

Fakultät Architektur

## Vorstudie: Energetische Sanierung von Einfamilienhäusern in Erlangen

Roland Krippner | Hubert Kress



Prof. Dipl.-Ing. Hubert Kress  
Prof. Dr.-Ing. Roland Krippner (Projektleitung)

Georg-Simon-Ohm-Hochschule für angewandte Wissenschaften -  
Fachhochschule Nürnberg  
Fakultät Architektur  
Keßlerplatz 12  
90489 Nürnberg

Telefon: 0911 / 5880-1251  
Telefax: 0911 / 5880-5195  
AR-Fakultaet@ohm-hochschule.de  
<http://www.ohm-hochschule.de>

Mitarbeiter

Patrycja Bolek (B.A.)  
Svenja Burger (B.A.)  
Ertan Karaköse (B.A.)  
Peter Nowak  
Johannes Rudel (B.A.)

Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Bearbeiter

Die Bearbeiter bedanken sich bei der  
Stadtparkasse Erlangen  
für Förderung und finanzielle Unterstützung  
der Projektarbeiten

Nürnberg, Januar 2012

# Inhalt

1	Ziele des Vorstudie	3	Energetische Sanierung von Einfamilienhäusern in Erlangen
2	Zur 'Zweiten Chance'	5	
	2.1 Hintergrund	5	Inhalt
	2.2 Einsparpotentiale im Kleinwohnungsbau	5	
	2.3 Sanierungsansätze	6	
3	Situation in Erlangen	10	
	3.1 Gebäudebeispiele	10	
	3.2 Erste Einschätzungen	13	
4	(Zwischen-)Fazit	15	
5	Gebäudebeispiele	18	
	5.1 Beispielprojekte "Sanierung"	19	
	5.2 Beispielprojekte "Solartechnik"	76	
	5.3 Beispielprojekte "Vorstudie"	91	
6	Anhang	95	
	6.1 Literaturliste	95	
	6.2 Abbildungsnachweis	97	
	6.3 Statische Erhebungen zum Bautenbestand der Ein- und Zweifamilienhäuser in Erlangen	98	

## 1 Ziele des Vorstudie

Die Stadt Erlangen hat einen großen, noch nicht den aktuellen energetischen Anforderungen entsprechenden Bautenbestand in privater Hand, der in der Größe von rund 12.000 Ein- und Zweifamilienhäusern – etwa 40 Prozent der Wohnfläche in Erlangen – liegt. Im Rahmen einer Anhörung der Erlanger Innungsbetriebe des Bauhandwerks und der energieberatenden Berufe im Herbst 2008 wurde die Forderung nach Untersuchung einer bauwerksgerechten Vorgehensweise formuliert. Der Hintergrund: Allzu oft werden in ihrer Folge falsch getaktete Sanierungen unternommen. Die Maßnahmen werden aus der Instandsetzungsnotwendigkeit ergriffen, die wiederum bei weiteren Sanierungsschritten dann zu Komplikationen in der Anschluss-thematik der Baukonstruktionen und/oder mit den haustechnischen Erfordernissen führen können. Eine systematische Untersuchung liegt hierzu bisher nach einer ersten Vorbe-wertung nicht vor.

Die Fakultät Architektur der Georg-Simon-Ohm-Hochschule wurde von der Stadt Erlangen und der örtlichen Sparkasse gebeten, zu untersuchen, in welcher Weise die Ein- und Zweifamilienhäuser im Stadtgebiet systema-tisch energetisch verbessert werden können. Im Rahmen einer Studie sollen hierzu in mehreren Schritten die wesentlichen Ge-bäudetypen (freistehendes Einfamilienhaus, Reihen- und Doppelhaus) in verschiedenen Baualterklassen analysiert werden.

An der Fakultät Architektur beschäftigt man sich im Lehrgebiet Hochbaukonstruktion und den damit befassten Professuren mit dem energiebewussten Umgang mit der Bausub-stanz. Ferner wird im Zuge der Etablierung von anwendungsbezogener Forschungs- und Entwicklungsprojekten an einschlägigen The-men gearbeitet.

Mit ersten Untersuchungen zum Bauten-bestand der Erlangener Ein- und Zweifami-lienhäuser konnte mit dem Ziel begonnen werden, daraus methodisch sinnvolle und ökonomisch für die investitionsbereiten Bür-ger leistbare Sanierungsschritte zu erarbei-ten.

Der Gebäudebestand ist gegenüber dem Neubau durch eine Vielzahl zusätzlicher Kri-terien, wie Baualter, Gebäudetyp sowie Ge-sichtspunkte der vorhandenen Baukonstruk-tion etc., bestimmt. Für eine (umfassende) Analyse der genannten Gebäudetypen sind zwei unterschiedliche Erfassungsstrategien erforderlich:

- Für eine ‚quantitative‘ Erfassung stellt zunächst das statistische Quellenmaterial eine wesentliche Grundlage dar. Einspar-potentiale, Kosten und Wirtschaftlichkeits-szenarien lassen sich anhand der Daten über die Anzahl von Gebäuden, Wohnein-heiten, Nutzflächen etc. in Verbindung mit vereinfachten Haustypologien näherungs-weise erstellen.
- Eine energetische Sanierung, die auch architektonische Aspekte und/oder An-sprüche des Denkmalschutzes Rechnung erfüllen soll, erfordert zusätzlich eine ‚qualitative‘ Erfassung, d.h. die Kenntnis charakteristischer Gestalt-Merkmale der Gebäudegruppe bzw. des Einzelhauses.

Zur Vorgehensweise:

Für die Erfassung des Gebäudebestandes und seines baulichen und technischen Ist-Zustandes ist es sinnvoll, vorab Fallstudien anhand einer Auswahl von repräsentativen Gebäuden durchzuführen. Anahnd von etwa fünf exemplarischen Bauen (Gebäudetypen vor allem aus den Baujahren 1949 bis 1968

Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Ziele des Vorstudie

können bereits ausreichende Erkenntnisse erzielt werden. Die weitere Ausarbeitung der stil- oder periodenbezogenen Methoden hängt von diesen Ergebnissen ab. Die Arbeiten umfassen einerseits die Sichtung und Auswertung vorhandener statistischer Daten und gebäudetypologischer Informationen der Stadt Erlangen. Andererseits werden zur Datenerfassung einschlägige Methoden, Instrumente und Fachliteratur herangezogen.

Arbeitsschritte:

- Auswahl von Beispielgebäuden
- Bestandsaufnahme und Datenerhebung
- Überschlägige energetische Bewertung des Ist-Zustands der Beispielgebäude
- Erarbeitung und Darstellung möglicher Sanierungsmaßnahmen

Eine große Schwierigkeit und Herausforderung bleibt bei einer solchen Arbeit die Beschaffung aussagekräftiger Gebäudeinformationen. "Der Gebäudebestand ist in Deutschland wie auch anderswo schlecht dokumentiert. Er lässt sich trotz zeitlicher, konstruktiver und typologischer Kriterien schwer fassen, bleibt inhomogen und erfordert daher eine Betrachtung im Einzelnen."<sup>1</sup>

Die Recherche zu Gebäudebeispielen aus dem Bestand der Stadt Erlangen erfolgte in zwei Schritten:

- Zunächst wurden über das Erlanger Büro KJS+ Architekten anhand von zwei bereits sanierten Gebäuden der jeweilige "Ist-Zustand" der Bauzeit nachgebildet, Sanierungsszenarien durchgeführt und hinsichtlich der energetischen Einsparpotentiale überschlägig Kennwerte ermittelt

- In einem weiteren Schritt konnten in Verbindung mit einer Lehrveranstaltung<sup>2</sup> an der Fakultät Architektur für weitere fünf Beispielgebäude konzeptionell und konstruktiv Sanierungsmöglichkeiten untersucht und aufgezeigt werden.
- Ergänzend wurden in einer parallel durchgeführten Lehrveranstaltung<sup>3</sup> anhand weiterer Ein- und Zweifamilienhäuser auch Aspekte der Integration solartechnischer Systeme wie Kollektoren und Photovoltaikmodule in Maßnahmen der Bestandsanierung betrachtet

Auf den ersten beiden Untersuchungsebenen erfolgte die Bilanzierung der vorgenommenen Maßnahmen mit der Software für "professionelle Energieberatung ... EPASS-HELENA®"<sup>4</sup>, um die qualitativen Maßnahmen auch (überschlägig) quantitativ verifizieren zu können. Dabei sind einige Hemmnisse zu konstatieren

- Die Vielzahl fehlender Parameter zu Baukonstruktion und Anlagentechnik, führten dazu, häufig für die Bauzeit als repräsentativ eingestufte Maßnahmen und Techniken anzunehmen
- Ein komplexes Softwareprogramm stellt eo ipso eine Herausforderung dar; die Bearbeitung führten Masterstudenten der Fakultät Architektur durch, die in der Regel nur zeitlich befristet an den Projekten mitwirken, mit der Folge eingeschränkter Kontinuität bei Betreuung der Arbeiten

Die ermittelten Kennwerte für die betrachteten Energiekenngrößen (spezifischer Primärener-

giebedarf, Endenergiebedarf und Heizwärmebedarf [kWh/m<sup>2</sup>a] sowie die spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen [kg/m<sup>2</sup>a]) und die Wärmeverluste (Dachflächen, Aussenwand, Öffnung) können daher nur als erste Näherung betrachtet werden. Gleichwohl bestätigen Vergleiche mit anderen Erhebungen und Dokumentationen grundsätzlich durchaus Größenordnung und Einsparpotentiale.

Die bisher gewonnenen Daten anhand der Beispielgebäude sollen zur Erhebung des energetischen Ist-Zustandes der genannten Bauwerkstypen des Erlanger Gebäudebestandes dienen. Ferner bilden diese die Basis zur Erarbeitung von Lösungsvorschlägen und Konstruktionsempfehlungen möglicher Sanierungsmaßnahmen und für erste Abschätzungen des wirtschaftlichen Potenzials.

An dieser Stelle sei den Kollegen, Mitarbeitern und insbesondere den Studenten, die in unterschiedlicher Art und Weise an der Durchführung der bisherigen Arbeiten mitgewirkt haben, gedankt. Besonderer Dank gilt Herrn Konrad Wölfel vom Amt für Umweltschutz und Energiefragen | Klimaschutz und Energiefragen der Stadt Erlangen für die vielfältige Unterstützung insbesondere im Zusammenhang mit der Recherche der Gebäudebeispiele. Ebenso ist den Hausbesitzern zu danken, die sich bereit erklärten, ihre Häuser für die Untersuchungen zur Verfügung zu stellen, und Planzeichnungen wie auch Baudokumentationen – soweit verfügbar – zugänglich zu machen.

Energetische Sanierung von Einfamilienhäusern in Erlangen

Ziele des Vorstudie

1 Lichtblau, 2003, S. 68

2 SS 2011: MA-4220 – Technikwissenschaften 4 "Sonderthemen der Baukonstruktion": Energetische Sanierung von Einfamilienhäusern in Erlangen

3 SS 2011: MA-x300 (Wahlpflichtfach) – Vom Altbau zum Plusenergiehaus

4 Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e. V., Kassel

## 2 Zur 'Zweiten Chance'

### 2.1 Hintergrund

Etwa 40 Prozent des Energieverbrauchs entfällt in Deutschland auf die thermische Konditionierung der Gebäude. Bei den privaten Haushalten liegt das größte Einsparpotential mit 80 Prozent beim Heizenergieverbrauch. Ein besonders großes Potential besteht bei der energetischen Sanierung der Wohnungsbauten, da der "Heizwärmebedarf des Bestands ... durchschnittlich um den Faktor 8 (!) höher (liegt), als nach derzeitigem Stand der Technik sinnvoll machbar wäre."<sup>5</sup>

Der Gebäudebestand ist durch eine heterogene Struktur charakterisiert, daher bestehen teils deutliche Unterschiede bei den einzelnen Gebäudetypen und Baualtersklassen. Das Institut Wohnen und Umwelt in Darmstadt erstellte Mitte der 1990er Jahre eine "Struktur des Gebäudebestandes"<sup>6</sup> in der nachfolgende Baualtersklassen<sup>7</sup> für Deutschland unterschieden werden:

- A vor 1918, Fachwerk
- B vor 1918 (massiv)
- C 1919 bis 1948
- D 1949 bis 1957
- E 1958 bis 1968
- F 1969 bis 1978
- G 1979 bis 1983
- I 1984 bis 2001
- J nach 2002

Innerhalb dieser Baualtersklassen variiert die Verteilung hinsichtlich der Gebäudeanzahl. Die zahlmäßig größte Gruppe an Wohnungsbauten wurde zwischen 1949 und 1957 errichtet. Insgesamt sind zwischen 75 Prozent<sup>8</sup> und 90 Prozent<sup>9</sup> des Wohnungs- bzw.

Wohngebäudebestandes in Deutschland vor 1977 fertiggestellt worden. Damit entstanden diese Bauten auf Basis von Konstruktionen, denen nicht mal die 1. Wärmeschutzverordnung 1977 (11.08.1977) zugrunde lag. Von besonderer Bedeutung sind dabei die in den 1950er und 1960er Jahren errichteten Wohngebäude (Baualtersklasse D und E). Der Anteil am deutschen Wohnungsbestand beträgt etwa 45 % und es sind diejenigen Gebäude mit den durchschnittlich höchsten Heizwärmebedarfswerten von 255 kWh/m<sup>2</sup>a.<sup>10</sup> Dabei liegt der Heizenergieverbrauch der 1950er-Bauten mit etwa plus 10 Prozent noch etwas schlechter darüber.<sup>11</sup> Insgesamt variieren die Übersichtsbilanzierung der Verbräuche bei den Bestandsgebäuden hinsichtlich des zugrundegelegten Originalzustandes in den Veröffentlichungen, aber im Mittel kann davon ausgegangen werden, dass der Heizwärmebedarf des (Wohn-)Gebäudebestands etwa 250 kWh/m<sup>2</sup>a beträgt.<sup>12</sup>

Vergegenwärtigt man sich nur allein die legislativen Verordnung zu Wärmeschutz und Energieeinsparung seit 1977 wird das enorme Potenzial zur Energieeinsparung durch Minimierung der Heizwärmeverluste offenkundig. "Bei Sanierungen liegt eine Verbrauchsreduktion bis Faktor 5 schon heute im wirtschaftlichen Bereich – eine kompetente Planung vorausgesetzt"<sup>13</sup> bilanzierte der Münchner Architekt Florian Lichtblau bereits vor knapp 10 Jahren.

Energetische Sanierung von Einfamilienhäusern in Erlangen

Zur 'Zweiten Chance'

5 Lichtblau, 2003, S. 68

6 Eicke-Hennig et. al, 1996, S. 15f.

7 Deutsche Gebäudetypologie, 2003, S. 1

8 Stieß et al. 2010, S. 6

9 <http://www.thema-energie.de> <05.01.2011>

10 Vgl. Gebauer, 30.09.2011, S. 14

11 Bundesarchitektenkammer (Hrsg.), 1996, S. 19

12 Vgl. <http://energieundbau.de> <22.03.2010>

13 Lichtblau, 2003, S. 68

## 2.2 Einsparpotentiale im Kleinwohnungsbau

Im Bereich des Wohnungsbaus nehmen die Ein- und Zweifamilienhäuser energetisch wie formal eine Sonderstellung ein, einerseits wegen des ungünstigen A/V-Verhältnisses, andererseits aufgrund des häufig heterogenen und sehr mediokren Erscheinungsbildes. Da im Kleinwohnungsbau kaum mehr Architekten bei baulichen Interventionen eingebunden sind, bleiben bei vielen realisierten Projekten die gestalterischen Potentiale ungenutzt.

Auf die Gebäudetypen der Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser entfallen etwa "60 Prozent des Wohnflächenbestands in Deutschland". Sowohl Energieverbrauch als auch die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen können gerade bei diesen Bauten durch eine energetische Sanierung wirksam gesenkt werden. Für den Kleinwohnungsbau wird das Einsparpotential auf zwischen 45 und 70 Prozent des Energieverbrauchs geschätzt, das damit "bei einer Vollsanierung deutlich höher als bei anderen Gebäudetypen" ausfällt.<sup>14</sup>

Anhand der verschiedenen Gebäudetypen und Baualterklassen aus der "Deutschen Gebäudetypologie" wird für den Heizenergieverbrauch von freistehenden Ein- und Zweifamilienhäusern ein Wert von 167 kWh/m<sup>2</sup>a bilanziert, bei Reihenhäusern sind es im Mittel 154 kWh/m<sup>2</sup>a.<sup>15</sup>

Die jeweils höchsten (Durchschnitts-)Werte liegen bei freistehenden Ein- und Zweifamilienhäusern in der Baualterklasse 1949 bis 1957 mit 253 kWh/m<sup>2</sup>a, während die höchsten Verbräuche bei den Reihenhäusern mit 203 kWh/m<sup>2</sup>a bei den massiven Bauten vor

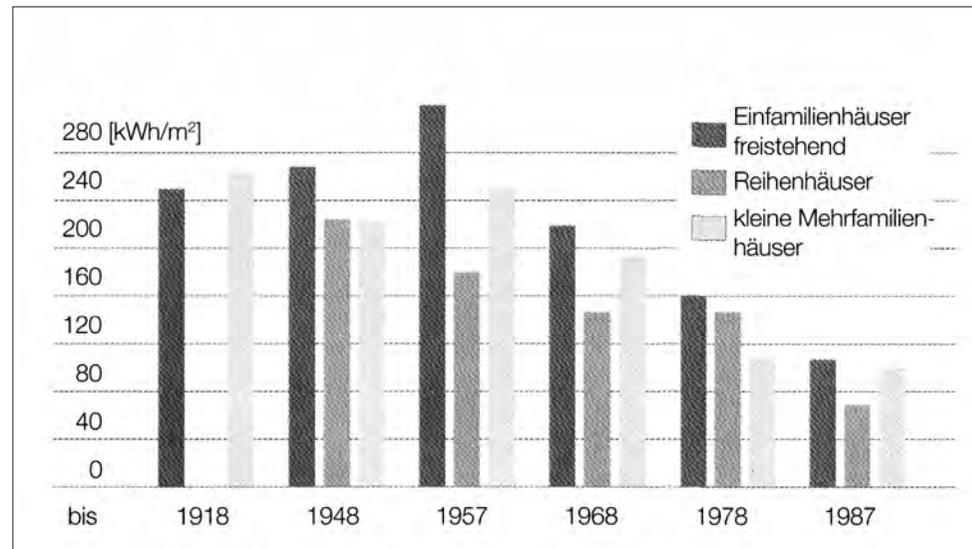


Abb. 1 Typische Heizenergieverbrauchswerte im Kleinwohnungsbau ("keine Mittelwerte")

1918 festgestellt werden. Dies sind indes nur Anhaltswerte. So zeigen Beispiele von bestehenden und sanierten Gebäude der Stadt Münster teils deutliche Abweichungen von diesen Werten.<sup>16</sup>

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Gebäudetypen im Kleinwohnungsbau wird auch bei einer Gegenüberstellung von freistehenden Einfamilienhäuser (EFH), Reihenhäusern (RH) mit kleinen Mehrfamilienhäusern augenscheinlich.<sup>17</sup> Bei einem typischen Heizenergieverbrauch weisen in den beiden relevanten Baualterklassen (1949 bis 1957 und 1958 bis 1968) jeweils die Einfamilienhäuser die höchsten Werte auf (EFH (1957) =  $\approx 320$  kWh/m<sup>2</sup>, EFH (1968) =  $\approx 220$  kWh/m<sup>2</sup>). Demgegenüber fällt der Heizenergieverbrauch beim Reihnhaus bereits deutlich

niedriger aus (RH (1957) = minus > 40 %, RH (1968) = minus > 30 %). (Abb. 1)

Insgesamt belegen eine Vielzahl von Untersuchungen, dass die Heizenergieverbrauchswerte im Kleinwohnungsbau, dort insbesondere bei den freistehenden Einfamilienhäuser, deutlich über dem energetischen Standard von Neubauten (Niedrigenergiestandard und besser) liegen. Daraus resultiert ein enormes Einsparungspotential, sowohl bezüglich fossiler Energieträger als auch im Bereich der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

## 2.3 Sanierungsansätze

Um den Verbrauch an Heizenergie zu senken sind zunächst zwei Maßnahmenbereiche zu unterscheiden:

- Verbesserung des Wärmedurchlasswiderstandes der Gebäudehülle (Außenwand,

Energetische Sanierung von Einfamilienhäusern in Erlangen

Zur 'Zweiten Chance'

14 Vgl. Stieß et al. 2010, S. 6

15 IWU – Institut Wohnen und Umwelt (Hrsg.), 2003

16 <http://www.muenster.de> <22.03.2010>

17 Vgl. Linhardt, 6/2007, S. 676

- Dach und Fenster / Türen) ggf. der Bodenplatte bzw. Keller- und/oder obersten Geschoß-Decke
- Einsatz einer effizienten Anlagentechnik.

Betrachtet man typische Wärmeverluste bei bestehenden Wohngebäuden variieren auch hier die jeweiligen Verbrauchswerte in den unterschiedlichen (Fach-)Veröffentlichungen:

Wohnhaus ohne Angaben zum Baujahr<sup>18</sup>

- Gebäudehülle 60 bis 75 %
  - Wände 20 bis 25 %
  - Dach 15 bis 20 %
  - Fenster 20 bis 25 %
  - Boden 5 bis 10 %
- Lüftung 10 bis 20 %
- Heizung 30 bis 35 %

Einfamilienhaus der 1950er Jahre<sup>19</sup>

- Gebäudehülle 52 %
  - Wände 16 %
  - Dach 17 %
  - Fenster 12 %
  - Kellerdecke 7 %
- Lüftung 20 %
- Heizung 28 %

Für ein Wohnhaus, Baujahr 1980, wurden ausschließlich Gebäudehülle und natürliche Lüftungsverluste bilanziert<sup>20</sup>

- Gebäudehülle 75 %
  - Wände (+ Wärmebrücke) 41 %
  - Dach 9 %
  - Fenster (+ Türen) 24 %
  - Kellerdecke 1 %
- Lüftung 25 %

Die Werte dieser Auswahl bestätigen weitere Erhebungen (z.B. kleines Mehrfamilienhaus aus den Sechziger Jahren<sup>21</sup> oder freistehen-

<sup>18</sup> Vgl. Gebauer, 30.09.2011, S. 14

<sup>19</sup> Vgl. Modernisieren und sparen, 2/Juni 2008, o.S.

<sup>20</sup> Vgl. Rackl, 5/2010, S. 9

<sup>21</sup> Bundesarchitektenkammer (Hrsg.), 1996, S. 149

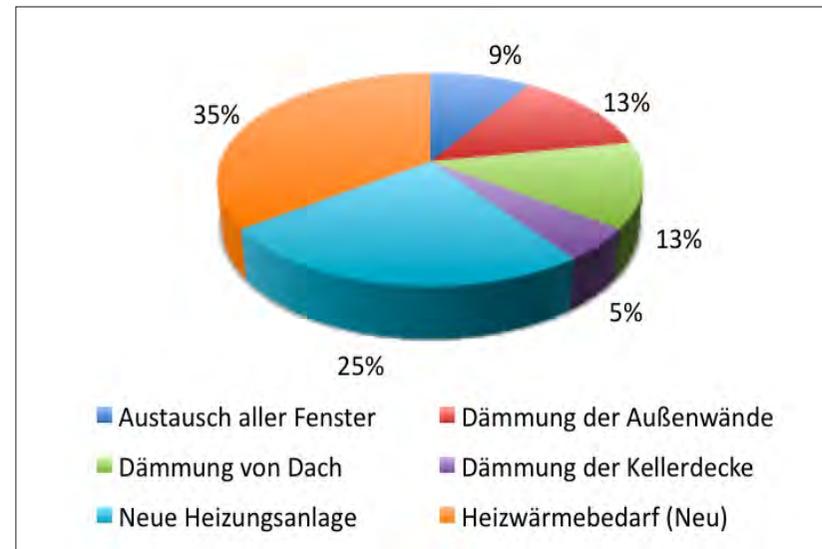


Abb. 2 Prozentuale Aufteilung verschiedener Sanierungsansätze am Beispiel eines Einfamilienhauses (Baujahr 1950er Jahre)

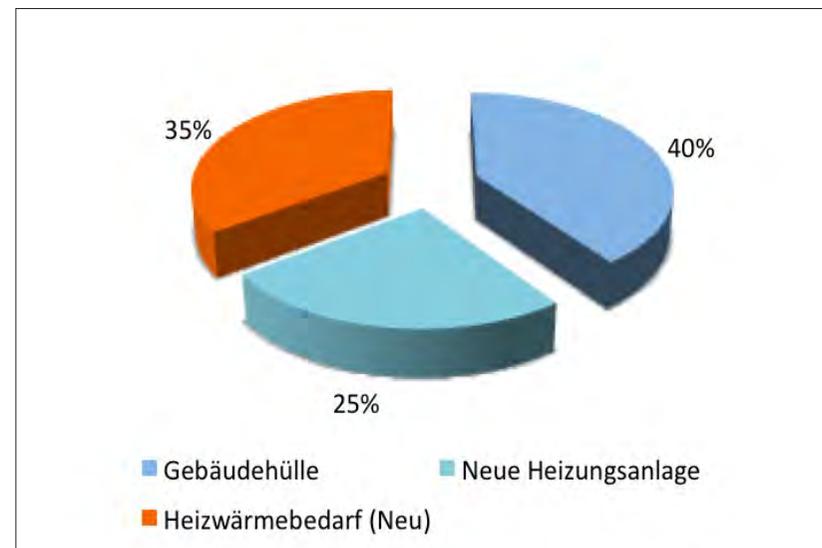


Abb. 3 Anteile der Maßnahmenbereiche Erneuerung von Gebäudehülle und Heizungsanlage am Beispiel eines Einfamilienhauses (Baujahr 1950er Jahre)

des Einfamilienhaus aus der Baualtersklasse 1979-1983<sup>22</sup>): Der Bereich der Gebäudehülle (Außenwand, Öffnungselemente wie Fenster und Türen, Dach, Boden/Kellerdecke) weist mit Werten zwischen 50 und 75 Prozent den höchsten Anteil an Wärmeverluste aus. Auf Lüftung entfallen etwa 10 bis 25 Prozent und auf ungenutzte Heizenergie etwa 20 bis 30 Prozent. (Abb. 2 und 3) Daraus resultiert ein besonderes Augenmerk für eine energetische Ertüchtigung der Gebäudehülle. Bei Fassade und Dach sind neben den jeweiligen Sanierungsmaßnahmen gerade auch die Folgen für das Erscheinungsbild der Gebäude mit zu berücksichtigen: Es gilt in den vielen Fällen die “zweite Chance” auch hinsichtlich einer baukulturellen und nachhaltigen Aufwertung zu nutzen.

Marktübliche Maßnahmen der energetischen Sanierung der Gebäudehülle sind:<sup>23</sup>

- Dämmung der Außenwand  
Dämmstärken bis zu 16 cm erfüllen die EnEV-Standards (U-Wert 0,24 W/m<sup>2</sup>K)  
Kosten etwa: 100 bis 120 € / m<sup>2</sup> Wohnfläche (WF)
- Austausch der Fenster  
Aktuelle Wärmeschutzverglasungen weisen U-Werte von 1,30 W/m<sup>2</sup>K auf (gegenüber – nur mehr selten anzutreffenden – Einfachverglasungen mit einem U-Wert von 5,0 W/m<sup>2</sup>K)  
Kosten etwa: 350 € / m<sup>2</sup> WF
- Dämmung von Dach, Dachboden oder oberster Geschosdecke  
Mit Dämmstärken von > 20 cm sind die EnEV-Standards (U-Wert 0,20 W/m<sup>2</sup>K) zu erfüllen  
Kosten etwa: 40 € / m<sup>2</sup> WF

<sup>22</sup> <http://www.wordtmann.com/zahlen.html> <22.03.2010>

<sup>23</sup> Vgl. Modernisieren und sparen, 2/Juni 2008, o.S. und Gebauer, 30.09.2011, S. 14



Abb. 4 München, Reihenhaus (1956, saniert 2001)  
Architekten: Florian und Wendelin Lichtblau, München

Für den Heizwärmebedarf lassen sich mit “wirtschaftlich optimaler Dämmung nach der aktuellen Energieeinsparverordnung” Verbrauchswerte von etwa 70 kWh/m<sup>2</sup>a erreichen. Eine Fassadendämmung kann sich, bei einer zugrunde gelegten Energiepreissteigerungsrate von 3 Prozent pro Jahr, bereits nach sechs Jahren amortisieren.<sup>24</sup>

Mit bereits seit Jahren am Markt verfügbaren Materialneuentwicklungen und energieoptimierter Bauteile lässt sich – bei höheren Inve-

<sup>24</sup> Vgl. Gebauer, 30.09.2011, S. 14

stitionskosten – eine Reduktion des Heizwärmebedarfs bis zum Faktor 10 erzielen, wie bei einem Reihenhaus in München, erbaut 1956 und 2001 erneuert, durch Lichtblau Architekten demonstriert. (Abb. 4) Zum Einsatz kamen bei der Wärmedämmung der Außenwand Vakuum-Isolier-Paneele (VIP / d = 30 mm) und nach Austausch der Fenster wurde eine Dreifachverglasung mit thermisch optimierten Randverbund eingesetzt, U-Wert = 0,7 W/m<sup>2</sup>K.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Lichtblau, 3/ 2003, S. 70

Nun fällt bei den Sanierungsmaßnahmen im Bereich der Gebäudehülle auf, dass allzu häufig auf vermeintliche 'Standardlösungen' wie die Außenwanddämmung mit herkömmlichen Wärmedämmverbundsystemen zurückgegriffen wird. Alternative Lösungsansätze wie zum Beispiel der Einsatz von Holz und Holzwerk- sowie Holzverbundwerkstoffen in hinterlüfteten Fassadenkonstruktionen sind wenig aufzufinden.

Dafür werden angesichts gerade im Kleinwohnungsbau kaum mehr tätiger Architekten fehlende Kenntnisse hinsichtlich grundlegender bauphysikalischer Aspekte aber auch konstruktiver und gestalterischer Möglichkeiten von "Nichtfachleuten" in bezug auf den Einsatz von Holzkonstruktionen bei der energetischen Sanierung geltend gemacht.

Dabei geht es bei der Suche nach Alternativen zu Sanierungsmaßnahmen mit Wärmedämmverbundsystemen (unter Einsatz von Polystyrol- oder Mineralfaserdämmplatten) nicht nur um die kritische Hinterfragung der in der Masse erzielten (nicht-)gestalterischen Ergebnisse. Im häufiger wird die weitreichende Tristesse der konventionellen Sanierungen nicht nur von Architekten und Heimat-/Denkmalpflegern herausgestellt, andernorts gar das "verlorene Ansehen der Architektur"<sup>26</sup> beklagt. In einer Vortragsankündigung Ende Januar 2010 hieß es: "Gesichtslos, aufgeblasen und mit toskanischen Farbtönen armselig übertüncht, verwandeln emsige Energiesparer auf der Grundlage der neuen Energiesparverordnung ganze Wohnviertel in kaum mehr unterscheidbare Quartiere. Das sind die Phänomene des unkontrollierten Einsatzes des Wärmedämmverbundsystems."<sup>27</sup>

26 Linnemann/Molter, 2010

27 <http://www.baunetz.de> <29.01.2010>



Abb. 5 Kassel, Wohnhaus – Umbau und Erweiterung (1979-1982)  
Architekten: Thomas Herzog und Peter Latz, München

Jüngst wurde auch über vielfältige bauphysikalische und ökologische Risiken beim (unsachgemäßen) Einsatz von Wärmedämmverbundsystemen berichtet. Das reicht vom Problem eindringender Feuchtigkeit und Gefahren beim Brandschutz bis zur angesichts des Einsatzes von Fungizide und Algizide keineswegs "makellose(n) Ökobilanz".<sup>28</sup>

Bisher sind im Kleinwohnungsbau die Potentiale von Holz im Bereich der energetischen Sanierung nicht hinreichend genutzt. Dabei ist diese Sanierungsmaßnahmen erprobt und bestehen mittlerweile 'Sanierungsleitfaden'<sup>29</sup> zur Erarbeitung von Konzepten einer gleichermaßen zielgerichteten und nachhaltigen Bestandssanierung. Dabei wird zur

28 Vgl. Purlul, 07.12.2011, S. 16 und <http://www.ndr.de> <18.12.2011>

29 Hoppe, 2008

Sanierung der Außenwand in der Regel eine vorgehängte hinterlüftete Fassadenkonstruktion gewählt, bei der Unterkonstruktion, Dämmstoff (Holzfaserdämmstoffe) und/oder Bekleidungsmaterial aus Holz beziehungsweise Holzwerk- und Holzverbundwerkstoffen bestehen können.

Im Fassadenbereich eröffnet Holz durch unterschiedliche Arten, Zuschnitte, Befestigungs- und Montagesysteme sowie vielfältige Oberflächenbehandlungen ein weitreichendes Repertoire an Gestaltungsmöglichkeiten. (Abb. 5) Die einzelnen Bekleidungsbauteile reichen von kleinteiligen Schindeln über mittelgroße Bretter und Platten zu großformatigen, vorgefertigten Fassadenelementen.<sup>30</sup>

30 Vgl. Hoppe, 2008, S. 20 und 45ff.

### 3 Situation in Erlangen

#### 3.1 Gebäudebeispiele

Der Gebäudebestand der Stadt Erlangen im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser, etwa 12.000 Gebäude, verteilt sich prozentual nach: (Abb. 6)

- freistehendes Einfamilienhaus (43 %)
- Doppelhaus (24 %)
- Reihenhaushaus (33 %)

Im Bereich der freistehenden Ein- und Zweifamilienhäuser bilden Gebäude der Baualterklasse 1958 bis 1968 mit einem Anteil von 28 Prozent den größten Anteil. (Abb. 3 Anhang) Diese Baualterklasse weist wie dargestellt bei der Heizwärme die höchsten Bedarfswerte auf.

Für Erlanger Gebäude wurde im Jahr 1996 anhand von 25 Ein- und Zweifamilienhäusern ein durchschnittlicher Heizwärmeverbrauch (bezogen auf die beheizte Wohnfläche) für diesen Gebäudetyp von 217 kWh/m<sup>2</sup>a er-

mittelt.<sup>31</sup> Die Abweichungen (plus 30 Prozent) gegenüber den Zahlenwerten aus der "Deutschen Gebäudetypologie"<sup>32</sup>, resultieren aus den unterschiedlichen baukonstruktiven Ausführungen der Gebäude.

Im Rahmen der Vorstudie wurden an zwei Beispielgebäuden der bauliche Istzustand nachgebildet und bilanziert, anschließend in mehreren Sanierungsschritten die Einsparpotentiale untersucht.

##### Beispielprojekt 1

- Einfamilienhaus (1962)  
Am Meilwald 36  
91054 Erlangen (Abb. 10)

Nach Abbildung des energetische Ist-Zustands der Bauzeit (1) und sind nachfolgende Sanierungsszenarien durchgeführt worden.

<sup>31</sup> Vgl. Klimaschutz in Erlangen, 1998, S. 7

<sup>32</sup> IWU – Institut Wohnen und Umwelt (Hrsg.), 2003

Energetische Sanierung von Einfamilienhäusern in Erlangen

Situation in Erlangen

	freistehendes EFH	Doppelhaus	Reihenhaushaus
bis 1918	4,1%	0,6%	2,7%
1919 bis 1948	5,6%	5,1%	1,2%
1949 bis 1957	5,6%	2,6%	0,6%
1958 bis 1968	12,1%	3,4%	7,4%
1969 bis 1978	7,2%	4,2%	9,5%
1979 bis 1983	1,8%	1,2%	3,0%
1984 bis 2001	3,8%	4,6%	5,1%
ab 2002	2,8%	2,3%	3,5%
Gesamt	43,0%	24,0%	33,0%
	100,0%		

Abb. 6 Kleinwohnungsbauten, prozentuale Verteilung nach Baualterklassen. Farbcodierung bezieht sich auf räumliche Verteilung im Stadtgebiet (siehe Anhang)

Die vorgenommenen Schritte staffeln sich in

- Austausch der Fenster (2)
- plus Dämmung der Außenwand (3)
- plus Dämmung von Dach, Dachboden oder oberster Geschossdecke (4)
- plus solarthermische Anlage (5)

Bei den Maßnahmen zur energetischen Sanierung der Gebäudehülle wurde auf Konstruktionsempfehlungen aus dem Forschungsbericht: "Energetische Sanierung von Bestandsbauten ... unter Einsatz von Holz und Holzwerkstoffen"<sup>33</sup> Bezug genommen:

- Austausch der Fenster<sup>34</sup>  
Bestand (Annahme):  
2-Scheibenisolierverglasung  
U-Wert: 2,7 W/m<sup>2</sup>K  
Fenster saniert:  
3-Scheibenwärmeschutzverglasung  
U-Wert: 0,9 W/m<sup>2</sup>K  
Rahmen Holz, Montage in Dämmebene

- Dämmung der Außenwand<sup>35</sup>  
Bestand (Annahme):  
monolithische Außenwand, ungedämmt,  
300 mm Hochlochziegel verputzt  
U-Wert: 1,15 W/m<sup>2</sup>K  
Außenwände saniert: (Abb. 7)  
vorgehängte hinterlüftete Fassade (VHF)  
80 mm Holzfaserdämmstoff 0,035 auf  
Außenwand: U-Wert: 0,35 W/m<sup>2</sup>K  
Vorteile

- geringe Nutzungsbeeinträchtigung während der Bauphase
- bauphysikalisch unproblematisch
- geringfügige Unebenheiten und kleinere (optische) Schäden der Fassade können belassen werden

<sup>33</sup> Hoppe, 2008

<sup>34</sup> Hoppe, 2008, S. 64

<sup>35</sup> Hoppe, 2008, S. 94

- guter Schlagregenschutz
- gestalterische Vielfalt
- Eigenleistung der Bauherren möglich
- für den Einsatz von Vakuumdämmpaneelen geeignet

Nachteile

- ggf. Schwierigkeiten bei der Einhaltung der Abstandsflächen

- Dämmung von Dach<sup>36</sup>  
Bestand (Annahme): Steildach, gedämmt,  
80 mm Mineralwolle Zwischensparrendämmung: U-Wert: 0,53 W/m<sup>2</sup>K  
Dachfläche saniert: (Abb. 8)  
zusätzliche Aufsparrendämmung  
60mm Holzfaserdämmstoff 0,035  
U-Wert: 0,27 W/m<sup>2</sup>K

Vorteile

- nur geringfügige Reduzierung des nutzbaren Raumvolumens
- bauphysikalisch richtiger Aufbau einfach realisierbar
- Wärmebrückenwirkung durch Sparren wird reduziert
- nicht ausreichende Sparrenhöhe wird ausgeglichen

Nachteile

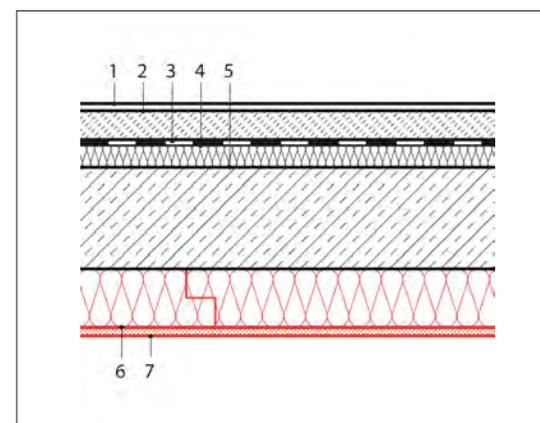
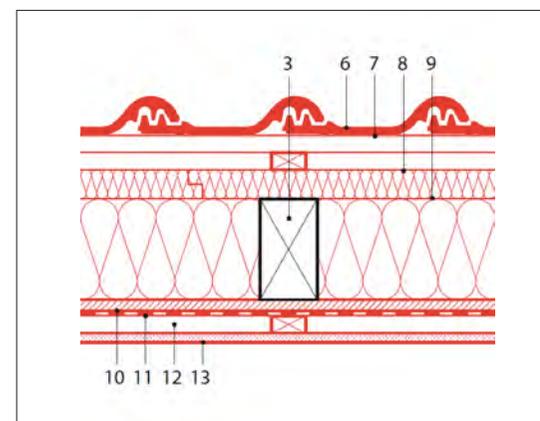
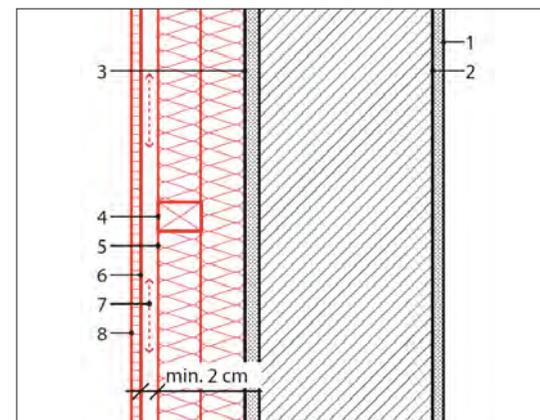
- Dachdeckung wird angehoben, Neueindeckung notwendig
- nur für freistehende Gebäude oder Gesamtgebäude möglich
- Veränderung sämtlicher Anschlüsse
- schwierig bei unebenen Sparren

<sup>36</sup> Hoppe, 2008, S. 120

Abb. 7 Sanierungsmaßnahme Außenwand (Hoppe, 2008, S. 94)

Abb. 8 Sanierungsmaßnahme Dach (Hoppe, 2008, S. 120)

Abb. 9 Sanierungsmaßnahme Kellerdecke (Hoppe, 2008, S. 150)



Energetische Sanierung von Einfamilienhäusern in Erlangen

Situation in Erlangen

- Dämmung der Kellerdecke bei unbeheiztem Keller<sup>37</sup>  
Bestand (Annahme):  
U-Wert: 0,95 W/m<sup>2</sup>K  
Kellerdecke saniert: (Abb. 9)  
Sanierung von unten  
80mm EPS 0,035 ergänzt  
U-Wert: 0,3 W/m<sup>2</sup>K  
Vorteile
  - einfach und preiswert
  - kein Verlust von Raumhöhe im EG
 Nachteile
  - ggf. Probleme mit unter der Decke geführten Installationen
  - Raumhöhe im Keller wird reduziert
  - ggf. schwierig bei Anschlüssen an Fenster und Türen

Die mit der Energieberatung-Software "EPASS-HELENA®"<sup>38</sup> ermittelten spezifischen Energiekenngrößen sind (von unten nach oben) in

- Heizwärmebedarf [kWh/m<sup>2</sup>a] (blau)
- Endenergiebedarf [kWh/m<sup>2</sup>a] (magenta)
- Primärenergiebedarf [kWh/m<sup>2</sup>a] (gelb)

Ausgehend von einem Heizwärmebedarf von knapp 107 kWh/m<sup>2</sup>a<sup>39</sup> lässt sich mit Sanierungsmaßnahmen der Gebäudehülle (Fenster, Außenwand, Dach) Heizwärmebedarf um mehr als 40 Prozent auf 62,3 Wh/m<sup>2</sup>a senken. Durch den Einbau einer solarthermischen Anlage zur Brauchwassererwärmung

<sup>37</sup> Hoppe, 2008, S. 150

<sup>38</sup> Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e. V., Kassel

<sup>39</sup> Gegenüber dem Erlanger-Mittelwert (217 kWh/m<sup>2</sup>a) um den Faktor 2 niedriger

Abb. 10 Einfamilienhaus (1962)

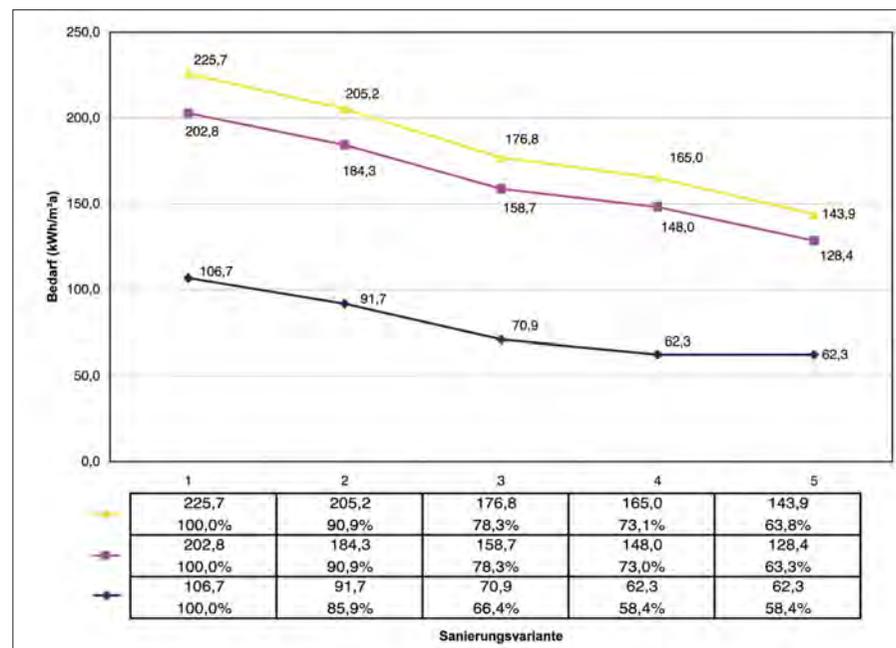
Eingang Straßenseite (Osten)

Abb. 11 Sanierungsszenarien EFH (1962)



Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Situation in Erlangen



kann der Primärenergiebedarf von 165,0 kWh/m<sup>2</sup>a, nach energetischer Ertüchtigung der Gebäudehülle minus 27 Prozent gegenüber dem angenommenen Ausgangsfall, zusätzlich um mehr als 10 Prozent auf 143,9 kWh/m<sup>2</sup>a reduziert werden. (Abb. 11)

#### Beispielprojekt 2

- Doppelhaus (1953)  
Max-Busch-Straße 17  
91054 Erlangen (Abb. 12)

Die vorab beschriebenen Sanierungsschritte wurden ergänzt um

- plus Dämmung der Kellerdecke (5)
- plus solarthermische Anlage (6)

Ausgehend von einem relativ niedrigeren Heizwärmebedarf von 138 kWh/m<sup>2</sup>a<sup>40</sup> lässt sich mit Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle (Fenster, Außenwand, Dach sowie der Kellerdecke) der Verbrauch um 55 Prozent auf 63,4 kWh/m<sup>2</sup>a reduzieren. Trotz ungünstiger Dachform (Walmdach) und Exposition (Ost-Westrichtung) kann mittels Einbau einer solarthermischen Anlage der Primärenergiebedarf um knapp 10 Prozent von 155,7 kWh/m<sup>2</sup>a auf 141,6 kWh/m<sup>2</sup>a abgesenkt werden. (Abb. 13)

### 3.2 Erste Einschätzungen

Vergleich man die Sanierungsschritte 2 bis 4 beim Einfamilien- (EFH) und Doppelhaus

<sup>40</sup> Etwa 30 % unter Erlanger-Mittelwert (217 kWh/m<sup>2</sup>a)

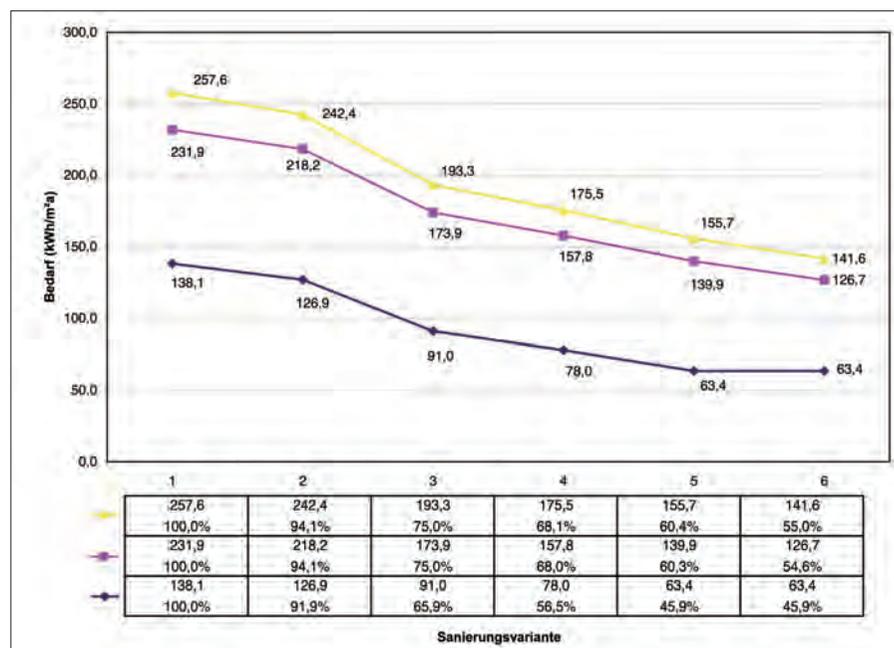
Abb. 12 Doppelhaus (1953)  
Ost- (Eingang) und Südfassade

Abb. 13 Sanierungsszenarien DH (1953)



Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Situation in Erlangen



(DH) fällt auf, dass das Einsparpotential beim Austausch der Fenster auch stark von Anzahl und Größe der Öffnungen abhängig ist. Trotz der Unterschiede in Baualterklasse und Gebäudetyp sind bei beiden Bestandbauten Verbrauchsreduzierungen im Bereich der Gebäudehülle von über 40 Prozent gegeben. (Abb. 14)

Diese Einschätzungen sind vergleichbar mit einem Referenzgebäude aus dem Jahr 1955, das die Oberste Baubehörde analysiert und dokumentiert hat.<sup>41</sup> Bei beiden Einfamilienhäusern liegt das Einsparpotential durch die energetische Sanierung der Gebäudehülle bei 40 Prozent. Die Anteile variieren je nach Bauteilfläche und Exposition (Fenster, Außenwand, Dach). (Abb. 15) Bezieht man in diese Betrachtung die Anlagentechnik mit ein, können sich die Einsparpotentiale um weitere 25 bis 30 Prozent erhöhen.

