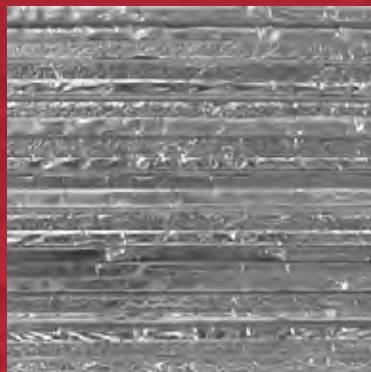


Stefan Reuther / Christian Weber

Energetische Modernisierung von Wohngebäuden

Eine Chance für Veränderung



Energetische Sanierung
von Wohngebäuden

Eine Chance für Veränderung

Autoren:

Architekt Stefan Reuther

Dipl.-Ing. Christian Weber

planungsgruppeDREI PartG, Mühlthal

www.planungsgruppe-drei.de

Druck:

Henrich Druck + Medien Druckerei GmbH, Frankfurt

Konzeption und Layout:

planungsgruppeDREI PartG

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes in der jeweils gültigen Fassung zulässig.

1. Auflage

Mühlthal, 15.09.2008

Verlag:

Eigenverlag Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt

IWU-Bestellnummer: 03/08

ISBN 978-3-941140-02-8



Energetische Modernisierung von Wohngebäuden

Eine Chance für Veränderung

Stefan Reuther, Christian Weber

Das Projekt wurde gefördert im Rahmen der
Forschungsinitiative EnOB



INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung	6
Energetische Modernisierung von Wohngebäuden – Eine Chance für Veränderung	8
Aufgabenstellung	8
Motivationen für Modernisierungen.....	9
Energieeinsparung.....	10
Umfeldveränderung.....	11
Besitzerwechsel	11
Veränderung der Lebenssituation	12
Reaktion auf einen veränderten Wohnungsmarkt	12
Instandhaltungsbedarf und Maßnahmenkopplung	13
Ökologische Faktoren	14
Fazit.....	15
Hofheim Wilhelmstraße - Konzepte für ein umfassendes Modernisierungsvorhaben ...	16
Städtebauliche Aspekte.....	17
Erweiterung und Aufstockung	19
Innere Neuorganisation.....	20
Grundrissoptimierung	22
Fazit.....	23
Hofheim Wilhelmstraße - Energetische Konzepte	24
Der obere Abschluss: Steildach und Gauben Wilhelmstraße	26
Steildach - Alternative Konstruktionsmöglichkeiten:	29
Aufsparrendämmung	29
Zwischensparrendämmung bei vorhandenem Tragwerk	30
Dachdeckung	30
Außenwand	31
Außenfenster	36
Abschluss nach unten: Kellerdecke und Treppenabgang	38
Kellerabgang	40
Gebäudetechnik	41
Beheizung.....	43
Wohnungslüftung.....	44
Fensterlüftung [Wilhelmstraße 37]:.....	44
Abluftanlage [Wilhelmstraße 35]:	44
Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung [Wilhelmstraße 39]:.....	46
Einweisung, Bedienung und Wartung	47
Ergebnisse nach der Sanierung	49

Hofheim Wilhelmstraße - Fassadenelemente mit Vakuumdämmung	51
Prinzip Vakuumdämmung	52
Anwendung von Vakuumdämmung im Bauwesen	53
Prinzip Großelement-Dämmtechnik.....	55
Genehmigungsverfahren – Zustimmung im Einzelfall	55
GEDT-Einteilung.....	56
Elementaufbau.....	57
Vorfertigung, Maßhaltigkeit	59
Qualitätskontrollen, Prototypfertigung	60
Montage Unterkonstruktion.....	61
Wärmebrückenoptimierung	62
Fensterintegration	64
Werkseitiger Einbau / Fensterlage	64
Fensterintegration - Energetische Kennwerte, Materialien	65
Fassadenbekleidung	66
Integration der GEDT-Entwicklung in den Modernisierungsprozess	68
Montage	69
Fazit	71
 Projektbeteiligte.....	 74
 Abbildungsverzeichnis.....	 75

Einleitung

In Hofheim am Taunus wurden 2005 / 2006 drei kleine Mehrfamilienhäuser umfassend modernisiert. Dabei wurde eine hohe Energieeffizienz bei Wärmeschutz und Wärmeversorgung angestrebt, was unter anderem durch Einsatz von Vakuumdämmung in neu entwickelten Fassadenelementen erreicht wurde. Das Projekt wurde von einem Forschungskonsortium betreut (s. S. 74)



Abbildung 1: Ansicht vor der Sanierung

Ausgehend von dem Gedanken, dass Investitionen in die Gebäudehülle und Haustechnik in der Regel sehr dauerhaft sind, wird mit dieser Broschüre eine umfassende Sichtweise auf diese zukunftssträchtige Bauaufgabe versucht. Dabei sollen nicht nur die technischen Anforderungen der Energieeinsparung eine Rolle spielen sondern auch die vielfältigen architektonischen Aspekte, die im Zuge einer Sanierung und Modernisierung Veränderungspotential besitzen. Im Folgenden soll daher die energetische Modernisierung im Rahmen einer Gesamtsicht auf das Vorhaben dargestellt werden. Dabei werden die technischen Aspekte der Energiesparmaßnahmen aber nicht zu kurz kommen, denn eins ist klar: Je höher die Ziele bei der Energieeffizienz gesteckt werden, desto mehr kommt es auf eine sorgfältige Planung und Ausführung im Detail an.

Die entsprechenden Erfahrungen und Auswertungen aus dem Projekt mit Hinweisen für Bauherren und Planer nehmen also einen entsprechend großen Raum ein. Diese haben wir inhaltlich in vier Kapitel unterteilt:

- Der erste Abschnitt befasst sich mit dem Potential von Modernisierungsvorhaben.
- Im zweiten Abschnitt werden diese Potentiale am Beispiel Wilhelmstraße aufgezeigt.
- Im dritten Abschnitt wird detaillierter auf die Energiesparmaßnahmen bei Wärmeschutz (außer Vakuumdämmung) und Wärmeversorgung eingegangen.
- Der letzte Abschnitt behandelt die Besonderheiten der Vakuumdämmung. Der Leser findet hier allgemeine Hinweise für die Anwendung dieser neuartigen Wärmeschutztechnologie im Bauwesen sowie eine Beschreibung des in Hofheim angewendeten Konzepts.

Energetische Modernisierung von Wohngebäuden

– Eine Chance für Veränderung

AUFGABENSTELLUNG

Im Zuge einer energetischen Verbesserung des Gebäudebestandes steht der Bauherr oder Investor am Anfang einer Bauaufgabe, bei dem mehrere Projektphasen bearbeitet und verschiedene Beteiligte koordiniert und beauftragt werden müssen. Damit wächst das Informationsbedürfnis um fundierte Entscheidungen treffen zu können.

Im Planungsprozess muss ein architektonisches und energetisches Grundkonzept gefunden werden, das den gewünschten Veränderungspotentialen und Einsparungszielen gerecht wird. Während der Bauphase muss eine praktikable aber qualitativ hochwertige Ausführung erreicht werden, die Gesamtkosten müssen im Griff gehalten werden sowie Antworten auf unvorhergesehene Überraschungen gefunden werden.

Selbstverständlich muss auch für die Bewohner ein Konzept gefunden werden, das eine möglichst schnelle und schonende Durchführung der Maßnahmen ermöglicht.

Nach Abschluss der Bauphase müssen der dauerhafte Betrieb und die Instandhaltung gewährleistet werden. Die Bewohner müssen ein einfaches Bedienungs- und Regelungskonzept für die Nutzeranpassung und die Optimierung der Energieeinsparung bereitgestellt bekommen.

In vielen Fällen ist die energetische Ertüchtigung der Gebäudehülle die initiale Idee, doch greift ein Austausch bzw. eine energetische Verbesserung der Gebäudehülle als alleinige Maßnahme und einziges Kriterium in vielen Fällen zu kurz. An der Schnittstelle des Gebäudes zu seiner Umgebung werden viele Aspekte berührt, die den Charakter unseres Lebensraums sowie der gebauten Umwelt beeinflussen:

Hier liegt die Grenze zwischen „warm“ und „kalt“, also die Schnittstelle zwischen dem konditionierten Innenraumklima und dem Außenklima.

Die Definition von Kennwerten für den Energieaustausch legt hier die physikalischen Grundlagen für die erreichbaren Verbrauchsstandards.

Fenster, Türen und Fassadengliederungen, also die Definition von offenen und geschlossenen Bereichen, weisen jedoch schon in eine architektonische Dimension: Hier findet eben auch der Dialog zwischen „Innen“ und „Außen“ statt.

Von ihm hängt die Belichtung im Inneren mit der daraus entstehenden Atmosphäre ab, aber auch die Wirkung nach außen wird hier wesentlich geprägt. Eine thematische Auseinandersetzung mit den Aspekten Licht und Lichtführung aber auch die Regulierung von Ein- und Ausblicken findet statt.



Abbildung 2: Südansicht MFH Wilhelmstraße
im Bestand



Abbildung 3: Südansicht MFH Wilhelmstraße
nach Sanierung

Diese Blickbeziehungen berühren einen weiteren Gesichtspunkt, den der Grenze zwischen dem „Privaten“ und „Öffentlichen“. Die Privatheit einer Wohnung und der Grad an Diskretion ist eine individuelle Anforderung. Das Maß an Abschirmung oder Beteiligung wird auch baulich unter den Randbedingungen des Ortes bestimmt.

MOTIVATIONEN FÜR MODERNISIERUNGEN

Wohngebäude besitzen eine hohe Lebensdauer von durchschnittlich 60 - 80 Jahren, die begleitet wird von mehreren Erneuerungszyklen. Dabei reicht die Spannweite von „Großmodernisierungen“, bei der der Bestand bis auf das konstruktive Grundgerüst zurückgebaut wird, über die Erneuerung der Haustechnik beim Austausch eines Heizkessels oder der Umstellung auf einen anderen Energieträger bis zu internen Veränderungen, die sich nicht unbedingt im baulichen Bereich zeigen müssen. Damit wird das scheinbar starre System „Wohnhaus“ einer ständigen Veränderung und Anpassung unterworfen. Errichtet werden die Gebäude aber zu einem bestimmten historischen Zeitpunkt, nach den zur Bauzeit für die Bauherrschaft entscheidenden Kriterien in Bezug auf Größe, Zuschnitt, Funktionalität, Ästhetik, Bautechnik und energetischen Eigenschaften.

Energieeinsparung

Die Mindestanforderung an die energetischen Eigenschaften des Gebäudes orientiert sich am üblichen Energiestandard zum Zeitpunkt der Bauphase. Der Gesetzgeber hat durch die Einführung von verschiedenen Gesetzen und Verordnungen seit den späten 1970er Jahren die energetische Qualität von Gebäuden kontinuierlich angehoben.

Neubauvorhaben besitzen

mindestens den Energiestandard, der jeweils zum Jahr der Errichtung galt. Die energetischen Defizite im Gebäudebestand steigen somit mit zunehmendem Alter. Seit einiger Zeit werden nun auch für bestehende Gebäude gesetzliche Vorgaben zur Verbesserung der

thermischen Hülle festgelegt. Die stetig und überproportional steigenden Energiekosten fördern unabhängig davon die Diskussion und das Nachdenken in der Öffentlichkeit.

In der Sanierung des Gebäudebestandes lassen sich erstaunliche Einsparungspotentiale wecken, die in anderen Lebens- und Wirtschaftsbereichen nicht üblich sind. Betrachtet man den CO₂-Ausstoss fossiler Brennstoffe als Kenngröße, so lassen sich mit weitreichenden Maßnahmenkombinationen Entlastungen der Umwelt auf ein Zehntel und weniger des Ausgangswertes erreichen.

Die energetische Sanierung beinhaltet im Wesentlichen die Ertüchtigung der thermischen Hülle, zu der man die Bauteile Fassade / Fenster, Dach, Kellerwände, Bodenplatte bzw. Kellerdecke zählen muss. Bei der Sanierungsstrategie ist nicht nur die Erhöhung des Dämmwertes sondern die möglichst lückenlose Verbesserung der gesamten Gebäudehülle wichtig. Eine zusätzliche Dämmung eines einzelnen Bauteils wie z.B. die Außenwand kann im Zusammenspiel mit ansonsten ungedämmten Konstruktionen nicht das volle Potential der gewünschten Einsparung erzielen.

Zusätzlich ist in der Regel die Erneuerung der Heizwärmeerzeugung vorgesehen, die eine effizientere Ausnutzung der Energieträger ermöglicht oder auch ganz auf den Verbrauch von fossilen Energieträgern verzichtet.

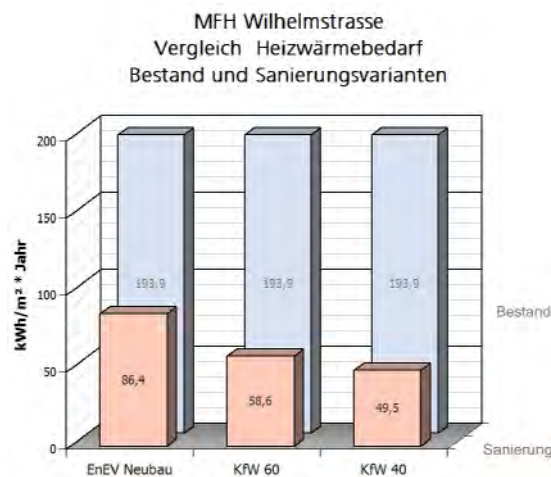


Abbildung 4: Vergleich Heizwärmebedarf saniert / unsaniert

Das veränderte Verbrauchsniveau durch die Dämmung der Gebäudehülle muss auch bei der Dimensionierung der Gebäudetechnik berücksichtigt werden. Die Reduzierung des Heizwärmebedarfs macht sich natürlich als deutliche Senkung der Nebenkosten bemerkbar. Angesichts stark steigender Energiepreise ist eine deutliche Entkopplung von den Preiserhöhungen zu spüren, da dieser Kostenanteil jetzt einen deutlich kleineren Anteil an den Miet- oder Unterhaltskosten ausmacht.

Die Kosten der energetischen Sanierung lassen sich in der Regel durch die Reduktion bei den Verbrauchskosten ausgleichen. Bei besonders weitgehenden Maßnahmen ist eine Finanzierung über staatliche Fördermittel ein zusätzlicher Anreiz.

Umfeldveränderung

Das städtebauliche Gefüge des Wohnumfeldes ist in vielen Fällen nicht so konstant wie es scheint. Veränderungen können sich z. B. durch die Verkehrsbelastung, die Anbindung an Grünflächen aber auch durch stadtsoziologische Faktoren ergeben. Eine Dokumentation eines bestehenden Gebäudes aus verschiedenen Jahrzehnten zeigt hier oft anschaulich die Veränderungen, die das Umfeld durchgemacht hat.

Diese können etwa durch Nachbarbebauungen, erhöhtes Verkehrsaufkommen an angrenzenden Straßen oder aber – im eigenen Garten – durch Veränderungen im Baumbestand verursacht werden. Durch solche äußeren Prozesse lässt sich in vielen Fällen ein wesentlicher Impuls für die Veränderung des Gebäudes feststellen:

Der Innenraum wird an die veränderten äußeren Verhältnisse angepasst, Wohnungsgrundrisse werden verändert, neue Fenster verändern den Blickbezug nach außen. Diese Aspekte spielen bei den Gebäuden in Hofheim, wie sich noch zeigen wird, eine wesentliche Rolle.

Besitzerwechsel

Nicht nur die äußeren Einflüsse des Wohnumfeldes können die Ursache für Veränderungen sein, auch ein Benutzer- oder Eigentümerwechsel kann ein wesentlicher Impuls für interne Veränderungen sein, die die Struktur und Organisation eines Hauses betreffen.

In der Regel muss man davon ausgehen, dass mit einem Besitzerwechsel auch ein Wechsel in der Nutzung und Aneignung des Gebäudes einhergeht. Damit werden unvermittelt veränderte Kriterien an den Gebäudebestand gestellt.

Veränderung der Lebenssituation

Andere Auslöser durch den Nutzer können in der Veränderung der allgemeinen Lebenssituation und -gewohnheiten liegen. Der Wunsch, das familiäre Wohnen großzügig auf einer Ebene zu gestalten, ist ein verbreiteter Anspruch bei Neubezug oder Umnutzung. In anderen Fällen kann der Einzug der Eltern einen Impuls für eine Umstrukturierung der Nutzung und Änderung der Funktionsbereiche geben.

Im Fall des Einzugs muss man sich mit der Kooperation von zwei Nutzern mit verschiedenen Ansprüchen auseinandersetzen. Dabei spielt in der Regel die Zugänglichkeit und Barrierefreiheit aber auch die bewusste Möglichkeit zum Rückzug eine Rolle. Oft kann durch Abtrennung eine zweite Wohneinheit gebildet werden.

