bestands-Referenzvarianten etwas erhöht.

Bei der gasversorgten, gebäudezentralen Wärmeerzeugung wird davon ausgegangen, dass sich

durch den Ersatz bestehender Kessel durch Gas-Brennwertkessel der mittlere Jahres nutzungsgrad der Kessel bei der Heizwärmeerzeugung von 83 auf 94% und bei der Warmwasserbereitung von 70 auf 88% erhöht.

Die meisten Gebäude im untersuchten Quartier haben eine grobe Ost-West-Orientierung. Etwa 15% der Gebäude sind Nord-Süd-orientiert. Die meisten Gebäude haben Satteldächer. Die Voraussetzungen zur Installation von Solaranlagen auf den Gebäudedächern sind damit nicht optimal. Da auch auf den, aus der Ost-West-Orientierung leicht nach Süden orientierten Dachflächen mit meist geringer Dachneigung Solarkollektoren mit noch befriedigendem Solarertrag installiert werden können, erscheint es realistisch, dass im Rahmen der Sanierungen mittelfristig 50% der Gebäude mit thermischen Solaranlagen zur Warmwasserbereitung ausgestattet werden können. Diese erfordern, sowohl bei einer gebäudezentralen Wärmeerzeugung mit Gaskesseln als auch bei einer Fernwärmeversorgung, ausreichend große Puffer- oder Warmwasserspeicher. Bei bereits mit Fernwärme versorgten Gebäuden, die oft nur über kleine oder gar keine Technikräume verfügen, kann dies schwierig zu realisieren sein.

Alternativ ist bei einer Fernwärmeversorgung auch eine große, zentrale Solaranlage im Bereich der Heizzentrale vorstellbar. Die Wärme aus der Solaranlage wird über einen zwischengeschalteten Solar-Pufferspeicher in das Fernwärmenetz eingespeist, indem mit der Solarwärme die Temperatur des Fernwärme-Rücklaufs angehoben wird. Bei Bedarf wird dann durch den Wärmeerzeuger in der Heizzentrale nachgeheizt. Voraussetzung für einen akzeptablen Solarertrag der Kollektoren ist eine möglichst niedrige Rücklauftemperatur im Netz. Gerade bei Sanierungen, bei denen nicht in allen versorgten Gebäuden das Heizwärme- und Warmwassersystem auf möglichst niedrige Rücklauftemperaturen optimiert werden kann sondern auch unsanierte Gebäude mit hohen Systemtemperaturen versorgt werden müssen, ist mit dieser Versorgungsvariante mit Schwierigkeiten und Effizienzeinbußen zu rechnen. Für die entsprechende Vergleichsvariante wurde angenommen, dass im Bereich der Heizzentrale und auf den umliegenden Gebäuden 500 m<sup>2</sup> Kollektoren kombiniert mit einem etwa 30 m<sup>3</sup> großen Solar-Pufferspeicher installiert werden können. Es wurde mit einem Jahresertrag von 400 kWh/m<sup>2</sup> Kollektorfläche gerechnet, was angesichts der angesprochenen Problematik der Rücklauftemperatur im vorliegenden Fall einen optimistischen Wert darstellt.

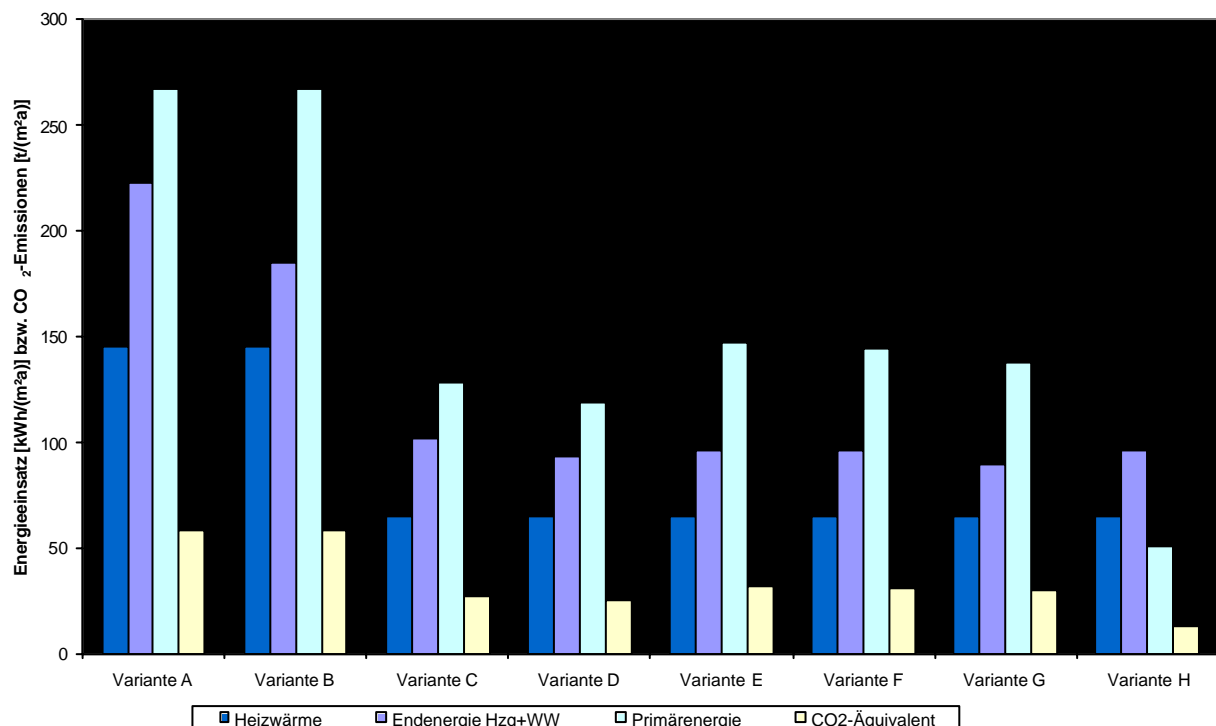


Abbildung 78: Jährlicher Energiebedarf und Emissionen unterschiedlicher Versorgungsvarianten, bezogen auf die gesamte, beheizte Wohn- und Nutzfläche (Energiebezugsfläche) im untersuchten Quartier

In der Abbildung 73 sind die energetischen Kennwerte der Varianten dargestellt. Die absoluten Werte wurden durch die beheizte Wohnfläche geteilt, so dass es sich um mittlere, wohnflächenspezifische Werte handelt.

Bei der Heizwärme handelt es sich um den mittleren Energiekennwert Heizwärme des Quartiers. Er reduziert sich durch die Sanierung von fast 50% der Gebäude von 145 auf 64 kWh/(m²a).

Die Endenergie Heizung+Warmwasser ist die den Gebäuden über die Gebäudegrenze zugeführte Energie in Form von Erdgas oder Fernwärme. Sie liegt bei den Varianten mit Fernwärme tendenziell niedriger als bei den gasversorgten Varianten, da dort die Verluste der Wärmeerzeuger bereits enthalten sind. Bei den Varianten mit Solaranlagen auf den Gebäuden reduziert sich der Wert um den Energiebeitrag dieser Anlagen.

Beim Kennwert für die Primärenergie und die CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen werden der Hilfsstromeinsatz der jeweiligen Varianten sowie die Verluste des Fernwärmenetzes und des zentralen Heizwerkes bei Varianten mit Fernwärmeversorgung berücksichtigt und die Beiträge durch die verschiedenen Energieträger mit dem entsprechenden Primärenergiefaktor multipliziert.

In der Bestandssituation führen beide Versorgungsvarianten bei den ökologischen Kriterien des Primärenergieeinsatzes und der CO<sub>2</sub>-Emissionen zum gleichen Ergebnis. Die schlechteren Jahresnutzungsgrade der dezentralen Wärmeerzeuger gegenüber dem zentralen Heizwerk werden durch die Wärmeverluste des Fernwärmenetzes ausgeglichen.

Je besser der mittlere Jahresnutzungsgrad der dezentralen Wärmeerzeuger durch Austausch alter und ineffizienter Geräte wird, umso schlechter schneidet ein zentrales Heizwerk mit Fernwärmenetz im Vergleich ab, da die Netzverluste und der Jahresnutzungsgrad der zentralen Wärmeerzeugung nicht im gleichen Maße verbessert werden kann. Nach der Sanierung beträgt der Unterschied bei der Endenergie Hgz+WW im Mittel nur noch 6 kWh/(m<sup>2</sup>a), bezüglich der Primärenergie liegt die Fernwärmeversorgung (Variante E) jedoch bereits um 19 kWh/(m<sup>2</sup>a) und somit um 15% über der dezentralen Variante (Variante C).

Die Bilanz der Fernwärmeversorgung mit einem Heizwerk kann auch durch die Einbindung einer zentralen Solaranlage nicht wesentlich verbessert werden (Variante F). Selbst mit den optimistisch angesetzten spezifischen Erträgen der zentralen Solaranlage wird unter den angenommenen Randbedingungen nur ein solarer Deckungsanteil von 2% am Gesamt-Wärmebedarf erreicht. Demgegenüber kann mit dezentralen Solaranlagen auf etwa 50% der Gebäude (Varianten D und G) ein solarer Deckungsanteil von etwa 7 bis 8% erreicht werden. Dazu sind im Gegensatz zur zentralen Anlage mit 500 m<sup>2</sup> insgesamt zwischen 1500 und 2000 m<sup>2</sup> Kollektorfläche zu installieren. Erst wenn bei der zentralen Wärmeerzeugung regenerativer Brennstoff (hier Holzhackschnitzel) gegenüber fossilem Brennstoff bei der dezentralen Wärmeerzeugung eingesetzt wird, ergeben sich deutliche ökologische Vorteile. Der Primärenergiebedarf und die CO<sub>2</sub>-Emissionen liegen dann um 60% bzw. 52% unter den Werten der dezentralen Wärmeerzeugung und selbst gegenüber der dezentralen Variante mit solarer Warmwasserbereitung ergeben sich noch Reduktionen von 47% bzw. 48%.

Ähnliche Ergebnisse sind bei einer zentralen Wärmeerzeugung mit Kraft-Wärme-Kopplung zu erwarten, wenn eine entsprechende Stromerzeugungs-Gutschrift mit den Primärenergie- und Emissionsfaktoren europäischer Stromerzeugung angerechnet wird. Diese Variante wurde jedoch nicht rechnerisch untersucht.

#### **6.2.3.4. Zusammenfassung**

- Der untersuchte Stadtteil weist eine hohe Wärmebedarfsdichte und somit gute Voraussetzungen für eine leitungsgebundene Energieversorgung auf. Selbst nach einer wärmetechnischen Sanierung eines Großteils der Gebäude auf einen sehr guten Heizwärmekennwert, durch die sich die Wärmebedarfsdichte um etwa 50% reduziert, ist eine wirtschaftliche Versorgung über Fernwärme noch möglich.
- Wärmeverteilnetze in Stadtteilen der untersuchten Größe und Gebäudedichte haben Netzverluste, die im Bestand bei etwa 4 bis 7% der Wärmelieferung liegen, deren Anteil sich jedoch nach einer Sanierung im angenommenen Rahmen auf 10 bis 14% erhöhen können. Je geringer die Wärmebedarfsdichte des versorgten Gebietes wird, umso ungünstiger werden sich die Netzverluste auf die Gesamtbilanz auswirken.
- Eine zentrale Wärmeerzeugung mit Wärmeverteilnetz rechnet sich ökologisch nur, wenn sie deutliche Vorteile gegenüber dezentralen Wärmeerzeugern durch höhere Energieeffizienz, höheren Einsatz von regenerativen Brennstoffen oder den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung aufweist. Mit einem Holzhackschnitzel-Heizwerk betragen Primärenergieeinsatz und CO<sub>2</sub>-Emissionen lediglich etwa die Hälfte als bei dezentraler Wärmeerzeugung mit Erdgas.

- Die Nutzung thermischer Solarenergie erfolgt in Quartieren mit der untersuchten Struktur am sinnvollsten mit dezentralen Solaranlagen, deren Wärmeertrag im Gebäude selbst direkt zur Warmwasserbereitung genutzt wird. Wenn auf etwa 50% der Gebäude Solaranlagen installiert werden, wird nach der Sanierung ein solarer Deckungsanteil von 7 bis 8% erreicht. Zentrale Solaranlagen, deren Wärme in ein Wärmeverteilnetz eingespeist wird, erfordern günstige Bedingungen bei den Wärmeübergabesystemen und den Netz-Rücklauftemperaturen, die sich bei der untersuchten Sanierungsstruktur nur schwer realisieren lassen. Sie sind deshalb für Sanierungsgebiete mit vergleichbarer Konstellation nicht zu empfehlen. Das für die Solarenergie zu erschließende Potential von etwa 2% am Gesamt-Wärmebedarf ist darüber hinaus auch relativ gering.
- Durch die Sanierung von etwa der Hälfte der Gebäude auf einen Heizenergiekennwert von 40 kWh/(m<sup>2</sup>a) und eine Versorgung über ein Holzhackschnitzel-Heizwerk mit Gas-Spitzenlastkessel und Fernwärmenetz kann der Primärenergieeinsatz und die CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Raumheizung und Warmwasserbereitung im Stadtteil um etwa 80% gegenüber dem Bestand reduziert werden.

## 7. PLANUNG UND UMSETZUNG EINES LEITPROJEKTES

Die bis zu diesem Punkt erarbeiteten Ergebnisse stellen ein Planungswerkzeug dar, welches in der Konzeptionierung, Vermarktung und Umsetzung von Stadtteil- und Gebäudesanierungen und innerstädtischen Nachverdichtungen Hilfestellung leistet. Das Leitprojekt Trollmannkaserne Steyr soll als Referenzbeispiel dazu dienen, die Möglichkeiten und den Nutzen solcher Sanierungskonzepte einer breiten Öffentlichkeit zu verinnerlichen.

### 7.1. Beschreibung Trollmannkasernengelände



Abbildung 79: Orthofoto Trollmannkaserne

Die ehemalige Trollmannkaserne in Steyr wurde 1895 unter Kaiser Franz Josef am Rande der Stadt Steyr erbaut. Das Gelände umfasst ca. 6 ha und war bis vor wenigen Jahren als Kaserne des österreichischen Bundesheeres genutzt. Seit einigen Jahren steht das Kasernengelände frei und soll nun von der Heeresimmobilienverwaltung verkauft werden. Seit der Errichtung der Kaserne ist die Stadt rund um das Gelände gewachsen. Das Bild, das sich jetzt bietet, ist ein völlig anderes als vor 100 Jahren. Das Kasernengelände ist eine Potentialfläche inmitten des Stadtteils Tabor in unmittelbarer Nähe des historischen Zentrums von Steyr und ist auch größtmäßig mit dem Stadtzentrum vergleichbar. Ein Großteil der Kasernengebäude ist in einem hervorragenden baulichen Zustand und die offenen Gebäudestrukturen lassen eine Vielzahl von Nachnutzung zu.

## 7.2. Lebenszyklusanalyse

### 7.2.1. Motivation

Passivhäuser weisen heute im Wohnungsbau die weitaus besten Lebenszyklusbilanzen aller Neubauten auf. Dabei ist besitzt die häufig gestellte Frage „Holzhaus oder Steinhaus“ nur einen recht untergeordneten Stellenwert. Das sehr gute Resultat des Passivhauses gegenüber anderen energetischen Gebäudekonzepten lässt sich qualitativ dadurch fassen, dass gegenüber konventionellen Gebäuden aber auch gegenüber Niedrigenergiehäusern ein geringfügig höherer Aufwand bei der Konstruktion des Gebäudes durch die deutlich verminderten Emissionen während der Nutzungsphase mehr als kompensiert wird. Gegenüber energetisch noch anspruchsvolleren Konzepten, Null-Energie- oder Null-Emissions-Häusern, kehrt sich die Argumentation um. Die geringen laufenden Emissionen eines Passivhauses sind über die Lebenszeit aufsummiert günstiger zu bewerten, als die materiellen Investitionen in saisonale Energiespeicherung oder die Herstellung und der Unterhalt von Anlagen zur aktiven Nutzung der Sonnenenergie<sup>1</sup>.

Diese Aussage gilt für heute verfügbare Technologien, sollten zukünftig große Fortschritte bei der Energiespeicherung oder der Herstellung von Sonnenkollektoren oder photovoltaischer Zellen erzielt werden, wird das Optimum der Lebenszyklusbilanz zu noch günstigeren Werten, mit höherem regenerativen Anteil an der Energieversorgung, verschoben.

Wird mit heute verfügbaren Mitteln eine Lebenszyklusbilanz angestrebt, die günstiger als die eines Passivhaus-Neubaus sein soll, so müssen die Emissionsbilanzen für die Errichtung des Gebäudes über das Niveau hinaus verbessert werden, das z.B. mit dem SIP Projekt [SIP 2002] erreicht wurde. Hierfür bieten sich als wirklich emissionsarme Konstruktionen solche an, die bereits bestehen.

Die Strategie für ein hervorragende Lebenszyklusbilanz lautet also: Man nehme ein bestehendes Gebäude und saniere es mit möglichst geringem Materialaufwand zum Passivhaus. Das Resultat ist eine beispiellos geringe Umweltbelastung.

Bei den in dieser Studie untersuchten Objekten, wie wohl auch bei der Mehrzahl der heute anstehenden Sanierungen, ist das Ziel Passivhaus oft nicht mit vertretbarem Aufwand erreichbar<sup>2</sup>. So bleibt eine Sanierung zum Niedrigenergiehaus als realistische Option.

Dabei erhebt sich zwangsläufig die Frage: Kann der höhere Energieverbrauch während der Nutzungsphase durch die Einsparungen bei der Errichtung kompensiert werden?

Diese Problematik soll anhand eines Beispiels aus der Trollmann-Kaserne in Steyr diskutiert werden.

### 7.2.2. Untersuchungsmethodik und Werkzeuge

Die vorgestellten Ergebnisse zur Lebenszyklusanalyse wurden am Institut für Industrielle Bauproduktion der Universität Karlsruhe (ifib) erarbeitet. Das ifib entwickelt seit vielen Jahren Planungsinstrumente zur kombinierten Energie-, Stoff- und Kostenbilanzierung.

#### 7.2.2.1. Das Lebenszyklusmodell

Grundlage für eine nachhaltige Planung ist die möglichst genaue Kenntnis und Erfassung der Energie- und Stoffflüsse über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes, da sie den Ressourcenverbrauch und die Umweltbelastungen entscheidend bestimmen. Für die meisten heute gebräuchlichen Baustoffe und baulichen Elemente liegen Datensammlungen zu Energie- und Stoffflüsse vor. Darin sind von der Herstellung über die Verarbeitung bis zur Entsorgung und dem Deponieverhalten alle wichtigen Kennwerte enthalten, die für eine Ökobilanz und das Verhalten während des Gebäudelebenszyklus relevant sind. (In Abbildung 7-80 ist das Lebenszyklusmodell eines Gebäudes schematisch als Diagramm dargestellt.)

Zur kombinierten Betrachtung dieser Energie- und Stoffflüsse stehen dem Ifib Instrumente zur Verfügung, die es ermöglichen, schon in sehr frühen Planungsphasen Aussagen zu den einzelnen Planungsvarianten machen zu können. Sie orientieren sich an der Elementmethode, bei der einzelne Bauteile und Leistungspositionen zu den der Leistungsphase entsprechenden Elementen

<sup>1</sup> Solarthermische oder photovoltaische Anlagen, die auf eine optimale Ausbeute und nicht auf die Deckung der „letzten Kilowattstunde“ ausgelegt sind, lassen sich auch heute schon bruchlos in das Passivhauskonzept integrieren.

<sup>2</sup> Mit zunehmender Erfahrung auf dem Feld der energetischen Sanierung und entsprechenden Bauprodukten verlieren Sanierungen zum Passivhaus jedoch auch nach und nach ihren Exoten-Status und werden als das Gesehene angesehen. Anspruchsvolle Aufgaben für Planung und Ausführung, die unter den richtigen Randbedingungen auch gut zu lösen sind.



zusammengefasst sind. Diese Elemente sind entsprechend der deutschen DIN 276 strukturiert. Eine Übertragung andersartig standardisierter Planungsleistungen ist vor allen in den frühen Planungsphasen problemlos möglich.

Gegenstand der Lebenszyklusbetrachtung ist zunächst die dynamische Sicht auf das Gebäude, damit sollen alle Veränderungen des Gebäudes über seine Lebenszeit erfasst werden. Unter dieser Sicht nimmt der zu untersuchende initiale Bauprozess nur einen Teil der Betrachtung ein. Während der Nutzungsperiode ist der Betrieb (Heizung, Reinigung, etc.) wie auch die Bewirtschaftung (Reparaturen, Erneuerungen etc.) zu betrachten. Letztendlich verursachen Abriss, Entsorgung und Deponiebetrieb ebenfalls Energie- und Stoffströme.

Alle zurzeit verwendeten Verfahren zur Abschätzung der Umweltbelastung von Gebäuden beruhen schlussendlich auf Energie- und Stoffflussbilanzen. Was sie unterscheidet, ist die Auswahl der Systemgrenzen. Im Fall der verwendeten Verfahren, die sich nicht retrospektiv auf ein ehemaliges Gebäude beziehen, sondern als Planungswerkzeuge eine Prognosen beinhalten, kommen noch Annahmen über Energiebedarf, Reinigungsverhalten oder auch technologische Entwicklungen beim Bauunterhalt hinzu.

Energie- und Stoffflussbilanzen, die Bewertungen und Aggregationen enthalten werden auch Ökobilanzen genannt.

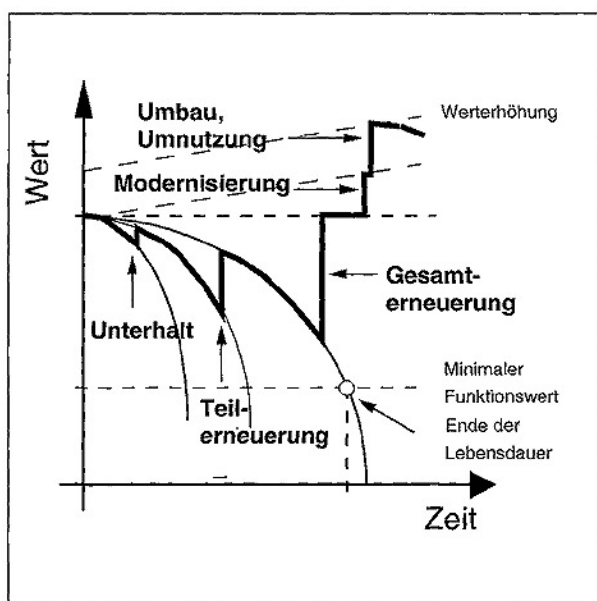


Abbildung 7-80 Schematisches Lebenszyklusmodell eines Gebäudes

### 7.2.2.2. Vorgehen

Zur Bewertung der untersuchten Gebäude wird das Programm LEGOE [LEGOE 2000] verwendet, das dem oben beschriebenen methodischen Ansatz folgt und eine umfangreiche Datenbank heute gebräuchlicher Baustoffe und Elemente besitzt. Damit lassen sich Gebäudemodelle auf verschiedenen Stufen der Planung, von ersten Überlegungen zu Form, Material und Umfang der Gebäude bis zur Ausschreibung der einzelnen Gewerke erstellen. Diese Angaben sollten bewusst übergreifend formuliert sein, da in den meisten Fällen die üblichen und sinnvollen Konstruktions- und Materialzusammenhänge in den hinterlegten Datensätzen der Elemente bereits vorgehalten sind. Insbesondere werden die Hauptkonstruktionsmaterialien und eine Annäherung an standardisierte Konstruktionsprinzipien benötigt. Zur kumulierten Abbildung aller Folgekosten, vorwiegend der Betriebskosten im Lebenszyklusmodell sind außerdem noch Flächenangaben nach DIN 277, die Standard-Volumina sowie die Angabe der als Hüllflächen bezeichneten Außenbauteile nötig.

### Ökobilanzierung

Für alle am Bauwerk zum Einsatz kommenden Baustoffe liegen umfangreiche Erfassungen der vorgelagerten Prozessketten vor. Diese enthalten alle Energie- und Stoffflussbilanzen der einzelnen Baustoffe und werden nachfolgend als Ökobilanzen bezeichnet. Die damit verbundenen Verfahren sind international von der SETAC Forschungsorganisation (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) [SETAC 1996] definiert worden. Die Transformation dieser Daten in die bauspezifische Verwendung eröffnet die Möglichkeit der Bewertung von Materialien und Konstruktionen.

Den einzelnen Materialien sind verschiedene ökologische Belastungsäquivalente zugeordnet. Diese können, entsprechend der Verwendung der Materialien im Gebäude, summiert und somit pro Gebäude verglichen werden: Einige ausgewählte Kriterien sind in Tab. 1 dargestellt:

Tabelle 7-1 Erfasste Kriterien für die Wirkungsbilanz von Baumaterialien

Wirkungsbilanz	Einheit	Quelle
Treibhauspotential	kg CO <sub>2</sub> -Äq	CML 1992
Ozonschichtabbaupotential	kg CFC11-Äq	CML 1992
Versauerungspotential	kg SO <sub>2</sub> -Äq	CML 1992
Überdüngungspotential	kg P-Äq	CML 1992
Abiotischer Ressourcenverbrauch	kg Sb-Äq	CML 1992
Sommersmogpotential	kg Ethen-Äq	CML 1992
Primärenergie erneuerbar	MJ	ETHZ
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ	ETHZ

Im Folgenden werden die Wirkungsbilanzen mit den jeweiligen Einheiten angegeben.

In der Praxis ergeben sich aus der Zuordnung der Baustoffdaten, wie in Tabelle 7-1 dargestellt, zu ihren verwendeten Mengen, der Häufigkeit und Notwendigkeit sie auszuwechseln und den damit verbundenen Arbeitsleistungen vielfach widersprüchliche Anforderungen an die Konstruktionen, die selten für den konkreten Planungsprozess benutzt werden können. Eine funktionierende Konstruktion stellt stets einen Kompromiss. Dabei besteht die Optimierungsaufgabe des Planers nicht im Erfinden einer Konstruktion mit den günstigsten Materialeigenschaften, sondern in der Auswahl der günstigsten funktionsfähigen Konstruktion.<sup>3</sup>

Alle Daten werden deshalb den einzelnen Leistungspositionen einer Ausschreibung zugeordnet und zusammen mit den notwendigen (standardisierten) Arbeitsleistungen zu aggregierten Bilanzen dieser Leistungsposition verknüpft. So betrachtet ist das Gebäude auf der Beschreibungsebene der Leistungspositionen zum Zeitpunkt der Erstellung bzgl. seiner Ökobilanzen vollständig beschrieben, da auch alle zukünftigen Arbeitsschritte, wie Reparaturen etc., hier bereits berücksichtigt sind. Zur realistischen Abbildung des Planungsprozesses werden die Leistungspositionen in statistischer und empirischer Zusammensetzung zu sog. Elementen verknüpft. Diese orientieren sich an der Kostengliederung für Hochbauten der deutschen DIN 276. Daraus ergeben sich die folgenden Hierarchien von Elementen:

Makroelemente  
 Grobelemente  
 Feinelemente

Die Anbindung an die Gliederung nach DIN 276 ermöglicht zu jedem Zeitpunkt der Planung die Überprüfung der Auswirkungen vorgenommener Veränderungen auf die Kosten und Ökobilanzen. Von daher erhalten die Planer eine ständige Rückkopplung dieser Gesichtspunkte. Außerdem können zu jedem Zeitpunkt die Auswirkungen auf den gesamten Planungsverlauf auf Positionsebene überprüft werden.

### Lebenszyklusaufwendungen

Alle Aufwendungen die im Laufe des angenommenen Lebenszyklus des Gebäudes auflaufen, können vereinfacht durch projizierte Kosten abgebildet werden und somit in einem ersten Bild, unabhängig von ihren Ökoeffekten aufgezeichnet werden. Im vorliegenden Lebenszyklusmodell werden diese aufsummiert und den einmalig investierten Baukosten gegenübergestellt.

Die Trennung dieser Anteile erlaubt den Vergleich mit traditionellen investitionsgebundenen Sichten auf das Gebäude. Maßgeblich auf Kostenseite sind dann die aufsummierten Aufwendungen in der Folge einer Investition, wie Wartung, Betrieb, Reinigung und Instandsetzung. Von besonderem

<sup>3</sup> Für die Bauforschung ist dagegen eher die erste Fragestellung relevant.

Interesse ist der Zeitpunkt, an dem die akkumulierten Kosten die Investitionen überschreiten. Als Beispiel ist in Abbildung 7-81 der zeitliche Verlauf der Kosten für ein Reihenhaus aus der bereits erwähnten SIP Studie [SIP 2002] dargestellt.

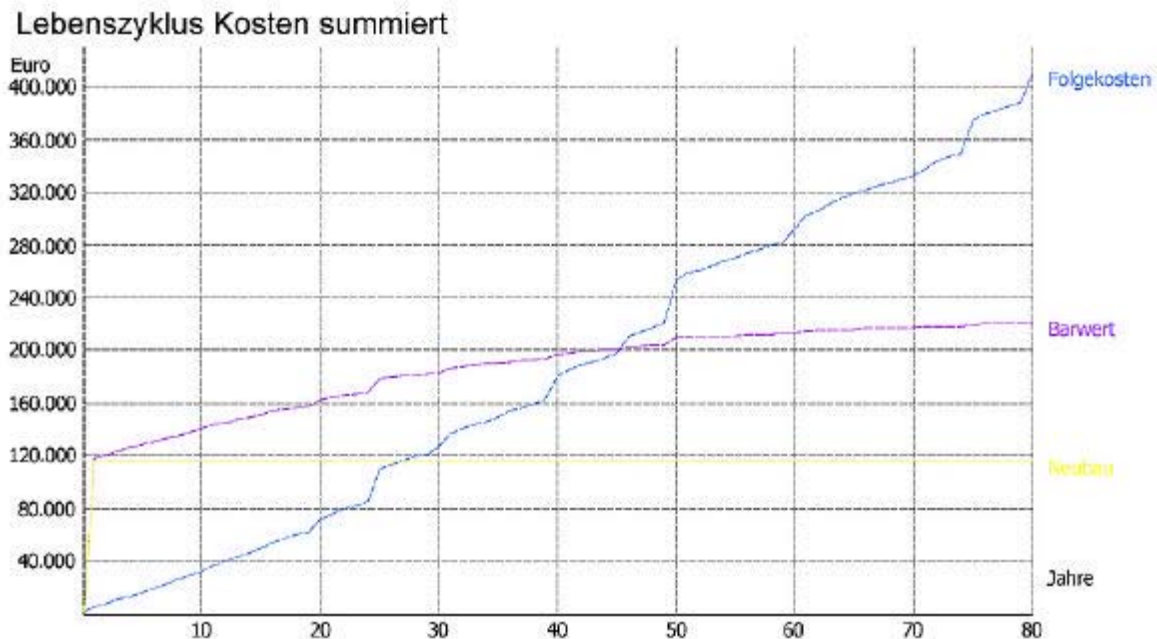


Abbildung 7-81 Investitionen und Folgekosten eines Reihenhauses über 80 Jahre.

## Stoffströme

Unter Stoffstrom versteht man die kumulierten Mengen (in kg) an Stoffen, die während des Bauprozesses und allen folgenden Zyklen in das Gebäude hineinfließen. Es beinhaltet damit alle realen Stoffmengen vor Ort, sowie die angesammelte Vorketten in der Produktion. Alle Massen erscheinen ebenso wieder zu Ende der Lebensdauer eines Bauteils bzw. des gesamten Gebäudes als zugeordnete Deponiemengen in ihren quantitativen Zuordnungen zu den einzelnen Deponieklassen oder als Input in einen Recycling-Prozess.

## 7.2.3. Fallstudie

Für das Objekt 1 in der ehemaligen Trollmannkaserne in Steyr werden Handlungsoptionen exemplarisch unter dem Blickwinkel der Lebenszyklusbilanzen untersucht.

### 7.2.3.1. Untersuchungsmethodik

Auf dem heutigen Stand der vorhandenen Datenbasis lassen sich vollständige Lebenszyklusanalysen, wie sie z.B. im Rahmen der SIP Studie [SIP 2002] erstellt wurden, nur für Neubauten mit vertretbarem Aufwand durchführen, da für Neubauten nahezu alle Baumaterialien und die für ihre Verarbeitung und Bereitstellung notwendigen Verfahrensschritte bekannt und analysiert sind.

Dem gegenüber sind die Elemente des historischen Gebäudebestands sowohl in ihren stofflichen wie funktionalen Eigenschaften noch weitgehend unverstanden. Aktuelle Untersuchungen, an denen auch die Autoren dieser Studie beteiligt sind, bemühen sich darum, zunächst die Bauhistorie der jüngeren Vergangenheit aufzubereiten.

Um den historischen Bestand in der gleichen methodischen Schärfe wie den Neubau würdigen zu können, müssen die relevanten Baustoffe in ihrer Zusammensetzung wie auch ihrem Herstellungsprozess analysiert werden. Ergänzend hierzu sind ihre Wirkungen im Kontext der bestehenden Gebäude (U-Werte von Bauteilen, Jahresnutzungsgrade von Wärmeerzeugern etc.) zu bestimmen.

Die heute verfügbaren Datenbasen reichen (lückenhaft) zurück bis in die 60er Jahre des 20. Jahrhunderts. Für Gebäude, die weit vor dieser Zeit errichtet wurden, lassen sich aus diesem Grund nur sehr grobe Aussagen treffen, die mit zahlreichen Annahmen behaftet sind. Aus den genannten Gründen kann für unser Beispiel die bestehende Bausubstanz allein auf der Basis der vorhandenen Massen bewertet werden. Zwar lassen sich punktuell tiefer gehende Aussagen treffen, z.B. im Falle der sanierten Kunststofffenster. Solche Informationen sind jedoch nicht konsistent in die vorhandenen Planungswerkzeuge integrierbar<sup>4</sup>.

## 7.2.4. Szenarien

Im Vorfeld der Untersuchungen wurden für das Objekt 1 zwei Grundszenarien entworfen. Das erste Szenario beinhaltet die Sanierung zum Niedrigenergiehaus mit vollständiger Neuorganisation der Grundrisse. Das zweite besteht aus einem Abriss des existierenden Gebäudes und der Errichtung eines Passivhauses am gleichen Ort. In beiden Fällen soll eine Wohnfläche von ca. 1.100 qm angeboten werden.

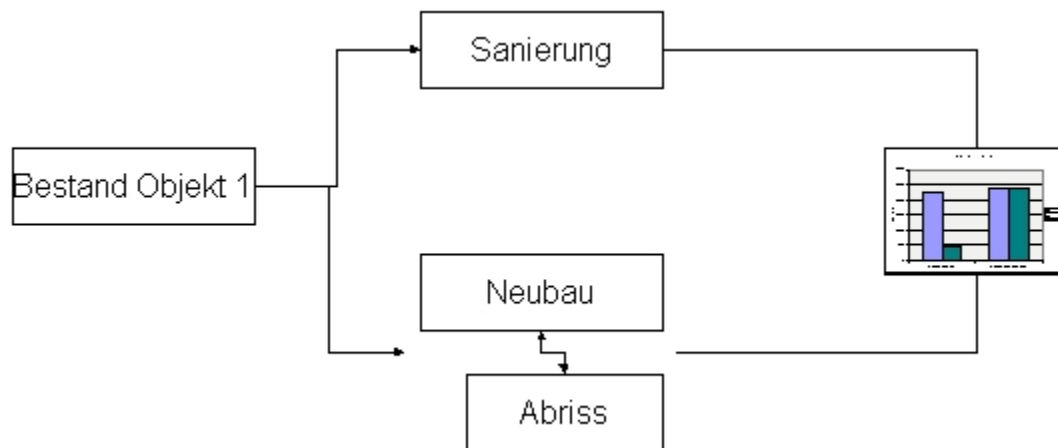


Abbildung 7-82 Schematische Darstellung der untersuchten Szenarien.

### 7.2.4.1. Massenströme

Im Szenario „Sanierung“ muss der Innenausbau des Gebäudes weitgehend rückgebaut werden, dies verursacht einen Massenstrom auf die Deponie, der annähernd gleich groß ist wie der Massenstrom für die gesamte Sanierung einschließlich des Unterhalts für die folgenden 80 Jahre.