Die Stadt Erlangen hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2050 die vollständige Wärmeversorgung auf Basis regenerativer Energien zu realisieren. Neben den beschriebenen Bedarfsreduzierung bei Gebäudehülle und Anlagentechnik erfordert dies die gebäudebezogene Nutzung von solarer Aktivtechnik vor allem auch im Gebäudebestand. Mit dem Einbau von Solarkollektoren und Photovoltaik-Modulen in Dach und Fassade bestehen weitere Einsparpotentiale. Jedoch muss nachgerade die Planung der baulichen Integration solartechnischer Systeme mit den vorhandenen Gestaltmerkmalen des Bestandsgebäudes und den Sanierungsmaßnahmen sorgfältig aufeinander abgestimmt werden, gleichermaßen energietechnisch wie gestalterisch.

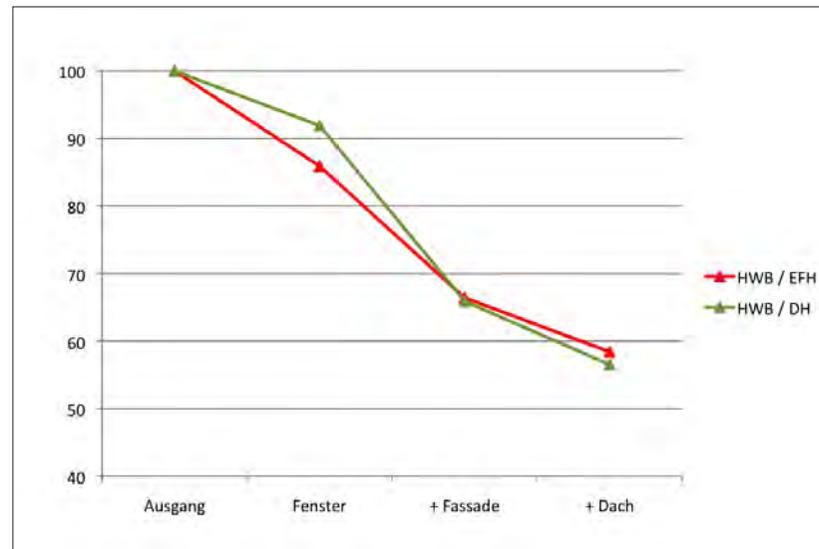


Abb. 14 Vergleich der Reduzierung (in Prozent) des Heizwärmebedarfs bei den untersuchten Beispielgebäuden in Erlangen: Einfamilienhaus (EFH) (1962) und Doppelhaus (DH) (1953)

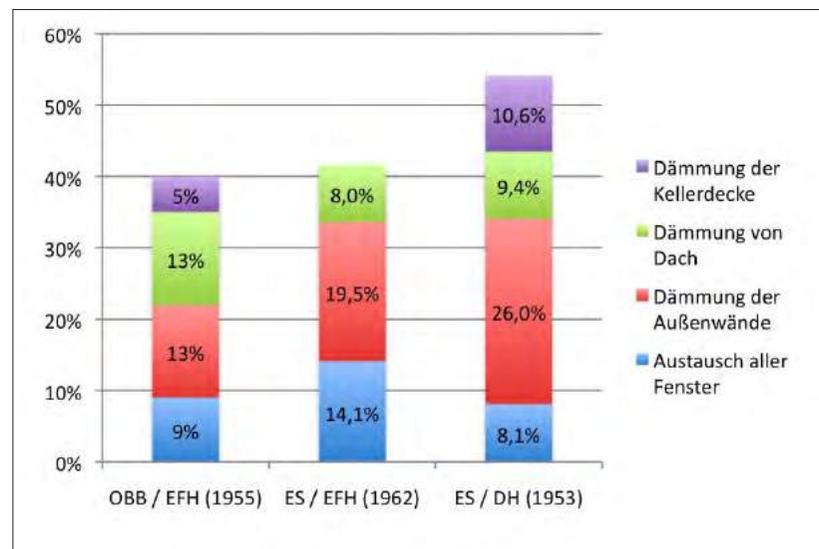


Abb. 15 Gegenüberstellung der Einsparpotentiale bei der energetischen Sanierung der Gebäudehülle: Wohnhaus (1955) und Erlanger (ES) Beispielgebäude

41 Vgl. Modernisieren und sparen, 2/Juni 2008, o.S.

## 4 (Zwischen-) Fazit

Ein besonders großes Potential zur Reduktion des Energieverbrauchs für die Wärmeerzeugung der Gebäude besteht bei der Sanierung der Altbauten. Der Heizwärmebedarf des (Wohn-)Gebäudebestands beträgt im Mittel etwa 250 kWh/m<sup>2</sup>a. Im Bereich des Wohnungsbaus nehmen die Ein- und Zweifamilienhäuser eine Sonderstellung ein. Für die Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser wird das Einsparpotential auf zwischen 45 und 70 Prozent des Energieverbrauchs geschätzt, das damit deutlich höher ausfällt, als bei anderen Gebäudetypen.

Die Stadt Erlangen hat einen Bestand im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser von etwa 12.000 Gebäude, bei dem die freistehenden Ein- und Zweifamilienhäuser mit 43 Prozent den größten Anteil aufweisen. Fast ein Drittel wurde zwischen 1958 bis 1968 errichtet; gerade bei diesen Bauten sind die Heizwärmebedarfswerte mit 220 kWh/m<sup>2</sup>a mit am höchsten. Für den Gebäudebestand im Allgemeinen und den Kleinwohnungsbau im Besonderen ist zu beachten, dass dieser hinsichtlich bautechnischer Kriterien und typologischer Merkmale in der Summe schwer zu erfassen ist, weil nicht hinreichend dokumentiert.

Im Rahmen der Vorstudie wurden an zwei Beispielgebäuden, einem Einfamilienhaus (1962) und einem Doppelhaus (1953), anhand unterschiedlicher Sanierungsschritte die Einsparpotentiale im Bereich der Gebäudehülle untersucht. In einer ersten Einschätzung zeigte sich, dass trotz der Unterschiede in Baualtersklasse und Gebäudetyp Verbrauchsreduzierungen von über 40 Prozent selbst mit moderaten Maßnahmen gegeben sind. Die Ergebnisse liegen im Bereich anderer Erhebungen und stellen relativ typische Verbrauchswerte dar.

Bei den vorgeschlagenen Maßnahmen von Außenwand und Dach stellt der Einsatz von Holz beziehungsweise Holzwerk- und Holzverbundwerkstoffen eine wichtige Prämisse dar. Es bedarf aus baukulturellen und ökologischen Gründen zwingend Alternativen zu den weitverbreiteten herkömmlichen Sanierungen mit Wärmedämmverbundsystemen. Trotz der Bezugnahme auf bauphysikalisch und baukonstruktiv erprobte Regelaufbauten erfordert jede Maßnahme bei der energetischen Sanierung jedoch eine eingehende Betrachtung im Einzelfall.

Über die erste Abschätzung an Einsparpotentials im Bereich der Gebäudehülle und deren Verteilung nach Bauteilgruppen hinaus, wurden für fünf Beispielbauten (drei Einfamilien- und zwei Reihenhäuser) von Masterstudenten der Fakultät Architektur der Georg-Simon-Ohm-Hochschule weitreichend Sanierungsmöglichkeiten untersucht. Dabei zeigen die fünfzehn Projektarbeiten neben einer erheblichen Einsparung beim Energieverbrauch und der damit verbundenen Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen, dies bei gleichzeitig deutlicher Ausweitung der räumlichen Gegebenheiten, durchgehend eine architektonische Aufwertungen der Bestandsgebäude. Die Konzepte reichen von behutsamen Strategien bei Umgestaltung und Sanierung der vorhandene Bausubstanz bis hin zu weitreichenden Transformationen, bei denen auch die Möglichkeiten direkter, d.h. passiver Nutzung der Solarenergie ausgelotet wurden.

Die Stadt Erlangen hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2050 die vollständige Wärmeversorgung auf Basis regenerativer Energien zu realisieren. Dies erfordert zusätzlich den Einsatz solarer technischer Systeme vor allem auch im Gebäudebestand. Mit dem Einbau von Solarkollektoren und Photovoltaik-Mo-

Energetische Sanierung von Einfamilienhäusern in Erlangen

(Zwischen-) Fazit

dulen in Dach und Fassade können weitere Einsparpotentiale genutzt werden. Anhand von zwei zusätzlichen Beispielbauten (Einfamilien- und Reihenhaus) wurden ebenfalls von Masterstudenten Konzepte der gebäudeintegrierten Solartechnik untersucht: "Vom Altbau zum Plusenergiehaus". Hier eröffnet sich ein Arbeitsfeld besonders für Architekten, das hinsichtlich energietechnisch und gestalterisch überzeugender Lösungen noch nicht hinreichend genutzt wird.

Die bisher gewonnenen Daten anhand der Beispielgebäude sollen zur Erhebung des energetischen Ist-Zustandes der genannten Gebäudetypen im Erlanger Bestand ausgewertet werden um genauere Kenngrößen zur Abschätzung des Einsparpotentials beim Energieverbrauch und den CO<sub>2</sub>-Emissionen zu ermöglichen. Eine nachfolgende Analyse der erarbeiteten Lösungsvorschläge und Konstruktionsempfehlungen dient ferner zum Aufzeigen des wirtschaftlichen Potentials bei der energetischen Sanierung von Ein- und Zweifamilienhäuser in Erlangen.

Die Aktivitäten in der Stadt Erlangen stehen keineswegs am Anfang, müssen jedoch intensiviert werden. Das in der Bundesrepublik Deutschland derzeitige Tempo bei der energetischen Sanierung, etwa 1 Prozent des Gebäudebestands pro Jahr, liegt deutlich hinter einer technisch und wirtschaftlich möglichen Sanierungsrate von 3 Prozent.<sup>1</sup>

Die bisherigen Verbesserungsmethoden in Erlangen durch notwendigen technischen Umbau der Wärmeversorgung und an einzelnen Bauteilen sind insgesamt begrüßenswerte Schritte. Die effiziente und damit nachhaltige energetische Sanierung kann nicht als

singuläre Maßnahme von nur Dach-, nur Fassadendämmung oder nur Fenstereinbau vorgenommen werden. Die bauphysikalischen Prozesse in den Anschlussbereichen führen bei Einzelschritten mittelfristig zu erheblichen Veränderungen. Die Schadensvermeidung, zum Beispiel durch die Verschiebung von Taupunkten, muss oberstes Ziel sein.

Beim singulären Einbau von neuen Fenstern wird mit der Entscheidung das neue Fenster an einer bestimmten Stelle der Laibung einzubauen, die erst später beabsichtigte Fassadendämmung wesentlich beeinflusst. Beide, Fenstereinbau und Fassadendämmung verteuern sich erheblich, betrachtet man die Maßnahmen nicht als Ganzes. Der gut gemeinte Schritt, lieber etwas mehr in die Dämmung zu investieren und die Fenster nicht zu verbessern, kann zu Kondensatbildungen an bis dahin nicht bekannten Teilen der Öffnungsränder führen und in Küchen, Bädern und Schlafzimmern regelmäßig zu fungiziden Erscheinungen. Daher ist es notwendig, die einzelnen sinnvollen Schritte der energetischen Verbesserung eines Ein- und Zweifamilienhauses aufzuzeigen und im Rahmen der ingenieurmäßigen Betrachtung ganzheitlich aufeinander abzustimmen.

Die weitere Forschungsarbeit muss Recherchen beinhalten, welche verlässlichen Methoden sind als Angebote vorhanden, welche Fragen, von welcher Relevanz bleiben offen, wie ist mit ökonomisch vertretbarem Aufwand eine Beantwortung zu erreichen. Ziel dieser Untersuchung soll es sein, eine größtmögliche Abdeckung der systematischen Beratung zu den energiesparenden Bauwerkssanierungen zu finden.

Politisch opportun wäre es unserer Meinung nach, dieses ambitionierte "Erlanger Energie-sparbausystem" auf sichere Füße zu stellen

und dann in die Metropolregion zu gehen, um die doch nicht unerheblichen Kosten, auf möglichst breiten Schultern abzulasten. Die Vielzahl der Gebäudetypen wird nicht unbedingt durch größere Bezugsflächen signifikant zunehmen.

Ferner wäre eine systematische Erfassung der aus der Studie folgenden Schritte an den Einzelgebäuden natürlich von großer Bedeutung. In einer Art Gebäudeenergiekataster sind flächendeckend unterstützende Maßnahmen genauso wie Pilotprojekte in ihrer Kohärenz zur Theorie-, Norm- und Lehrmeinung zu analysieren und zu bewerten. Daraus ließen sich Handlungsmuster für die künftige Energieversorgung und die regionale Ressourcennutzung ableiten. Es wäre denkbar hier auf die an der Fakultät Architektur gepflegte interdisziplinäre Zusammenarbeit mit unterschiedlichen Fachdisziplinen zurückzugreifen.

Finanzielle Anreize der Fördereinrichtungen, zuteilungsfähige werdende Bausparverträge und andere außergewöhnliche pekuniäre Konstellationen geben den Hausbesitzern unsystematisch und nicht zyklisch Möglichkeiten der Investitionen. Künftige Untersuchungen sollen die Investitionsmaßnahmen im Bereich der energetischen Sanierung in folgerichtig gefügte Bausteine stellen. Die Moderationen und die Koordinationen solcher Schritte sind immer fachübergreifend komplex zu verstehen. Dadurch werden im Einfamilienhausbau eher unübliche Kooperationen von Ingenieursdisziplinen notwendig. Die Forschungsarbeit hat insgesamt zum Ziel, sinnvolle nachhaltige, also langfristig wirksame Prinziplösungen aufzuzeigen. Dargestellt werden soll, wie systematisch und trotzdem individuell Sanierungsschritte erfolgen müssen.

Energetische Sanierung von Einfamilienhäusern in Erlangen

(Zwischen-) Fazit

<sup>1</sup> Vgl. Stieß et al. 2010, S. 6

Als Zwischenergebnis muss eindeutig von schnellen Lösungen abgeraten werden. "Gefahr" ist nicht in Verzug, Gleichgültigkeit aber längst als fahrlässig bekannt. Fachlicher Rat durch Architekten und Ingenieure ist notwendig, da die bauphysikalischen Prozesse nicht allein durch handwerkliches Geschick gelöst werden können. Die Zusammenarbeit zuverlässiger, schnell verfügbarer Handwerker und ambitionierter Architekten ist zwingend erforderlich, um die zur Zeit noch geringen Amortisationen der Kosten wegen der zur Zeit noch niedrigen Energiekosten jetzt schon wirtschaftlich darstellen zu können.

In den rund 12.000 Ein- und Zweifamilienhäusern in Erlangen, von denen etwa 80 Prozent vor 1980 erbaut wurden, steckt ein enormes energetisches Einsparpotenzial. Allein durch Wärmedämmung der Gebäudehülle ließe sich der Heizwärmebedarf um rund 40 Prozent senken, was einer Menge von jährlich etwa 15 Millionen Litern Heizöl oder einer CO<sub>2</sub>-Minderung um mehr als 40.000 Tonnen entspricht. Das große Potential von noch nicht getätigten energetisch sinnvollen Sanierungen im Einfamilien- und Zweifamilienhausbereich beträgt allein in Erlangen deutlich mehr als 300.000.000 Euro. Das heißt bei einem Interesse von circa 3 Prozent der Hausbesitzer jährlich an solchen Schritten ist nach 10 Jahren ein Bauvolumen von mindestens 100.000.000 Euro verarbeitet.

Dazu sind einerseits weitere individuelle Untersuchungen der Einzelgebäude zu leisten. Eine Gruppenbetrachtung als koordinierte Leistung könnte andererseits für eigentlich gleichartige Aufgaben Synergien in vielen Feldern schaffen und einzelne, für sich nicht konkurrenzfähige Beratungsteilleistungen zu einem gemeinsamen Erfolg vieler Individualaufgaben bringen. Das könnte hohe Effizienz

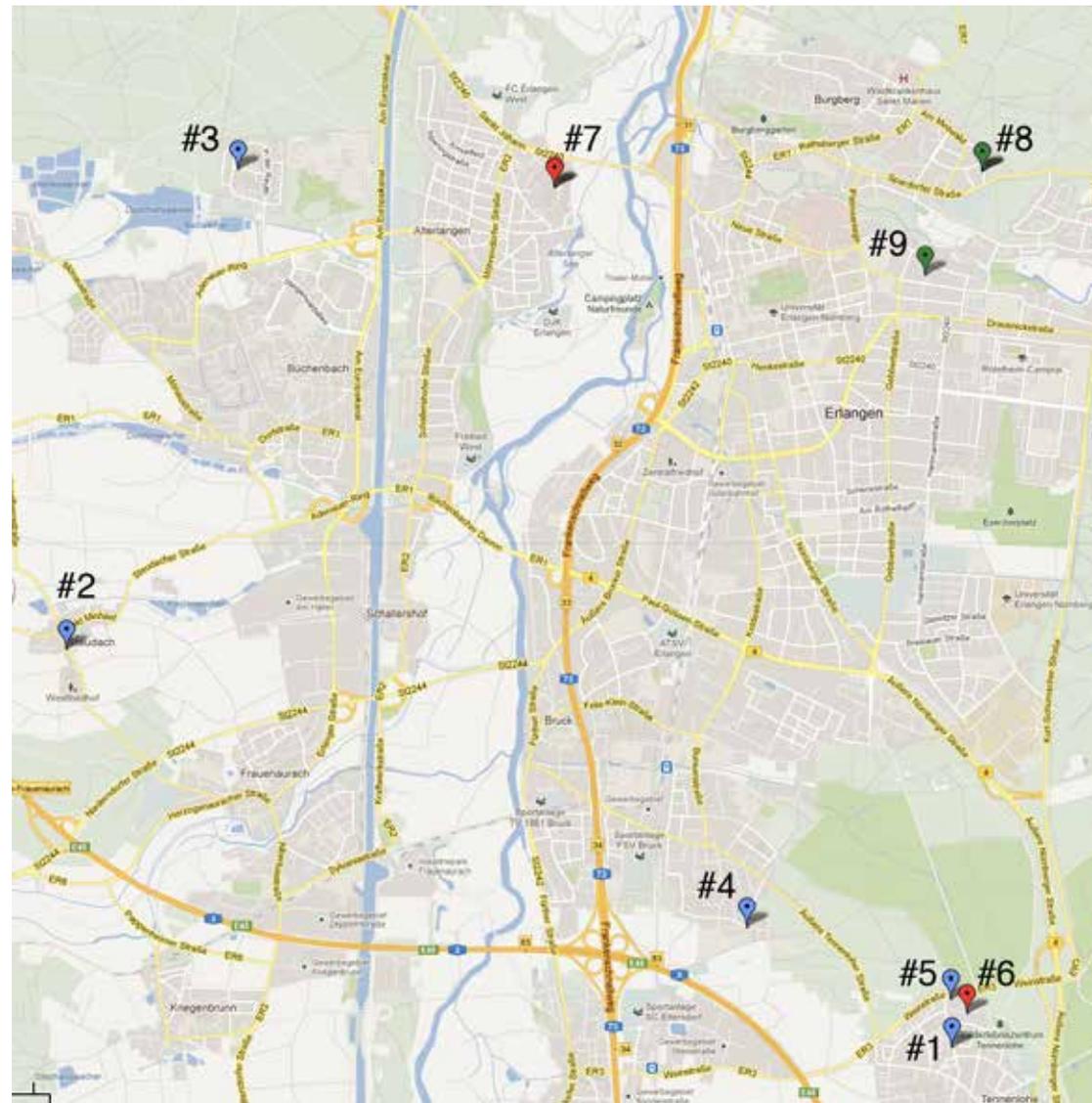
und durch Bündelung geringere Beratungskosten sichern. Dies sind klassische regionale Aufgaben für mittelständisch angelegte Ingenieur- und Architekturbüros und das ebenfalls mittelständische Handwerk vor Ort, die ganzheitlich an diesen Aufgaben partizipieren können.

Die anstehende energetische Sanierung von Ein- und Zweifamilienhäusern in Erlangen darf nicht nur auf Einsparpotentiale beschränkt werden, sondern die Sanierungsvorhaben der nächsten Jahre müssen darüber hinaus auch qualitativ die gestalterische Verbesserung des Wohnumfeldes zum Ziel haben.

Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

(Zwischen-) Fazit

## 5 Gebäudebeispiele



Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

Abb. 16: Karte der Stadt Erlangen mit den im Rahmen der Vorstudie behandelten Wohnungsbauten  
Beispielprojekte "Sanierung" (blau #1 bis #5)  
Beispielprojekte "Solartechnik" (rot #6 + #7)  
Beispielprojekte "Vorstudie" (grün #8 + #9)  
[<http://maps.google.de> <02.01.2012>]

## 5.1 Beispielprojekte "Sanierung"

Anhand von fünf Gebäuden sollten konzeptionell und konstruktiv Sanierungsmöglichkeiten untersucht und aufgezeigt werden. Dabei waren zunächst die Planunterlagen zu vervollständigen und aufzubereiten, und anschließend das Gebäude in seinem baulichen Zustand (einschließlich etwaiger zwischenzeitlicher Sanierungsmaßnahmen) zu dokumentieren. Ausgehend vom übergeordneten baulichen Gesamtkonzept war das Ziel Bauteilstrategien zu untersuchen und Fragen von Materialwahl, Systemtechnik zu klären. Mittels der Software "EPASS-HELENA®"<sup>1</sup> bestand die Möglichkeit die qualitativen Maßnahmen auch quantitativ zu verifizieren. Die dokumentierten Arbeiten umfassen die Dokumentation des Beispielgebäudes, Entwurfsstudien und baukonstruktive Lösungsansätze für die "energetische Sanierung".<sup>2</sup>

Einfamilienhaus (1969) (#1)  
Saidelsteig 21  
91058 Erlangen-Tennenlohe

Bearbeiter:

- Beigel, Johanna  
Gläser, Markus
- Müller, Julia Priti  
Schulz, Cathérine
- Kästner, Andrea  
Roßnagl, Sophia

Einfamilienhaus (1971) (#2)  
Am Klosterholz 10  
91056 Erlangen (Steudach)

Bearbeiter:

- Renz, Denny  
Werner, Marion
- Müller, Eileen Luisa  
Schwarz, Adrian
- Bader, Florian  
Hesse, Patrick

Einfamilienhaus (1975) (#3)  
Reuthlehenstraße 79  
91056 Erlangen

Bearbeiter:

- Maier, Irena  
Sharko, Halyna
- Falk, Jörg  
Klotz, Eduard
- Klein, Franziska  
Simon, Julia

Reihenhaus (1970) [REH] (#4)  
Noetherstraße 19  
91058 Erlangen

Bearbeiter:

- Biscic, Amela  
Burger, Svenja
- Brendel, Eva  
Kugler, Madeleine

Reihenhaus (1979) [RMH] (#5)  
Saidelsteig 66  
91058 Erlangen-Tennenlohe

Bearbeiter:

- Borgardt, Natalia  
Weikert, Dagmar
- Grodon, David  
Karaköse, Ertan
- Beck, Stefanie  
Schaefer, Marita
- Lechner, Sven  
Wenzel, Marina

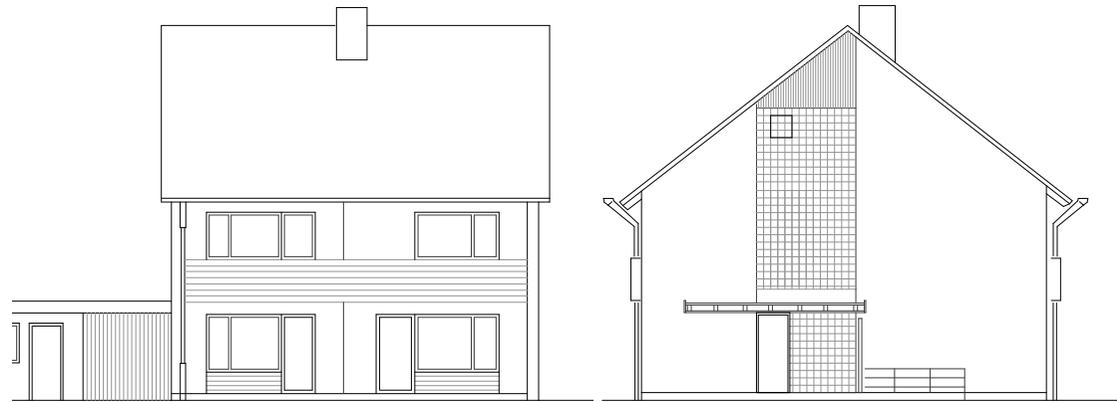
Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

<sup>1</sup> Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e. V., Kassel  
<sup>2</sup> SS 2011: MA-4220 – Technikwissenschaften 4 "Sonderthemen der Baukonstruktion": Energetische Sanierung von Einfamilienhäusern in Erlangen

**Einfamilienhaus (1971)**  
**Saidelsteig 21, 91058 Erlangen**

Beigel, Gläser, Müller, Schulz,  
 Kästner, Roßnagl



Süden 1:200

Westen

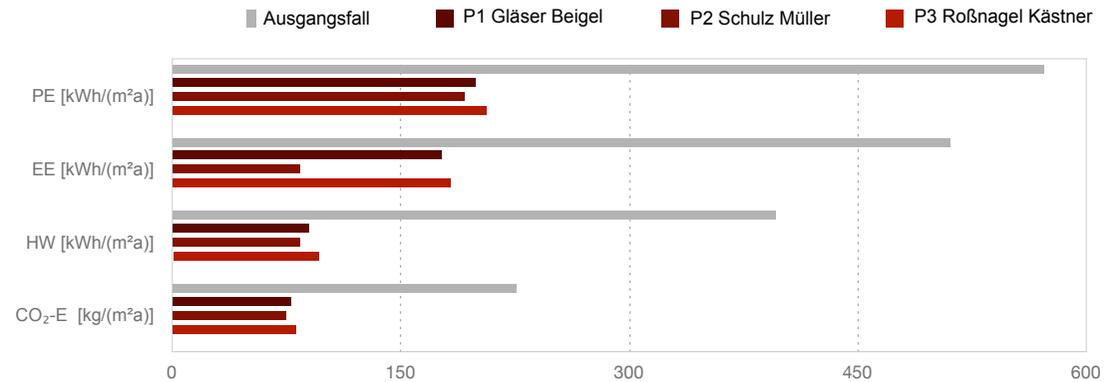
Energetische Sanierung  
 von Einfamilienhäusern in  
 Erlangen

Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1969)  
 Saidelsteig 21 (#1)

**Legende**

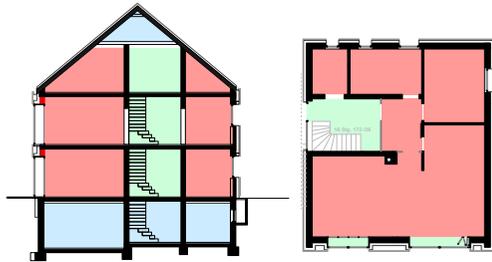
- PE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Primärenergiebedarf
- EE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Endenergiebedarf
- HW [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Heizwärmebedarf
- CO<sub>2</sub>-E [kg/(m<sup>2</sup>a)] - spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen
- AW - Außenwand
- ÖF - Öffnung
- DF - Dachflächen





**VARIANTE P1**  
**Einfamilienhaus (1971)**  
**Saidelsteig 21, 91058 Erlangen**

Beigel, Gläser



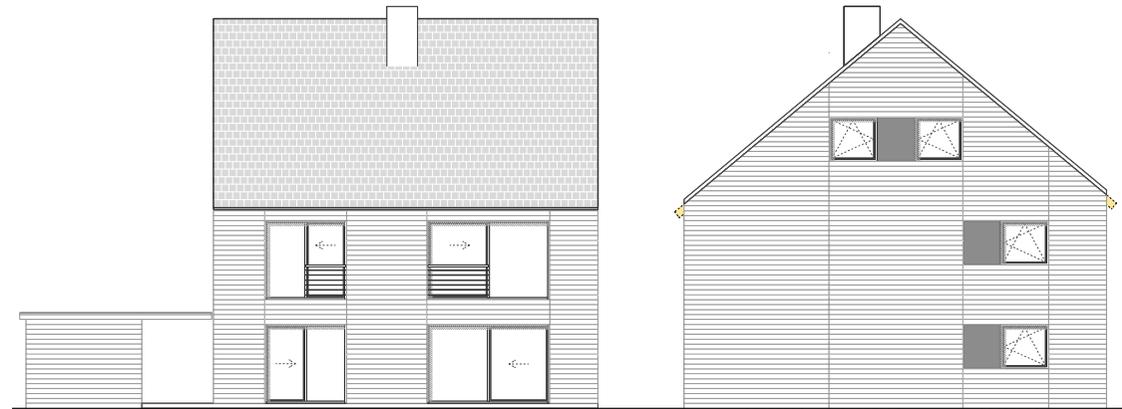
- nicht beheizt
- Übergangsbereich / Pufferzone
- beheizt

**Maßnahmen und energetische Verbesserung**

- Fassade dämmen U-Wert: 1,13 W/m<sup>2</sup>K  
=> 0,14 W/m<sup>2</sup>K (16cm Hartschaum PUR, hinterlüftet)
- Fenster erneuern U-Wert: 3 W/m<sup>2</sup>K  
=> 1,2 W/m<sup>2</sup>K
- Geschoßdecke KG/EG: 3,7 W/m<sup>2</sup>K  
=> 0,36 W/m<sup>2</sup>K (10cm Styropor)

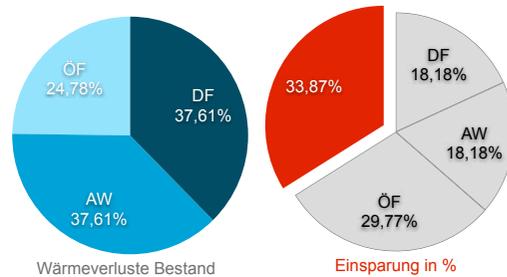
**Bauliche Maßnahmen:**

Erneuerung der Dämmung und Fenster; Holzfassade. Nutzung der Wandtiefe für Kastenfenster; Dämmung über DG zur späteren Mitnutzung; Dämmung unter Decke EG; Nutzung des Treppenhauses als Pufferzone durch offenere Gestaltung der Wohnung; Ersetzen der Glasbausteine durch normale Fenster (--> natürliches Licht im Treppenhaus)



Süden 1:200

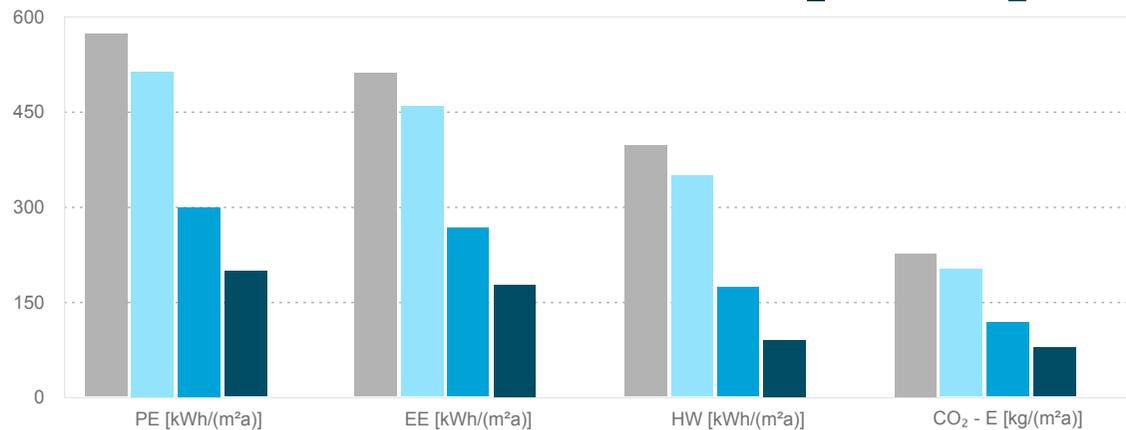
Westen



**Legende**

- PE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Primärenergiebedarf
- EE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Endenergiebedarf
- HW [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Heizwärmebedarf
- CO<sub>2</sub>E [kg/(m<sup>2</sup>a)] - spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen
- AW - Außenwand
- ÖF - Öffnung
- DF - Dachflächen

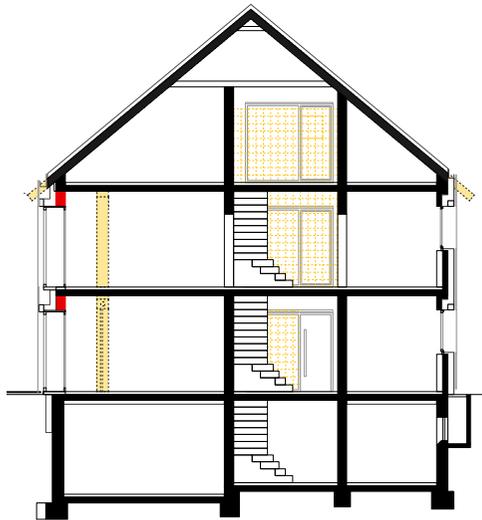
- Ausgangsfall
- Fenster / Tür
- Wand
- Photovoltaik
- Dach



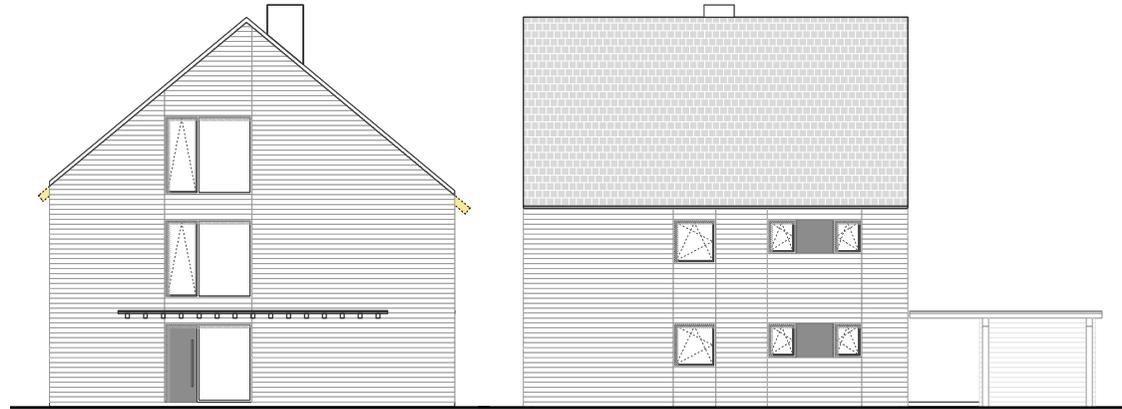
Energetische Sanierung  
 von Einfamilienhäusern in  
 Erlangen

Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1969)  
 Saidelsteig 21 (#1)

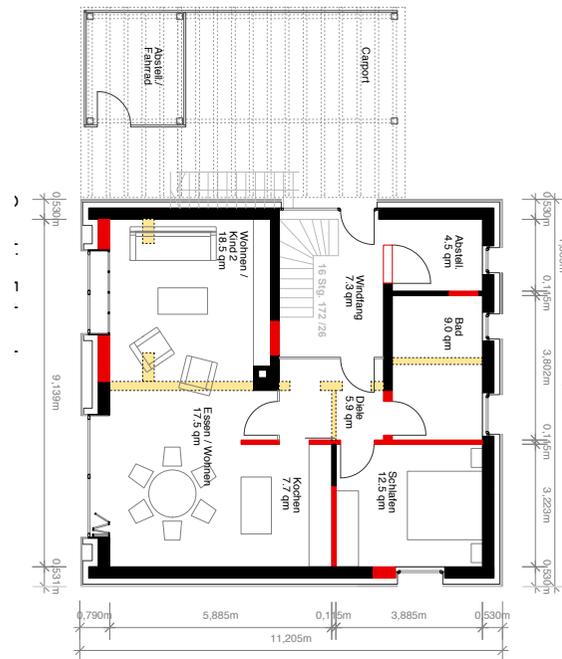


Schnitt 1:200



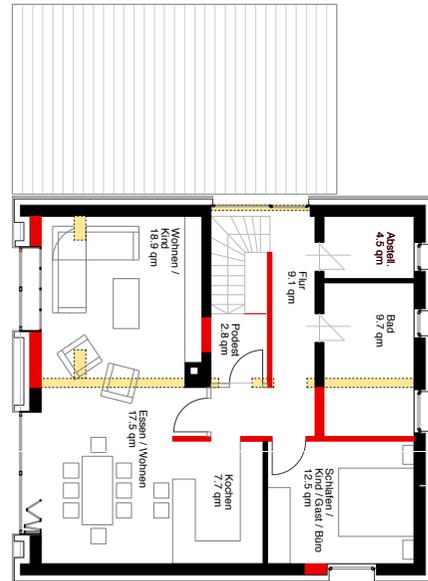
Osten 1:200

Norden

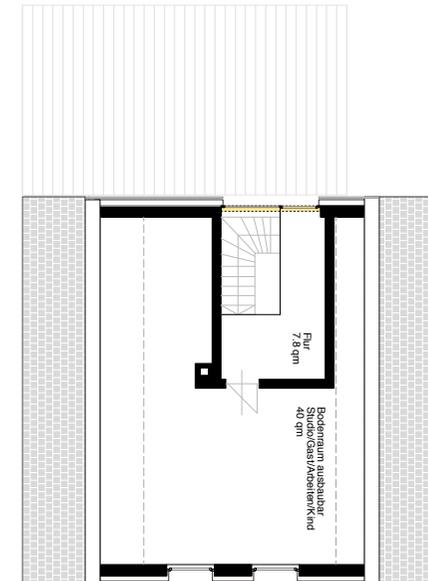


EG

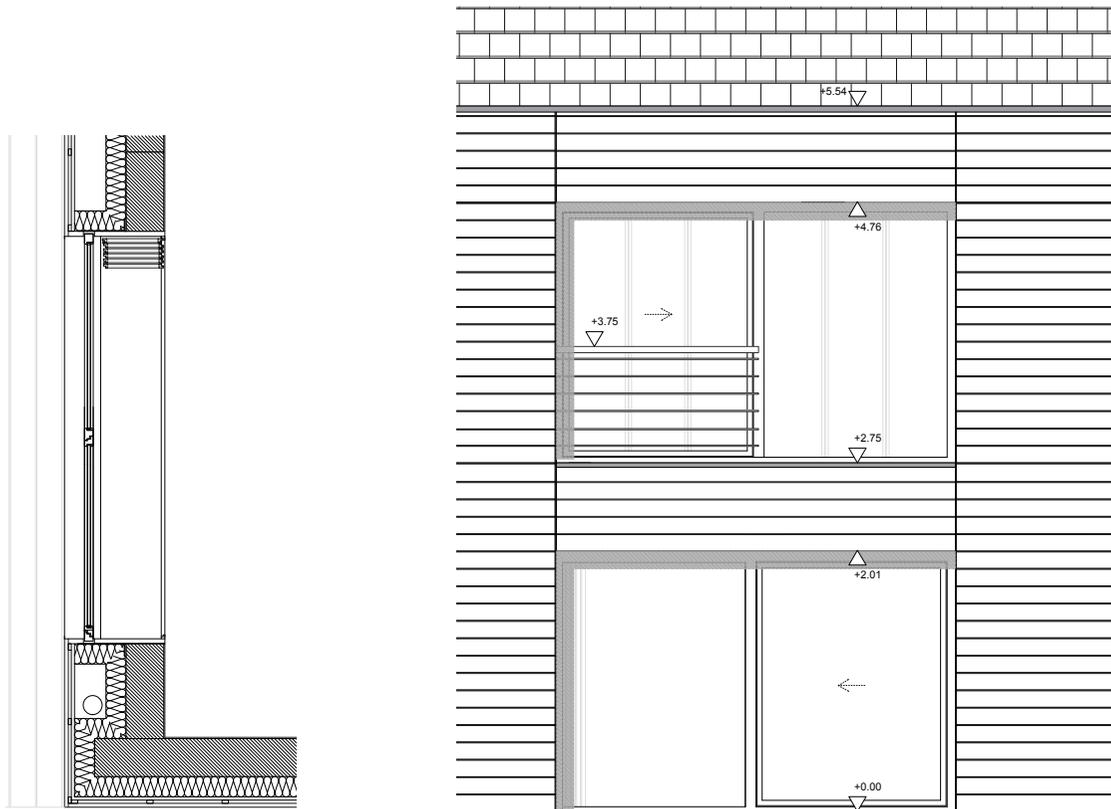
Grundrisse 1:200



OG



DG



Dachaufbau:

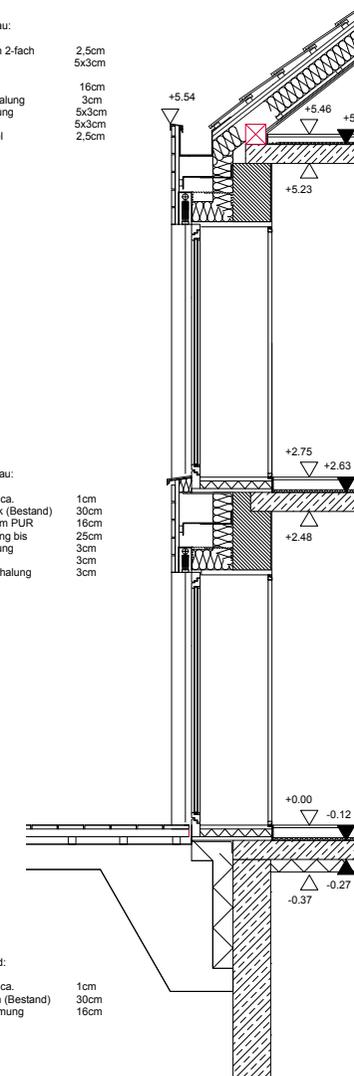
Gipskarton 2-fach	2,5cm
Lattung	5x3cm
Sparren	16cm
Dämmung	3cm
Bretterschalung	5x3cm
Konterlattung	5x3cm
Lattung	5x3cm
Dachziegel	2,5cm

Wandaufbau:

Innenputz ca.	1cm
Mauerwerk (Bestand)	30cm
Hartschaum PUR	16cm
Hinterlüftung bis	25cm
Konterlattung	3cm
Lattung	3cm
Lärchenschalung	3cm

Kellerwand:

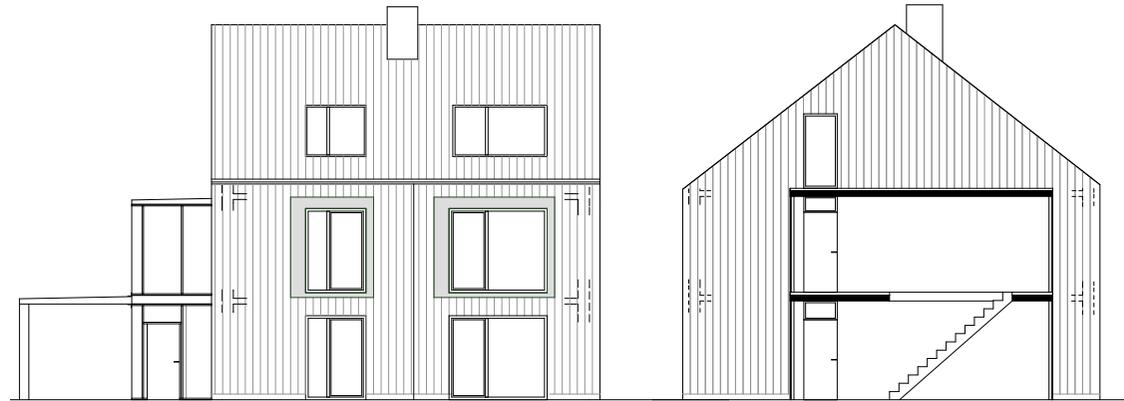
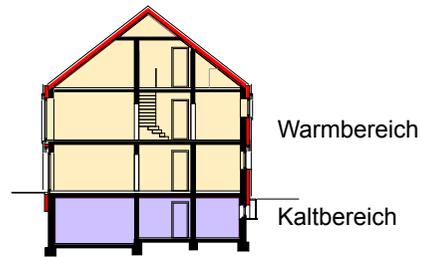
Innenputz ca.	1cm
Stahlbeton (Bestand)	30cm
XPS Dämmung	16cm



**VARIANTE P2**  
**Einfamilienhaus (1971)**  
**Saidelsteig 21, 91058 Erlangen**

Müller, Schulz

Schema Kalt- Warmbereich



Energetische Sanierung  
 von Einfamilienhäusern in  
 Erlangen

Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1969)  
 Saidelsteig 21 (#1)

**Sanierungsideen**

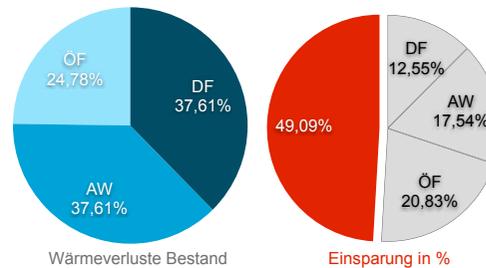
- Gestaltung einer neuen nachhaltigen modernen Fassade
- Integrierung der Verschattung und der Entwässerung hinter der Fassade
- Anbringung der Verschattung vor den Glasflächen (zusätzlicher energetischer Vorteil)
- Separierung des Gebäudes in zwei Wohneinheiten
- Umstrukturierung der engen dunklen Räume zu hellen offenen Wohneinheiten
- Bessere Trennung der Kalt- Warmbereiche

**Fassade:** komplett gedämmt, neue Fassadenverkleidung

**EG- DG:** Abgetrennte Wohnungen, nicht beheizter separater Treppenaufgang

**Keller:** Abgetrennt vom Rest des Gebäudes nicht beheizt, Kellerdecke gedämmt

Süden 1:200



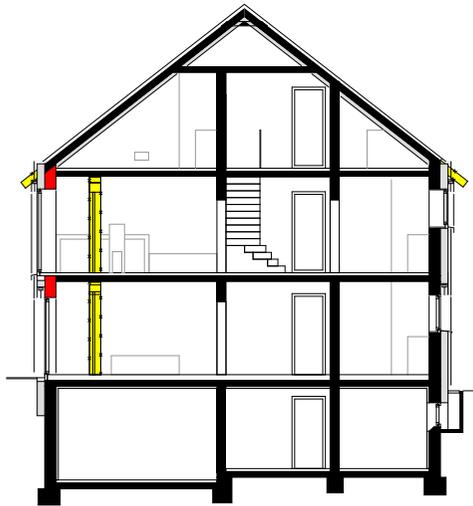
Westen

**Legende**

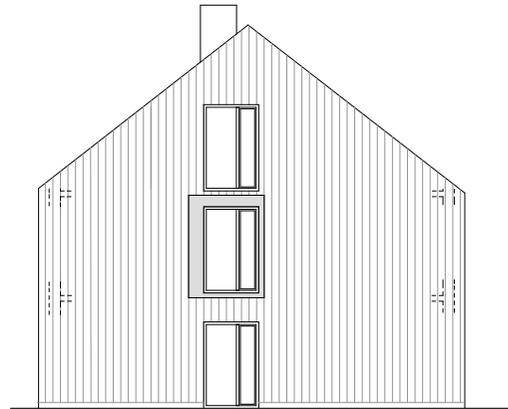
PE [kWh/(m²a)] - spezifischer Primärenergiebedarf  
 EE [kWh/(m²a)] - spezifischer Endenergiebedarf  
 HW [kWh/(m²a)] - spezifischer Heizwärmebedarf  
 CO<sub>2</sub>E [kg/(m²a)] - spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen  
 AW - Außenwand  
 ÖF - Öffnung  
 DF - Dachflächen

■ Ausgangsfall    ■ Fenster / Tür    ■ Wand  
 ■ Photovoltaik    ■ Dach

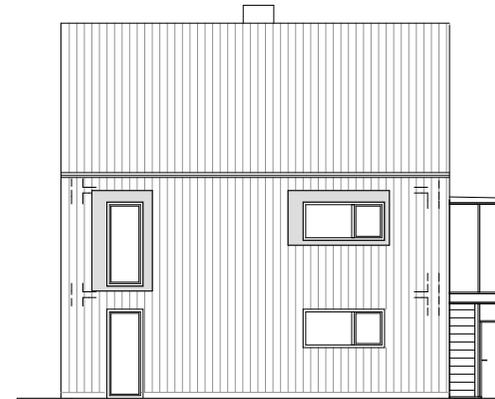




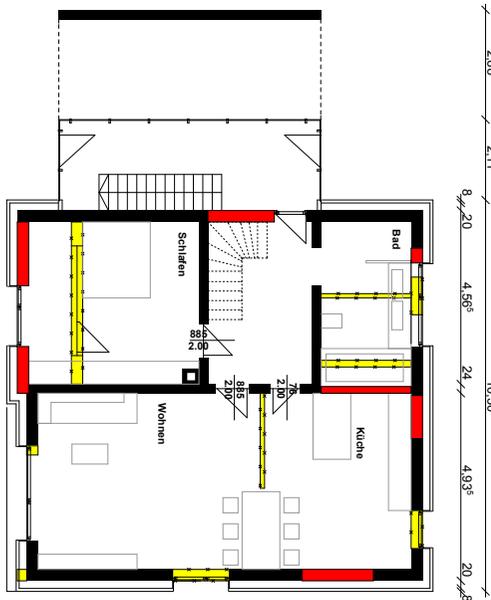
Schnitt 1:200



Osten 1:200

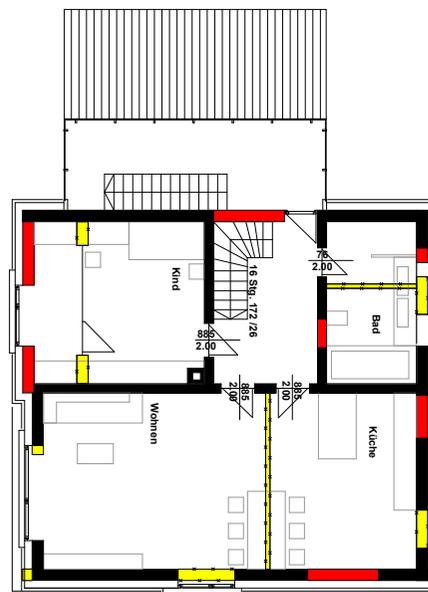


Norden

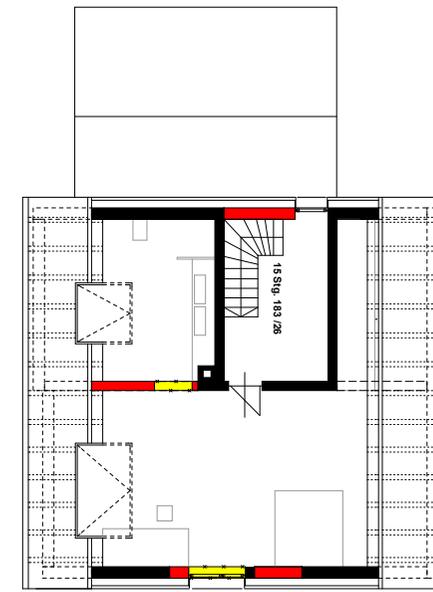


EG  
8 20 4,26<sup>s</sup> 24 2,76 19<sup>s</sup> 2,43 30 20  
25 11,05

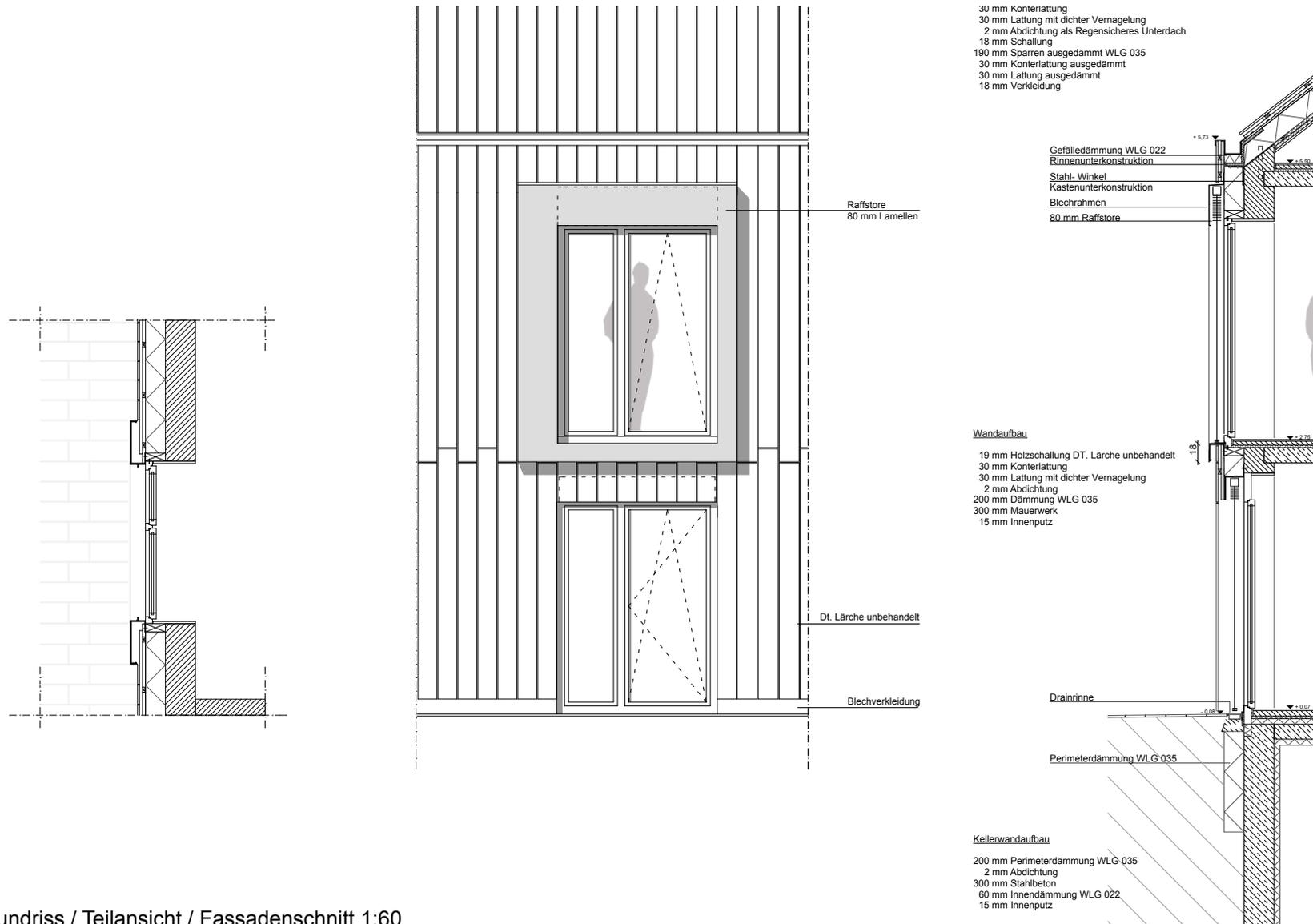
Grundrisse 1:200



OG



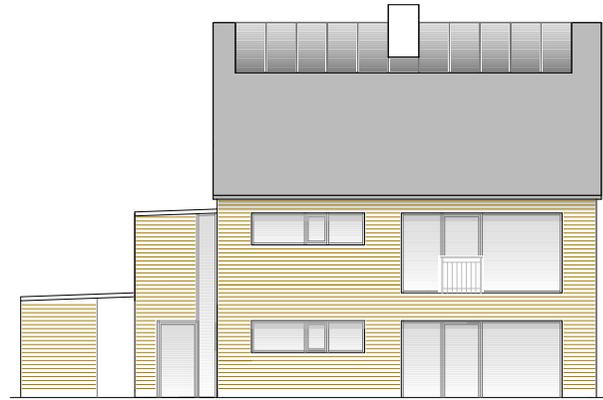
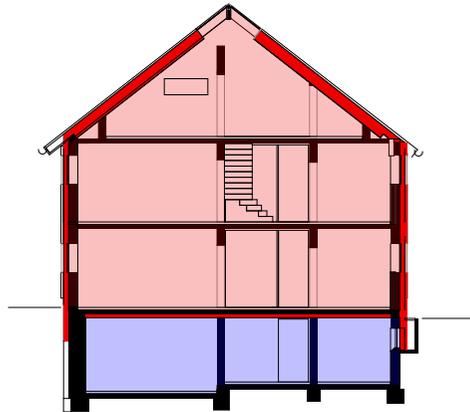
DG



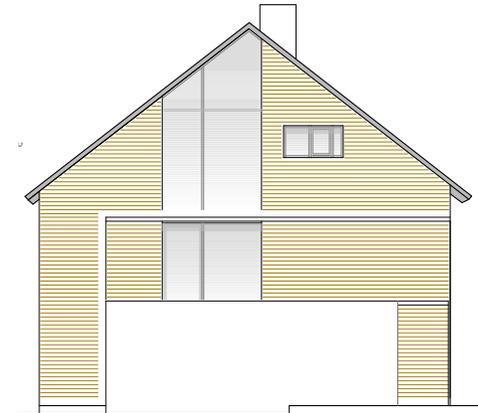
Grundriss / Teilansicht / Fassadenschnitt 1:60

**VARIANTE P3**  
**Einfamilienhaus (1971)**  
**Saidelsteig 21, 91058 Erlangen**

Kästner, Roßnagl



Süden 1:200



Westen

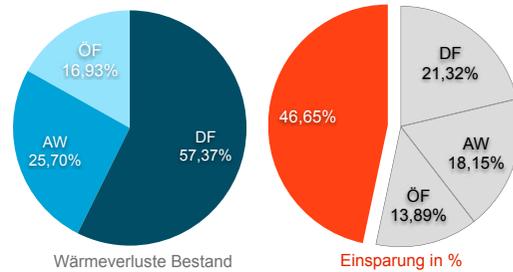
Energetische Sanierung  
 von Einfamilienhäusern in  
 Erlangen

Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1969)  
 Saidelsteig 21 (#1)

**Sanierungsmaßnahmen:**

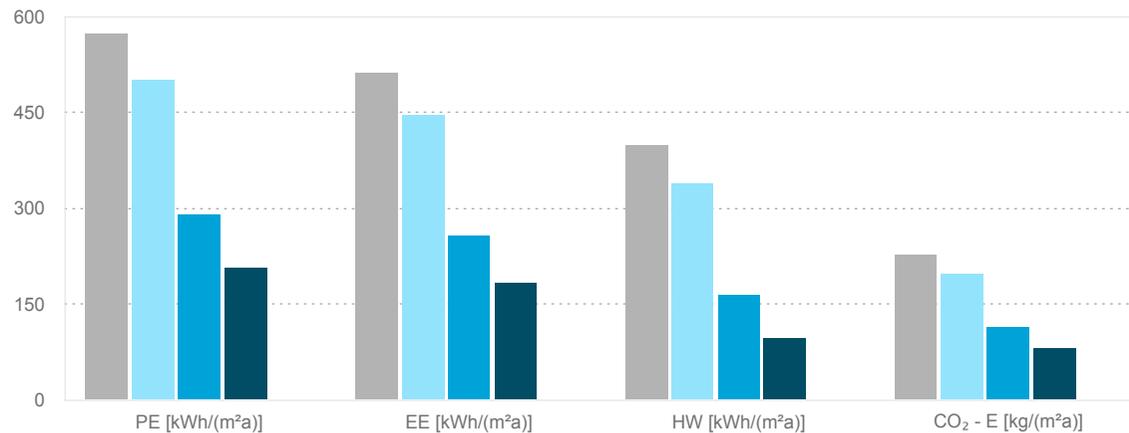
- Wärmedämmung an Außenwänden, Kellerdecke und Dach
- Ausschluss des Kellers aus beheiztem Volumen
- Ausbau Dachgeschoss
- Glasband am Dachfirst nach Norden
- Glas-Glas-Solarmodule im Dachfirst nach Süden
- Anbau Außentreppe von EG in 1.OG zur Aufteilung
- des Hauses in 2 Wohneinheiten, dient als Pufferzone
- Umstrukturierung der Grundrisse
- Größere Öffnungsflächen besonders nach Osten zur besseren Belichtung
- Carport mit separatem Abstellraum



**Legende**

PE [kWh/(m²a)] - spezifischer Primärenergiebedarf  
 EE [kWh/(m²a)] - spezifischer Endenergiebedarf  
 HW [kWh/(m²a)] - spezifischer Heizwärmebedarf  
 CO<sub>2</sub>E [kg/(m²a)] - spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen  
 AW - Außenwand  
 ÖF - Öffnung  
 DF - Dachflächen

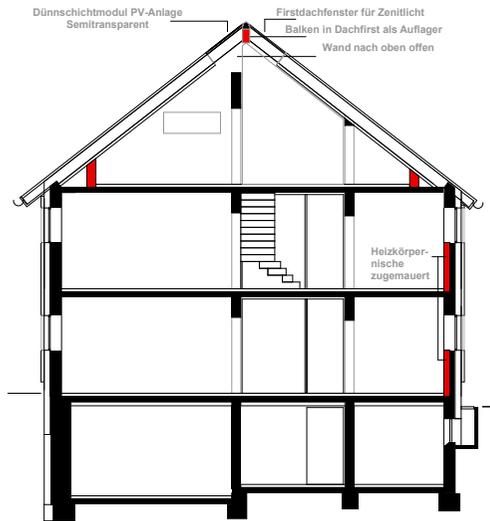
■ Ausgangsfall    ■ Fenster / Tür    ■ Wand  
 ■ Photovoltaik    ■ Dach



Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1969)  
Saidelsteig 21 (#1)

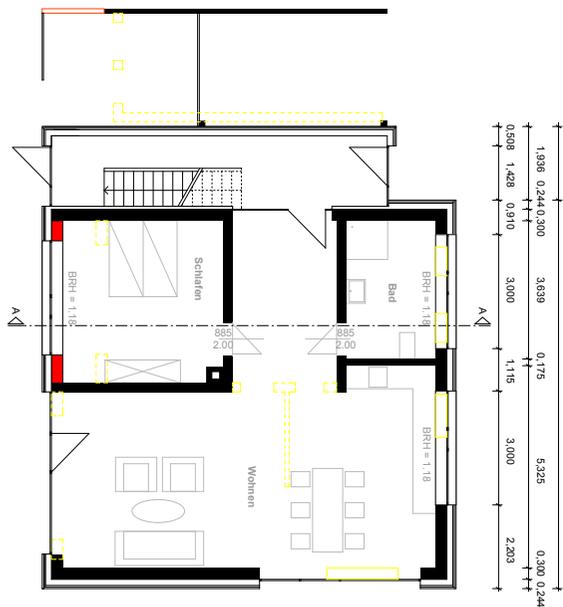


Schnitt 1:200

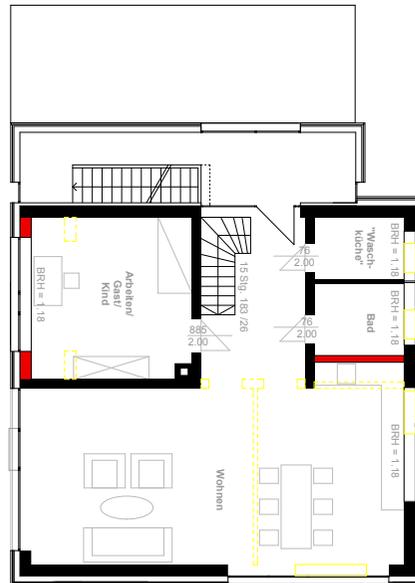


Osten 1:200

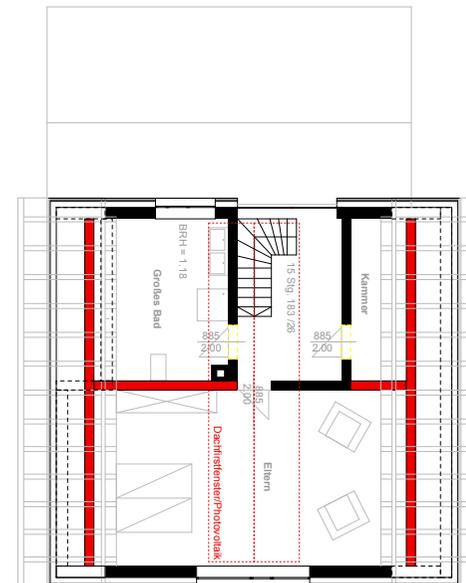
Norden



EG  
Grundrisse 1:200



OG

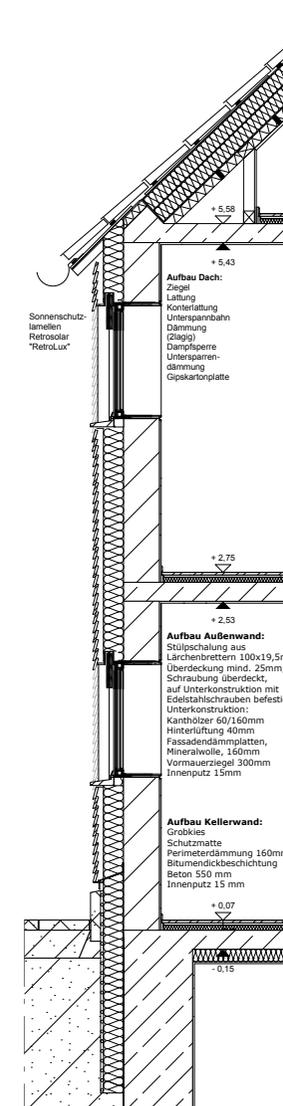
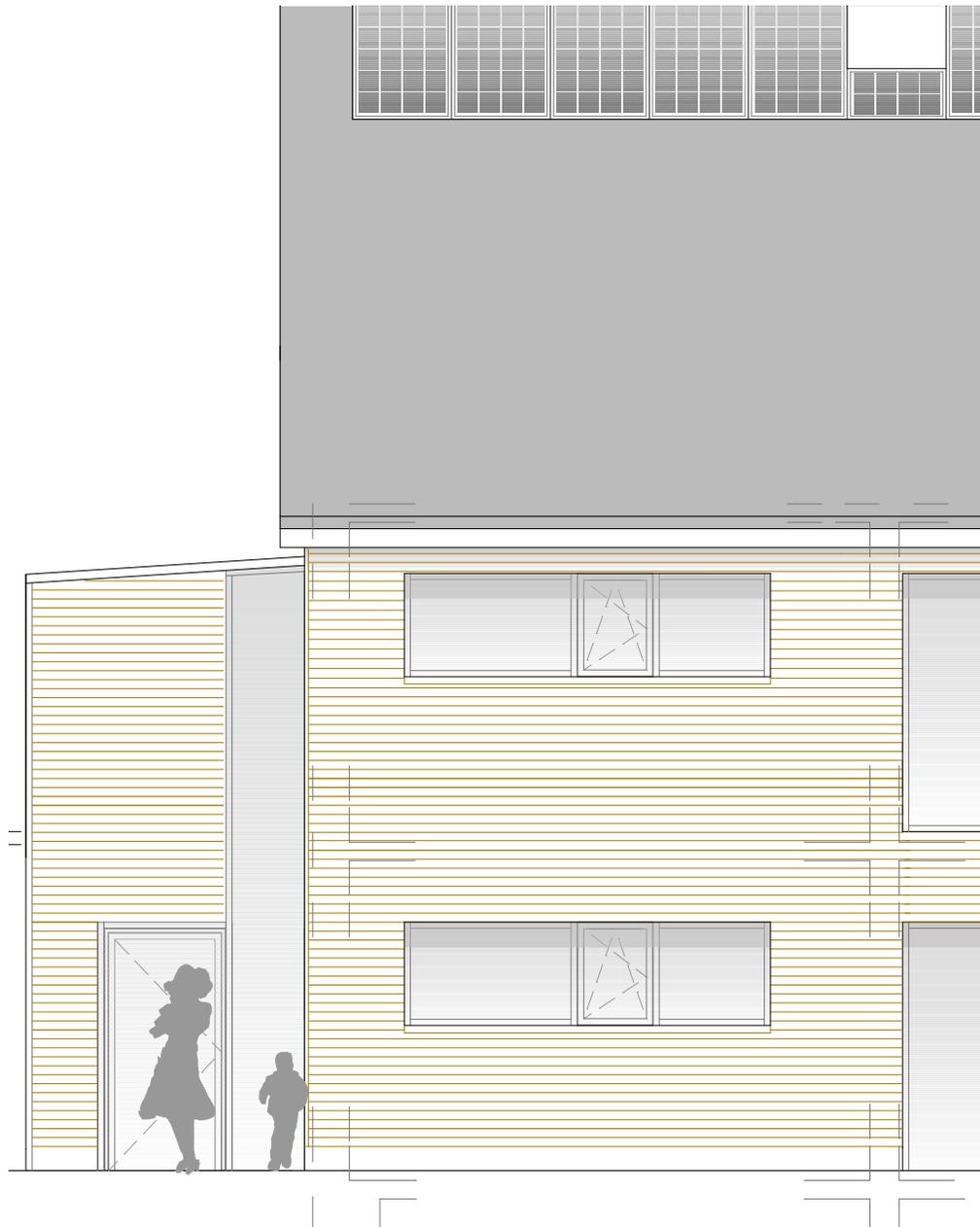
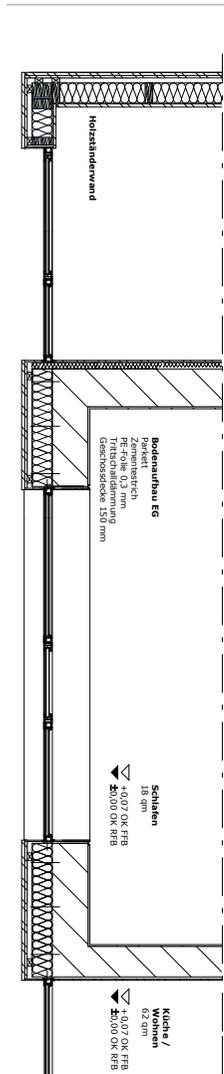


DG

Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1969)  
Saidelsteig 21 (#1)



Grundriss / Teilansicht / Fassadenschnitt 1:60

**Einfamilienhaus (1969)**  
**Am Klosterholz 10, 91056 Erlangen**

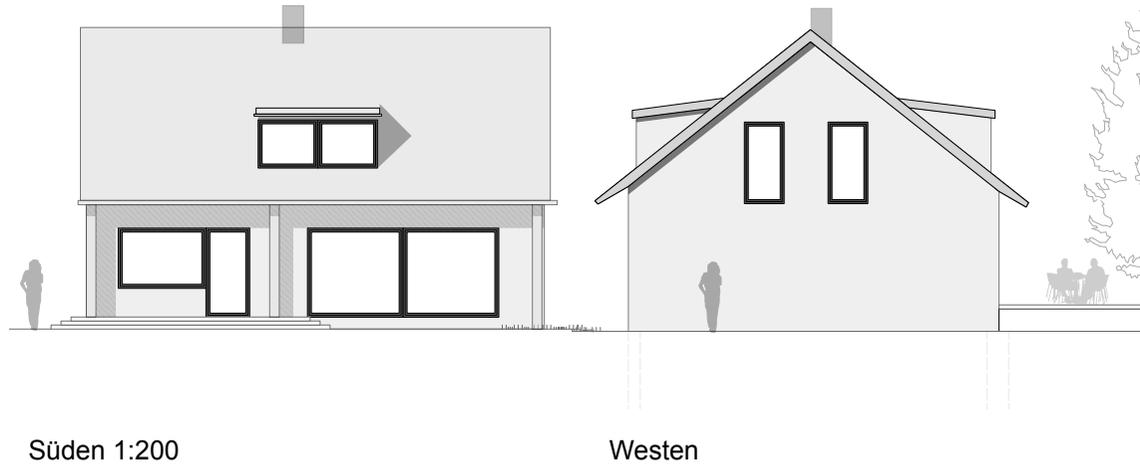
Bader, Hesse, Müller, Schwarz, Renz, Werner



Energetische Sanierung  
 von Einfamilienhäusern in  
 Erlangen

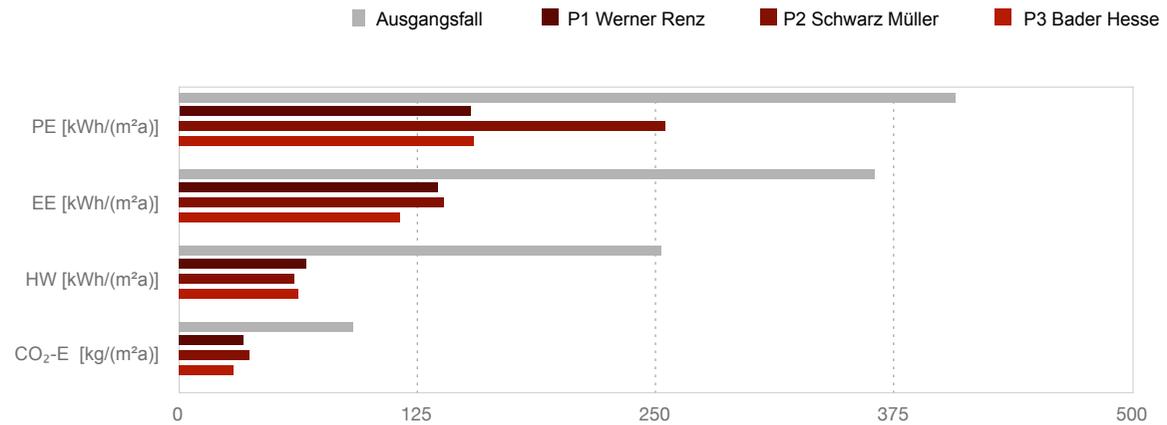
Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1971)  
 Am Klosterholz 10 (#2)



**Legende**

- PE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Primärenergiebedarf
- EE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Endenergiebedarf
- HW [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Heizwärmebedarf
- CO<sub>2</sub>-E [kg/(m<sup>2</sup>a)] - spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen
- AW - Außenwand
- ÖF - Öffnung
- DF - Dachflächen





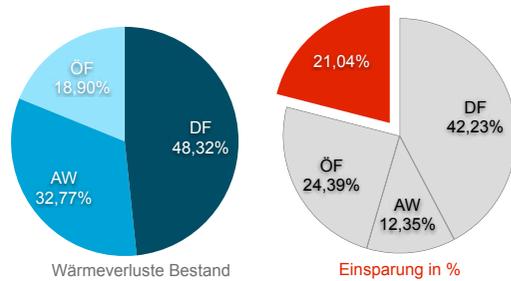
**VARIANTE P1**  
**Einfamilienhaus (1969)**  
**Am Klosterholz 10, 91056 Erlangen**

Renz, Werner



Süden 1:200

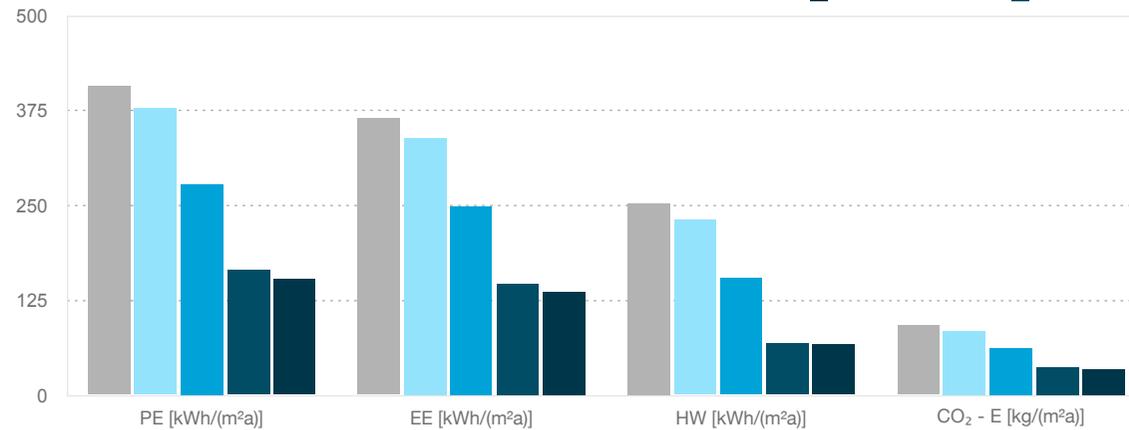
Westen



**Legende**

PE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Primärenergiebedarf  
 EE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Endenergiebedarf  
 HW [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Heizwärmebedarf  
 CO<sub>2</sub>E [kg/(m<sup>2</sup>a)] - spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen  
 AW - Außenwand  
 ÖF - Öffnung  
 DF - Dachflächen

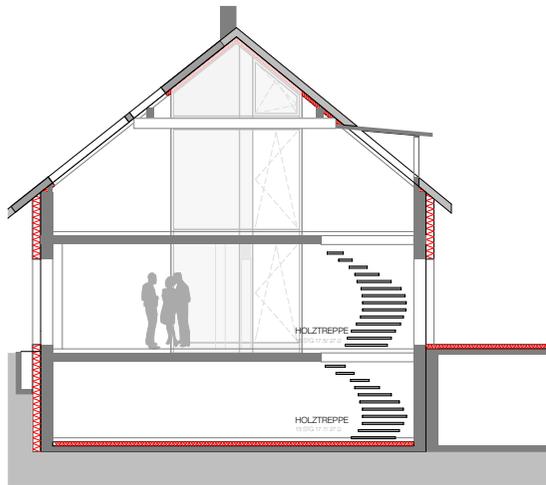
■ Ausgangsfall    ■ Fenster / Tür    ■ Wand  
 ■ Photovoltaik    ■ Dach



Energetische Sanierung  
 von Einfamilienhäusern in  
 Erlangen

Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1971)  
 Am Klosterholz 10 (#2)

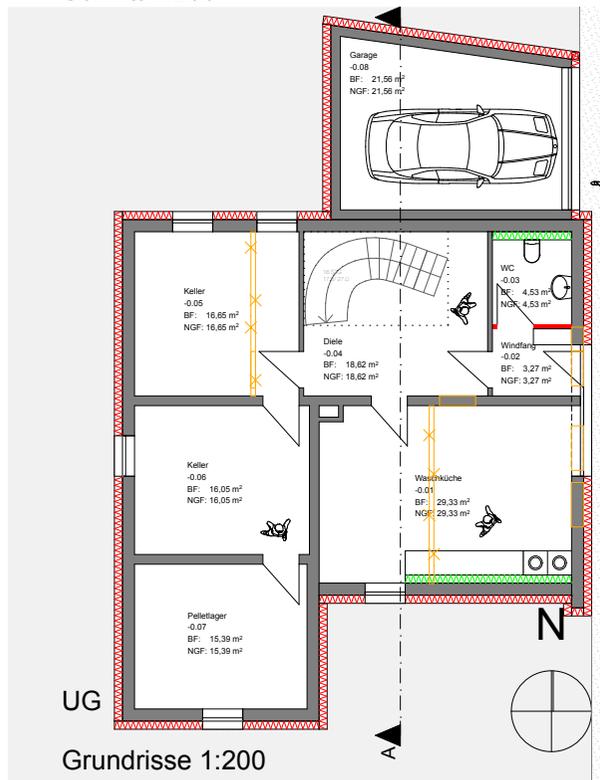


Schnitt 1:200

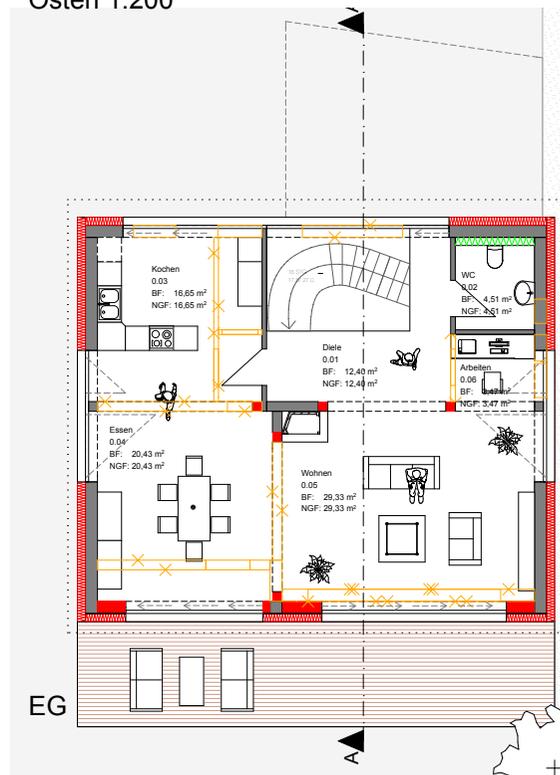


Osten 1:200

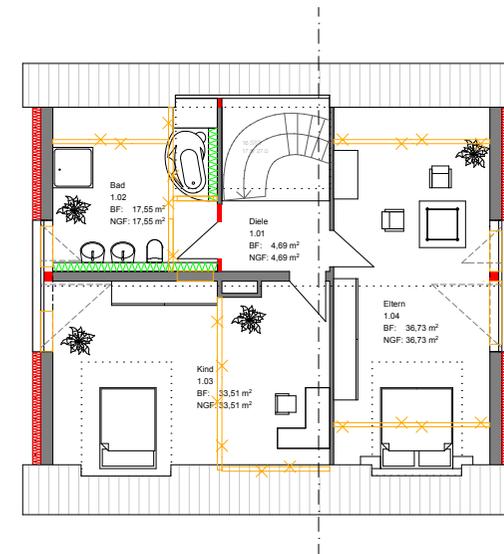
Norden



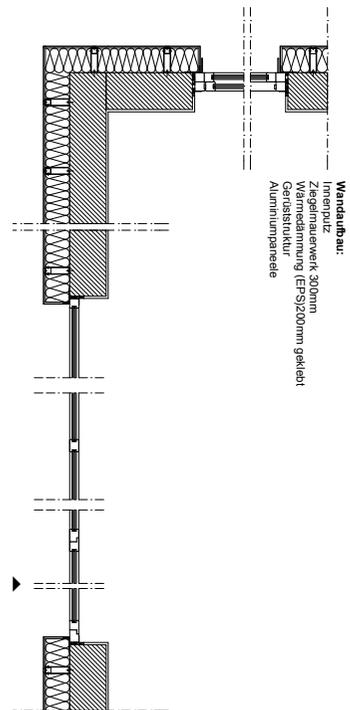
Grundrisse 1:200



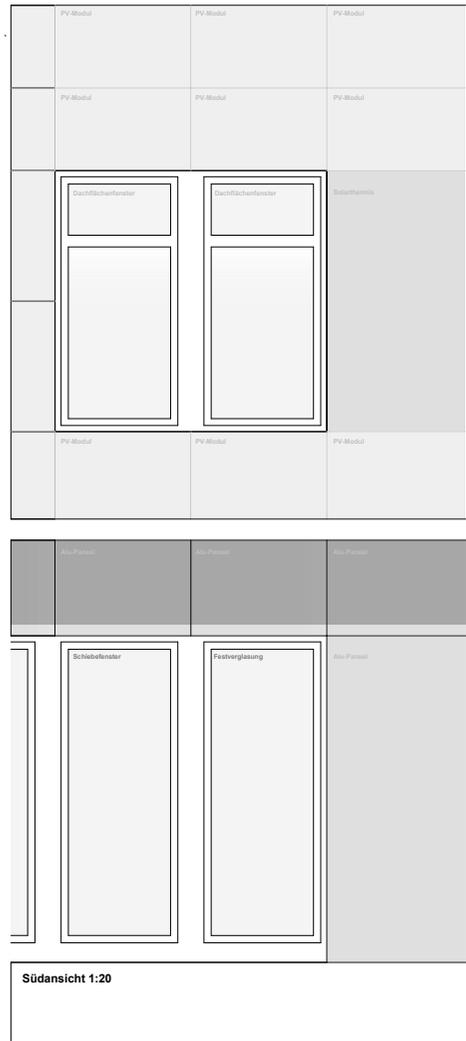
EG



DG



**Wandaufbau:**  
 Innenputz  
 Ziegelmauerwerk 300mm  
 Wärmedämmung / EPS 200mm geklebt  
 Gerüststruktur  
 Aluminiumpaneele

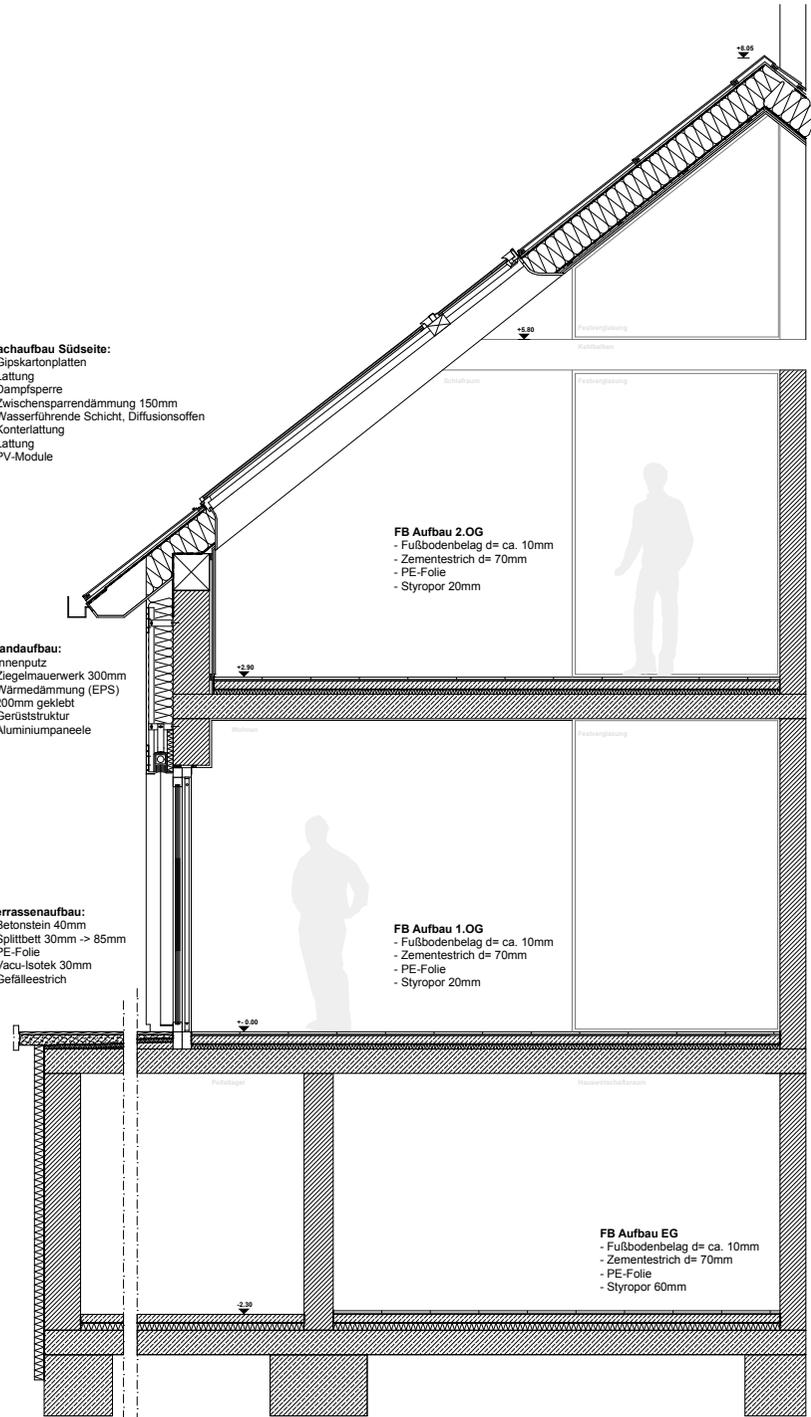


Südsicht 1:20

**Jachtaufbau Südseite:**  
 Gipskartonplatten  
 Lattung  
 Dampfsperre  
 Zwischensparrendämmung 150mm  
 Wasserführende Schicht, Diffusionsoffen  
 Konterlattung  
 Lattung  
 PV-Module

**Wandaufbau:**  
 Innenputz  
 Ziegelmauerwerk 300mm  
 Wärmedämmung (EPS)  
 200mm geklebt  
 Gerüststruktur  
 Aluminiumpaneele

**Terrassenaufbau:**  
 Betonstein 40mm  
 Splittbett 30mm -> 85mm  
 PE-Folie  
 Vacu-Isotek 30mm  
 Gefälleestrich



**FB Aufbau 2.OG**  
 - Fußbodenbelag d= ca. 10mm  
 - Zementestrich d= 70mm  
 - PE-Folie  
 - Styropor 20mm

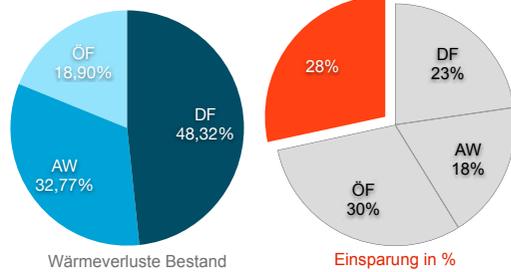
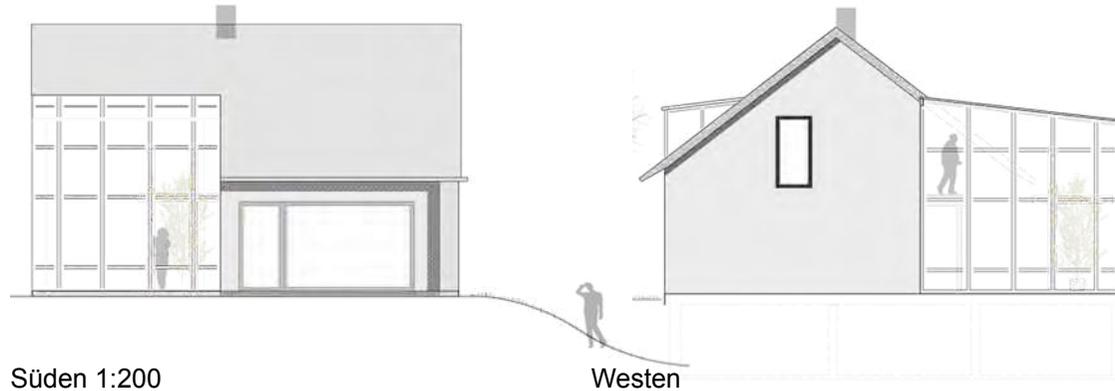
**FB Aufbau 1.OG**  
 - Fußbodenbelag d= ca. 10mm  
 - Zementestrich d= 70mm  
 - PE-Folie  
 - Styropor 20mm