Im Mietwohnungsbereich wie in Hofheim stellt sich eine solche Aufgabe besonders komplex dar: Einerseits geht es darum, auf die individuellen Interessen der verbleibenden Mieter einzugehen, andererseits ist eine möglichst flexible Lösung im Hinblick auf einen möglichen späteren Mieterwechsel anzustreben.

Reaktion auf einen veränderten Wohnungsmarkt

Eine Motivation für die Änderung des Wohnraums kann gerade bei Mietgebäuden in der Anpassung des Wohnraums auf eine veränderte Marktsituation liegen. Die Analyse über den Bedarf an marktgerechtem Wohnraum kann tiefgreifende Veränderungen auslösen und sie ist in auch bei der Modernisierung in Hofheim ein ausschlaggebender Faktor. So entspricht der sanitäre Standard von unrenovierten Gebäuden, die schon seit 30 oder 40 Jahren genutzt werden, kaum mehr den heutigen Ansprüchen an den Badbereich. Die Kleinteiligkeit von Wohnräumen und Kinderzimmern wird heute stärker vom Mieter kritisiert. Attraktive und renditestarke Mietfläche bietet in der Regel ein großzügigeres Raumgefühl mit z. B. einer flexiblen Verbindung von Küche, Essen und Wohnbereich. Die Zusammenlegung von zwei kleinen Einheiten kann in diesem Fall ein durchaus vernünftiger Schritt hin zu einer marktgerechten Mietfläche sein.

Die damit verbundenen Änderungen stellen in der Regel einen starken Eingriff in die haustechnischen Versorgungs- und Entsorgungssysteme dar. Damit besteht gerade hier eine gute Möglichkeit für die Integration von energieeffizienten Systemen.

Die Reduktionspotentiale einer energetischen Sanierung müssen im Falle der Fremdvermietung jedoch dokumentierbar und erfassbar sein. Durch die Vorgaben des Gesetzgebers, der mit dem Energiepass für eine beginnende Transparenz bei der energetischen Qualität von Mietraum sorgt, wird dieser Aspekt noch mehr in den Fokus geraten.

Für den privaten Bauherren ergeben sich hier leicht verschobene Akzente. Die Ansprüche an einen passenden Wohnraum und dessen Zuschnitt können individueller festgelegt werden, ohne dass die allgemeine Marktsituation beachtet werden muss. Die ökonomischen Vorteile durch eine energetische Sanierung sind hier gleichfalls direkter wirksam, da der Bauherr als Investor direkt von den Energieeinsparungen profitiert. Im vermieteten Wohnungsbestand sind Investor (Vermieter) und Nutzer (Mieter) dagegen nicht identisch, die Frage der Umlage der Modernisierungskosten fordert hier eine größere Aufmerksamkeit.

Instandhaltungsbedarf und Maßnahmenkopplung

Modernisierungsmaßnahmen haben – auch wenn damit in erster Linie eine Veränderung und Verbesserung des Gebäudes beabsichtigt ist – fast immer auch einen anderen Nebeneffekt:

Die Erneuerung der Bauteile und Systeme dient gleichzeitig der Sanierung und der Instandhaltung von bestehenden Gebäudeteilen. Der Aufwand für die Instandhaltung fällt in der Regel sehr unregelmäßig an. Zwar können regelmäßige Prüfungen und Begehungen das Ende der Lebensdauer von Baumaterialien wie Dachabdichtungen besser abschätzbar machen, jedoch können wachsende Risiken nicht ausgeschlossen werden. Irgendwann müssen die eingesetzten Konstruktionen erneuert oder saniert werden. Gerade das Beispiel Flachdach hat in der Vergangenheit zu einem hohen Erhaltungsaufwand geführt, der die Frage nach zeitgemäßen Materialien und Konstruktionen gestellt hat. Aber auch der anstehende Fassadenanstrich hat Potential, die energetische Sanierung des Gebäudes voranzutreiben.

Im Falle der Heizungstechnik sind die Erneuerungszyklen in der Regel deutlich kürzer als bei Maßnahmen an der Gebäudehülle. Fällt die eine oder andere Maßnahme an der Gebäudehülle mit Veränderungen bei der Gebäudetechnik

zusammen, stellt sich fast automatisch die Frage nach einem abgestimmten Konzept, das die Veränderungen in einen sinnvollen Zusammenhang setzt. Wird diese Chance verpasst und die Maßnahmen erfolgen ohne koordinierendes Gesamtkonzept, dann sind Einsparungspotentiale häufig deutlich niedriger als die Summe der einzelnen Maßnahmen. Typisches Beispiel ist der Austausch der Fenster ohne flankierende Dämmung von anderen Außenbauteilen, dessen Einsparungspotential dann enttäuschend gering ist und sogar zu Feuchteproblemen führen kann.

Eine Koordination von Einzelmaßnahmen, deren zeitliche Umsetzung einem Gesamtkonzept folgt, ist in jedem Fall erfolgversprechender als der Austausch und die Instandhaltung von einzelnen Gebäudeteilen nach der Maßgabe der Schadenshäufigkeit.

Die energetischen und bauphysikalischen Zusammenhänge sind in jedem Falle bei einer abschnittswisen Durchführung der Maßnahmen zu beachten. Probleme mit Tauwasserausfall innerhalb von Bauteilen, ineffektiven Dämmmaßnahmen und schlechtem Raumklima gibt es leider genug.

Ökologische Faktoren

Die Sensibilität für die Belastung von Baustoffen mit Wohngiften sowie deren Herkunft und Herstellungsprozess nimmt deutlich zu. Aber auch die Raumluftqualität wird immer häufiger als wichtiger Aspekt für die Wohnqualität genannt. Der Impuls für eine Sanierung kann immer dann zwingend werden, wenn gesundheitliche Aspekte berührt werden. Diese können z. B. durch die unzeitgemäße Beheizung der Wohnräume mit Einzelöfen entstehen, die die Luftqualität innerhalb der Wohnung deutlich belasten können. In anderen Fällen sind ungedämmte Wandkonstruktionen in Verbindung mit ausgeprägten Wärmebrücken der Auslöser, da sie ein ausgesprochenes Potential für die Bildung von Schimmelpilzen besitzen. Hier liegen eine Verbesserung des Dämmstandards und ein angepasstes Konzept für die Raumlüftung auf der Hand. In Hofheim konnte dem durch eine gleichzeitige Erneuerung aller relevanten Bauteile, eine sorgfältige Planung der Anschlüsse zur Vermeidung von Wärmebrücken und den Einsatz von Lüftungsanlagen in zwei der Gebäude Rechnung getragen werden.

Bei der Sanierung selbst können jedoch noch weitergehende ökologische Faktoren berücksichtigt werden: Stellvertretend sind hier die Energiebilanzen zur Herstellung bestimmter Baustoffe, die Belastung mit Schadstoffen und die

Herkunft aus nachwachsenden Rohstoffen genannt. Gerade bei der konkreten Auswahl von Baustoffen wie z. B. Dämmmaterialien ist eine wachsende Sensibilität festzustellen.

Ein Aspekt bei dem die ökologische Bewertung eine zentrale Bedeutung hat, liegt in der Bilanzierungsmethodik der Energieeinsparverordnung [EnEV]. Der Primärenergieverbrauch definiert einen Grenzwert für den Einsatz von fossilen Energieträgern die pro Quadratmeter und Jahr für Heizung und Warmwasser verbraucht werden. Öl- und Gasverbrauch werden daher in der Bilanz deutlich schlechter bewertet als regenerative Energieträger wie Holz oder Geothermie. Unabhängig von den Verbrauchskosten, die jedem Nutzer entstehen, erfolgt damit eine ökologische Bewertung des Energieverbrauchs.

FAZIT

Die Motivation für eine Sanierung und Modernisierung von Wohngebäuden kann vielfältig sein und in eine weitgehende Änderung der baulichen Gegebenheiten münden. Vieles spricht für die umfassende Modernisierung der Gebäude hin zu einer individuell passenden, zeitgemäßen Lösung, die eine langfristige Zufriedenheit erreichen soll. Dabei ist das Erreichen eines guten energetischen Standards ein angemessenes Leitmotiv. Einsparungen von 50 – 80% bei Energieverbrauch und -kosten sind hier durchaus möglich. Bei der Beschäftigung des

Spielt der Eigentümer schon länger mit dem Gedanken, den Ausblick in den Garten zu verbessern, so kann bei den anstehenden Arbeiten zur Fassadendämmung diese Fenstervergrößerung mit deutlich weniger Aufwand durchgeführt werden. Arbeiten wie Gerüststellung + Außenputzarbeiten werden in jedem Fall ausgeführt.

Bauherrn mit diesem Thema sollten aber auch die weiteren Aspekte, die die Qualität eines Wohngebäudes ausmachen, nicht vernachlässigt werden. Die Chance für die Anpassung des Wohnraums an aktuelle Anforderungen bei einer Veränderung des Gebäudes sollte in jedem Fall bedacht werden. Bei einer Nutzungsdauer vieler Bauteile von über 30 Jahren sollten diese Investitionen durchdacht sein. Effiziente und zeitgemäße Lösungen sind im Rahmen einer gut durchdachten Strategie möglich. Die entstehenden Gesamtkosten für die Durchführung aufeinander abgestimmter Maßnahmen sind häufig deutlich niedriger als die Durchführung von zeitlich unkoordinierten Teilleistungen am Gebäude.

Hofheim Wilhelmstraße

- Konzepte für ein umfassendes Modernisierungsvorhaben

Das Projekt Wilhelmstraße begann im Jahr Februar 2003 mit ersten Gedanken zu einem Sanierungskonzept. Schon damals wurde schnell klar, dass Einzelmaßnahmen zur Sanierung oder Instandhaltung bei den drei Wohngebäuden für einen langfristigen Erfolg kaum ausreichen. Eine Fassadensanierung wurde schon in den 80er Jahren durchgeführt, überraschenderweise hatte diese aber nur wenig Erfolg bei der Reduzierung des Heizwärmeverbrauchs gebracht. Der Ersatz von Fenstern und eine Dämmung von 5 cm an den Außenwänden hatten nichts an dem Umstand geändert, dass die Häuser der Wilhelmstraße 35-39 Spitzenreiter bei den energiebedingten Nebenkosten im Wohnungsbestand der Hofheimer Wohnungsbau GmbH waren.

Aufgrund der Gleichartigkeit der Gebäude in Orientierung, Zuschnitt und Bauzustand entstand die Idee einer vergleichenden Studie von drei unterschiedlichen Sanierungsstandards, die unterschiedlich ambitionierte Einsparungsziele repräsentieren sollten.

Eine Übertragbarkeit auf vergleichbare Gebäude ist ausdrücklich erwünscht. Die Größe der Gebäude kommt diesem Aspekt zugute: Die Wohnhäuser liegen mit 140 qm Mietfläche im Bereich von üblichen kleineren Mietobjekten, entsprechen aber auch gängigen freistehenden Einfamilienhäusern. Ergebnisse aus dem Vergleich können also gut auf eine breite Basis von Bestandsgebäuden übertragen werden.

Schnell wurde klar, dass der technische Schwerpunkt für eine vorbildliche energetische Sanierung ein Aspekt der Gesamtmaßnahmen war, dass aber gerade die umfassende Veränderung des Gebäudes auch ein erhebliches Potential für eine umfassende Neugestaltung ermöglichte.

Die Chance zur Neubewertung von Wohnqualität, Optimierung der Wirtschaftlichkeit, Veränderung der internen Organisation wurde in den ersten Schritten der Planung intensiv betrachtet.

STÄDTEBAULICHE ASPEKTE

Bei der Beschäftigung mit älterem Gebäudebestand ist eine Information über die historische Entwicklung des Ortes, insbesondere auch der Stadtentwicklung, immer ratsam. Diese Grundlagenermittlung gibt einen Einblick in die Veränderung der näheren Umgebung sowie der historischen Faktoren, die auf das Gebäude eingewirkt haben.

Im Fall der Wilhelmstraße hat man es mit den ersten Wohngebäuden an einer Ausfallstraße von Hofheim am Anfang des 20sten Jahrhunderts zu tun. Das Stadtgebiet war um 1920 noch stark an den historischen Ortskern angegliedert. Historische Fotos von Hofheim zeigen in diesem Teil eine weitgehend unbebaute Situation. Hofheim ist zu dieser Zeit eine Stadt mit ca. 7.000 Einwohnern [2007: 38.346 Einwohner].



Abbildung 5: Ausschnitt Stadtplan Hofheim

An der Veränderung der Einwohnerzahlen erkennt man die Dynamik des Stadtentwicklungsprozesses, der auch diesen Teil der Wilhelmstraße erfasste. Heute kann die städtebauliche Situation eher als Randlage der Kernstadt beschrieben werden, die durch kurze Wege zur Innenstadt gekennzeichnet ist und ihrem Charakter nach eher städtisch ist. Gleichzeitig entsteht durch die städtebauliche Entwicklung eine wachsende Verdichtung im Quartiersbereich, die Verkehrsbelastung nimmt zu und die Wohnqualität ab. Eine weiträumige Ortsumgebung übernimmt seit einiger Zeit den Fernverkehr um Hofheim herum, so dass die Wilhelmstraße die Funktion einer Verbindungsstraße in den nahegelegenen Taunus verloren hat.

Das Potential des Standorts ist also nicht zu übersehen:

- Eine gute Anbindung zum Stadtkern und zu den Verkehrsverbindungen der Stadt Hofheim.
- Eine offene straßenbegleitende Bebauung mit einem durchgrüntem Innenbereich des Quartiers, der frei von Verkehrsbelastung ist.

- Die günstige Lage zu benachbarten Grünflächen im Stadtgebiet um den nahegelegenen Schwarzbach.

Diese günstigen Lagefaktoren lassen eine langfristige Investition in diesen Standort attraktiv erscheinen. Eine Analyse der baulichen Nutzung zeigt noch einen weiteren Vorteil der Sanierung gegenüber einer Neubebauung: Durch die Unterschreitung der heute gültigen Abstandsflächen, die sich aus dem Baurecht ergeben, entsteht im bebaubaren Grundstücksbereich eine hohe Ausnutzung des Grundstücks. Eine neue Bebauung führt also nicht unbedingt zu einer größeren Mietfläche, zumal durch den Bestandsschutz der vorhandenen Bebauung keine Stellplätze auf dem Grundstück nachgewiesen werden müssen.

Unter Berücksichtigung dieser Faktoren ist die Sanierung der vorhandenen Gebäude also auch in wirtschaftlicher Hinsicht positiv einzuschätzen.

Im zweiten Teil der Konzepterstellung erfolgt dann die eigentliche Analyse der Bestandsgebäude. Der Schwerpunkt liegt hier auf der Bewertung des vorhandenen Wohnraums, seiner Potentiale und Optimierungsmöglichkeiten.

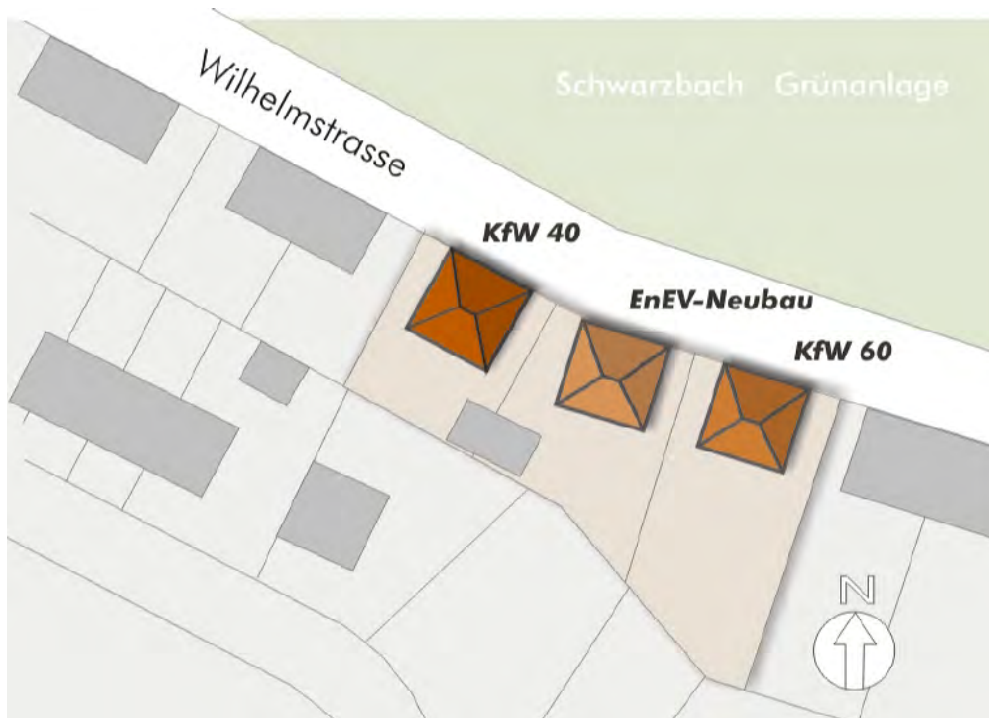


Abbildung 6: Lageplan Wilhelmstraße

ERWEITERUNG UND AUFSTOCKUNG

Die Bestandsdaten der Hofheimer Wohnungsbau GmbH zeigen die Struktur der Mietflächen vor der Sanierung:

- Jeweils eine Mieteinheit pro Geschoss mit einer Mietfläche von 70 qm.
- Der Wohnungszuschnitt ist mit drei relativ gleichgroßen Wohnräumen von 15 – 19 qm, einer Küche von 11 qm und relativ kleinen Sanitärräumen im Zuschnitt trotzdem zeitgemäß und für verschiedene Mietergruppen variabel nutzbar.
- Die Kellergeschosse werden als Lager- und Nebenräume genutzt.
- Das Dachgeschoss ist auf eine einfache Art ausgebaut, jedoch ohne Berücksichtigung als anrechenbare vermietete Fläche. Der nachträgliche Ausbau durch die Mieter findet mit einfachen ungedämmten Konstruktionen statt, die nur eine begrenzte Nutzung in der Heizperiode zulassen. Die Erschließung des Dachgeschosses erfolgt durch eine vollwertige Geschosstreppe, deren Laubbreite und Steigungsverhältnis auch für die Erschließung weiterer Wohnflächen genutzt werden kann.