Im zweiten, dem Neubau-Szenario müssen für den Abriss des bestehenden Gebäudes in schwerer Bauweise offensichtlich erhebliche mehr Massen bewegt werden, als für den Rückbau der Innenbauteile notwendig ist. Auch ein Neubau in Leichtbauweise erfordert nach unseren Untersuchungen signifikant mehr Masse als eine Sanierung der Gebäudehülle und ein neuer Innenausbau im Sanierungs-Szenario. Die Zusammenfassung der Massenströme ist in Abbildung 7-83 dargestellt. Daraus wird deutlich, dass einem Massenstrom von ca. 5.000 t im Neubau-Szenario im Falle der Sanierung weniger als 3.000 t Massenbewegungen zur Deponie und auf die Baustelle gegenüberstehen.

<sup>4</sup> Leider verlangen die heute verfügbaren Analyse- und Planungs-Werkzeuge einen weitgehend homogenen Detaillierungsgrad für die Beschreibung der zu untersuchenden Objekte. Ein Springen zwischen Detailinformationen (Schichtenfolge eines Wandaufbaus) und Kennwerten (U-Wert einer Wand) bereite momentan noch Probleme.

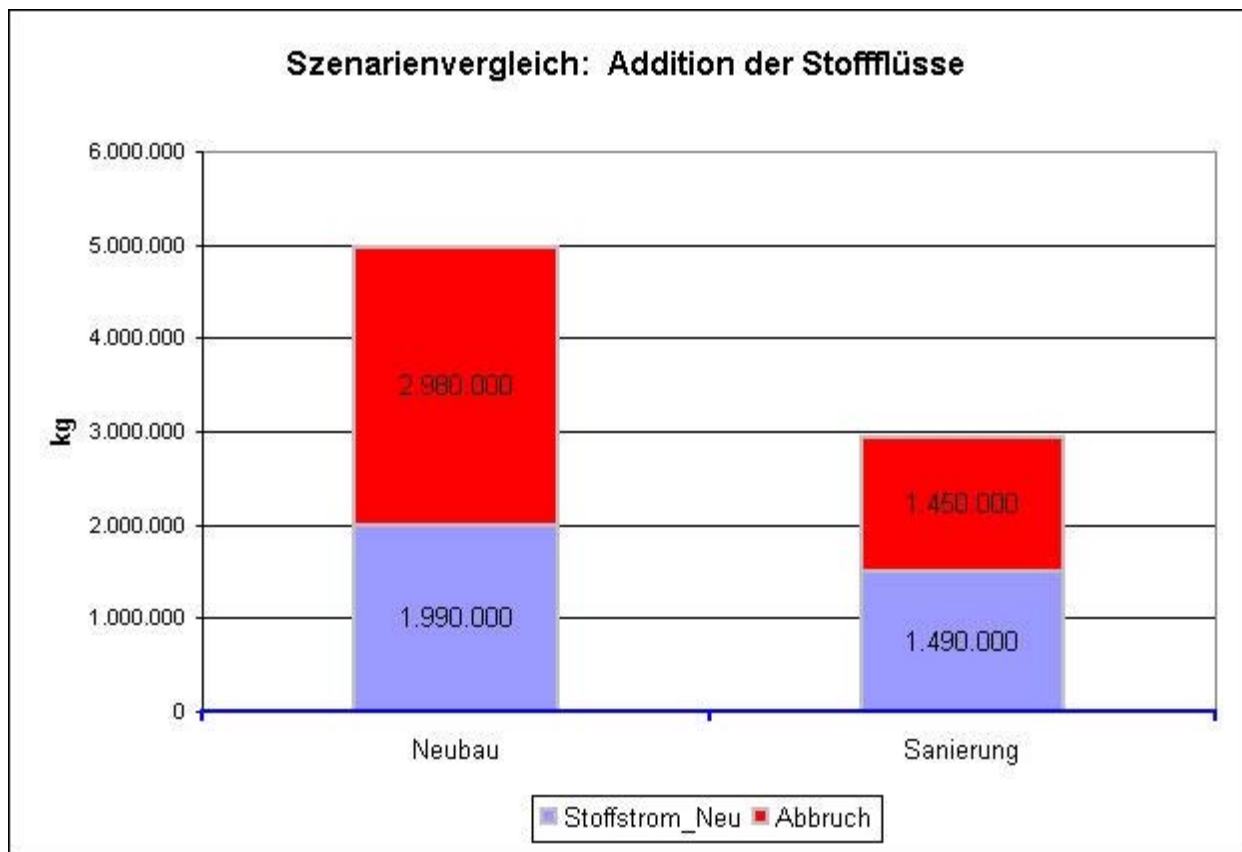


Abbildung 7-83 Kumulierte Massenströme für die Szenarien „Sanierung“ und „Neubau“

#### 7.2.4.2. Investitionen und Betriebskosten

Für die beiden Entwicklungsszenarien lassen sich auf der Beschreibungsebene von Makroelementen, trotz der oben erwähnten methodischen Lücken, auch die anderen für den Lebenszyklus relevanten Größen modellieren. Werden für die betrachteten baulichen Elemente<sup>5</sup> die notwendigen Investitionen sowie die Betriebskosten über 80 Jahre zusammengeführt, so ergibt sich daraus für das Sanierungs-Szenario ein Vorteil von ca. 400.000 EUR bei den Investitionen, der durch die um etwa 300.000 EUR höheren Betriebskosten nicht aufgezehrt wird. Hinzu kommt der Abriss des alten Gebäudes, der dem Neubau eine weitere Starthypothek von rund 100.000 EUR aufbürdet. Weitere etwa 700.000 EUR werden von dem Modell in Form von höheren Wartungskosten dem Neubau angelastet. Dieser Punkt ist diskutierbar, wurde im gegebenen Kontext und bei der zweifellos vorhandenen Unschärfe jedoch aus den Vorgaben der Datenbank übernommen.

In der Summe weist das Sanierungs-Szenario nach 80 Betriebsjahren gegenüber dem Neubau somit einen Vorteil von ca. 900.000 EUR auf. Auch ohne Berücksichtigung der höheren Wartungskosten kann die Neubau-Lösung nicht mit der Sanierung gleichziehen. In Anbetracht der verwendeten groben Näherungen wären die verbleibenden ca. 200.000 EUR allerdings nicht als signifikant einzustufen. Dabei ist natürlich anzumerken, dass im Falle drastischer Energiepreiserhöhungen über längere Zeiträume hinweg, sich dieses Verhältnis auch umkehren kann. Unter den gegenwärtigen Randbedingungen stellt jedoch die Sanierung die wirtschaftlichere Lösung dar.

Die Abbildungen Abbildung 7-84 und Abbildung 7-85 zeigen den diskutierten Sachverhalt differenziert nach Kostenkategorien auf.

<sup>5</sup> Die Erfassung der Elemente erfolgt nach DIN 276, von daher sind für alle Positionen der Kostengruppen 300 und 400 auch Platzhalter vorgesehen. In der Praxis, wie auch im vorliegenden Fall, können, mangels weitergehender Information, diese Platzhalter nicht durch objektspezifische Informationen ersetzt werden. Von daher sind die absoluten Angaben zu Massen, Investitionen oder Kosten häufig mit relativ großen Fehlern versehen, wohingegen die Differenzen zwischen den Varianten wesentlich genauere Aussagen zulassen.

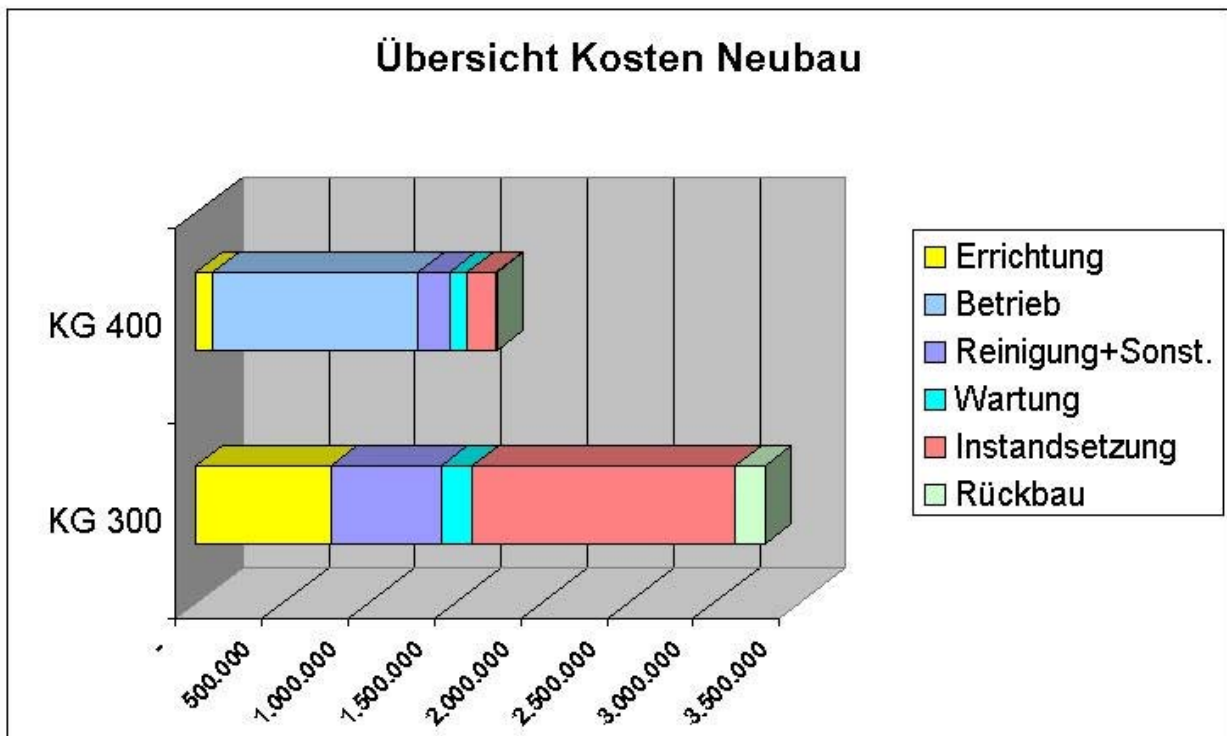


Abbildung 7-84 Kumulierte Investitionen und Betriebskosten über 80 Jahre für den Neubau.

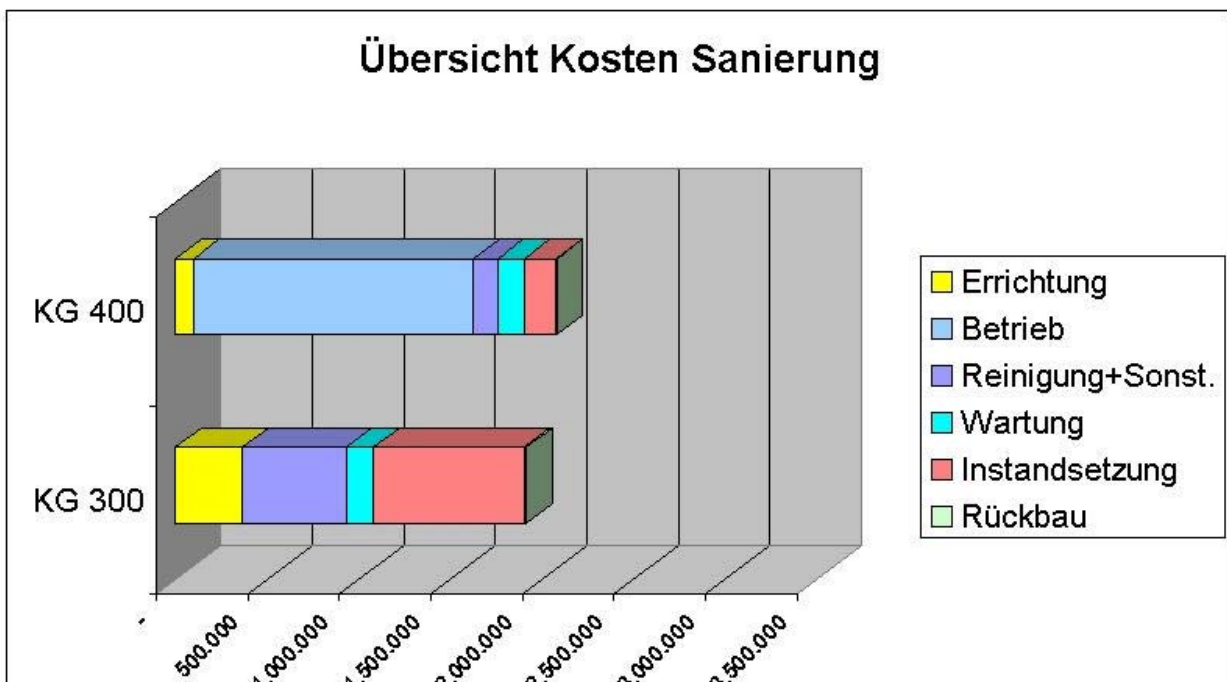


Abbildung 7-85 Kumulierte Investitionen und Betriebskosten über 80 Jahre für die Sanierung.

#### 7.2.4.3. Wirkungsbilanzen

Bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen, dem heute wichtigsten Ökoindikator, weist die Neubau-Lösung (das Passivhaus) zwar deutlich niedrigere Werte bei der Heizung als die Sanierung auf. Diese können jedoch, über eine Nutzungsdauer von 80 Jahren gesehen, den Vorsprung der NEH-Sanierung aus der Bauphase gerade aufholen. Dass dieser Unterschied so gering ausfällt liegt teilweise an den oben diskutierten höheren Wartungsaufwendungen für den Leichtbau im Neubau-Szenario. Der wesentliche Grund ist allerdings der Stromverbrauch, der sich im Nutzungsprofil für beide Varianten gleich darstellt und die CO<sub>2</sub>-Bilanz dominiert. Erst danach folgt die Wärmeerzeugung für Heizung und Warmwasserbereitung, wobei letztere im Passivhaus den kleinsten Beitrag liefert. Der Passivhaus-Neubau kann nur dann bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen einen deutlichen Vorteil erringen, wenn der

Strombedarf auch deutlich vermindert wird, was auch eine Voraussetzung für eine erfolgreiche Passivhaus-Zertifizierung darstellt [PHPP 2003].

Im Bereich der anderen Ökoindikatoren, die hauptsächlich von der häuslichen Energieversorgung (hier wurde eine Standard-Gasheizung angenommen) beeinflusst werden, zeigt das Passivhaus am Ende des Lebenszyklus natürlich deutliche Vorteile. Die Abbildungen Abbildung 7-86 bis Abbildung 7-88 zeigen die Wirkungsbilanzen der beiden Alternativen getrennt nach Bau- und Nutzungsphase sowie über den gesamten Lebenszyklus akkumuliert. Dabei sind alle Indikatoren jeweils auf den Wert der Sanierungs-Lösung normiert.

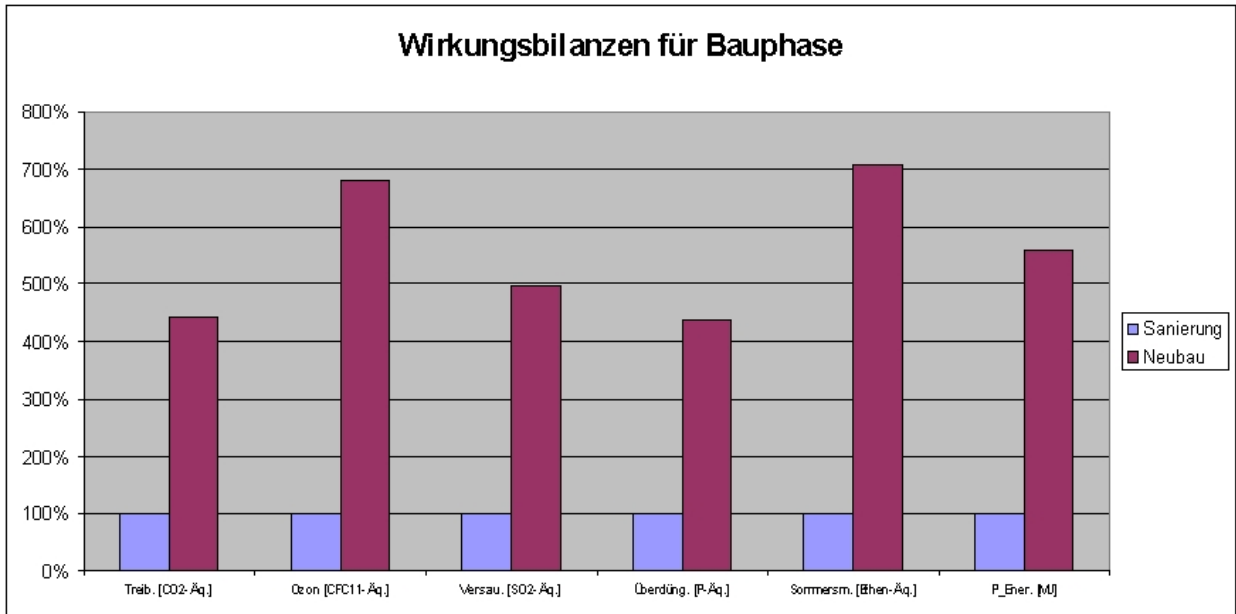


Abbildung 7-86 Vergleich der Wirkungsbilanzen zwischen Neubau und Sanierung für die Bauphase.

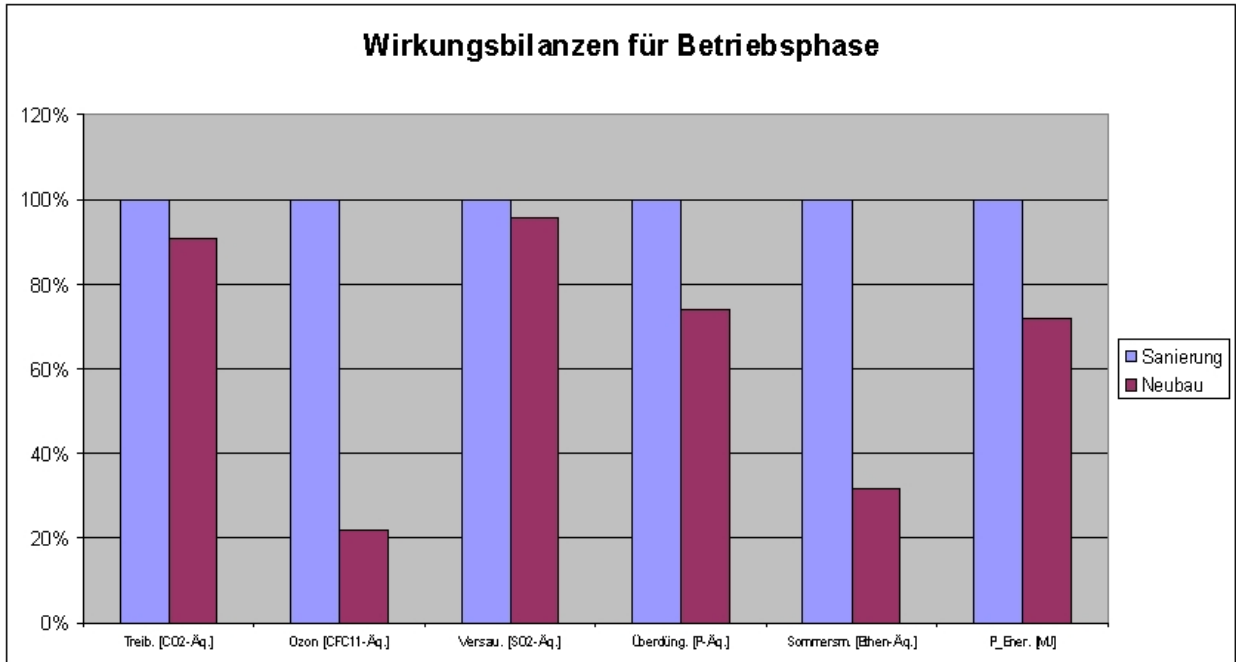


Abbildung 7-9 Vergleich der Wirkungsbilanzen zwischen Neubau und Sanierung für die Nutzungsphase von 80 Jahren.

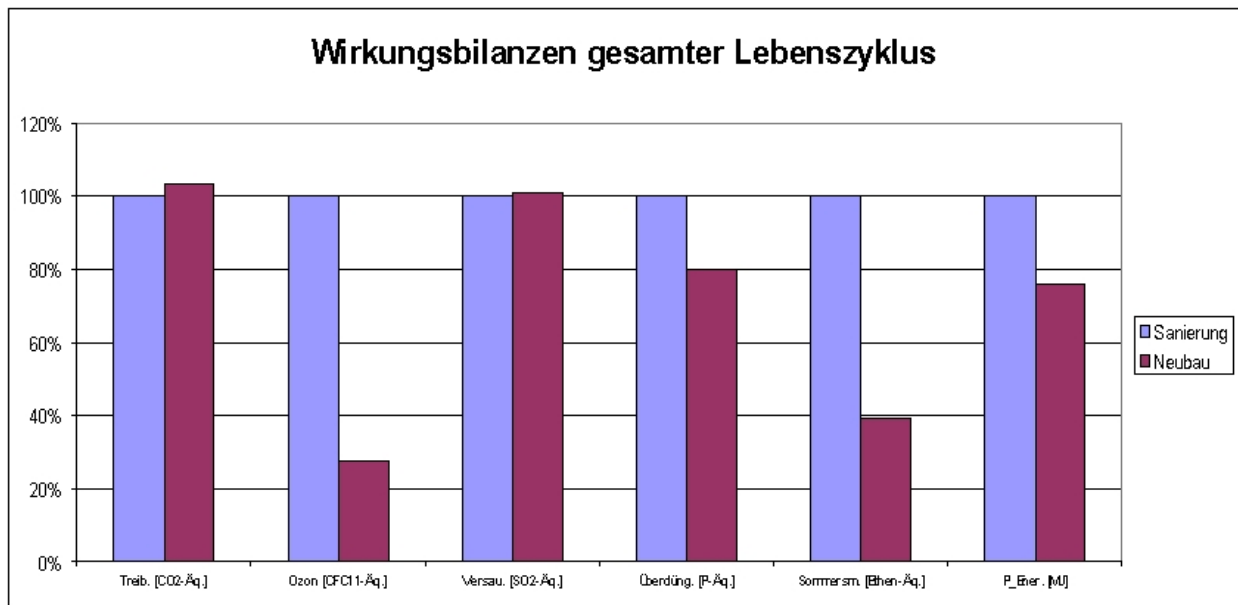


Abbildung 7-88 Vergleich der Wirkungsbilanzen zwischen Neubau und Sanierung für den gesamten Lebenszyklus.

### 7.2.5. Varianten des Innenausbaus

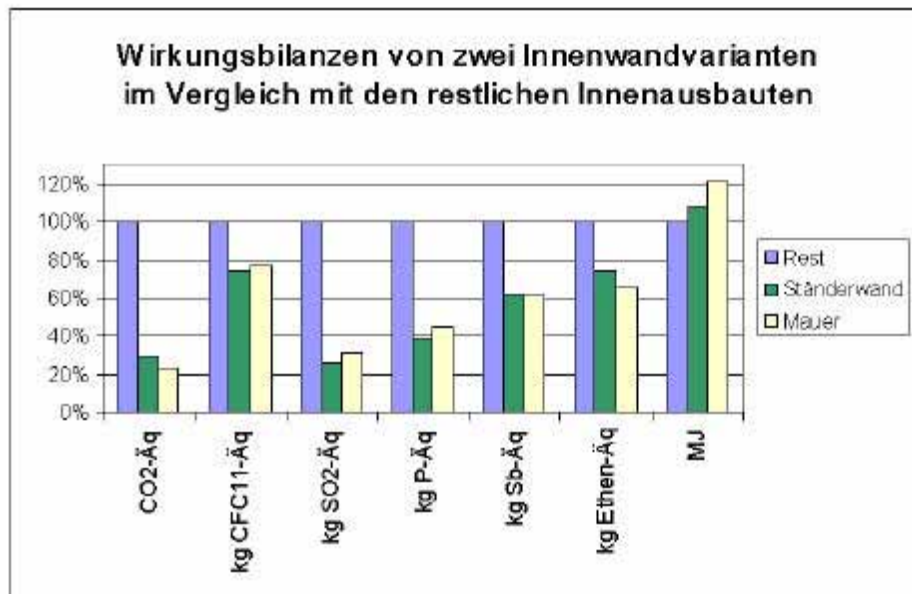
Im Sanierungsfall stellen die Innenwände, mit denen die neuen Grundrisse realisiert werden, den größten einzelnen Massenstrom dar, deshalb wurden sie in einer vertieften Untersuchung nochmals separat betrachtet. Bezogen auf das Gesamtgebäude besitzen sie mit knapp 10% des stofflichen Inventars jedoch nur einen relativ geringen Anteil.



Abbildung 7-11 Anteil der Innenwände am stofflichen Inventar des sanierten Gebäudes.

Als Alternativen für den Ausbau wurden beplankte Ständerwände („Grundvariante“) mit verschiedenen anderen Lösungen verglichen. Die deutlichsten Unterschiede ergaben sich zu gemauerten Wänden („Variante 1“).





mip

**ifib** Institut für Industrielle Bauproduktion  
Prof. Dr. H. Kellner  
Universität Stuttgart (ITA)

Abbildung 7-12 Wirkungsbilanzen der Herstellung und Wartung von Innenwänden relativ zu den übrigen Elementen des Innenausbaus.

Das Ergebnis des Vergleichs ist in Abbildung 7-12 dargestellt, wobei, wegen der stark unterschiedlichen absoluten Werte, die Emissionen jeweils auf die restlichen Elemente des Innenausbaus (Haustechnik, Sanitär, Elektro, Fußböden etc.) normiert sind. Dabei lassen sich zwei Schlüsse ziehen: (1) Nur beim Primärenergieeinsatz dominieren die Innenwände über die Summe der anderen Elemente. (2) Die beiden untersuchten Lösungen unterscheiden sich in keinem der betrachteten Kriterien entscheidend von einander.

Damit besteht die Freiheit, die Systemauswahl anhand anderer Gewichtungen, wie Schallschutz oder Baustellenlogistik zu treffen.

## 7.2.6. Diskussion

Wenn die Lebenszyklusanalyse heute für Neubauten an der Schwelle zur Routine-Planungstechnik steht, so ist doch im Bereich der historischen Bausubstanz noch viel Forschungsaufwand notwendig, um eine solide Datenbasis und damit sichere Entscheidungsgrundlagen bereitstellen zu können. Das hier diskutierte Beispiel einer Konversion vom Militärgebäude zu Wohnnutzung zeigt die gesamte Palette der gegenüber dem Neubau zusätzlich auftretenden Fragestellungen auf: Wie ist die bestehende Bausubstanz zu bewerten? Welcher Anteil der vorgefundenen Bausubstanz sollte erhalten und welcher rückgebaut werden? Wie verhalten sich weitgehend undokumentierte Bauteile und technische Systeme bei der Entsorgung? Welche technischen Restriktionen treten für Sanierungselemente aufgrund der erhaltenen Bausubstanz auf?

Alle diese Fragen müssen heute im konkreten Fall pragmatisch beantwortet werden. Ein vollständiger Leitfaden zur systematischen Lösung steht allerdings noch aus. Unter diesem Blickwinkel sind auch die schlaglichtartigen Teilergebnisse zu sehen, die hier vorgestellt wurden.

Auch wenn in einigen Jahren eine vollständige Lebenszyklusanalyse für Sanierungen möglich ist, werden ihre Ergebnisse lediglich ein Argument für Sanierung oder Neubau an gleicher Stelle darstellen. Daneben werden weiterhin der Städtebau, der Denkmalschutz und die Finanzen gewichtige Argumente ins Feld führen. Aber die Aspekte des Umweltschutzes im Allgemeinen und des Klimaschutzes im Speziellen lassen sich dann rational abwägen und mit den richtigen Prioritäten versehen.

Bei allen diskutierten Unsicherheiten sprechen doch bei dem untersuchten Objekt fast alle Argumente für die Sanierungs-Lösung. An erster Stelle ist hier der ökonomische Vorteil zu nennen, der das Objekt für Investoren attraktiver macht, ohne dadurch die Umwelt mehr zu belasten, als es im Neubau-Szenario geschehen würde – vorausgesetzt, der angestrebte gute NEH-Standard wird realisiert.

Die ökologischen Defizite der Sanierungs-Lösung, die hauptsächlich im Bereich der Ozon-Zerstörung und beim Sommersmog angesiedelt sind, konnten schon in dieser groben Analyse dem häuslichen Wärmeerzeuger zugeordnet werden. Im Zuge der haustechnischen Optimierung lassen sich solche Schwachstellen mit Werkzeugen wie GEMIS [GEMIS 1999] gezielt angehen und beseitigen.

Das nachhaltigste Argument für ein weiteres Verfolgen der Sanierungs-Lösung liefert jedoch die gegenwärtige technologische Entwicklung im Bereich der Passivhaus-Komponenten. In den letzten Jahren wurden an verschiedenen Stellen Sanierungen zum Passivhaus mit Standard-Komponenten durchgeführt, s. z.B. [SCHU 2003] für einen Geschosswohnungsbau oder [WER 2003] für ein Bürogebäude. Auch wenn heute das Ziel der Sanierung ein Niedrigenergiehaus ist, so kann sich doch, im Zuge der konkreten Bearbeitung, die Sanierung zum Passivhaus als realistisch erweisen – damit ließen sich in allen Bereichen die unbestrittenen ökologischen Vorteile aus der Bauphase über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes konservieren.

## 7.2.7. Literaturverzeichnis und weiterführende Hinweise

- [BEW 1994] Koordinationsgruppe des Bundes für Energie- und Ökobilanzen; „Energie- und Stoffflussbilanzen von Gebäuden während ihrer Lebensdauer“; Schlussbericht, EPFL-LESO, ifib Universität; Lausanne, Karlsruhe 1994
- [BMUJF 1996] Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie; „Materialflussrechnung Österreich - Gesellschaftlicher Stoffwechsel und nachhaltige Entwicklung“; Schriftenreihe des BMUJF, Band 2 Wien 1996
- [BÖI 1995] ETH-Zürich ESU; „Baustoffökoinventare“; Bern 1995
- [BOS 1994] Bossel, Hartmut; „Modellbildung und Simulation, Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme“, 2., veränd. Aufl., Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden, 1994
- [BUWAL 1990] Bundesamt für Umwelt (Hrsg.): „Methodik für Ökobilanzen“, Schriftenreihe Umwelt Nr. 133; Bern, 1990
- [CML 1992] Heijungs, R. et al.; “Environmental Life Cycle Assessment of Products. Guide (Part 1) and Backgrounds (Part 2)”, prepared by CML, TNO and B&G, Leiden (NL), 1992
- [DIN 276] Deutsches Institut für Normung; „Kosten im Hochbau“; Juni 1993
- [DIN 277] Deutsches Institut für Normung; „Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau“, Teil 1: Begriffe, Ermittlungsgrundlagen, September 2000, Teil 2: Gliederung der Nutzflächen, Funktionsflächen und Verkehrsflächen (Netto-Grundfläche), Juni 1987, Teil 3: Mengen und Bezugseinheiten, Juli 1998
- [DIN 18960] Deutsches Institut für Normung; „Nutzungskosten im Hochbau“, August 1999
- [DIN 31051] Deutsches Institut für Normung; „Instandhaltung, Begriffe und Maßnahmen“; Januar 1985
- [DIN 33926] Deutsches Institut für Normung; „Umweltmanagement, Ökobilanzen, Standardberichtsbogen“; Februar 1998
- [ENQ 1998] Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages; Hrsg.: Deutscher Bundestag, Referat Öffentlichkeitsarbeit: “Konzept Nachhaltigkeit, Vom Leitbild zur Umsetzung“, Abschlußbericht, Bonner Universitätsdruckerei, Bonn 1998
- [ENQ 1999] Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages; Hrsg.: Kohler, Niklaus; Hassler, Uta; Paschen, Herbert; Bandherausgeber; „Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen“, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 1999
- [GEMIS 1999] Fritsche, Udo; Rausch, Lothar; „Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS)“; Version 3.08; im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit; Öko-Institut e.V.; Darmstadt 1999
- [HOF 1998] Hofstetter, Patrik; Tietje, O.: “Ökobilanzbewertungsmethoden, State of the art, Neuentwicklungen 1998, Perspektiven“ Nachbearbeitung des 6. Diskussionsforums Ökobilanzen vom 12. März 1998, ETH Zürich; Zürich 1998
- [KLI 1999] Klingele, Martina; „Integration von lebenszyklusbezogenen Bewertungsmethoden in den Planungsprozess“; Dissertation; Universität Karlsruhe, Institut für Industrielle Bauproduktion 1999
- [KOBK 1996] Kohler et al.; „Methode zur kombinierten Berechnung von Energiebedarf, Umweltbelastung und Baukosten in frühen Planungsstadien“; Schlussbericht; ifib Uni Karlsruhe, Bauhausuniversität Weimar, 1996
- [KOH 1992] Kohler, Niklaus; Lützkendorf, Thomas; „Handbuch zur Erstellung von Energie- und Schadstoffbilanzen von Gebäuden“; Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern 1992

- [KOH 1994] Kohler, Niklaus et al.; Koordinationsgruppe des Bundes für Energie- und Ökobilanzen; „Energie und Stoffflussbilanzen von Gebäuden während ihrer Lebensdauer“, Schlussbericht, Zürich 1997
- [KOH 1995] Kohler, Niklaus; Klingele, Martina; „Ökobilanzierung im Bauwesen“, Bundesbaublatt Heft 8, August 1995
- [KOH 1986] Analyse énergétique de la construction, de l'utilisation et de la démolition de bâtiments. Thèse EPFL No. 623. Lausanne. 1986
- [KOH 1997] Kohler, Niklaus et al.; „Simulation of energy and massflows of buildings during their life cycle“; in „Buildings and Environment“ Conference Proceedings, CSTB Paris 1997
- [KOH 2000] Kohler, Niklaus; „Skript zur Vorlesung Integrale Planung“, Wintersemester 2000/2001 Teil B, ifib Karlsruhe, 2000
- [LEGOE 2000] König, Holger et al.; „Umweltorientierte Planungsinstrumente für den Lebenszyklus von Gebäuden (LEGOE)“; Schlussbericht DBU-Forschungsprojekt, Dachau 1999
- [PEUP 1997] Peuportier, Bruno; Kohler, Niklaus; Boonstra, Chiel; „European project REGENER, life cycle analysis of buildings“; in „Buildings and Environment“ Conference Proceedings, CSTB Paris 1997
- [PHPP 2003] Feist, W. et al.; „Passivhaus Projektierungs Paket 2003“, Darmstadt, 2003
- [SCHU 2003] Schulze Darup, B.; „Sanierung eines Geschosswohnungsbaus zum Passivhaus“, persönliche Mitteilung, 2003
- [SCHUB 1985] Schub, Adolf; Stark, Karlhans; „Life cycle cost von Bauobjekten: Methode zur Planung von Erst- und Folgekosten“, Schriftenreihe der Gesellschaft für Projektmanagement; Verlag TÜV Rheinland, Köln 1985
- [SCHW 1997] Schwaiger, Bärbel; Kohler, Niklaus; „Massflow, energy flow and costs of the German building stock“; in „Buildings and Environment“ Conference Proceedings, CSTB Paris 1997
- [SETAC 1996] Society of Environmental Toxicology and Chemistry - Europe; „Towards a methodology for Life-Cycle Impact Assessment“, SETAC Brüssel 1996
- [SIP 2002] Prehal, A; Poppe, H; et al.; „S I P – Siedlungsmodelle in Passivhausqualität“, Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft, Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften, Steyr 2002
- [SIRADOS] Edition AUM; „SIRADOS, Baudaten für Kostenplanung und Ausschreibung“; PIB Privates Institut für Bauforschung, Dachau, laufende Aktualisierung
- [WER 2003] Werner, J.; „Sanierung eines Kasernengebäudes im Denkmalschutzgebiet zu einem Passivhaus-Bürogebäude für das IB ebök“, persönliche Mitteilung, 2003
- [WÖR 1997] Wörner, Johann-Dietrich; Kloft, Harald; „Untersuchungen zum Baustoffeinsatz und zu den Primärenergiegehalten von Wohngebäuden verschiedenen Baualters“, Forschungsbericht, Institut für Statik, TU-Darmstadt 1997.