**FB Aufbau EG**  
 - Fußbodenbelag d= ca. 10mm  
 - Zementestrich d= 70mm  
 - PE-Folie  
 - Styropor 60mm

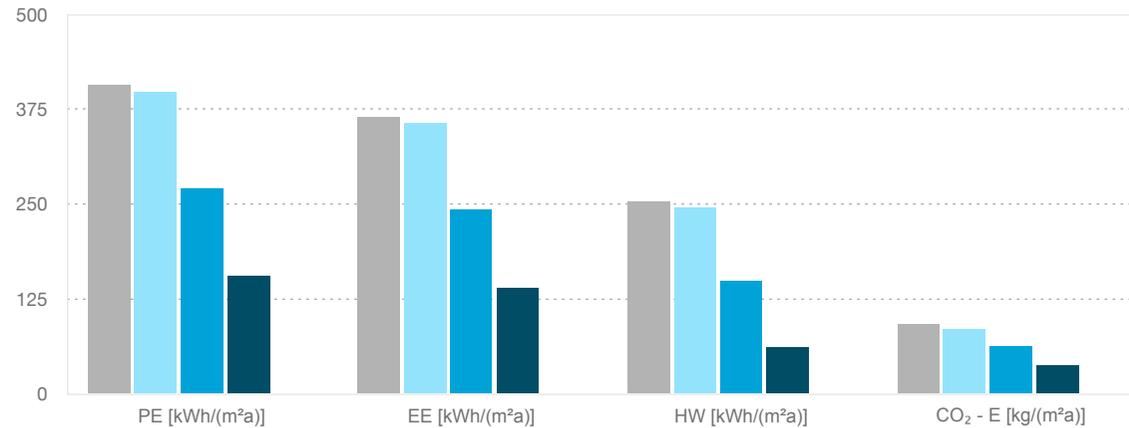
Schnitt 1:20

**VARIANTE P2**  
**Einfamilienhaus (1969)**  
**Am Klosterholz 10, 91056 Erlangen**

Schwarz, Müller



**Legende**  
 PE [kWh/(m²a)] - spezifischer Primärenergiebedarf  
 EE [kWh/(m²a)] - spezifischer Endenergiebedarf  
 HW [kWh/(m²a)] - spezifischer Heizwärmebedarf  
 CO<sub>2</sub>E [kg/(m²a)] - spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen  
 AW - Außenwand  
 ÖF - Öffnung  
 DF - Dachflächen  
 ■ Ausgangsfall    ■ Fenster / Tür    ■ Wand  
    ■ Photovoltaik    ■ Dach



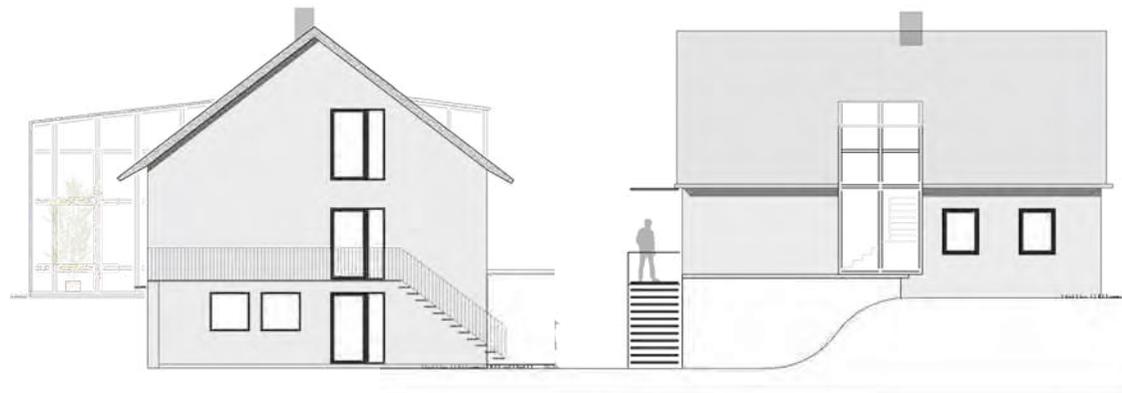
Energetische Sanierung  
 von Einfamilienhäusern in  
 Erlangen

Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1971)  
 Am Klosterholz 10 (#2)

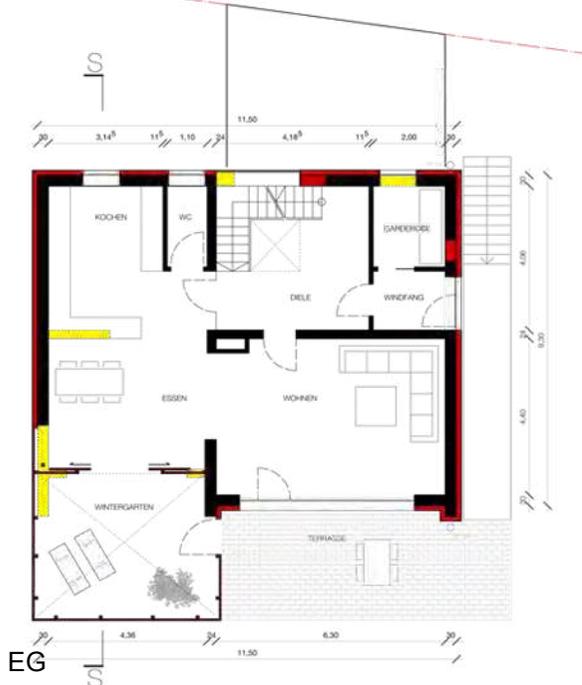


Schnitt 1:200

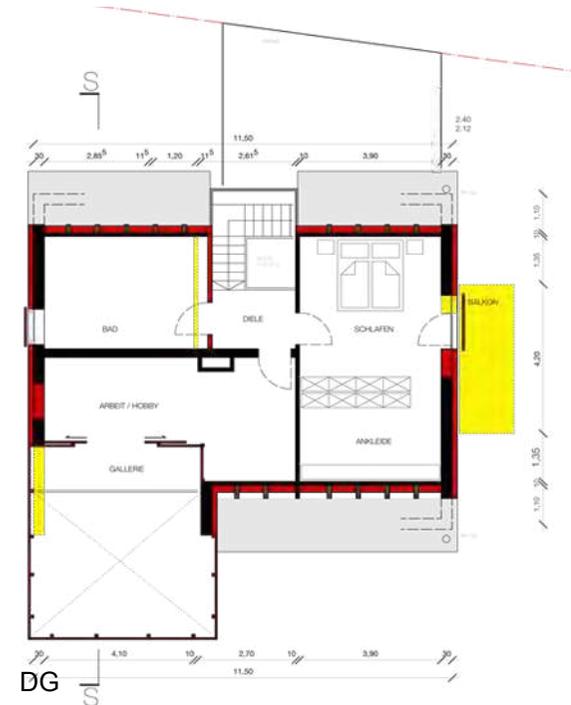


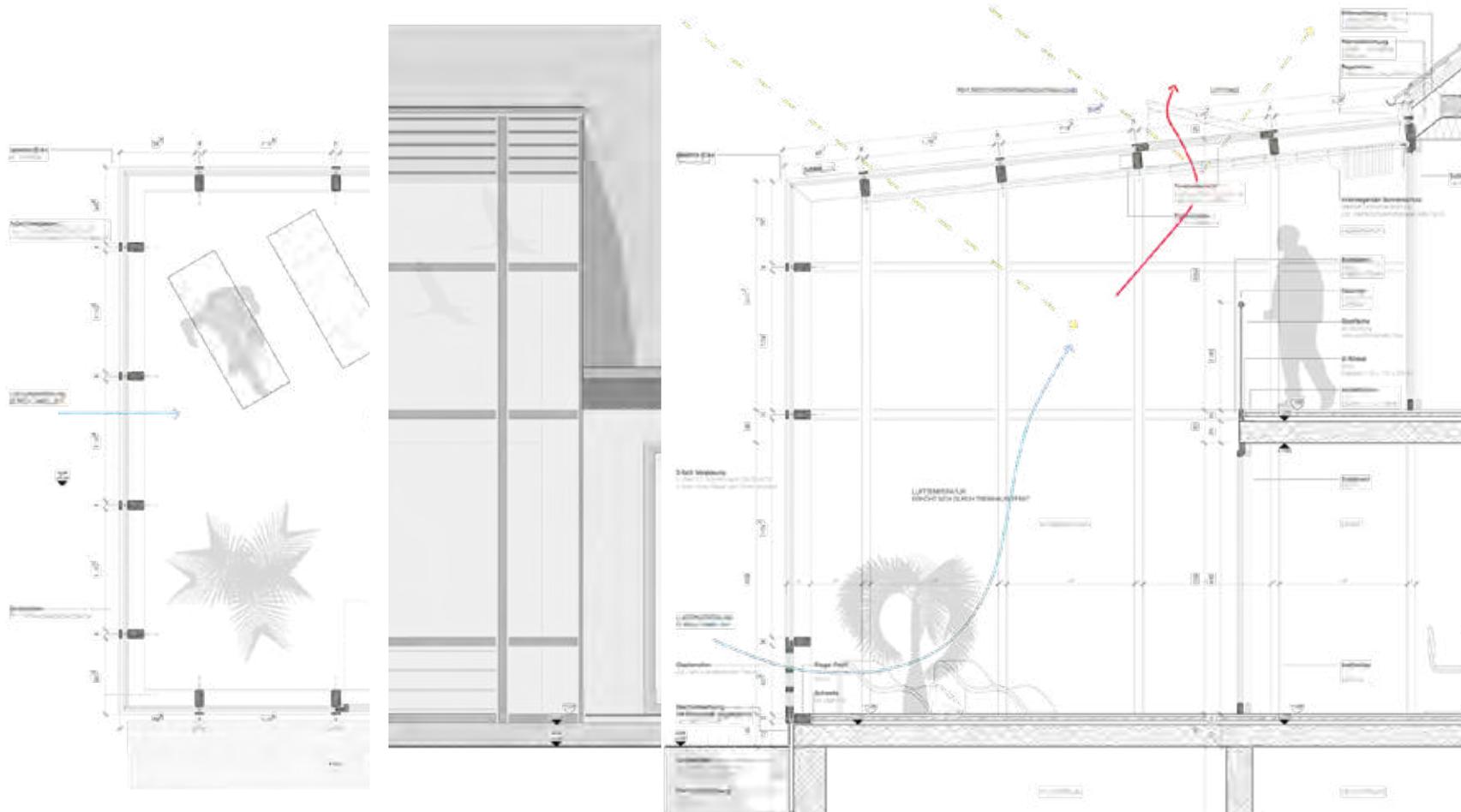
Osten 1:200

Norden



Grundrisse 1:200





**VARIANTE P3**  
**Einfamilienhaus (1969)**  
**Am Klosterholz 10, 91056 Erlangen**

Bader, Hesse

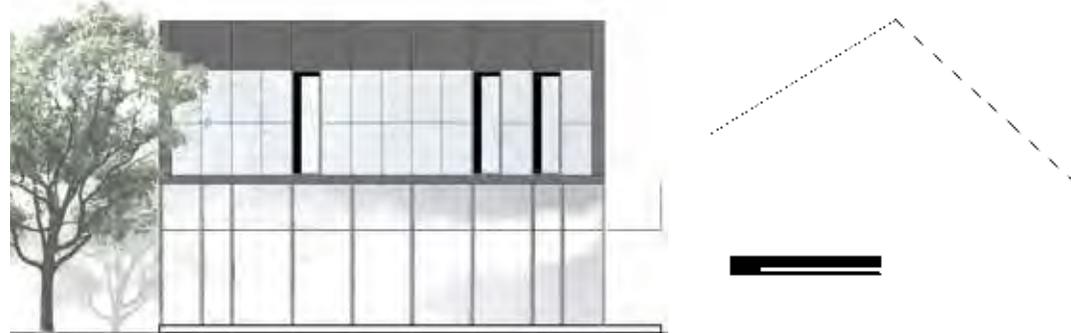
Die "aktive Gebäudehülle" stellt ein effizientes System zur Dämmung der Außenwand, Integration einer mechanischen Raumlüftung in die Fassade und Nutzung von Solarenergie zur Erwärmung des Innenraums dar.

**Kollektorelemente**

Bei den Kollektorelementen wird die Außenseite der Fassadenpaneele mit Glas belegt. Die Gebäudehülle wird zum Solarkollektor: Die Sonneneinstrahlung sorgt für eine zusätzliche Erwärmung der Zuluft und trägt so zur Beheizung des Innenraums bei. Zudem werden basierend auf dem Prinzip der Porenlüftung exzellente Dämmwerte erreicht. Bei ausbleibendem Sonnenschein besteht zudem die Möglichkeit der Wärmerückgewinnung aus der Abluft.

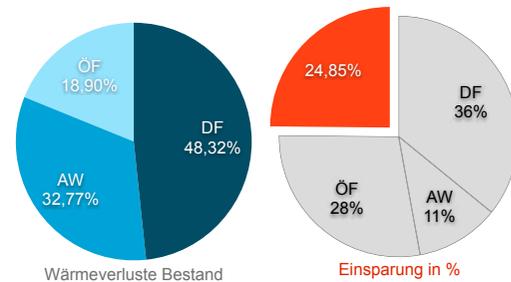
**Prinzip Porenlüftung**

Das Prinzip der Porenlüftung ist seit den 60er Jahren bekannt. Die luftdurchströmte Dämmschicht wirkt dabei wie ein Wärmetauscher, der die Wärmeverluste der Hülle zum größten Teil an die Frischluft abgibt und damit zurückgewinnt. Die ersten Überlegungen und Versuche gab es bei Decken von Tierställen in den USA. Auf menschliche Behausungen übertragen, verbindet sie die Erfordernisse eines Mindestluftwechsels mit der Dämmung in der Gebäudehülle. Der Wärmedurchgang des Dämm-Materials wird dabei bis zu 10 mal geringer.



Süden 1:200

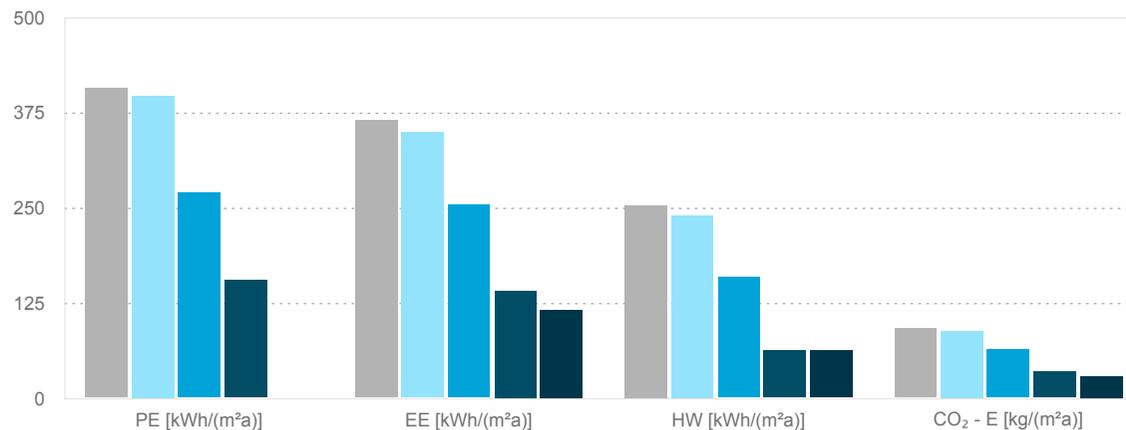
Westen



**Legende**

PE [kWh/(m²a)] - spezifischer Primärenergiebedarf  
 EE [kWh/(m²a)] - spezifischer Endenergiebedarf  
 HW [kWh/(m²a)] - spezifischer Heizwärmebedarf  
 CO<sub>2</sub>E [kg/(m²a)] - spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen  
 AW - Außenwand  
 ÖF - Öffnung  
 DF - Dachflächen

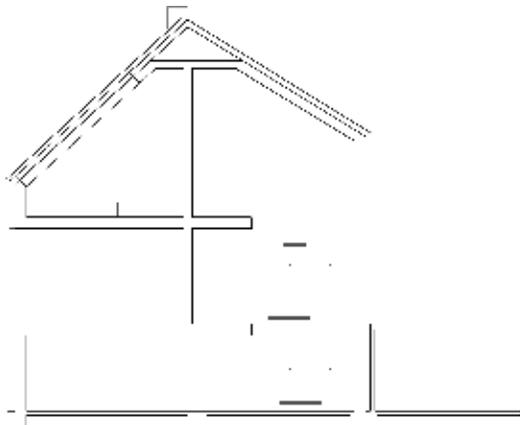
■ Ausgangsfall    ■ Fenster / Tür    ■ Wand  
 ■ Photovoltaik    ■ Dach



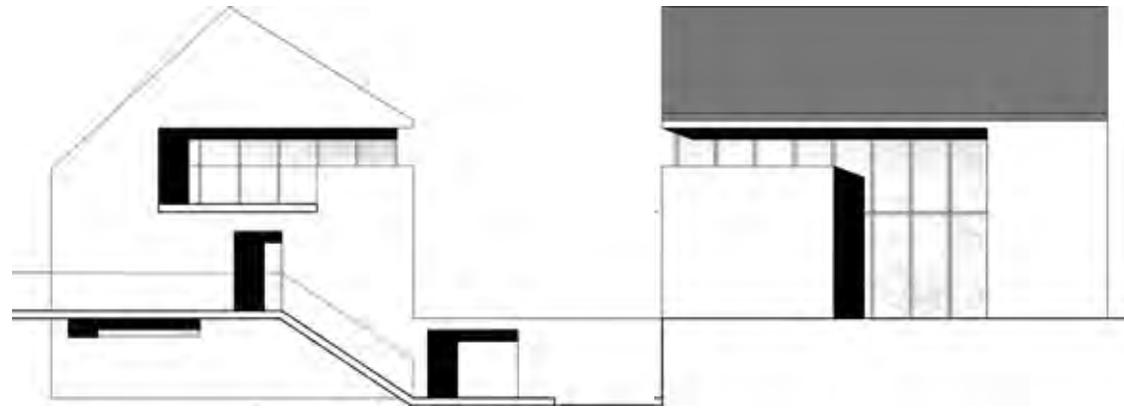
Energetische Sanierung  
 von Einfamilienhäusern in  
 Erlangen

Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1971)  
 Am Klosterholz 10 (#2)



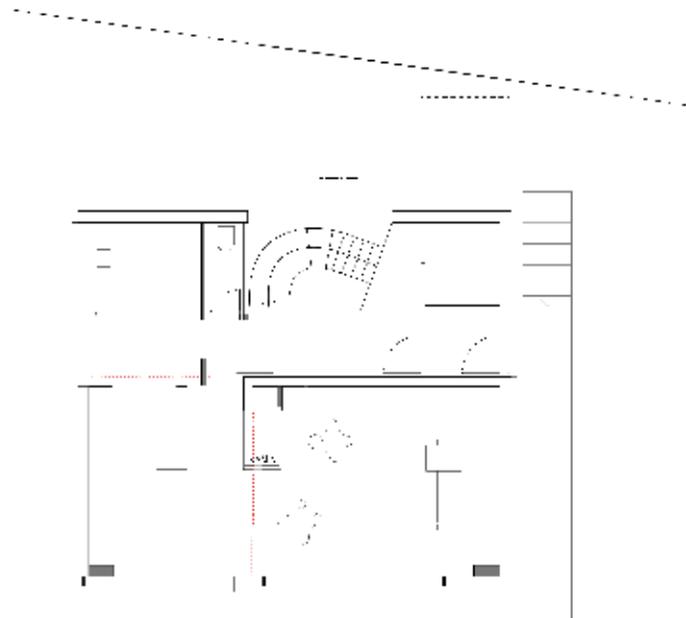
SCH



Osten 1:200

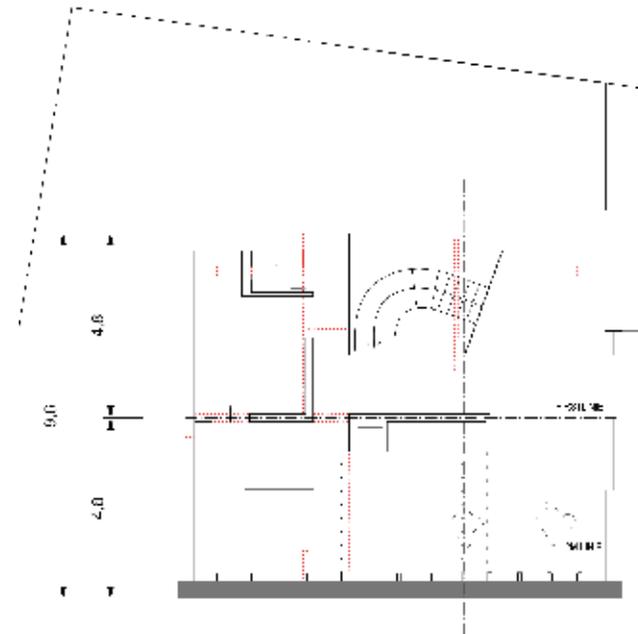
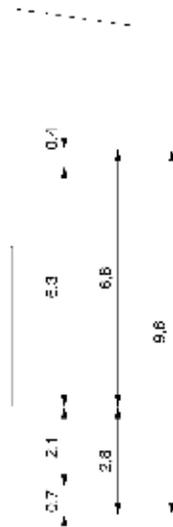
Norden

Schnitt 1:200

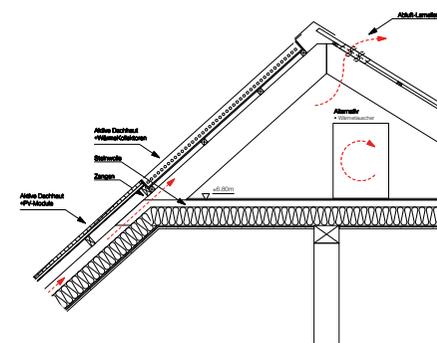


EG 0,0 0,0 0,6 0,0 1,6 1,6 1,6 1,6 1,6

Grundrisse 1:200



DG 0,5 3,1 0,9 3,7 3,1 0,4  
4,7 0,7 2,5 0,7 0,9 0,7 2  
11,6



- Dachaufbau**
- aktivierte Dachhaut 5cm
  - Unterkonstruktion 6cm
  - Steinwolleämm. 14cm
  - Sparren 22cm
  - Zange zur Lastverteilung auf Pfosten
  - OSB verschälung 1,2cm
  - Innenputz, weiß 1,2cm

- Fassadenaufbau\_opak**
- Holz PRF 5,0/10,0cm
  - m. Lüftungsschlitzen
  - Floatglas\_innenseitiger geätzt
  - Steinwolle 14,0cm
  - Innenliegende Regenrinne

- Fassadenaufbau\_trans**
- Holz PRF 50/100
  - Floatglas\_innenseitiger Silberionenbesch.
  - m. Lüftungsschlitzen
  - VSG mit ESG

# Einfamilienhaus (1975) Reutlehenstr. 79, 91056 Erlangen

Falk, Klotz, Klein, Simon, Maier, Sharko



Süden 1:200

Westen

Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1969)  
Saidelsteig 21 (#1)

Grundstück:  
ruhige Wohnlage mit EFH und RH

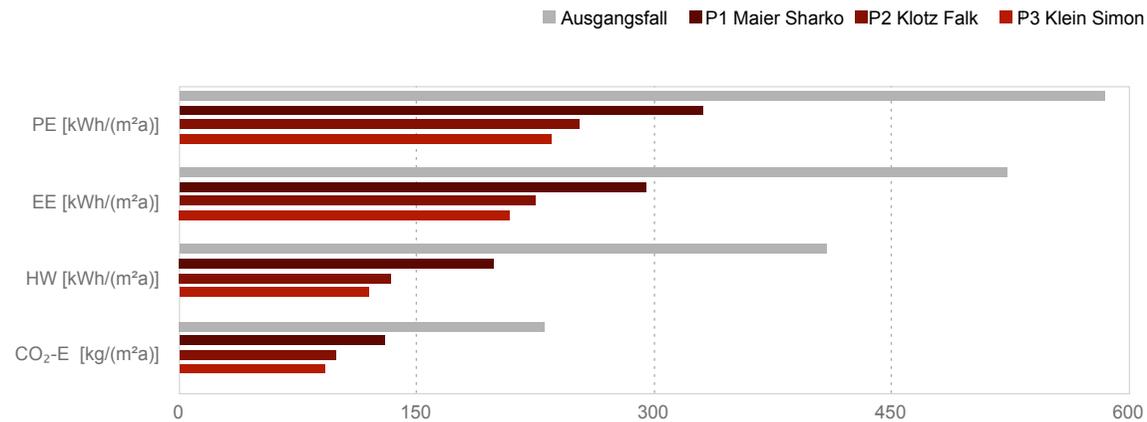
Konstruktion Boden:  
- 3 cm Zementstrich - 10 cm Unterbeton  
aus Stampfbeton - Schotterunterbau

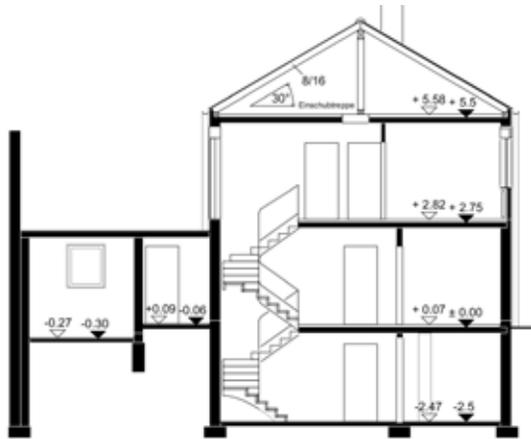
Konstruktion Außenwand:  
- KG: - KS 30 / 36,5 cm Zementmörtelputz -  
1 cm Bitumenanstrich  
- EG, 1.OG : 1 cm Innenputz - 30/36,5 cm  
Porotonstein - 3 cm Isolierputz  
- oder bei Westfassade:  
- 6 cm Dämmung in EG / 12 cm Dämmung  
in OG - 1 cm Außenputz

Konstruktion Dach:  
- Dachziegel Biberschwanz mit Unterkon-  
struktion - 500er Pappe besandet -  
500er Pappe nackt - Lochbahn - 16/8 cm  
Holzsparren - 8 cm Zwischensparrendäm-  
mung

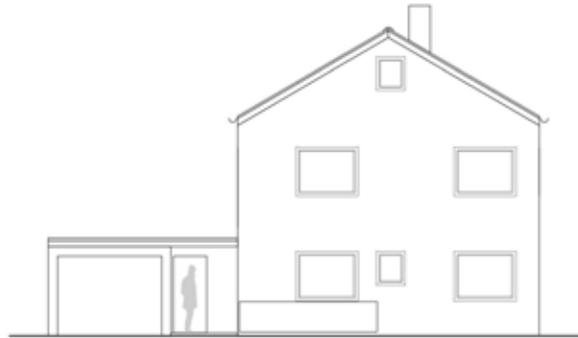
### Legende

PE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Primärenergiebedarf  
EE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Endenergiebedarf  
HW [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Heizwärmebedarf  
CO<sub>2</sub>E [kg/(m<sup>2</sup>a)] - spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen  
AW - Außenwand  
ÖF - Öffnung  
DF - Dachflächen

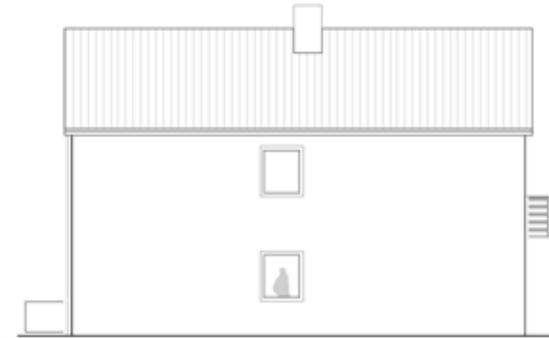




Schnitt 1:200

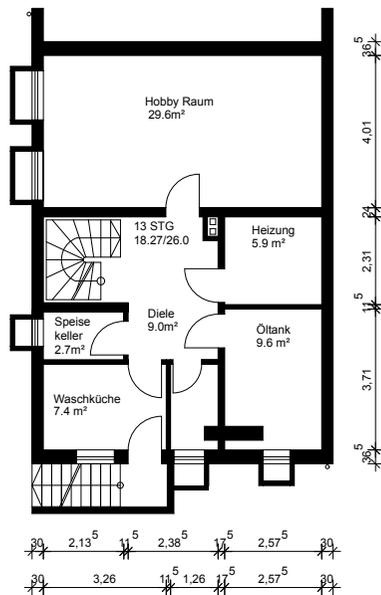


Osten 1:200



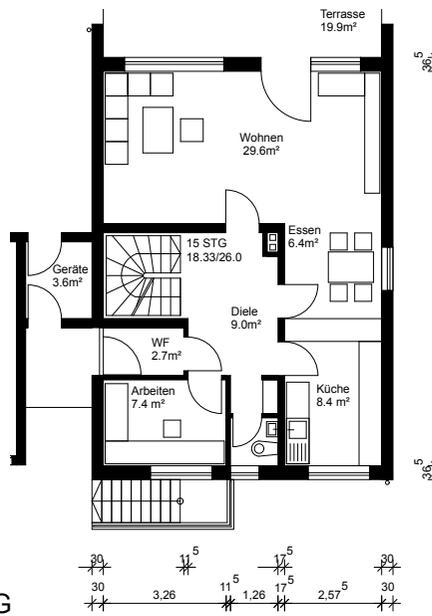
Norden

Ansichten 1:200

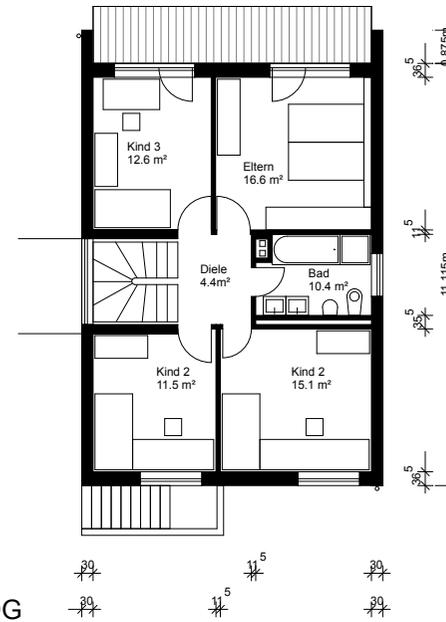


EG

Grundrisse 1:200



OG



DG

**VARIANTE P1**  
**Einfamilienhaus (1975)**  
**Reutlehenstr. 79, 91056 Erlangen**

Maier, Sharko

**Fassade:**

- Anbau Wintergarten über die ganze Westfassade als solare Pufferzone
- Außendämmung und Holzverkleidung an der Süd-, Ost- und Nordfassade
- Integration des Sonnenschutzes in die Holzfassade
- Passive Solarnutzung aus dem Wintergarten:
- Aufgewärmte Luft kann über die Ventilatoren in die Wohnräume geleitet werden, mechanische Lüftung möglich

**KG:**

- Hobbyraum mit dem Wintergarten zugunsten der Raumqualität verbinden (Licht, Größe),
- Zugang zum Garten über die neue Treppe im Wintergarten
- Feuchtigkeitsproblematik der Bestandaußenwand Hobbyraum durch den Ausbau beseitigen,
- Belichtung des Hobbyraumes durch den Wintergarten
- Dämmung der Außenwand KG im beheizten Bereich

**EG:**

- Zentraler Windfang für Garage und Wohnen,
- Öffnen Wand Wohnzimmer zur Südseite,
- Abbruch Brüstung Wand zum Wintergarten, neue tiefe Heizkörper,

**OG:**

- Einschließung Balkons im Wintergarten,
- Beseitigung der Wärmebrücke,
- Verlängerung des Treppenhauses zu DG

**DG:**

- Aufstockung Dachgeschoss um 75cm,
- Vergrößerung der Wohnfläche um  $\approx 50 \text{ m}^2$

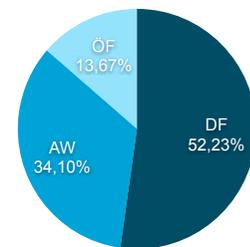
Energetische Sanierung von Einfamilienhäusern in Erlangen

Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1975)  
 Reutlehenstr. 79 (#3)

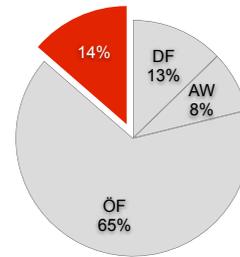


Süden 1:200



Wärmeverluste Bestand

Westen

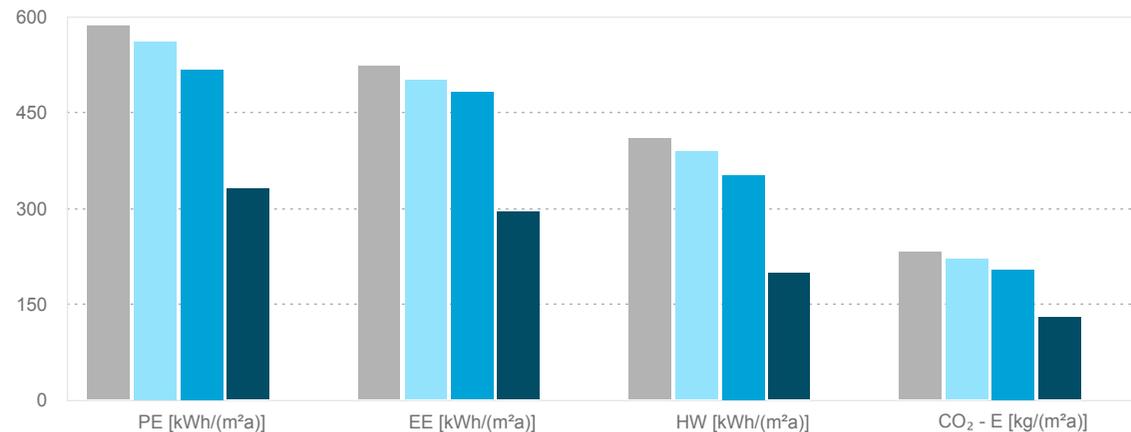


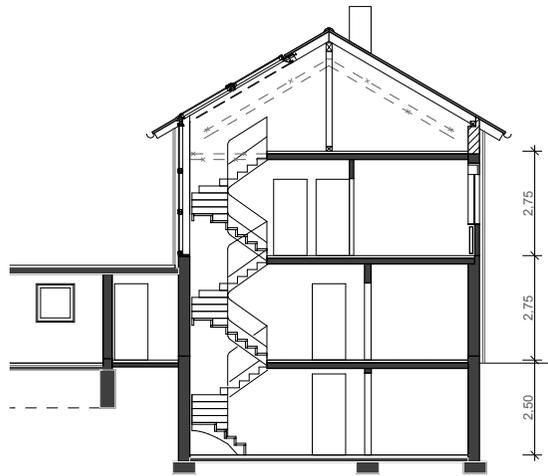
Einsparung in %

**Legende**

PE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Primärenergiebedarf  
 EE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Endenergiebedarf  
 HW [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Heizwärmebedarf  
 CO<sub>2</sub>E [kg/(m<sup>2</sup>a)] - spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen  
 AW - Außenwand  
 ÖF - Öffnung  
 DF - Dachflächen

■ Ausgangsfall    ■ Fenster / Tür    ■ Wand  
 ■ Photovoltaik    ■ Dach



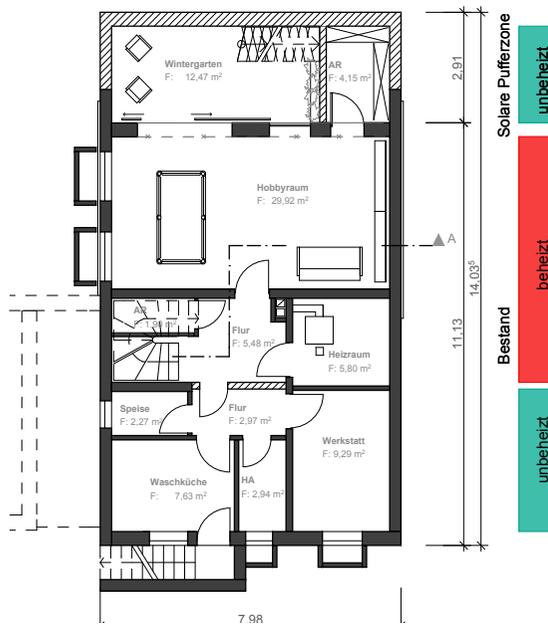


Schnitt 1:200



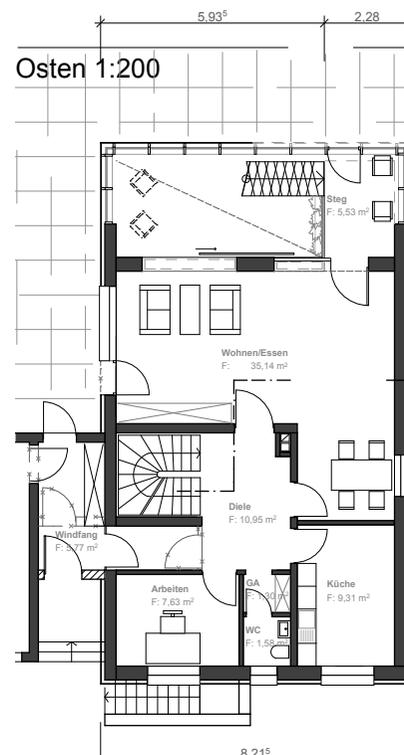
Osten 1:200

Norden

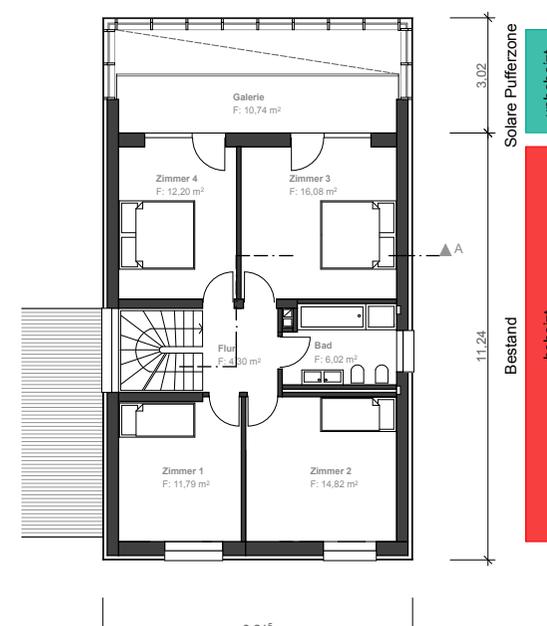


UG

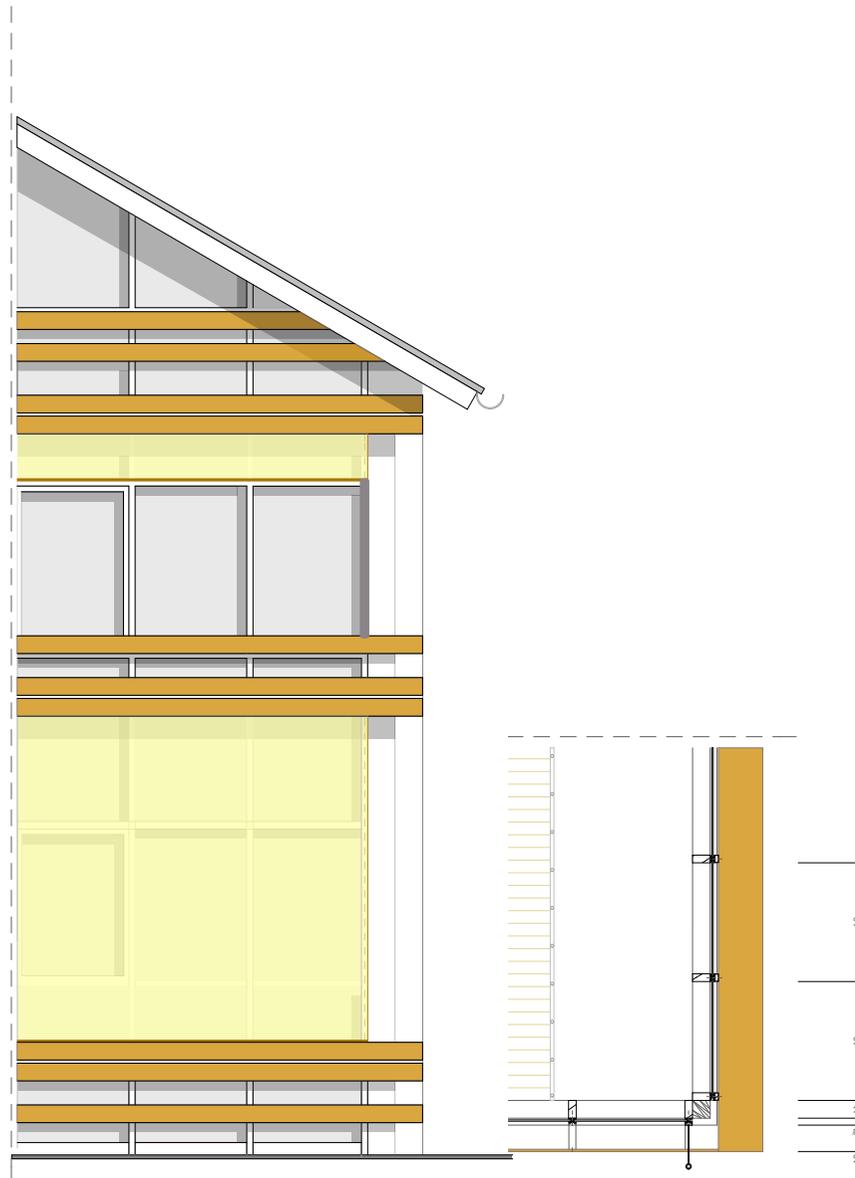
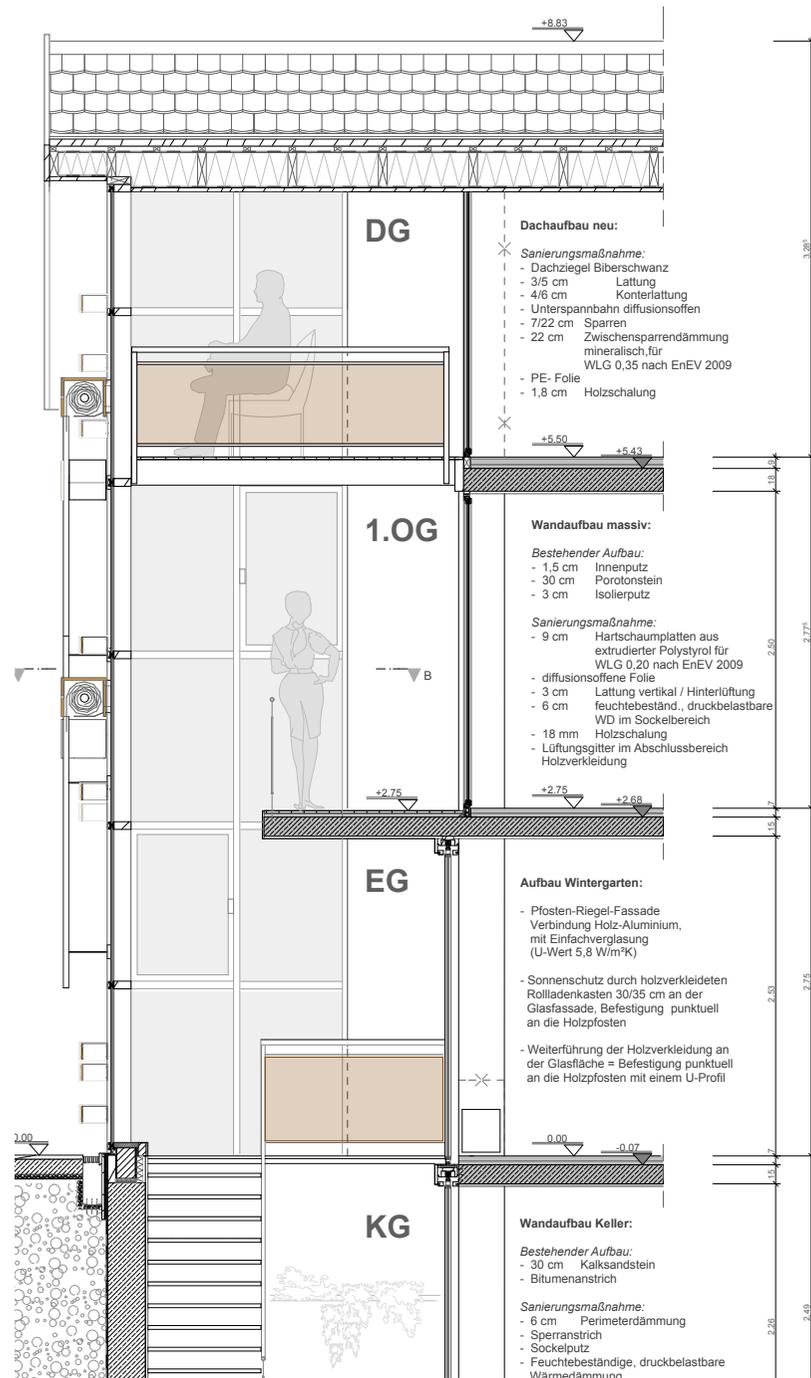
Grundrisse 1:200



EG



OG



Grundriss / Teilansicht / Fassadenschnitt 1:60

**VARIANTE P2**  
**Einfamilienhaus (1975)**  
**Reutlehenstr. 79, 91056 Erlangen**

Falk, Klotz

**Konzept der Pufferbereiche:**

Der Neubau besitzt drei Pufferzonen, die den Wohnraum vor zu großem Wärmeverlust schützen. Zum einen gibt es die Pufferzone im Bereich des unausgebauten Spitzbodens, die zweite befindet sich im bestehenden Untergeschoss rings um die Diele mit Treppe. Der dritte Bereich befindet sich auf der Südwestseite des Gebäudes, der eingerückt in die vorhandene Struktur gesetzt wird. Die dritte Pufferzone ist über zwei Geschosse verglast und wirkt gleichzeitig als Zone für solare Gewinne. Um den Wohnflächenverlust zu kompensieren wurde das Gebäude nach Westen hin erweitert. Im Winterfall ist der Wohnbereich im Erdgeschoss abgetrennt von dem dritten Bereich und hat eine Wohnraumfläche von knapp 35m<sup>2</sup>. Im Sommerfall ist die innere Glasschicht als Paket verschiebbar um somit den größtmöglichen Wohnbereich zu schaffen, man gewinnt damit zusätzliche 15m<sup>2</sup>. An den beiden Glasfronten befinden sich Klapp-Schiebeläden um den gewünschten Sonnenschutz zu gewährleisten und um in der dunklen Jahreszeit bei geöffneten Läden einen großen Lichteintrag zu liefern.