In den ersten Konzeptionen wird die Möglichkeit für den Ausbau des vorhandenen Dachgeschosses untersucht. Die Erweiterung der Mietflächen um eine zusätzliche Wohnung wird verworfen, weil der Zuschnitt durch das vorhandene Walmdach nur eine Kleinstwohnung ergeben würde.

Durch das Baurecht wird dieser Lösungsansatz gänzlich unattraktiv. Der Bestandschutz für das vorhandene Gebäude geht durch die Ergänzung einer Wohnung in weitem Umfang verloren, es wären umfangreiche Nachrüstungen im Bereich des Brandschutzes für dann drei Wohnungen notwendig geworden. Zusätzlich ist der Nachweis der erforderlichen Kfz-Stellplätze aufgrund der engen Grundstückssituation an der Straße nicht wirtschaftlich möglich.

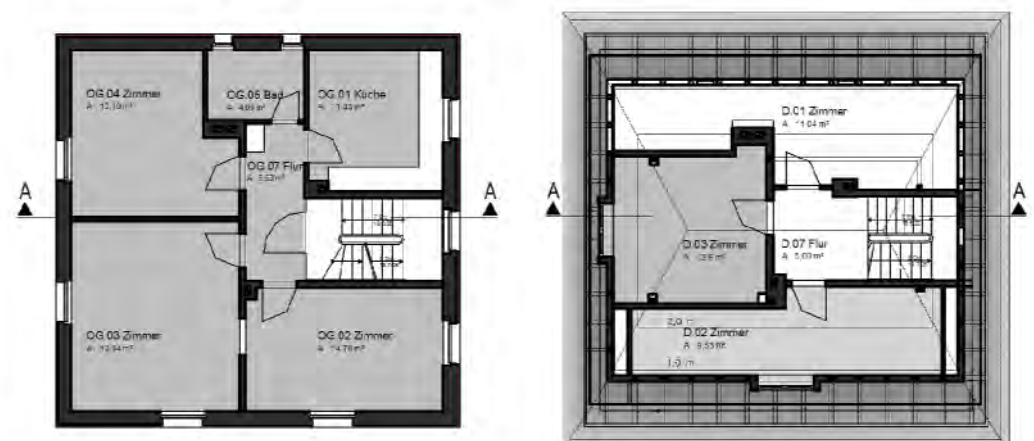


Abbildung 7: Grundriss Ober- und Dachgeschoss [Bestand]

Der alternative Lösungsansatz, die Ausbaufäche im Dachgeschoss der Wohnung im Obergeschoss zuzuordnen, bietet die Möglichkeit, in Verbindung mit der darunterliegenden Wohnung eine attraktive Maisonettewohnung auszubilden. Gleichzeitig entsteht ein differenzierteres Mietangebot mit verschiedenen Wohnungsgrößen.

Die vorhandene Erschließungstreppe kann kostensparend integriert werden, da durch eine zusätzliche Trennwand im Treppenauge eine interne Wohnungstreppe entsteht.

So entsteht in den beiden oberen Geschossen der Häuser 35 und 39 eine 5-Zimmer-Wohnung mit ca. 125 qm Mietfläche, einem großzügigen Wohn- und Esszimmerbereich, Schlaf- und Kinderzimmer im Dachgeschoss sowie zwei Sanitärbereichen.

Die Vorzüge bei der wirtschaftlichen Nutzung des Gebäudes, die Mischung von zwei verschiedenen Wohnungstypen und deren zeitgemäße Aufteilung waren ausschlaggebende Gründe für die Weiterverfolgung der Variante „Maisonnette“.

INNERE NEUORGANISATION

Ursprünglich orientierten sich die bestehenden Wohnungen zur Wilhelmstraße, die auf der Nordseite des Gebäudes liegt. Hier befanden sich zwei von drei Wohnräumen. Die damit verbundene schlechte Belichtungssituation und die vorhandene Verkehrsbelastung minderten die Wohnqualität. Die funktionalen Bereiche wie Küche und Bad lagen auf der Südseite des Gebäudes. Hier waren nur kleinformative Fenster für den Badbereich vorhanden. Sie übernahmen eher die Funktion der Belüftung als die einer ausreichenden Belichtung. Im Ergebnis war der nach Süden orientierte Gartenbereich kaum erlebbar und der Freibereich nur über das allgemeine Treppenhaus erreichbar.

Kurz gesagt, der bestehende Grundriss hatte eine falsche und unpassende Orientierung zu den Himmelsrichtungen. Er nutzte nicht die besonderen Qualitäten der Quartiersinnenbereiche, die als ruhige Gartenbereiche vorhanden sind.

Der Zuschnitt der Erdgeschosswohnung bleibt im neuen Konzept zwar fast unverändert, jedoch ändert sich die Belichtung durch neue Öffnungen umfassend. Nach Süden werden großformatige Fenster vorgesehen, die gleichzeitig als Zugang für die neuen vorgestellten Loggien dienen. Damit ist endlich eine gute Belichtung und Blickbeziehung zum Außenraum möglich. Die funktionale Zuordnung der Räume ändert sich dadurch fast automatisch: War der Südraum -als Schlafzimmer- ein bisher eher schlecht belichteter Raum, dessen Fenster hauptsächlich zum Nachbarn orientiert war, entsteht jetzt eine helle freundliche Atmosphäre, die eine Nutzung als Wohnzimmer ermöglicht.



Abbildung 8: Grundriss Ober- und Dachgeschoss [Neuplanung]

Die geplanten Eingriffe für die Maisonnettewohnung sind umfassender. Die Obergeschossebene -als untere Ebene der Maisonnettewohnung- wird durch verbindende großzügige Türöffnungen größer und besser nutzbar. Die Kopplung der Räume ermöglicht einen Wohnraum in voller Gebäudetiefe. Mit einem zusätzlichen Fenster in der Südfassade kann auch hier die Belichtung deutlich verbessert werden, so dass auch der nördliche Raumbereich wesentlich von der Umstrukturierung profitieren kann. Durch die wohnungsinterne Treppe wird das Dachgeschoss erschlossen, das zwei Individualräume und ein zentrales Bad enthält. Die Ausnutzung des Daches wird zusätzlich durch den Einbau neuer Gauben verbessert, so dass der Anteil der Dachschrägen stark reduziert werden kann.

In der Summe wird eine Ausnutzung von fast 75% des darunterliegenden Geschosses erreicht. Damit ist auch baurechtlich die maximale Ausnutzung des vorhandenen Baukörpers erreicht. Darüber hinaus gehende Flächenzuwächse würden die Anzahl der Vollgeschosse erhöhen. Die damit verbundenen Auflagen sind in ihren Anforderungen an Fluchtwege und brandschützende Verkleidungen erheblich.

Zusätzlich ist aufgrund der umgebenden zweigeschossigen Bebauung eine Erhöhung der Ausnutzung nicht genehmigungsfähig, da der Charakter des Quartiers wesentlich verändert werden würde.

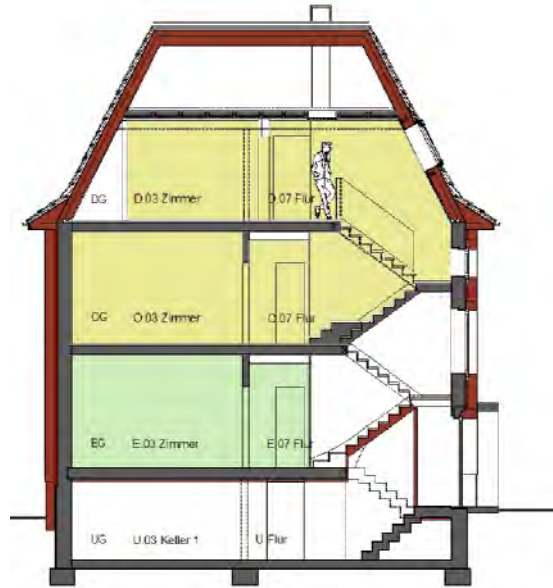


Abbildung 9: Querschnitt Wohnungsaufteilung

GRUNDRISSOPTIMIERUNG

Durch die Umnutzung der vorhandenen Erschließungstreppe zur internen Treppe konnte die allgemeine Erschließungsfläche deutlich minimiert werden. Die Verlegung des zentralen Badezimmers in das Dachgeschoss ermöglicht die Reduzierung des ehemaligen Sanitärbereichs auf die Abmessungen eines WC. Die Flächen werden dem Essbereich zugeschlagen, der dadurch großzügiger gestaltet werden kann.



Abbildung 10: Ausschnitt Grundriss Obergeschoss

FAZIT

Um eine langfristige Attraktivität für die Mietwohnungen zu erhalten, wurde bei den Gebäuden in der Wilhelmstraße eine weitreichende Änderung der Grundrisse und der Wohnungszuschnitte vorgenommen. So ergibt sich ein variables Angebot an Mietraum, der den heutigen Anforderungen entspricht und eine langfristige Vermietbarkeit erwarten lässt. In Verbindung mit der attraktiven zentrumsnahen Lage bei gleichzeitigem Anschluss an wohnungsnaher Grünbereiche können die Mieterträge deutlich gesteigert werden.

Aus Sicht der Mieter wird durch die hohen Energiesparstandards eine deutliche Reduktion der Energiekosten erreicht.

Durch die Verbindung mit dem anspruchsvollen energetischen Konzept, das im folgenden Abschnitt vorgestellt wird, entsteht ein Wohnraum mit überdurchschnittlicher Attraktivität.

Hofheim Wilhelmstraße - Energetische Konzepte

Die Gleichartigkeit der Gebäude Wilhelmstraße 35-39 gab den Anlass für die vergleichende Studie von drei verschiedenen Sanierungsstandards, die die Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes im Bereich der Gebäudehülle und eine effiziente Heizwärmeversorgung für die Beheizung und die Trinkwassererwärmung beinhaltet.

Die drei unterschiedlichen Standards sind zum einen auf Basis des Primärenergieverbrauchs, also des Verbrauchs von fossilen, nicht erneuerbaren Energieträgern bewertet, zum anderen auf Basis der Qualität der gedämmten Gebäudehülle. Im Einzelnen sind die Standards vorab so festgelegt worden:

KENNWERTE	Wilhelmstraße 37 EnEV-Neubau	Wilhelmstraße 35 Energiesparhaus 60	Wilhelmstraße 39 Energiesparhaus 40
Wohnfläche in qm	190	182	190
Gebäudenutzfläche A_N nach EnEV in qm	262	271	273
AV Verhältnis qm/cbm	0,65	0,64	0,64
Primärenergiebedarf Q_p in kWh / m ² a	107	60	40
spezifischer Transmissionswärmeverbrauch HT' in W / m ² K	0,531	0,375 [30 % unter EnEV]	0,295 [45 % unter EnEV]

Damit erreicht der schlechteste Sanierungsstandard immer noch das gesetzlich geforderte Niveau eines Neubauwohngebäudes, die besseren Standards unterschreiten diese Anforderungen um bis zu 60% beim Primärenergieverbrauch und um bis zu 45 % beim Dämmstandard der Gebäudehülle.

Die gewählten Standards berücksichtigen auch die Fördermaßnahmen der KfW-Bankengruppe, die mit entsprechenden Darlehen und Zuschüssen die maßgeblichen Instrumente der finanziellen Förderung definieren. Hier markiert der „EnEV-Neubaustandard“ den Einstieg in attraktive Förderprogramme bei der Bestandsmodernisierung, die Standards „Energiesparhaus [ESH] 60“ und der

ehrgeizige Standard „Energiesparhaus 40“ kommen bei der Förderung besonders energieeffizienter Neubauten zum Tragen. Die einzelnen Bausteine dieses energetischen Sanierungsstandards sind in der folgenden Tabelle aufgeführt. Sie berücksichtigen die Idee einer umfassenden, möglichst lückenlosen Dämmung der beheizten Gebäudehülle:

Steildach und Gauben

- Zwischen- und Aufsparrendämmung des Steildachs und der Gauben
- Luftdichtheitskonzept
- Minimierung der Wärmebrücken

Außenwand und -fenster

- Aufbringen eines neuen Wärmedämmverbundsystems auf die vorhandene Dämmung.
- Einbau neuer 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung
- Straßenfassade als Sonderelement mit Vakuumdämmung und Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung
- Luftdichtheitskonzept
- Minimierung der Wärmebrücken

Kellerdecke

- zusätzliche Dämmung an der Kellerdecke
- Konzept für Kellerabgang und Zugangstür in den ungeheizten Keller
- Luftdichtheitskonzept

Haustechnisches Konzept

- Wärmeversorgungskonzept
- Einsatz von regenerativen Energieträgern
- Heizwärmeversorgung
- Trinkwasserversorgung

DER OBERE ABSCHLUSS: STEILDACH UND GAUBEN WILHELMSTRAÙE

- Zwischen- und Aufsparrendämmung
- Dämmstoffstärken zwischen 18 cm (EnEV) und 30 cm (ESH 40)

Die zugrundeliegende Bestandsanalyse beschäftigt sich nicht nur mit der energetischen Qualität aller drei Häuser sondern auch mit dem Zustand und der konstruktiven Bewertung der vorhandenen Konstruktionen.

Die Berechnung der statischen Leistungsfähigkeit des vorhandenen Walmdachs, seiner Konstruktion sowie der Aussteifung ergab eine eindeutige Unterdimen-



Abbildung 11: Abrissarbeiten Dachstuhl

sionierung sämtlicher konstruktiver Bauteile wie Sparren und Pfetten. Die vorhandenen Lasten und die zusätzlich zu erwartenden Mehrlasten aus den Dämmmaßnahmen waren mit der vorhandenen Konstruktion in keinem Fall zu bewältigen. Der Einbau von zusätzlichen Gauben wäre durch den veränderten Lastabtrag innerhalb der bestehenden Konstruktion nur sehr aufwendig möglich gewesen, wesentliche Teile des Dachbereichs hätten eine verminderte Raumhöhe besessen.

Die Situation ist für ältere Gebäude nicht untypisch, denn einerseits sind die Vorgaben für statische Nachweise in der Vergangenheit mehrfach verändert worden, wie z. B. die differenziertere Berücksichtigung von Wind- und Schneelasten heutzutage, andererseits sind ältere Tragkonstruktionen oft als sehr minimierte Konstruktionen ausgeführt worden, die nach dem aktuellen Stand der Technik nicht mehr ausreichend dimensioniert sind.

Es bestehen zwei Möglichkeiten für eine Verbesserung der Tragfähigkeit:

- Aufrüstung und Verbesserung der konstruktiven Querschnitte
- Abriss und Aufrichten eines neuen Dachstuhls nach den heute gültigen Lastannahmen

Die Kalkulation der notwendigen statischen Verbesserungen für den vorhandenen Dachstuhl ergeben letztlich höhere Baukosten für diesen Sanierungsteil als der Abriss und das Neuaufrichten des Dachstuhls. So ist z.B. die Erhöhung des tragenden Sparrenquerschnitts durch eine konstruktive Aufdoppelung besonders aufwendig. Hier hätten besondere Verbindungsmittel zwischen Altsparren und der neuen Aufdoppelung in einem engen Abstand montiert werden müssen um eine ausreichende Tragfähigkeit zu erzielen. Alternativ ist das Beilegen eines neuen Sparrens möglich, dessen Montageaufwand bei einem vorhandenen Dachstuhl allerdings höher ist als das Neuaufrichten. Zusätzlich ist in diesem Fall noch der Holzanteil höher und damit der Anteil an Wärmedämmung im Gesamtdach niedriger.



Abbildung 12: Neue Dachkonstruktion

Alle drei Häuser werden daher konstruktiv mit einem neuen identischen Dachstuhl und identischer Gaubenkonstruktion ausgebildet. Die statisch relevanten Maximallasten werden aus dem am besten gedämmten Dachaufbau ermittelt, die großen Gauben auf Nord- und Südseite berücksichtigt und die Abstimmung der Stützenstellungen auf den neuen Grundriss koordiniert. Durch die Neukonstruktion kann eine weitgehende Optimierung dieser einzelnen Aspekte erzielt werden.