## 7.3. Städtebauliche Analysen

### 7.3.1. Nutzungen

- Gewerbe
- Gemischte Nutzung
- Wohnen
- Altstadtbereiche

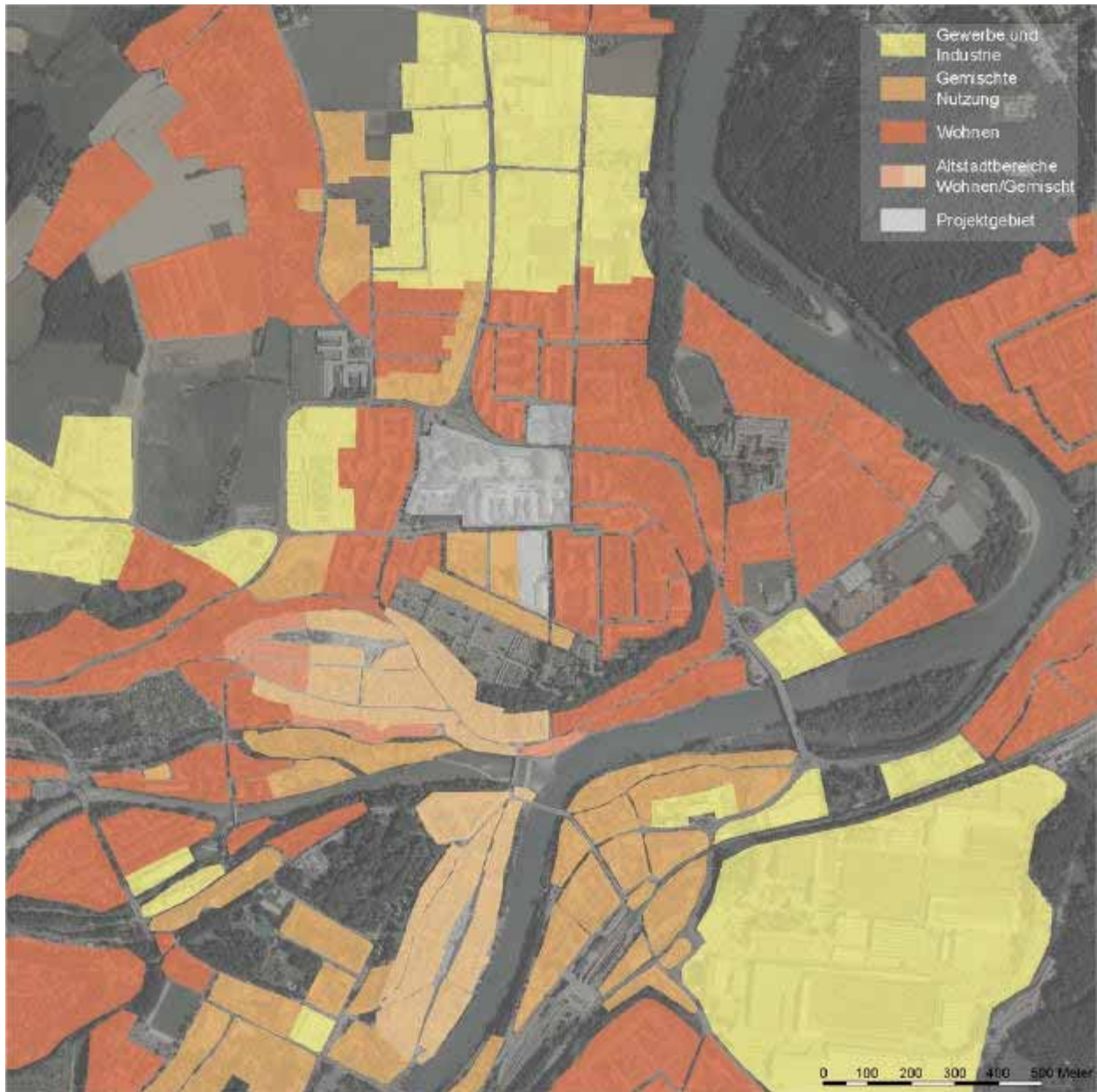


Abbildung 13: Nutzungen

Im Norden wird der Stadtteil Tabor durch eine ca. 600m breite Gewerbe- und Industriezone vom Stadtteil Resthof getrennt. Den südlichen Abschluss bildet der Friedhof, welchem eine Zone mit gemischter Nutzung vorgelagert ist.

Der westliche Teil des Tabors ist Einkaufszentren bzw. der Volks- und Hauptschule Tabor vorbehalten. Ein Streifen mit gemischter Nutzung erstreckt sich entlang der westlichen Seite der Ennserbundesstraße.

Der gesamte zentrale und östliche Teil des Tabors wird von Wohnnutzung belegt. Das Projektgebiet befindet sich im Zentrum des Stadtteils und hat das Potential, jegliche Nutzungsdefizite auszugleichen.

## 7.3.2. Infrastruktur

### 7.3.2.1. Motorisierter Individualverkehr (MIV)

- Bundesstraßen
- Hauptstraßen
- Sammelstraßen
- Anliegerstraßen

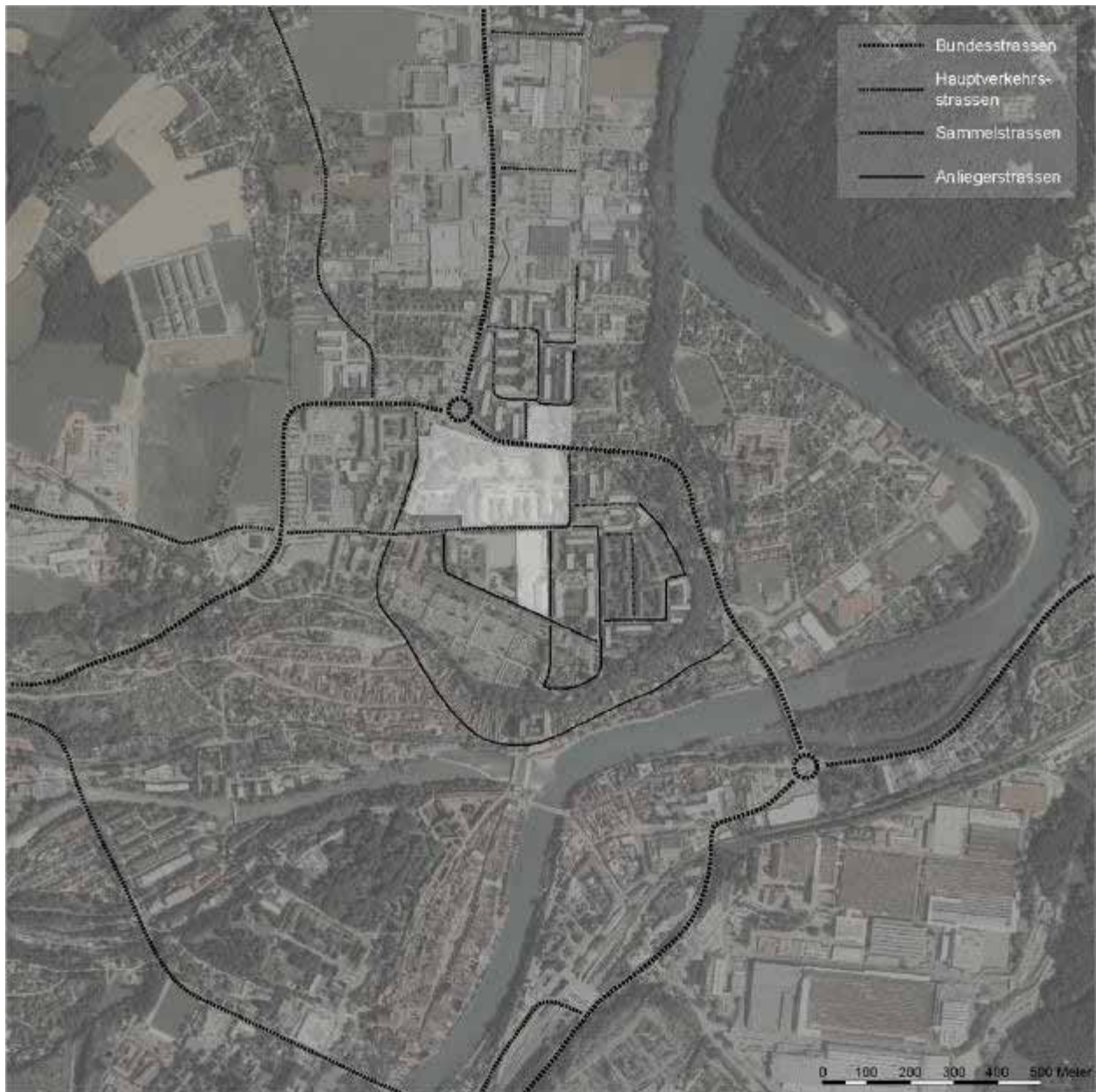


Abbildung 14: motorisierter Individualverkehr

Im Taborknoten treffen drei wichtige Hauptverkehrsstraßen von Steyr zusammen. Die derzeit ampelgeregeltete Kreuzung soll durch einen Kreisverkehr mit Kollektorspuren (Rechtsabbiegen ohne in den Kreis einzufahren) ersetzt werden. Für Fußgänger und Radfahrer stellen diese Straßen ein großes Hindernis dar. Abgesehen von den drei Hauptverkehrsstraßen sind die restlichen Straßen am Tabor verkehrsberuhigt.

### 7.3.2.2. Öffentlicher Verkehr

- Buslinien mit Haltestellen
- Städtischer Busbahnhof
- Überregionaler Busbahnhof
- Bahnhof ÖBB
- Entfernungen

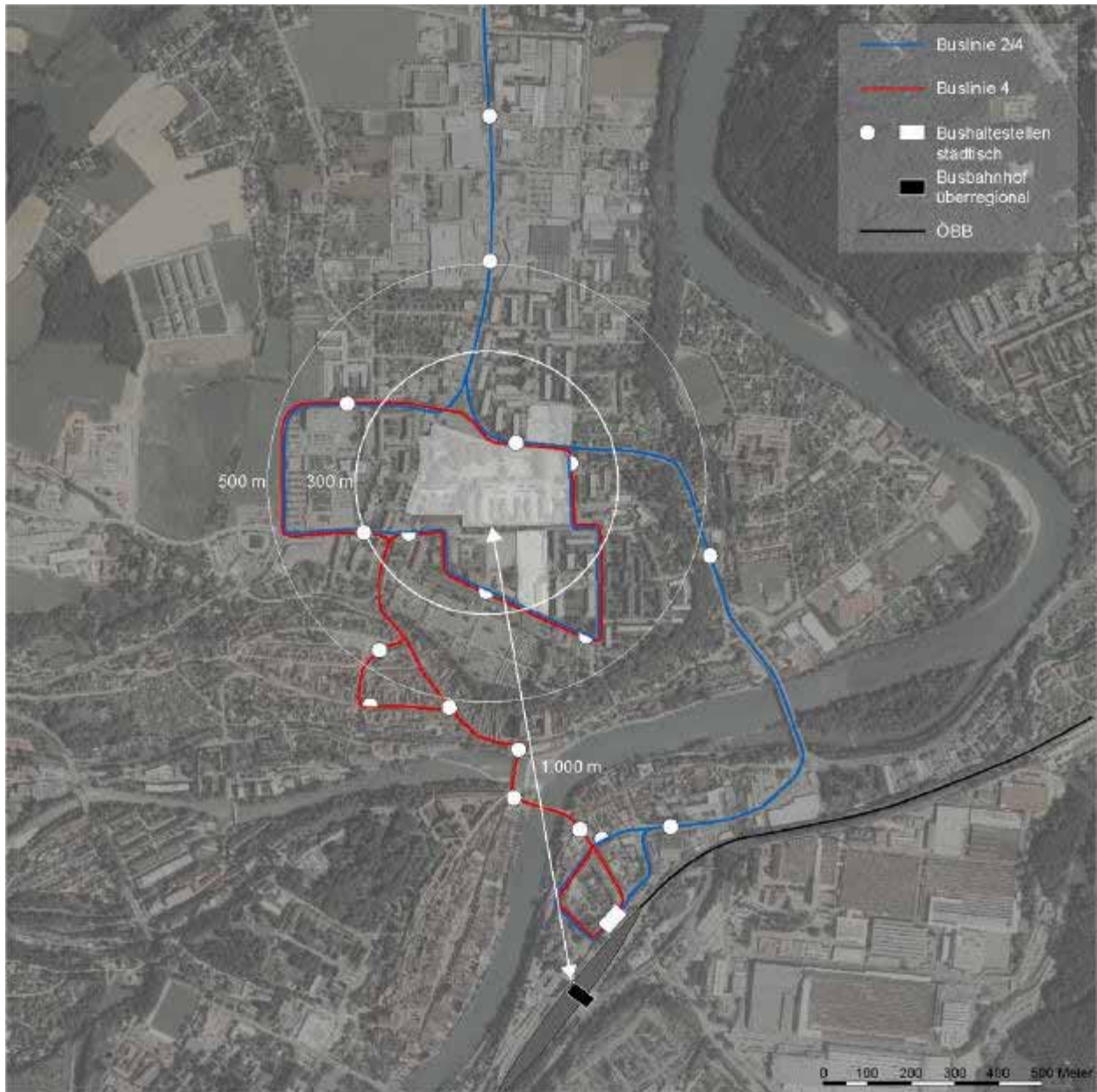


Abbildung 15: öffentlicher Verkehr

Der Tabor ist durch zwei Buslinien an das öffentliche Verkehrsnetz angebunden. Mehrere Haltestellen sind vom Projektgebiet aus innerhalb von 300m zu erreichen. Der überregionale Busbahnhof und der Bahnhof der ÖBB sind 1.000m entfernt und mit den städtischen Bussen zu erreichen.

Bei einer Erhöhung der Einwohnerzahl am Tabor durch die Wohnbebauung Knoglergründe und die neuen Wohnungen im Planungsareal ist eine Erhöhung der Taktfrequenz für die Linie 4 von derzeit 2 auf 4 mal in der Stunde angebracht.

### 7.3.2.3. Rad- und Fußverbindungen

- Bestehende Radverbindungen
- Geplante Radverbindungen
- Bestehende Fußwegverbindungen
- Geplante Fußwegverbindungen

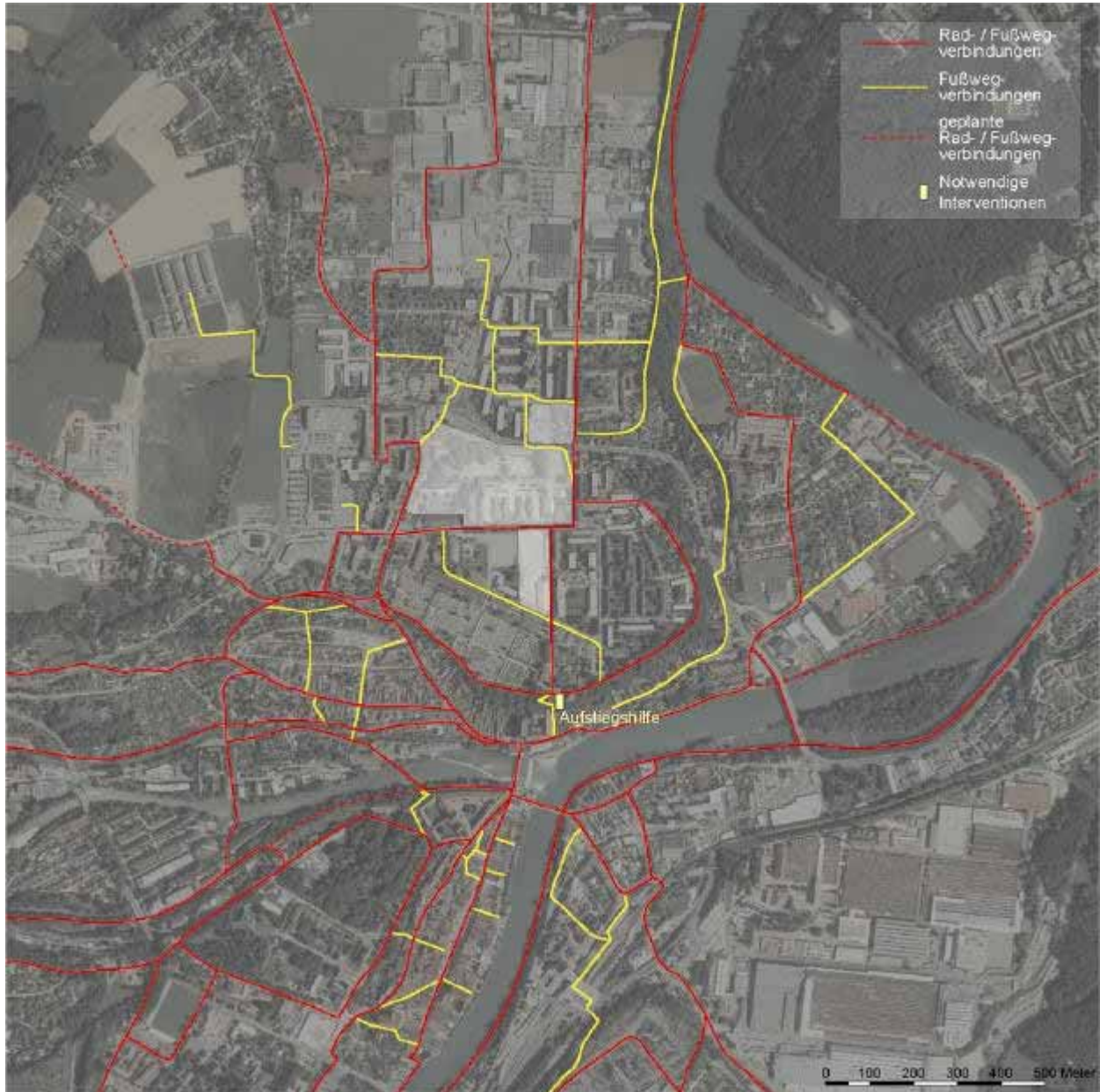


Abbildung 16: Rad und Fußverbindungen

Es sind zahlreiche Fußwege und Radverbindungen vorhanden. Eine Aufstiegshilfe im Süden zur Überwindung der Geländestufe ist geplant.

Echte Radwege mit eigenem Radfahrstreifen bzw. getrennt vom motorisierten Verkehr sind jedoch kaum vorhanden. Vor allem eine Nord-Süd-Verbindung mittels Rad- und Fußwegen durch das Kasernenareal ist von großer Wichtigkeit. Einerseits um die neue Sport- und Kulturhalle mit Ihrem Platz gut zu erschließen und andererseits damit die neuen geplanten öffentlichen Nutzungen im Planungsareal für möglichst viele Einwohner am Tabor fußläufig bzw. mit dem Fahrrad erreichbar sind.

#### 7.3.2.4. Einrichtungen

- Kindergärten
- Schulen
- Spielplätze
- Sporthallen
- Sportanlagen
- Pflegeheime
- Kirchen
- Lebensmittelgeschäfte
- Apotheken
- Entfernungen

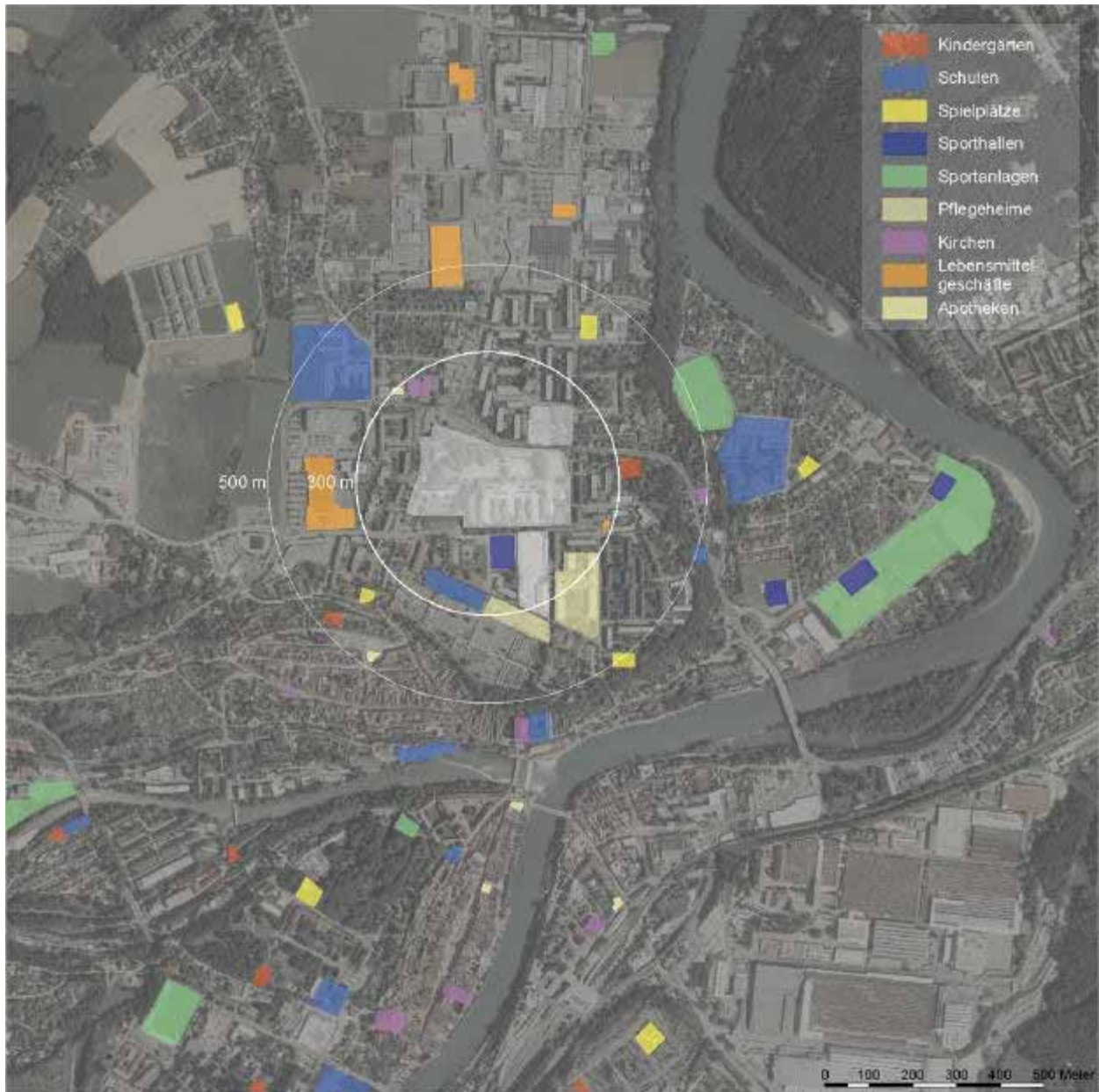


Abbildung 17: Einrichtungen

Am Tabor befinden sich eine Volks- und Hauptschule, eine Förderschule, ein Altenheim, ein Behindertenpflegeheim, eine Sporthalle, eine Kirche, eine Apotheke, einige Lebensmittelgeschäfte und 4 Spielplätze.

Jedoch sind nur ein Kindergarten und keine öffentlichen Plätze und Parks vorhanden. Ein weiterer Spielplatz und Sportanlagen im Zentrum sind ebenso notwendig.



Da es auf der gesamten Nordseite von Steyr kein Hotel gibt und ein Bettenbedarf besteht, ist die Planung eines Hotels mit angeschlossenem Restaurant eine sinnvolle Erweiterung des Nutzungsprogramms für das Kasernenareal.

### 7.3.3. Grün und Freiräume

- Wälder
- Parks
- Halböffentliche Grünflächen
- Private Grünflächen
- Friedhof
- Landwirtschaft
- Plätze
- Sportanlagen
- Spielplätze
- Alleen
- Notwendige Interventionen

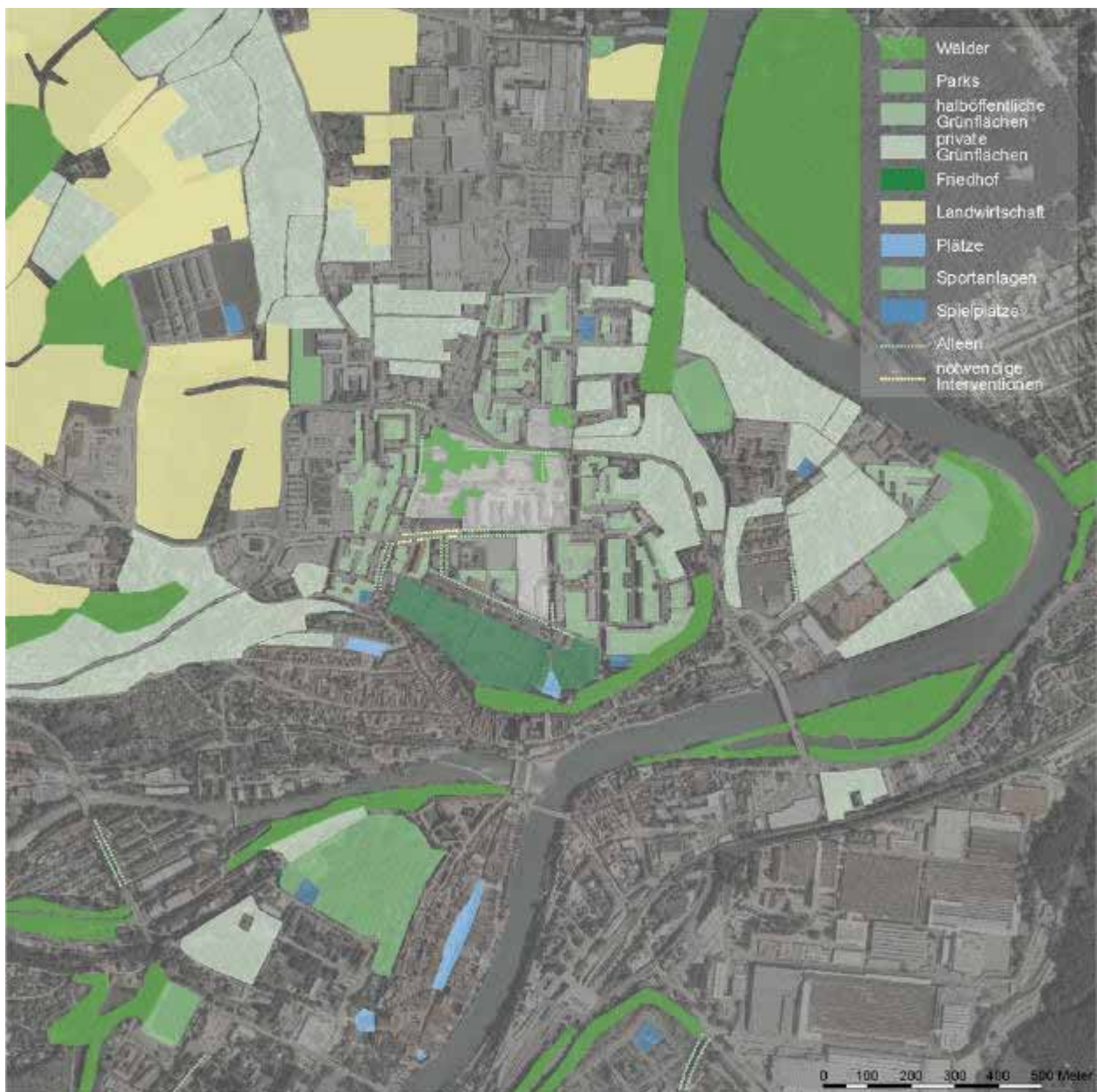


Abbildung 18: Grün und Freiräume

Am Tabor sind viele private und halböffentliche Grünflächen vorhanden. Große Qualität haben die Grünstreifen entlang der Geländeabbrüche zur Enns mit einem alten Baumbestand, welche den Stadtteil im Süden und Osten abgrenzen. Die linearen Baumstrukturen entlang der Kasernengasse, der Rooseveltstraße und der Industriestraße sind erhaltenswert und sollen vervollständigt werden.

Ein weiterer öffentlicher Spielplatz im Zentrum des Stadtteils erscheint notwendig. Öffentliche Grünflächen in Form von Parks fehlen am Tabor ebenso wie öffentliche Plätze.

### 7.3.4. Siedlungsmuster

- Größen
- Dichten
- Stellungen
- Ausrichtungen

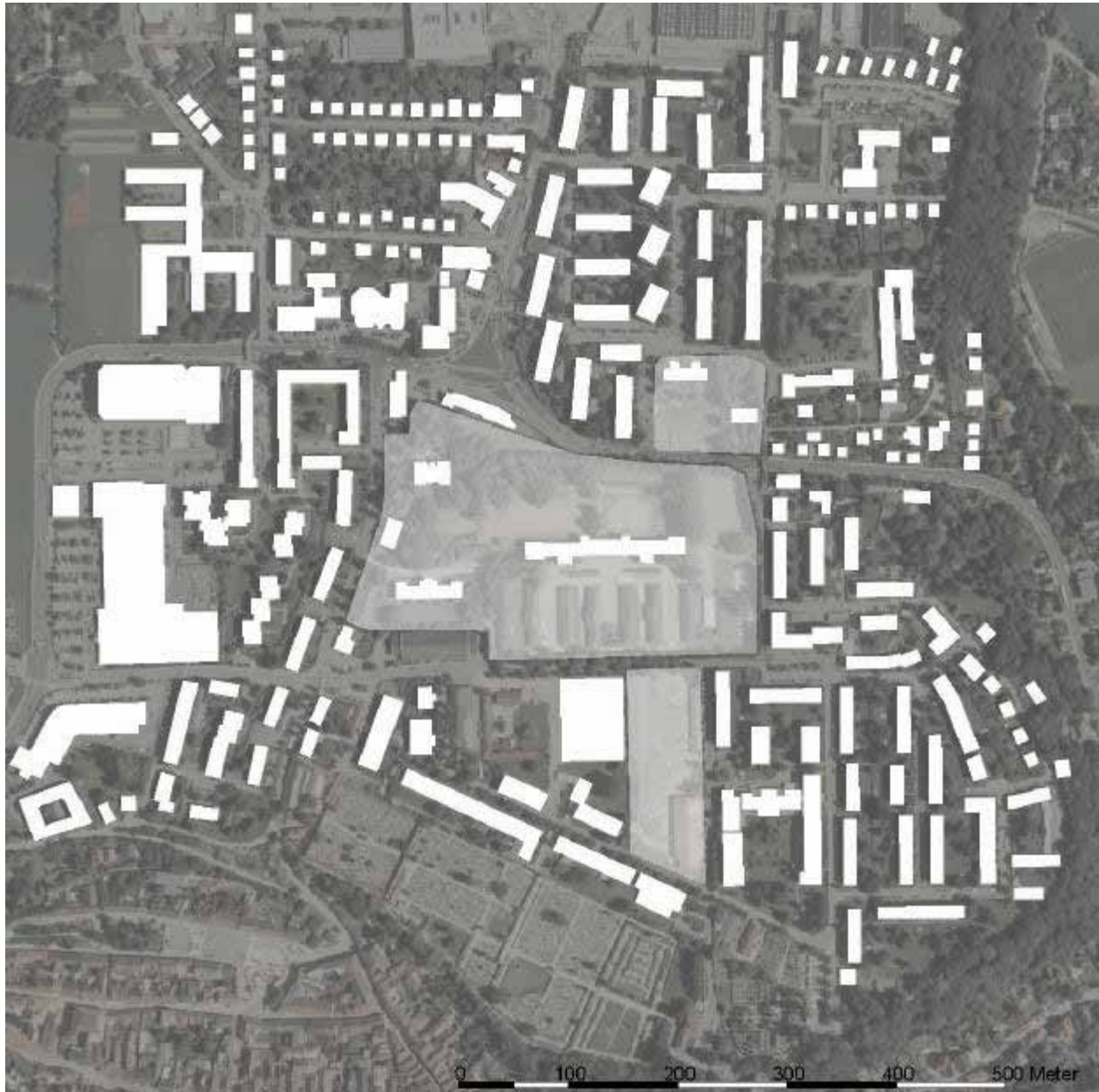


Abbildung 19: Siedlungsmuster

Im Nord- und im Ostteil vom Tabor finden sich hauptsächlich 4-geschossige längliche Wohnbauten in Nord-Süd- bzw. Ost-West-Orientierung aus den 60er und 70er Jahren. Weiters ist die lineare 3-geschossige Bebauung entlang der Rooseveltstr. mit dem U-förmigen Abschluss im Norden auffällig. Wesentlich sind auch die 3 markanten 8-geschossigen Punkthochhäuser im Nordteil, die aus der vorherrschenden Orthogonalität herausgedreht sind. Die punktförmigen Strukturen im Nordwesten, Nordosten und Osten sind Einfamilienhäuser. Den östlichen Abschluss des Areals bilden die großen Strukturen der Einkaufszentren bzw. der Volks- und Hauptschule Tabor im Nordwesten.

### 7.3.5. Potentialflächen

- Gewerbliche Potentialflächen
- Wohnnutzungspotentialflächen

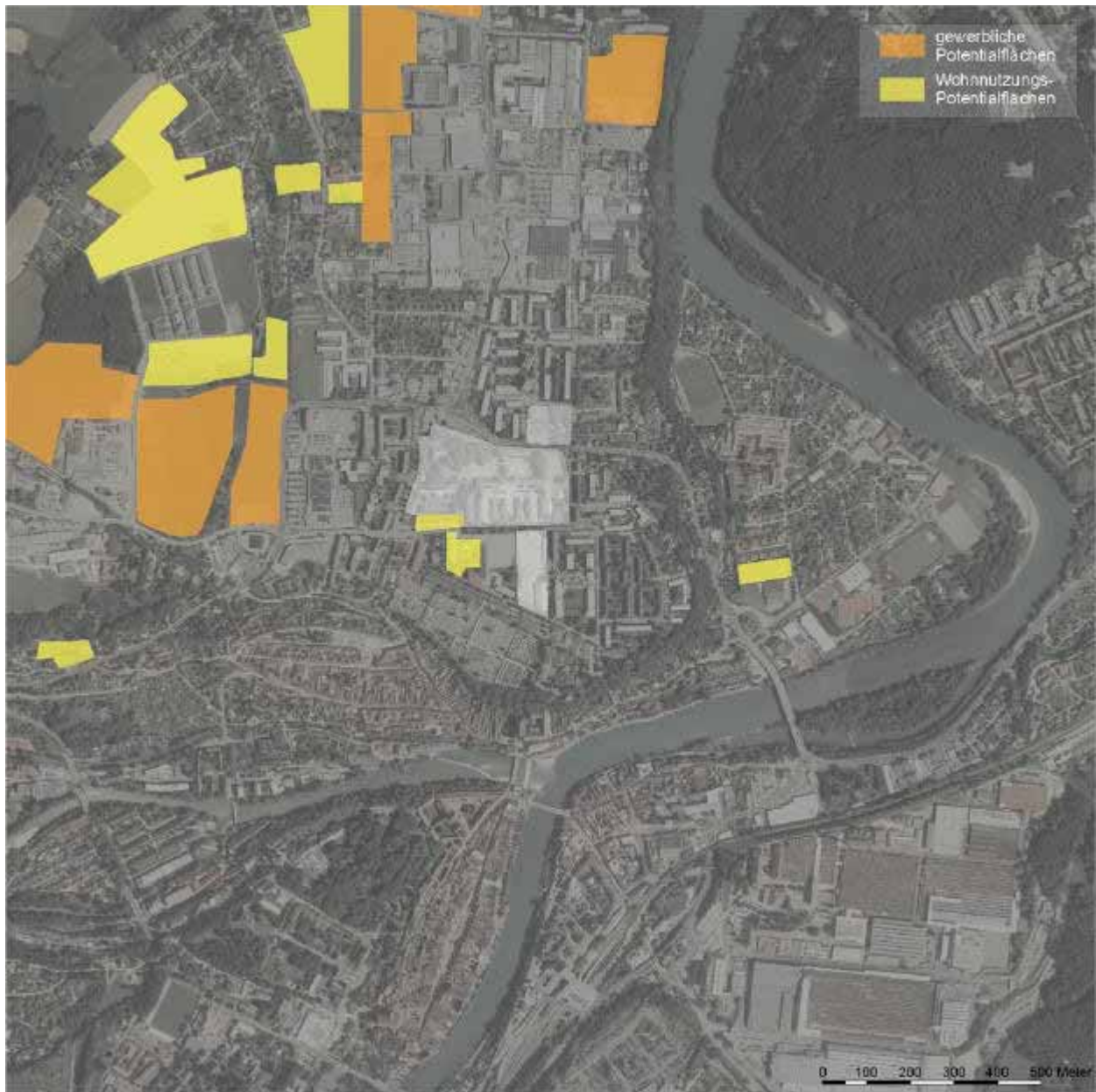


Abbildung 20: Potentialflächen

Abgesehen vom Kasernenareal finden sich am Tabor kaum mehr Potentialflächen. Nur im Osten und Nordosten können die bestehenden landwirtschaftlich genutzten Flächen einer gewerblichen bzw. im Norden - als Erweiterung der Knoglergründe - einer Wohnnutzung zugeführt werden. Die genannten Flächen befinden sich jedoch an den Randzonen des Stadtteils. Das Kasernenareal liegt genau im Zentrum vom Tabor und bietet sich als neues Stadtteilzentrum an. Hier können infrastrukturelle und städtebauliche Defizite ausgeglichen und neue Identifikationsmerkmale geschaffen werden.