**Aussenverkleidung:**

Das Gebäude wurde bis zur Unterkante der Traufe mit einer ringsum, horizontal verlaufenden Holzbretterschalung verkleidet. Auf der Südseite des Daches befinden sich Solarkollektoren für die Warmwasserbereitung und zusätzlich Photovoltaikzellen. Oberhalb der PV-Zellen liegen Dachflächenfenster um die im Sommer aufgestaute Hitze aus dem solaren Pufferbereich nach außen zu leiten.

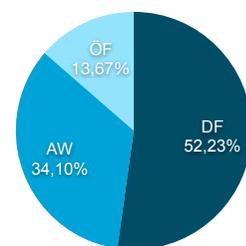
Energetische Sanierung von Einfamilienhäusern in Erlangen

Gebäudebeispiele

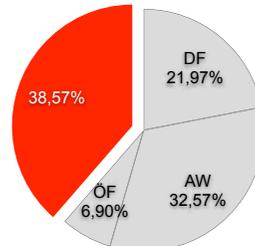
Einfamilienhaus (1975)  
 Reutlehenstr. 79 (#3)



Süden 1:200



Wärmeverluste Bestand



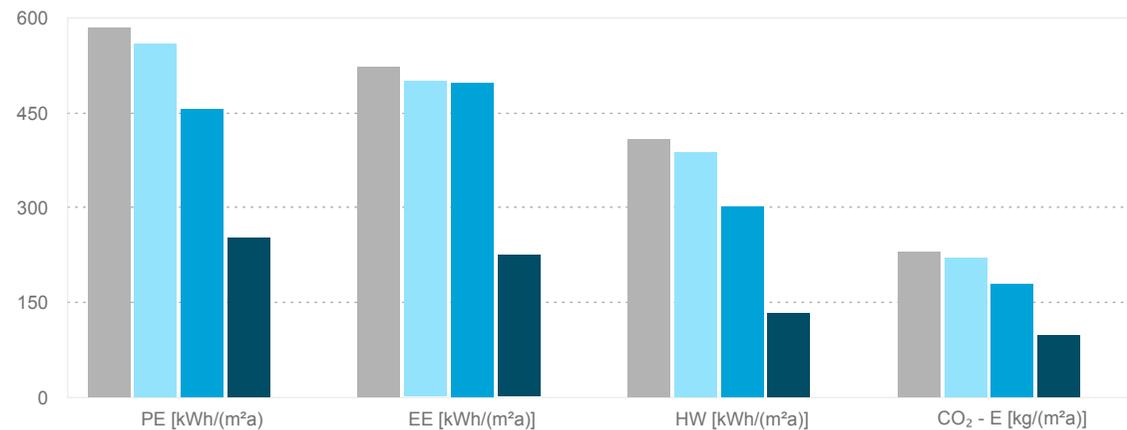
Einsparung in %

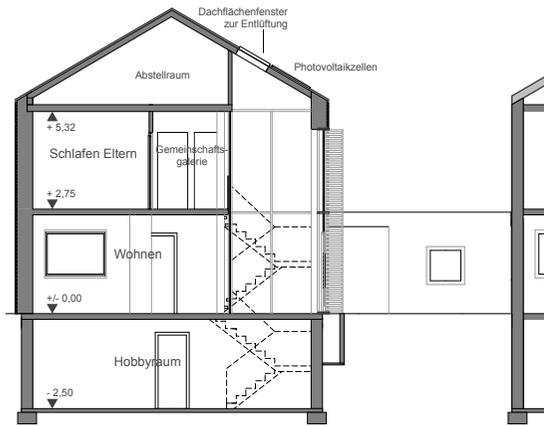
Westen

**Legende**

PE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Primärenergiebedarf  
 EE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Endenergiebedarf  
 HW [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Heizwärmebedarf  
 CO<sub>2</sub>E [kg/(m<sup>2</sup>a)] - spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen  
 AW - Außenwand  
 ÖF - Öffnung  
 DF - Dachflächen

■ Ausgangsfall    ■ Fenster / Tür    ■ Wand  
 ■ Photovoltaik    ■ Dach



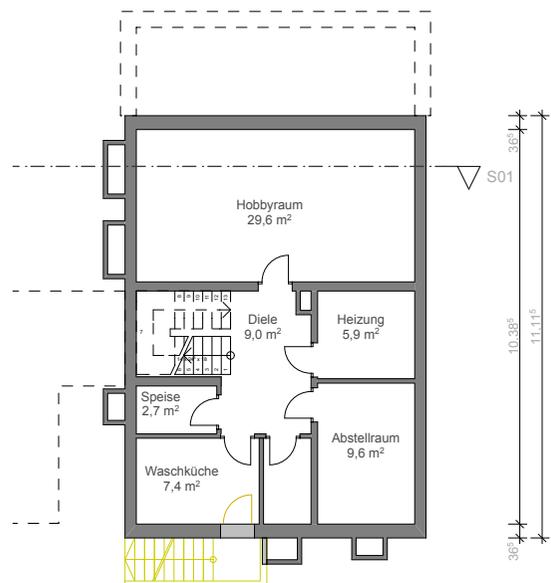


Schnitt 1:200

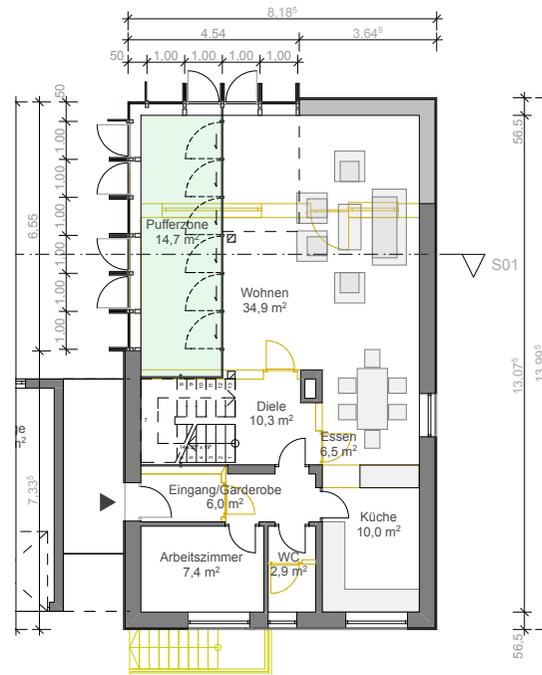


Osten 1:200

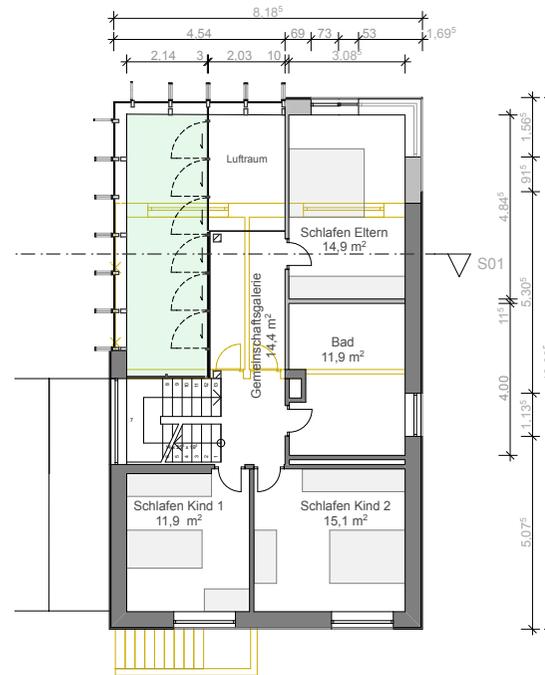
Norden



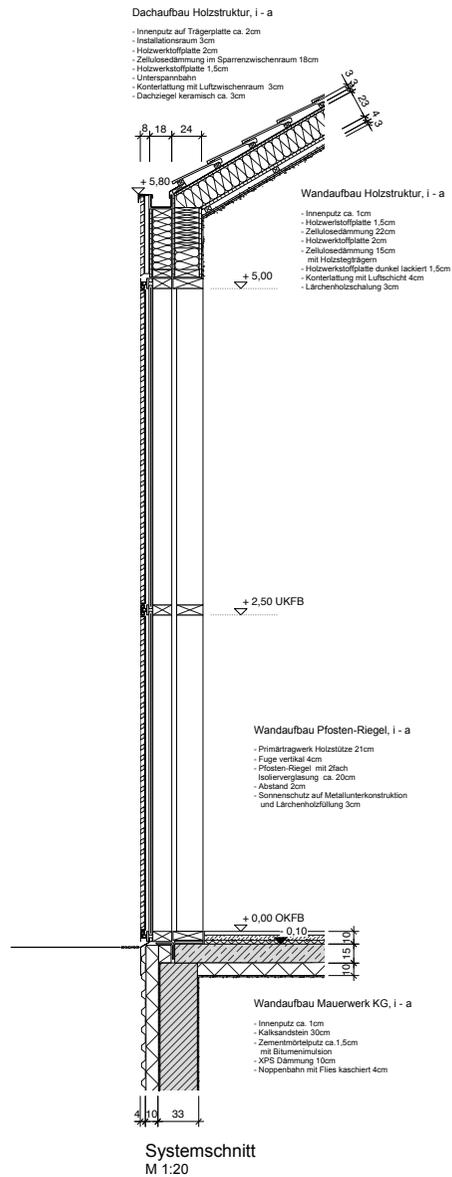
UG  
Grundrisse 1:200



EG



OG



**Konstruktion Boden:**

- 3cm Zementestrich (Bestand)
- 10 cm Bodenplatte aus Stampfbeton (Bestand)
- Kappillarbrechende Schicht (Bestand)

**Konstruktion Kellerwand**

- ca. 1cm Zementmörtelputz (Bestand)
- 30 bzw 36,5cm Kalksandstein Mauerwerk (Bestand)
- ca. 1,5cm Zementmörtelputz, mit Bitumenimulsion bestrichen (Bestand)
- 1m von OK Gelände
- 10cm XPS\_Perimeterdämmung,  $\lambda = 0,04$  W/mK
- ca. 4cm Noppenbahn mit Vlieskaschierung,

**Konstruktion Erdgeschoss/Obergeschoss**

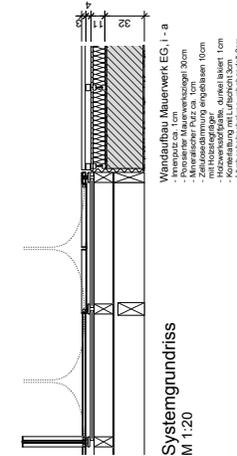
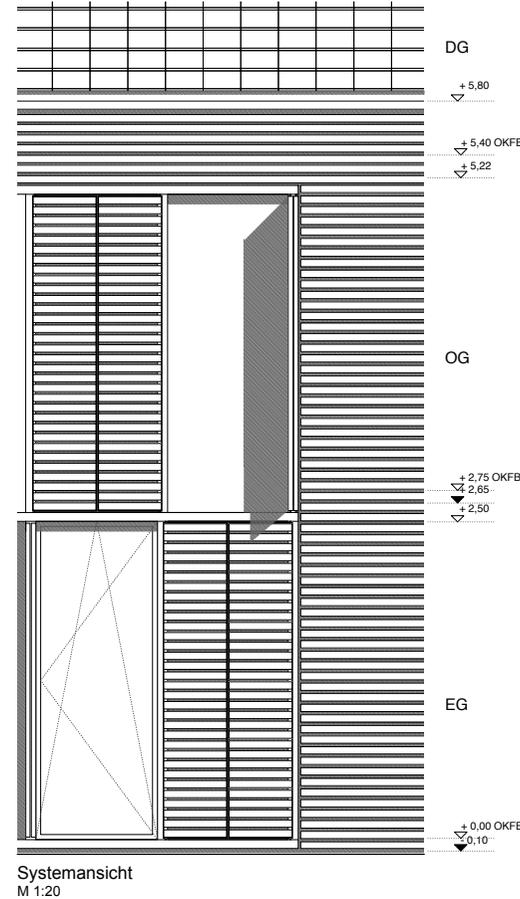
- ca. 1cm Innenputz (Bestand)
- 30 bzw 36,5cm porosierter Mauerziegel (Bestand)
- ca. 1,5cm Zementmörtelputz,
- 10cm Holzständerwand mit Stegträger im 62,5cm Abstand, Zellulose in Zwischenraum eingeblasen  $\lambda = 0,04$  W/mK
- 1,5cm Holzwerkstoffplatte OSB  $\lambda = 0,13$  W/mK
- 3cm Konterlattung (Luft Raum)
- 3cm Lärchenholzlattung in 2,5cm Abstand

**Konstruktion Dach Pufferzone**

- ca. 1cm Kalkzementputz  $\lambda = 1,00$  W/mK
- 1,5cm Holzwerkstoffplatte OSB  $\lambda = 0,13$  W/mK
- 3cm Installationsraum mit Lattung in 62,5cm Abstand und Luftzwischenraum
- 2cm Dampfbremse Holzwerkstoffplatte  $\lambda = 0,13$  W/mK
- 18cm Dämmebene mit Zellulose im Zwischenraum eingeblasen
- 1,5cm Holzwerkstoffplatte OSB  $\lambda = 0,13$  W/mK
- Unterspannbahn diffusionsoffen  $\lambda = 0,5$  W/mK
- ca. 6cm Konterlattung mit Dachziegel  $\lambda = \text{ca. } 0,75$  W/mK

**Konstruktion Pfosten-Riegel Pufferzone**

- 0,5cm ESG im verschiebaren Holzrahmen, ca. 5cm stark, Elementbreite 1,25m
- Luftschicht, 2,5m Pufferbereich
- 1,4cm 2 fach-Isolierverglasung im Pfosten-Riegel Achsmaß 1m Pfosten- Riegelbreite 7cm
- 3,5cm Luftschicht
- Sonnenschutz 3cm Lärche, unbehandelt 2,5cm Abstand





Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1975)  
Reutlehenstr. 79 (#3)

**VARIANTE P3**  
**Einfamilienhaus (1975)**  
**Reutlehenstr. 79, 91056 Erlangen**

Klein, Simon

**Sanierungskonzept:**

- monolithisches Erscheinungsbild
- Dach und Fassade wie aus „einem Guss“ (Blickfang)
- Integration Sonnenschutz/Regenrinne etc in Fassadenhaut
- kleinformatige Fenster sollen Erscheinungsbild nicht stören (Fassade ist teils überläufig)
- ökologische Materialien

**Umbaubeschreibung:**

- Rückbau des Balkons und der Wandvorsprünge an der Westfassade
- Aufweiten der Fensterflächen im Wohnbereich zur Terrasse
- Zusammenschluss von Eltern- und Kinderzimmer zu einem großzügigen Raum mit großer Fensterfront zum Garten
- Verbreiterung der Fenster im Esszimmer und Bad
- Rückbau der Überdachung und des Abstellraums im Eingangsbereich > thermische Trennung
- Einfügen neuer thermisch getrennter Überdachung

Bauteil	U - Wert alt	U - Wert neu
Giebelwände (unter Erdreich)	1.97	0.22
Traufwände (unter Erdreich)	2.27	0.23
Giebelwände über Erdreich (West)	0.38	0.2
Giebelwände über Erdreich (Ost)	0.75	0.18
Traufwände (Nord und Süd)	0.85	0.19
Dach	0.44	0.16
Decke KG zu EG	1.94	0.27

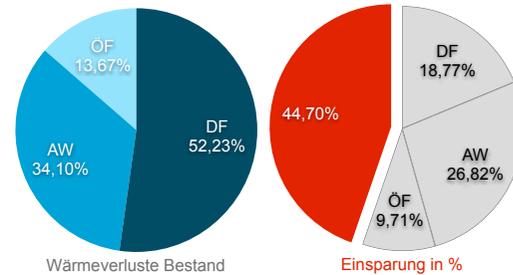


Energetische Sanierung  
 von Einfamilienhäusern in  
 Erlangen

Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1975)  
 Reutlehenstr. 79 (#3)

Süden 1:200

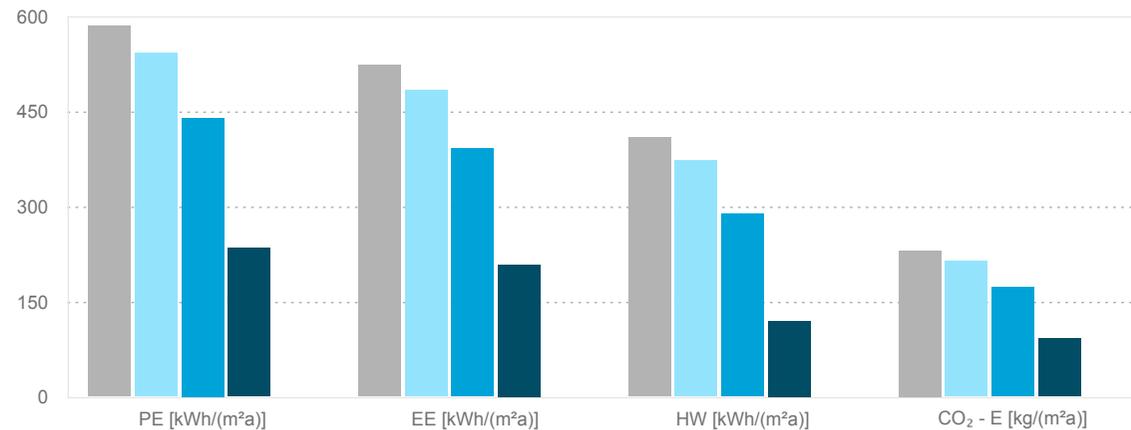


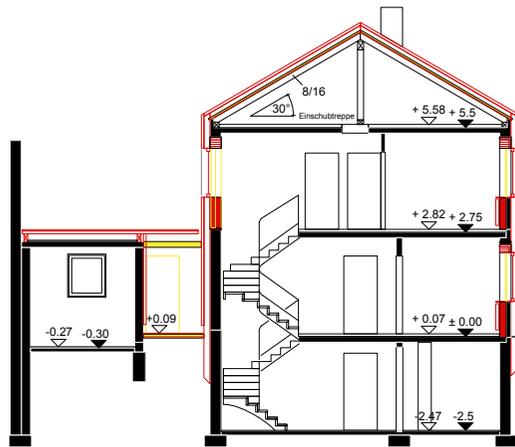
Westen

**Legende**

PE [kWh/(m²a)] - spezifischer Primärenergiebedarf  
 EE [kWh/(m²a)] - spezifischer Endenergiebedarf  
 HW [kWh/(m²a)] - spezifischer Heizwärmebedarf  
 CO<sub>2</sub>E [kg/(m²a)] - spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen  
 AW - Außenwand  
 ÖF - Öffnung  
 DF - Dachflächen

■ Ausgangsfall    ■ Fenster / Tür    ■ Wand  
 ■ Photovoltaik    ■ Dach





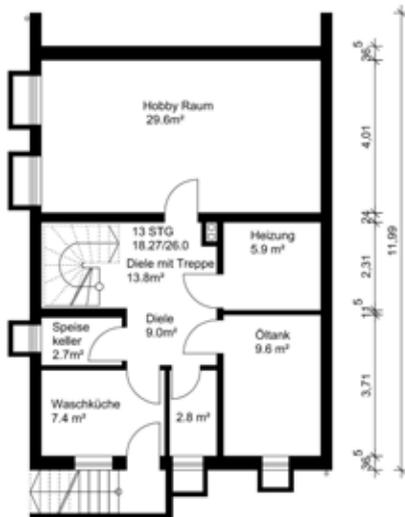
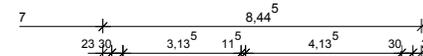
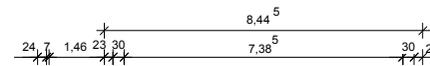
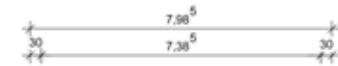
Schnitt 1:200



Osten 1:200

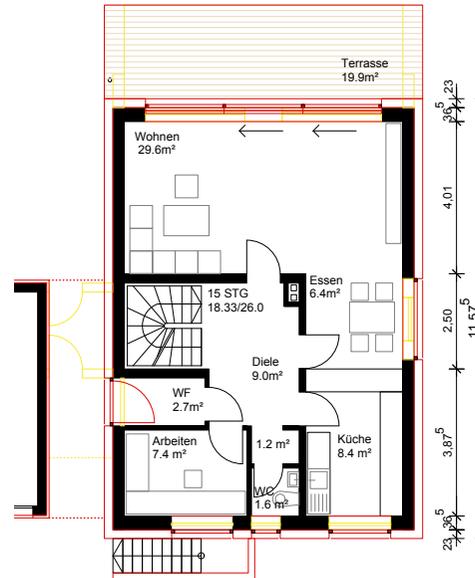


Norden

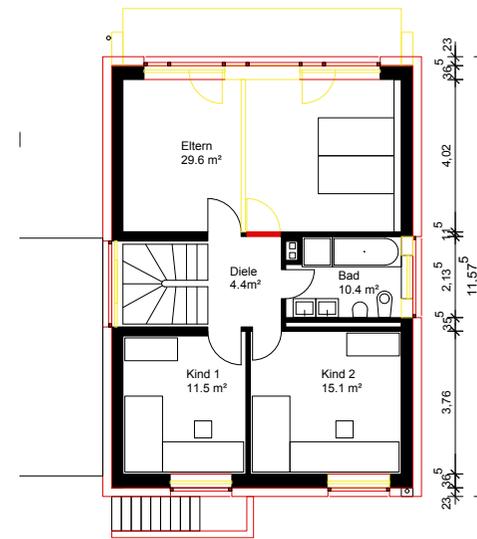


UG

Grundrisse 1:200



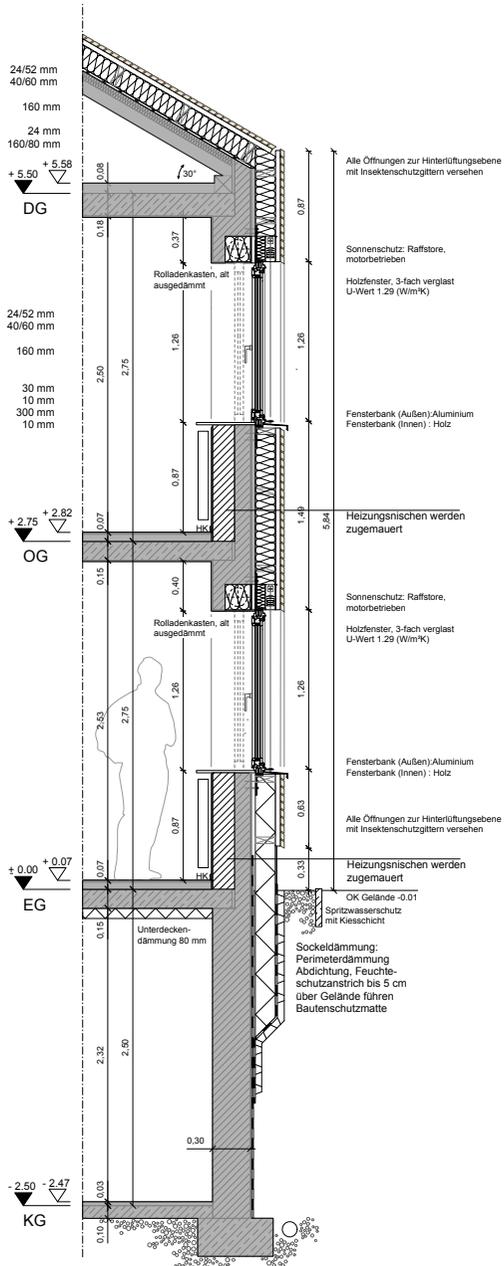
EG



OG

Dachaufbau: U-Wert 0.16

Schalung Lärche, horizontal  
Lattung (Hinterlüftungsebene)  
diffusionsoffene Dachbahn  
Dämmung Hanf WLG 040  
+ Befestigung für Lattung  
Rauhspundschalung  
Sparren + Zw. sparrend.  
(Glaswolle 60 mm)

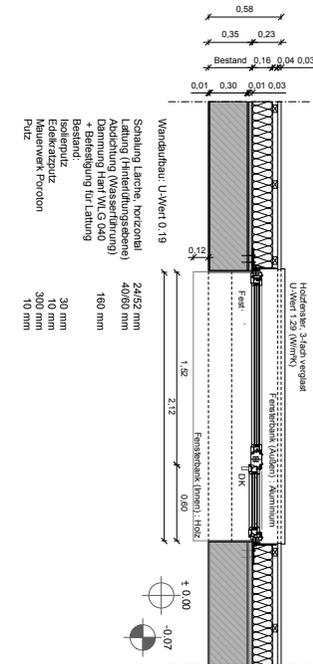
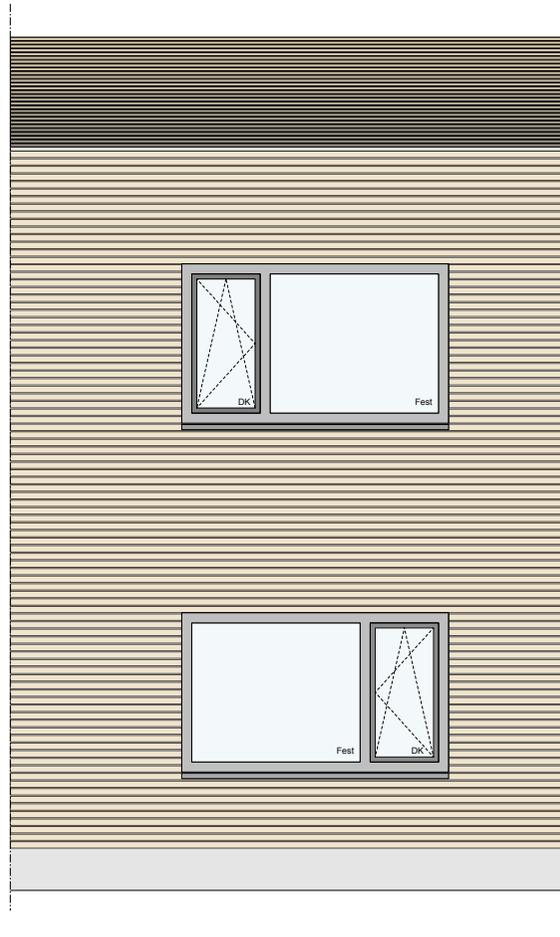


Wandaufbau: U-Wert 0.19

Schalung Lärche, horizontal  
Lattung (Hinterlüftungsebene)  
Abdichtung (Wasserführung)  
Dämmung Hanf WLG 040  
+ Befestigung für Lattung  
Bestand:  
Isolierputz  
10 mm  
Edelkatzputz  
Mauerwerk Poroton  
Putz  
10 mm

Graue Einfärbung:  
BESTAND

Graue Einfärbung:  
BESTAND



**Reihenendhaus (1970)**  
**Noetherstraße 19, 91058 Erlangen**

Burger, Biscic, Kugler, Brendel



Lageplan 1:2000



Energetische Sanierung  
 von Einfamilienhäusern in  
 Erlangen

Gebäudebeispiele

Reihenhaus (1970)  
 Noetherstr. 19 (#4)

**Materialien:**

Deckung	Frankfurter Pfannen
Dach	Kehlbalkendach
Außenwand	Hochlochziegeln
Trennwand	Betonstein
Innenwand	Ziegelleichtstein
Decke	Betonfertigdecke
Keller	Betonstein

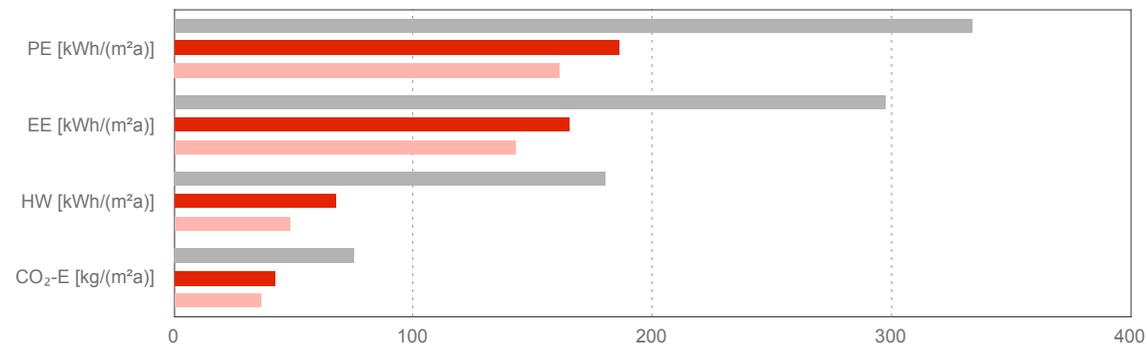
**Projektdaten:**

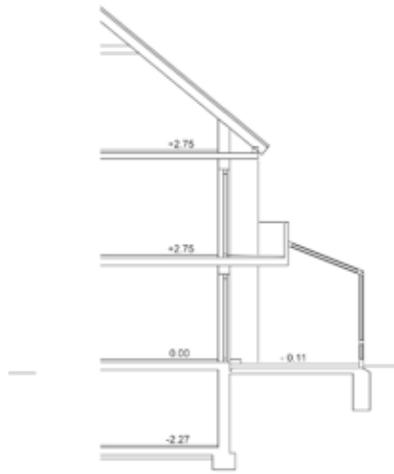
Fenster alt	Holz 1970
Fenster neu	Kunststoff 1990/2000
Heizung	Gas
Wärmeabgabe	Standartheizkörper
Wärmeregulung	Thermostatventil
BGF EG	84 m <sup>2</sup>
Vollgeschosse	2
Wohnung	1
Wintergarten	1990
Dämmung N	2007

**Legende**

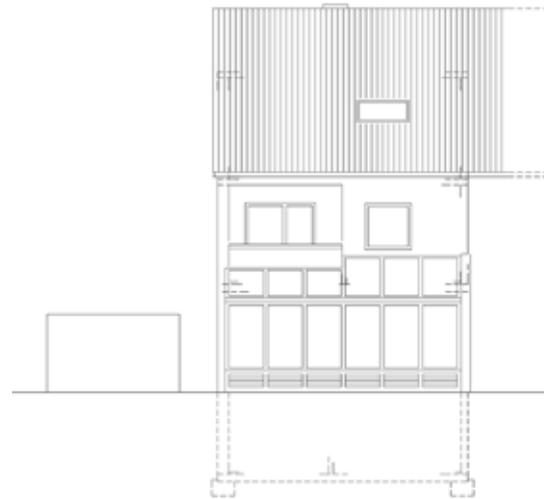
PE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Primärenergiebedarf  
 EE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Endenergiebedarf  
 HW [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Heizwärmebedarf  
 CO<sub>2</sub>E [kg/(m<sup>2</sup>a)] - spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen  
 AW - Außenwand  
 ÖF - Öffnung  
 DF - Dachflächen

■ Ausgangsfall    ■ P1 Biscic Burger    ■ P2 Brendel Kugler



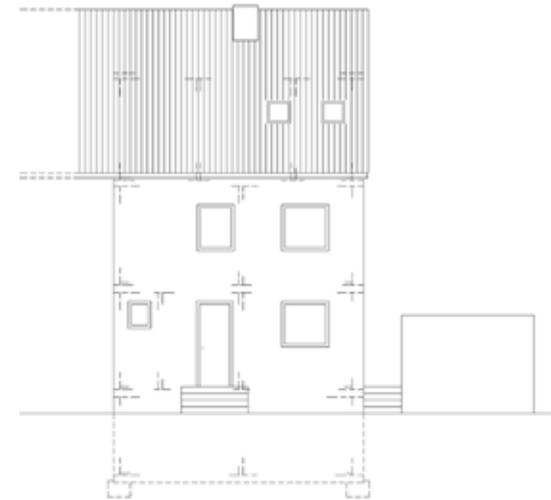


Schnitt 1:200

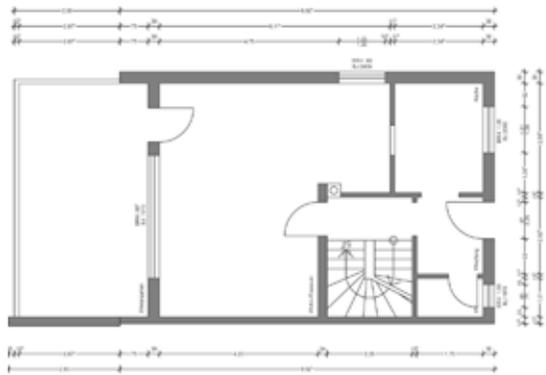


Westen

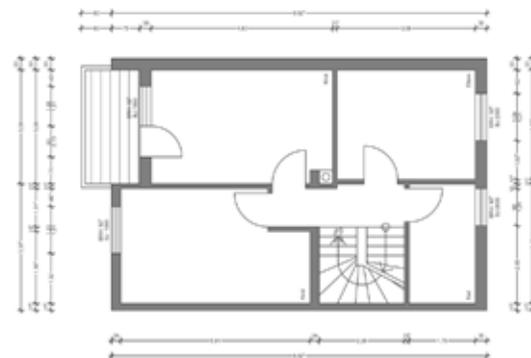
Ansichten 1:200



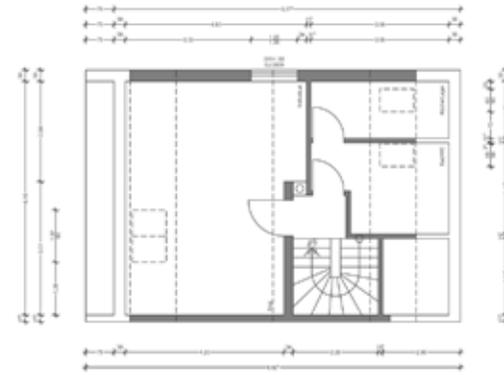
Osten



EG



OG



DG

Grundrisse 1:200

**VARIANTE P1**  
**Reihenendhaus (1970)**  
**Noetherstraße 19, 91058 Erlangen**

Burger, Biscic

**Zielsetzung:**

- **spez. Energieverbrauch ca. 100 kWh/m<sup>2</sup>a**
- ganzheitliche Lösung für den Riegel
- energetische und wohnqualitative Verbesserung
- zeitgemäße Grundrisstruktur
- Rückbau des Wintergartens
- Wohnraumerweiterung im Westen
- Anpassung der Fensteröffnungen (Brüstungen, Stürze ...)
- Integration Sonnenschutz
- Anpassung der haustechnischen Anlagen

**Maßnahmen:**

**Außenwand + Fassade:** Dämmung der vorhandenen Konstruktion mit 16cm verputzten Hartdämmung.

2,1 W/m<sup>2</sup>K -> 0,24 W/m<sup>2</sup>K

**Dach:** Ausfachung der Sparrenzwischenräume mit 22cm Mineralfaser.

2,95 W/m<sup>2</sup>K -> 0,19 W/m<sup>2</sup>K

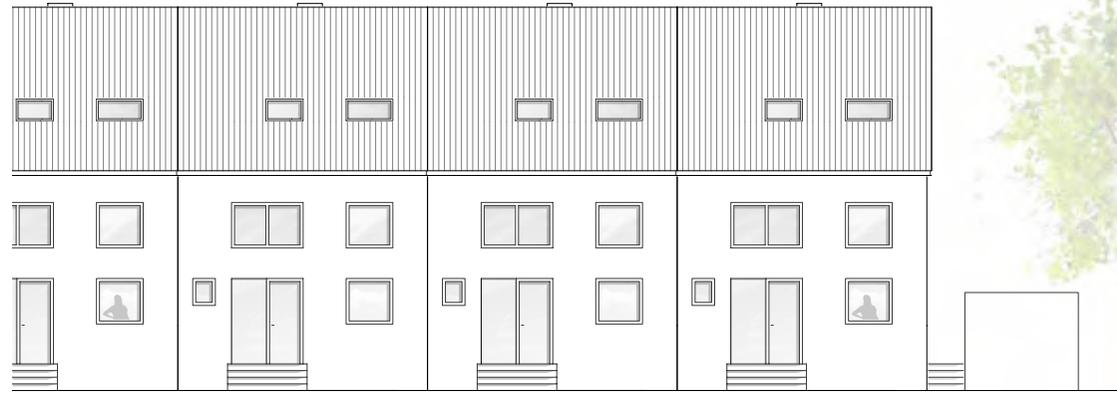
**Fenster:** Austausch aller Fenster durch zweifachverglaste Kunststoffenster. Beseitigung der gemauerten Brüstungen an der Westseite.

4,0 W/m<sup>2</sup>K -> 1,3 W/m<sup>2</sup>K

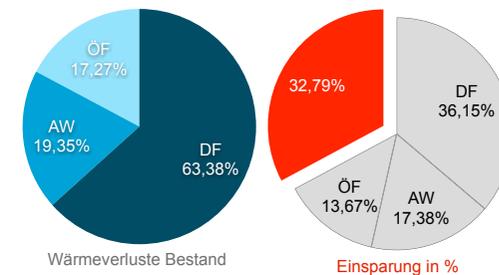
**Anbau:** Neubau in Holzrahmenbauweise, einschaliger Wand und Dachaufbau mit 16cm Mineralfaserdämmung, Ausstattung wie vorhandener Teil.

2,1 W/m<sup>2</sup>K -> 0,22 W/m<sup>2</sup>K

**Haustechnik:** Installation eines auf die Sanierung abgestimmten Heizkessels. Zusätzliche Solarpaneele zur Erzeugung von Warmwasser (2 Personen Haushalt)

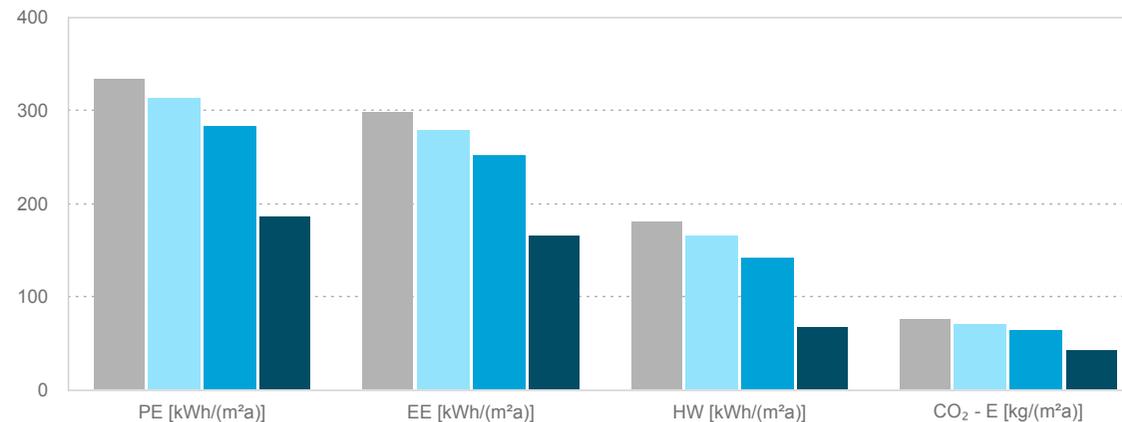


Osten 1:200



**Legende**

- PE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Primärenergiebedarf
- EE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Endenergiebedarf
- HW [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Heizwärmebedarf
- CO<sub>2</sub>-E [kg/(m<sup>2</sup>a)] - spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen
- AW - Außenwand
- ÖF - Öffnung
- DF - Dachflächen
- Ausgangsfall
- Fenster / Tür
- Wand
- Photovoltaik
- Dach



Energetische Sanierung  
 von Einfamilienhäusern in  
 Erlangen

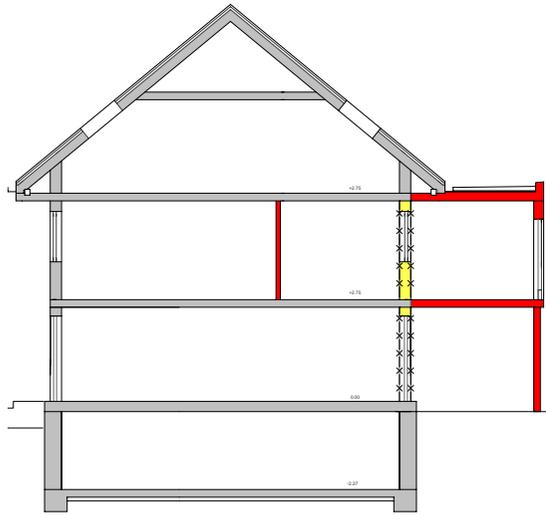
Gebäudebeispiele

Reihenhaus (1970)  
 Noetherstr. 19 (#4)

Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

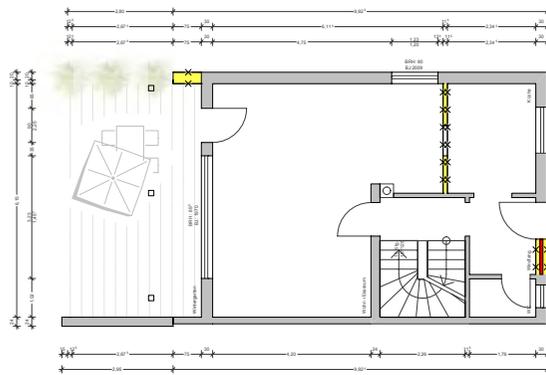
Reihenhaus (1970)  
Noetherstr. 19 (#4)



Schnitt 1:200

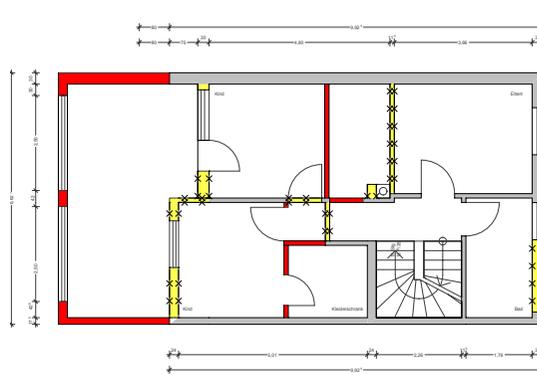


Westen 1:200

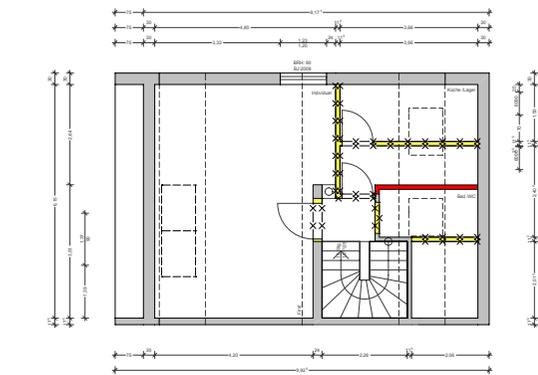


EG

Grundrisse 1:200



OG



DG

Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

Reihenhaus (1970)  
Noetherstr. 19 (#4)



Grundriss / Teilansicht / Fassadenschnitt 1:60

**VARIANTE P2**  
**Reihenendhaus (1970)**  
**Noetherstraße 19, 91058 Erlangen**

Kugler, Brendel

**Situation:**  
 Reihendhaus aus 70iger Jahre in 4er Gruppierung bietet Potential für energetische und gestalterische Sanierungsmaßnahme  
**konzeptionelle Maßnahme:** Neubau, anstelle des angebauten Wintergartens zusätzliche, zum Garten orientierte Wohnfläche an Eingangsseite großzügige Gaube im Dachgeschoss  
**konstruktive Maßnahme:** Betonung der neuen Fassade durch Holzverkleidung Holzrahmenbauweise, mit hohem Vorfertigungsgrad  
**Vorteile Holz:** geringe Wärmeleitfähigkeit, hohe Tragfähigkeit, nachhaltig

**Bestand:**

**Außenwand:**  
 0,17 - 2,1 W/m<sup>2</sup>K

**Dach:**  
 2,95 W/m<sup>2</sup>K

4,0 W/m<sup>2</sup>K

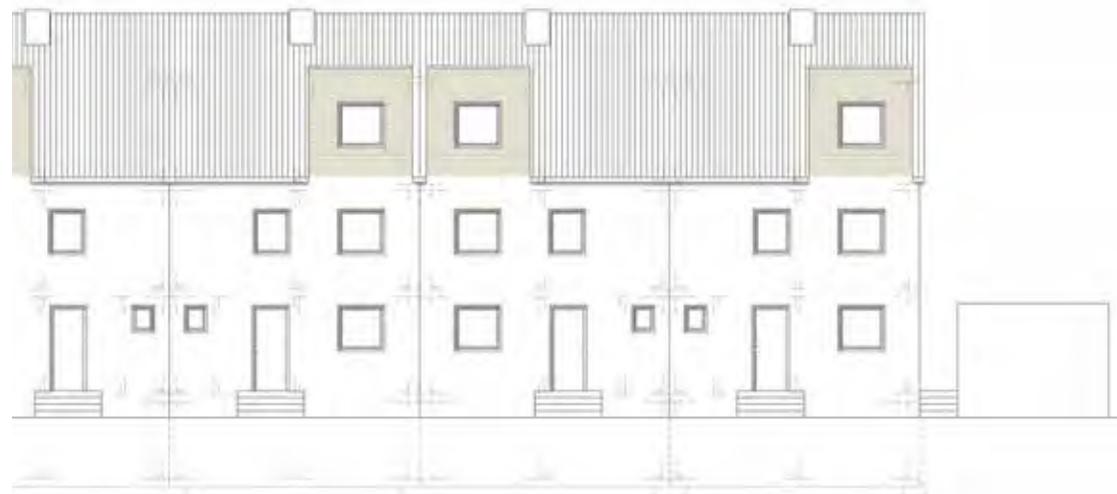
max. spez Energieverbrauch: ≈ 220 kWh/m<sup>2</sup>a  
 realistisches Ziel: 100 kWh/m<sup>2</sup>a