Die drei Energiestandards für die Gebäude werden durch unterschiedliche Dämmstärken im Dach variiert. Da das Dach als Holzkonstruktion ein wärmetechnisch inhomogenes Bauteil ist, bei dem sich der Sparren als Vollholzquerschnitt energetisch schlechter verhält als die gewählte Wärmedämmung, werden die verschiedenen Standards durch eine angepasste

Aufsparrendämmung variiert. Zusätzlich entschärft diese durchgehende Dämmschicht die Wärmebrückenwirkung der Holzsparren. Die Aufsparrendämmung mit einer Wärmeleitfähigkeit $\lambda=0,05 \text{ W/mK}$ [WLG 050] wird dem jeweiligen Energiestandard entsprechend mit einer Dicke von 2-14 cm eingebaut. Zwischen den Sparren wird mit Mineralwolle WLG035 gedämmt.

DACH	Wilhelmstraße 37 EnEV-Neubau	Wilhelmstraße 35 Energiesparhaus 60	Wilhelmstraße 39 Energiesparhaus 40
Gesamtfläche Dach[m ²]	110,5	110,5	111,6
Konstruktionsaufbau	160mm Sparren mit Vollsparrendämmung Mineralwolle WLG 035, 25mm Aufsparrendämmung	160mm Sparren mit Vollsparrendämmung Mineralwolle WLG 035, 80mm Aufsparrendämmung	160mm Sparren mit Vollsparrendämmung Mineralwolle WLG 035, 140mm Aufsparrendämmung
U-Wert der Gesamtkonstruktion [W / m ² K]	0,272	0,203	0,162

Bei der Ausführung sind die Verarbeitungsrichtlinien und zugelassenen Dämmstärken für eine Aufsparrendämmung besonders zu beachten.

Hier ist vor allem der Verbindung zwischen Dämmplatte und Dachtragwerk besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Die Zulassung der Dämmplatten schreibt in der Regel eine bestimmte Verbindungstechnik vor, die bis zur genauen Festlegung der Vernagelung [Typ / Länge / Einschlagwinkel] geht.

Da die Dämmplatte in der Schichtenfolge nach außen auch die Dachlatten und die Eindeckung hält, ist ein schubfester Verbund unerlässlich. Ein Konzept für

die wind- und dampfdichten Ebenen wird ausgearbeitet, dieses Konzept sollte in jedem Fall die wesentlichen Details und notwendigen Materialien wie Folien, Klebebänder und deren Verbindungstechniken dokumentieren.



Abbildung 13: Aufsparrendämmung

Steildach - Alternative Konstruktionsmöglichkeiten:

Die Entscheidung für die neue Konstruktion des Steildaches wurde bei den Häusern der Wilhelmstraße im Wesentlichen aus statischen, finanziellen und funktionalen Gründen gewählt. Für

die Sanierung eines bestehenden Daches sind aber durchaus auch andere Konstruktionen möglich. In jedem Fall sollte die statische Leistungsfähigkeit einer vorhandenen Konstruktion untersucht werden. Hier kann ein Lastvergleich zwischen der vorhandenen Konstruktion inkl. Eindeckung und einem neuen Dachaufbau eine erste Einschätzung über die statischen Folge- und Ertüchtigungsmaßnahmen am vorhandenen Dachstuhl geben. Als alternative Konstruktionen für die Sanierung sind folgende Konstruktionen denkbar:

Praxistipp: Steildach

- o Abklebungen an Stößen und Anschlüssen müssen vor Montage der Konterlattung erfolgen, um ein lückenloses und einwandfreies Ergebnis zu erzielen*
- o Stöße und Anschlüsse an angrenzende Bauteile sind dicht auszuführen und müssen sorgfältig geprüft werden.*
- o Vor Ausführung der Dachdeckung muss das Unterdach gereinigt von Holzspänen, Schrauben, Blechresten, etc. werden. Eine Kontrolle im Bereich der Insektengitter (z.B. Traufbereich) empfiehlt sich vor Gerüstabbau.*

Aufsparrendämmung

Die reine Aufsparrendämmung kommt dem Ideal einer homogenen Dämmschicht im Dach sehr nahe. Konstruktionen aus Holzwerkstoffplatten sowie vorgefertigte Dämmplatten aus Schaummaterialien sind hier am Markt erhältlich. Sie können in Verbindung mit einer geeigneten Eindeckung ein vergleichbares Eigengewicht wie eine vorhandene Eindeckung besitzen. Der einfachen Verlegung auf den vorhandenen

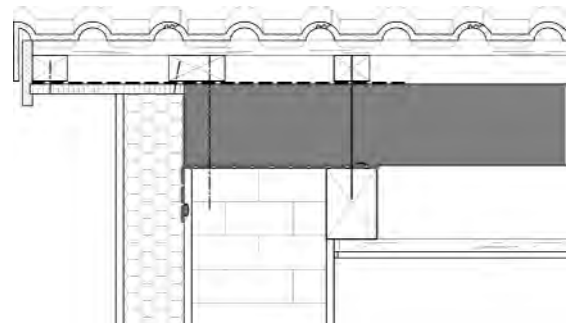


Abbildung 14: Aufsparrendämmung Prinzip

Sparren stehen die erheblichen Veränderungen an den Dachrändern wie Ortgang und Traufe gegenüber. Durch das „Anheben“ des Daches um die Dämmstoffstärke verändert sich die Geometrie des Daches. Auch die Einbindung von vorhandenen Gauben ist in diesem Fall schwierig, da sich die Brüstungshöhe der Gaubenfenster maßgeblich verändern kann. Dies kann z. B.

bei einer benachbarten Bebauung problematisch sein. Die bauphysikalische und feuchtetechnische Bewertung sollte auf jeden Fall –insbesondere für die Dachränder- erfolgen. Die Ausführung der dampf- und winddichten Ebene muss bei dieser Konstruktion noch sorgfältiger beachtet werden.

Zwischensparrendämmung bei vorhandenem Tragwerk

Eine weitere Variante zur Verbesserung des Wärmeschutzes ist die Zwischensparrendämmung, die in die Gefache eines vorhandenen Dachtragwerks eingelegt wird. Dies ist vor allem bei einer Sanierung im vermieteten Zustand oft unumgänglich.

Bei der Erhaltung der inneren Bekleidung muss hier auf eine bauphysikalische Besonderheit geachtet werden: Der Einbau einer Dampfbremse ist in diesem Falle nicht durchgehend unterhalb der Dämmschicht und der vorhandenen Sparren möglich. Hier muss in jedem Fall auf den Einbau von geeigneten adaptiven Folien geachtet werden, die für diese besonderen Einbaubedingungen optimiert wurden. Es besteht ansonsten die Gefahr von Tauwasserausfall innerhalb dieser Konstruktion, die letztlich auch die Tragkonstruktion erheblich schädigen kann. Eine entsprechende planerische Sorgfalt ist hier unerlässlich.

Die Konstruktion kann dann, wie bei den Gebäuden der Wilhelmstraße, mit einer Aufsparrendämmung ergänzt werden. Gegenüber der reinen Aufsparrendämmung ist die Veränderung an Dachrändern oder schon vorhandenen Dachgauben nicht so erheblich.

Dachdeckung

Das äußere Erscheinungsbild der ehemaligen Dächer und insbesondere die Dachform sollten bei den Gebäuden der Wilhelmstraße erhalten bleiben. Durch die unterschiedlichen Stärken der Aufsparrendämmung ergeben sich jedoch unterschiedliche Außenabmessungen des Daches. Durch die entsprechende Wahl der Dachziegel und Koordinierung von Deckmaß und Dachüberstand kann eine umlaufende einheitliche Dachform bei allen drei Häusern erzielt werden.

Aufgrund der Marktvielfalt muss gerade im Rahmen der Angebotsauswertung und bei der späteren endgültigen Festlegung der verwendeten Materialien mit dem ausführenden Handwerksbetrieb auf eine Einhaltung dieser Kriterien geachtet werden, da ansonsten mit vielen Anschnitten und ergänzenden Spenglerarbeiten gerechnet werden muss.

AUSSENWAND

- Neues, zusätzliches Wärmedämmverbundsystem
- Dämmstoffstärken zwischen 9 cm (EnEV) und 25 cm (ESH 40)
- Austausch der vorhandenen Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung

Bei der Bestandsanalyse vor Ort zeigten sich einige Überraschungen im Bauteilaufbau. So ist das vorhandene Außenmauerwerk entgegen der Bestandsunterlagen zweischalig ausgebildet. Die Wandstärke wird nicht durch ein 30cm starkes monolithisches Mauerwerk gebildet, sondern durch zwei

tragende 11,5er Wände mit dazwischen liegender Luftschicht. Diese beiden Wandscheiben sind durch 30 cm lange Bindersteine punktuell ca. 5-mal pro Quadratmeter miteinander verbunden. Diese Art der Konstruktion ist im gesamten Erd- und Obergeschoss vorhanden, nur die Kelleraußenwände sind konventionell als einschaliges Mauerwerk hergestellt. Die Holzbalkendecke liegt im konstruktiven Sinne nur auf der Innenschale auf. Die Zweischaligkeit bringt Besonderheiten mit, die das Sanierungsvorhaben erschweren:



Abbildung 15: Doppelschaliges Mauerwerk im Bestand

- Die statische Lastabtragung verhält sich anders als in einem monolithischen Mauerwerk. Dies ist auch für die Montage des Fassaden-Sonderelementes auf der Straßenseite bedeutsam, die im folgenden Kapitel beschrieben wird.
- Die Installation von zusätzlichen Heizungs- und Elektroinstallationen muss überdacht werden. Aufgrund der geringen Stärke der Innenschale, die ja im Wesentlichen die Decken trägt, musste auf zusätzliche Schlitze weitestgehend verzichtet werden, da sie die Tragfähigkeit herabsetzen.
- Öffnungen in der Innenschale bzw. Außenschale sind durch die Luftschicht miteinander verbunden, d.h. jede Undichtigkeit in den beiden Schalen der

Außenwand macht sich über die gesamte Außenwand bemerkbar.

Steck- und Schalterdosen werden vollständig eingegipst, um Öffnungen zwischen Innenraum und Luftzwischenraum zu vermeiden. Da man die Undichtigkeiten in den vorhandenen Wänden nur schwer lokalisieren kann, muss die luftdichte Ebene außen umso sorgfältiger ausgeführt werden.

- Die innere Luftschicht ist über beide Geschosse miteinander verbunden. Temperaturdifferenzen in dieser Luftschicht führen zu Luftzirkulation im Zwischenraum, die auch Feuchte transportieren kann.

Nach Ablösen der alten Wandbeläge zeigte sich darüber hinaus der schlechte Zustand der Innenputzflächen. Sie waren in weiten Teilen schadhafte, der Putz neigte darüber hinaus zur Sandung. Durch die einzuhaltenden Trocknungszeiten ergaben sich bei der Sanierung der Innenräume zeitliche Verzögerungen, da die Arbeiten in den bewohnten Bereichen nur raumweise erfolgen konnten.

AUSSENWAND	Wilhelmstraße 37 EnEV-Neubau	Wilhelmstraße 35 Energiesparhaus 60	Wilhelmstraße 39 Energiesparhaus 40
Gesamtfläche Außenwand [m ²]	163,1	160,25	161,8
Konstruktionsaufbau	vorhandener Wandaufbau + 4 cm WDVS mit WLG 035	vorhandener Wand- aufbau + 16 cm WDVS mit WLG 035	vorhandener Wand- aufbau + 20 cm WDVS mit WLG 035
U-Wert der Gesamt konstruktion [W / m ² K]	0,41	0,166	0,14

Nach Fertigstellung aller Dach- und Gaubenarbeiten werden die Arbeiten zum Anbringen des Wärmedämmverbundsystems (WDVS) begonnen. Da alle drei



Gebäude bereits eine Wärmedämmung aus den 80er Jahren von 5 cm Stärke besitzen, muss die Befestigung für zusätzliche Dämmschichten durch die alte Dämmschicht bis in das dahinterliegende Mauerwerk erfolgen. Ein reines Verkleben der neuen Dämmung auf die alten Dämm-

Abbildung 16: Zusätzliche Außenwanddämmung

schichten ist für eine dauerhafte Befestigung zu riskant. Für die unterschiedlichen Energiestandards ergeben sich unterschiedliche Dimensionen des WDVS. Eingesetzt werden Dämmplatten aus expandiertem Polystyrolschaum (EPS).

Durch die Anforderungen des Brandschutzes müssen -ab einer Dämmstärke über 10 cm an der Außenwand- unbrennbare Materialien im Bereich der Fenster benutzt werden. Zum Zeitpunkt der Ausführung lagen diese Dämmmaterialien [Hochkant-Steinwollelamellen] nur mit einer Wärmeleitfähigkeit von $0,40 \text{ W / m}^2 \text{ K}$ vor. Da ansonsten Dämmmaterial mit einer verbesserten Wärmeleitfähigkeit von $0,35 \text{ W / m}^2 \text{ K}$ zum Einsatz kommt, ergeben sich hier Inhomogenitäten, die jedoch in den nachträglichen Thermographieaufnahmen nach Abschluss des Sanierungsprojektes nicht zu erkennen sind.

Im Dachbereich ist das Wärmedämmverbundsystem stumpf mit einem vorkomprimierten Dichtband an die umlaufende glatte Dachuntersicht gestoßen. Zur Reduzierung der Wärmebrücke ist die Dachuntersicht mit einer Unterdeckplatte WLG 050 bekleidet. Der verbleibende Raum zwischen den Aufschieblingen der Dachkonstruktion wird komplett mit Mineralwolle ausgedämmt, so daß die gedämmte Außenhülle ohne Unterbrechung von der Fassade über den Dachrand zur Dachebene verläuft.

Praxistipp: Qualitätskontrolle

Wärmedämmverbundsystem

Das WDVS nimmt in der Regel den größten Hüllflächenanteil ein und bietet ein hohes Fehlerpotential in der Ausführung, insbesondere an sämtlichen Anschlüssen. Mit der Armierung der gedämmten Fassade sollte erst nach erfolgreicher Abnahme der Dämmarbeiten begonnen werden:

- o Im Anschluss der Fassaden-Dämmung unterseitig an das Steildach ist darauf zu achten, dass die Dämmung der Dachneigung bzw. den Sparren angepasst ist und der Anschluss mit Anputzleiste bzw. vorkomprimiertem Dichtband erfolgt.*
- o An den Fensterlaibungen muss die Dämmung dicht an Blendrahmen und Fensterbank herangeführt werden. Anputzleisten bzw. Dichtbänder müssen sorgfältig ausgeführt sein. Beim seitlichen Anschluss an die Fensterbank wird oft die Temperaturdehnung des verwendeten Werkstoffes, z.B. Aluminium (bei 70 Kelvin Temperaturdifferenz dehnt sich Aluminium $1,7\text{mm/m}$), unterschätzt. Hierzu gibt es spezielle Bordprofile, die den Dehnungsausgleich übernehmen. Bei Einbau herkömmlicher Bordprofile muss der seitliche Anschluss sorgfältig mit vorkomprimiertem Dichtband hergestellt werden.*

Im unteren Bereich der Fassade wird die Fassadendämmung bis zur Unterkante der Kellerdecke ausgeführt, daran schließt nach unten eine reduzierte Sockeldämmung an, die erst knapp unterhalb der Geländeoberfläche endet. Die Außenwand ist damit auch im Bereich des ca. 1,25 m hohen Sockelbereichs gedämmt, der den unbeheizten Keller umgibt. Die Sockeldämmung bildet mit der unterseitigen Kellerdeckendämmung eine Schlepplage im Bereich der aufgehenden monolithischen Außenwand. Sie minimiert dadurch diese ausgeprägte Wärmebrücke, die bei der nachträglichen Verbesserung des Wärmeschutzes im Sanierungsbereich kaum zu vermeiden ist, da das tragende Mauerwerk in der Regel eine hohe Wärmeleitung besitzt. Als Oberfläche für die Außenwandfläche wurde ein Kunstharzputz mit feiner Körnung gewählt. Ein zusätzlicher Anstrich ist bei dem ausgeführten hellen Farbton nicht erforderlich, da der Putz eingefärbt auf die Baustelle geliefert wird. Da diese Schicht zusammen mit dem Armierungsputz und -gewebe die winddichte Ebene bildet, muss auf eine saubere und rissfreie

Praxistipp: Qualitätskontrolle

Wärmedämmverbundsystem

- *Die gedämmte Fläche sollte homogen hergestellt werden, d.h. ggfs. auftretende Fugen zwischen den Dämmplatten und an flankierenden Bauteilen müssen nachträglich mit Bauschaum der gleichen Wärmeleitgruppe in kompletter Dämmungstiefe geschlossen werden. Solche Fugen können vermieden werden, wenn die Sockelausrichtung sorgfältig erfolgt und absolut waagrecht mit den Dämmarbeiten begonnen wird.*
- *Je nach Beschaffenheit und Ebenen-gleichheit des Untergrundes können unterschiedliche Dämmstoffrand-ausbildungen verwendet werden. Zur Verfügung stehen Nut+Feder, Stufenfalz und stumpfer Rand. Nur bei ebenem Untergrund ist die Ausführung mit Nut+Feder und vollflächiger Verklebung möglich. Bei unebenem Untergrund ist auf eine möglichst flächige Verklebung zu achten, um Luftzirkulationen zwischen Mauerwerk und Dämmplatten zu unterbinden. D. h. die Punkt-Wulst-Methode ist derart auszuführen, dass der Wulst umlaufend entlang des Plattenrandes geführt wird zur Herstellung kleiner geschlossener Luftpolster.*
- *Befestigungen an der Fassade (Regenfallrohr, Markisen, etc.) müssen vor Ausführung geplant und im Zuge der Dämmarbeiten überprüft werden, da ansonsten bei großen Dämmstärken keine ausreichende Festigkeit erzielt werden kann. Geeignete Montageelemente für verschiedene Einsatzzwecke sind im System-zubehör der Putzhersteller erhältlich.*

Ausführung geachtet werden. Die Wasserdampfdiffusion wird besonders beachtet, um eine Tauwasserfreiheit an allen Details zu gewährleisten. Auch hier leisten die Wärmebrückenberechnungen mit der Ermittlung der minimalen Oberflächentemperatur wichtige Hinweise für die Optimierung bei der Planung und der Sensibilisierung bei der Ausführung.