Um urbane Qualitäten (Schule, Einkauf, Freizeit, Sport, usw.) zu erreichen bzw. zu verstärken, muss eine möglichst hohe Einwohnerdichte bei gleichzeitig angenehmen Wohnklima erreicht werden. Daher sollten Baulücken und Brachen aufgefüllt und verdichtet werden. Dies spricht für dafür, Wohnprojekte in Zentrumsnähe - wie es das Kasernenareal darstellt - und nicht an der Peripherie zu erreichen.

### 7.3.6. Ränder

- Topographische Ränder und Kanten
- Achsen
- Bauliche Kanten

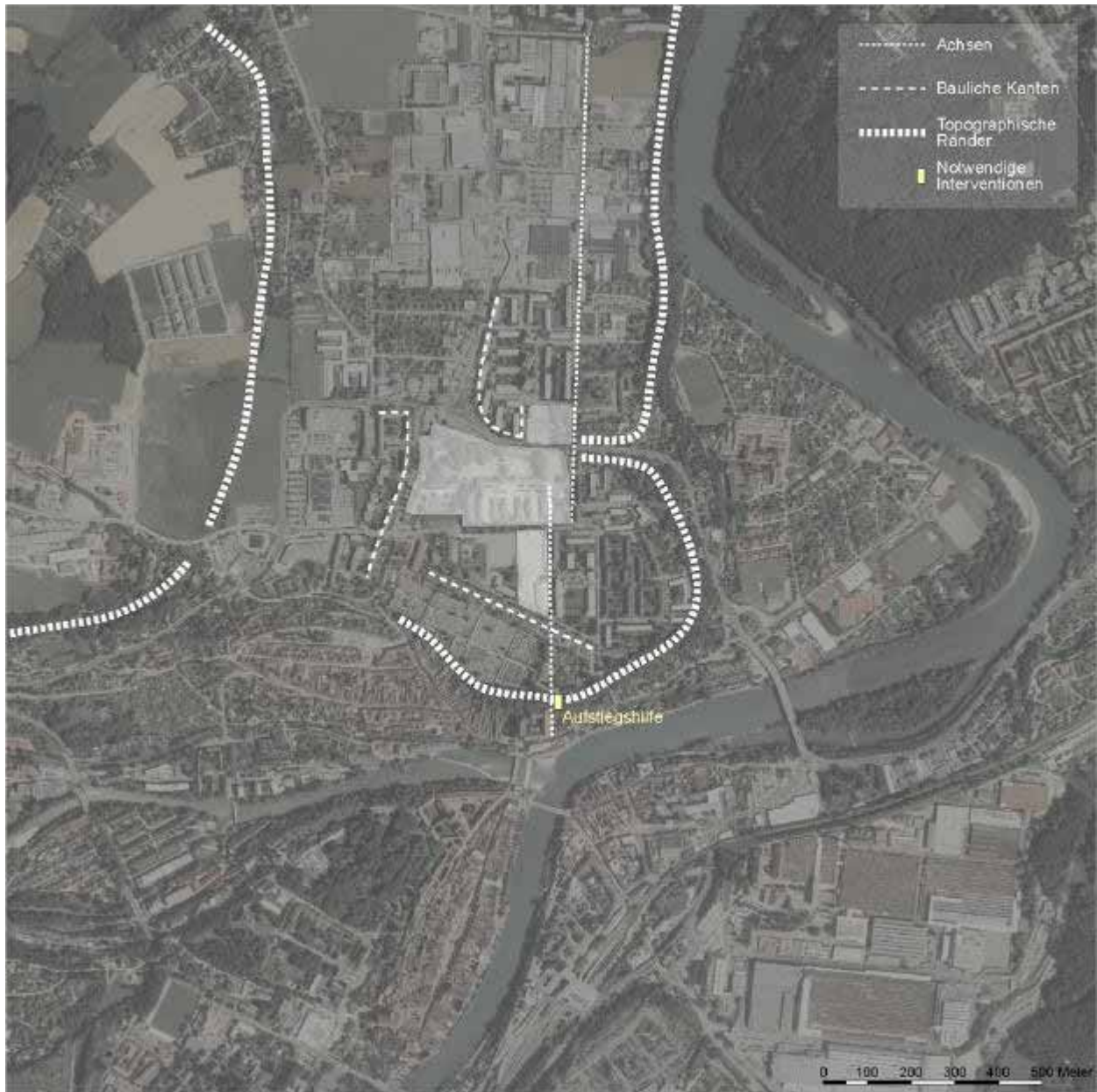


Abbildung 21: Ränder

Als topographische Ränder sind die Abbrüche zur Enns, die den Stadtteil nach Osten und Süden abschließen markant. Im Westen begrenzt eine weitere jedoch nicht so steil ausgeprägte Geländestufe den Tabor.

Es gibt 2 städtebauliche Achsen, die in Nord-Süd-Richtung verlaufen. Einerseits die Resthofstraße, die zurzeit ohne Abschluss nach der Fußgängerüberführung in der Posthofstraße endet und andererseits die Verbindung von der Taborstiege bzw. der geplanten Aufstiegshilfe zur Kasernengasse. Diese beiden Achsen bedürfen eines Umlenkpunktes im östlichen Bereich des Kasernengeländes. Dieser Umlenkpunkt soll in der Verkehrsführung bei der Neuplanung des Posthofknotens berücksichtigt und dementsprechend ausgebildet werden.

### 7.3.7. Verkehrsflächenplanung

- Größe des Taborkreisverkehrs
- Größe einer Unterföhrungslösung Posthofknoten
- Größe des Stadtplatzes
- Größe der Altstadt

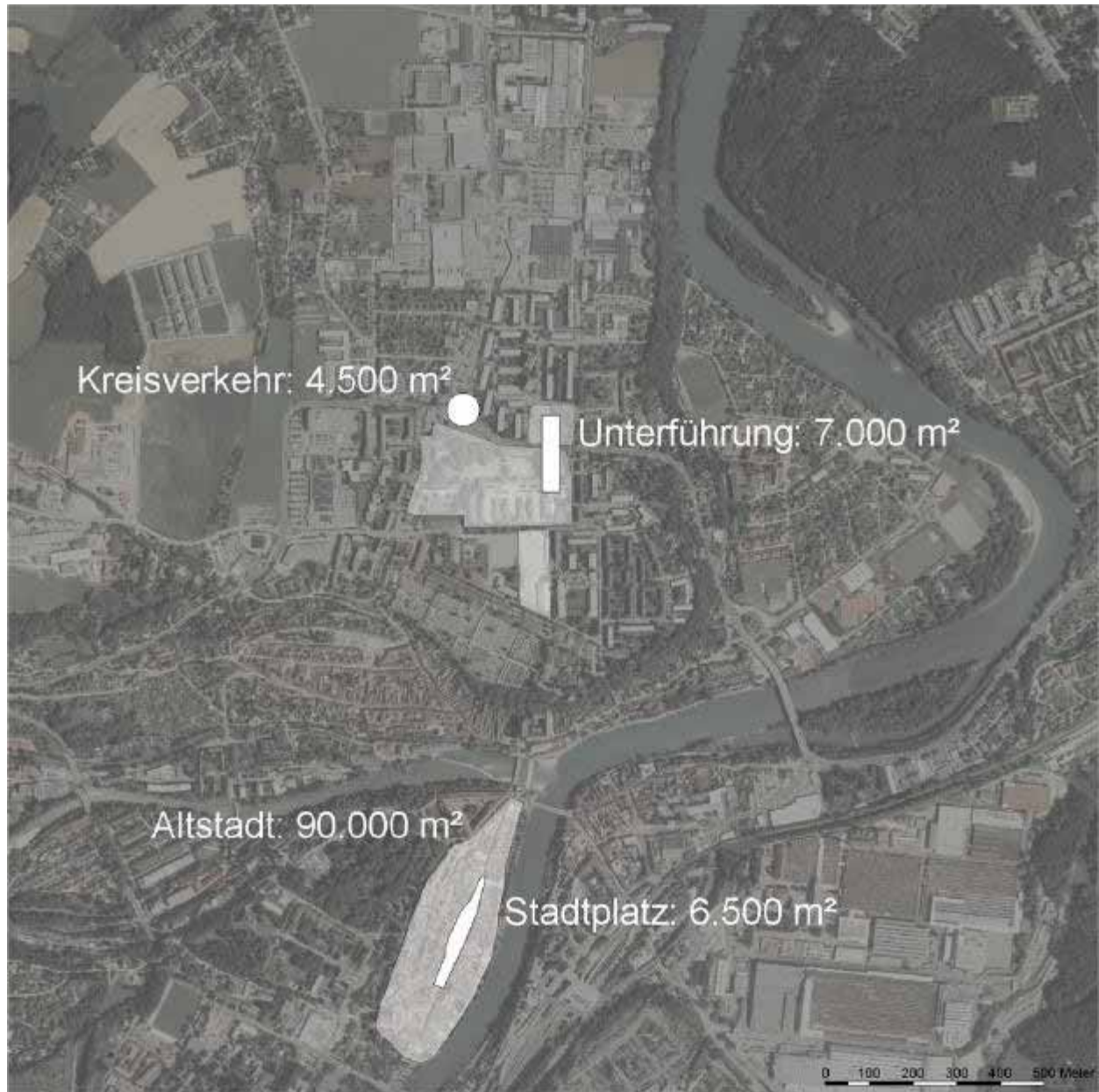


Abbildung 22: Verkehrsflächenplanung

Der Flächenverbrauch einer Unterföhrungslösung am Posthofknoten ist um einiges größer als jener des geplanten Kreisverkehrs am Tabor-knoten und entspricht ungefähr der Fläche des Stadtplatzes. Bei einer geplanten Bebauungsdichte von 1,4 könnten auf dieser Fläche Wohnungen für mehr als 300 Menschen geschaffen werden. Daher ist bei der Planung des Posthofknotens darauf zu achten die Restflächen entweder möglichst gering zu halten oder sie so auszubilden, dass eine sinnvolle Bebauung auf diesen Flächen möglich ist. Eine Überföhrungslösung ist wahrscheinlich auf Grund der bereits jetzt tiefer liegenden Blümelhuberstraße mit weniger Flächenverbrauch verbunden. Weiters ist die Möglichkeit zu untersuchen, ob die bestehenden Straßenzüge Puchstraße, Resthofstraße und Posthofstraße für die Ausbildung des neuen Posthofknotens genutzt werden können.

### 7.3.8. Verkehrsanbindung

- Posthofknoten  
(Blümelhuberstr. - Posthofstr.)
- Wolferner-Kreuzung  
(Seifentruhe – Kasernengasse)

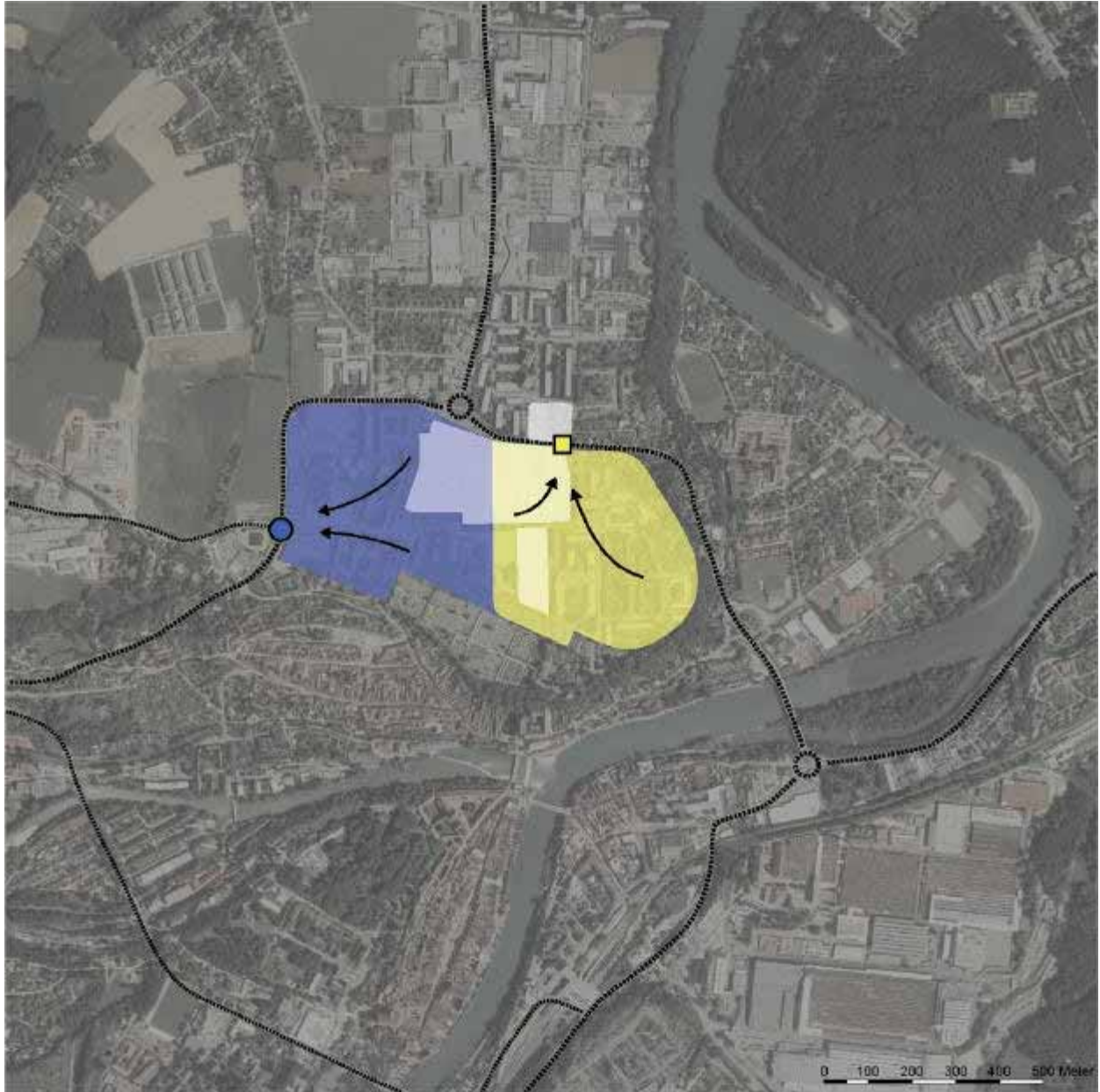


Abbildung 23: Verkehrsanbindung

Die Verkehrsanbindung des Stadtteils Tabor-Süd erfolgt derzeit über den Posthofknoten und die Wolfernerkreuzung, wobei der Posthofknoten von der Blümelhuberstraße aus nur für Rechtsabbieger zur Verfügung steht.

Das Verkehrsaufkommen des neuen Stadtteilzentrums sollte ebenso wie das kurzzeitig starke Verkehrsaufkommen der neuen Sporthalle möglichst über die Wolferner-Kreuzung versorgt werden. Es wäre daher günstig, die Wolferner-Kreuzung als Kreisverkehr auszubauen und den Posthofknoten als sekundäre Anbindung zu behandeln.



### 7.3.9. Defizite

- Nutzungen
- Einrichtungen
- Parks
- Plätze
- Identifikationsmerkmale

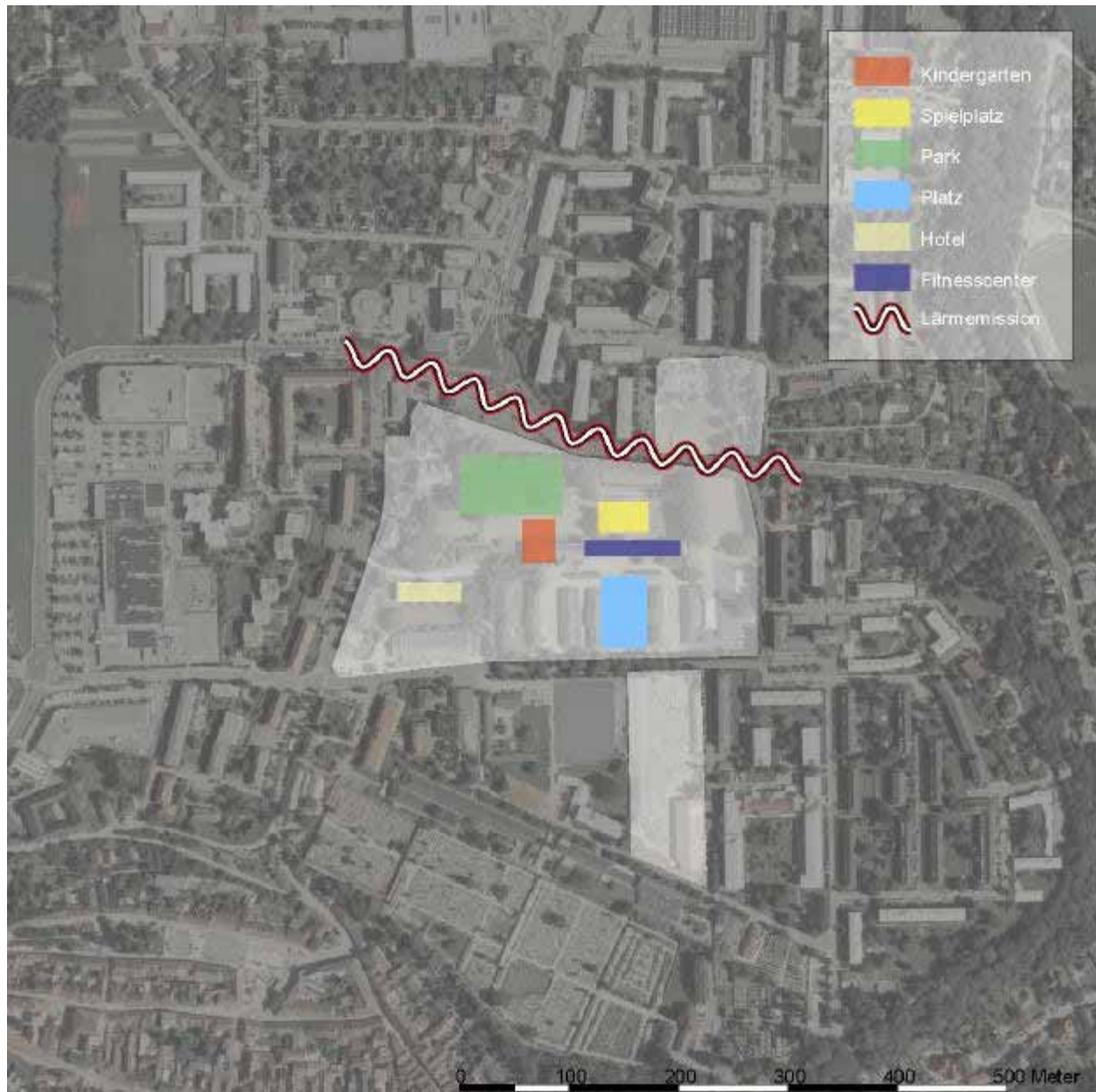


Abbildung 24: Defizite

Auf dem Areal der Trollmannkaserne können Nutzungsdefizite und städtebauliche Defizite ausgeglichen werden. Fehlende Parkanlagen öffentliche Plätze und Identifikationsmerkmale können im neuen Stadtteilzentrum des Tabors verwirklicht werden.

Als Parkanlage ist der große Baumbestand im Nordosten des Areals ausbaubar. Ein Kindergarten sowie ein öffentlicher Spielplatz sind bei einer geplanten Wohnnutzung auf jeden Fall notwendig. Als Sondernutzungen sind ein Fitnesscenter (derzeit 4 in Steyr) ein Hotel (derzeit 4 Stadthotels) sowie Gastronomie und Café denkbar. Alle Nutzungssituierungen auf dem Areal müssen in Verbindung mit der Lärmproblematik bzw. Lärmschutzmaßnahmen an der Blümelhuberstr. und des Taborknotens betrachtet werden.

## 7.3.10. Ist- Soll- Zustände

### 7.3.10.1. Grün-/Freiräume Bestand:

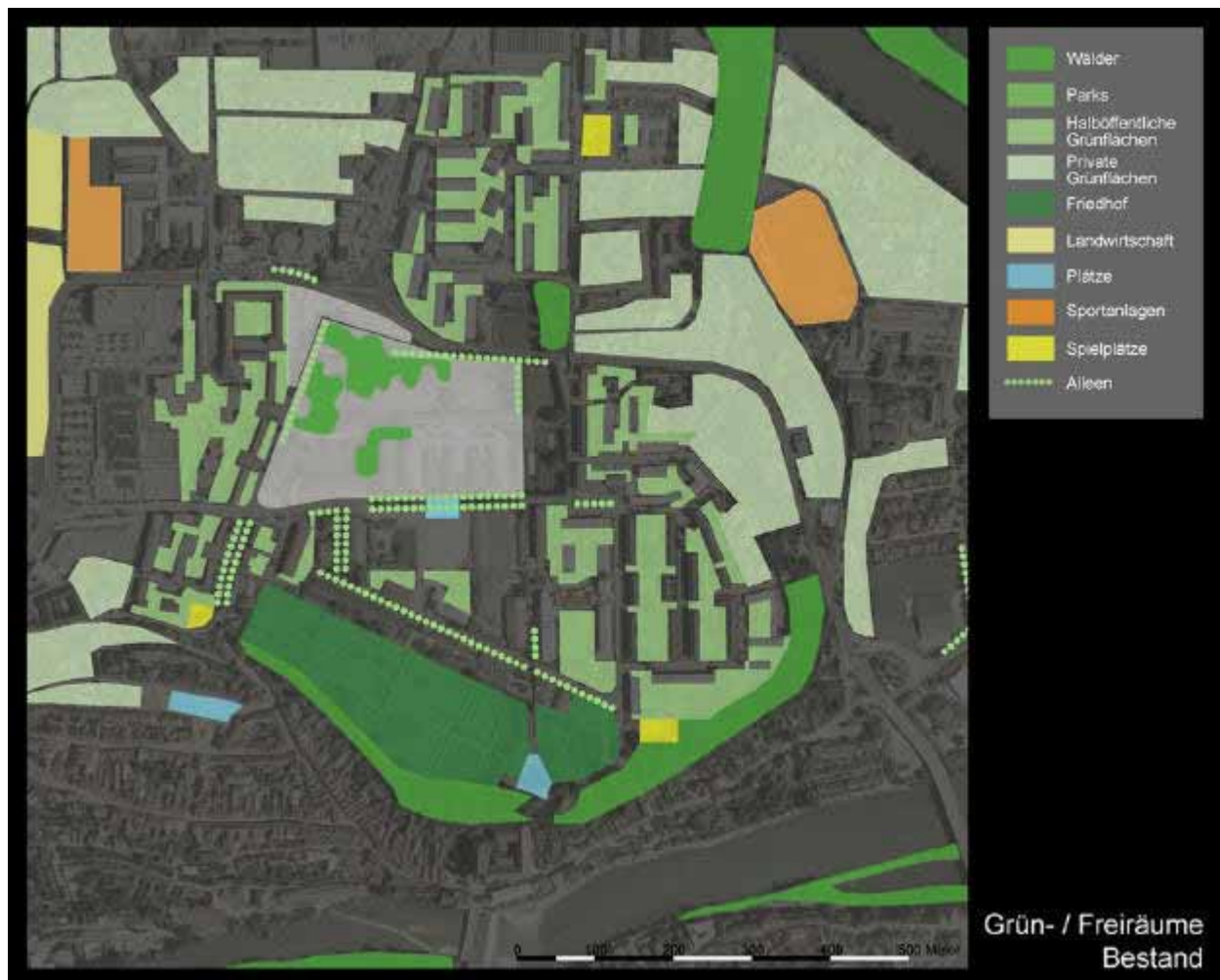


Abbildung 25: Grün-/Freiräume Bestand

Derzeit gibt es auf dem Gelände der ehemaligen Trollmannkaserne keine klare Grünraumstruktur. Nur die Ränder sind teilweise durch Baumreihen eingefasst. Der Baumbestand im Inneren des Areals liegt abgesehen von kleineren Baumgruppen vorwiegend im Nordwesten und ist in seiner Qualität einzigartig am Tabor.

Die vorhandenen Spielplätze liegen alle am Rand des Stadtteils. In der Nähe des Stadtteilzentrums sind keine öffentlichen Spielmöglichkeiten vorhanden.

Der Friedhofsvorplatz bei der Taborstiege ist durch Autoverkehr und Parkplätze in seiner Qualität beeinträchtigt. Der Platz bei der neuen Sport- u. Kulturhalle ist an der Nordseite noch nicht ausreichend definiert. Beide sind zugleich die einzigen Plätze am Tabor und bedürfen dringender einer Ergänzung durch weitere Plätze.

### 7.3.10.2. Grün-/Freiräume ergänzt:



Abbildung 26: Grün-/Freiräume ergänzt

Die Waldflächen im Nordosten des Areals sollen zum überwiegenden Teil erhalten bleiben und durch eine großzügige Parkfläche, die sich in Nord-Süd-Richtung erstreckt, ergänzt werden. In diesen neuen Park wird ein weiterer Spielplatz integriert und bietet eine Spielmöglichkeit in Stadtteilzentrumnähe. Der Vorplatz der Sport- u. Kulturhalle wird an der Nordseite ergänzt und städtebaulich gefasst, wobei die vorhandenen Alleebäume in den Platz integriert werden sollen. Auf der Nordwestklammer des Areals soll unter anderem ein neuer „Hauptplatz“ für das Stadtteilzentrum entstehen. Die Achse vom neuen Posthofknoten zur Taborstiege wird durch Baukörper bzw. lineare Baumstrukturen betont.

### 7.3.10.3. Infrastruktur Bestand:

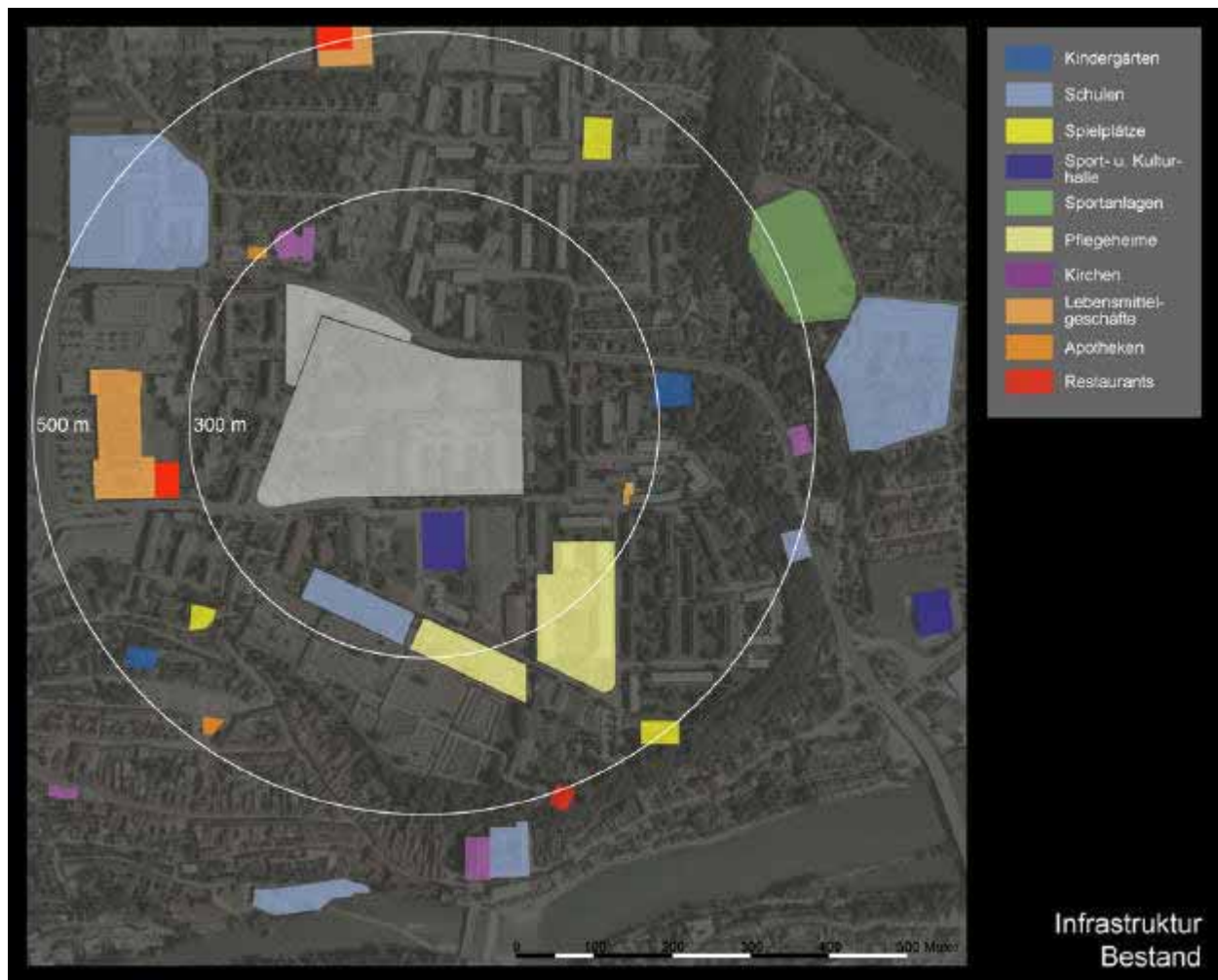


Abbildung 27: Infrastruktur Bestand

Am Tabor sind relativ viele Infrastruktureinrichtungen vorhanden. Dennoch gilt es einige Mängel durch das Nutzungskonzept der neuen Bebauung auf dem Kasernenareal auszugleichen, damit eine urbane Qualität erhalten bleibt bzw. in bestimmten Bereichen erst erreicht wird. Deutlich zu erkennen ist, dass die Infrastruktureinrichtungen relativ gleichmäßig über den Stadtteil verteilt sind. Für eine gewünschte Zentrumsbildung ist jedoch eine Konzentration von Nutzungen, die für die Allgemeinheit zugänglich sind, notwendig, um eine möglichst hohe Personenfrequenz und damit Belebtheit zu erreichen.

#### 7.3.10.4. Infrastruktur ergänzt:

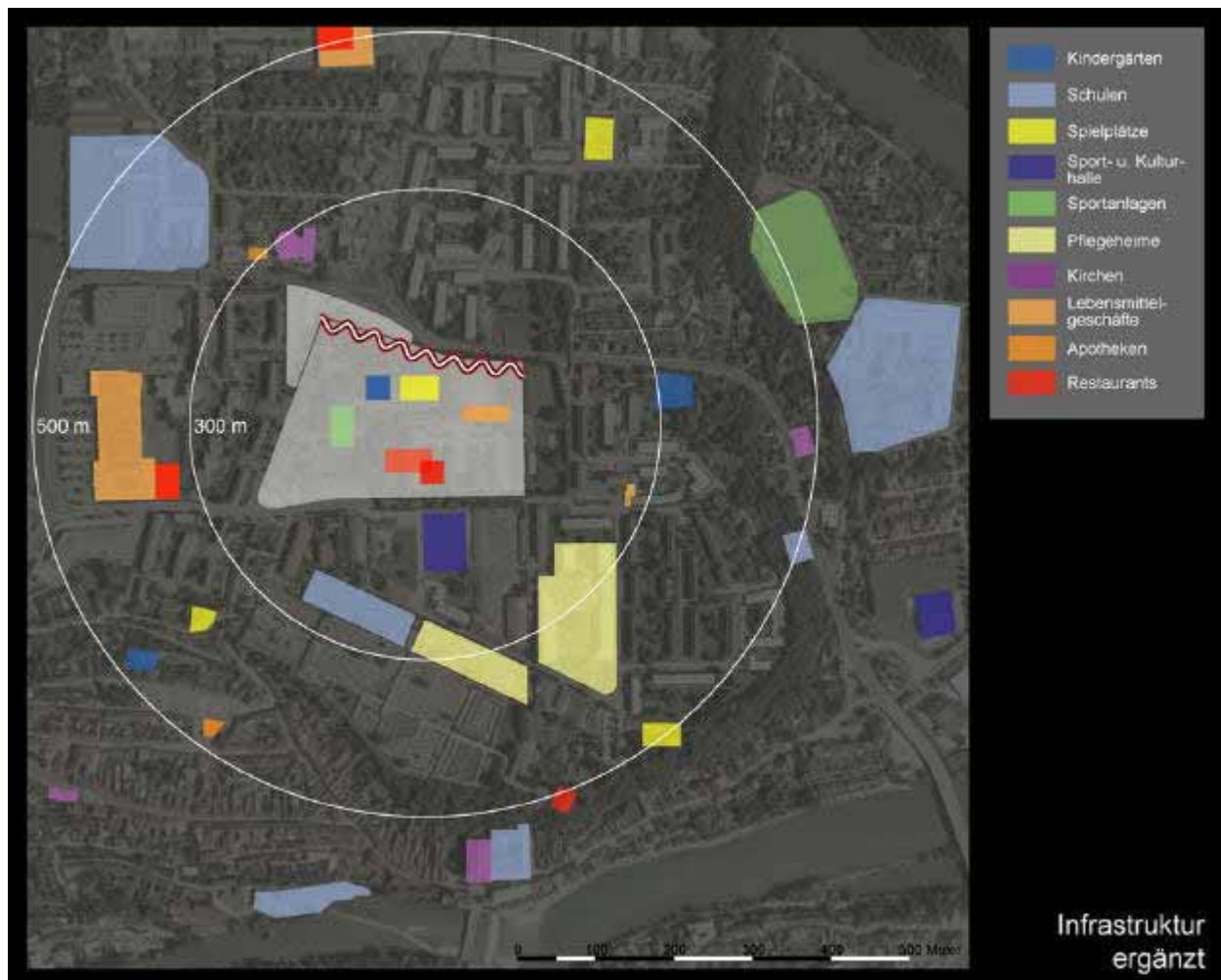


Abbildung 28: Infrastruktur ergänzt

Die neuen Nutzungen am Kasernengelände sollen die urbane Qualität des Stadtteils Tabor fördern und zu einer Zentrumsbildung führen. Dieses Zentrum kann nicht völlig neu und isoliert vom Bestand geschaffen werden, sondern soll vielmehr zusammen mit den bereits vorhandenen Einrichtungen und Geschäften entstehen.

Durch die unterschiedlichen Nutzungen und Bereiche, die auf dem Kasernenareal zur Verfügung stehen werden, entsteht ein abwechslungsreiches, belebtes Stadtquartier.

## 7.4. Entwicklungsschritte

### 7.4.1. Planungsareal und Bestand



Abbildung 29: Planungsareal

Grundlage für die ersten Entwürfe ist der Bestand, der auf dem Planungsareal vorgefunden wurde. Einerseits die großen Laubbäume und andererseits jene Gebäude, die für eine Nachnutzung erhalten bleiben und saniert werden sollen. Dies sind das ehemalige Offiziersgebäude im Westen, das große Mannschaftsgebäude im Osten und die beiden Wohngebäude im Nordwesten. Diese vier Gebäude stammen aus dem Ende des 19. Jh. und befinden sich in einem sehr guten Zustand. Sie sollen für neue Nutzungen (vorwiegend Wohnungen und Büros) adaptiert und saniert werden, wobei die thermische Sanierung eine wesentliche Rolle spielt.

Ziel ist es, die Bestandsgebäude in ein Bebauungskonzept einzubinden, damit sie zusammen mit den neu zu errichtenden Baukörpern städtebauliche Einheiten bilden.



Abbildung 30: Planungsareal

Als erster Schritt werden die äußere Form des Planungsareals und ein klammerförmiger Platz an der Nordwestecke festgelegt.

Der vom Verkehrsplanungsamt geplante Kreisverkehr für den Taborknoten wurde in die Planung integriert. Die neue Verkehrslösung für den Posthofknoten im Nordosten des Planungsareals wurde jedoch überarbeitet, sodass die Verkehrsrestflächen minimiert bzw. soweit vergrößert wurden, dass sie für eine Bebauung genutzt werden können. Abgesehen davon entsteht bei dieser Lösung ein städtebauliches Gelenk, welches die Achse der Resthofstraße im Norden mit der Achse der Posthofstraße im Süden (zur Taborstiege/Ausstiegshilfe) verbindet.



Abbildung 31: Posthofknoten

Der vom Verkehrsplanungsamt der Stadt Steyr vorgeschlagene neue Posthofknoten. Bestehenden Straßen werden nicht verwendet. Es entstehen große Restflächen, die nicht genutzt oder bebaut werden können.