**Neuplanung:**

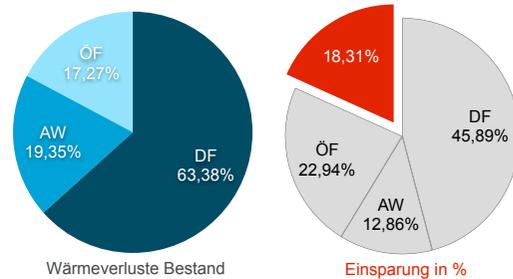
WDVS  
 0,24 W/m<sup>2</sup>K  
 Holz  
 0,22 W/m<sup>2</sup>K

mit Winddichtung  
 0,19 W/m<sup>2</sup>K

Wärmeschutz-  
 verglasung inkl.  
 Fugendichtung  
 1,3 W/m<sup>2</sup>K



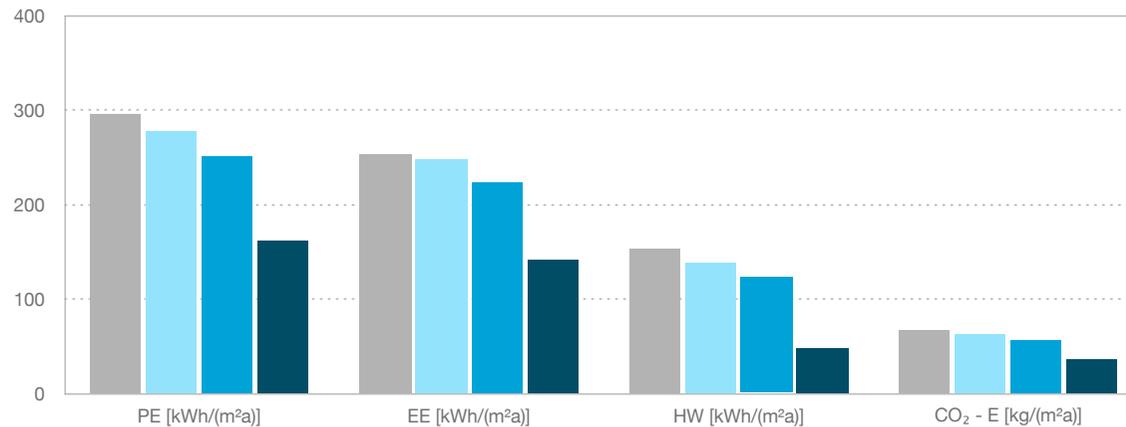
Osten 1:200



**Legende**

PE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Primärenergiebedarf  
 EE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Endenergiebedarf  
 HW [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Heizwärmebedarf  
 CO<sub>2</sub>E [kg/(m<sup>2</sup>a)] - spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen  
 AW - Außenwand  
 ÖF - Öffnung  
 DF - Dachflächen

■ Ausgangsfall    ■ Fenster / Tür    ■ Wand  
 ■ Photovoltaik    ■ Dach



Energetische Sanierung  
 von Einfamilienhäusern in  
 Erlangen

Gebäudebeispiele

Reihenhaus (1970)  
 Noetherstr. 19 (#4)



Schnitt 1:200

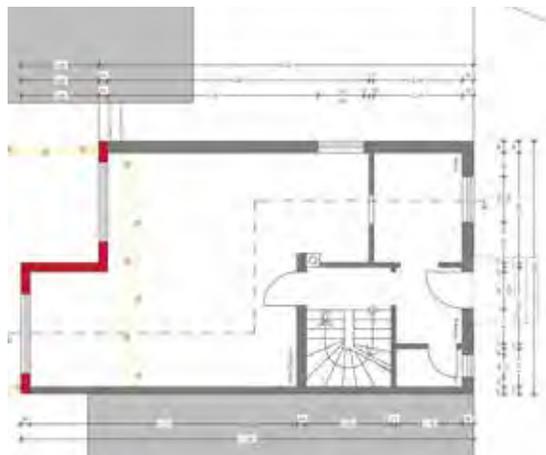


Westen 1:200

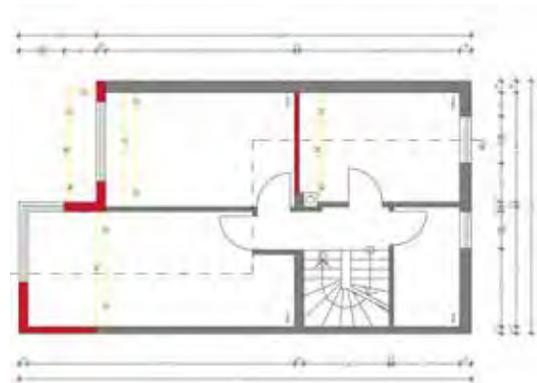
Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

Reihenhaus (1970)  
Noetherstr. 19 (#4)



EG

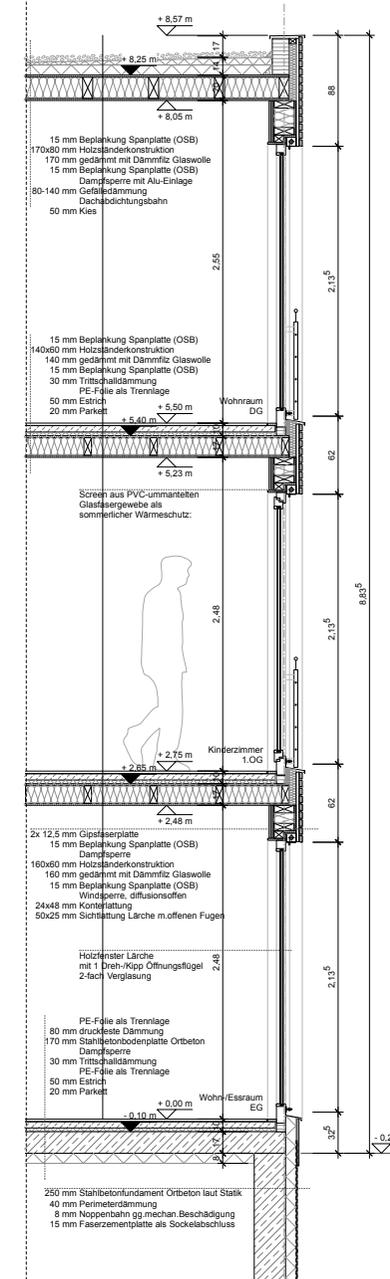
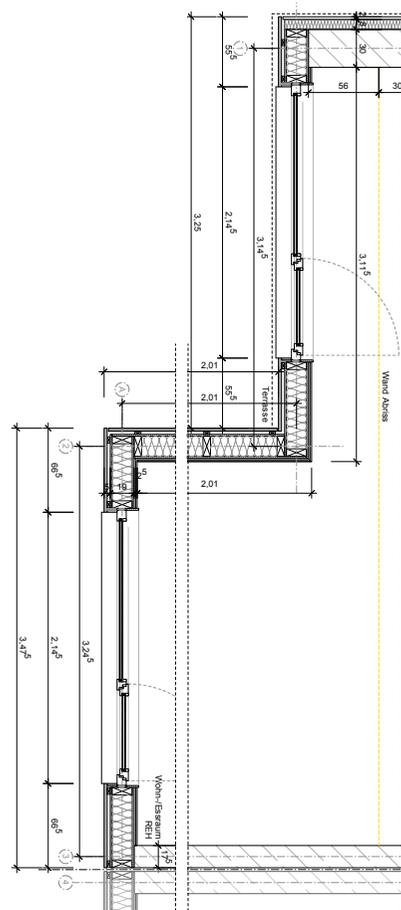


OG



DG

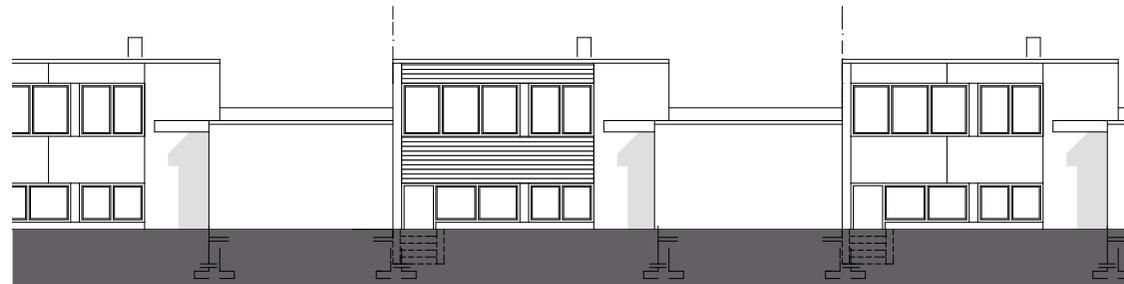
Grundrisse 1:200



Grundriss / Teilansicht / Fassadenschnitt 1:60

**Reihenmittelhaus (1979)**  
**Saidelsteig 66, 91058 Erlangen**

Beck, Schaefer, Borgardt, Weikert, Lechner,  
 Wenzel, Grodon, Karaköse



Süden 1:200

Energetische Sanierung  
 von Einfamilienhäusern in  
 Erlangen

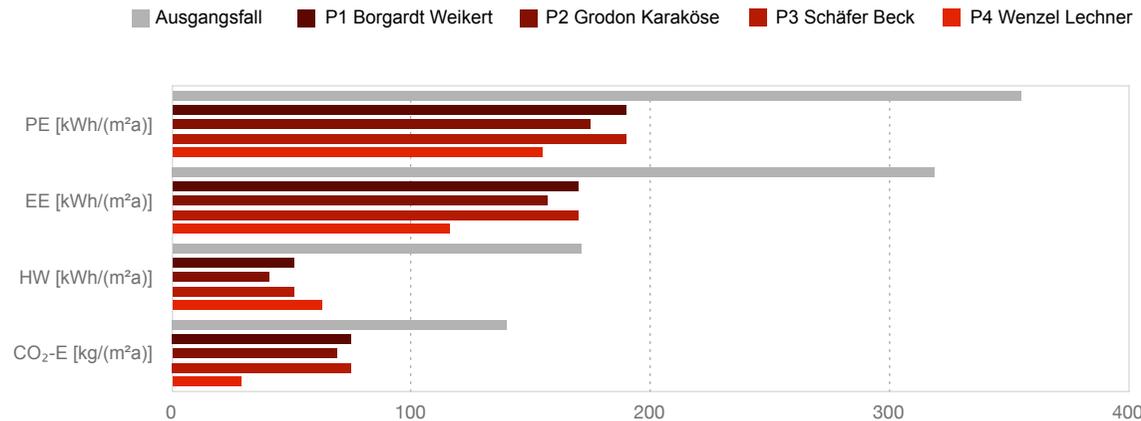
Gebäudebeispiele

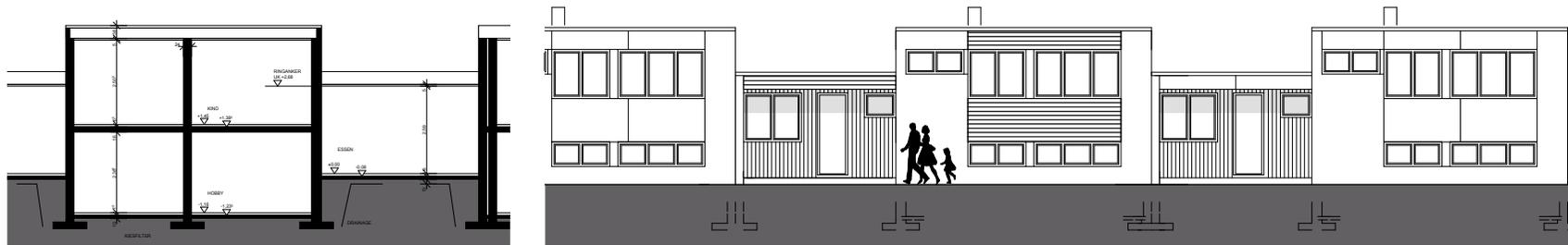
Reihenhaus (1979)  
 Saidelsteig 66 (#5)

Beim Projekt Saidelsteig 66 handelt es sich um ein Reihenmittelhaus mit den typologischen Eigenschaften eines Hofhauses. Die natürliche Belichtung des Wohnraumes erfolgt zum Großteil über die südwestliche Terrassenfassade. Jedoch ist dies bei Raumtiefen von bis zu etwa neun Metern nicht ausreichend und führt zu einem erhöhten Primärenergiebedarf durch künstliche Beleuchtung des Ess- und Wohnraums.

**Legende**

- PE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Primärenergiebedarf
- EE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Endenergiebedarf
- HW [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Heizwärmebedarf
- CO<sub>2</sub>-E [kg/(m<sup>2</sup>a)] - spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen
- AW - Außenwand
- ÖF - Öffnung
- DF - Dachflächen

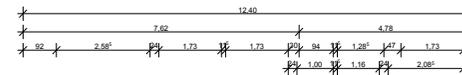
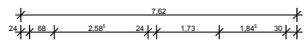




Norden 1:200

Schnitt 1:200

Ansichten 1:200



KG

Grundrisse 1:200



EG

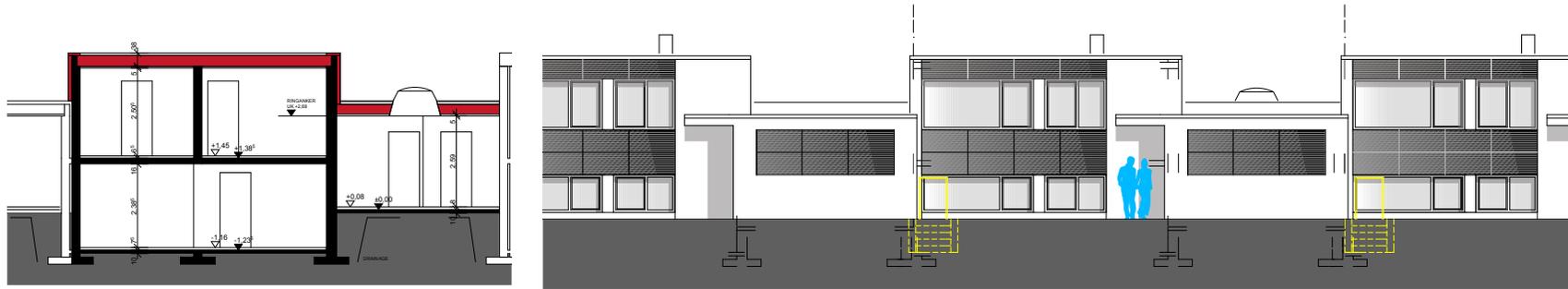
**VARIANTE P1**  
**Reihenmittelhaus (1979)**  
**Saidelsteig 66, 91058 Erlangen**

Borgardt, Weikert

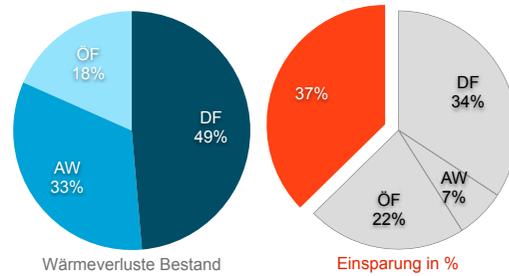
Energetische Sanierung  
 von Einfamilienhäusern in  
 Erlangen

Gebäudebeispiele

Reihenhaus (1979)  
 Saidelsteig 66 (#5)



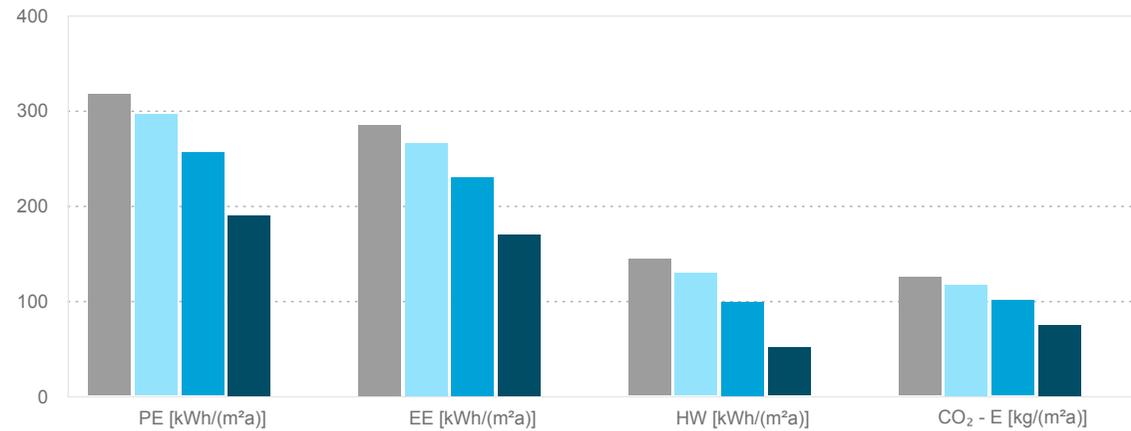
Süden 1:200

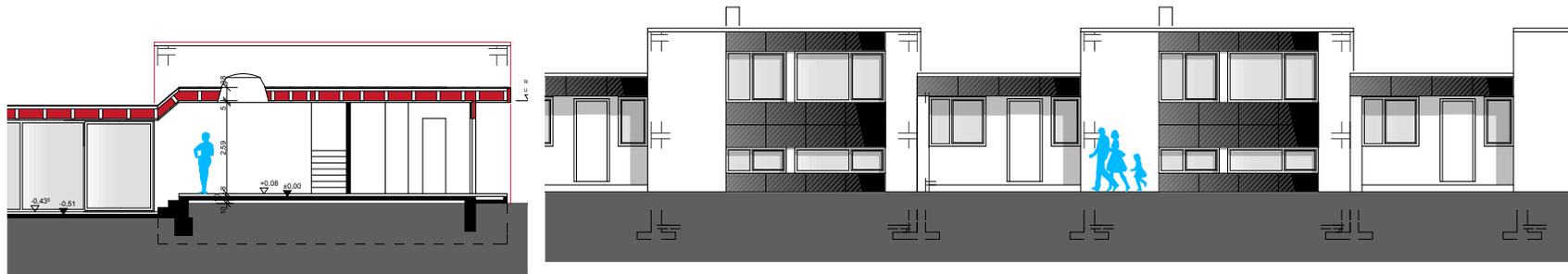


**Legende**

PE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Primärenergiebedarf  
 EE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Endenergiebedarf  
 HW [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Heizwärmebedarf  
 CO<sub>2</sub>E [kg/(m<sup>2</sup>a)] - spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen  
 AW - Außenwand  
 OF - Öffnung  
 DF - Dachflächen

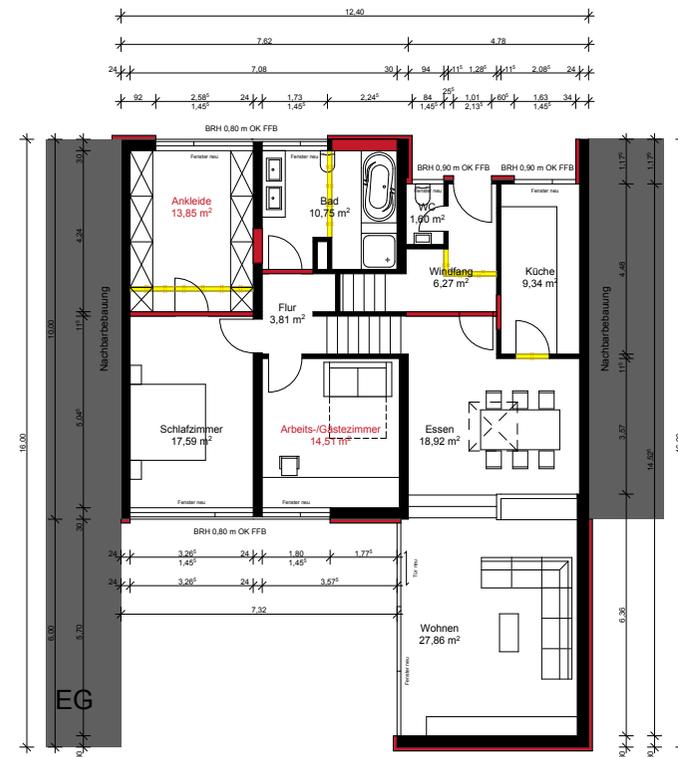
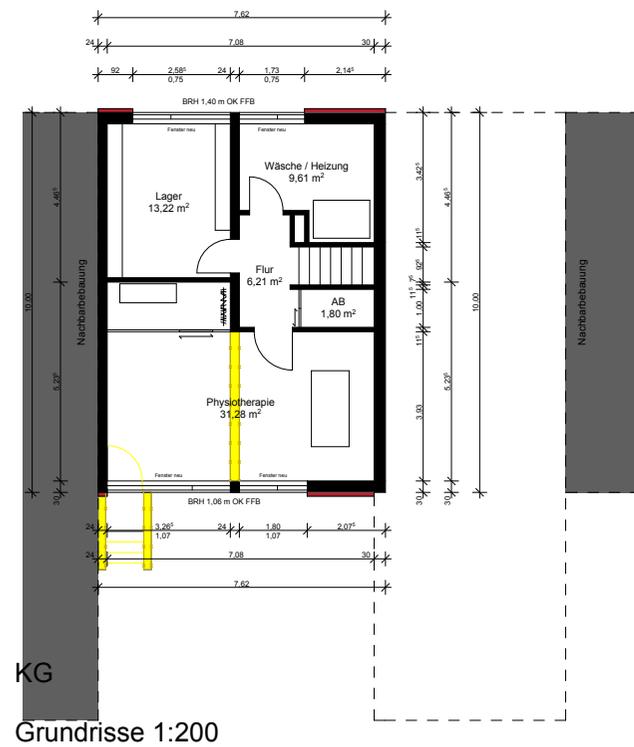
■ Ausgangsfall    ■ Fenster / Tür    ■ Wand  
 ■ Photovoltaik    ■ Dach

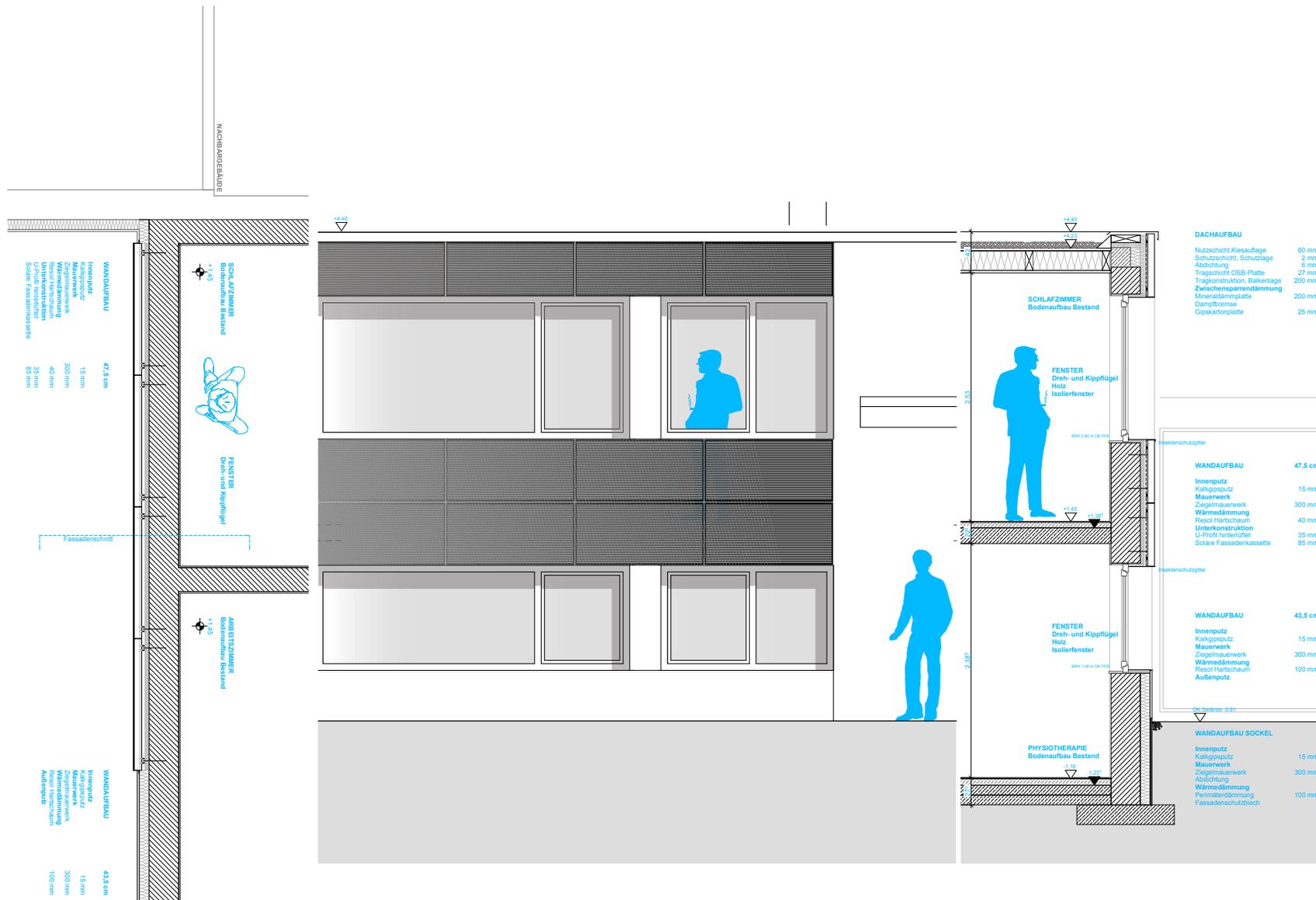




Schnitt 1:200

Norden 1:200

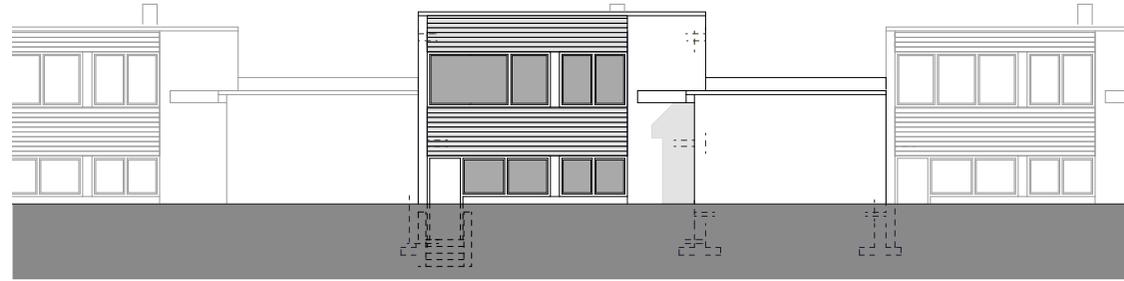
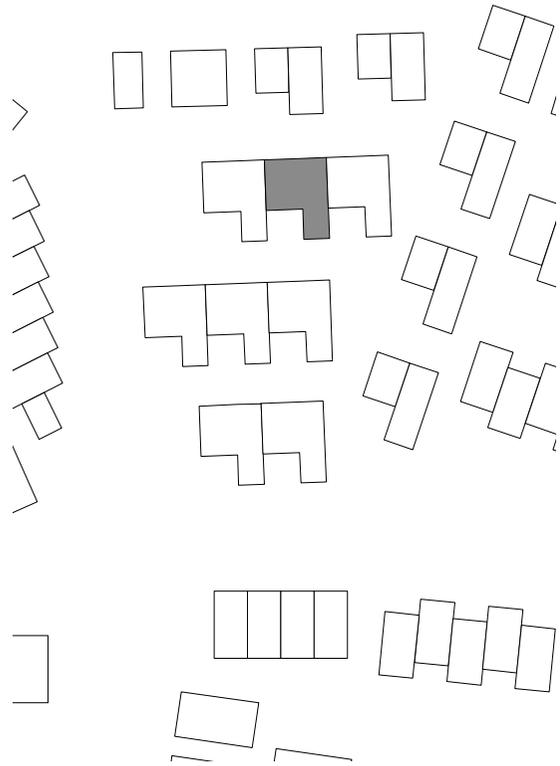




Grundriss / Teilansicht / Fassadenschnitt 1:60

**VARIANTE P2**  
**Reihenmittelhaus (1979)**  
**Saidelsteig 66, 91058 Erlangen**

Grodon, Karaköse

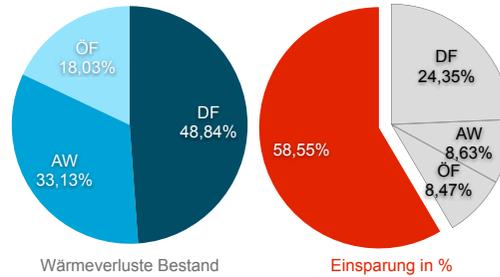


Energetische Sanierung  
 von Einfamilienhäusern in  
 Erlangen

Gebäudebeispiele

Reihenhaus (1979)  
 Saidelsteig 66 (#5)

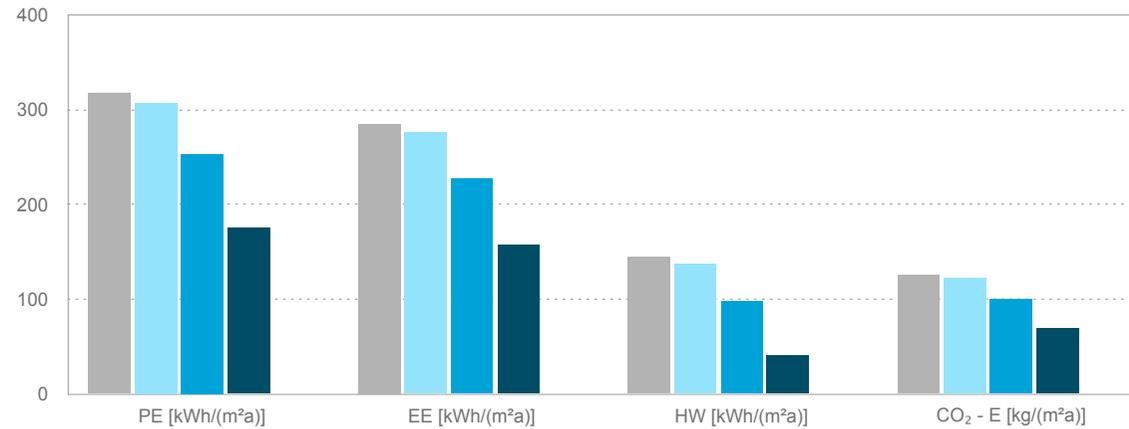
Süden 1:200

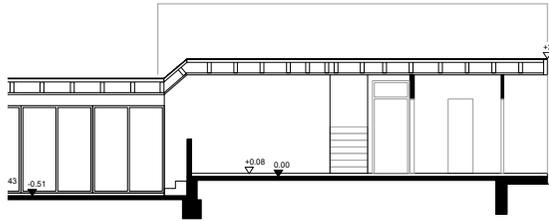


**Legende**

PE [kWh/(m²a)] - spezifischer Primärenergiebedarf  
 EE [kWh/(m²a)] - spezifischer Endenergiebedarf  
 HW [kWh/(m²a)] - spezifischer Heizwärmebedarf  
 CO<sub>2</sub>E [kg/(m²a)] - spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen  
 AW - Außenwand  
 ÖF - Öffnung  
 DF - Dachflächen

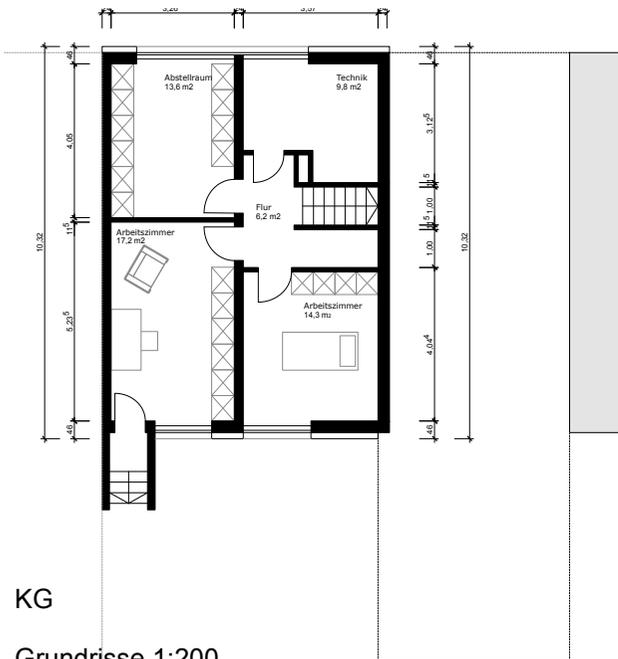
■ Ausgangsfall    ■ Fenster / Tür    ■ Wand  
 ■ Photovoltaik    ■ Dach





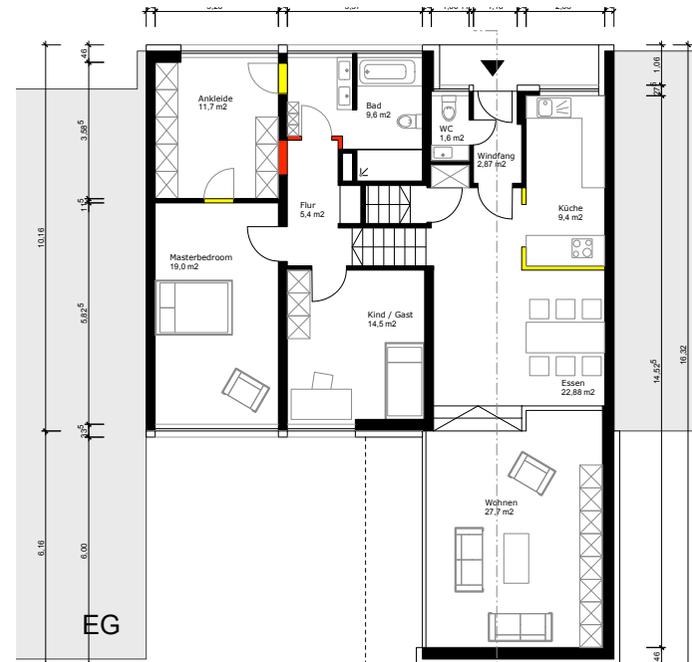
Schnitt 1:200

Norden 1:200

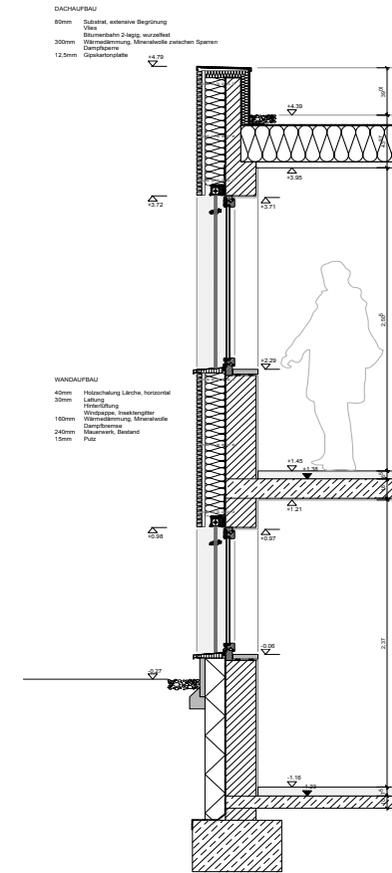
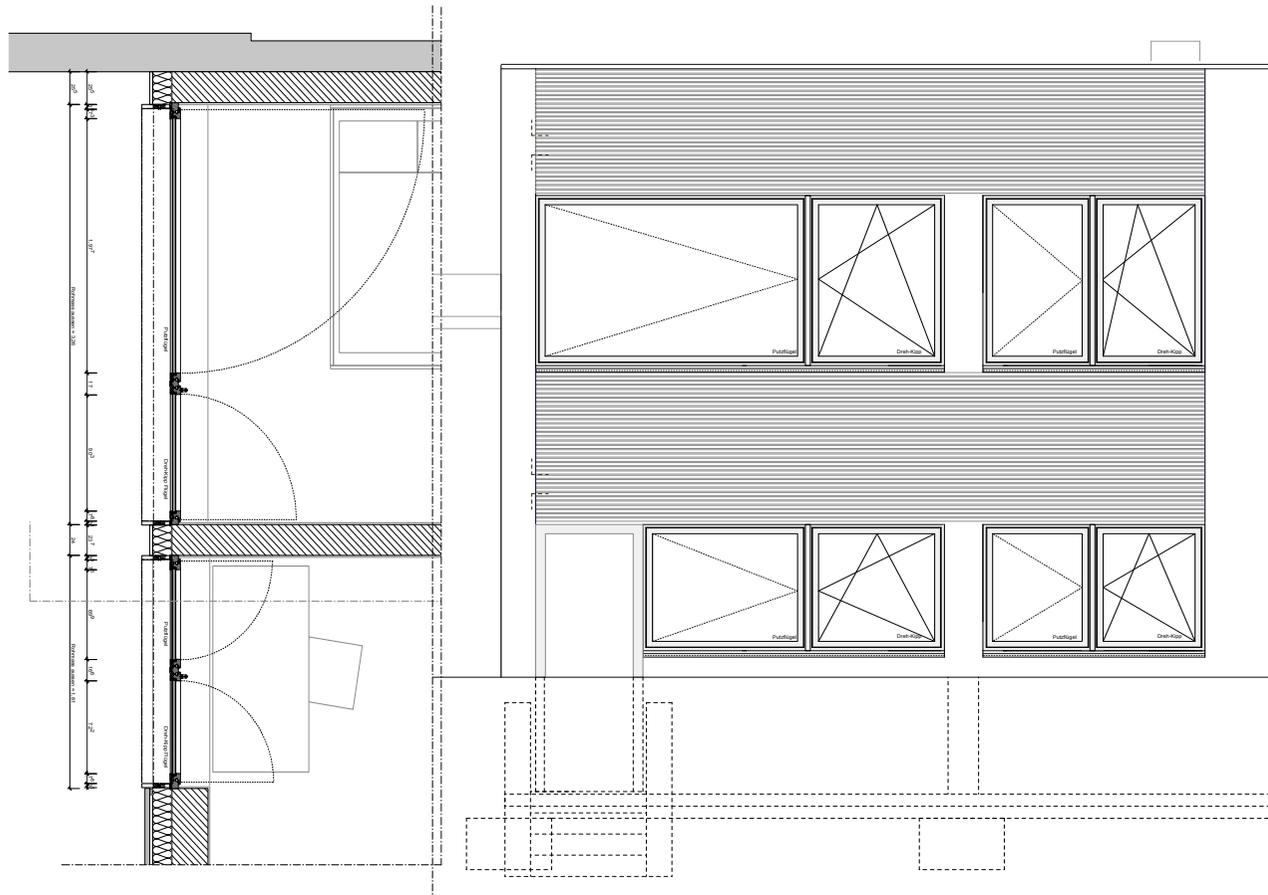


KG

Grundrisse 1:200



EG



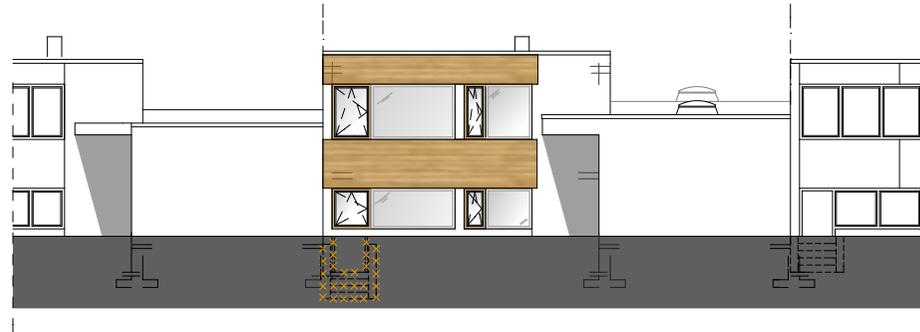
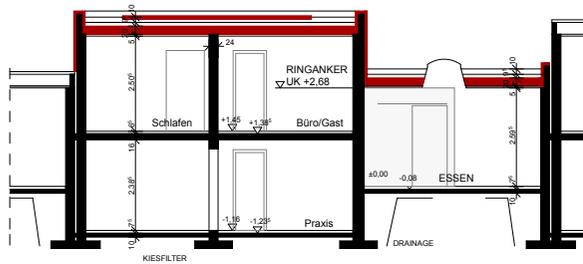
**VARIANTE P3**  
**Reihenmittelhaus (1979)**  
**Saidelsteig 66, 91058 Erlangen**

Beck, Schaefer

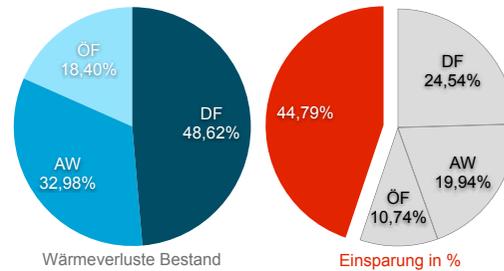
Energetische Sanierung  
 von Einfamilienhäusern in  
 Erlangen

Gebäudebeispiele

Reihenhaus (1979)  
 Saidelsteig 66 (#5)



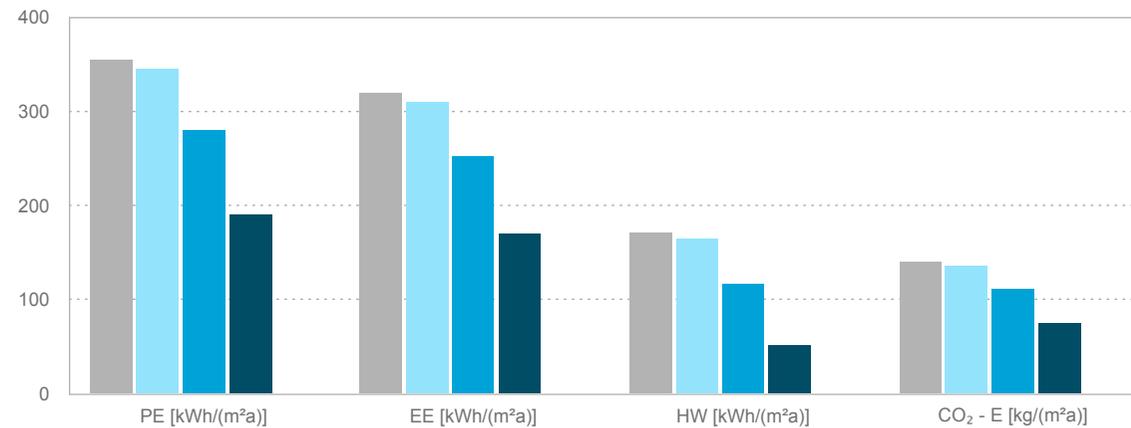
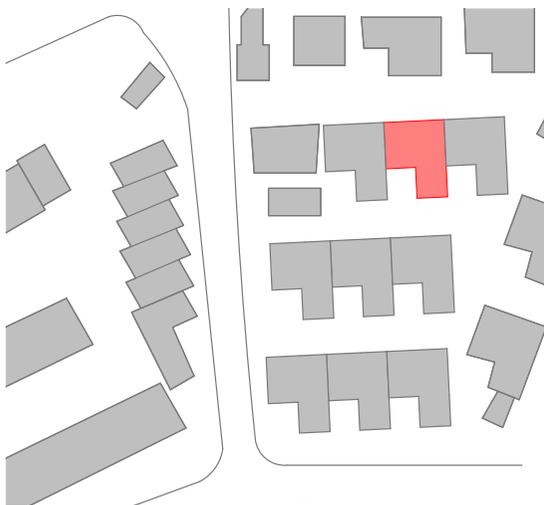
Süden 1:200

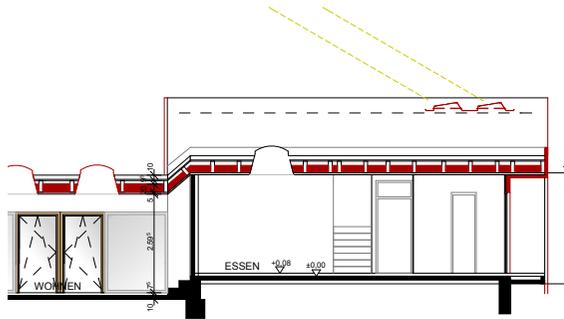


**Legende**

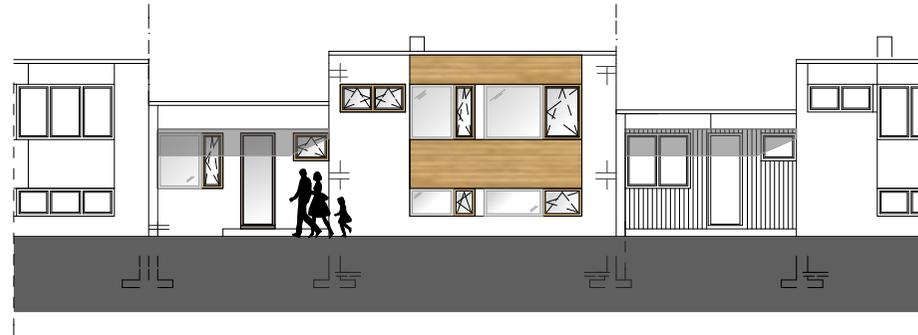
PE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Primärenergiebedarf  
 EE [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Endenergiebedarf  
 HW [kWh/(m<sup>2</sup>a)] - spezifischer Heizwärmebedarf  
 CO<sub>2</sub>E [kg/(m<sup>2</sup>a)] - spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen  
 AW - Außenwand  
 ÖF - Öffnung  
 DF - Dachflächen

■ Ausgangsfall    ■ Fenster / Tür    ■ Wand  
 ■ Photovoltaik    ■ Dach

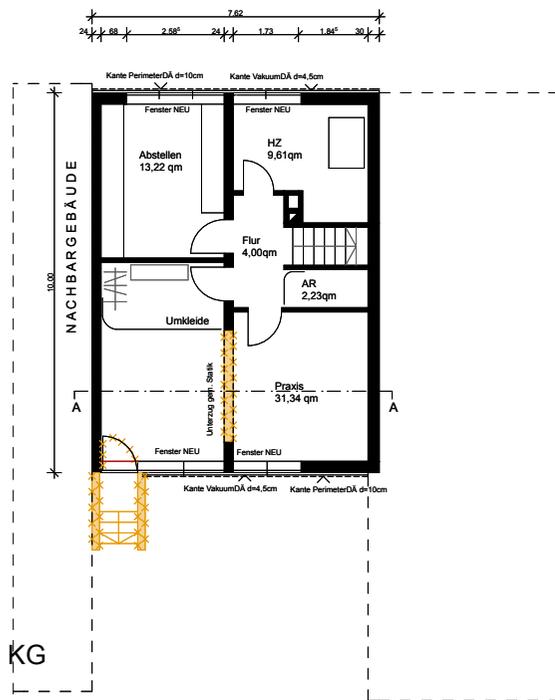




Schnitt 1:200

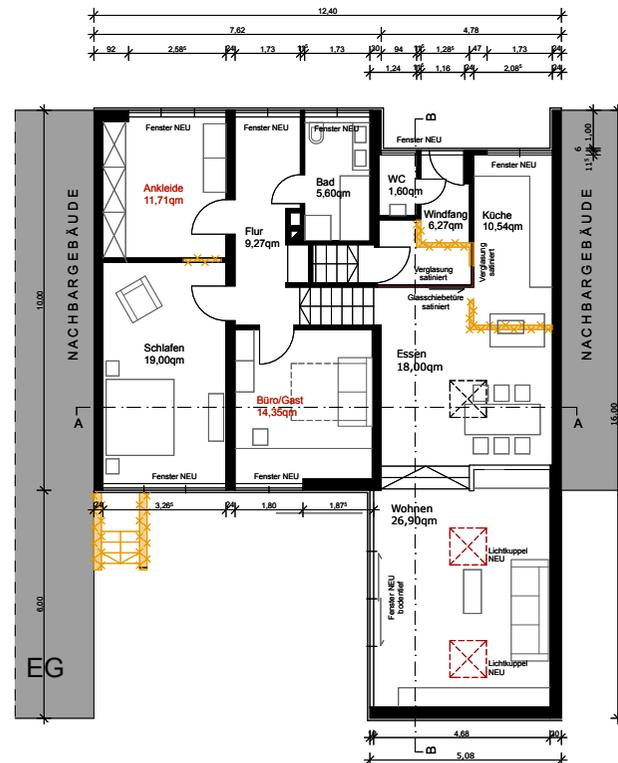


Norden 1:200



KG

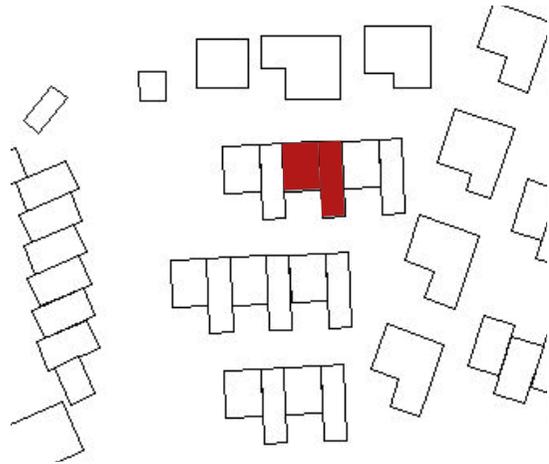
Grundrisse 1:200





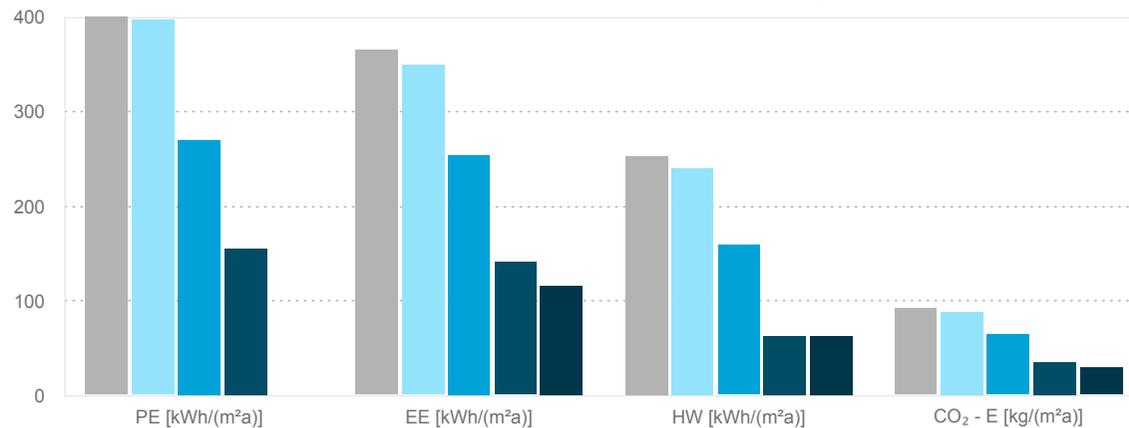
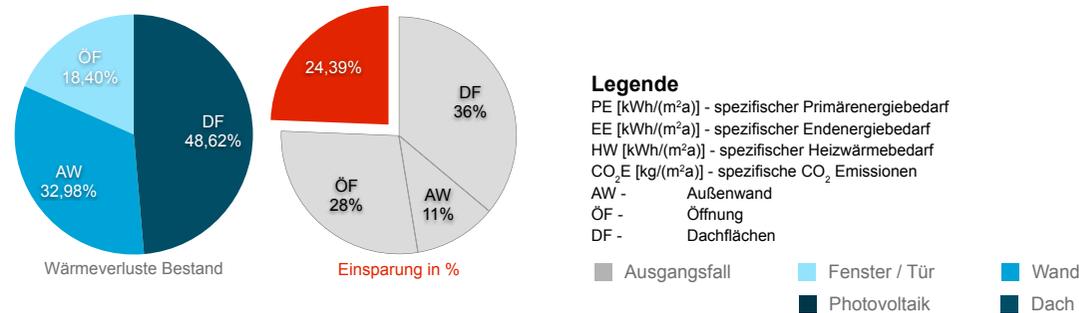
**VARIANTE P4**  
**Reihenmittelhaus (1979)**  
**Saidelsteig 66, 91058 Erlangen**

Lechner, Wenzel



Süden 1:200

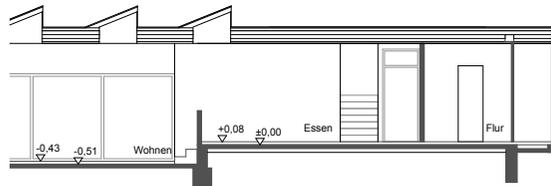
Da zwei Drittel der Wärmeverluste über die Aussenwände und das Dach verloren gehen, werden diese Bauteile im vorliegenden Konzept modifiziert. Das Defizit an Tageslichteinfall wird durch drei Sheddächer mit Fensteröffnungen im Norden behoben. Durch die zusätzliche Belichtung wird zum einen der Primärenergiebedarf der künstlichen Beleuchtung gesenkt und des Weiteren können die partiellen Ausschnitte des Flachdaches mit einer geneigten Flächen von 28 Grad mit Photovoltaikzellen bestückt werden, welche zusätzliche Energiegewinne erzielen. Die Transmissionsverluste über die Aussenwände werden mit einer zusätzlichen Dämmung vom 100 mm verringert.