Abbildung 19: Zusätzliche Sockeldämmung

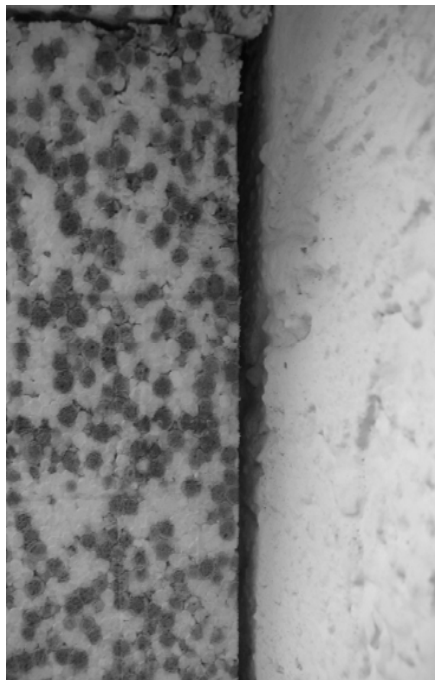


Abbildung 18: Luftspalt zwischen WDVS und Altwand

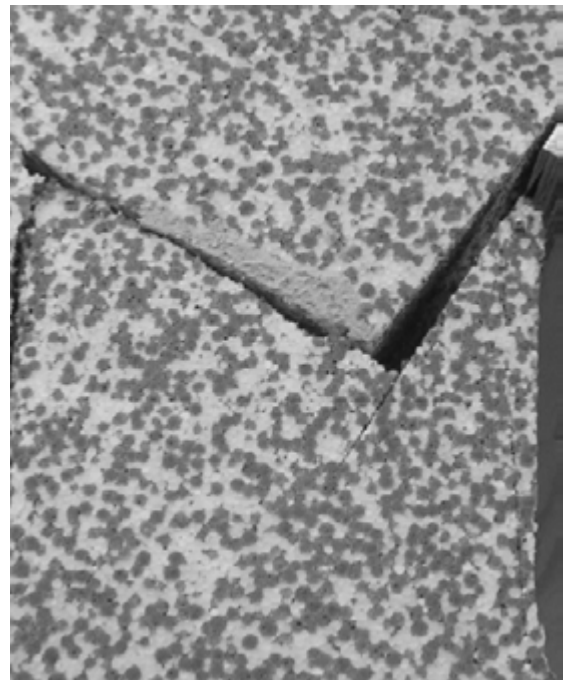


Abbildung 17: Nachzuarbeitende Fugen beim WDVS

AUSSENFENSTER

Für alle drei Gebäude sind im Bereich der Wärmedämmverbundfassade Kunststofffenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung mit einer hochselektiven Beschichtung ausgewählt worden. Die Rahmen entsprechen mit einem guten U-Wert für Blend- und Flügelrahmen einem überdurchschnittlichen Standard.

Da die Zielrichtung des Forschungsvorhabens ausdrücklich eine Übertragbarkeit auf andere Bauvorhaben beinhaltet, wurde aus Kostengründen auf eine weitere Erhöhung des energetischen Standards, wie sie zum Beispiel Passivhausfenster besitzen, verzichtet.

AUSSEN- FENSTER	Wilhelmstraße 37 EnEV-Neubau	Wilhelmstraße 35 Energiesparhaus 60	Wilhelmstraße 39 Energiesparhaus 40
Gesamtfläche Außenfenster [m ²]	30,34	35,74	35,20
Fensterrahmen	Kunststoffrahmen mit $U_f = 1,3 \text{ W / m}^2\text{K}$		
Verglasung	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit $U_g = 1,2 \text{ W / m}^2\text{K}$ g-Wert = 0,58		
Besonderheiten	wärmetechnisch verbesserter Randverbund		
U-Wert der Gesamtkonstruktion [W/m ² K]	1,28 - 1,38 [je nach Fenstergeometrie und -größe]		

Die Fenster sind grundsätzlich vor der Althaus-Fassade montiert. Diese Montage ist energetisch am günstigsten, da sie nahezu wärmebrückenfrei erfolgen kann. Das bereits vorhandene WDVS ist im Anschlagbereich der Fenster sowie im Bereich der späteren Brandschutzlamelle entfernt worden. Die umlaufende Abdichtung der Fenster ist auf einem Glattstrich erfolgt, der zuvor auf dem Außenputz der vorhandenen Außenwand aufgebracht wurde. Er gewährleistet eine fachgerechte und lückenlose Abklebung.

Diese Montageart ist nur bei einer Mindeststärke des Wärmedämmverbundsystems möglich, die sich aus der Tiefe des Fensterrahmens und der

notwendigen Überdämmung auf der Außenseite ergibt. Die Gesamtstärke der Außenwanddämmung beim „EnEV-Neubaustandard“ ermöglichte so eine Überdämmung von ca. 3 cm. Bei den höheren energetischen Standards konnten hier 15 und 18 cm Überdämmung realisiert werden.

Ein entsprechender Lösungsansatz musste für die Fenster mit Rollläden gefunden werden. Die weitere Nutzung der vorhandenen Rollladenkästen auf der Rauminnenseite schied aufgrund der mangelhaften energetischen Qualität schon früh bei der Planung aus. Die Möglichkeiten für eine Ergänzung von Dämmmaterialien in einem vorhandenen Rollladenkasten sind gering und die zu erwartende Gebäudeundichtigkeit an dieser Stelle ist gerade beim Einbau von Lüftungsanlagen nicht akzeptabel. Die entwickelte Lösung berücksichtigt daher –wie bei den Fenstern ohne Rollläden– eine Montage der Fenster vor der alten Außenwand sowie den Einsatz von Vorbaurollläden. Der Rollladenkasten liegt hier also konsequent im kalten Bereich der Fassade, einzige Durchdringung ist der Gurtwickler bzw. der Kurbelantrieb.



Abbildung 20: Fenstereinbausituation mit Rückschnitten des alten WDVS

Praxistipp:

Die Anschlusssituation im Laibungsbereich muss vorbereitet sein:

- *Die RAL-Montage ist vor Einbau zu klären, da unterschiedliche Ausführungsarten möglich sind.*
- *Anschlussflächen für vorkomprimierte Dichtbänder bzw. Klebebänder müssen gerade und eben sein. Hierzu empfiehlt sich ein Glattstrich.*
- *Die Befestigung der Fenster sollte einen späteren Austausch ermöglichen. Hierzu sind verschiedene Befestigungssysteme erhältlich, die eine Verschraubung in der Laibung vorsehen und das Fenster in der Dämmebene positionieren (z.B. Statik-Fensteranker, stirnseitig am Blendrahmen befestigt). Ein Ausbau kann dann raumseitig durch Rückbau der Laibungen erfolgen.*

Die Dämmung hinter dem Rollladenkasten, die der Rahmentiefe des Fensters von ca. 7 cm entspricht, sorgt für eine Reduzierung der Wärmebrücke in diesem Bereich.

Die verschiedenen Dämmstärken verursachen dabei verschiedene Detaillösungen und Außenansichten dieses Fensterdetails: Vom sichtbaren Vorbaurollladen beim „EnEV-Neubaustandard“ bis zur integrierten Lösung beim „Energiesparhaus 40“.



Abbildung 21: Fenstereinbausituation Neubau / KfW60 / KfW 40

ABSCHLUSS NACH UNTEN: KELLERDECKE UND TREPPENABGANG

- Unterseitige Dämmung der Kellerdecke
- Optimierung im Bereich Kellerzugang

Eine zusätzliche vollständige Dämmung der Kellerdecke ist in der Durchführung eine der schwierigsten und arbeitsintensivsten Dämmmaßnahmen an bestehenden Gebäuden. Die Schwierigkeiten beginnen mit der Analyse des vorhandenen Deckenaufbaus. Die eingebauten Dämmschichten innerhalb der Deckenkonstruktion sind in der Regeln nicht bekannt und nur durch eine Bauteilöffnung festzustellen. Bei älteren Gebäuden kann man davon ausgehen, dass keine oder nur eine geringfügige Dämmschicht vorhanden ist. Ab dem Baujahr 1970 fällt diese Annahme allerdings schwer. Eine Prüfung bzw. Öffnung von Bauteilen ist dann in jedem Fall notwendig.

Kellerdecke	Wilhelmstraße 37 EnEV-Neubau	Wilhelmstraße 35 Energiesparhaus 60	Wilhelmstraße 39 Energiesparhaus 40
Gesamtfläche Kellerdecke [m²]	91,97	94,75	95,85
Konstruktionsaufbau	vorhandener Deckenaufbau + 4 cm PS 30 mit WLG 040	vorhandener Deckenaufbau + 4 cm PS 30 mit WLG 040	vorhandener Deckenaufbau + 6 cm PS 30 mit WLG 035
Tür zum Kellerabgang	Tür zum Kellerabgang mit U-Wert 2,00	Tür zum Kellerabgang mit verbessertem U-Wert 1,60	Tür zum Kellerabgang mit verbessertem U-Wert 1,60
Besonderheiten	vorhandene ungedämmte Holzkonstruktion an der Kellertrep- penwand	Kellertreppenwand mit 6 bzw. 8 cm Dämmung WLG 035	Kellertreppenwand mit 6 bzw. 10 cm Dämmung WLG 035
U-Wert der gesamten Deckenkonstruktion [W/m²K]	0,653	0,653	0,445

Zusätzliche Dämmschichten sind in der Regel nur nachträglich auf der Unterseite realisierbar. Die Ausführung wird oft durch vorhandene Aufputzinstallationen oder durch eine unregelmäßige Deckenuntersicht [Kappendecke] erschwert. In vielen Fällen lässt auch die vorhandene Raumhöhe eine weitere Einschränkung im energetisch notwendigen Umfang nicht zu. Unter den gegebenen Umständen muss also ein Kompromiss gesucht werden.

Bei den Gebäuden der Wilhelmstraße ist die verbleibende Raumhöhe der wesentliche Faktor für die Entscheidung, welche Dämmstoffstärken eingesetzt werden können. Eine Raumhöhe im Bestand von 1,95 m ließ hier keine Verbesserung im gewünschten Maße zu. Nach Abstimmung mit dem Bauherrn wurde eine Minimalhöhe der Kellerhöhe von 1,85m – 1,90m festgelegt, um eine Nutzbarkeit als Lagerkeller und für die Aufstellung der Waschmaschinen zu ermöglichen. Der Spielraum ergibt sich aus den jeweiligen Abweichungen der unebenen Kellersohle.

Bei der Dämmung der Kellerdecke zeigt sich, dass auch mit einem anpassungsfähigen Dämmstoff (Expandierter Polystyrol-Hartschaum, EPS) besondere Schwierigkeiten bei der Ausführung entstehen. Es bedarf einer engen

Abstimmung zwischen Bauleitung und ausführender Firma, um Detaillösungen an schwierigen Installationspunkten zu verwirklichen.

Wenn möglich, sollte die Installation an der Decke nach der Dämmmaßnahme erfolgen, um kleinteilige

Dämmflächen an schwer zugänglichen Stellen zu vermeiden. Die Kellerdeckendämmung aus EPS ist im Vergleich zu den übrigen Bauteilen der Außenhülle gering dimensioniert. Hierbei kommt der Energiebilanz jedoch zugute, dass die Temperaturdifferenz der Wohnräume zum unbeheizten Keller im Winter deutlich niedriger ist als zur kalten Außenluft.

Praxistipp: Kellerdeckendämmung

Wenn möglich sollte die Kellerdecke frei von Installationen (Heizungsleitungen, Wasserleitungen, etc) sein, bevor mit den Arbeiten begonnen wird. Die Installation sollte nach Abschluss der Dämmmaßnahme und ggfs. der Beschichtung erfolgen.

Kellerabgang

Um eine vollständige Dämmung des Kellerbereichs zu erreichen, sollte der Bereich des Kellerabgangs mit betrachtet werden. Hier definieren die Wände, die das zentrale Treppenhaus gegen die unbeheizten Kellerräume abschließen, die Gebäudehülle. Es sind also die entsprechenden Innenwände angemessen zu dämmen.

Aufgrund der oben beschriebenen reduzierten Temperaturdifferenz, die sich auch im Abminderungsfaktor von energetischen Bilanzen widerspiegelt, sind die Anforderungen an die Dämmstärken um ca. 50 Prozent reduziert. Für die Türen ist ein guter U-Wert [U_D] einzuhalten sowie die Anforderung der Klimaklasse, in diesem Fall „2“ oder „3“. Damit sind Anforderungen an den Mindestwärmeschutz und die Dichtigkeit erfüllt. Der Aufbau der Tür ist dann für die wechselseitigen Einflüsse durch starke Temperaturschwankungen auf den beiden Türblattseiten geeignet.

Die Kellerbereiche der Wilhelmstraße 35-39 werden durch eine Zugangstür auf dem Zwischenpodest des Treppenhauses, das auf dem Niveau der Hauseingangstür liegt, erschlossen. Die Wände des Treppenlaufs in den Keller sind auf der kalten Seite [Kellerseite] mit Dämmschichten versehen.

Die Luftdichtheit der Konstruktion ist durch entsprechenden Folien und Klebänder gewährleistet.

GEBÄUDETECHNIK

- Zentrales Nahwärmekonzept für Heizung und Warmwasser
- Nutzung von regenerativen Energieträgern und Reduzierung des CO₂ Ausstoßes
- Wohnungslüftung mit drei angepassten Konzepten

Die für die energetische Sanierung sinnvollen Maßnahmen an der Gebäudehülle sind in den vorangegangenen Abschnitten ausführlich beschrieben worden. Für eine vollständige Bewertung des Konzeptes ist der Bereich der Gebäudetechnik aber ebenso bedeutsam. Hier entscheiden die Effizienz der Heizwärmeerzeugung, die Rückgewinnung von bereitgestellter Wärme und der Verbrauch von fossilen Energieträgern die ökologische Bewertung des gesamten Sanierungskonzeptes.

Das Konzept für die technische Gebäudeausrüstung beim Projekt Wilhelmstraße sieht eine effiziente zentrale Wärmeerzeugung für Heizung und Warmwasser vor. Aufgrund der sehr geringen Wärmeverbräuche jedes einzelnen Gebäudes ist nur mit kleinen Leistungsanforderungen für die Heizung zu rechnen, die zudem noch witterungsabhängig stark schwanken. Die Leistungsanforderungen für Warmwasser sind dagegen nutzungsabhängig, d.h. ganzjährig durch das Verhalten der Mieter bestimmt.

Schon zu Beginn des Projektes war klar, dass der sinnvolle Einsatz von regenerativen Energieträgern geprüft werden sollte, um eine Reduzierung der CO₂-Belastung zu erreichen. Damit lag eine gemeinsame Nahwärmeversorgung mit einer Heizzentrale für alle drei Gebäude nahe, da sie die verschiedenen Leistungsanforderungen am besten umsetzen kann und eine gleichmäßige Auslastung des erwünschten Holzpellet-Heizkessels erwarten lässt. Ein zusätzlicher Vorteil der gemeinsamen Heizzentrale liegt auch in der zentralen Lagerhaltung für den regenerativen Brennstoff. Der relative hohe Flächenverbrauch und die aufwendige Technik zur Entnahme des Brennstoffs muss nur einmal betrieben werden, zusätzlich werden nur in einem Gebäude Kellerräume für haustechnische Funktionen genutzt.