## 7.4.2. Strukturierungsvarianten

Bebauungsfelder und notwendige Wegeführungen werden definiert, um das Areal zu strukturieren und zu ordnen. Maßgeblich dafür sind die Kanten und Linien, welche die großen Bestandsbaukörper vorgeben und das Bestreben, eine möglichst gute Durchlässigkeit für Fußgänger und Radfahrer vor allem in Nord-Südrichtung zu gewährleisten.

Mehrere Varianten werden erarbeitet, wobei jedoch zum Teil unzureichende städtebaulichen Definitionen erreicht werden, und teilweise Probleme mit der Bebaubarkeit der entstehenden Felder auftreten bzw. ergeben die Bebauungsversuche nur unbefriedigende Lösungen.

Bei fast allen Varianten ist die Idee eines Parks, der sich in Nord-Süd-Richtung erstreckt und im Norden direkt an die große Platzklammer grenzt, vorhanden.



Abbildung 32: Strukturierungsvariante



Abbildung 33: Strukturierungsvariante



Abbildung 34: Strukturierungsvariante



Abbildung 35: Strukturierungsvariante



Abbildung 36: Strukturierungsvariante



Abbildung 37: Strukturierungsvariante

Im Wesentlichen führen die Strukturierungsversuche zu zwei verschiedenen Varianten. Zum einen ist dies eine Gliederung des Areals in Nord-Süd gerichtete Streifen und zum anderen eine Gliederung in Ost-West-Streifen - überlagert mit einem Freiraumbereich, der sich von der nördlichen Platzklammer bis zum Südrand des Areals erstreckt.



Abbildung 38: Strukturierungsvariante

Bei der Nord-Süd-Variante, die auf Grund des Wunsches nach einer guten Nord-Süd-Durchlässigkeit am klarsten aussieht, treten jedoch Probleme mit der Bebauung auf.

Das bestehende lang gestreckte Gebäude müsste, damit die Streifenstruktur erhalten bleibt, in der Mitte geöffnet werden, wofür ein großer baulicher Eingriff nötig wäre. Außerdem durchschneiden die Baukörper die länglichen Felder und können kaum in eine städtebauliche Großform integriert werden.



Abbildung 39: Strukturierungsvariante

Die Ost-West-Variante verbindet die Vorteile der Durchlässigkeit in Nord-Südrichtung (Freiraum-Überlagerung) mit Feldern, die durch eine Bebauung klarer definiert werden können. Die bestehenden Baukörper besetzen die Bebauungsfelder in einer selbstverständlicheren Form. Die drei unterschiedlichen Farben der Bebauungstreifen könnten unterschiedliche Bebauungsdichten darstellen.

### 7.4.3. Städtebauliche Linien der Ost-West-Variante



Abbildung 40: Städtebauliche Linien

Das Areal ist zwischen den beiden Straßenzügen der Blümelhuberstraße im Norden und der Kasernengasse im Süden (rot) aufgespannt und mit einem Fuß- und Radwegenetz (gelb) überzogen. Weiß eingetragen sind nur die bestehenden Baumassen.

## 7.5. Nutzungsprogramm

### 7.5.1. Wohnen

Obwohl Steyr eine stagnierende Bevölkerungszahl aufweist und bis zum Jahr 2011 mit einer maximalen Einwohnerzunahme von nur 2.000 Personen rechnet, besteht ein Wohnraumbedarf. Begründet ist dieser Bedarf vorwiegend auf folgenden drei Punkten

#### 7.5.1.1. Anspruchswachstum

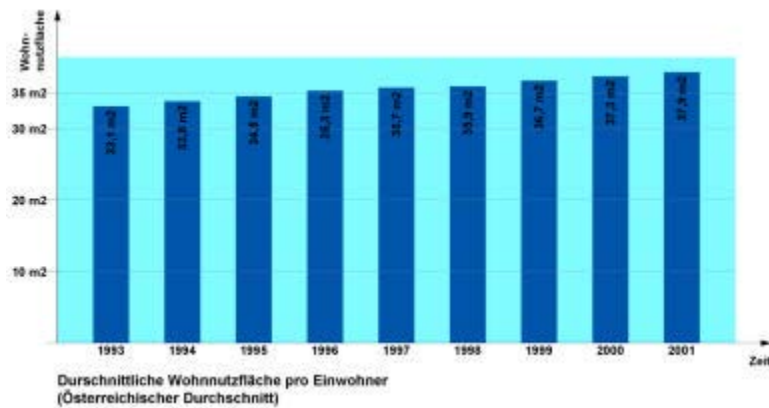


Tabelle 2: durchschnittliche Wohnnutzfläche

Also auf die Vermehrung der Wohnfläche pro Kopf. In einem Zeitraum von 8 Jahren ist eine Steigerung von 14,5% zu erkennen.

#### 7.5.1.2. Rückgang der Belegungsichte

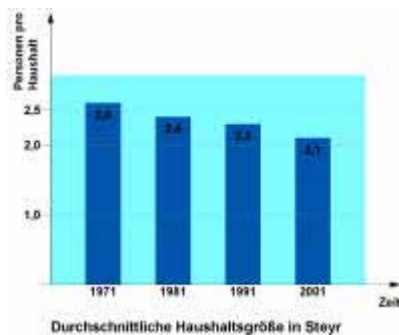


Tabelle 3: durchschnittliche Haushaltsgröße

Die durchschnittliche Haushaltsgröße hat sich 1991 bis 2001 von 2,3 Personen auf 2,1 Personen verringert. (- 8,7%)



### 7.5.1.3. Zunahme der Single-Haushalte

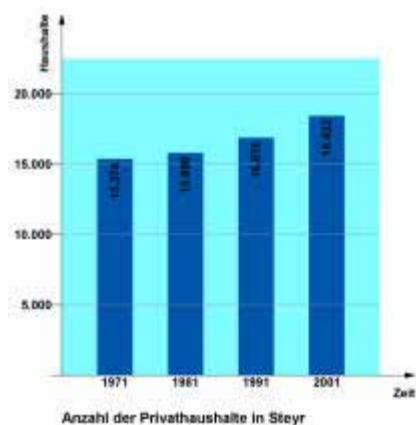


Tabelle 4: Anzahl der Privathaushalte

Die Zahl der Haushalte ist von 1991 bis 2001 bei etwa gleich bleibender Bevölkerungszahl von 16.876 auf 18.432 gestiegen. (+ 9,2%)

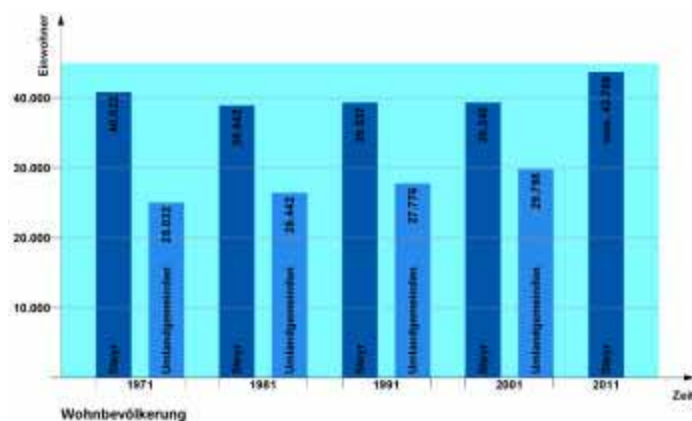


Tabelle 5: Wohnbevölkerung

Dem Problem Steyrs der gleich bleibenden Einwohnerzahl steht eine Steigerung der Einwohner in den Umlandgemeinden von 27.767 (1991) auf 29.798 (2001) gegenüber. (+ 7,3%)

Die Ursachen dafür sind hauptsächlich mit dem Wunsch vieler Menschen nach einem Einfamilienhaus mit Garten verbunden. Die Folgen für Steyr und das Umland sind

- hoher Energie- und Ressourcenverbrauch
- weite Wege (nur mit PKW zurückzulegen)
- Supermärkte auf der grünen Wiese
- Degeneration des Zentrums

Durch die Schaffung von attraktivem Wohnraum soll versucht werden, der Abwanderungstendenz entgegenzuwirken und eine Alternative zum Einfamilienhaus zu bieten. Dadurch könnte ein Teil der Bevölkerungszunahme der Umlandgemeinden in Steyr gehalten werden. Der neu zu schaffende Wohnraum soll in zentrumsnahen Gebieten entstehen damit eine so hohe Dichte erreicht wird, dass Stadtteilzentren getragen bzw. gestärkt werden. Um urbane Qualitäten (Schule, Einkauf, Freizeit, Sport, usw.) zu erreichen, muss ein solches Quartier mindestens 6.000 Einwohner haben. Bei dieser Einwohnerzahl ist die unterste Grenze der Tragfähigkeit für alle Dienste und Einrichtungen gegeben, die ein Stadtteilzentrum ausmachen. Wenn diese 6.000 Menschen in bequemer Fußgängerentfernung zu einem Quartierszentrum wohnen sollen, darf die Bruttobesiedlungsdichte von 100 oder minimal 75 Einwohnern pro ha nicht unterschritten werden, andernfalls steigt die Autobenutzung sehr stark an. Dieser Umstand führt zu einer geforderten Mindestdichte von 0,6 im gesamten Quartier. Daher sind die in Fußgängerentfernung zum vorhandenen oder künftigen Quartiersmittelpunkt und zum öffentlichen Verkehrsmittel gelegenen Wohngebiete aufzufüllen und zu verdichten. Der Stadtteil Tabor hat bereits jetzt die angesprochene Größe von über 6.000 Einwohnern. Das ehemalige Kasernenareal erfüllt auf Grund seiner zentralen Lage alle oben genannten Forderungen für ein Wohngebiet.

Nachdem alle Nutzungen, die im Quartierszentrum Tabor noch fehlen untergebracht sind, sollten alle Bereiche, die für Wohnnutzung geeignet sind auch als solche verwendet werden um eine möglichst hohe Einwohnerdichte zu erreichen.

### 7.5.2. Büros

Büronutzung bietet sich für jene Bereiche des Planungsareals an, welche eine für Wohnnutzung zu geringe Besonnungsdauer aufweisen bzw. am nördlichen Rand des Planungsareals wo eine Schallschutzabschirmung zur stark befahrenen Blümelhuberstraße notwendig ist. Sowohl die exponierte Lage zu dieser Hauptverkehrsstraße und zum neu entstehenden Posthofkonten, sowie die hervorragende verkehrstechnische Anbindung, kann für Bürofirmer eine wichtige Entscheidung bei der Standortwahl sein.

Für den gesamten Tabor sind Büros dringend notwendige Frequenzbringer für die Belebung der Gastronomie, der Geschäfte und nicht zu letzt für die Park- und Platzanlagen.

### 7.5.3. Geschäfte/Dienstleistungen

Geschäfte und Dienstleistungen sind nicht nur für die Versorgung der Bewohner des neu entstehenden Wohngebietes notwendig sondern sollen als Ergänzung zu den bestehenden Geschäften dienen und somit das Angebot am Tabor vervollständigen und verdichten.

### 7.5.4. Kindergarten

Nicht nur wegen der zusätzlichen Einwohner im geplanten Kasernenareal sondern auch auf Grund der in den letzten Jahren errichteten Wohnanlage Knoglergründe im Westen vom Tabor wird dringend ein neuer Kindergarten benötigt. Derzeit gibt es nur einen Kindergarten am Anfang des Blümelhuberbergs. Da der Stadtteil Tabor zurzeit schon ca. 6.000 Einwohner hat und viele Kinder in den verhältnismäßig weit entfernten Caritas-Kindergarten am Wieserfeldplatz (Stadtteil Steyrdorf) ausweichen müssen, ist spätestens beim Bau von zusätzlichen Wohnungen im Kasernenareal ein zweiter Kindergarten notwendig.

### 7.5.5. Hotel

Die Stadt Steyr strebt nicht die Errichtung eines Tagungszentrums an, sondern mehrerer solcher Einrichtungen, um dadurch allen Ansprüchen gerecht zu werden. Nicht zuletzt auf Grund der Errichtung der neuen Sport- und Kulturhalle in direkter Nachbarschaft zum ehemaligen Kasernenareal wurde das Angebot sehr gut geeigneter Räumlichkeiten verschiedener Größe für Tagungen und Kongresse erweitert.



Tabelle 6: Bettenbedarf in Steyr

Die Bestrebungen des Steyrer Tourismusverbandes gehen dahin, Kongresse bis zu einer Zahl von 700 bis 800 Teilnehmern ausrichten zu können und sie in Steyr zu institutionalisieren. Ein Problem stellt dabei jedoch die unzureichende Anzahl von knapp 600 Fremdenbetten dar. Daher bietet sich die Errichtung eines Hotels mit ca. 70-80 Betten an.

Im Planungsreal der ehemaligen Kaserne Steyr sind über den Bedarf an Betten hinaus noch folgende Standortfaktoren anzutreffen:

- Unmittelbare Nähe zur neuen Sport- und Kulturhalle
- Sehr gute Verkehrsanbindung
- Parkumgebung mit altem Baumbestand

- Einziges Hotel in der gesamten nördlichen Hälfte von Steyr

### **7.5.6. Restaurant**

In Verbindung mit einem Hotel besteht der Bedarf eines Restaurants am Tabor. Derzeit gibt es ein Selbstbedienungsrestaurant im Tabor-Einkaufszentrum ein Interspar-Restaurant, und als einziges Restaurant mit gehobenen Ambiente den Tabor-Turm an der Geländekante bei der Taborstiege bzw. der geplanten Aufstiegshilfe.

### **7.5.7. Platz**

Plätze sind für die Identifikation mit einem Stadtquartier von entscheidender Bedeutung. Sie dienen als Treffpunkt und Orientierungsmerkmal. Sie geben die Möglichkeit zu beobachten und gesehen zu werden. Restaurants und Cafés sollten so situiert werden, dass sie an einem Platz liegen.

Der neue Vorplatz der Sport- und Kulturhalle ist zusammen mit den integrierten Alleebäumen ein schöner Ausgangspunkt für die Schaffung eines für das Stadtquartiers bedeutenden Platzes. Im Norden muss er erst gefasst und für den Autoverkehr gesperrt werden.

### **7.5.8. Park/Spielplatz**

Es sind viele halböffentliche und private Grünflächen am Tabor vorhanden. Des Weiteren ist fast die gesamte Geländestufe zur Enns durch einen Grüngürtel eingefasst. Jedoch gibt es keinen öffentlichen Park. Als Ruhe- und Erholungszone ist eine großzügige öffentliche Grünfläche gerade als Ausgleich zum starken Verkehrsaufkommen am Taborknoten eine sehr wichtige Einrichtung. Zum Glück kann man auf dem Kasernengelände auf einen großen Baumbestand zurückgreifen, der in einen neu einzurichtenden Park integriert werden kann.

Ein Teil des Parks sollte als Spielplatz ausgebildet werden, um die drei bestehenden Spielplätze, die sich an den Rändern des Quartiers befinden durch einen zentral gelegenen zu ergänzen.

## 7.6. Bebauungsentwürfe

### 7.6.1. Version 1

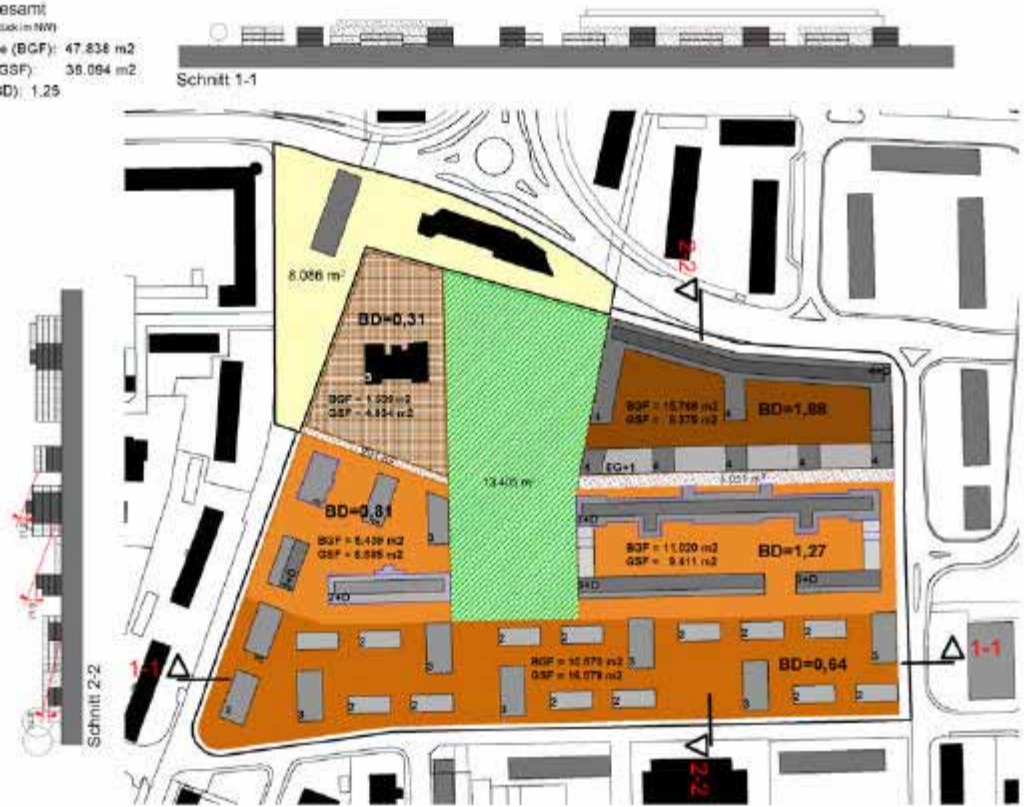


Abbildung 41: Bebauungsvariante 1

Den beiden bestehenden ehemaligen Militärgebäuden wird an Stelle des Satteldaches ein Dachgeschoss aufgesetzt.

Der südliche Streifen wird mit 4-geschossigen Nord-Süd-Zeilen (3+D) bebaut. Das große bestehende 3-geschossige Mannschaftsgebäude wird mit einer Baukörperzeile (2+D) und zwei 1-geschossigen Nebengebäuden zu einer Hofform geschlossen. Nördlich davon entsteht eine 2-geschossige Büro- und Geschäftszeile, auf die punktförmig Maisonettwohnungen aufgesetzt sind. Im Nordosten grenzt eine 5-geschossige Randbebauung (4+D) das Areal zur stark befahrenen Blümelhuberstraße ab. Auf dem klammerförmigen Platz im Nordwesten wird neben dem bestehenden Geschäftsgebäude ein Hochhaus errichtet, welches als vertikales Identifikationsmerkmal dient und als Bürogebäude oder Hotel genutzt werden kann.

Planungsareal gesamt  
 (ohne Platz Parks, Grundstück in NW)  
 Bruttogeschossfläche (BGF): 47.838 m<sup>2</sup>  
 Grundstücksfläche (GSF): 35.094 m<sup>2</sup>  
 Bebauungsdichte (BD): 1,25



14.09.2003

Abbildung 42: Dichteberechnung Bauungsvariante 1

## 7.6.2. Version 2

Planungsreal gesamt  
(ohne Platz Park u. Grundstücke NW)  
Bruttogeschossfläche (BGF): 43.706 m<sup>2</sup>  
Grundstücksfläche (GSF): 41.049 m<sup>2</sup>  
Bebauungsdichte (BD): 1,06



Abbildung 43: Bauungsvariante 2

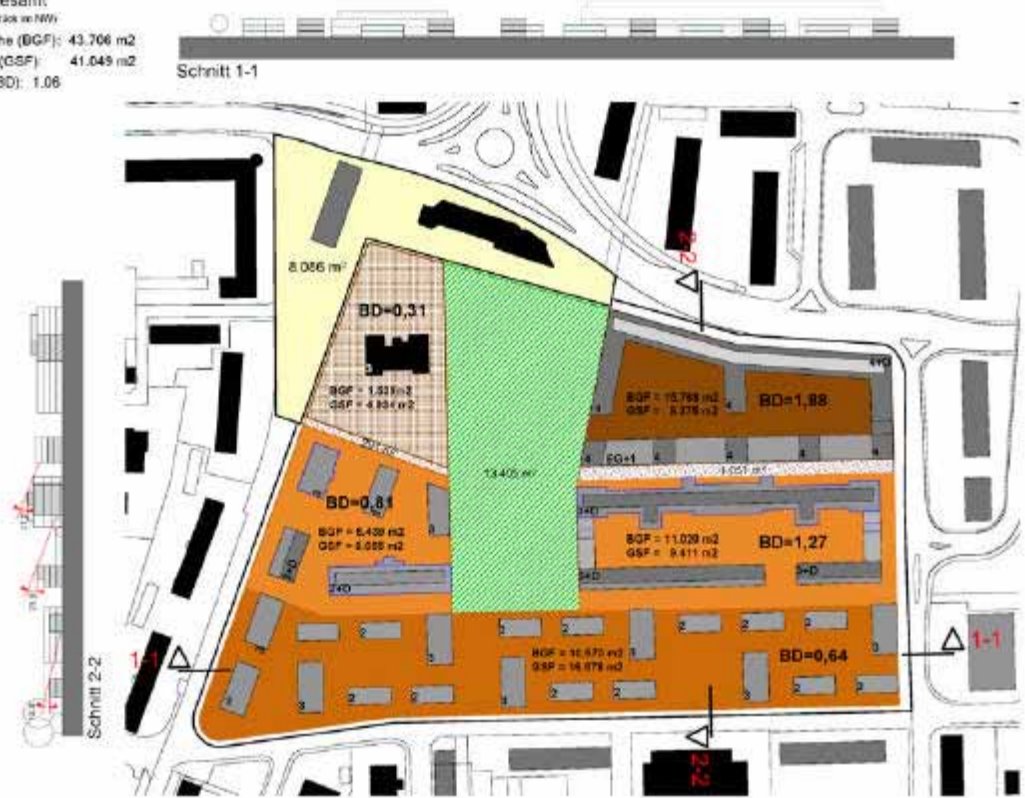
2-geschossige Doppelhäuser und 3-geschossige Reihenhäuser bilden die Bebauung des südlichen Streifens. Jede Wohnung verfügt über einen Gartenanteil. Auf einen durchgängigen Park wurde zu Gunsten einer größeren Fläche für diese Bauungsform des qualitativ hochwertigen Wohnens verzichtet.

An der Rooseveltstraße im Westen besetzen drei weitere Baukörper - den geometrischen Dimensionen des Bestandsgebäudes entsprechend - die Straßenfront.

Der südliche Riegel der mittleren Hofbebauung wird um ein Geschoss (3+D) gegenüber der vorangegangenen Variante erhöht. Die Bebauung im Nordosten ist unverändert geblieben.

Die Dichte ist im Vergleich zur Version 1 um 0,2 geringer.

Planungsareal gesamt  
 (ohne Platz Park u. Grundstück in NW)  
 Bruttogeschossfläche (BGF): 43.706 m<sup>2</sup>  
 Grundstücksfläche (GSF): 41.049 m<sup>2</sup>  
 Bebauungsdichte (BD): 1.06



14.09.2003

Abbildung 44: Dichteberechnung Bauvariante 2

### 7.6.3. Version 3

Planungsareal gesamt

Bruttogeschossfläche (BGF): 63.141 m<sup>2</sup>

Grundstücksfläche (GSF): 57.783 m<sup>2</sup>

Bebauungsdichte (BD): 1,09



Abbildung 45: Bebauungsvariante 3

Bei dieser Variante wird die Grundstruktur im südlichen Parkbereich abgeändert damit die beiden Hauptwegeverbindungen in Nord-Süd-Richtung direkt in die bestehenden Straßen im Süden (Industriestraße und Mozartstraße) einmünden.

Eine 4-geschossige Randbebauung (3+D) im Südstreifen wird durch 6-geschossige Punkthäuser ergänzt, die im mittleren Teil auch den Parkbereich besetzen. Die gleichen Punkthäuser finden sich auch im nordöstlichen Abschnitt wieder, wobei sie hier in eine 2-geschossige Bebauung integriert sind.

Eine relativ hohe Gesamtdichte von 1,09 wird unter Einbeziehung der gesamten Parkfläche erzielt.



**Kaserne Tabor**

Gesamt (ohne Platzkammer im NW):  
 Bruttogeschossfläche (BGF): 63.141 m<sup>2</sup>  
 Grundstücksfläche (GSF): 57.783 m<sup>2</sup>  
 Bebauungsdichte (BD): 1,09

Ohne NORDWEST:  
 BGF: 61.602 m<sup>2</sup>  
 GSF: 52.849 m<sup>2</sup>  
 BD: 1,17

Ohne Park u.  
 öffentl. Verkehrsfl.:  
 BGF: 63.141 m<sup>2</sup>  
 GSF: 45.276 m<sup>2</sup>  
 BD: 1,39

Ohne Park,  
 öffentl. Verkehrsfl. u.  
 NORDWEST  
 BGF: 61.602 m<sup>2</sup>  
 GSF: 40.336 m<sup>2</sup>  
 BD: 1,53



01.10.2003

## 7.6.4. Version 4

Planungsareal gesamt

Bruttogeschossfläche (BGF): 49.457 m<sup>2</sup>  
Grundstücksfläche (GSF): 57.783 m<sup>2</sup>  
Bebauungsdichte (BD): 0,86



Abbildung 46: Bebauungsvariante 4

Die Änderungen der Grundstruktur der vorangegangenen Variante (Version 3) werden auf nur einen Knick in der Nord-Süd-Erschließung reduziert. Die bereits erprobte Doppel- und Reihenhausbebauung im Südstreifen wird in etwas veränderter Form wieder verwendet, sodass die vollständige Nord-Süd-Durchgängigkeit gewährleistet ist.

Der mittlere Bebauungsstreifen wird am Westende durch eine Gebäudeklammer gefasst und der Hof im Osten und im Nordosten zum Park hin geöffnet. Der Knick in der Nordrandbebauung ist einem geraden Riegel gewichen. Dieser bildet zusammen mit dem Hochhaus, das weiter nach Westen verschoben wurde, eine städtebauliche Großform.

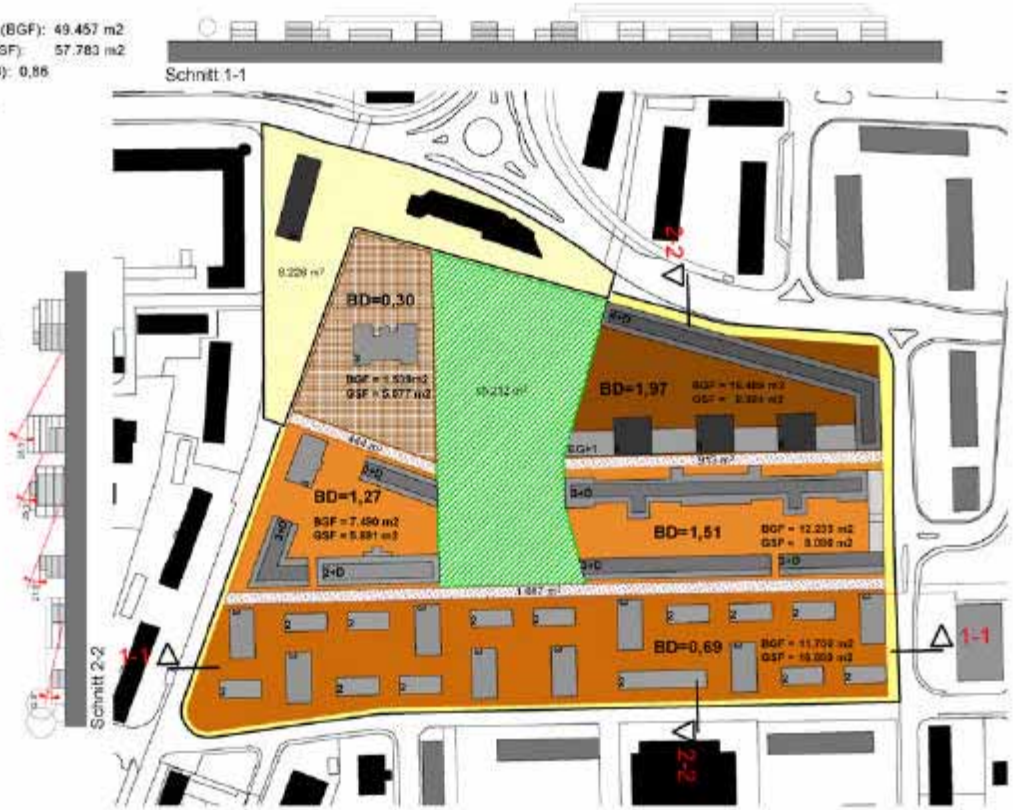
Kaserne Tabor

Bruttogeschossfläche (BGF): 49.457 m<sup>2</sup>  
 Grundstücksfläche (GSF): 57.783 m<sup>2</sup>  
 Bebauungsdichte (BD): 0,86

Ohne NORDWEST:  
 BGF: 47.918 m<sup>2</sup>  
 GSF: 52.706 m<sup>2</sup>  
 BD: 0,91 m<sup>2</sup>

Ohne Park u.  
 öffentl. Verkehrsfl.:  
 BGF: 49.457 m<sup>2</sup>  
 GSF: 44.327 m<sup>2</sup>  
 BD: 1,12 m<sup>2</sup>

Ohne Park,  
 öffentl. Verkehrsfl. u.  
 NORDWEST  
 BGF: 47.918 m<sup>2</sup>  
 GSF: 39.256 m<sup>2</sup>  
 BD: 1,22 m<sup>2</sup>



12.10.2003

Abbildung 47: Dichteberechnung Bauungsvariante 4

## 7.6.5. Version 5



Abbildung 48: Bebauungsvariante 5

Die Grundstruktur wird nochmals begradigt. Die ursprüngliche Idee eines Parks, der sich vom nördlichen Platz bis zum Südrand des Areals erstreckt, wird wieder aufgenommen.

Der Riegel an der Nordgrenze wird westlich des Parks fortgesetzt. Auch der südliche Rand des nördlichsten Bebauungsstreifens wird vollständig besetzt und nur durch den Park unterbrochen. Die bestehende Stadtvilla im Nordwesten erhält östlich des Parks ein Pendant.

Beim mittleren Streifen wird am Westrand das Bestandsgebäude ausgeklammert und kommt frei auf einem Platz zu stehen.

Auch im südlich Bebauungsstreifen bleibt der Parkbereich unbebaut. Der Vorplatz der neuen Sport- und Kulturhalle wird durch ein Eckgebäude, das Geschäften und Gastronomie vorbehalten bleiben soll, städtebaulich eingefasst.

**Kaserne Tabor**

Gesamt (ohne Platzklammer im NW):  
 Bruttogeschossfläche (BGF): 53.948 m<sup>2</sup>  
 Grundstücksfläche (GSF): 57.782 m<sup>2</sup>  
 Bebauungsdichte (BD): 0,93

**Ohne öffentl. Verkehrsfl.**

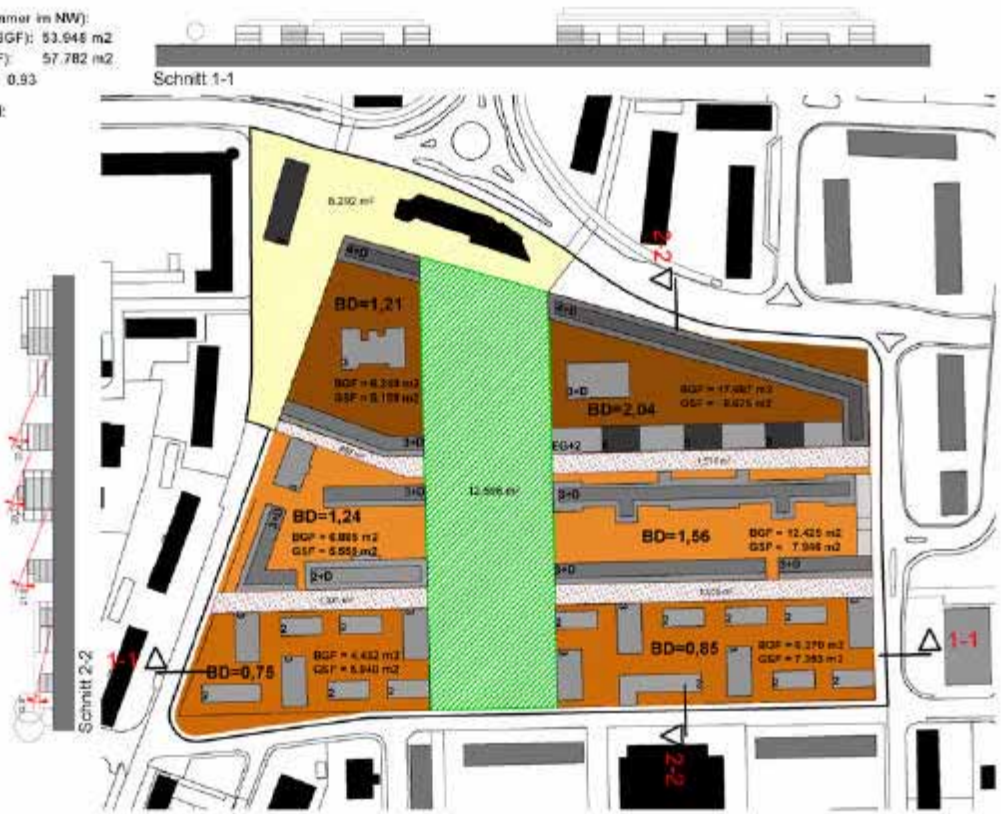
BGF: 53.948 m<sup>2</sup>  
 GSF: 53.232 m<sup>2</sup>  
 BD: 1,01

**Ohne Park:**

BGF: 53.948 m<sup>2</sup>  
 GSF: 45.106 m<sup>2</sup>  
 BD: 1,19

**Ohne Park u.  
öffentl. Verkehrsfl.:**

BGF: 53.948 m<sup>2</sup>  
 GSF: 40.636 m<sup>2</sup>  
 BD: 1,33



20.10.2003

Abbildung 49: Dichteberechnung Bauungsvariante 5

## **7.7. Nachnutzungskonzept Kasernengelände Steyr**

### **7.7.1. Lageplan**

Ein frei auf einem Platz stehendes, 12-geschossiges Hochhaus übernimmt im Nordosten die Funktion eines städtebaulichen Identifikationsmerkmals. Es markiert schon von weitem sichtbar das im Zentrum des Stadtteils Tabor.

Im Norden-Osten schirmt eine 6-geschossige Randbebauung (5+D) für Büros und Wohnungen das Planungsgebiet zur stark befahrenen Blümelhuberstraße hin ab und bildet mit der südlicheren 4-geschossigen Gebäudezeile eine klammerartige Hofform. Diese Gebäudezeile beinhaltet Geschäfte, Dienstleistungen und im obersten Geschoss Wohnungen.

Gegenüber der Geschäftszeile - im ehemaligen Mannschaftsgebäude - befindet sich ein Alten- und Pflegeheim sowie ein Kindergarten im westlichen Erdgeschoss.

Alle anderen Baukörper, die den mittleren Bebauungsstreifen besetzen, sind vorwiegend der Wohnnutzung vorbehalten.

Die beiden ehemaligen Dienstwohnungsgebäude im Westen sind für Büros vorgesehen.

Im Süden bilden 2-geschossige Doppelhäuser und 3-geschossige Reihenhäuser ein Bebauungsmuster, das im Inneren des Bebauungsstreifens kleine halböffentliche Plätze freilässt. Jede Wohneinheit verfügt über einen eigenen Garten, wobei die Nordgärten keineswegs ein Nachteil sind, da im Sommer die Sonne so hoch steht, dass gerade ein Platz in der Größe einer Terrasse vom Haus beschattet wird.

Gegenüber der neuen Stadthalle gibt es einen Freibereich der als Vorplatzes der Stadthalle dient.

### **7.7.2. Schnitte**

Um eine günstige Besonnung zu gewährleisten, nimmt die Geschossanzahl von Norden nach Süden ab. In Ost-West-Richtung hingegen beträgt der Unterschied zwischen zwei benachbarten Baukörpern maximal einen Geschoss.

Der südliche Parkplatz befindet sich in der Erdgeschosszone des 4-geschossigen Wohnbaus und ist um 75 cm abgesenkt. Alle Tiefgaragen sind nur 1-geschossig ausgeführt.

### **7.7.3. Verkehrsführung**

Für den motorisierten Individualverkehr (MIV) gibt es keine Straßen, die durch das Planungsgebiet führen. Die Zufahrten für die Erschließungen befinden sich an dessen östlichen und westlichen Rand. Die Rooseveltstraße, die das Areal nach Westen begrenzt, wird nicht mehr bis zur Bundesstraße weitergeführt, sondern endet vor der Platzklammer im Nordwesten. Nur das Zufahren zum Hotel ist möglich.