Energetische Sanierung  
 von Einfamilienhäusern in  
 Erlangen

Gebäudebeispiele

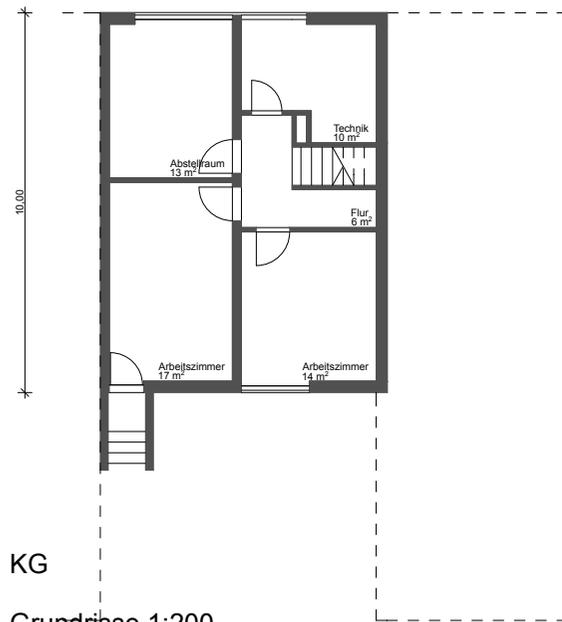
Reihenhaus (1979)  
 Saidelsteig 66 (#5)



Schnitt 1:200

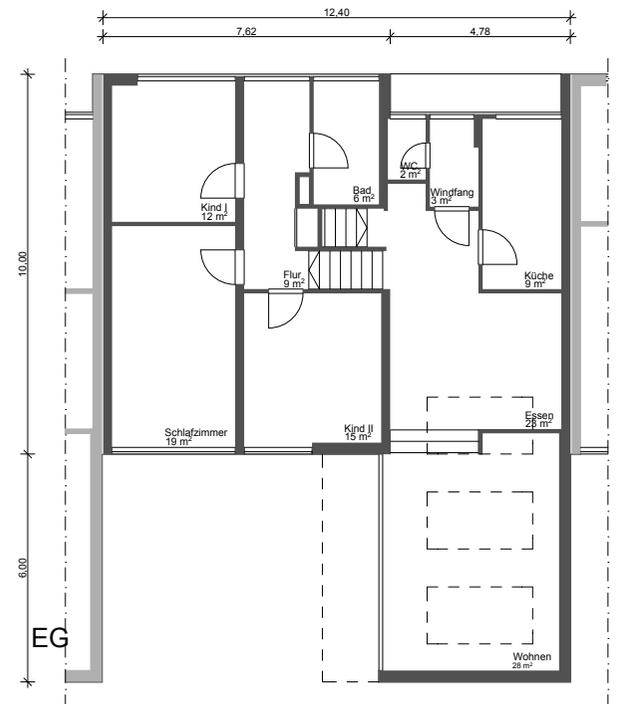


Norden 1:200

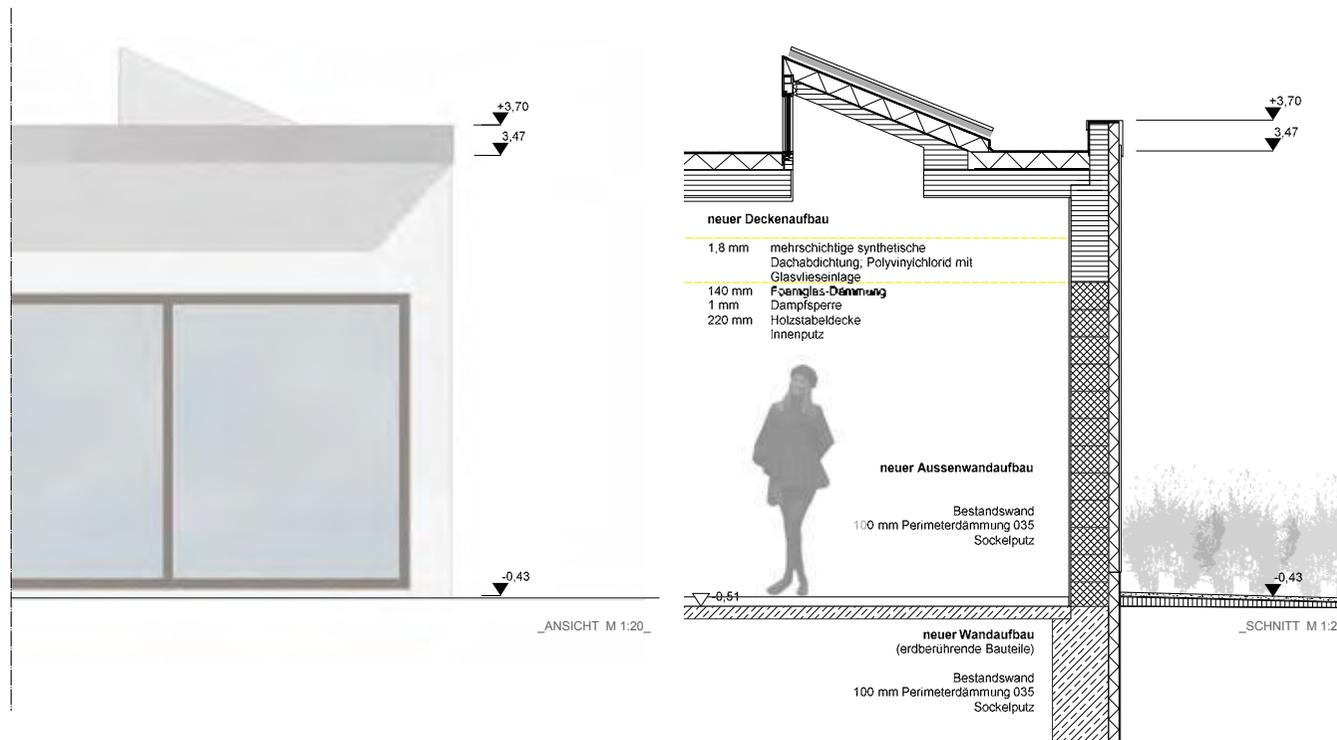


KG

Grundrisse 1:200



EG



## 5.2 Beispielprojekte “Solartechnik”

Mit der Neufassung der “Gebäuderichtlinie 2010” verfolgt die Europäische Union das Ziel, bis 2020 die Energieeffizienz von Gebäuden zu steigern und den Einsatz von erneuerbaren Energien zu erhöhen. Neubauten dürfen ab 2020 für Heizung, Warmwasser und Klimatisierung fast keine Energie mehr benötigen (“nearly zero energy buildings”). Zum Erreichen der gesetzten Klimaschutzziele stellt die energetische Sanierung des Gebäudebestandes die große Herausforderung dar. In diesem Zusammenhang müssen die Möglichkeiten umfassend genutzt werden, durch Ausbildung der Gebäudehüllflächen als Wärmeerzeuger und Stromgeneratoren bestehende Kleinwohnungsbauten zu Nullenergie- bzw. Plusenergiehäusern umzurüsten. An ausgewählten Ein- und Zweifamilienhäusern der Stadt Erlangen sollten Randbedingungen und Potentiale einer Nachrüstung von Dächern und Fassaden mit Solarkollektoren und Photovoltaikmodulen exemplarisch aufgezeigt und untersucht werden.<sup>1</sup>

Reihenhaus (1970) [REH] (#6)  
Vogelherd 130  
91058 Erlangen

Bearbeiter:

- Becher, Cornelia  
Schniedermeier, Karin
- Berghofer, Thomas

Reihenhaus (1980) [RMH] (#7)  
Killingerstraße 86  
91056 Erlangen

Bearbeiter:

- Goetze, Helena  
Mayr, Sabrina Vanessa

Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

<sup>1</sup> SS 2011: MA-x300 (Wahlpflichtfach) – Vom Altbau zum Plusenergiehaus

**Einfamilienhaus (1970)**  
**Vogelherd 130, 91058 Erlangen**

Becher, Schniedermeier

**Bestandsaufnahme**

- Wohnfläche ca. 120 qm
- Umbau vom Flach zum Satteldach im Jahre 1984
- teilweise Fenstererneuerung
- Zwei-Teilung des Baukörpers
- nachträglich auf 14 cm gedämmt (nur Ostseite)
- Westseite mit 6 cm gdämmt
- Heizung: Bj 1990, Ölzentral, Niedertemperatur, ca. 2300l Verbrauch
- Teilunterkellert

**Mängel**

- Dachgeschoss nur teilweise ausgebaut und gedämmt
- Rollokästen und Heizkörpernischen stellen Wärmebrücken dar
- Fassade unzureichend gedämmt
- nicht alle Fenster auf neuesten Standard



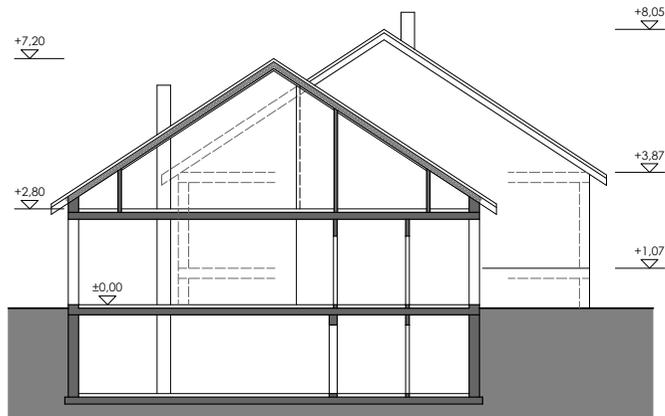
Süden 1:200

Osten

Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1970)  
Vogelherd 130 (#6)

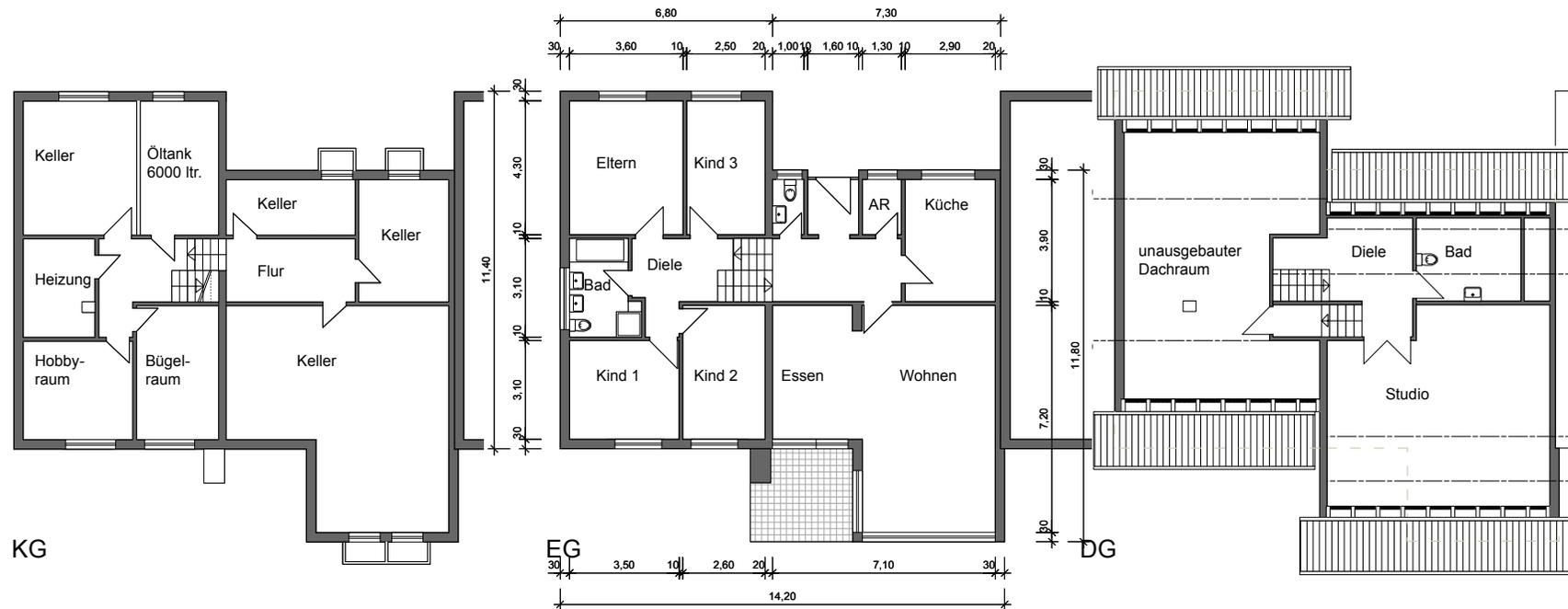


Schnitt 1:200



Norden

Ansichten 1:200



KG

EG

DG

Grundrisse 1:200

**Minimal Variante**  
**Einfamilienhaus (1970)**  
**Vogelherd 130, 91058 Erlangen**

Becher, Schniedermeier

**Verbesserungsvorschlag Plusenergiehaus**

**Variante 1: Minimale Lösung**

- Vollflächige Dämmung der Fassade unter Berücksichtigung aller Wärmebrücken  
Blower-Door Test
- Erneuerung aller älteren Fenster (3-Fach Isolierglas)
- Dachgeschoss komplett ausbauen
- Montage von Sollarkollektoren sowie PV-Module zur Deckung des Verbrauchs

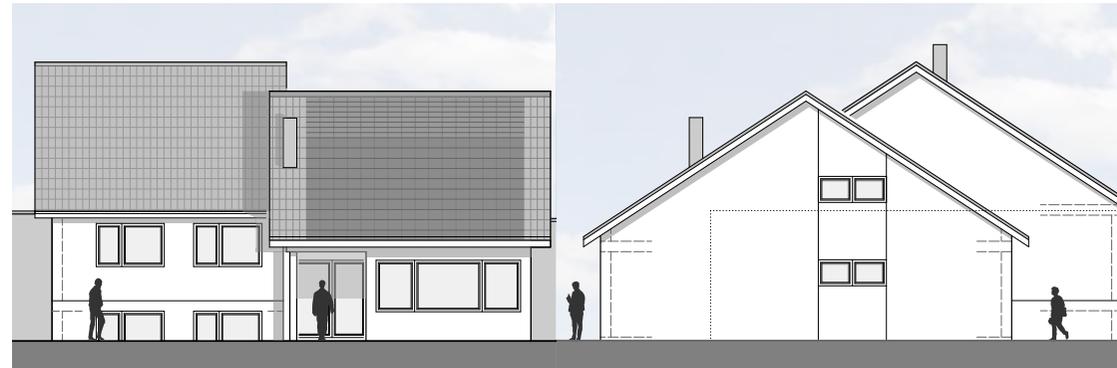
Berechnungen lieferten folgende Ergebnisse:

- Jahresstrombedarf (4 Personen-Haushalt):  
4.800 kWh/a
- Warmwasserbedarf für 4 Personen:  
73.000 l/a
- Benötigte Solarthermie Fläche: 8,0 m<sup>2</sup>
- Benötigte PV-Kollektor Fläche: 20,0 m<sup>2</sup>

Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1970)  
Vogelherd 130 (#6)



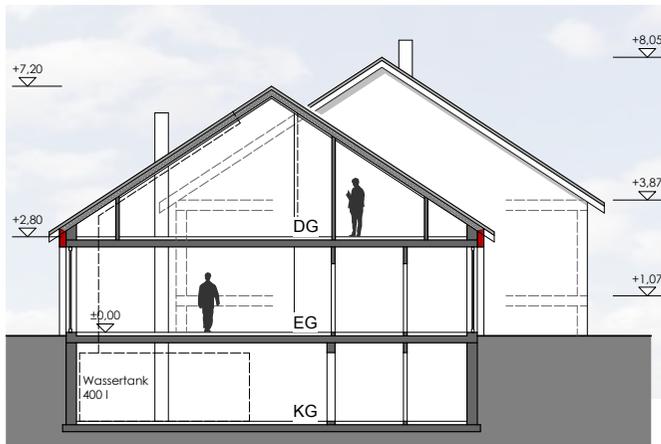
Süden 1:200

Osten

Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

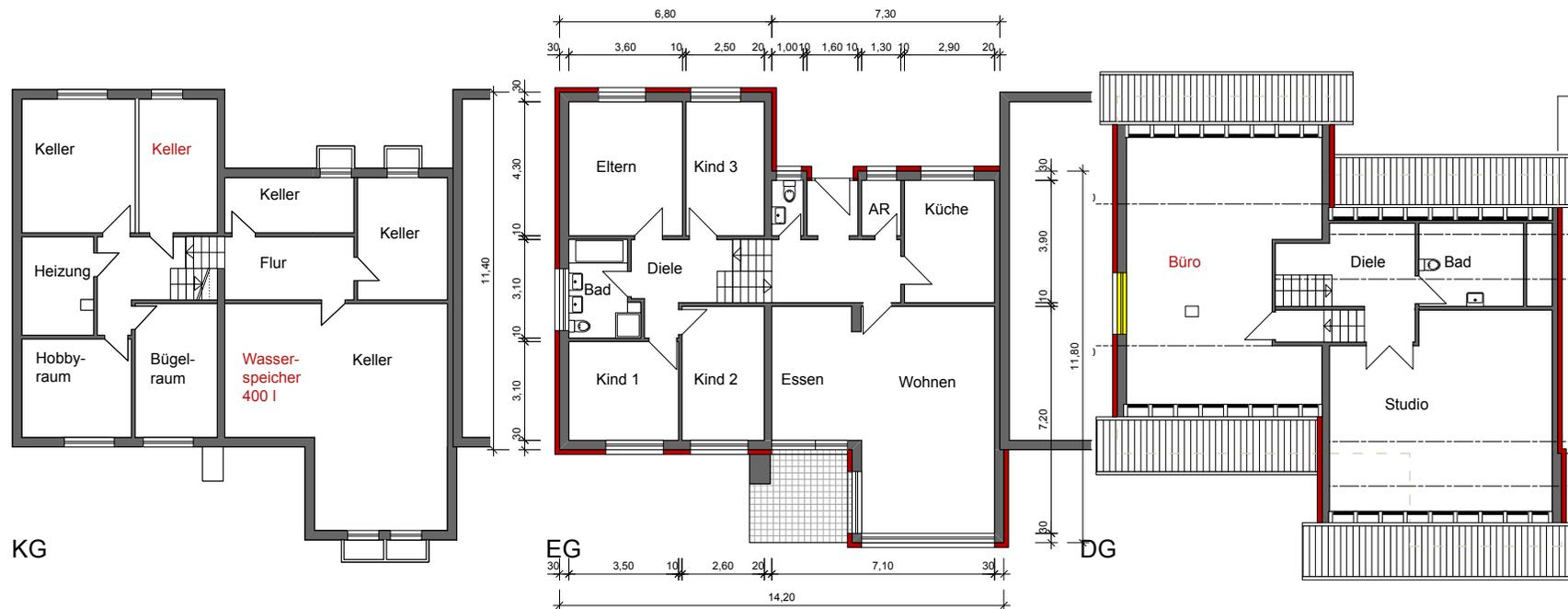
Einfamilienhaus (1970)  
Vogelherd 130 (#6)



Schnitt 1:200

Norden

Ansichten 1:200



KG

EG

DG

Grundrisse 1:200

**Maximal Variante**  
**Einfamilienhaus (1970)**  
**Vogelherd 130, 91058 Erlangen**

Becher, Schniedermeier

**Variante 2: Maximale Lösung**

- Vollflächige Dämmung der Fassade unter Berücksichtigung aller Wärmebrücken  
Blower-Door Test
- Erneuerung aller älteren Fenster (3-Fach Isolierglas)
- Dachgeschoss komplett ausbauen
- Erneuerung der Heizung zur Gasbrennwerttherme
- Dachfläche wird vollflächig mit Sollarkollektoren sowie PV-Module belegt (Indach-Montage)
- Es handelt sich um Glas-Folie-Laminat Module mit monokristallinen Hochleistungssolarzellen 6“+ (zb Creaton Solesia); Zellfarbe anthrazit, wird der neuen Dachfläche angepasst
- Fassadenfläche wird teilweise mit Kollektoren ausgestattet
- Das Raster der Fassade wird mit den PV-Modulen aufgenommen, die Fensterformate werden den Kollektoren angepasst

Daraus entstanden folgende 'Solaraktiv'-Flächen

- Fläche Solarthermie: 8,1 m<sup>2</sup>
- Fläche PV-Anlage Dach: 40,5 m<sup>2</sup>
- Fläche PV-Anlage Fassade: 8,0 m<sup>2</sup>
- PV-Anlagenfläche gesamt: 48,5 m<sup>2</sup>

Daraus ergibt sich ein Gesamtertrag von 6321 kWh/a



Süden 1:200

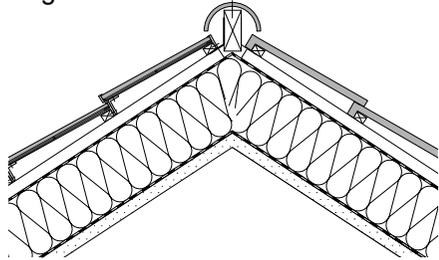
Osten

Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

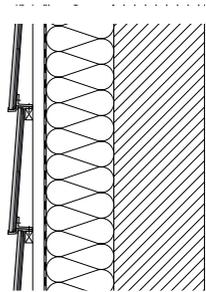
Einfamilienhaus (1970)  
Vogelherd 130 (#6)

Aufbau PV-Modul:  
 VSG-Solarglas  
 PVB-Folie  
 PV-Zelle  
 PVB-Folie  
 Aluminiumrahmen  
 Befestigung:  
 Edelstahlwinkel mit  
 Konterlattung verschraubt



Detail Dach

Fassadenkollektoren  
 leicht geneigt zur  
 besseren Sonneneinstrahlung



Detail Fassade



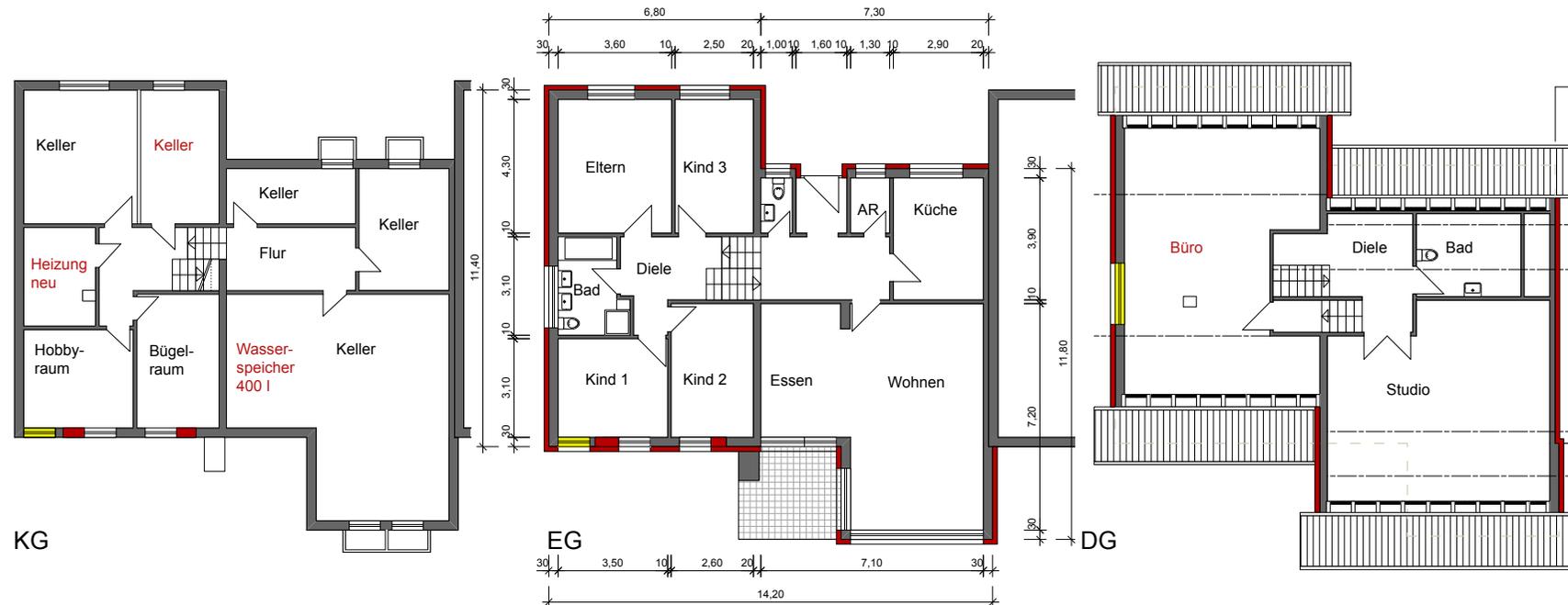
Norden

Ansichten 1:200

Energetische Sanierung  
 von Einfamilienhäusern in  
 Erlangen

Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1970)  
 Vogelherd 130 (#6)



KG

EG

DG

Grundrisse 1:200

**Variante**  
**Einfamilienhaus (1970)**  
**Vogelherd 130, 91058 Erlangen**

Berghofer

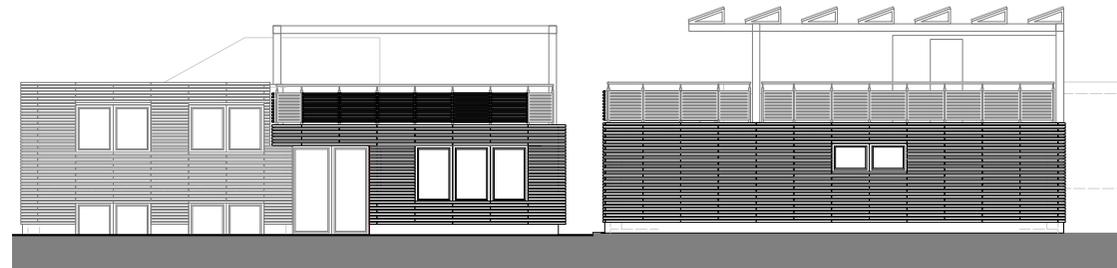


Die Idee ist es die bestehende Flachdachwohnhäuser durch eine Dachterrasse zu erweitern. Die Erschließung erfolgt über das bestehende Treppenhaus das um ein Geschoss erweitert wird und ein zusätzliche Sanitärzelle bietet.

Die Fassade wird mit einer 150 mm Dämmung versehen um der Fassade einen entsprechenden U-Wert zu ermöglichen. Desweiteren wird die Fassade mit einer vorgestzten Holzlattung versehen.

Die Dachterrasse wird zusätzlich, um die den Plusenergiehauseffekt zu ermöglichen, mit einer PV-Anlage versehen die gleichzeitig als Verschattung dient.

Die Solarthermie wird in die Brüstung im Süden integriert und auf die Schräge der Treppenhauserweiterung aufgelegt.



Süden 1:200

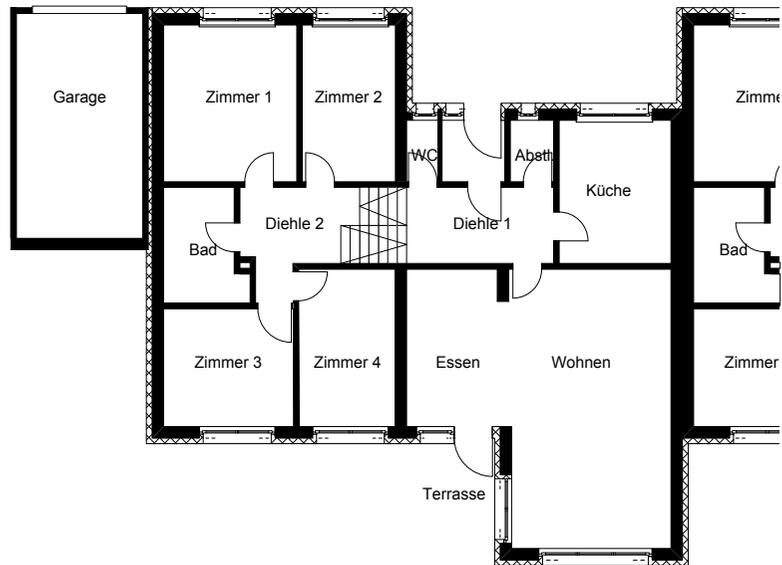
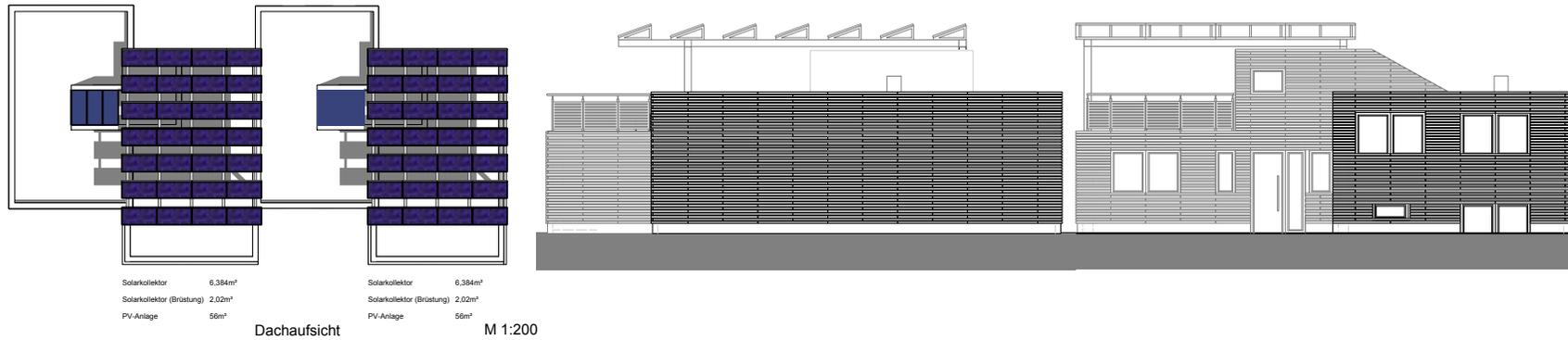
Osten



Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

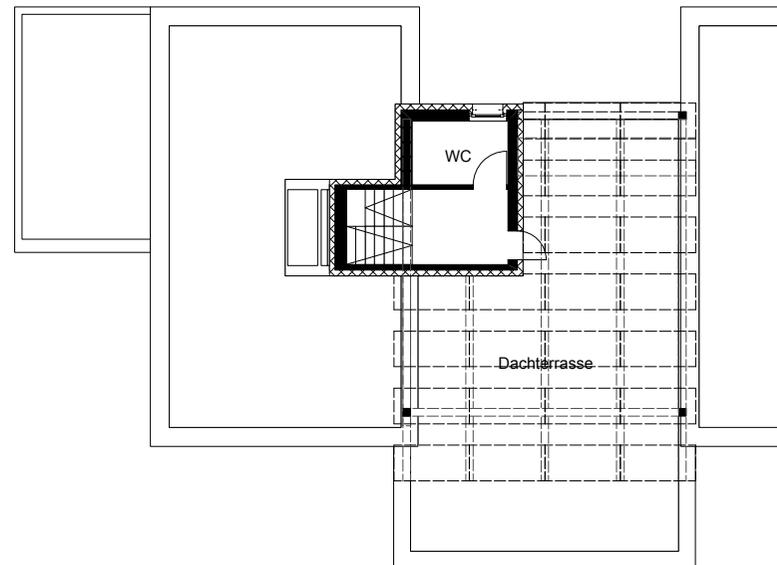
Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1970)  
Vogelherd 130 (#6)



EG

Grundrisse 1:200



1.OG

**Reihenmittelhaus (1978)**  
**Killingerstraße 86, 91056 Erlangen**

Goetze, Mayr



Süd-Westen 1:200

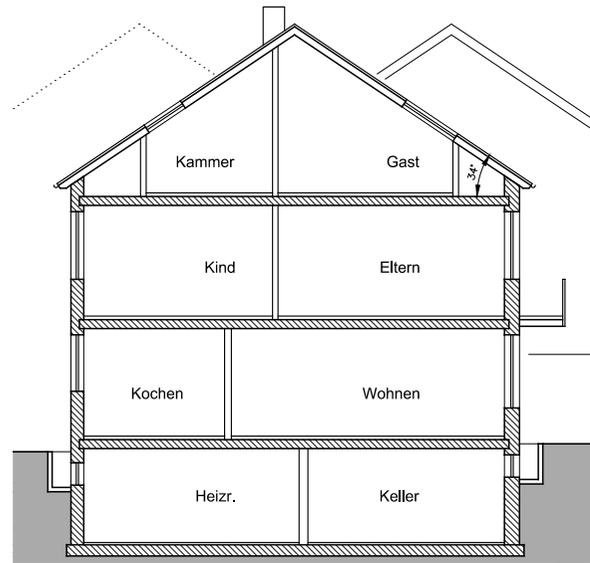
Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

Reihenhaus (1978)  
Killingerstr. 86 (#7)

**BESTAND:**

- Einfamilienhaus als Reihen-Mittel-Haus aus dem Jahr 1978 in Erlangen Nord
- Bisher keine Sanierung
- Verschiedene Umbaumaßnahmen sind in der Siedlung zu sehen
  
- Wohnfläche: 123m<sup>2</sup>  
Hüllvolumen: 429m<sup>2</sup>  
Nutzfläche: 151m<sup>2</sup>  
Bodenfläche: 184m<sup>2</sup>
  
- Holzfenster mit Isolierverglasung
- Warmwasserzentralheizung mit Gasfeuerung und 130l Boiler für Warmwasserbereitung (Baujahr 1978)



Schnitt 1:200

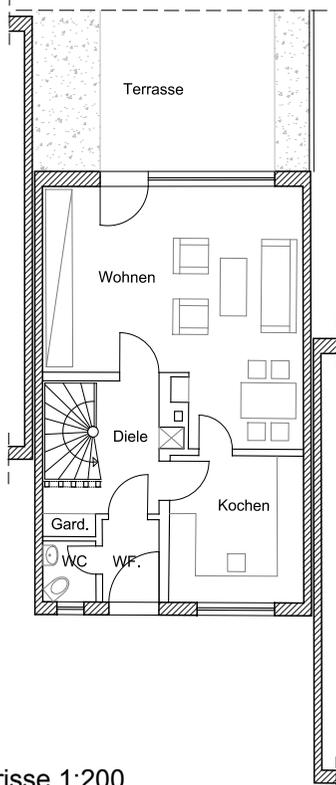


Nord-Osten

Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

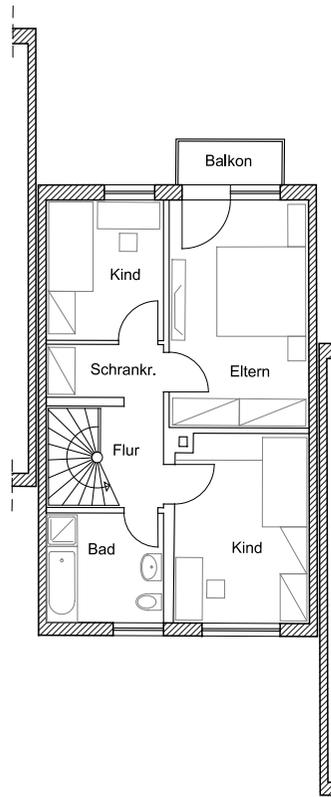
Gebäudebeispiele

Reihenhaus (1978)  
Killingerstr. 86 (#7)

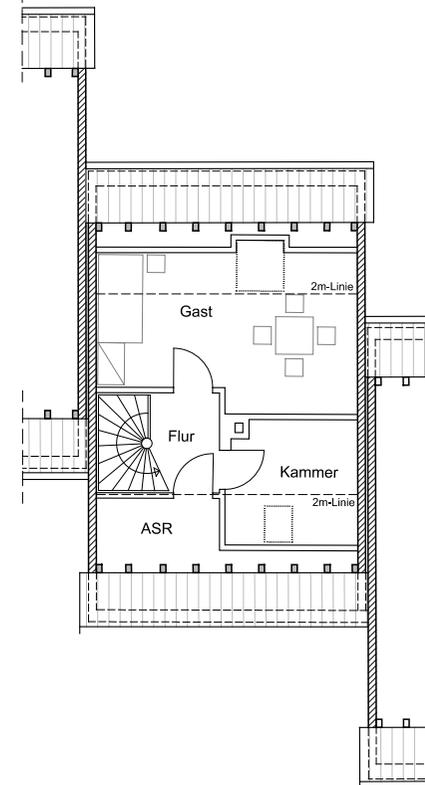


EG

Grundrisse 1:200



OG



DG

**Minimalvariante**  
**Reihenmittelhaus (1978)**  
**Killingerstraße 86, 91056 Erlangen**

Goetze, Mayr

**Sanierungsmaßnahmen:**

- Dachdämmung einbringen - 16cm
- Außenwanddämmung Wärmedämmverbundsystem - 14cm  
 $U = 0,23 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Fussboden gegen UG dämmen - 6cm
- Fenster austauschen (dreifach Verglasung)  $U = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Solaranlage für Warmwasseraufbereitung ca.  $5\text{m}^2$
- PV-Anlage ca.  $8\text{m}^2$

**Photovoltaik:**

- Aufdachmodule  $8\text{m}^2$
- Anzahl 16
- Abmessung  $1400 \times 600 \text{ mm}$
- Aufbau rahmenlose Glas-Folien Module
- Leistung  $1,6 \text{ kW}$
- Ausrichtung Süd-West,  $35^\circ$
- Erträge  $1.522 \text{ kWh/a}$
- $\text{CO}_2$ -Einsparung  $900 \text{ kg/a}$
- Amortisation ca. 11 Jahre
- Kosten ca.  $5.000\text{€}$
- Zellen polykristalline Siliziumzellen, schwarz

**Solarthermie:**

- Vakuumröhrenkollektoren  $2,6\text{m}^2$
- Abmessung  $2450 \times 1050$
- Anlagentyp Warmwasser
- Ausrichtung Süd-West,  $90^\circ$
- Ertrag  $1.200 \text{ kWh/a}$
- $\text{CO}_2$ -Einsparung  $230\text{kg/a}$



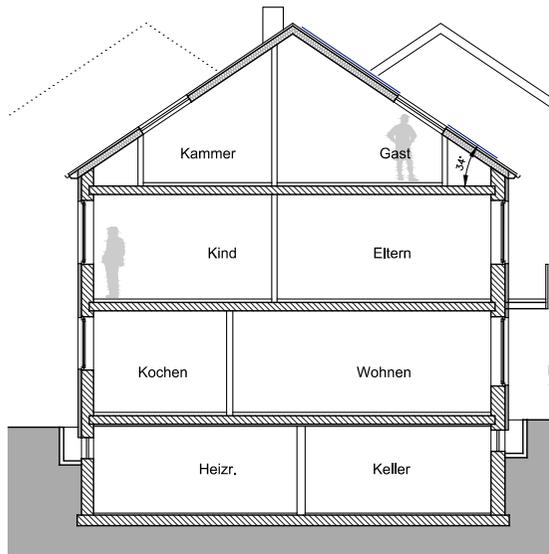
Süd-Westen 1:200



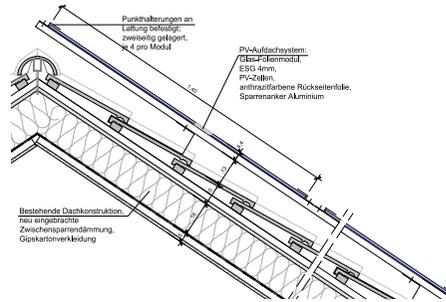
Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

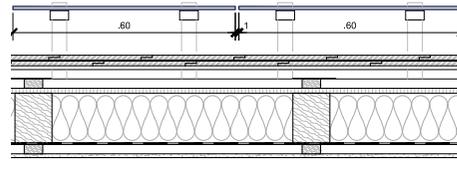
Reihenhaus (1978)  
Killingerstr. 86 (#7)