Die entsprechende Lösung für die Wärmeversorgung wurde dann konkret wie folgt ausgeführt:

- Die Heizzentrale ist im Gebäude „Wilhelmstraße Nr. 39“ installiert, die beiden benachbarten Gebäude werden über kurze erdverlegte Nahwärmeleitungen versorgt.
- Als Wärmeerzeuger ist ein Pelletkessel mit einer Nennleistung von 35 kW installiert, die Brennstofflagerung erfolgt in einem benachbarten Kellerraum. Aufgrund des Mieter-Waschmaschinenbereiches zwischen Pelletlager und Kessel erfolgt die Pelletförderung über Förderschnecke und Saugförderung.
- Der Pelletkessel speist die erzeugte Wärme in zwei in Reihe geschaltete Pufferspeicher ein, aus diesen werden über einen Verteiler zwei Heizkreise (für Hs. Nr. 39 sowie Hs. Nr. 35+37) bedient. In jedem Gebäude ist ein Heizkreis mit witterungsgeführter Vorlauftemperaturregelung (Mischer) mit einer Vorrangschaltung für die Ladung des Warmwasserspeichers installiert. Je Gebäude ist ein zentraler Warmwasserspeicher (300 Liter) vorhanden, die Speicherladung erfolgt über einen eingebauten Wärmetauscher. Die Einzelregler der Gebäude sind mit der zentralen Kesselregelung verknüpft.
- Die Wärme-Verbrauchserfassung je Gebäude erfolgt über einen Wärmemengenzähler zur Erfassung der Heizwärme je Wohneinheit, der innerhalb der Wohnung installiert ist. Der Wärmeverbrauch zur Warmwasserversorgung wird je Gebäude im Speicherladekreis erfasst. Die Wärmeerzeugung des Pelletkessel einschließlich Pufferspeicher wird nach dem Pufferspeicher zur Einspeisung in die Heizwärmeverteilung erfasst.

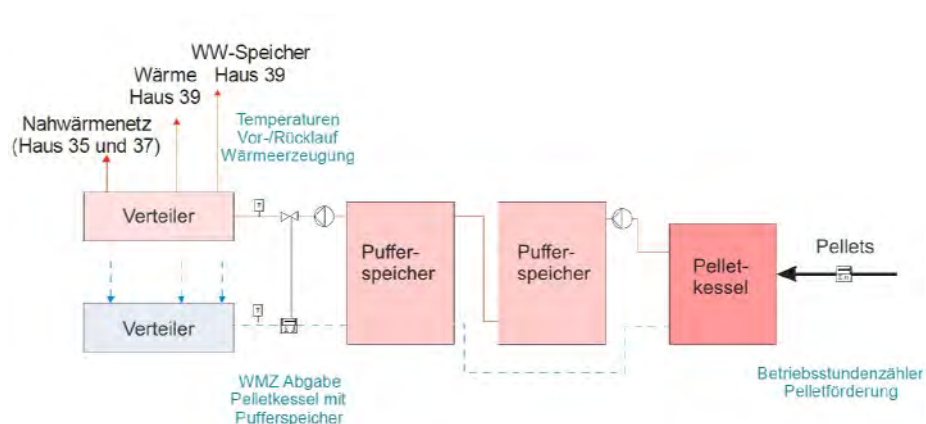


Abbildung 22: Anlagenschema Heizzentrale

BEHEIZUNG

Die vorhandene Gebäude-Wärmeverteilung wird komplett ersetzt. Dabei wird je Geschoss eine separate Verteilung aufgebaut, damit die Heizleitungen im Wesentlichen innerhalb der Wohnung und innerhalb der thermischen Hülle verlaufen. Die horizontalen Leitungen zur Versorgung der Heizkörper werden in den Sockelleisten verlegt. Fast alle Heizkörper werden ausgetauscht, nur in den bewohnten Wohnungen werden die vorhandenen Heizkörper an die neue Verteilung angeschlossen. Alle Heizkörper besitzen jetzt voreinstellbare Heizkörperthermostate, die hydraulisch abgeglichen sind.

Damit kann eine gleichmäßige Beheizung und eine effektive Spreizung von Vor- und Rücklauftemperatur erzielt werden.



Abbildung 23:Heizzentrale mit Holzpelletkessel

WOHNUNGSLÜFTUNG

Für die Reduzierung des Energieverbrauchs ist auch der Anteil der Lüftungswärmeverluste zu beachten. Da dieser Lüftungswärmeverlust unabhängig vom Transmissionswärmeverlust durch die Anforderung an eine gute Luftqualität entsteht, kann hier eine unabhängige Reduzierung dieses Verlustanteils erreicht werden.

Dem jeweiligen Energiestandard ist bei den drei Gebäuden der Wilhelmstraße jeweils ein angepasstes Lüftungskonzept zugeordnet:

WOHNUNGS- LÜFTUNG	Wilhelmstraße 37 EnEV-Neubau	Wilhelmstraße 35 Energiesparhaus 60	Wilhelmstraße 39 Energiesparhaus 40
Lüftung	freie Fensterlüftung	Abluftanlage	kontrollierte Wohnungslüftung
Wärmerückgewinnung	nein	nein	ja, > 75 %

Fensterlüftung [Wilhelmstraße 37]:

Der EnEV-Neubaustandard, der mit dem geringsten energetischen Standard projektiert ist, wird auch im Bereich der Wohnungslüftung mit den geringsten Veränderungen versehen. Hier ist weiterhin eine reine Fensterlüftung vorgesehen, die allerdings aufgrund der hohen Gebäudedichtigkeit auch konsequent durchgeführt werden muss.

Das Verhältnis von Transmissions- zu Lüftungswärmeverlust beträgt hier gemäß EnEV-Bilanzierung 2 zu 1, d.h. 33% der Wärmeverluste entstehen durch die Lüftung aufgrund von Fensteröffnung.

Abluftanlage [Wilhelmstraße 35]:

In diesem Gebäude wird eine Abluftanlage installiert, die die Luft im Bereich der Sanitarräume absaugt. Die Ablufträume sind in den Wohnungen durch Telefoneschalldämpfer entkoppelt. Die Abluftmenge wird mit der Feuchte der Raumluft verändert. Für das Bad ist ein Abluftelement mit Stoßlüftungsfunktion vorhanden, für die Küche ein Abluftelement mit konstantem Volumenstrom. Das Abluftelement in der Küche verfügt über einen regenerierbaren Fettfilter d. h. die Reinigung des Elementes kann in der Spülmaschine erfolgen.

Die Außenluft wird über schallgedämmte Zuluftelemente zugeführt. Diese Lüftungselemente sind unterhalb der Fensterbank montiert und ermöglichen die Luftzufuhr über einen gedämmten Kanal in den Innenraum. Die zuströmende Luftmenge ist vom Mieter regulierbar.

Die Abluftleitungen sind in einem nicht mehr benötigten Schornsteinzug eingebaut, der auch die notwendigen Brandschutzelemente beinhaltet.

Der zentrale Abluftventilator ist im Kellergeschoss mit einem vorgeschalteten Grobfilter [G4] eingebaut, die Fortluft wird im Sockelbereich ausgeblasen. Die Auslegung der Anlage orientiert sich an der üblichen Personenbelegung der Wohnungen, bei einer Auslegungsluftmenge von $30 \text{ m}^3 / \text{Person}$ und Stunde. Mit dem Einsatz dieser Variante zur Wohnungslüftung kann der Lüftungswärmeverlust rechnerisch nur um ca. 7 % vermindert werden. Die Qualität der Raumluft ist aber durch den kontinuierlichen Austausch unabhängiger vom Nutzerverhalten und den meteorologischen Bedingungen.



Abbildung 24: Zuluftelement unter Fensterbank

Das Verhältnis von Transmissions- zu Lüftungswärmeverlust beträgt hier 3 zu 2, d.h. 40% der Wärmeverluste entstehen durch die Lüftung. Die größere Prozentanteil an den Verlusten erklärt sich durch den verbesserten Wärmeschutz der Gebäudehülle, dessen Einsparungen gegenüber dem Neubaustandard deutlich größer sind als die Verbesserung der Effizienz bei der Wohnungslüftung.

Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung

[Wilhelmstraße 39]:

Die effizienteste Technik für die Reduzierung des Lüftungswärmeverlustes ist im Gebäude mit dem höchsten Dämmstandard eingebaut.

Je Wohnung erfolgt der Einbau einer Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung, die durch einen Kreuzgegenstromwärmetauscher erfolgt.

Die kompakte Einheit mit Ventilatoren/Wärmetauscher ist in der Küche als wandhängendes Gerät montiert und mit einem schalldämmenden Einbauschränk verkleidet. Durch die Integration in die spätere Küchenzeile bleibt die Lüftungsanlage weitgehend unsichtbar, die Betriebsgeräusche sind minimiert.

Die Ventilatoren verfügen über eine integrierte Konstantvolumenstromregelung und können durch den Nutzer in ihrer Luftleistung wohnungsweise dem Bedarf angepasst werden. Der Geräteschall in den angeschlossenen Leitungen wird durch Schalldämpfer reduziert.

Die Rohrleitungsführung für die Außen- und Fortluft erfolgt innerhalb des Schrankelementes direkt durch die Außenwand.

Ein integriertes elektrisches Vorheizregister mit Temperaturregelung verhindert das Zufrieren des Abluftstranges bei sehr niedrigen Außentemperaturen; die Außenluft wird so weit erwärmt, dass die Fortlufttemperatur nicht kälter als ca. -2°C wird.

Das Verschmutzen des Wärmetauschers wird durch einen abluftseitig angeordneten Filter verhindert. Die Zuluft wird mit einem Feinfilter gereinigt. Die Leitungsführung erfolgt weitgehend im Flur bzw. im Bad in abgehängten Decken, im Bereich der Maisonettewohnung wird auch der Bereich des Spitzbodens genutzt.

Praxistipp: Blower-Door-Messung

Baubegleitende BlowerDoor-Messungen unterstützen die Qualitätssicherung während der Bauphase. Bewährt haben sich zwei Messungen:

1. Baubegleitende Messung:

Nach Einbau der Fenster und Abschluss der inneren Abdichtungsarbeiten (Dampfbremseebene). Auf jeden Fall bevor die Abdichtungsebene überdeckt wird durch Innenputz, Trockenbau und Estrich.

Wenn die Messergebnisse nicht im erforderlichen Bereich liegen (n_{50} -Wert bei Fensterlüftung $\leq 3,0$, bei Lüftungsanlagenbetrieb $\leq 1,5$), muss die Abdichtungsebene nachgebessert werden und vor Überdeckung durch Folgegewerke eine zusätzliche Blower-Door-Messung erfolgen.

2. Abschlussmessung:

Nach Abschluss aller Arbeiten im fertigen Zustand des Gebäudes.

Die Auslegungs-Luftmenge orientiert sich auch hier an der üblichen Personenbelegung der Wohnungen mit 30 m³/Person und Stunde.

Die Zuluft wird über einstellbare Weitwurfventile in die Wohn- und Schlafräume verteilt. Die zugeführte Luftmenge wird über Abluftventile im Bereich von Bad / WC und in der Küche abgeführt.

Vor dem Hintergrund der nochmals reduzierten Transmissionswärmeverluste ist dies eine erhebliche Effizienzsteigerung, die zu dem ambitionierten Konzept für die Dämmung der Gebäudehülle passt.



Abbildung 25: Lüftungsgerät während Bauphase und nach Fertigstellung

EINWEISUNG, BEDIENUNG UND WARTUNG

Der Einsatz von moderner und effizienter Gebäudetechnik setzt eine genaue Information der Bewohner und des verantwortlichen Gebäudemanagements voraus.

Die Steuerungsmöglichkeiten z.B. einer kontrollierten Lüftung müssen bekannt sein, leider ist das nach einem Mieterwechsel oft nicht mehr der Fall.

Sinnvoll ist daher die Übergabe einer kurzgefassten Bedienungsanleitung, die die wesentlichen Fakten über die Sanierung und die eingesetzte Gebäudetechnik erläutert. Die Möglichkeiten zur Bedienung und zu den Anpassungsmöglichkeiten müssen kurz und prägnant erklärt werden. Die Abhängigkeiten

von z. B. Lüftungsverhalten, Wiederaufheizung der Räume und Energieverbrauch sollten dargestellt werden.

Der ständige störungsfreie Betrieb kann nur durch eine Instandhaltung und die Wartung der Anlagen gewährleistet werden. Die Wartungsintervalle und Indikatoren für den Austausch von Filtern etc. müssen dargestellt und beschrieben werden. Ein entsprechendes Wartungsheft, in dem die Servicetermine eingetragen werden können, sollte geführt werden.

Oftmals sind diese Wartungsabläufe dem Nutzer und Eigentümer von Lüftungsanlagen unbekannt. In diesem Fall ist der Abschluss eines Wartungsvertrages sinnvoll, der eine regelmäßige Kontrolle und Filterwechsel gewährleistet.

Störungen von Anlagenteilen müssen vom Nutzer auch als solche erkannt werden. Eine einfache Anleitung zur Fehleranalyse kann hier helfen. Sie sollte zusätzlich Informationen über die weitergehenden Zuständigkeiten von externem Gebäudemanagement oder Kundendienst beinhalten.

Nach der ersten Heizperiode sollte eine Begehung mit dem planenden Ingenieurbüro für Haustechnik oder dem Installateur stattfinden, bei dem auch die Einstellparameter der ursprünglichen Planung nochmals überprüft werden. Mit den bisherigen Erfahrungen der Nutzer aus dem Betrieb der Anlage und den projektierten Werten kann so eine sinnvolle Betriebsoptimierung stattfinden.

In vielen Fällen zeigte sich bisher, dass gerade in der Anfangszeit des Betriebs unkoordinierte Änderungen an Anlageneinstellungen vorgenommen werden, die die Effektivität der Gebäudetechnik deutlich beeinflussen. Den Gründen dafür sollte nachgegangen werden.

Gerade beim gleichzeitigen Einsatz von mehreren Energieträgern ist die Abstimmung der einzelnen Systeme wesentlich. So kann z. B. die Effektivität einer thermischen Solaranlage ganz empfindlich durch eine fehlende Regelungsabstimmung des zuheizenden Heizkessels vermindert werden.

Die Tendenz zu einem stärkeren Einsatz von Gebäudetechnik setzt eine aktivere Beschäftigung mit den Bedienungsmöglichkeiten voraus. Ein Grundverständnis des Nutzers [Eigentümer oder Mieter] muss dabei vermittelt werden.

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass die Potentiale oft nicht ausgeschöpft werden, da bestimmte Anlagenkomponenten gar nicht bekannt sind oder durch Unkenntnis eine manuelle Steuerung benutzt wird.

Absehbare Fehlbedienungen –wie das dauerhafte Einstellen eines erhöhten Luftaustauschs [Partylüftung]- sollte durch die Berücksichtigung einer automatischen Rückstellung schon bei der Planung der Anlagen verhindert werden.

ERGEBNISSE NACH DER SANIERUNG

Durch die umfangreichen wissenschaftlichen Untersuchungen während des Projektverlaufs, die sich auf ein weitreichendes Messkonzept stützen, konnten die projizierten energetischen Kennwerte mit den realen Verbrauchswerten verglichen werden.

Der tatsächliche Heizenergieverbrauch fiel dabei noch niedriger aus als erwartet. Hier ist zu beachten, dass der Winter 2006/2007 weit überdurchschnittlich mild war. Die Lüftungswärmerückgewinnung ist mit $9 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ a}$ niedriger als berechnet ($15,5 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ a}$). Hier liegt die Ursache wohl in erster Linie darin, dass die Anlage von den Bewohnern häufig auf einer sehr niedrigen Stufe betrieben wurde.



Abbildung 26: Gesamtansicht nach der Sanierung

Der Energieverbrauch für die Warmwasserbereitung liegt insgesamt etwas höher als berechnet. Dies wird durch die größeren Verteilungs- und Speicher- verluste verursacht, während der Nutzwärmeverbrauch etwas unter dem Standardwert der Berechnung liegt.

Der Gesamtwärmeverbrauch des KfW40-Gebäudes (Summe Heizung und Warmwasser) ist wegen der niedrigen Werte bei der Heizwärme mit $33 \text{ kWh} / \text{m}^2\text{a}$ immer noch deutlich niedriger als der Rechenwert von $47 \text{ kWh} / \text{m}^2\text{a}$. Der Primärenergieverbrauch liegt mit insgesamt $33 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ a}$ ungefähr in der Größenordnung des berechneten Werts ($31 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ a}$) und deutlich unter dem Grenzwert für das KfW40-Haus.

Der niedrigere Gebäude-Wärmeverbrauch und die erhöhten Verluste in der Heizzentrale heben sich demnach ungefähr auf.

Die Zielwerte für den Primärenergieverbrauch konnten auch bei den beiden anderen Gebäuden eingehalten bzw. sogar deutlich unterschritten werden.