Auch die Kasernstraße im Süden wird für den MIV im Bereich der neuen Stadthalle unterbrochen, um deren Vorplatz frei von störendem PKW-Verkehr zu halten.

### **7.7.4. Ruhender Verkehr**

Es gibt 4 eingeschossige Tiefgaragen mit einer Gesamtkapazität von 364 Stellplätzen. Weiters ist ein großer Parkplatz unter dem lang gestreckten Geschossbau im Süd-Osten mit 95 Stellplätzen vorhanden. Dieser Parkplatz ist um 75 cm gegenüber dem Straßenniveau abgesenkt. Jedes Doppelhaus im südlichen Bebauungsstreifen verfügt über einen Carport mit jeweils einem Stellplatz.

Für die insgesamt 284 Wohneinheiten wird ein Stellplatz-Multifikationsfaktor von 1,2 angewendet. Der sich daraus ergebende Stellplatzbedarf von 341 Parkplätzen wird von den oben angeführten Kapazitäten leicht abgedeckt. Die restlichen 119 Tiefgaragenplätze stehen für die anderen Nutzungen zur Verfügung.

In der Geschäftsstraße im Nord-Osten sind 56 und am westlichen Rand des Planungsgebietes weitere 44 oberirdische Parkplätze vorhanden.

### **7.7.5. Grün- und Freiraum**

Das Grünraumkonzept greift auf die ursprüngliche Strukturierung des Areals in Ost-West gerichtete Streifen zurück.

Der nördliche Streifen, der den größten Anteil des alten Laubbaumbestands aufweist, wird als Park ausgebildet. Eine gute Zugänglichkeit ist durch den direkt angrenzenden Platz im Nordwesten gegeben, und die Bewohner des Stadtteils Tabor erhalten einen zentral gelegenen öffentlichen Grünerholungsraum.

Der mittlere Streifen thematisiert vorwiegend die Blumenwiese, wie sie auch in den Umlandgemeinden anzutreffen ist. Viele verschiedene Blumen und Kräuter sollen auf ihr zu finden sein. Dadurch wird auch der Artenreichtum der Insekten und Kleinsäugetiere angeregt.

Der südliche Streifen soll mit Obstbäumen bepflanzt werden. Auch hier ist der regionale Bezug zum Umland gegeben, da Steyr direkt an das niederösterreichische Mostviertel grenzt und Reihen von Apfel- und Birnbäumen das Landschaftsbild rund um Steyr wesentlich prägen.

# Nachnutzungskonzept Kasernengelände Steyr



Abbildung 50: Nachnutzungskonzept Kasernengelände Steyr



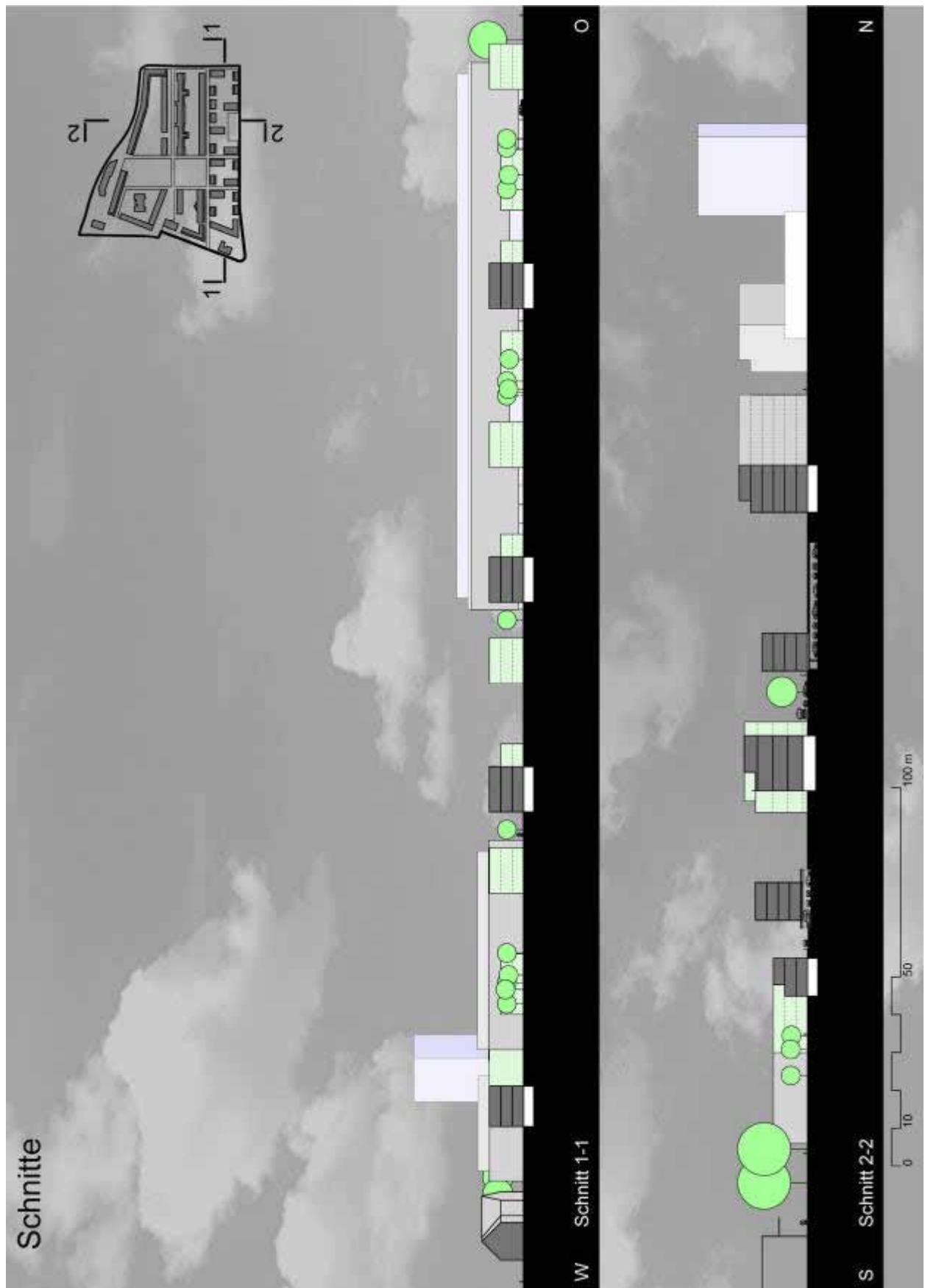


Abbildung 51: Schnitte Kasernengelände Steyr

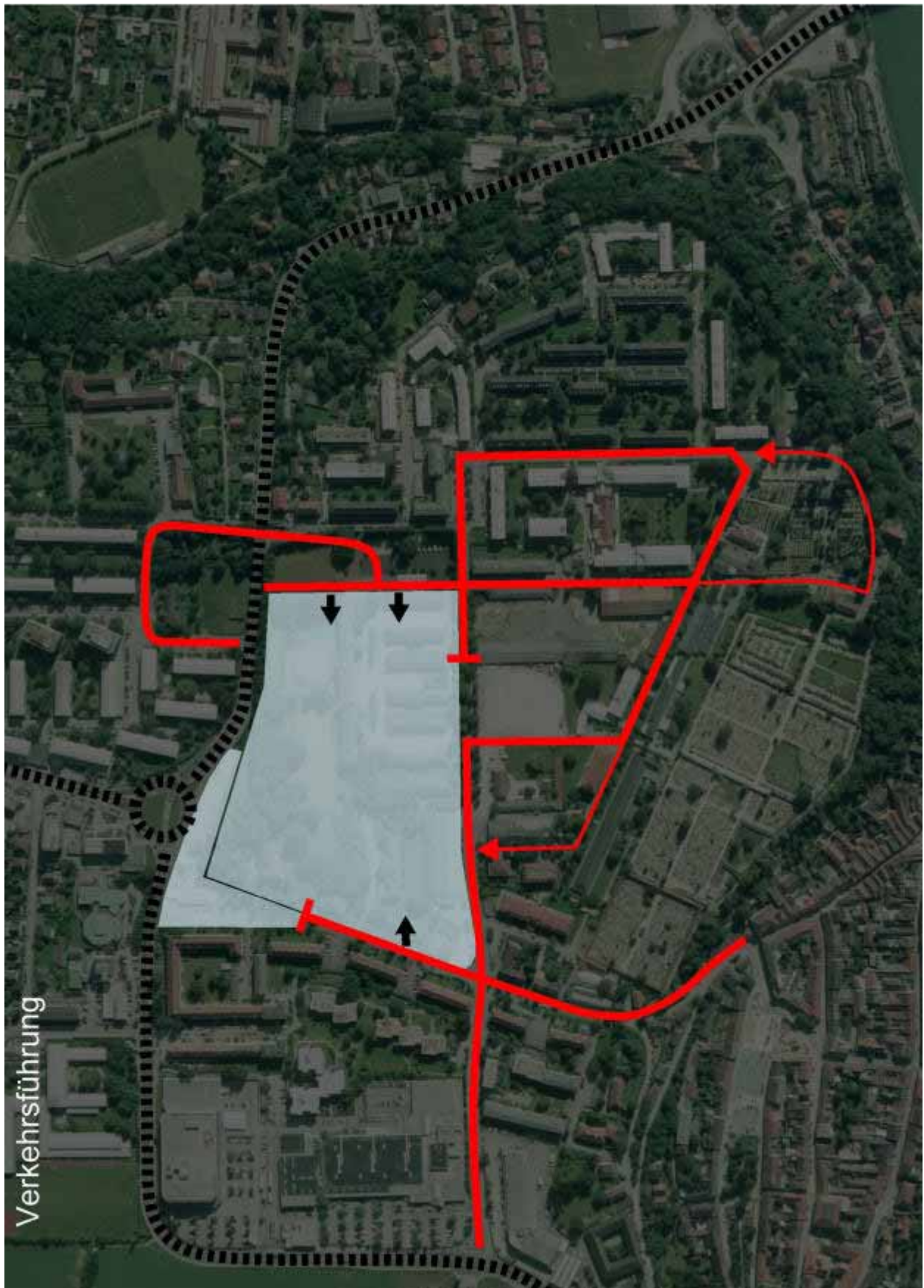


Abbildung 52: Verkehrsführung Kasernengelände Steyr

# Ruhender Verkehr



Abbildung 53: Ruhender Verkehr Kasernengelände Steyr



Abbildung 54: Nutzflächen Kasernengelände Steyr

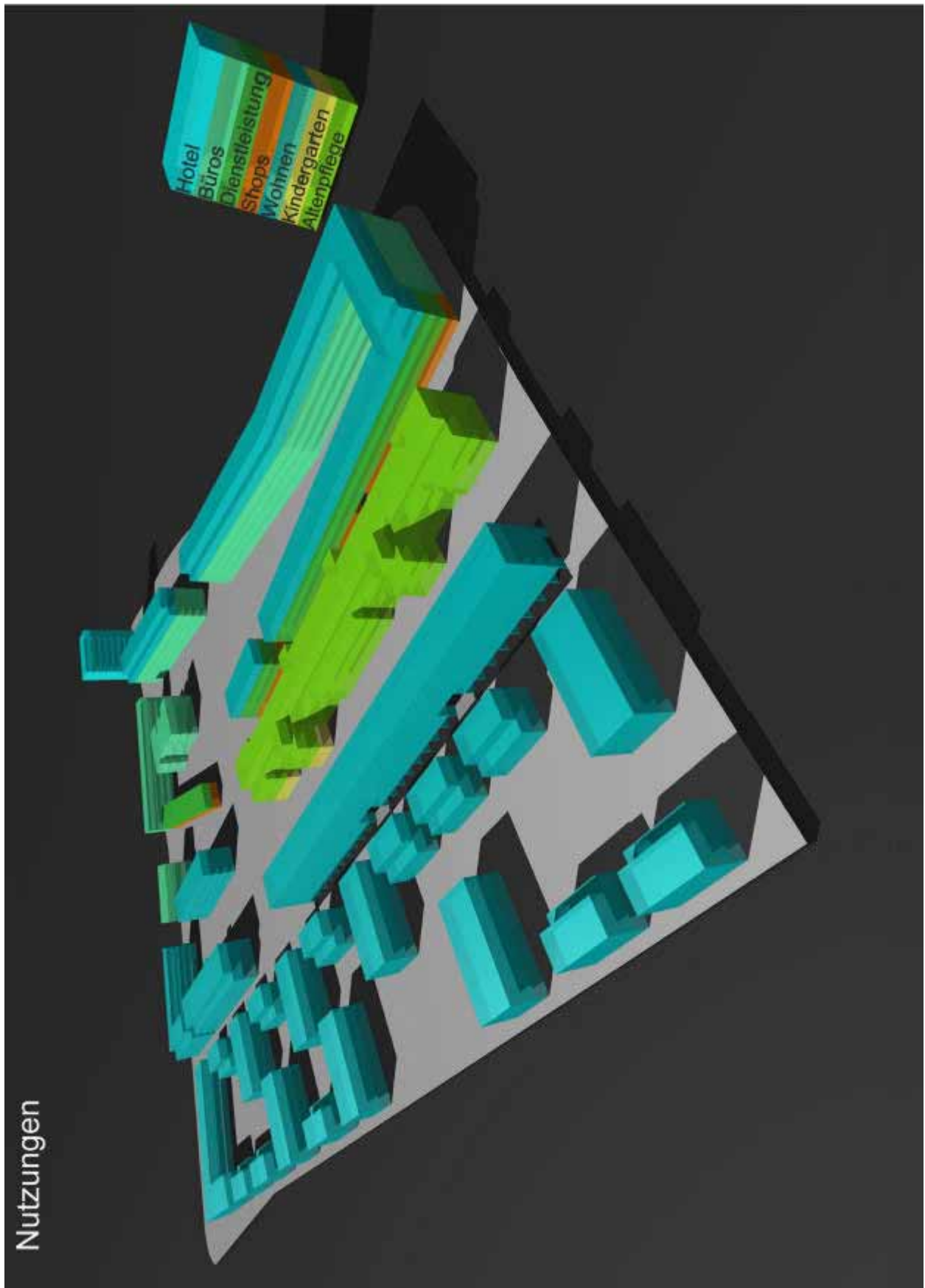


Abbildung 55: Nutzungen Kasernengelände Steyr

# Geschossflächenzahl



Abbildung 56: Geschossflächenzahl Kasernengelände Steyr

Öffentliche Flächen	Gehsteig	Stichstraße		Fläche [m²]	
Verkehrsflächen	3.964	834		4.798	
Platz im Nordwesten				6.227	
PARK				8.658	
<b>Summe</b>				<b>19.683</b>	

Areal	Anzahl d. Gebäude	Gebäudegrundfläche	Anzahl d. Geschosse	Bruttogeschossfläche (BGF)	Grundstücksfläche (GSF)	Bebauungsdichte (BD)
<b>NORDWEST</b>	1	513	3	1.539		
DG	1	968	5	4.840		
	1	546	1	697		
	1	546	4	2.184		
	1	629	2	1.258		
<b>Summe</b>	<b>4</b>	<b>2.656</b>		<b>10.518</b>	<b>6.334</b>	<b>1,66</b>

<b>WEST</b>	1	309	3	927		
	1	421	4	1.684		
	1	599	3	1.797		
DG			1	389		
Obj. 1	1	829	2	1.658		
DG Obj. 1			1	619		
<b>Summe</b>	<b>4</b>	<b>2.158</b>		<b>7.074</b>	<b>6.801</b>	<b>1,04</b>

<b>SÜD</b>	1	727	3	2.181		
	7	300	3	6.300		
	11	160	2,7	4.752		
<b>Summe</b>	<b>19</b>	<b>1.187</b>		<b>13.233</b>	<b>16.713</b>	<b>0,79</b>

<b>OST</b>	1	1.448	4	5.792		
Obj. 6	1	2.038	3	6.114		
DG Obj. 6			1	1.409		
<b>Summe</b>	<b>2</b>	<b>3.486</b>		<b>13.315</b>	<b>8.817</b>	<b>1,51</b>

<b>NORDOST</b>	1	295	4	1.180		
	1	992	4	3.968		
	1	2.197	5	10.985		
DG			1	1.642		
<b>Summe</b>	<b>3</b>	<b>3.484</b>		<b>17.775</b>	<b>9.130</b>	<b>1,95</b>

<b>GESAMT</b>		12.971		61.915	67.478	<b>0,92</b>
Ohne Platz im NW		12.971		61.915	61.251	<b>1,01</b>
Ohne Platz u. ö.Vf.		12.971		61.915	56.453	<b>1,10</b>
Ohne Platz, ö.Vf. u. Park		12.971		61.915	47.795	<b>1,30</b>

Abbildung 57: Bebauungsdichten Kasernengelände Steyr

## 7.8. GOSOL

*„Ungefähr eine Milliarde Menschen in den Industrieländern - das sind nur 20% der Weltbevölkerung - verbrauchen 70% des jährlichen Welt-Primärenergiebedarfs von ca. 10 Milliarden Tonnen Kohleäquivalent. 90% davon basieren auf fossilem Rohmaterial. Eine in der Geschichte der Menschheit noch nie dagewesene Anstrengung ist unvermeidlich, weil wir uns einer ökologischen Bedrohung gegenübersehen, wie es sie in der Zivilisationsgeschichte des Menschen noch nicht gegeben hat. (...)*

*Um eine Katastrophe zu vermeiden, ist es unerlässlich, den Energiesektor schnellstmöglich auf die Verwendung von direkter und indirekter Solarenergie umzustellen: Solarenergie, Windkraft, Wasserkraft und Biomasse. Wir müssen aktiv daran arbeiten, auf diesem Gebiet eine technologische Revolution in Gang zu setzen. Solarenergie muß die wichtigsten Energiequellen ersetzen, die heute für Transportsystem, industrielle Produktion und Heizung genutzt werden. Das sind Auftrag und Bedeutung auch für eine zukünftige Architektur. Solare Bauweisen im Einklang mit der Umwelt ist das schnellste und umfassendste Mittel zum Erreichen dieses Ziels.“*

(Zitat Hermann Scheer aus:

Astrid Schneider [Hrsg.]: Solar Architektur für Europa. Birkhäuser: Basel Boston Berlin 1996)

### 7.8.1. Energieeffiziente Stadtplanung

*„Energieeffiziente Stadtplanung reduziert bereits im Vorfeld baulicher Maßnahmen den zukünftigen Heizwärmebedarf von Neubaugebieten durch städtebaulich planerische Lösungen. Technische und bauliche Maßnahmen, wie verstärkte Wärmedämmung, regenerative Energieerzeugung, rationelle Energieversorgung usw., d.h. Maßnahmen am Gebäude und bei der Wärmeversorgung bauen auf energiegerechter Stadtplanung auf - ersetzen sie aber nicht.*

*Im Gegensatz zu diesen technischen Energieeinsparmaßnahmen verursacht energieeffiziente Stadtplanung keine Investitionskosten für Anlagen zur Energiegewinnung oder Energieerzeugung. Eine solar+energetische Optimierung kostet weniger als ein Gipsmodell des Planungsbereichs!“*

(vgl.: Dr. Peter Goretski: [www.gosol.de](http://www.gosol.de))

### 7.8.2. Das Programm

Das städtebauliche Simulationsprogramm GOSOL wurde speziell für die vergleichende solar+energetische Analyse, Bewertung und Optimierung von städtebaulichen Planungen entwickelt. Besonderes Spezifikum von GOSOL ist die Erstellung von **vollständigen Heizwärmebilanzen** für jedes einzelne Gebäude bzw. in Form von Summen- und Mittelwerten auch für den gesamten Untersuchungsbereich. Die Heizwärmebilanzen beinhalten sowohl die **gebäudespezifischen Wärmeverluste** (abhängig von Wärmeschutzstandard und Gebäudegeometrie) als auch die hiermit in Wechselwirkung stehenden **nutzbaren aktiven und passiven Solargewinne** bei jeweiliger Gebäudeorientierung und Verschattungssituation. Erst die Bilanzierung beider Antagonisten in der Zielgröße „wohnflächenspezifischer Heizwärmebedarf“ ermöglicht es Fehloptimierungen zu vermeiden.

Zur **Bewertung der Wohnqualität** hinsichtlich ausreichender Besonnung kann außerdem die mittlere **täglich mögliche Besonnungsdauer** oder die **monatliche Gesamt-Besonnungsdauer** von einzelnen Fenstern, Räumen, Geschossen oder Freibereichen ermittelt und als Lageplankartierung bzw. Verschattungssilhouette dargestellt werden.

### 7.8.3. Kenngrößen

Gebäude verlieren über das Dach, Fenster und Türen, Wände, den Boden und durch Luftaustausch Wärme. Der Wärmeverlust wird dabei neben den baulichen Wärmeschutzmaßnahmen durch das Klima sowie durch den Umgang der Bewohner mit Wärme bestimmt.

Um während der Heizperiode eine definierte Temperatur aufrechtzuerhalten, muss Gebäuden Energie zugeführt werden. Ein Teil dieser Energie kommt von außen durch die Sonneneinstrahlung in das Gebäude sowie aus Wärmequellen innerhalb des Gebäudes, wie beispielsweise Personen,



Beleuchtung und Abwärme von Geräten. Die Heizwärmebilanz eines Gebäudes verrechnet diese Wärmegevinne mit den Wärmeverlusten und ermittelt hieraus den Heizwärmebedarf, also den Teil der benötigten Wärme, welcher dem Gebäude über die Heizungsanlage zugeführt werden muss.

Um den Heizwärmebedarf bei unterschiedlich großen Gebäuden vergleichen zu können, wurde als Kennzahl der spezifische Jahres-Heizwärmebedarf eingeführt. Dieser bezieht den Heizwärmebedarf eines Gebäudes auf dessen Nutzfläche [kWh/m<sup>2</sup>a]. Bezugszeitraum ist die Heizperiode von September bis Mai.

#### 7.8.4. Verminderung der Wärmeverluste

Gebäude verlieren durch ihre Hüllfläche Wärme an die Umgebung. Ein wesentliches Instrument der städtebaulichen Planung stellt die Minimierung der wärmeübertragenden Hüllflächen im Verhältnis zur davon eingeschlossenen Nutzfläche, d.h. die Beeinflussung der Kompaktheit von Gebäuden dar. Je kleiner die wärmeübertragende Hüllfläche A im Verhältnis zum Gebäudevolumen V wird, desto weniger Wärme verliert ein Gebäude bezogen auf sein Volumen. Der spezifische Wärmeverlust nimmt also ab. Als Maß für die Kompaktheit eines Baukörpers gilt vereinfacht das A/V-Verhältnis.

Verdichtete Bebauungsformen tendieren grundsätzlich zu günstigen A/V-Verhältnissen. Die Wahl der Bauform ist damit die wesentlichste städtebauliche Weichenstellung für den Heizwärmebedarf einer Neubausiedlung. Hier gilt: Je kleiner das mittlere A/V-Verhältnis des Planungsbereichs, desto geringer der spätere Heizwärmebedarf.

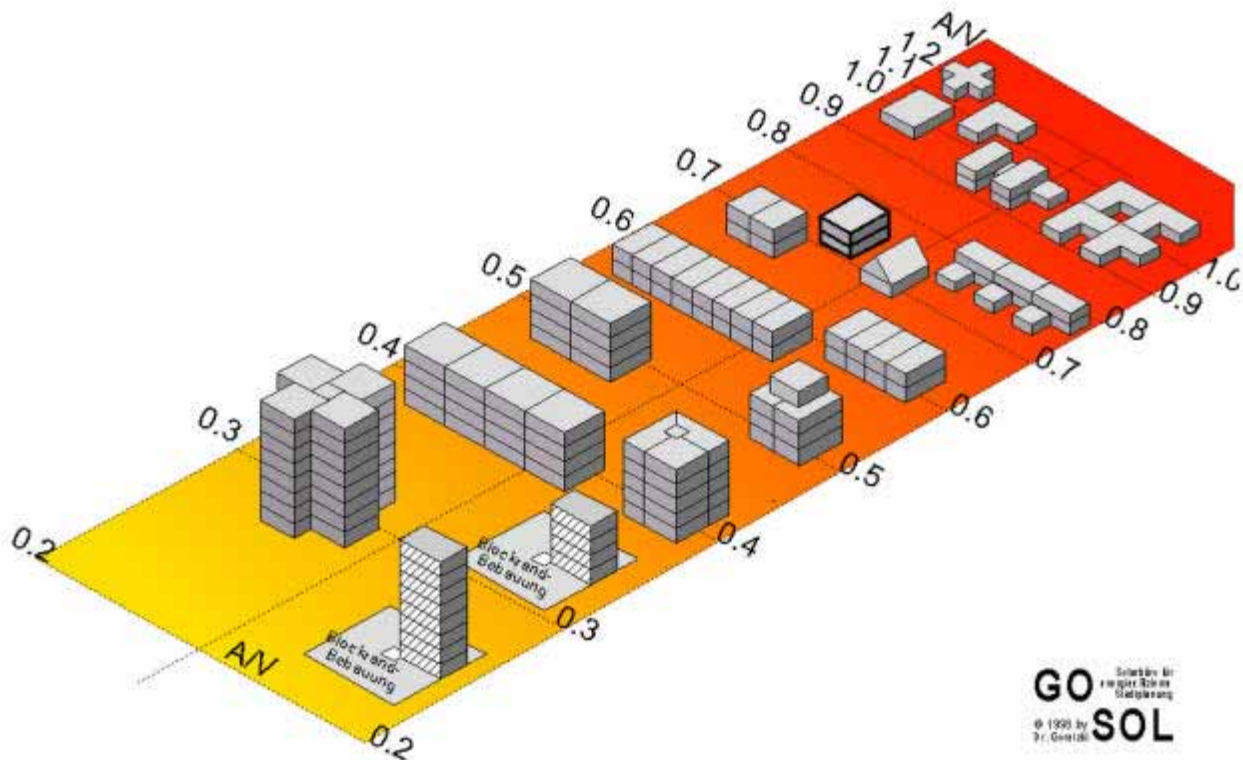


Abbildung 58: A/V-Verhältnis

### 7.8.4.1. Länge der Baukörper

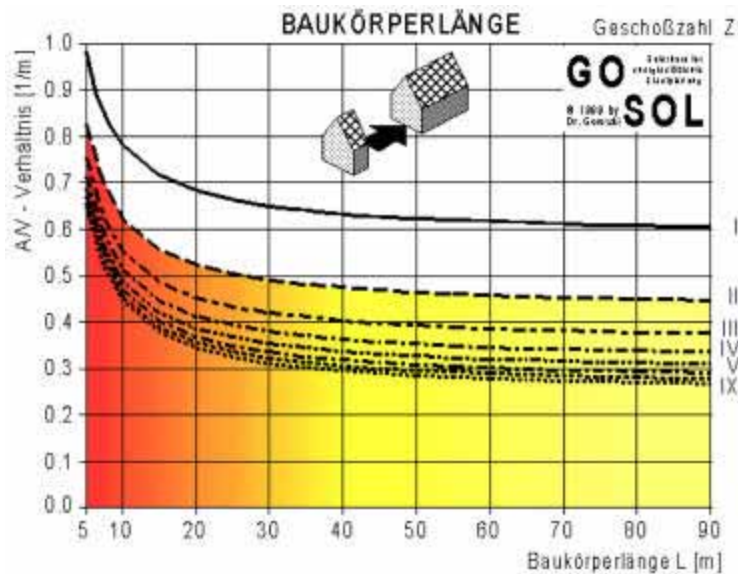


Abbildung 59: Abhängigkeit von A/V-Verhältnis und Baukörperlänge

Das A/V-Verhältnis eines Baukörpers nimmt - bei unverändertem Baukörperquerschnitt - mit zunehmender Länge L des Gebäudes oder der Hausgruppe ab. Dabei treten ausgeprägte Schwellenwerte auf.

Wie die Abbildung zeigt ist, besonders bei mehrgeschossigen Gebäuden, beim Unterschreiten einer Gebäude-/Zeilenlänge von etwa 20 bis 30 m, ein überproportional starker Anstieg des A/V-Verhältnisses zu verzeichnen. Dagegen verliert sich dieser Einfluss zunehmend bei Gebäude-/Zeilenlängen von mehr als 50 m.

### 7.8.4.2. Tiefe der Baukörper

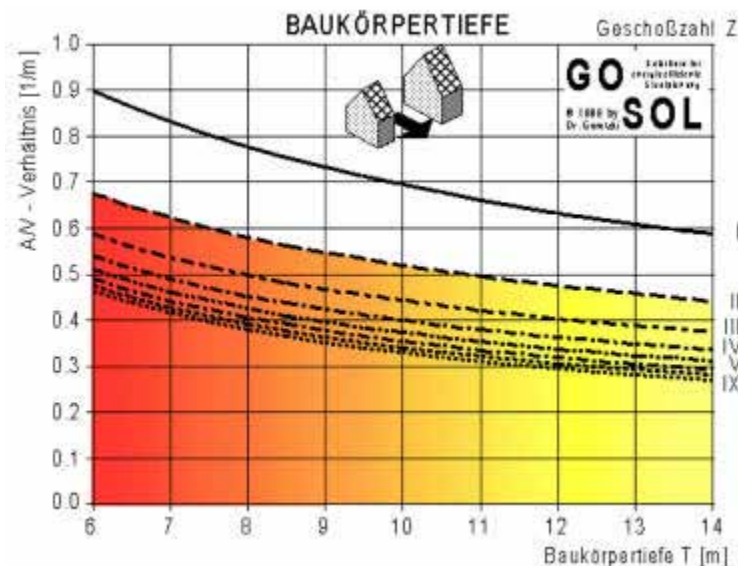


Abbildung 60: Abhängigkeit von A/V-Verhältnis und Baukörpertiefe

Mit zunehmender Baukörpertiefe verbessert sich die Kompaktheit. Dabei ist kein ausgeprägter Schwellenwert, jedoch ein überproportionaler Anstieg des A/V-Verhältnisses mit abnehmender Baukörpertiefe feststellbar.

Geringe Gebäudetiefen führen zu einem ungünstigen A/V-Verhältnis. Die Gebäudetiefe sollte 10 m nicht unterschreiten. Bei Gebäudetiefen über 12 m sollten die Möglichkeiten einer natürlichen Belichtung und Belüftung bedacht werden.

### 7.8.4.3. Anzahl der Geschosse

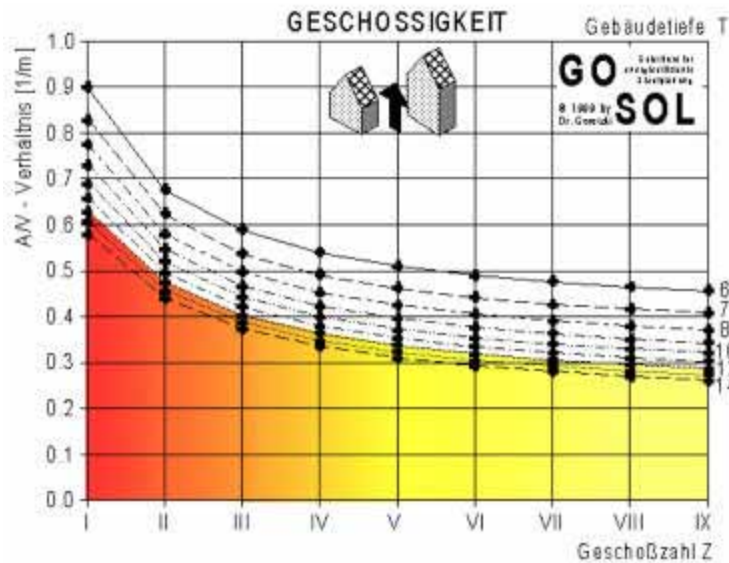


Abbildung 61: Abhängigkeit von A/V-Verhältnis und Geschossanzahl

Die Geschossigkeit beeinflusst das A/V-Verhältnis maßgeblich. So ist beim Übergang von einem auf zwei Vollgeschosse ein sehr starker und beim Übergang von zwei auf drei Vollgeschosse ein starker Rückgang des A/V-Verhältnisses zu verzeichnen. Dagegen schwindet der Einfluss der Geschosszahl auf das A/V-Verhältnis bei mehr als 6 Geschossen zunehmend.

Bei weniger als 2-3 Vollgeschossen ist ein sehr deutlicher Anstieg des A/V-Verhältnisses und damit des Heizwärmebedarfs feststellbar. Dagegen ist bei mehr als 5-6 Vollgeschossen keine wesentliche Verbesserung mehr zu erwarten.

### 7.8.5. Passive Sonnenenergienutzung

Der städtebauliche Entwurf schafft oder verhindert mit seinen Vorgaben die Möglichkeiten zur passiven und aktiven Nutzung der Sonnenenergie. Ungünstige städtebauliche Vorgaben können dabei das verfügbare solare Potential halbieren. Die Folge sind ein erhöhter Heizwärmebedarf und sogar erhöhte Baukosten, da aufgrund der Wärmeschutzverordnung ungünstige Besonnungsvoraussetzungen durch eine verstärkte Wärmedämmung wieder ausgeglichen werden müssen.

Die wesentlichen städtebaulichen Rahmenbedingungen, welche die passiv-solaren Gewinne bestimmen, sind:

- Orientierung der Gebäude
- Verschattung durch Nachbargebäude
- Verschattung durch Vegetation
- Verschattung durch die Topographie
- Klima und geographische Breite

#### 7.8.5.1. Orientierung

Die Ausrichtung eines Fensters bestimmt maßgeblich dessen Solareinstrahlung während der Heizperiode. So empfängt ein Ost- oder Westfenster nur etwa 60%, ein Nordfenster nur etwa 40% der Einstrahlung eines nach Süden ausgerichteten Fensters. Bis zu einer Südabweichung von  $\pm 25^\circ$  ist der solare Verlust mit weniger als 5% als relativ gering einzustufen. Ab  $30^\circ$  Südabweichung ist bis zur O/W-Orientierung mit progressiv zunehmenden solaren Verlusten zu rechnen.

Da sich bei Gebäuden mit der Drehung die Solareinstrahlung auf einer Fassade zwar verringert, auf der gegenüberliegenden Fassade jedoch erhöht, ist der Einfluss der Südabweichung auf die Solargewinne hier geringer als bei einem einzelnen Fenster. Der Einfluss der Orientierung auf die Solargewinne eines Gebäudes wird von der Stellung und Größe der einzelnen, auf die verschiedenen Fassaden verteilten Fensterflächen bestimmt, ist also vom Gebäudetyp abhängig.

Die durch ungünstige Orientierung verursachten solaren Verluste liegen bei maximal 30%.

### 7.8.5.2. Verschattung durch Nachbargebäude

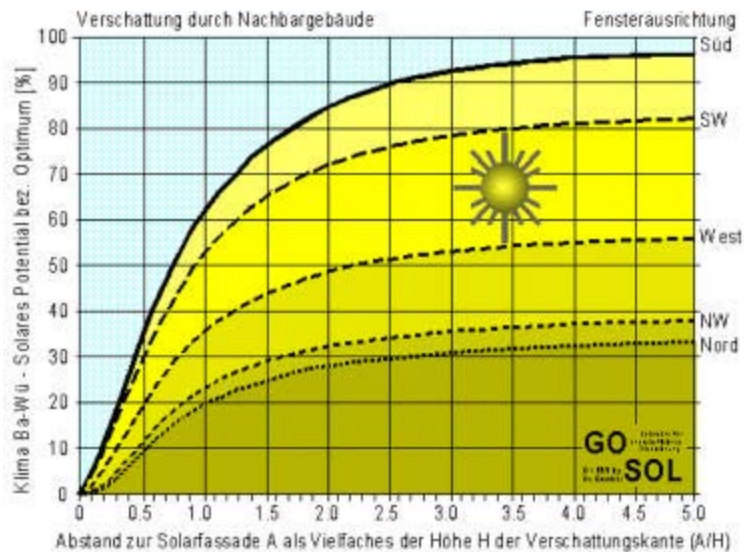


Abbildung 62: Verschattung durch Nachbargebäude

Neben ungünstiger Orientierung wird das verfügbare passiv solare Potential durch die gegenseitige Verschattung der Gebäude reduziert. Die Verschattungswirkung ist dabei abhängig vom Verhältnis zwischen Abstand der schattenwerfenden Kante A und der Höhendifferenz H der schattenwerfenden Kante zum Fußpunkt der Solarfassade bzw. des jeweiligen Fensters. Bei südwest bis südost ausgerichteten Fenstern sind höhere Anforderungen an die Verschattungsfreiheit zu stellen als bei west, nord bis ost orientierten Fensterflächen.