Schnitt 1:200



PV-Konstruktion vertikal



PV-Konstruktion horizontal

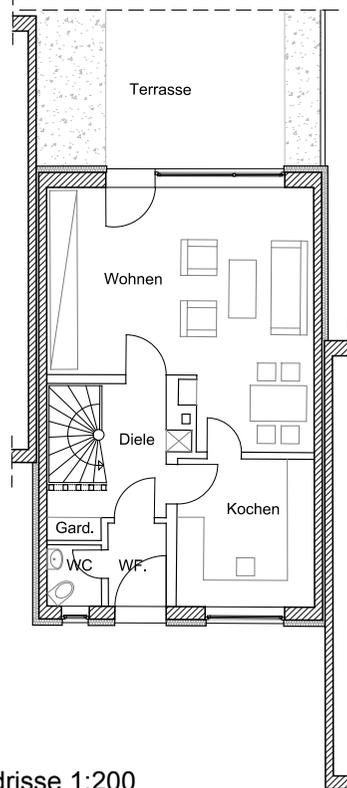


Nord-Osten

Energetische Sanierung von Einfamilienhäusern in Erlangen

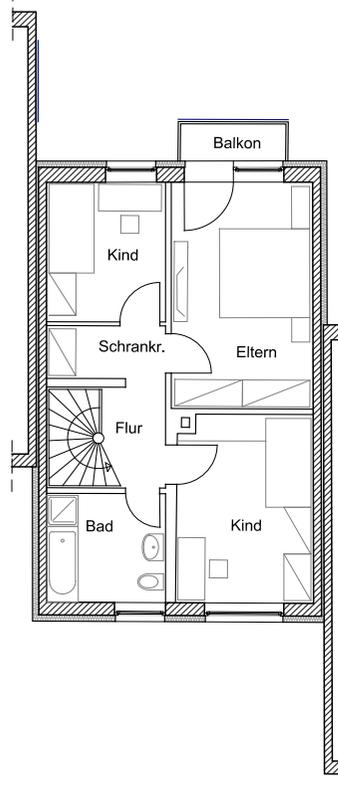
Gebäudebeispiele

Reihenhaus (1978)  
Killingerstr. 86 (#7)

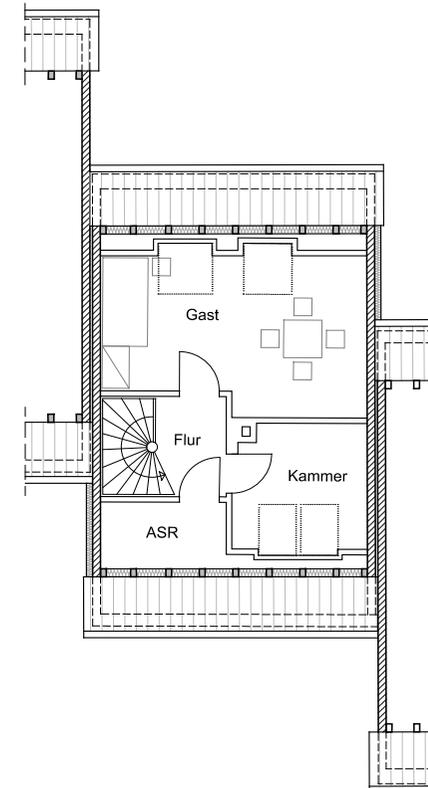


EG

Grundrisse 1:200



OG



DG

**Maximalvariante  
Reihenmittelhaus (1978)  
Killingerstraße 86, 91056 Erlangen**

Goetze, Mayr

**Sanierung des Hauses, zum  
Plusenergie-/ Passivhaus**

- Energie, CO<sup>2</sup> und Kosten sparen Primärenergiebedarf senken von ca. 236 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) auf ca. 116 kWh/(m<sup>2</sup>\*a)
- geringfügige Umstrukturierung der Innenräume, je nach Bedarf

**Sanierungsmaßnahmen:**

- Dachdämmung einbringen und neue Dachdeckung - 16cm
- Wanddämmung (Vakuumisulationspaneele) -3cm; U=0,20 W/(m<sup>2</sup>\*K)
- Fussboden gegen UG dämmen - 6cm
- Fenster austauschen (dreifach Verglasung), U = 0,7 W/(m<sup>2</sup>\*K)
- Heizungsanlage erneuern
- Solaranlage für Warmwasseraufbereitung ca. 6,6m<sup>2</sup>
- PV-Anlage ca. 30m<sup>2</sup>; davon 20m<sup>2</sup> in Form von Dachziegelmodulen, 10m<sup>2</sup> als „Sonnenschutz“ in dem Terrassendach

**Photovoltaik:**

- Dachziegelmodule 20m<sup>2</sup> (Glasmodule 10m<sup>2</sup>)
- Anzahl 54
- Abmessung 1350 x 355 mm
- Aufbau Glas-Folien-Laminat mit je 22 Zellen
- Leistung 4,8 kW
- Ausrichtung Süd-West, 35°
- Erträge 4.566 kWh/a
- CO<sub>2</sub>-Einsparung 2.600 kg/a
- Amortisation ca. 10 Jahre
- Zellen monokristalline Siliziumzellen, schwarz



Süd-Westen 1:200

**Solarthermie:**

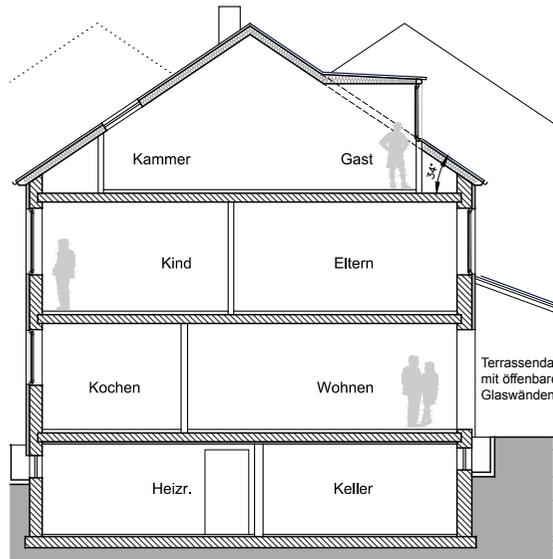
- Fassadenkollektoren 6,6m<sup>2</sup>
- Abmessung 1500 x 860
- Anlagentyp Warmwasser
- Ausrichtung Süd-West, 90°:  
Ertrag 1.200 kWh/a
- CO<sub>2</sub>-Einsparung 230kg/a



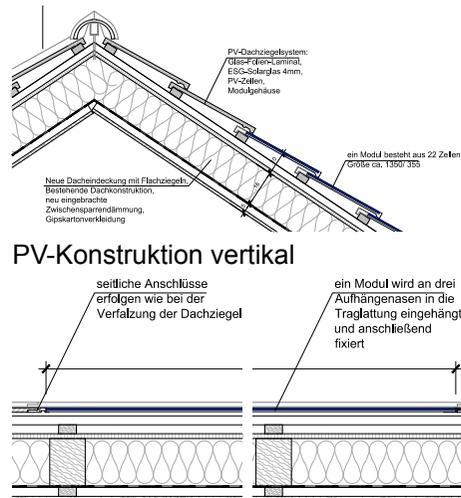
Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

Reihenhaus (1978)  
Killingerstr. 86 (#7)



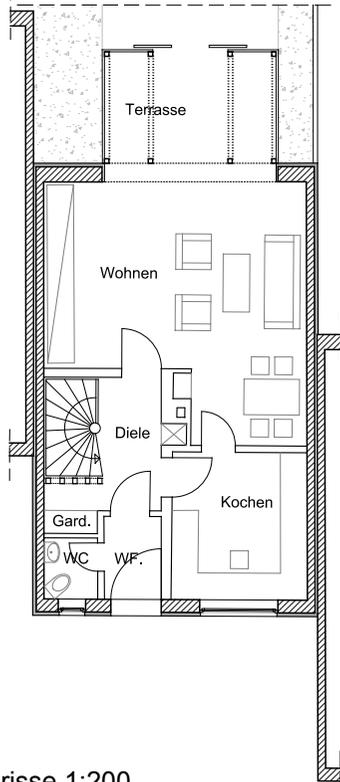
Schnitt 1:200



PV-Konstruktion horizontal

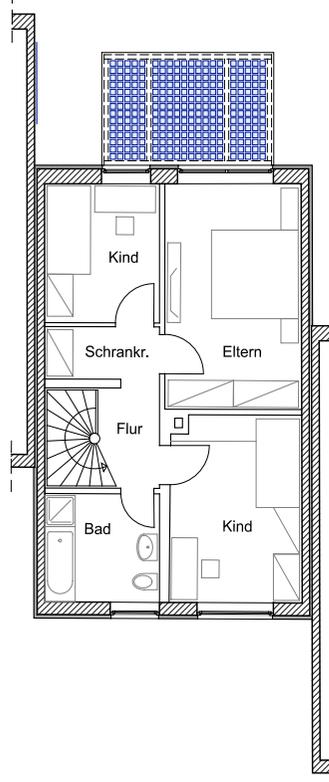


Nord-Osten

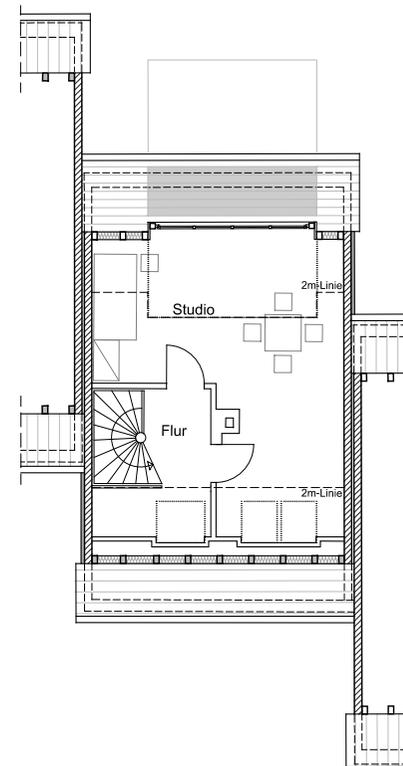


EG

Grundrisse 1:200



OG



DG

Energetische Sanierung von Einfamilienhäusern in Erlangen

Gebäudebeispiele

Reihenhaus (1978)  
Killingerstr. 86 (#7)

### 5.3 Beispielprojekte "Vorstudie"

#### Einfamilienhaus (1962) Am Meilwald 36, 91054 Erlangen

Bolek, Rudel

Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1962)  
Am Meilwald 36 (#8)



Westen 1:200

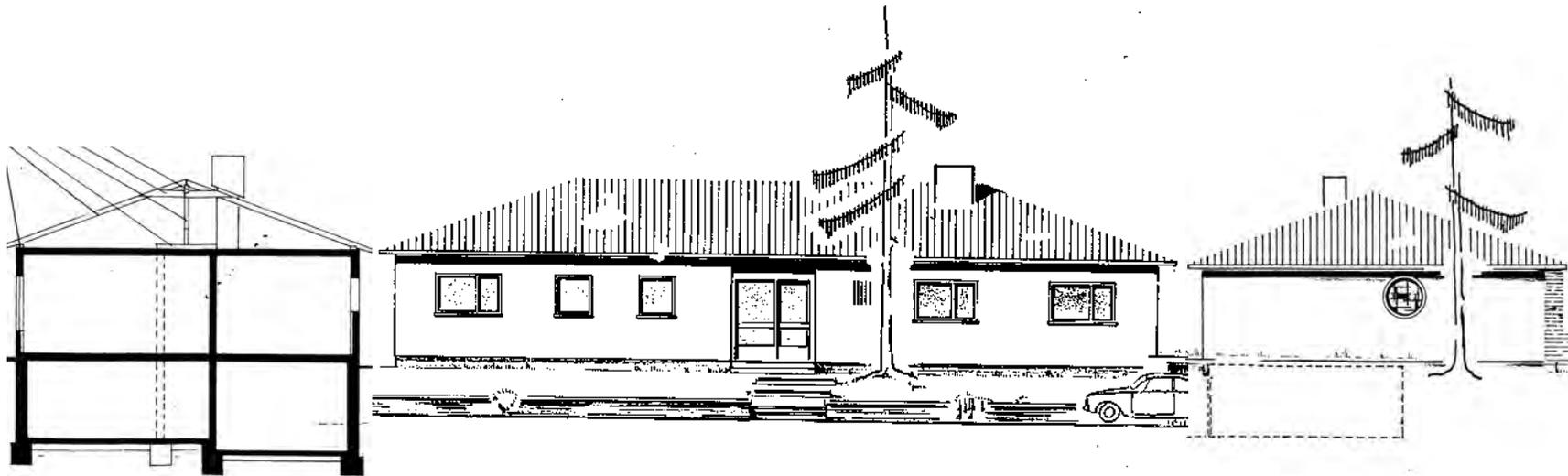
Süden



Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

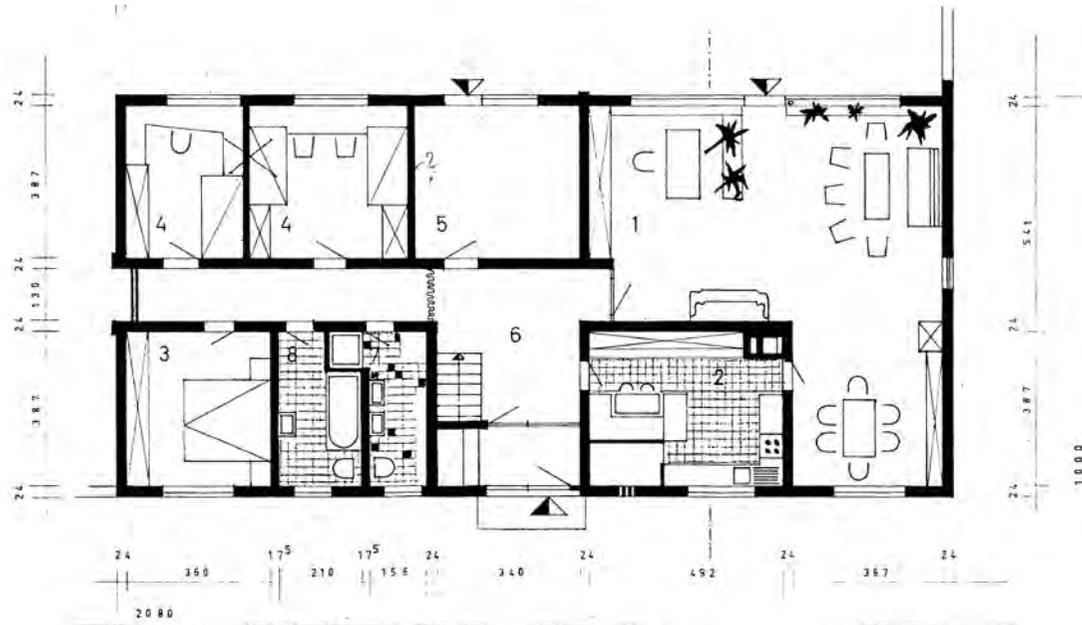
Einfamilienhaus (1962)  
Am Meilwald 36 (#8)



Schnitt 1:200

Osten 1:200

Nord-

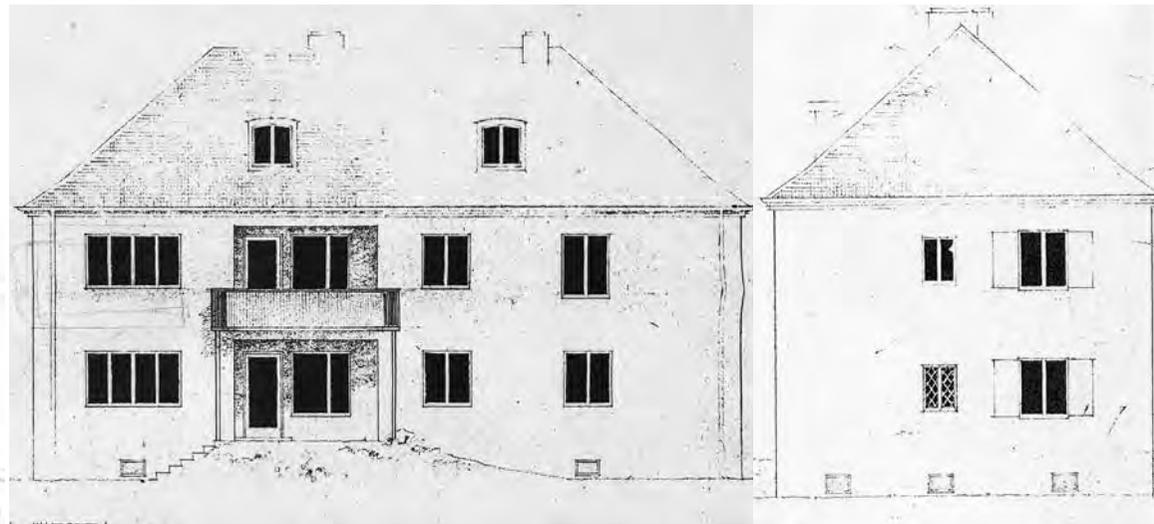


EG

Grundrisse 1:200

**Einfamilienhaus (1953)**  
**Max Busch Str. 17, 91054 Erlangen**

Bolek, Rudel



Westen 1:200

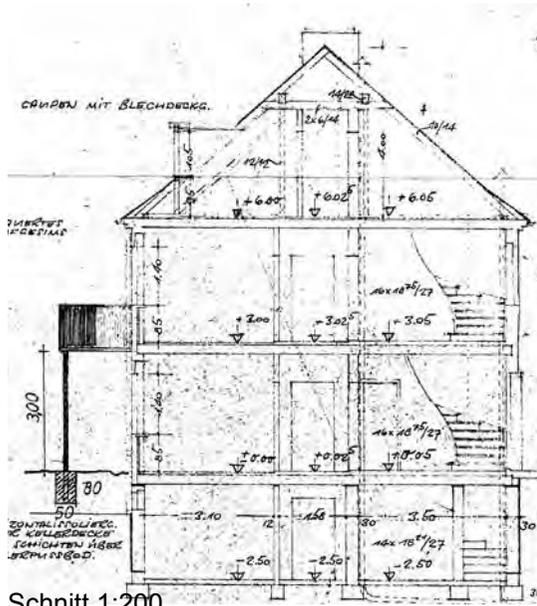
Süden

Energetische Sanierung  
von Einfamilienhäusern in  
Erlangen

Gebäudebeispiele

Einfamilienhaus (1953)  
Max Busch Str. 17 (#9)





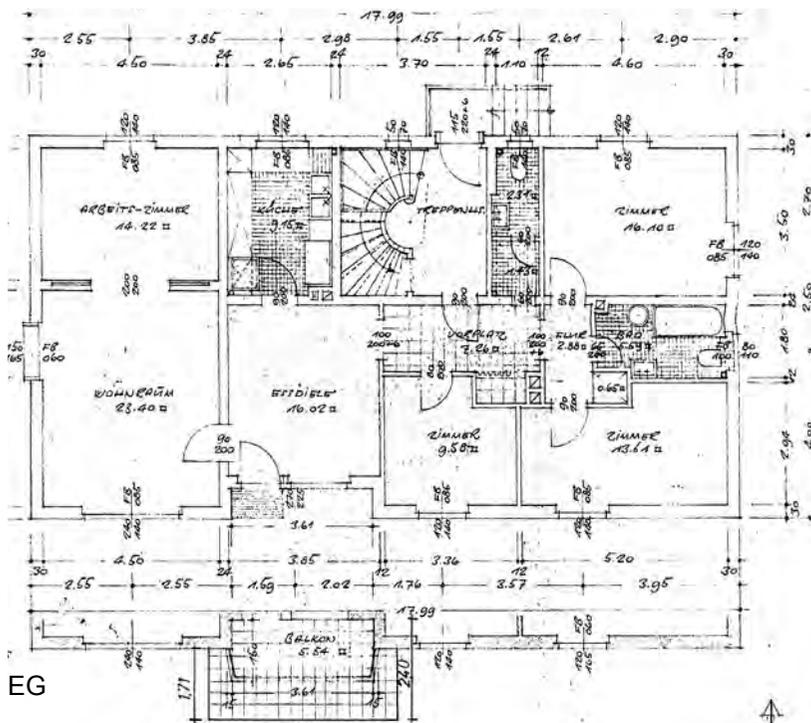
Schnitt 1:200



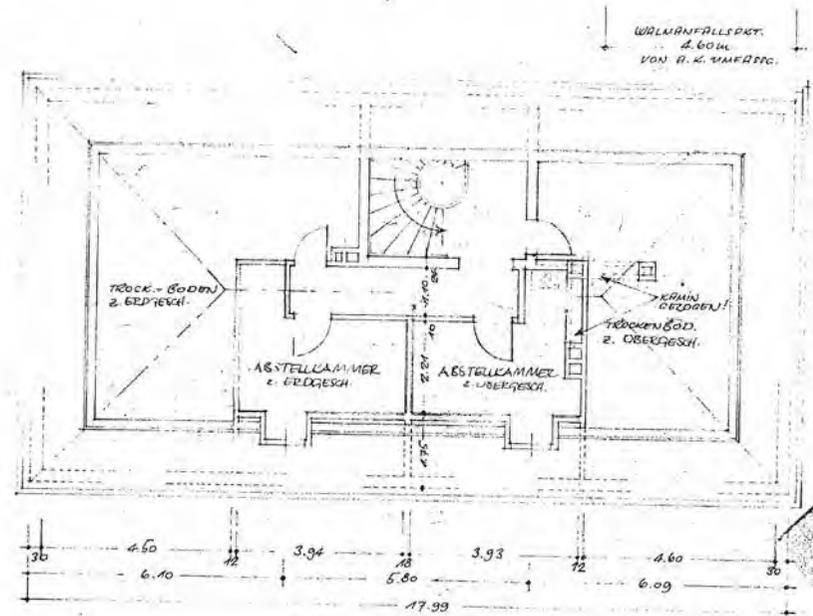
Osten 1:200



Nord-



EG



2.OG

Grundrisse 1:200

6.1 Literaturliste

Bayern – Bestand an Wohngebäuden und Wohnungen in Bayern. Statistische Berichte. Stand: 31.12.2007. München: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, Juni 2008

Braun, Walter: Bauen und Sanieren im 21. Jahrhundert. In: Technik in Bayern. Nachrichten aus Technik, Naturwissenschaft und Wirtschaft, 5/2010, S. 6–7

Bundesarchitektenkammer (Hrsg.): Energiegerechtes Bauen und Modernisieren. Grundlagen und Beispiele für Architekten, Ingenieure und Bewohner. (Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie; Planungs-Büro Schmitz Aachen) Basel (u.a.), 1996

BMWi – Energie. Klimaschutz und Energieeffizienz. Forschung, Entwicklung und Demonstration moderner Energietechnologien. Herausgeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Berlin, November 2008

Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) CO<sub>2</sub> Gebäudereport 2007. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). Herausgeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Berlin, 11/2007

Clausnitzer, Klaus-Dieter: Entwicklung des Energieverbrauchs für Heizung und Warmwasser bei Einfamilienhäusern. Bremen, Bremer Energie Institut, Dezember 2007

dena – Checkliste für die Datenaufnahme Energieausweis. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Berlin. Berlin, 2007

Düsseldorf – Gebäudetypologie für die Stadt Düsseldorf. Endbericht. Herausgegeben von der

Landeshauptstadt Düsseldorf, Der Oberbürgermeister, Umweltamt. Düsseldorf o.J.

Eicke-Hennig, Werner et. al: Empirische Überprüfung der Möglichkeiten und Kosten im Gebäudebestand, und bei Neubauten Energie einzusparen und die Energieeffizienz zu steigern (ABL und NBL). Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt, 1995 / zit. nach: Energieeinsparung im Gebäudebestand. Bearbeiter Ing.-Büro für Bauphysik, Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser GmbH (u.a.). Heidelberg, 1996

Erlangen – Energieeffizienz im Ein- und Zweifamilienhausbestand in Erlangen. Herausgeber: Stadt Erlangen, Referat für Stadtplanung und Bauwesen, Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung. Bearbeiter: Jürgen Seeberger. Erlangen, Juli 2005

Erlangen – Energieeffizienz im Ein- und Zweifamilienhausbestand in Erlangen 2009. Herausgeber: Stadt Erlangen, Referat für Stadtplanung und Bauwesen, Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung. Bearbeiter: Jürgen Seeberger. Erlangen, September 2009

Erlangen – Klimaschutz in Erlangen – Der Erlanger Wärmepass. Herausgeber: Stadt Erlangen, Amt für Umweltschutz und Energiefragen. Agenda 21 Erlangen, November 1998

Erlangen – Energie- und Klimaschutzbericht 2004 für den Sektor Energie in Erlangen. Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz 2004. Entwicklung seit 1991. Herausgeber: Stadt Erlangen. Bearbeiter: Jürgen Seeberger. Erlangen, Januar 2006

Erlangen – Energiemanagement im Geschosswohnungsbestand für Wohnungsunternehmen, Hausverwaltungen und Hauseigentümer. Herausgeber: EnergieRegion Nürnberg e.V./ Netzwerk Bau und Energie. Verfasser: Thomas

Energetische Sanierung von Einfamilienhäusern in Erlangen

Anhang

- Späth, Stiftung Stadtökologie Nürnberg; Jürgen Seeberger, Amt für Umweltschutz und Energiefragen, Stadt Erlangen. Erlangen, Januar 2007
- Erlangen – Wohnungsbericht 2007. Stadtentwicklungsplanung Erlangen. Herausgeber: Stadt Erlangen. Bearbeiter: Till Zwißler. Erlangen, August 2008
- Frankfurt am Main – Leitfaden: Energetische Sanierung von Gründerzeitgebäuden in Frankfurt. Kosten reduzieren, Wohnwert steigern, Umwelt schonen. Herausgeber: Stadt Frankfurt am Main. Frankfurt am Main, April 2009
- Gabriel, Ingo; Ladener, Heinz (Hrsg.): Vom Altbau zum Niedrigenergie- und Passivhaus. Gebäudesanierung, neue Energiestandards, Planung und Baupraxis mit EnEV 2009. Stufen im Breisgau, 8/2010
- Gebauer, Bettina: Energetische Sanierung - was ist wichtig. In: VDI Nachrichten, Nr. 39, 30.09.2011, S. 14.
- Giebler, Georg; Fisch, Rainer; Krause, Harald; Musso, Florian; Petzinka, Karl-Heinz; Rudolphi, Alexander: Atlas Sanierung. Instandhaltung, Umbau, Ergänzung. München, 2008
- Heide (Rudolf), Eberhard (Jost) [Stadt- und Regionalplaner, Bonn]: Entwicklung der Energieverwendung im Sektor Haushalte in der Stadt Erlangen. Beiträge zur CO<sub>2</sub>-Einsparung aus einer Forcierung der sparsamen, rationellen und umweltschonenden Energieverwendung im Sektor Haushalte in der Stadt Erlangen (im Vergleich zum Trend 1987-2010). Herausgeber: Stadt Erlangen. Erlangen, 1992
- Hegger, Manfred; Fuchs, Matthias; Stark, Thomas; Zeumer, Martin: Energie-Atlas. Nachhaltige Architektur. München, 2007
- Herzog, Thomas (Hrsg.): Bauten 1978 - 1992. Ein Werkbericht. Stuttgart, 1992
- Hofer Gerhard et al.: LCC-ECO – Ganzheitliche ökologische und energetische Sanierung von Dienstleistungsgebäuden. Berichte aus Energie- und Umweltforschung, 53/2006. Herausgeber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien. Wien, Juli 2006
- Hoppe, Michaela: Holzbau der Zukunft. Teilprojekt 10. Energetische Sanierung von Bestandsbauten in Holz- und Massivbauart unter Einsatz von Holz und Holzwerkstoffen. TU München, Lehrstuhl für Bauphysik, Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser. Stuttgart, 2008
- [http://www.baunetz.de/meldungen/Meldungen-Veranstaltung\\_in\\_Koeln\\_935787.html?action=komentieren](http://www.baunetz.de/meldungen/Meldungen-Veranstaltung_in_Koeln_935787.html?action=komentieren) <29.01.2010>
- <http://energieundbau.de/altbausanierung/wissen/Der-Gebaeudebestand-in-Deutschland-20081217.html> <22.03.2010>
- [http://www.muenster.de/stadt/umwelt/altbausanierung\\_gebaudetypologie.html](http://www.muenster.de/stadt/umwelt/altbausanierung_gebaudetypologie.html) <22.03.2010>
- [http://www.ndr.de/fernsehen/epg/epg1157\\_sid-1064044.html](http://www.ndr.de/fernsehen/epg/epg1157_sid-1064044.html) <18.12.2011>
- <http://www.thema-energie.de/bauen-modernisieren/modernisieren.html> <05.01.2011>
- IWU – Institut Wohnen und Umwelt (Hrsg.): Deutsche Gebäudetypologie. Systematik und Datensätze. Darmstadt, Dezember 2003
- IWU – Institut Wohnen und Umwelt (Hrsg.): Untersuchung zur weiteren Verschärfung der energetischen Anforderungen an Wohngebäude mit der EnEV 2012. Darmstadt, den 17.12.2009
- IWU – Institut Wohnen und Umwelt (Hrsg.): Basisdaten für Hochrechnungen mit der Deutschen Gebäudetypologie des IWU Institut Wohnen und Umwelt. Bearbeiter: Nikolaus Diefenbach, Rolf Born. Darmstadt, 12.11.2007
- Lichtblau, Florian: Die zweite Chance. Erneuerung im Bestand. In: Baumeister, 100. Jg., 3/ 2003, S. 68-71
- Linnemann, Mark; Molter, Kerstin: Wärmedämmverbundsystem und das verlorene Ansehen der Architektur. Kaiserslautern, 2010
- Linhardt, Achim: Anforderungen der EnEV und ihre Umsetzung im Bestand. In: Detail, 47. Jg., 6/2007, S. 676-684
- Modernisieren und sparen. Energieeinsparung und Klimaschutz. Energieeinsparpotentiale bei bestehenden Wohngebäuden. Broschüre. Hrsg.: Staatsministerium des Innern, Oberste Baubehörde. München, 2/Juni 2008
- Mrosko, Jürgen: Dynamik im Bestand. Die nachhaltige Modernisierung älterer Einfamilienhäuser bietet Chancen für Städte und Bauherren – und für Architekten besondere Herausforderungen. In: Deutsches Architektenblatt, 43. Jg., 4/2011, S. 10–13
- OIB: Energietechnisches Verhalten von Gebäuden. Version 2.5. Österreichisches Institut für Bautechnik, Wien. Wien. Oktober 2006
- Purtul, Güven: Gefahr aus Plastikschaum. Spechtlöcher, Algen, Brandrisiko: Hausdämmung mit Styropor ist problematisch. In: Süddeutsche Zeitung, Nr. 282, 07.12.2011, S. 16
- Rackl, Rainer: Energie-Einsparpotentiale im Gebäudebestand. In: Technik in Bayern. Nachrichten aus Technik, Naturwissenschaft und Wirtschaft, 5/2010, S. 8–10
- Energetische Sanierung von Einfamilienhäusern in Erlangen
- Anhang

<p>Richarz, Clemens; Schulz, Christina; Zeitler, Friedemann: Energetische Sanierung. Grundlagen, Details, Beispiele. Detail Praxis. München 2006</p>	<p>Stieß, Immanuel; van der Land, Victoria; Birzle-Harder, Babara; Deffner, Jutta: Handlungsmotive, -hemmnisse und Zielgruppen für eine energetische Gebäudesanierung. Ergebnisse einer standardisierten Befragung von Eigenheimsanierern. Frankfurt am Main, Januar 2010</p>	<p>Energetische Sanierung von Einfamilienhäusern in Erlangen</p>
<p>RWI-forsa Studie – Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für das Jahr 2005. Forschungsprojekt Nr. 15/06 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Endbericht. Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI Essen) und forsa – Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen mbH, 2005</p>	<p>Stieß, Immanuel: Energieeffizient Modernisieren: Motive und Barrieren aus Sicht von Eigenheimbesitzern. Energieeffizienz und Erneuerbare Energien in Gebäuden – Herausforderungen, Rahmenbedingungen und Erfolge aus britischer und deutscher Perspektive. Berlin 05.12.2008</p>	<p>Anhang</p>
<p>Schaffhausen – Musterbericht Energiediagnose. Kanton Schaffhausen, Hochbauamt Energiefachstelle. Schaffhausen 2009</p>	<p>Vorarlberg – Energiebilanz 2006 der Vorarlberger Landesgebäude und der Vorarlberger Landeskrankenhäuser. Feldkirch o.J.</p>	
<p>Schaffhausen – Checkliste Energiediagnose . Kanton Schaffhausen, Hochbauamt Energiefachstelle. Schaffhausen 2009</p>		
<p>Schaffhausen – Hinweise zum Fördergesuch für Gebäudehüllensanierung. Stadt Schaffhausen. Schaffhausen 2009</p>	<p><b>6.2 Abbildungsverzeichnis</b></p> <p>Titel, Abb. 10 – 13 Patrycja Bolek / Johannes Rudel, Fakultät Architektur</p>	
<p>Schulze Darup, Burkhard: Energetische Wohngebäudesanierung mit Faktor 10. Analyse von Passivhaus-Konzepten und deren Anwendung auf die Sanierung. Dissertation. Universität Hannover, Fachbereich Architektur. Hannover 2003</p>	<p>Abb. 1 Linhardt, 6/2007, S. 676</p> <p>Abb. 2 + 3, 6, 14 – 21 Roland Krippner, Fakultät Architektur</p>	
<p>Seidlein, Peter C. v.; Schrade, Hanns Jörg: Freistehende Einfamilienhäuser im Landkreis Freising und ihre energierelevanten Merkmale. Arbeitsschritt 101 des Forschungsprojektes Bau und Energie (i.A. des BM f. Forschung u. Technologie). München, 1981</p>	<p>Abb. 4 Lichtblau, 3/ 2003, S. 69</p> <p>Abb. 5 Herzog (Hrsg.), 1992, S. 25</p> <p>Abb. 7 Hoppe, 2008, S. 94</p> <p>Abb. 8 Hoppe, 2008, S. 120</p> <p>Abb. 9 Hoppe, 2008, S. 150</p>	
<p>Sonnenhaus – Gebäudetypologie Sonnenhaus. Möglichkeiten der Anordnung von Kollektorenflächen. Bearbeiter: Wolfgang Hiltz. Straubing: Sonnenhaus-Institut e.V., Stand 05/2008</p>	<p>Abbildungen und Zeichnungen der Gebäudebeispiele jeweils die Bearbeiter</p>	

### 6.3 Statische Erhebungen zum Bautenbestand der Ein- und Zweifamilienhäuser in Erlangen

	freistehendes EFH	Doppelhaus	Reihenhaus
bis 1918	479	75	314
1919 bis 1948	660	606	141
1949 bis 1957	656	303	74
1958 bis 1968	1.425	397	877
1969 bis 1978	856	501	1.118
1979 bis 1983	215	140	360
1984 bis 2001	451	544	599
ab 2002	336	268	412
Gesamt	5.078	2.834	3.895
	11.807		

	freistehendes EFH	Doppelhaus	Reihenhaus
bis 1918	9,4%	2,6%	8,1%
1919 bis 1948	13,0%	21,4%	3,6%
1949 bis 1957	12,9%	10,7%	1,9%
1958 bis 1968	28,1%	14,0%	22,5%
1969 bis 1978	16,9%	17,7%	28,7%
1979 bis 1983	4,2%	4,9%	9,2%
1984 bis 2001	8,9%	19,2%	15,4%
ab 2002	6,6%	9,5%	10,6%
Gesamt	100,0%	100,0%	100,0%

Abb. 17 Gebäude-Anzahl nach Baualtersklassen

Abb. 18 Gebäude, prozentuale Verteilung innerhalb der Baualtersklassen

**Schwerpunkte im Stadtgebiet:  
Einzelhaus (43 %)¹**

Einzelhaus (1958 - 1968) [1425]² (28,1 %)

10 Heiligenloh [143]² (10,0%)³

- SchlehenstraßeHeiligenlohstraßeGeisbergstraße

Einzelhaus (1949 - 1957) [656]² (12,9 %)

10 Heiligenloh [104]² (15,9%)³

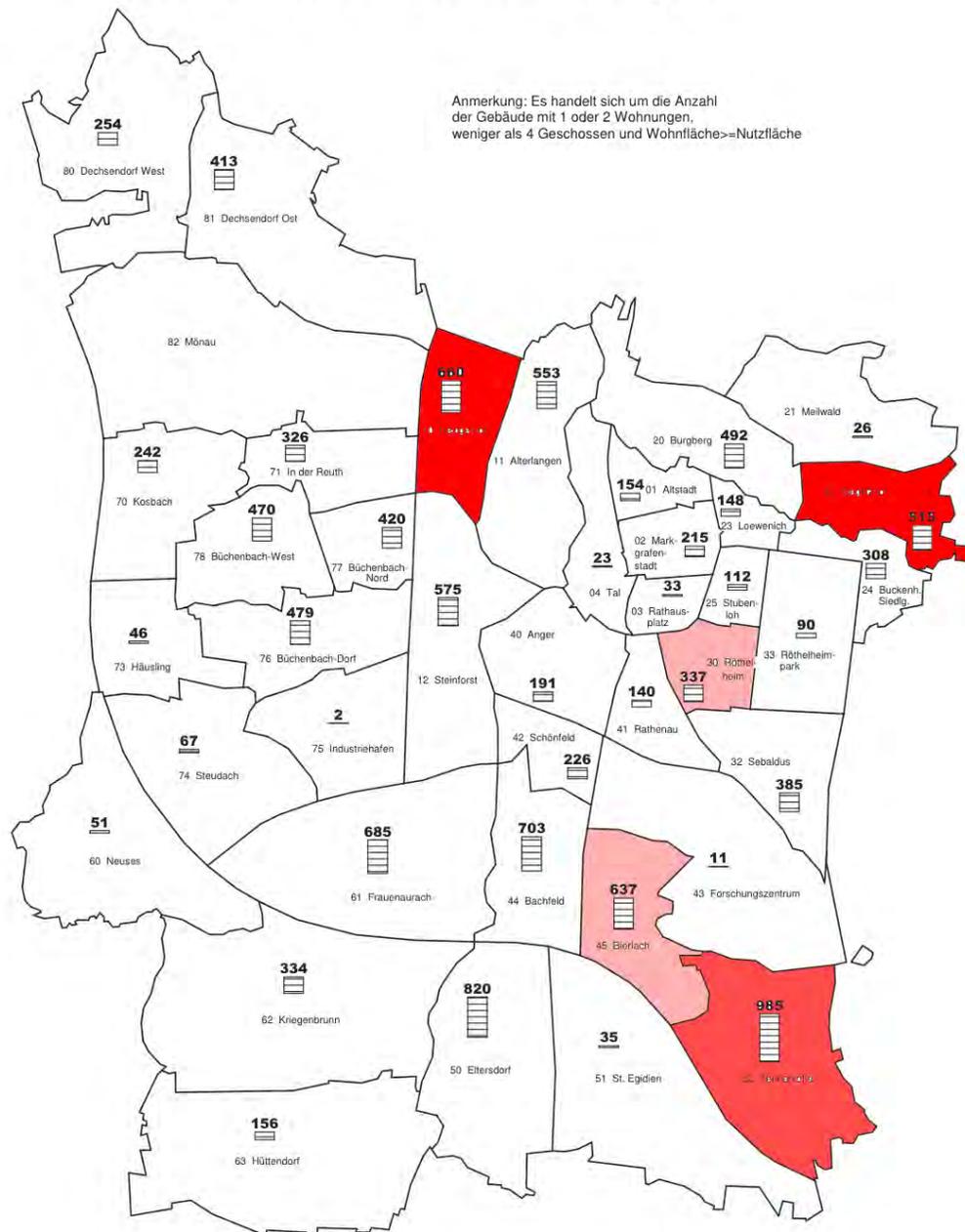
- Falkenstraße (?)

Einzelhaus (1969 bis 1978)

[Erlangen-Bruck] (18,5%)³

- Felix-Klein-Straße  
(eingeschossige Einzelhäuser, flach-  
geneigtes Dach; stark überformt)

**Anzahl der Ein- und Zweifamilienhäuser Ende 2003  
in den Statistischen Bezirken Erlangens**



- 1 Gebäude, prozentuale Verteilung im Stadtgebiet
- 2 Absolute Anzahl
- 3 Prozentualer Anteil innerhalb des Gebäudetyps

Abb. 19 (nach Karte: Anzahl der Ein- und Zweifamilienhäuser Ende 2003 in den Statistischen Bezirken Erlangens (Juli 2005))

**Schwerpunkte im Stadtgebiet:  
Doppelhaushälfte (24 %)¹**

Doppelhaushälfte (1919-1948) [606]² (21,4 %)

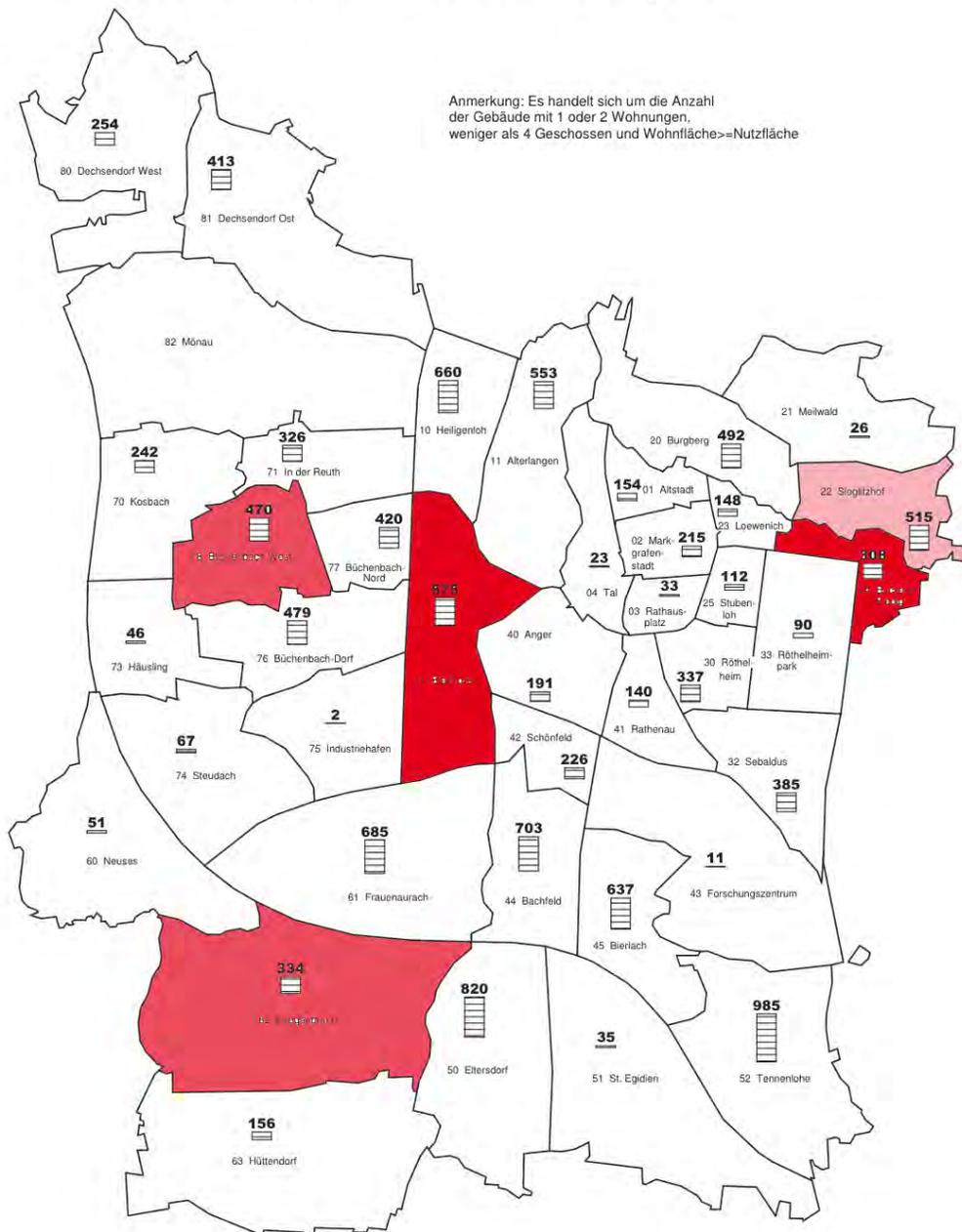
12 Steinforst [173]² (28,5%)³

- Schallershofer Straße  
Georg-Krauß-Straße  
Riemenschneiderstraße
- Schallershofer Straße Hans-Sachs-Str.  
Peter-Vischer-Str.

44 Bachfeld

- [Erlangen-Bruck (?)]
- Tennenloher Straße ≈ 79  
(ehem. 'Meisterhäuser')
- Philipp-Reis-Straße  
Max-Planck-Straße

**Anzahl der Ein- und Zweifamilienhäuser Ende 2003  
in den Statistischen Bezirken Erlangens**



- 1 Gebäude, prozentuale Verteilung im Stadtgebiet
- 2 Absolute Anzahl
- 3 Prozentualer Anteil innerhalb des Gebäudetyps

Abb. 20 (nach Karte: Anzahl der Ein- und Zweifamilienhäuser Ende 2003 in den Statistischen Bezirken Erlangens (Juli 2005))

**Schwerpunkte im Stadtgebiet:  
Reihenhaus (33%)<sup>1</sup>**

Reihenhaus (1969 - 1978) [1118]<sup>2</sup> (28,7 %)

- 50 Eltersdorf [207]<sup>2</sup> [Erlangen-Bruck] (18,5%)<sup>3</sup>
- Egidienstraße  
Rieterweg  
Pfinzingweg
- Alfred-Mehl-Straße  
Wenzelstraße  
Pechmannstraße (Ost-West Typ, Steildach  
Westen, Terrassiert Osten; Schallschutz)

Reihenhaus (1919 - 1948)

- 41 Rathenau (?)
- Danziger Straße Nr. 20 (1930er Jahre)  
Hilpertstraße  
Schenkstraße 120
- Max-Planck-Straße  
Robert-Meyer-Straße  
Dieselstraße
- Noetherstraße  
Max-Planck-Straße (Flachdachbauten,  
1970er Jahre)

- 1 Gebäude, prozentuale Verteilung im Stadtgebiet
- 2 Absolute Anzahl
- 3 Prozentualer Anteil innerhalb des Gebäudetyps

Abb. 21 (nach Karte: Anzahl der Ein- und Zweifamilienhäuser Ende 2003 in den Statistischen Bezirken Erlangens (Juli 2005))

**Anzahl der Ein- und Zweifamilienhäuser Ende 2003  
in den Statistischen Bezirken Erlangens**