Hofheim Wilhelmstraße - Fassadenelemente mit Vakuumdämmung

Nicht selten sind die räumlichen Verhältnisse bei der Modernisierung von Bestandsgebäuden begrenzt. Beispielsweise ist in städtischen Wohnlagen sehr häufig eine straßenbegleitende Bebauung anzutreffen. Gehweg und Außenwände treffen unmittelbar aufeinander.

Auch die Gebäude der Wilhelmstraße weisen dieses Merkmal auf. Bei einer weitreichenden energetischen Sanierungsmaßnahme, wie sie in der Wilhelmstraße bei dem Gebäude mit dem Standard „Energiesparhaus 40“ angestrebt wird, ist mit Dämmstoffstärken von bis zu 25-30 cm bezogen auf übliche Dämmstoffe der Wärmeleitgruppe 035 auszugehen, die dann an der Straßenseite in den öffentlichen Gehweg hineinragen. Derartig enge Bebauungssituationen führen dazu, dass über andere Konzepte im Bereich der Außenwanddämmung nachgedacht werden muss. Dabei sollte die Dämmstoffstärke deutlich verringert werden, ohne dass sich die Dämmwirkung reduziert und somit der Energieverbrauch erhöht wird.

Die vorhandenen städtebaulichen Gegebenheiten geben den Ausschlag für die Entwicklung einer Sonderlösung, die die Kombination von zwei relativ neuartigen Techniken in einem Forschungsprojekt untersucht:

- Vakuumdämmung
Vakuum-Isolationspaneele (VIP) bieten im Vergleich zu üblichen Dämmstoffen deutlich bessere Dämmeigenschaften.
- Großelement-Dämmtechnik (GEDT)
Die Großelement-Dämmtechnik (GEDT) ermöglicht durch Vorfertigung kürzere Montagezeiten mit wenigen Nacharbeiten auf der Baustelle.

Die Idee einer Integration der Vakuumdämmelemente in eine vorgefertigte GEDT-Fassade wurde in einem frühen Stadium formuliert. Dabei sollten auch die wesentlichen konstruktiven Lösungen sowie Detailanschlüsse eines vorgefertigten Fassadenelementes entwickelt werden:

- Integration von hochwertigen Fenstern in die GEDT-Elemente bereits in der Vorfertigung.
- Erarbeitung von verallgemeinerbaren Lösungen für die Konstruktion und den Aufbau von GEDT-Elementen.
- Statische Neukonzipierung des GEDT-Tragkonzepts.

- Anschlussdetails an eine konventionelle Wärmedämmung der übrigen Gebäudehüllflächen.

PRINZIP VAKUUMDÄMMUNG

Vakuumdämmung unterscheidet sich wesentlich von herkömmlichen Dämmstoffen. Dies wird bei einer kurzen Betrachtung des Prinzips der Wärmeübertragung deutlich.

Die Wärmeübertragung zwischen Innen und Außen erfolgt normalerweise durch Wärmeleitung, Wärmestrahlung und Konvektion. In Dämmstoffen wird die Konvektion durch Einschluss der Luft in kleine Poren weitgehend verhindert, es verbleibt nur die Wärmeleitung in Füllgasen und Festkörper sowie die Strahlung.

Bei der Vakuumdämmung wird ein fein porosierter Stützkern (z. B. pyrogene Kieselsäure) mit einer dünnen Hüllfolie umschlossen und die Luft im Element abgesaugt. Dadurch entfällt auch die Wärmeleitung des Gases. Weiterhin wird durch Zusatzstoffe die Wärmestrahlung vermindert. Im Idealfall, ohne Betrachtung der Wärmebrücken, besitzen Vakuumdämmplatten eine Wärmeleitfähigkeit von ca. $0,004 \text{ W / mK}$, eine Wärmeleitfähigkeit, die gegenüber heute üblichen Polystyrolschäumen eine bis zu 10-fache Dämmwirkung besitzt.

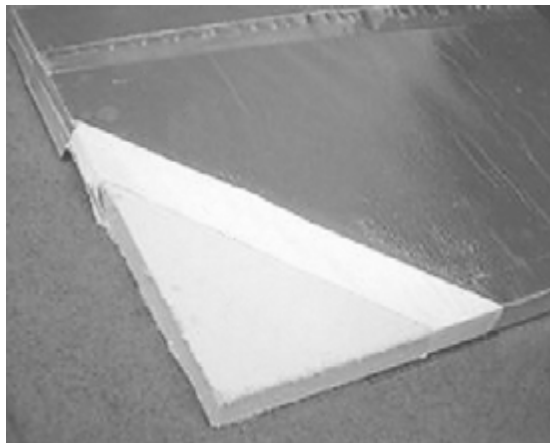


Abbildung 27: Aufbau Vakuumisolationspaneel
[Bild Fa. Va-Q-Tec]

Die ersten Anwendungen von Vakuumdämmmaterialien stammen aus den Bereichen Kühlen und medizinische Transportbehälter. In den letzten Jahren werden die Materialien aber auch für die Anwendung im Baubereich weiterentwickelt.

Vakuumdämmung ist im Gegensatz zu herkömmlichen Dämmstoffen nur als Gesamtelement funktionsfähig. Die dünne Hüllfolie kann aber sehr leicht beschädigt werden, so dass äußerste Vorsicht und geschultes Personal besonders bei der Montage erforderlich sind. Weiterhin ist es nicht möglich Vakuumdämmpaneele auf der Baustelle an die örtlichen Gegebenheiten anzupassen, sondern sie müssen wie Fenster exakt aufgemessen und in der

geplanten Einbaulage montiert werden. Dennoch ist es zurzeit nicht möglich Vakuumelemente exakt maßhaltig zu fertigen, d. h. es muss mit zusätzlichen Fugen geplant werden. Im Laufe der Lebensdauer der Vakuumelemente dringen Luft- und Wasserdampfmoleküle durch die Hüllfolie in das Innere ein und erhöhen dadurch die Wärmeleitfähigkeit, so dass im langjährigen Mittel mit einer Wärmeleitfähigkeit von ca. 0,008 W/mK gerechnet werden muss.

Wärmebrücken machen sich durch die geringe Stärke der Vakuumdämmung - in der Wilhelmstraße 40 mm - deutlicher als bei herkömmlichen Dämmstoffen bemerkbar. Außerdem ist die Wärmeleitung längs der Hüllfolie zu berücksichtigen.

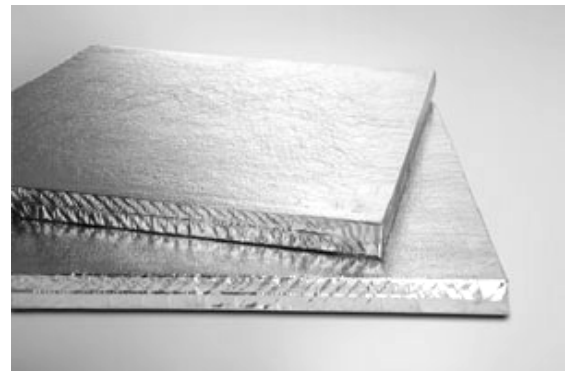


Abbildung 28: Ungeschützte Vakuumpaneele
[Bild Fa. Porextherm]

Die einsetzbaren Fugenmaterialien oder Konstruktionsbestandteile

besitzen wesentlich schlechtere Dämmeigenschaften als die Vakuumdämmung. Die Wärmeleitfähigkeit von Edelstahl liegt im Verhältnis von 1 : 3.500 höher, bei Baustahl liegt das Verhältnis bei 1 : 12.500, selbst hochdämmende PU-Schäume liegen noch bei einem Verhältnis von 1 : 5. Konstruktiv notwendige Fugen und Verbindungen müssen daher so weit wie möglich reduziert werden.

Auf dem Vakuumdämmelement lastet ein Luftdruck von ca. 10 Tonnen pro Quadratmeter. Trotzdem ist konstruktiv zu beachten, dass es statisch im Prinzip nur durch Flächendruck belastbar ist, d.h. Kräfte zum Lastabtrag oder aus Windsog und Schub können von den Paneelen nicht aufgenommen werden.

ANWENDUNG VON VAKUUMDÄMMUNG IM BAUWESEN

Durch ihre hohe Wärmedämmung bietet sich der Einsatz von Vakuumdämmung überall dort an, wo wenig Raum für Dämmmaßnahmen zur Verfügung steht. Dies gilt für fast alle Teile des Gebäudes, vom Dach im Bereich von Dachgauben bis zur Kellerdecke. Aufgrund des zurzeit noch hohen Preises der Paneele bleiben die Anwendungen aber meist auf Teilflächen begrenzt, für die keine andere Lösung gefunden wird bzw. die Vakuumdämmung trotz ihres höheren Preises wirtschaftlich ist.

Solche wirtschaftlichen Lösungen können sich bei Neubauten in Innenstadtlagen mit sehr hohen Grundstückspreisen ergeben oder wenn z. B. bei der Dämmung auf der Kellerdecke durch die Vakuumdämmung die Kosten für Veränderung der Türhöhen eingespart werden.

Im Bereich der Außenwand wird Vakuumdämmung mit vielen gängigen Baustoffen kombiniert, z. B. in Holzkonstruktionen, in Betonfertigteilen, hinter einer Vorhangfassade, in Pfosten-Riegel-Konstruktionen oder – für die Bestandssanierung besonders interessant - als Wärmedämmverbundsystem.

Allen Systemen gemeinsam ist das Prinzip, die Vakuumdämmung durch zusätzliche Schichten vor Beschädigung bei der Montage und während der Nutzung zu schützen. Solche Schutzschichten können aus Holz, Kunst- oder Dämmstoffen bestehen. Meist werden die Platten auf der Baustelle nach einem in der Planung ausgearbeiteten Verlegeplan befestigt, ungeschützte Platten werden nach der Montage mit einer Verkleidung versehen.

Wichtig ist, dass alle Handwerker informiert werden in welchen Bereichen VIP montiert wurden, um Beschädigungen zu vermeiden. Unkoordinierte Bohrarbeiten für die Befestigung einer Leuchte können so vermieden werden.



Abbildung 29: VIP-Einbau an Kellerdecke
[Bild Fa. Va-Q-Tec]



Abbildung 30: VIP-Einbau Rollladenkasten
[Bild. Fa. Variotec]

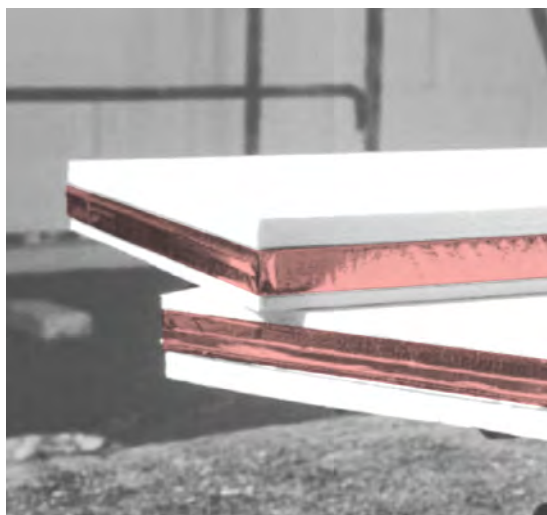


Abbildung 31: VIP mit Schutzschichten
[Bild. Fa. Porextherm]

Der Einsatz als nachträgliche Innendämmung wurde bisher nur vereinzelt erprobt, verspricht zukünftig aber interessante Anwendungen, wenn Fragen des Element- und Feuchteschutzes gelöst sind.

Lohnend ist auch der Einsatz an Problemstellen bei der Gebäudesanierung wie den Wärmebrücken in der Fensterleibung oder in Rollladenkästen. Hier bietet unter Umständen nur die Vakuumdämmung eine energetische Ertüchtigung dieser kritischen Bereiche.

PRINZIP GROSELEMENT-DÄMMTECHNIK

In Hofheim wurde eine neue Technik für den Einsatz von Vakuumdämmung im Bauwesen entwickelt und erstmals erprobt. Die Großelementdämmtechnik, kurz GEDT, verfolgt das Prinzip, dass nach genauem Aufmaß des Bestandes die im Werk vollständig vorgefertigten Elemente auf die Baustelle transportiert werden und innerhalb kurzer Zeit die Montagearbeiten abgeschlossen sind. Durch die Vorfabrikation kann witterungsunabhängig ein hoher Grad an Perfektion und Maßhaltigkeit erzielt werden. Eine Maximierung der Elementgröße bis zur vollen Raumhöhe und -breite verringert die Durchdringungen und Fugen innerhalb der Fassade. Zu beachten sind jedoch die Transportmöglichkeiten und die daraus resultierenden Maximalgrößen.

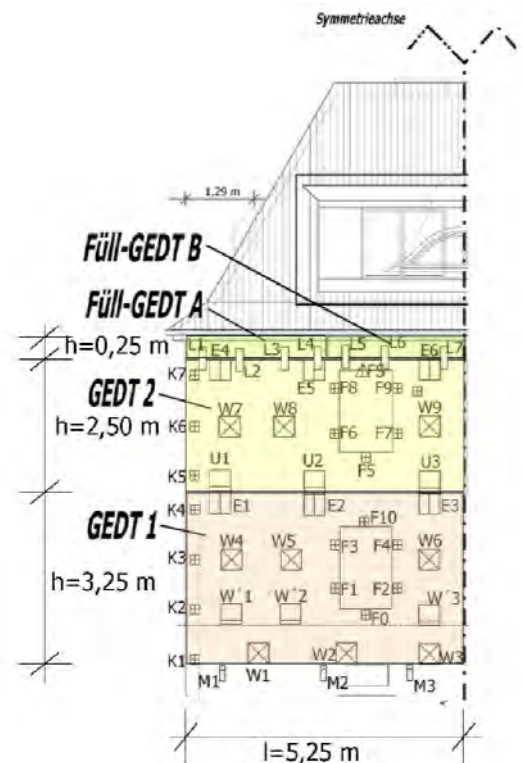


Abbildung 32: Aufteilung GEDT

GENEHMIGUNGSVERFAHREN – ZUSTIMMUNG IM EINZELFALL

Die baurechtliche Vorgehensweise beim Einsatz von unregelmäßigen Bauelementen wie VIP ist mit der zuständigen oberen Bauaufsichtsbehörde zu klären. Bei der GEDT-Fassade wurde diese Zulassung beim Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung (HMWVL) eingeholt.

Die „Zustimmung im Einzelfall“ bezieht sich im engeren Sinne dabei nicht auf die Gesamtkonstruktion der Fassadenelemente, da diese vollständig mit geregelten Bauprodukten erfolgte, sondern nur auf den Einsatz der Vakuumdämmelemente.

Schwerpunkt der Zustimmung bei den Baubehörden war die Wirksamkeit und der erforderliche Mindestwärmeschutz des Fassadenelementes als Ersatz für eine konventionelle Außendämmung.

Hier konnten ein unabhängiges Gutachten des Forschungsinstituts für Wärmeschutz e.V. in München und die Messwerte zur Wärmeleitfähigkeit des Herstellers nachweisen, dass selbst bei vollständigem Ausfall aller Vakuumpaneele der Mindestwärmeschutz der Außenwand eingehalten wird. Positiv kommt hier die Eigenschaft der pyrogenen Kieselsäure als Stützkörper des Vakuumpaneels zum Tragen, die auch in einem vollständig belüfteten Paneel nur eine Wärmeleitfähigkeit von ca. $0,02 \text{ W / m}^2\text{K}$ besitzt. Die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz der Außenwand sind damit ohne weiteres erfüllt.

GEDT-EINTEILUNG

Der Entwurf sieht eine Trennung der dämmenden Fassadenschicht und einer wetterschützenden / gestalterisch wirksamen Verkleidung vor. Die beiden Strukturelemente unterscheiden sich durch die Anforderungen, die an sie gestellt werden.

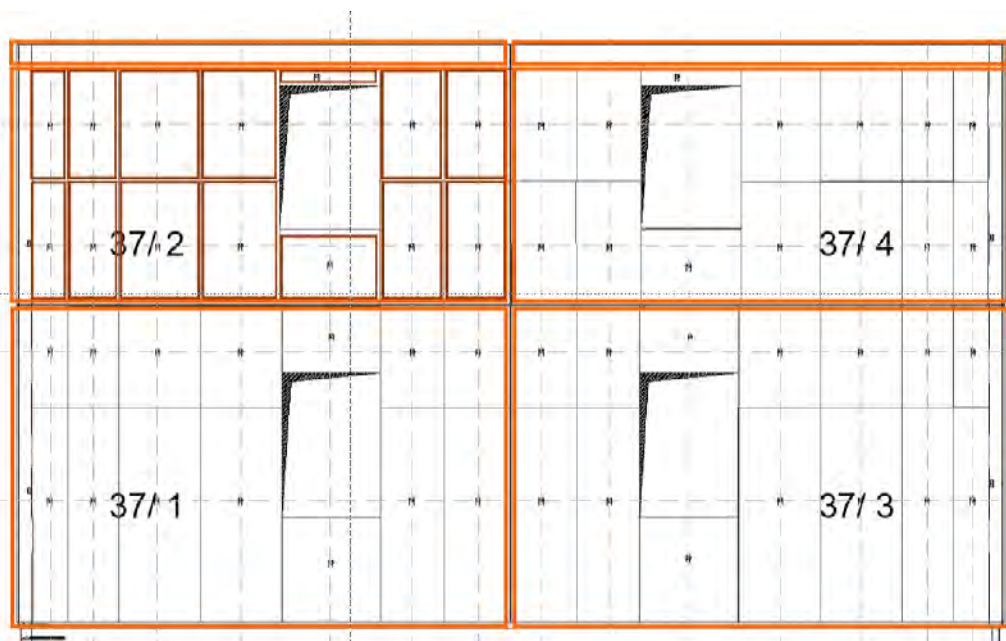


Abbildung 33: Aufteilung GEDT-Elemente

Für den dämmenden Teil des Fassadenpanels gilt:

- Einhaltung der maximal verfügbaren Transportkapazitäten (Transport per LKW über die Straße – auch in Zusammenhang mit der StVO).
- Anpassung an die Standard-Abmessungen der verwendeten Plattenwerkstoffe aus Holz.
- Minimierung der Fugenlängen zwischen den Grobelementen.