### 7.8.5.3. Verschattung durch Bäume

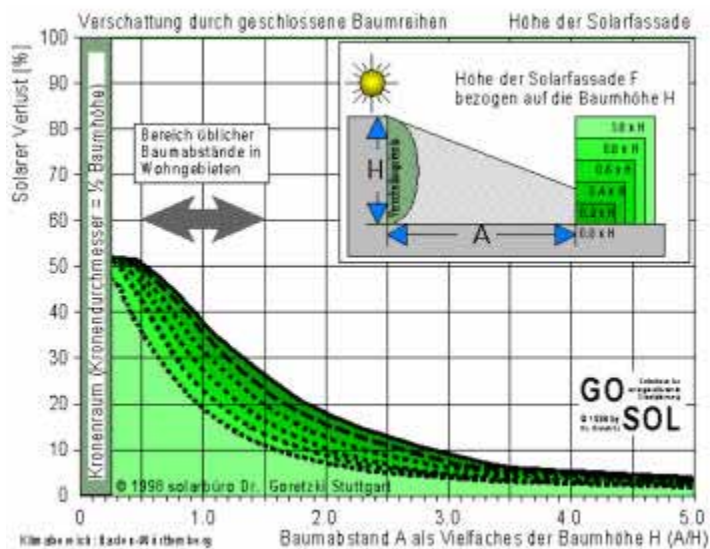


Abbildung 63: Verschattung durch Baumreihen

Während die Verschattungswirkung von Nadelbäumen offensichtlich ist, wird die Verschattungswirkung von laubabwerfenden Bäumen, da nicht bedacht wird, dass der Belaubungszeitraum weit in die Heizperiode hineinreicht, oft unterschätzt. Besonders im Herbst können zu dicht vor Solarfassaden platzierte Laubbäume Solargewinne weitgehend verhindern und sowohl zu einem früheren Beginn der Heizperiode als auch insgesamt zu einem deutlich erhöhten Heizwärmebedarf führen. Die durch Laubbäume verursachten solaren Verluste können mittelfristig 40% erreichen.

Die Verschattungswirkung von Bäumen und der daraus resultierende Heizwärmemehrbedarf ist von vielfältigen Faktoren abhängig:

- der Lage der Bäume zur Solarfassade (Himmelsrichtung)
- dem Abstand des Baums zur Solarfassade im Verhältnis zur Baumhöhe
- der Höhe der Solarfassade im Verhältnis zur Baumhöhe
- der Dichte der Bäume innerhalb einer Baumreihe/Allee/Pflanzung
- die Anzahl der Bäume, die hintereinander stehen
- der Baumart

## 7.8.6. Solarenergetische Simulation

### 7.8.6.1. Modellbildung

Als erster Schritt wird ein digitales, dreidimensionales Computermodell mit folgenden Elementen erstellt:

- Die umliegenden bestehenden Gebäude als Verschattungsquellen.
- Die geplanten Gebäude mit deren energetischen Eigenschaften (s. Dämmstandards w. u.).
- Die vorhandenen und geplanten Bäume mit sich über den Jahresverlauf ändernden Belaubung als Verschattungsobjekte.

### 7.8.6.2. Dämmstandards – Energetische Eigenschaften

Für die Gebäude am Kasernenareal werden 3 unterschiedliche Dämmstandards festgelegt. Für die Bestandsgebäude wurde eine Sanierung mit U-Werten entsprechend dem öö. Energiesparhaus angenommen. Die Neubauten im südlichen Bebauungsstreifen werden als Passivhäuser ausgebildet; alle übrigen Neubauten als Niedrigenergiehäuser.

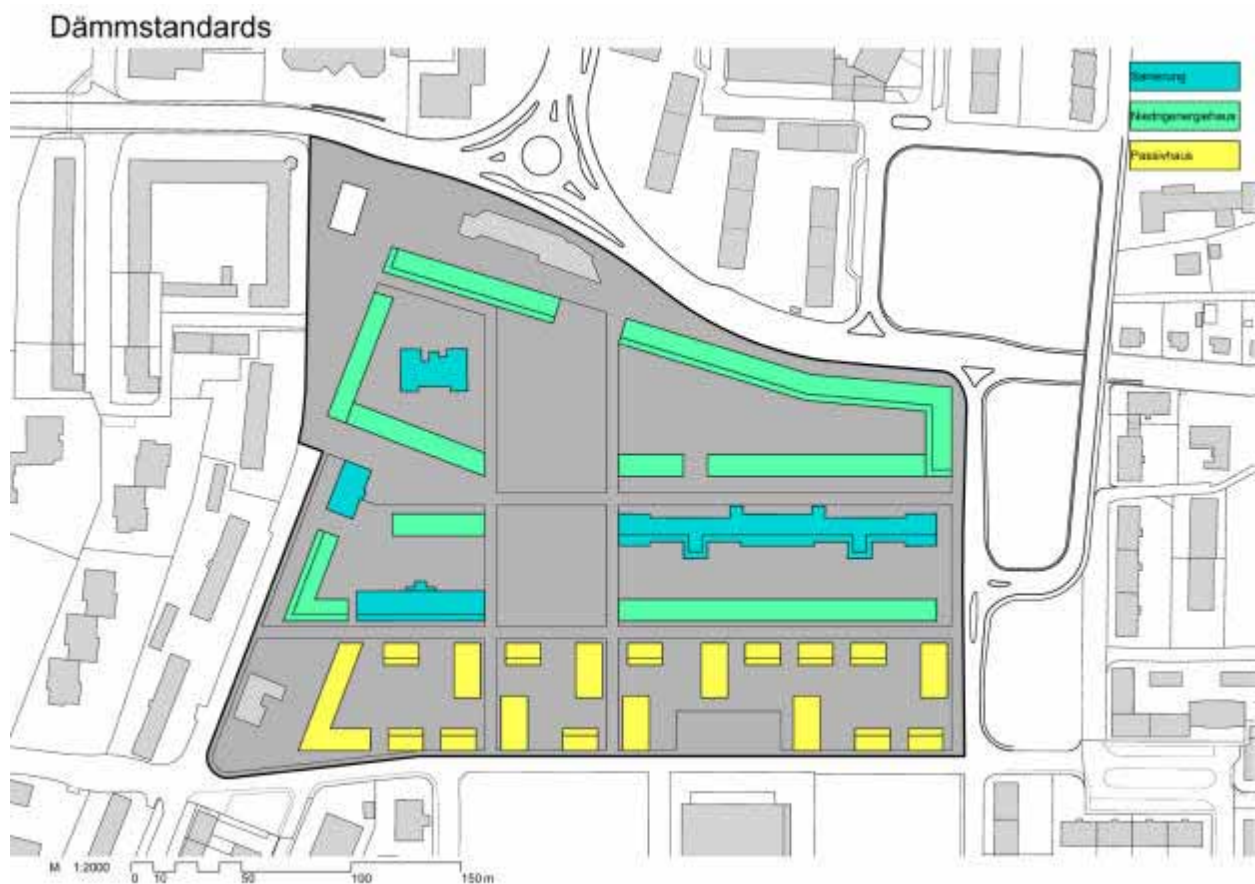


Abbildung 64: Dämmstandards

## Allgemeine Einstellungen

Konstruktionsflächenanteil:	15% der BGF
Verkehrsfläche je Gebäudeeinheit und Geschoss:	4 m <sup>2</sup>
Fensterflächenanteil:	20% der Wohnfläche

## Sanierung (Energiesparhaus-Standard)

### Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte)

Außenwand:	0,35 W/m <sup>2</sup> K
Fenster:	1,3 W/m <sup>2</sup> K
Basisfläche:	0,3 W/m <sup>2</sup> K (Korrekturfaktor gegen Grund: 0,5)
Dachfläche:	0,2 W/m <sup>2</sup> K

### Energie

Mittlere Innentemperatur:	20°C
Spezifische innere Wärmequellen:	2,5 W/m <sup>2</sup>
Spezifische thermische Speicherfähigkeit:	120 Wh/m <sup>2</sup> K

### Fenstereigenschaften

Mittlerer Rahmenanteil:	30%
Absorbtionsgrad des Raumes:	0,92
Gesamtenergiedurchlassgrad g:	0,65

### Luftwechsel

Auslegungsluftwechsel nA:	0,40/h
Freier Luftwechsel nx:	0,20/h
Keine Wärmerückgewinnung	
Luftwechselrate	0,60/h

## Niedrigenergiehausstandard

### Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte)

Außenwand:	0,20 W/m <sup>2</sup> K
Fenster:	1,1 W/m <sup>2</sup> K
Basisfläche:	0,25 W/m <sup>2</sup> K (Korrekturfaktor gegen Grund: 0,5)
Dachfläche:	0,15 W/m <sup>2</sup> K

### Energie

Mittlere Innentemperatur:	20°C
Spezifische innere Wärmequellen:	2,5 W/m <sup>2</sup>
Spezifische thermische Speicherfähigkeit:	60 Wh/m <sup>2</sup> K

### Fenstereigenschaften

Mittlerer Rahmenanteil:	30%
Absorbtionsgrad des Raumes:	0,92
Gesamtenergiedurchlassgrad g:	0,60

### Luftwechsel

Auslegungsluftwechsel nA:	0,40/h
Freier Luftwechsel nx:	0,20/h
Keine Wärmerückgewinnung	
Luftwechselrate	0,60/h

## Passivhausstandard

### Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte)

Außenwand:	0,11 W/m <sup>2</sup> K
Fenster:	0,85 W/m <sup>2</sup> K
Basisfläche:	0,13 W/m <sup>2</sup> K (Korrekturfaktor gegen Grund: 0,5)
Dachfläche:	0,10 W/m <sup>2</sup> K

### Energie

Mittlere Innentemperatur:	20°C
Spezifische innere Wärmequellen:	2,5 W/m <sup>2</sup>
Spezifische thermische Speicherkapazität:	50 Wh/m <sup>2</sup> K

### Fenstereigenschaften

Mittlerer Rahmenanteil:	30%
Absorptionsgrad des Raumes:	0,92
Gesamtenergiedurchlassgrad g:	0,60

### Luftwechsel

Auslegungsluftwechsel nA:	0,40/h
Freier Luftwechsel nx:	0,02/h
Nutzungsfaktor der Wärmerückgewinnung:	90%
Luftwechselrate	0,06/h

### 7.8.6.3. Simulation

Das generierte Modell wird unter Berücksichtigung der geographischen und klimatischen Daten von Steyr über die Dauer der **Heizperiode** von September bis Mai berechnet.

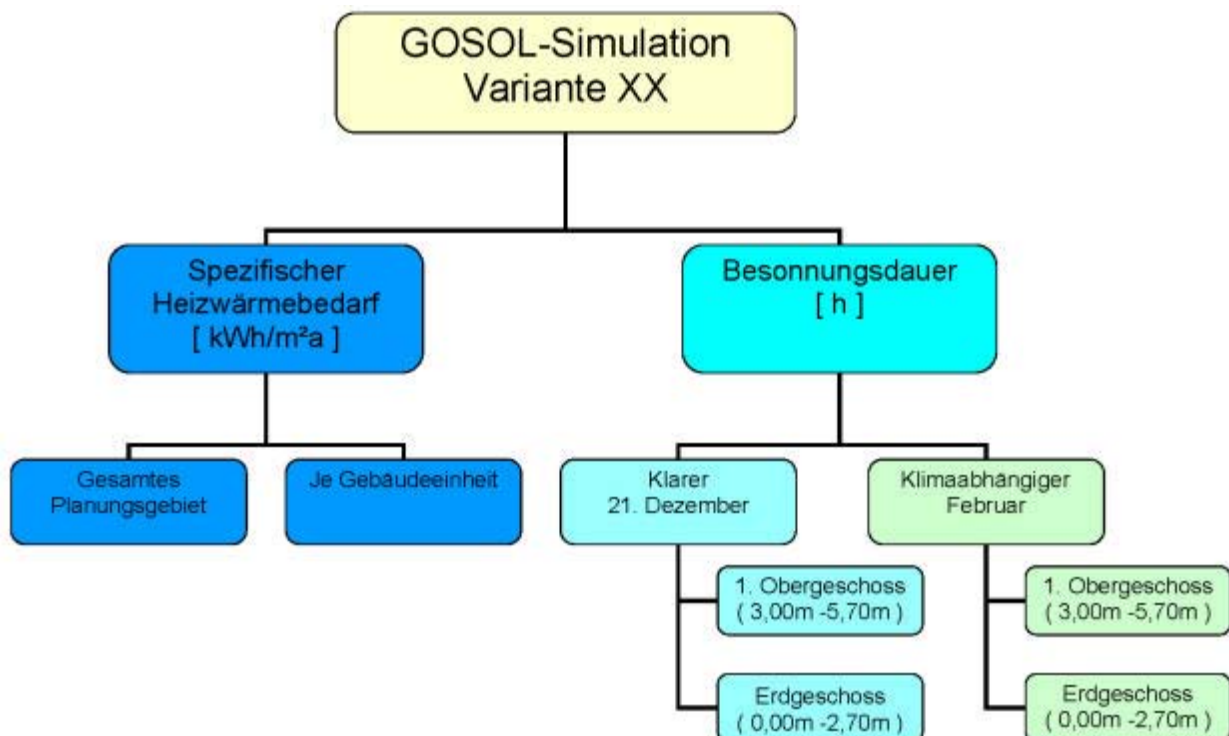


Abbildung 65: Simulationsstruktur

Für die Beurteilung der **Energieeffizienz** wird die Auswertung des **spezifischen Heizwärmebedarfs** der einzelnen Wohneinheiten betrachtet.

Für die Beurteilung der **Wohnqualität** dienen die Auswertungen für die **Besonnungsdauer am 21. Dezember** einerseits und über den **gesamten Februar** andererseits. Beide Auswertungen gibt es in 2 verschiedenen Varianten:

Einmal über die **Erdgeschosszone** (0,00m bis 2,70m) und einmal über die **1.Obergeschosszone** (3,00m - 5,70m).



# GOSOL Auswertung

## 7.8.7. Spezifischer Heizwärmebedarf



Abbildung 66: Spezifischer Heizwärmebedarf

Die Grafik stellt den spezifischen Heizwärmebedarf je Wohneinheit dar.

Rot über Orange und Gelb bedeuten sehr gute Werte; Grün- und Türkistöne mittlere und von Hell- bis Dunkelblau schlechte Werte.

Die Besten Werte werden im südlichen Bebauungsstreifen, auf Grund der dort angewendeten Passivhausdämmstandards und einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, erreicht. Der Grenzwert von  $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  wird nur bei wenigen Gebäuden überschritten (orange Farbmarkierung). Die nördliche Randbebauung schneidet im Vergleich mit den anderen Neubauten in Niedrigenergiebauweise sehr gut ab. Der Grund dafür liegt hauptsächlich an dem günstigen A/V-Verhältnis durch die Gebäudetiefe von 12 Metern und der Geschossigkeit von 5+D. Akzeptable Werte liefern auch die beiden großen sanierten Bestandsgebäude. Abgesehen von den Berechnungseinheiten an den Baukörpern wird hier ein spezifischer Heizwärmebedarf von weniger als  $100 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  erreicht.

Auffallend schlecht schneiden die Bestandsgebäude im Nordwesten ab, wobei hier neben der ungünstigen Orientierung beim südlichen Objekt auch die ungünstige Einheitenaufteilung beachtet werden muss.

## 7.8.8. Ursachenauswertung

### 7.8.8.1. Baumverschattung



Abbildung 67: Zunahme des spezifischen Heizwärmebedarfs durch Baumverschattung

GOSOL ermöglicht eine Ursachenauswertung betreffend eines erhöhten spezifischen Heizwärmebedarfs. So wird in der Grafik die Erhöhung des spezifischen Heizwärmebedarfs durch die Baumverschattung im **Vergleich zum unverschatteten Gebäude** dargestellt.

Da möglichst viele bestehende Bäume erhalten bleiben sollen, ist bei der Verschattung durch Bestandsbäume nur wenig Spielraum vorhanden. So sind die Zunahmen durch die Baumverschattung im Nordwesten von bis zu 9,8 kWh/m²a, zu Gunsten der Erhaltung des Parkcharakters in Kauf zu nehmen. Ähnlich verhält es sich mit der Verschattung durch die Baumallee im Südosten, die zu Zunahmen von bis zu 3,7 kWh/m²a führen.

Die Neupflanzungen beeinflussen den Heizwärmebedarf der Gebäude jedoch nur geringfügig (bis max. 2,5 kWh/m²a). Diese Auswertung bestätigt das Bestreben, Neupflanzungen nicht vor wichtige Solarfassaden zu platzieren.

### 7.8.8.2. Hausverschattung



Abbildung 68: Zunahme des spezifischen Heizwärmebedarfs durch Hausverschattung

Ebenso wie bei der Baumverschattung ist für die Ursachenauswertung in der Grafik die Zunahme des spezifischen Heizwärmebedarfs durch die Hausverschattung, im **Vergleich zum unverschatteten Gebäude** zu erkennen.

Im gesamten südlichen Bebauungsstreifen – im Bereich der Passivhäuser – ist die gegenseitige Hausverschattung großteils deutlich unter 2 kWh/m²a und mit maximal 3,3 kWh/m²a als gering einzustufen. Auch die nördliche Lärmschutz-Randbebauung weist sehr gute Werte auf. Schlechte Werte liefert - mit im Schnitt 6 kWh/m²a - das schräggestellte Geschäftsgebäude im Westen. Der Grund dafür liegt hauptsächlich darin, dass es im Vergleich zu seinen Nachbargebäude mit 2 Geschossen deutlich niedriger ist und daher leichter verschattet werden kann, als die 4-geschossigen Gebäude. Die schlechtesten Werte liefert das ost-west-gerichtete Gebäude im Nordosten. Hier ist der Abstand zwischen den beiden parallelen Baukörperzeilen im Vergleich zur Höhe relativ gering. Da jedoch das große Mannschaftsgebäude als Bestand einen unverschieblichen Parameter darstellt, war hier der städtebauliche Spielraum sehr klein.

### 7.8.8.3. Ungünstige Ausrichtung



Abbildung 69: Zunahme des spezifischen Heizwärmebedarfs durch ungünstige Ausrichtung

In dieser Grafik ist die Zunahme des spezifischen Heizwärmebedarfs durch die ungünstige Ausrichtung, im **Vergleich zum unverschatteten, optimal ausgerichteten Gebäude** dargestellt.

Die Grafik macht deutlich, dass ein Großteil der Gebäude optimal ausgerichtet ist, da kaum Zunahmen des spezifischen Heizwärmebedarfs durch ungünstige Ausrichtung zu verzeichnen sind. Es zeigt sich auch, dass die städtebauliche Entscheidung, die Wohneinheiten der Reihenhäuser im südlichen Bebauungsstreifen ost-west zu orientieren, im Schnitt ein Zunahme des spezifischen Heizwärmebedarfs von 3,2 kWh/m²a bedeutet.

Die große Zunahme an den beiden Bestandsgebäuden im Nordwesten, ist auch mit der Aufteilung der Gebäude in jeweils 4-übereck reichende Berechnungseinheiten zu begründen.

## 7.8.9. Besonnungsdauer

### 7.8.9.1. 21. Dezember / Erdgeschoss



Abbildung 70: Besonnungsdauer am 21. Dezember im Erdgeschoss

Für Wohnzwecke ist eine Besonnungsdauer von 1,5 bis 2 Stunden an einem klaren 21. Dezember wünschenswert. Da die Sonne zu diesem Zeitpunkt ihren tiefsten Höchststand erreicht hat und nur eine kurze, niedrige Bahn über den Horizont zieht, wären sehr große Gebäudeabstände notwendig damit die flache Sonnenstrahlung jedes Gebäude erreicht. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass natürlich auch eine ausreichend hohe Bebauungsdichte erreicht werden muss. Nicht nur aus ökonomischen Gründen für Investoren sondern auch aus ökologischen ist innerstädtisch eine hohe Bebauungsdichte anzustreben, um Infrastruktur und öffentliche Einrichtungen zu tragen.

Alle Einheiten, die in der Grafik mit dunklen Blautönen gekennzeichnet sind, erreichen die Forderung nach 1,5 bis 2 Stunden Sonne am 21. Dezember nicht!

Es muss aber beachtet werden, dass hier nur die Besonnungsdauer im Erdgeschoss betrachtet wird. Da jedoch einige Häuser als Maisonett-Typen ausgebildet sind, muss für die Beurteilung der Besonnungsdauer für eine Wohneinheit auch das 1. Obergeschoss analysiert werden, um beurteilen zu können, ob eventuell im oberen Geschoss ausreichend Sonne anzutreffen ist.

### 7.8.9.2. 21. Dezember / 1. Obergeschoss



Abbildung 71: Besonnungsdauer am 21. Dezember im 1. Obergeschoss

Bei der Betrachtung des 1. Obergeschosses zeigt sich, dass bei den Doppel- und Reihenhäusern im Süden in fast allen Fällen die geforderten 1,5 Stunden Besonnungsdauer erreicht werden. Auch alle übrigen Gebäude, die für Wohnnutzung vorgesehen sind, haben – mit ganz wenigen Ausnahmen - ab dem 1. Obergeschoss mindestens 2 Stunden Sonne am 21. Dezember.

Die dunkelblauen Problemzonen in der nördlichen Hälfte des Bebauungsareals sind insofern wenig problematisch, da sich hier keine Wohnnutzung in den unteren drei Geschossen befindet, und die Anforderungen an die Besonnungsdauer für Geschäfte, Büros und Praxen nicht so hoch sind.

### 7.8.9.3. Februar / Erdgeschoss



Abbildung 72: Besonnungsdauer über den gesamten Februar im Erdgeschoss

Die Besonnungsdauern für den 21. Dezember als den kürzesten Tag im Jahr sind natürlich Extremwerte. Betrachtet man die Besonnungsdauer für den gesamten Februar erhält man ein über das gesamte Jahr gesehen aussagekräftigeres Ergebnis, da einige Tage im Jahr ohne Besonnung kein großes Problem darstellen.

In der Grafik sind die Besonnungsstunden im Erdgeschoss für den gesamten Februar unter der Berücksichtigung der Klimadaten von Steyr (bezüglich der Nebelhäufigkeit, Bewölkung, usw.) dargestellt. Hier sind ca. 40 Stunden ein guter Wert, vor allem wenn man die große Nebelhäufigkeit in Steyr berücksichtigt.

Es zeigt sich, dass viele Problemstellen, die bei der Betrachtung des 21. Dezembers zu finden waren, im Februar weitgehend entschärft sind.

Nach wie vor gänzlich ohne Sonne muss jedoch die lang gestreckte Geschäftszeile im Osten auskommen. Wenig Sonne erhalten auch die Reihenhäuser im Süden. Letztere sind sicher durch ihre Ost-West-Ausrichtung bei der Besonnung benachteiligt.

#### 7.8.9.4. Februar / 1. Obergeschoss



Abbildung 73: Besonnungsdauer über den gesamten Februar im 1. Obergeschoss

Im 1. Obergeschoss zeigt sich ein ähnliches Bild wie im Erdgeschoss. Der zum Teil deutliche Unterschied zwischen Erdgeschoss und 1. Obergeschoss, wie er bei der Analyse der Besonnungsdauer für den 21. Dezember zu finden war, ist bei der Betrachtung des gesamten Februars nicht zu erkennen. Es sind in keinem Bereich gravierende Verbesserungen zu verzeichnen. Es sind jedoch generell im 1. Obergeschoss deutlich mehr Sonnenstunden zu verzeichnen, als im Erdgeschoss.

### 7.9. GOSOL Fazit

Mit dem solarenergetischen Simulationsprogramm GOSOL ist es erstmals möglich, qualitative und quantitative Aussagen bezüglich des Energiebedarfs und der Besonnungssituation von städtebaulichen Problemstellungen zu treffen. Ohne dieses Programm können nur Architekten, die große Erfahrung in der passiven Solarenergienutzung haben, richtige Entscheidungen bei der Planung bzw. Optimierung von städtebaulichen Projekten treffen. Und selbst dann ist nicht gesichert, dass diese Entscheidungen und Veränderungen auch tatsächlich eine positive Auswirkung auf die Reduktion des Heizwärmebedarfs haben, oder zu einer Verbesserung der Besonnung von Gebäuden führen. Nur GOSOL liefert die „hard facts“ in Form von Gesamtenergieverbrauch, durchschnittlichem spezifischen Heizwärmebedarf, solarem Verlust, Besonnungstunden usw., die vor und nach einer Optimierung verglichen werden können.

GOSOL liefert aber nicht nur die Vergleichswerte, sondern vielmehr auch die Ansatzpunkte für eine Optimierung. Fragen, ob bei einem bestimmten Gebäude die Verschattung durch die Nachbargebäude, durch Bäume oder eine ungünstige Orientierung den maßgeblichen Faktor für die Höhe des Heizwärmebedarfs darstellen, können mit GOSOL leicht und eindeutig beantwortet werden. Durch die Verschattungssilhouetten kann auch für jedes einzelne Fenster genau bestimmt werden, welche Objektkanten für eine ungünstige Verschattung verantwortlich sind. Mit diesen Bestimmungen kann dann gezielt in den Entwurf eingegriffen werden. Dabei hat sich gezeigt, dass auch schon kleine Veränderungen in Form von Verschiebungen von Gebäuden um wenige Meter oder die Reduktion



eines Geschosses große Auswirkungen auf den Heizwärmebedarf bzw. die Besonnungssituation haben.

Trotz der positiven Erfahrung mit der Planung und Optimierung durch GOSOL muss gesagt werden, dass die solarenergetische Optimierung nur ein Teilbereich einer städtebaulichen Planung sein kann. Viele andere wichtige Parameter sind in der Planung zu berücksichtigen. Es muss daher ein vernünftiger Kompromiss gefunden werden, in dem alle Bedürfnisse bestmöglich befriedigt werden können. In Anbetracht dessen, dass in der Vergangenheit solarenergetische Nutzung im Städtebau kaum eine Rolle gespielt hat, ist es notwendig, diesen Überlegungen einen höheren Stellenwert in der Planung einzuräumen.

Wenn ein Gebäude über den gesamten Zeitraum der Nutzung betrachtet wird, sind die Kosten, die für den Betrieb eines Gebäudes notwendig sind, deutlich größer als die Errichtungskosten. Daher muss es auch im ökonomischen Interesse von Investoren sein, der Energieeffizienz mehr Bedeutung beizumessen, wobei GOSOL ein sehr gut geeignetes Hilfsmittel ist.

## 8. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Die Ergebnisse unserer Arbeit zeigen, dass das Projekt ZSG mit all seinen Ansprüchen im Bereich der Ökologie, der Energieeffizienz und dem Bereich der städtebaulichen Nachverdichtung realisierbar ist. Vor allem die Gesamtheit aller im Projekt behandelten Themenbereiche und deren Vernetzung untereinander ergeben ein Produkt, das nicht nur die angeführten Ansprüche erfüllt sondern auch wirtschaftlich ein großes Potential bietet.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der 3 Entwicklungsschwerpunkte im Einzelnen dargestellt:

### **Entwicklung von ökologischen und energieeffizienten Sanierungskonzepten**

Dieser Punkt umfasst die Kapitel Zwei, Drei, Vier und Fünf im Endbericht.

Das Kapitel **State of the Art** umfasst 12 dokumentierte Altbauanierungen, die in den letzten Jahren in Österreich, der Schweiz und in Deutschland realisiert wurden. Dazu wurde eine Vorlage erstellt in der alle für das Forschungsprojekt relevanten Daten wie Energiekennzahlverbesserung, Heizkostenreduktion, Ökologie und Energieeffizienz, Bauweise usw. eingetragen wurden. Es wurden nur Beispiele ausgewählt bei denen die Sanierungsmaßnahmen weit über die einer Standardsanierung hinausgehen. Anhand dieser Projekte lässt sich der heutige Stand der Technik bei Gebäudesanierungen gut ablesen.

Im Kapitel **Entwicklung von Sanierungsvarianten für drei Gebäudetypen** wurden Konzepte für ökoefiziente Gebäudesanierungen anhand von drei repräsentativen Gebäudetypen aus unterschiedlichen Epochen erarbeitet. Bei den Gebäuden handelt es sich um ein denkmalgeschütztes Gebäude mit historischer Bausubstanz, um ein Kasernengebäude aus dem 19/20 Jahrhundert und um ein Mehrgeschossiges Wohngebäude aus den 60/70 Jahren. Zuerst wurden für jedes Gebäude jene Sanierungsmaßnahmen formuliert, die bei einer Konventionellen Sanierung durchgeführt werden. Infolge entwickelte man je drei Sanierungsvarianten, die sich in ihrer Qualität unterscheiden, die Variante der Konventionellen Sanierung aber in Bezug auf das Energieeinsparpotential weit übertreffen. Die Minimierte Sanierung ist dabei als jene Sanierungsvariante zu betrachten, die einen sehr kleinen Eingriff in die Bausubstanz erfordert, jedoch in ihrer Wirkung sehr effektiv ist. Die Optimierte Sanierung soll ein Referenzmodell für eine Sanierung im Sinne einer ökologischen Nachhaltigkeit darstellen. Durch die Maximierte Sanierung wird dann die obere Grenze des technisch Machbaren aufgezeigt.

In weiterer Folge wurden zu den Optimierten Sanierungsvarianten Details entwickelt, die dann im Kapitel **Beurteilung der Sanierungsarbeiten aus Bauphysikalischer Sicht** bewertet wurden. Die drei unterschiedlichen Bautypologien stehen für eine Vielzahl von Gebäuden, die Entwickelten Details dienen also als Art Bibliothek und müssen im Bedarfsfall nur geringfügig adaptiert werden. Für ausgewählte Details wurden Wärmebrückenberechnungen durchgeführt. So wurde zum Beispiel die Wärmebrücke im Bereich der Fensterleibung beim historischen Gebäude in der Fabrikstrasse 9 in Steyr untersucht. Im konkreten fall wurde die Situation ohne Leibungsdämmung, mit 30mm Leibungsdämmung und mit 50mm Leibungsdämmung simuliert. Wie erwartet führt die Ausführung ohne Leibungsdämmung zu einer deutlichen Unterschreitung, der nach den hygienischen Wärmeschutz notwendigen, Oberflächentemperaturen. In diesem Fall wäre also Schimmelpilzbildung zu erwarten. Bei 30mm Leibungsdämmung werden die Oberflächentemperaturen so weit angehoben, dass Oberflächenkondensat bzw. Schimmelbildung ausgeschlossen werden kann. Eine Erhöhung der Dämmung auf 50mm bringt zwar noch eine geringfügige Reduktion der Transmissionswärmeverluste, ist aber im Fall der Fabrikstrass zu Gunsten der lichten Größe der Leibung nicht ratsam.

Im Kapitel **Ökoefiziente Gebäudesanierungskonzepte für Raumheizung, Warmwasserbereitung und Lüftung** wurden zuerst grundsätzliche Aspekte der Wärmeversorgung und Lüftung im Sanierungsfall diskutiert. Danach wurden verschiedene Systeme und Komponenten für die Lüftung und Wärmeversorgung erarbeitet, und die jeweiligen Vor- und Nachteile erörtert. Mit diesen Ergebnissen wurden für die drei verschiedenen Gebäudetypen maßgeschneiderte Wärmebereitstellungs- und Lüftungskonzepte ausgearbeitet. Die drei Typen stehen stellvertretend für eine Vielzahl von Gebäuden, die Gebäudesanierungskonzepte für Raumheizung, Warmwasser und Lüftung können also mit geringfügigen Adaptierungen für diese Gebäude eingesetzt werden.

## Entwicklung von Energieversorgungskonzepten in der Stadtteilsanierung

Die Aufgabe der Energieversorgung ist die Bereitstellung von Endenergie für die bei den Nutzern benötigte Nutzenergie in Form von Raumwärme, Warmwasser, mechanischer Energie, Kunstlicht, Kälte, Kochwärme etc. Einige dieser Energienutzungen sind an bestimmte Energieträger gebunden (Kunstlicht an Strom), bei anderen sind verschiedene Energieträger einsetzbar (Raumwärme – Strom, Gas, Öl, Sonne, Holz, Fernwärme). Die Umwandlung von Endenergie in Nutzenergie findet in der Regel beim Nutzer statt. Die Effizienz dieser Umwandlung hat Auswirkungen auf den Energiebedarf. Durch Sanierungen wird der Nutzenergiebedarf einiger Energienutzungen beeinflusst (z.B. wird der Raumwärmebedarf durch Wärmedämmung reduziert) andere nur geringfügig oder gar nicht (z.B. Warmwasserbedarf). Sanierungen der Gebäudetechnik, insbesondere bei der Wärmeerzeugung haben Auswirkungen auf die Umwandlungsprozesse von Endenergie in Nutzenergie. Im Rahmen dieses Kapitels wurden für drei Stadtquartiere, unterschiedlicher Größe Energieversorgungskonzepte in Hinblick auf Raumwärme Warmwasserbereitung untersucht.

Beim **Referenzquartier Strindbergweg** handelt es sich um 13 Wohngebäude mit jeweils 7 Wohneinheiten auf drei Vollgeschossen. Die beheizte Fläche für die 91 Wohneinheiten insgesamt 7748 m<sup>2</sup>. Der berechnete Heizwärmebedarf des Bestands beträgt 126,8 kWh/(m<sup>2</sup>a), der Warmwasser-Nutzwärmebedarf wurde unter Standardbedingungen mit 18,6 kWh/(m<sup>2</sup>a) angesetzt. Die Gebäude sind an das öffentliche Erdgasnetz angeschlossen. Die bestehende Wärmeversorgung erfolgt über wohnungsweise Gas-Kombithermen, über die sowohl die Raumwärme als auch das Warmwasser bereitgestellt wird. Mit dieser Wärmeversorgung ergibt sich ein Endenergiebedarf von 163 kWh/(m<sup>2</sup>a). Der Gesamtgasverbrauch der 13 Häuser liegt bei 1.263 MWh/a, was einer Netzbelastung (Energieabnahme) von 125 MWh/(ha a) entspricht. Die installierte Leistung der Kombithermen richtet sich nach dem Spitzenwarmwasserbedarf, so dass i.d.R. von einer Mindestleistung von 18 kW ausgegangen werden kann. Damit ergibt sich bei einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,4 eine maximale Netzbelastung (Leistung) von 8,1 m<sup>3</sup>/(h ha). Durch eine wärmetechnische Sanierung der Gebäude wird der Heizwärmebedarf gesenkt. Je nachdem ob Wohnungslüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung oder nur Abluftanlagen eingebaut werden, sinkt er bei der vorgeschlagenen Verbesserung der Wärmedämmung auf 34 bzw. 55 kWh/(m<sup>2</sup>a). Der Nutzwärmebedarf für die Warmwasserbereitung wird durch die Sanierung nicht wesentlich beeinflusst, so dass hier weiterhin von den 18,6 kWh/(m<sup>2</sup>a) nach Standardnutzungsbedingungen ausgegangen werden kann.

Bei Wohngebäuden dieser Größe und Baualtersklasse kann durch die Verbesserung der Wärmedämmung der Heizwärmebedarf um über die Hälfte, bei Einsatz einer effizienten Wohnungs Lüftung mit Wärmerückgewinnung sogar um fast 75% reduziert werden. Der Anteil des Warmwasserbedarfs am Gesamtwärmebedarf steigt auf etwa ein Drittel. Sind die Gebäude nicht bereits an eine Fernwärmeversorgung angeschlossen, so finden sich im Bestand häufig dezentrale Wärmeerzeuger, teils als Gas-Etagenheizungen, als Elektro-Speicheröfen oder als Elektro-Warmwasserspeicher. Der Vorteil besteht vor allem in der einfachen, direkten Verbrauchskostenabrechnung der Nutzer mit dem Energieversorger. Andererseits genügt die Wärmeerzeugung oft nicht den Maßstäben effizienter und ökologischer Energienutzung. Potentiale für effiziente Wärmeerzeugung, die Einbindung modernster Technologie und regenerativer Energieträger können nur über eine Zentralisierung der Wärmeerzeugung erschlossen werden, sei dies in Form einer Anbindung an ein Nah- oder Fernwärmenetz oder der Erstellung von gebäudezentralen Heizzentralen. Sind keine größeren baulichen Maßnahmen notwendig (z.B. Bau von Brennstoff-Lagerräumen o.ä.), so liegen die Investitionskosten für eine Umstellung auf zentrale Wärmeversorgung meist in derselben Größenordnung, wie die Kosten für die Erneuerung der dezentralen Wärmeerzeuger. Energetisch können die erhöhten Verteilverluste i.d.R. durch höhere Effizienz bei der Wärmeerzeugung kompensiert werden. Besondere Vorteile ergeben sich vor allem dann, wenn durch die zentrale Wärmeerzeugung regenerative Energien eingebunden werden können. Im vorliegenden Fall einer bestehenden Erdgasversorgung erscheint die Beibehaltung dieses Energieträgers als wirtschaftlich sinnvoll und ökologisch vertretbar, wenn Anlagentechnik verwendet wird, die den Energiebedarf weiter senken. Entsprechende Anlagenvarianten mit Wärmerückgewinnung, Abluft-Wärmepumpe, solarer Warmwasserbereitung und Kraft-Wärme-Kopplung wurden mit der Beibehaltung der dezentralen Wärmeerzeugung als Referenzvariante verglichen. Die möglichen Primärenergie- und Emissionseinsparungen gegenüber dieser Referenzvariante liegen im Bereich von 10 bis 35%. Auch in Hinblick auf die Verbrauchs- und Betriebskosten schneiden die zentralen Systeme gut ab, mit Ausnahme der Variante mit BHKW, das auf Grund der ungenügenden Einspeisevergütungen für den erzeugten Strom nicht zu nennenswerten Verbrauchskosteneinsparungen gegenüber der Referenzvariante führt. Falls weder ein Fernwärmenetz noch eine Erdgasversorgung zur Verfügung stehen, kann eine Wärmeerzeugung mit elektrischen Erdreich/Sole-Wärmepumpen oder mit Holzkesseln in einer gebäudezentralen Heizzentrale eine sinnvolle Alternative sein. Aus Sicht des Energieversorgers ist eine

Wärmeversorgung interessant, bei der die Auslastung des Erdgasnetzes nicht im gleichen Maße wie der Heizwärmebedarf der sanierten Gebäude sinkt. Damit kann der Anteil der Netzkosten am spezifischen Wärmepreis niedrig gehalten werden. Unter diesem Gesichtspunkt kann die Versorgungsvariante mit Klein-BHKW interessant sein. Gegenüber 125 MWh/(ha a) vor der Sanierung, sinkt die Abnahme aus dem Erdgasnetz nur auf 96 MWh/(ha a), anstatt auf 38 MWh/(ha a) bei der energieoptimierten Variante. Gleichzeitig sinkt die maximale Netzbelastung (Leistung aufgrund des Spitzenvolumenstroms) auf 1,1 m<sup>3</sup>/(h ha). Unter den österreichischen Randbedingungen für die Kraft-Wärme-Kopplung ist der Betrieb eines Klein-BHKWs für private Betreiber kaum interessant und kann nur im Rahmen eines Contracting-Modells durch den Energieversorger funktionieren.

Das **zweite Referenzquartier**, das Gelände der ehemaligen **Trollmannkaserne** liegt nördlich des Stadtzentrums von Steyr. Das Sanierungs- und Stadtentwicklungskonzept für dieses Quartier sieht den Erhalt von 4 bestehenden Gebäuden und die Errichtung von neuen Gebäuden mit gemischter Nutzung vor. Die Fläche des Areals beträgt 6,1 ha. Davon wird ein etwa 0,9 ha großer Bereich mit altem Baumbestand als Park innerhalb des Quartiers erhalten. Für die Sanierung der Bestandsgebäude ist ein Heizenergiekennwert von 45 kWh/(m<sup>2</sup>a) angestrebt. Von diesen Gebäuden sollen zwei für Büros genutzt werden, ein Gebäude wird als Wohnraum saniert und im ehemaligen Hauptgebäude sind ein Seniorenheim und ein Kindergarten vorgesehen. Im gesamten südlichen Bereich sollen Wohngebäude im Passivhausstandard mit einem Heizenergiekennwert von 15 kWh/(m<sup>2</sup>a) entstehen. Für die neuen Gebäude im nördlichen Bereich ist eine vorwiegend gewerbliche Nutzung mit Büros, Geschäften und Praxen vorgesehen. Diese Gebäude sind mit einem Heizenergiekennwert von 30 kWh/(m<sup>2</sup>a) geplant. Die Gesamt-Brutto-Geschossfläche beträgt 64.634 m<sup>2</sup>, dies ergibt eine Energiebezugsfläche von rund 50.000 m<sup>2</sup>, davon rund 27.000 als Wohnfläche. Die Bebauungsdichte beträgt 1,06.

Durch einen hohen Anteil an freien Flächen, auf denen Neubauten mit hohem Dämmstandard und geringem Heizwärmebedarf erstellt werden können, und in Verbindung mit einer energetisch hochwertigen Sanierung der Bestandsgebäude, kann ein mittlerer Heizenergiekennwert im untersuchten Gebiet von etwa 25 kWh/(m<sup>2</sup> a) erreicht werden. Obwohl für fast die Hälfte der Flächen eine Gewerbe- und Büronutzung vorgesehen ist, die mit sehr geringem Warmwasserbedarf verbunden ist, erreicht der Warmwasserbedarf des Gesamtgebietes einen Anteil von 33% am Gesamtwärmebedarf. Dadurch sind sehr gute Voraussetzungen für die thermische Solarenergienutzung gegeben. Durch die hohe Verdichtung mit einer Bebauungsdichte von 10,6 werden trotz der geringen Heizenergiekennwerte der Gebäude mit 317 MWh/(ha\*a) eine Flächendichte des Wärmebedarfs erreicht, die einen wirtschaftlichen Betrieb eines Nahwärmenetzes möglich erscheinen lassen. In Verbindung mit einem Nahwärmenetz ist eine Heizzentrale mit Holzhackschnitzel-Heizwerk und Gas-Spitzenlastkessel die Variante mit den niedrigsten Gesamt-Investitionen und den geringsten Umweltbelastungen. Mit einem Primärenergie-Einsatz von 17,8 kWh/(m<sup>2</sup> a) wird ein sehr geringer mittlerer PE-Kennwert für Warmwasser und Heizung erreicht. Durch die Einbindung von großen Solarkollektoranlagen in das Nahwärmenetz kann mit einem Kurzzeitspeicher ein solarer Deckungsanteil von 16% und mit einem saisonalen Langzeitspeicher sogar über 50% erreicht werden. Grundsätzlich kann die solare Nahwärme mit Kurzzeit-Wärmespeicher auch mit einer Holzhackschnitzel-Heizzentrale kombiniert werden. Die Gesamt-Investitionen erhöhen sich entsprechend. Gleichzeitig ist mit einer weiteren Reduktion des Primärenergieeinsatzes und der CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber der Variante Holzhackschnitzel-Heizwerk zu rechnen.

Das **Referenzquartier Ennsleite** befindet sich südlich des Stadtzentrums von Steyr oberhalb der Enns. Der untersuchte Bereich umfasst eine Fläche von 18,8 ha mit insgesamt 133 Gebäuden. Bei einer Gesamt-Bruttogeschossfläche von rund 133.700 m<sup>2</sup> beträgt die Bebauungsdichte 0,71. Es handelt sich fast ausschließlich um 3 bis 5-geschossige Wohngebäude. Es gibt drei höhere Gebäude mit 7, 8 und 10 Geschossen. Die beheizte Wohnfläche (Energiebezugsfläche) beträgt insgesamt knapp 100.000 m<sup>2</sup> in 1158 Wohneinheiten. Hinzu kommt ein Schulgebäude mit einer beheizten Nutzfläche von ca. 7750 m<sup>2</sup>. Die Gebäude wurden überwiegend in den 60iger und 70iger Jahren gebaut. Ein Teil der Gebäude wurde nachträglich gedämmt und zwar Anfang der 90iger Jahre mit einer mittleren Dämmstärke von 40 mm und im Jahr 2000 mit einer mittleren Dämmstärke von 80 mm. Die Gebäude können somit drei Klassen des Wärmedämmstandards zugeordnet werden. Entsprechend den Heizwärme-Kennwerten kann den Gebäudeklassen auch eine mittlere, spezifische Auslegungs-Heizlast zugeordnet werden. 90% der Gebäude sind an ein sternförmig verlegtes Fernleitungsnetz angeschlossen. Die Heizzentrale mit einem Heizwerk befindet sich zentral im Stadtteil. Die Länge des Leitungsnetzes beträgt ca. 4250 m mit Nennweiten zwischen DN 40 und DN 200. Im Stadtteil ist außerdem ein Erdgasnetz verlegt. Die nicht mit Fernwärme versorgten Gebäude werden mit Gas-Einzelöfen oder gebäudezentralen Kesseln beheizt.

Der untersuchte Stadtteil weist eine hohe Wärmebedarfsdichte und somit gute Voraussetzungen für eine leitungsgebundene Energieversorgung auf. Selbst nach einer wärmetechnischen Sanierung eines Großteils der Gebäude auf einen sehr guten Heizwärmeleitwert, durch die sich die Wärmebedarfsdichte um etwa 50% reduziert, ist eine wirtschaftliche Versorgung über Fernwärme noch möglich. Wärmeverteilnetze in Stadtteilen der untersuchten Größe und Gebäudedichte haben Netzverluste, die im Bestand bei etwa 4 bis 7% der Wärmelieferung liegen, deren Anteil sich jedoch nach einer Sanierung im angenommenen Rahmen auf 10 bis 14% erhöhen können. Je geringer die Wärmebedarfsdichte des versorgten Gebietes wird, umso ungünstiger werden sich die Netzverluste auf die Gesamtbilanz auswirken. Eine zentrale Wärmeerzeugung mit Wärmeverteilnetz rechtfertigt sich ökologisch nur, wenn sie deutliche Vorteile gegenüber dezentralen Wärmeerzeugern durch höhere Energieeffizienz, höheren Einsatz von regenerativen Brennstoffen oder den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung aufweist. Mit einem Holzhackschnitzel-Heizwerk betragen Primärenergieeinsatz und CO<sub>2</sub>-Emissionen lediglich etwa die Hälfte als bei dezentraler Wärmeerzeugung mit Erdgas. Die Nutzung thermischer Solarenergie erfolgt in Quartieren mit der untersuchten Struktur am sinnvollsten mit dezentralen Solaranlagen, deren Wärmeertrag im Gebäude selbst direkt zur Warmwasserbereitung genutzt wird. Wenn auf etwa 50% der Gebäude Solaranlagen installiert werden, wird nach der Sanierung ein solarer Deckungsanteil von 7 bis 8% erreicht. Zentrale Solaranlagen, deren Wärme in ein Wärmeverteilnetz eingespeist wird, erfordern günstige Bedingungen bei den Wärmeübergabesystemen und den Netz-Rücklauftemperaturen, die sich bei der untersuchten Sanierungsstruktur nur schwer realisieren lassen. Sie sind deshalb für Sanierungsgebiete mit vergleichbarer Konstellation nicht zu empfehlen. Das für die Solarenergie zu erschließende Potential von etwa 2% am Gesamt-Wärmebedarf ist darüber hinaus auch relativ gering. Durch die Sanierung von etwa der Hälfte der Gebäude auf einen Heizenergieleitwert von 40 kWh/(m<sup>2</sup>a) und eine Versorgung über ein Holzhackschnitzel-Heizwerk mit Gas-Spitzenlastkessel und Fernwärmenetz kann der Primärenergieeinsatz und die CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Raumheizung und Warmwasserbereitung im Stadtteil um etwa 80% gegenüber dem Bestand reduziert werden.

## **Planung und Umsetzung eines Leitprojektes**

Mit den Erkenntnissen aus den ersten beiden Projektebenen wurde ein konkreter Planungsvorschlag als eine städtebauliche Sanierungsstudie für das Trollmannkasernengelände ausgearbeitet. Der derzeitige Grundeigentümer und die Stadt Steyr wurden in den Planungsprozess mit eingebunden. Schwerpunkt des Projektes war die sorgfältige Berücksichtigung und Erhaltung des Gebäude- sowie des Baumbestandes. Der konkreten Planung ist eine genaue Analyse des umliegenden Stadtgebietes vorausgegangen. Über verschiedene Entwicklungsschritte, bei denen das Planungsareal mit den Bestandsgebäuden in Kontext zum umliegenden Stadtraum betrachtet wurde, konnten für das Planungsgebiet Bebauungsfelder definiert werden. Entscheidend dabei waren z.B. umliegende Bebauungsstrukturen, wichtig städtebauliche Linien, Sichtbeziehungen oder die Topographie. Fünf verschiedene Bebauungsentwürfe die immer wieder abgeändert wurden führten schließlich zum Nachnutzungskonzept für das aufgelassene Kasernengelände.

Mittels Lebenszyklusanalyse wurde nach anfänglichen Schwierigkeiten gezeigt, dass einer Sanierung der Bestandsgebäude gegenüber einem Totalabriss und Neubau der Vorzug zu geben ist. Obwohl die Lebenszyklusanalyse heute für Neubauten an der Schwelle zur Routine-Planungstechnik steht, so wurde hier sichtbar, dass im Bereich der historischen Bausubstanz noch viel Forschungsaufwand notwendig ist, um eine solide Datenbasis und damit sichere Entscheidungsgrundlagen bereitstellen zu können. Das in diesem Projekt diskutierte Beispiel einer Konversion vom Militärgebäude zu Wohnnutzung zeigt die gesamte Palette der gegenüber dem Neubau zusätzlich auftretenden Fragestellungen auf: Wie ist die bestehende Bausubstanz zu bewerten? Welcher Anteil der vorgefundenen Bausubstanz sollte erhalten und welcher rückgebaut werden? Wie verhalten sich weitgehend undokumentierte Bauteile und technische Systeme bei der Entsorgung? Welche technischen Restriktionen treten für Sanierungselemente aufgrund der erhaltenen Bausubstanz auf? Alle diese Fragen müssen heute im konkreten Fall pragmatisch beantwortet werden. Ein vollständiger Leitfaden zur systematischen Lösung steht allerdings noch aus. Auch wenn in einigen Jahren eine vollständige Lebenszyklusanalyse für Sanierungen möglich ist, werden ihre Ergebnisse lediglich ein Argument für Sanierung oder Neubau an gleicher Stelle darstellen. Daneben werden weiterhin der Städtebau, der Denkmalschutz und die Finanzen gewichtige Argumente ins Feld führen. Aber die Aspekte des Umweltschutzes im Allgemeinen und des Klimaschutzes im Speziellen lassen sich dann rational abwägen und mit den richtigen Prioritäten versehen. Bei allen diskutierten Unsicherheiten sprechen doch bei dem untersuchten Objekt fast alle Argumente für die Sanierungs-Lösung. An erster Stelle ist hier der ökonomische Vorteil zu nennen, der das Objekt für Investoren attraktiver macht, ohne dadurch die Umwelt mehr zu belasten, als es im Neubau-Szenario geschehen würde –

vorausgesetzt, der angestrebte gute NEH-Standard wird realisiert. Die ökologischen Defizite der Sanierungs-Lösung, die hauptsächlich im Bereich der Ozon-Zerstörung und beim Sommersmog angesiedelt sind, konnten schon in dieser groben Analyse dem häuslichen Wärmereizeger zugeordnet werden. Im Zuge der haustechnischen Optimierung lassen sich solche Schwachstellen mit Werkzeugen wie GEMIS [GEMIS 1999] gezielt angehen und beseitigen. Das nachhaltigste Argument für ein weiteres Verfolgen der Sanierungs-Lösung liefert jedoch die gegenwärtige technologische Entwicklung im Bereich der Passivhaus-Komponenten. In den letzten Jahren wurden an verschiedenen Stellen Sanierungen zum Passivhaus mit Standard-Komponenten durchgeführt, s. z.B. [SCHU 2003] für einen Geschosswohnungsbau oder [WER 2003] für ein Bürogebäude.

Bei der Erstellung des Bebauungsentwurfes kam dem städtebaulichen Simulationsprogramm GOSOL eine wichtige Aufgabe bei der solar-energetischen Optimierung zu. Mit dem solarenergetischen Simulationsprogramm ist es erstmals möglich, qualitative und quantitative Aussagen bezüglich des Energiebedarfs und der Besonnungssituation von städtebaulichen Problemstellungen zu treffen. GOSOL liefert die „hard facts“ in Form von Gesamtenergieverbrauch, durchschnittlichem spezifischen Heizwärmebedarf, solarem Verlust, Besonnungstunden usw., die vor und nach einer Optimierung verglichen werden können. GOSOL liefert aber nicht nur die Vergleichswerte, sondern vielmehr auch die Ansatzpunkte für eine Optimierung. Fragen, ob bei einem bestimmten Gebäude die Verschattung durch die Nachbargebäude, durch Bäume oder eine ungünstige Orientierung den maßgeblichen Faktor für die Höhe des Heizwärmebedarfs darstellen, können mit GOSOL leicht und eindeutig beantwortet werden. Durch die Verschattungssilhouetten kann auch für jedes einzelne Fenster genau bestimmt werden, welche Objektkanten für eine ungünstige Verschattung verantwortlich sind. Mit diesen Bestimmungen konnte gezielt in den Entwurf eingegriffen werden. Dabei hat sich gezeigt, dass auch schon kleine Veränderungen in Form von Verschiebungen von Gebäuden um wenige Meter oder die Reduktion eines Geschosses große Auswirkungen auf den Heizwärmebedarf bzw. die Besonnungssituation haben. Trotz der positiven Erfahrung mit der Planung und Optimierung durch GOSOL muss gesagt werden, dass die solarenergetische Optimierung nur ein Teilbereich einer städtebaulichen Planung sein kann. Viele andere wichtige Parameter sind in der Planung zu berücksichtigen. Es muss daher ein vernünftiger Kompromiss gefunden werden, in dem alle Bedürfnisse bestmöglich befriedigt werden können.

## Fazit

Der neue Ökostadtteil auf dem Trollmangelände zeigt, dass ökologisches und energieeffizientes Sanieren im Zusammenhang mit städtebaulichen Nachverdichtungsmaßnahmen keine Sonderlösungen darstellen, sondern hohe qualitative und quantitative Verbesserungen hervorbringen. Es wird auch ersichtlich, dass sowohl Grundstückseigentümer, Kommune und vor allem die Nutzer gleichermaßen profitieren und dabei deren Wettbewerbsfähigkeit in verschiedene Richtungen steigt. Im gesamten Projekt zeigt sich deutlich, dass sehr große Potentiale in der Nachverdichtung innerstädtischer Quartiere und in der Umnutzung und Sanierung von Gebäudebeständen stecken. Nirgends können so viele Ressourcen eingespart werden, als bei der Sanierung und Umstrukturierung von innerstädtischen Stadtteilbereichen. Enorm wichtig dabei ist, dass zu einem möglichst frühen Zeitpunkt alle beteiligten Entscheidungsträger gemeinsam die Richtung definieren, und dass vor allem die Kommunikation zwischen den Entscheidungsträgern richtig funktioniert. Mit dem Projekt ZSG steht nun eine Planungsvorlage als Leitfaden zur Verfügung, die sich auf Fragestellungen von Kommunen, Stadtplanern und Architekten sowie Investoren und Projektentwicklern bezieht.



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Sanierungsprojekte.....	9
Tabelle 2: Einsparpotential Heizenergie Neubau .....	22
Tabelle 3: Einsparpotential Heizenergie Sanierung.....	22
Tabelle 4: CO2 Einsparpotential.....	22
Tabelle 5: Flächenaufstellung .....	26
Tabelle 6: Gebäudekennwerte .....	28
Tabelle 7: Aufbauten Außenwand/Boden/Dach .....	28
Tabelle 8: Fenster/Türen .....	28
Tabelle 9: Gebäudekennwerte.....	31
Tabelle 10: Aufbauten Außenwand/Boden/Dach.....	31
Tabelle 11: Fenster/Türen.....	31
Tabelle 12: Verbesserung der EKZ durch Erhöhung der Dämmstärke .....	32
Tabelle 13: Verbesserung der EKZ durch Erhöhung der Dämmstärke .....	32
Tabelle 14: Verbesserung der EKZ durch Erhöhung der Dämmstärke .....	33
Tabelle 15: Verbesserung der EKZ durch Reduzierung des Fenster U-Wertes .....	33
Tabelle 16: Verbesserung der EKZ durch Einbau einer Komfortlüftung.....	34
Tabelle 17: Gebäudekennwerte .....	39
Tabelle 18: Aufbauten Außenwand/Boden/Dach.....	39
Tabelle 19: Fenster/Türen.....	40
Tabelle 20: Flächenaufstellung .....	46
Tabelle 21: Gebäudekennwerte .....	48
Tabelle 22: Aufbauten Außenwand/Boden/Dach.....	48
Tabelle 23: Fenster/Türen.....	48
Tabelle 24: Flächenaufstellung .....	49
Tabelle 25: Gebäudekennwerte .....	57
Tabelle 26: Aufbauten Außenwand/Boden/Dach.....	57
Tabelle 27: Fenster/Türen.....	57
Tabelle 28: Verbesserung der EKZ durch Erhöhung der Dämmstärke .....	58
Tabelle 29: Verbesserung der EKZ durch Erhöhung der Dämmstärke .....	58
Tabelle 30: Verbesserung der EKZ durch Erhöhung der Dämmstärke .....	59
Tabelle 31: Verbesserung der EKZ durch Reduzierung des Fenster/Türen U-Wertes .....	59
Tabelle 32: Verbesserung der EKZ durch Einbau einer Komfortlüftung.....	59
Tabelle 33: Gebäudekennwerte .....	64
Tabelle 34: Aufbauten Außenwand/Boden/Dach.....	64
Tabelle 35: Fenster/Türen.....	65
Tabelle 36: Flächenaufstellung .....	70
Tabelle 37: Gebäudekennwerte .....	73
Tabelle 38: Aufbauten Außenwand/Boden/Dach.....	73
Tabelle 39: Fenster/Türen.....	73
Tabelle 40: Gebäudekennwerte .....	76
Tabelle 41: Aufbauten Außenwand/Boden/Dach.....	76
Tabelle 42: Fenster/Türen.....	76
Tabelle 43: Verbesserung der EKZ durch schrittweise Erhöhung der Dämmstärke.....	77
Tabelle 44: Verbesserung der EKZ durch schrittweise Erhöhung der Dämmstärke.....	77
Tabelle 45: Verbesserung der EKZ durch schrittweise Erhöhung der Dämmstärke.....	78
Tabelle 46: Verbesserung der EKZ durch Reduzierung des Fenster/Türen U-Wertes .....	78
Tabelle 47: Verbesserung der EKZ durch Einbau einer Komfortlüftung.....	78
Tabelle 48: Gebäudekennwerte .....	83
Tabelle 49: Aufbauten Außenwand/Boden/Dach.....	83
Tabelle 50: Fenster/Türen.....	83
Tabelle 51: Übersicht Haustechnikkonzept für Wärme und Lüftung .....	178
Tabelle 52: Übersicht Haustechnikkonzept für Wärme und Lüftung .....	188
Tabelle 53: Pflichtblatt für Wohnungslüftungsanlagen / WE Typ 1 .....	190
Tabelle 54: Pflichtblatt für Wohnungslüftungsanlagen / WE Typ 4 .....	191
Tabelle 55: Pflichtblatt für Wohnungslüftungsanlagen / 1 WE.....	197
Tabelle 56: Verteilung des Endenergieeinsatzes für Warmwasser und Raumwärme auf Energieträger (nach Energiefluss Österreich 200, Energieverwertungsagentur, Wien) .....	202
Tabelle 57: CO2-Äquivalent-Emissionen und Primärenergiefaktoren für ausgewählte Energieträger, bezogen auf Endenergie bei der Wärmebereitstellung (nach GEMIS 4.14, September 2002) .....	203

Tabelle 58:	CO <sub>2</sub> -Äquivalent-Emissionen und Primärenergiefaktoren für die Strombereitstellung ausgewählter Kraftwerkparks (GEMIS 4.14, Sept. 2002) .....	203
Tabelle 59:	CO <sub>2</sub> -Äquivalent-Emissionen und Primärenergiefaktoren für die Strombereitstellung ausgewählter Kraftwerkparks (GEMIS 4.14, Sept. 2002) .....	204
Tabelle 60:	Übersicht über die energetischen und wirtschaftlichen Kennwerte der untersuchten Varianten .....	212
Tabelle 61:	Übersicht über Flächen und Heizenergie-Kennwerte der sanierten und neu gebauten Gebäude (Planungswerte).....	213
Tabelle 62:	HeizwärmeKenndaten / spezifische Auslegungs-Heizlast .....	218
Tabelle 63:	Kenndaten für EFH Einfamilienhaus, DH Doppelhaus, MFH Mehrfamilienhaus, RH Reihenhaus .....	219
Tabelle 7-1	Erfasste Kriterien für die Wirkungsbilanz von Baumaterialien .....	228
Tabelle 2:	durchschnittliche Wohnnutzfläche .....	266
Tabelle 3:	durchschnittliche Haushaltsgröße .....	266
Tabelle 4:	Anzahl der Privathaushalte .....	267
Tabelle 5:	Wohnbevölkerung .....	267
Tabelle 6:	Bettenbedarf in Steyr.....	268

### Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1:	Südanischt/ Straßenansicht.....	24
Abbildung 2:	Grundriss Erdgeschoss.....	25
Abbildung 3:	Grundriss 1.Obergeschoss.....	25
Abbildung 4:	Längsschnitt.....	26
Abbildung 5:	PHPP Bestand .....	27
Abbildung 6:	PHPP Sanierung Konventionell .....	30
Abbildung 7:	PHPP Sanierung Minimiert .....	36
Abbildung 8:	PHPP Sanierung Optimierte .....	38
Abbildung 9:	PHPP Sanierung Maximiert .....	41
Abbildung 10:	Objekt 1 Nord-Westansicht/Süd-Ostansicht .....	42
Abbildung 11:	Grundriss Erdgeschoss.....	43
Abbildung 12:	Grundriss 1.Obergeschoss.....	44
Abbildung 13:	Grundriss Kellergeschoss.....	45
Abbildung 14:	Schnitt .....	46
Abbildung 15:	PHPP Bestand .....	47
Abbildung 16:	Grundriss Erdgeschoss.....	50
Abbildung 17:	Grundriss 1.Obergeschoss.....	51
Abbildung 18:	Grundriss Erdgeschoss.....	53
Abbildung 19:	Grundriss 1.Obergeschoss.....	54
Abbildung 20:	PHPP Sanierung Konventionell .....	56
Abbildung 21:	PHPP Sanierung Minimiert .....	61
Abbildung 22:	PHPP Sanierung Optimierte .....	63
Abbildung 23:	PHPP Maximiert .....	66
Abbildung 24:	Nord-Ostansicht .....	67
Abbildung 25:	Grundriss Regelgeschoss .....	68
Abbildung 26:	Grundriss Kellergeschoss.....	69
Abbildung 27:	Schnitt .....	70
Abbildung 28:	PHPP Bestand .....	72
Abbildung 29:	PHPP Konventionell.....	75
Abbildung 30:	PHPP Minimiert .....	80
Abbildung 31:	PHPP Optimierte .....	82
Abbildung 32:	PHPP Maximiert .....	85
Abbildung 33:	Wandaufbau.....	87
Abbildung 34:	Wandaufbau.....	88
Abbildung 35:	Anschluss Fenster .....	88
Abbildung 36:	Anschluss Innenwand .....	89
Abbildung 37:	Anschluss oberste Geschoßdecke, quer .....	89
Abbildung 38:	Anschluss oberste Geschoßdecke, längs .....	90
Abbildung 39:	Sockel.....	90
Abbildung 40:	Wandaufbau.....	91
Abbildung 41:	Fensteranschluss .....	91
Abbildung 42:	Anschluss Innenwand .....	92
Abbildung 43:	Anschluss oberste Geschoßdecke, quer .....	92
Abbildung 44:	Anschluss oberste Geschoßdecke, längs .....	93



Abbildung 45: Sockel.....	93
Abbildung 46: Fensteranschluss .....	94
Abbildung 47: Eckdetail .....	94
Abbildung 48: Sockeldetail/Fußbodenaufbau .....	95
Abbildung 49: Traufe/oberste Geschoßdecke.....	96
Abbildung 50: Fensteranschluss Leibung breit .....	97
Abbildung 51: Fensteranschluss Leibung 90°.....	97
Abbildung 52: Attika/oberste Geschoßdecke/Fensteranschluss.....	98
Abbildung 53: Fensteranschluss .....	99
Abbildung 54: auskragende Balkonplatte.....	99
Abbildung 55: Sockeldetail.....	100
Abbildung 56: Anbindung der Heizkörper im Tichelmann-System .....	157
Abbildung 57: Zentrale Abluftanlage .....	163
Abbildung 58: Zentrale Abluftanlage mit Abwärmenutzung durch Wärmepumpe .....	164
Abbildung 59: Dezentrale Abluftanlagen mit gemeinsamer Fortluftleitung .....	165
Abbildung 60: Zentrale Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung .....	167
Abbildung 61: Dezentrale Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung.....	169
Abbildung 62: Semizentrale Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung .....	170
Abbildung 63: Funktionsschema einer Heizungsanlage mit solarer Warmwasserbereitung und solarer Heizungsunterstützung (Quelle: Solvis).....	173
Abbildung 64: energetische Auswirkung unterschiedlicher Verlegung der Zuluft- und Abluftleitungen .....	176
Abbildung 65: Lüftungskonzept Erdgeschoss.....	179
Abbildung 66: Lüftungskonzept Obergeschoss.....	179
Abbildung 67: Lüftungskonzept Strangschema.....	180
Abbildung 68: energetische Kennwerte für unterschiedliche Konzepte für Wärme und Lüftung .....	181
Abbildung 69: Wohnungsstation zur Warmwasserbereitung im Durchflusprinzip mit Plattenwärmetauscher (Quelle: Fa. Logotherm) .....	185
Abbildung 70: Lüftungskonzept Objekt 1.....	189
Abbildung 71: Lüftungskonzept Strangschema Objekt 1 .....	189
Abbildung 72: energetische Kennwerte für unterschiedliche Konzepte für Wärme und Lüftung .....	192
Abbildung 73: Beispiel für die Erschließung einer Wohnung im Geschosswohnungsbau mit einem gemeinsamen Installationschacht für Heizung, Lüftung und Sanitär. ....	194
Abbildung 74: Beispiel für die Erschließung einer Wohnung im Geschosswohnungsbau mit Lüftungsleitungen auf der Außenwand und dadurch reduziertem Platzbedarf für den Installationschacht. ....	194
Abbildung 75: Übersicht über die spezifischen Investitionen für die Haustechnik, netto, bezogen auf eine mittlere Wohnungsgröße von 75 m <sup>2</sup> .....	200
Abbildung 76: energetische Kennwerte für die untersuchten Varianten .....	201
Abbildung 77: Solarer Deckungsanteil am Gesamtwärmebedarf, Primärenergieeinsatz und CO <sub>2</sub> -Äquivalent-Emissionen der untersuchten Varianten, bezogen auf die gesamte, beheizte Wohn- und Nutzfläche (Energiebezugsfläche) im untersuchten Quartier.....	217
Abbildung 78: Jährlicher Energiebedarf und Emissionen unterschiedlicher Versorgungsvarianten, bezogen auf die gesamte, beheizte Wohn- und Nutzfläche (Energiebezugsfläche) im untersuchten Quartier .....	222
Abbildung 79: Orthofoto Trollmannkaserne .....	225
Abbildung 7-80 Schematisches Lebenszyklusmodell eines Gebäudes .....	227
Abbildung 7-81 Investitionen und Folgekosten eines Reihenhauses über 80 Jahre. ....	229
Abbildung 7-82 Schematische Darstellung der untersuchten Szenarien. ....	230
Abbildung 7-83 Kumulierte Massenströme für die Szenarien „Sanierung“ und „Neubau“ .....	231
Abbildung 7-84 Kumulierte Investitionen und Betriebskosten über 80 Jahre für den Neubau. ....	232
Abbildung 7-85 Kumulierte Investitionen und Betriebskosten über 80 Jahre für die Sanierung. ...	232
Abbildung 7-86 Vergleich der Wirkungsbilanzen zwischen Neubau und Sanierung für die Bauphase .....	233
Abbildung 7-9 Vergleich der Wirkungsbilanzen zwischen Neubau und Sanierung für die Nutzungsphase von 80 Jahren. ....	233
Abbildung 7-88 Vergleich der Wirkungsbilanzen zwischen Neubau und Sanierung für den gesamten Lebenszyklus.....	234
Abbildung 7-11 Anteil der Innenwände am stofflichen Inventar des sanierten Gebäudes. ....	234
Abbildung 7-12 Wirkungsbilanzen der Herstellung und Wartung von Innenwänden relativ zu den übrigen Elementen des Innenausbau.....	235
Abbildung 13: Nutzungen .....	238
Abbildung 14: motorisierter Individualverkehr .....	239

Abbildung 15: öffentlicher Verkehr.....	240
Abbildung 16: Rad und Fußverbindungen .....	241
Abbildung 17: Einrichtungen .....	242
Abbildung 18: Grün und Freiräume.....	244
Abbildung 19: Siedlungsmuster.....	246
Abbildung 20: Potentialflächen .....	247
Abbildung 21: Ränder.....	248
Abbildung 22: Verkehrsflächenplanung.....	249
Abbildung 23: Verkehrsanbindung.....	250
Abbildung 24: Defizite .....	251
Abbildung 25: Grün-/Freiräume Bestand.....	252
Abbildung 26: Grün-/Freiräume ergänzt.....	253
Abbildung 27: Infrastruktur Bestand.....	254
Abbildung 28: Infrastruktur ergänzt.....	255
Abbildung 29: Planungsareal .....	256
Abbildung 30: Planungsareal .....	257
Abbildung 31: Posthofknoten .....	258
Abbildung 32: Strukturierungsvariante .....	259
Abbildung 33: Strukturierungsvariante.....	260
Abbildung 34: Strukturierungsvariante .....	260
Abbildung 35: Strukturierungsvariante .....	261
Abbildung 36: Strukturierungsvariante .....	261
Abbildung 37: Strukturierungsvariante .....	262
Abbildung 38: Strukturierungsvariante .....	263
Abbildung 39: Strukturierungsvariante .....	264
Abbildung 40: Städtebauliche Linien.....	265
Abbildung 41: Bebauungsvariante 1 .....	270
Abbildung 42: Dichteberechnung Bebauungsvariante 1 .....	271
Abbildung 43: Bebauungsvariante 2 .....	272
Abbildung 44: Dichteberechnung Bebauungsvariante 2 .....	273
Abbildung 45: Bebauungsvariante 3 .....	274
Abbildung 46: Bebauungsvariante 4 .....	276
Abbildung 47: Dichteberechnung Bebauungsvariante 4 .....	277
Abbildung 48: Bebauungsvariante 5 .....	278
Abbildung 49: Dichteberechnung Bebauungsvariante 5 .....	279
Abbildung 50: Nachnutzungskonzept Kasernengelände Steyr.....	282
Abbildung 51: Schnitte Kasernengelände Steyr.....	283
Abbildung 52: Verkehrsführung Kasernengelände Steyr .....	284
Abbildung 53: Ruhender Verkehr Kasernengelände Steyr.....	285
Abbildung 54: Nutzflächen Kasernengelände Steyr .....	286
Abbildung 55: Nutzungen Kasernengelände Steyr.....	287
Abbildung 56: Geschossflächenzahl Kasernengelände Steyr .....	288
Abbildung 57: Bebauungsdichten Kasernengelände Steyr .....	289
Abbildung 58: A/V-Verhältnis .....	291
Abbildung 59: Abhängigkeit von A/V-Verhältnis und Baukörperlänge .....	292
Abbildung 60: Abhängigkeit von A/V-Verhältnis und Baukörpertiefe.....	292
Abbildung 61: Abhängigkeit von A/V-Verhältnis und Geschossanzahl.....	293
Abbildung 62: Verschattung durch Nachbargebäude .....	294
Abbildung 63: Verschattung durch Baumreihen.....	294
Abbildung 64: Dämmstandards .....	295
Abbildung 65: Simulationsstruktur .....	297
Abbildung 66: Spezifischer Heizwärmebedarf .....	299
Abbildung 67: Zunahme des spezifischen Heizwärmebedarfs durch Baumverschattung .....	300
Abbildung 68: Zunahme des spezifischen Heizwärmebedarfs durch Hausverschattung .....	301
Abbildung 69: Zunahme des spezifischen Heizwärmebedarfs durch ungünstige Ausrichtung .....	302
Abbildung 70: Besonnungsdauer am 21. Dezember im Erdgeschoss .....	303
Abbildung 71: Besonnungsdauer am 21. Dezember im 1. Obergeschoss .....	304
Abbildung 72: Besonnungsdauer über den gesamten Februar im Erdgeschoss.....	305
Abbildung 73: Besonnungsdauer über den gesamten Februar im 1. Obergeschoss.....	306