Für die äußere Verkleidung gilt:

- Anpassungsmöglichkeit bei der Ausrichtung der äußeren Fassadenschicht vor Ort.
- Überdeckung der Grobelementfugen für den größtmöglichen Witterungsschutz.
- Gestalterische Freiheit (Gliederung, Proportion, etc.).
- Minimierung der Beschädigung der äußeren Fassade bei Montage und Transport.

Die gewählte Einteilung der Fassadenfläche zeichnet sich durch wenige Fugen und eine geringe Fugenlänge aus. Eine Fassadenfläche ist in vier geschosshohe Elemente (Höhe = 2,50m bis 3,20m, Breite = 5,05 bis 5,15m) unterteilt, die sich an den jeweiligen Gebäudeabmessungen orientieren. Vier Passstücke vervollständigen die Fassade unterhalb des Dachüberstandes, der zur Zeit der Fassadenmontage schon ausgeführt ist.

ELEMENTAUFBAU

Das statische Konzept der GEDT basiert ursprünglich auf einer Entwicklung mit herkömmlichen Dämmstoffen, bei der die Dämmung wie in einem Sandwich

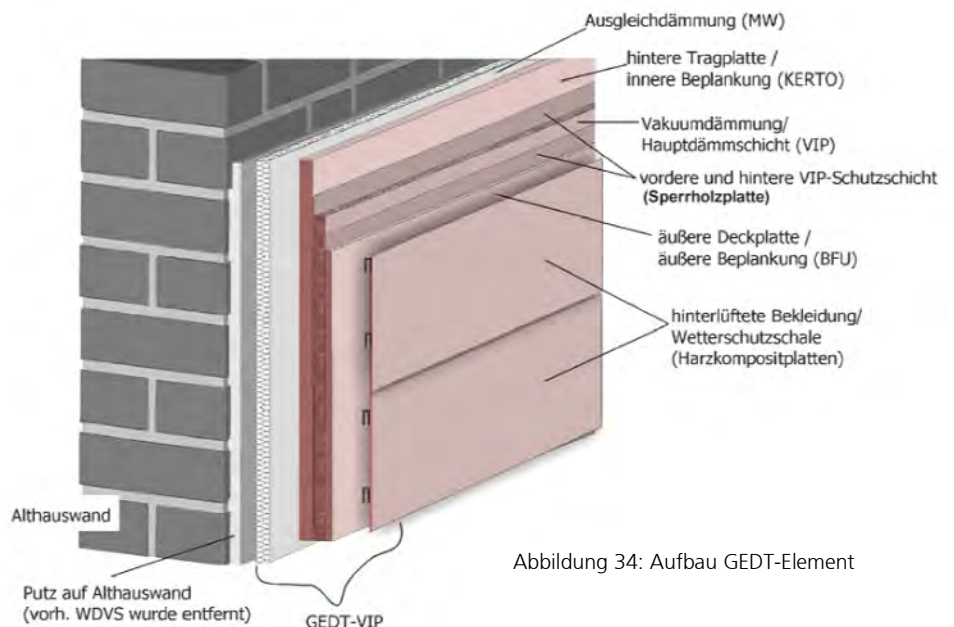


Abbildung 34: Aufbau GEDT-Element

von zwei flankierenden Schalen (Tragschale auf der Gebäudeseite und Deckschale auf der Fassadenseite) umgeben ist. Der gravierende Unterschied zu bereits vorhandenen Sandwichkonstruktionen ist, dass die Vakuumdämmung statisch kaum genutzt werden kann, lediglich die Aufnahme von Flächendruck ist möglich.

Die GEDT-Element Schichtenfolge wurde in folgender Weise realisiert (von innen nach außen):

- 27 mm KERTO-Tragplatte
- 2,75 mm Schutzschicht (Sperrholz + 0,25 mm Alu)
- 40 mm VIP-Dämmung
- 2,5 mm Schutzschicht (Sperrholz)
- 18 mm Baufurniersperrholz (BFU) –Platte
- 20mm Aluminium-Hohlprofil-Unterkonstruktion der Wetterschutzschale
- 8mm Wetterschutzschale aus Harzkomposit-Fassadenplatten

Die KERTO-Tragplatte übernimmt damit die Rolle der Grundplatte. An ihr sind die beiden Befestigungselemente („E-Befestiger“ und „W-Befestiger“) montiert, die die Lasten in den bestehenden Baukörper einleiten. Die Befestigungselemente bestehen aus jeweils zwei Elementen, die an der Althauswand und der Innenseite der Großelemente montiert sind. Die Verbindung erfolgt wärmebrückenfrei bei der Montage der Großelemente in der Fuge zwischen Element und Wand. Das Eigengewicht der Elemente wird über differenziert einstellbare Konsolen am oberen Elementrand aufgenommen. Horizontallasten, also Lasten aus Windsog, -druck sowie Erdbebenlasten werden über die genannten Konsolen und Wandankertaschen aufgenommen.

Die BFU-Platte auf der Außenseite übernimmt die Schutzfunktion des VIP gegen mechanische Beschädigung und bildet die Befestigungsebene für die äußere, sichtbare Fassadenbekleidung, deren Montage über eine minimierte, geklebte Unterkonstruktion erfolgt.

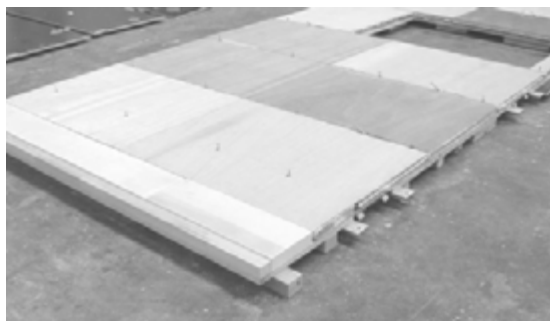


Abbildung 35: GEDT mit BFU-Schutzschicht

Die Vakuumdämmung ist zwischen diesen beiden Schichten angeordnet. Sperrholzsichten schützen sie vor Beschädigungen bei der werkseitigen Montage.

Die Lastweiterleitung (Eigengewicht, Windsog, Erdbebenlasten) zwischen den beiden Schalen übernehmen feingliedrige Verbindungsmittel, bei denen die Querschnitte durch Wärmebrückenberechnungen optimiert sind. Aufgrund der besseren statischen Belastbarkeit und einer geringeren Wärmeleitfähigkeit gegenüber Baustahl sind sie aus Edelstahl gefertigt. Berücksichtigt wurde dabei auch die statische Beanspruchung jedes einzelnen Elementes. Zugkonstruktionen sind daher deutlich geringer dimensioniert als Tragglieder, die Druck oder ein Moment aufnehmen müssen.

VORFERTIGUNG, ABHALTIGKEIT

Die Vorfertigung von vollständigen Fassadenelementen im Werk erfordert eine genaue Anpassung an den späteren Einbauort. Toleranzen können nur noch im Millimeterbereich ausgeglichen werden. Zusätzlich zur allgemeinen Bestandserfassung des Gesamtgebäudes wird damit ein genaues Aufmaß jeder einzelnen Fassade notwendig, das als genaue Grundlage für die passgenaue Fertigung der Elemente und die Aufteilung der VIP dienen kann.

Die im Aufmaß ermittelten sowie in Fertigung und Montage -trotz genauester handwerklicher Leistungen- entstehenden Abweichungen und Unebenheiten können nur in der ersten Befestigungsebene aufgenommen werden.

Um die Gesamtstärke des Fassadenelementes zu minimieren und den Dimensionsgewinn der Vakuumdämmung gegenüber herkömmlichen Dämmstoffen auszunutzen, müssen alle Schichten der Fassade so schlank wie möglich ausgeführt werden. Im Zusammenspiel mit dem Ausgleich von Toleranzen entsteht ein hoher Schwierigkeitsgrad, der in

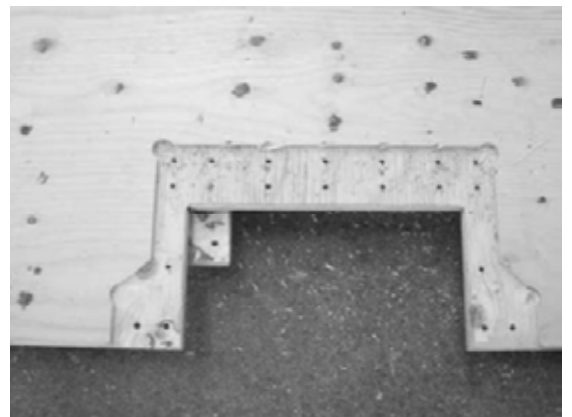


Abbildung 36: Einfräsung Kerto-Platte

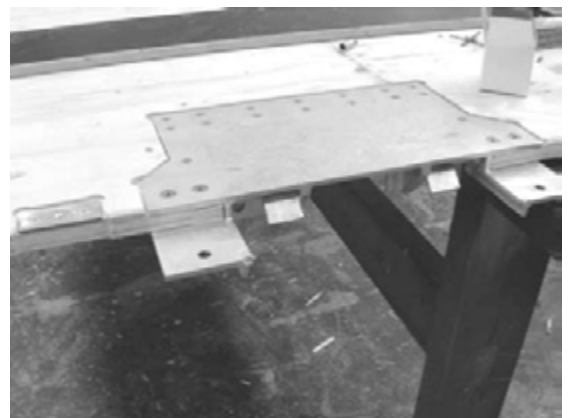


Abbildung 37: Kerto-Platte mit E-Befestiger

der ersten Befestigungsebene technisch gelöst werden muss.

Die Justagemöglichkeit bei den E-Befestigern ist auf sehr engem Raum realisiert worden. Um dies zu ermöglichen wird der zur Verfügung stehende Raum für den Befestiger durch das Einfräsen in die Tragplatte optimal genutzt. So wird die Applikation der Elemente an die bestehende Außenwand mit einem Abstand zur Bestandwand (inkl. Putz) von nur 35-55 mm möglich. Mit diesem Spielraum von 20mm wird gewährleistet, dass die neue Fassade lotrecht montiert und die vorliegenden Abweichungen in der Althausfassade ausgeglichen werden können.

Ein flexibler Dämmstoff unterbindet nach dem Einbau die Konvektionsströmungen in dem verbleibenden Zwischenraum zwischen Althauswand und der Rückseite der GEDT-Elemente.

QUALITÄTSKONTROLLEN, PROTOTYPFERTIGUNG



Abbildung 39: Einbauversuch 1



Abbildung 38: Einbauversuch 2

Bei der Projektierung eines neuartigen Fassadensystems muss eine Fertigung von Modellen und Prototypen erfolgen. Damit können Materialien und Fügungen kontrolliert werden und die zu erwartende Ausführungsqualität abgeschätzt werden.



Abbildung 40: Probemontage im Werk

Mit dem Projektfortschritt entsprachen diese Prototypen immer mehr dem Endprodukt. Vor allem die komplexen Befestigungssysteme der ersten und zweiten Befestigungsebene konnten auf diese Weise realitätsnah beurteilt werden.

MONTAGE UNTERKONSTRUKTION

Die Festlegung über die Lage der Unterkonstruktionspunkte erfolgte durch das Vermessungsbüro, das auch die Einmessung der Fassade bearbeitet hatte. Schon in der Planungsphase wurde ein Koordinatensystem entwickelt, auf dem die Lage jedes Befestigungselementes in allen vier Befestigungsebenen festgelegt ist. Das Koordinatensystem dient sowohl der Fertigung der Fassadenelemente als auch der Montage vor Ort als Orientierungsgrundlage.



Abbildung 41: Fassadenseitige Befestigungselemente für das GEDT

Die Montage der Unterkonstruktion an der Althauswand erfolgt parallel zur Elementfertigung im Werk, um nach Beendigung der Fertigung ohne zeitliche Verzögerung mit der Fassadenmontage beginnen zu können. Die Befestigungspunkte werden in den beiden Mauerwerksschalen mit Spezialdübeln befestigt. Vertikallasten aus Eigengewicht werden nur in die Vorderschale eingeleitet,

Horizontallasten werden in Vorder- und Hinterschale eingeleitet

Die Tragfähigkeit der bestehenden Althauswand wurde zuvor mithilfe von Dübelauszugsversuchen an allen drei Gebäuden ermittelt. Auf die Einhaltung der Zulassung und der statischen Vorgaben (Anzugsmoment der Dübel, Aushärtung des Dübel-Mörtels) ist bei der Ausführung vor Ort besonders zu achten, da nach Montage der Elemente die Befestigungspunkte nicht mehr zugänglich sind.

Durch die kraftschlüssige Montage direkt auf dem Mauerwerk muss die winddichte Ebene in diesem Bereich erneut hergestellt werden. Als kostengünstige Lösung stellt sich hier die Anbringung einer Unterspannbahn mit Luftdichtungskleber auf Mauerwerk und dem vorhandenen Außenputz dar.



Abbildung 42: Winddichtigkeit an E-Befestiger

WÄRMEBRÜCKENOPTIMIERUNG

Die Vakuumisulationspaneele besitzen ausgezeichnete Wärmedämmeigenschaften, die jeden anderen Werkstoff, der in der Dämmebene eingesetzt wird, als Wärmebrücke wirken lassen. Die energetischen Simulationen zeigen bei einer Berücksichtigung dieser Wärmebrücken einen Zuwachs beim U-Wert des Gesamtelementes von $0,115 \text{ W / m}^2\text{K}$ auf $0,15 \text{ W / m}^2\text{K}$, also eine Verschlechterung um ca. 30%.

Eine sinnvolle Optimierung der Gesamtkonstruktion kann an diesen Stellen erfolgen:

- Im Bereich der linearen Wärmebrücken (Fuge zwischen den GEDT, Fuge zwischen den einzelnen VIP).
- Bei den punktförmigen Wärmebrücken (Befestigungselemente der 2. lastabtragenden Ebene in den beiden o.g. Fugen).

Die Fuge zwischen den GEDT-Elementen wird durch den Ablauf der Montage und die Randausbildung der Elemente bestimmt. Aus montagetechnischen Gründen und wegen der Möglichkeit des Toleranzausgleiches auf der Baustelle beträgt die GEDT-Fugenbreite 10mm (-5mm/+5mm). Die Fugen werden in kompletter Tiefe mit einem vorkomprimierten Dichtband versehen und außenseitig mit einem dampfdiffusionsoffenen Kleband aus Butylvlies abgeklebt. Die notwendigen statischen Randbefestigungen zur Verbindung der vorderen und hinteren GEDT-Schale sind um Materialstärke in die Kerto- bzw. BFU-Platte eingelassen, um einen möglichst glatten Elementrand zu erzeugen. An den GEDT-Stößen wurden die Verbindungselemente aus Edelstahl zusätzlich versetzt, um Wärmebrücken zu minimieren und Kollisionen unter den GEDT-Elementen zu vermeiden.

Eines dieser Fassadenelemente setzt sich aus mehreren großformatigen Vakuumpaneelen zusammen, da die



Abbildung 43: Ausschäumen der VIP-Fugen

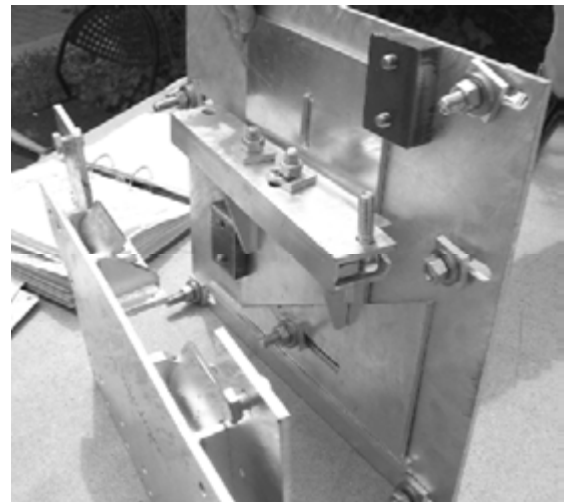


Abbildung 44: E-Befestiger mit Justierung

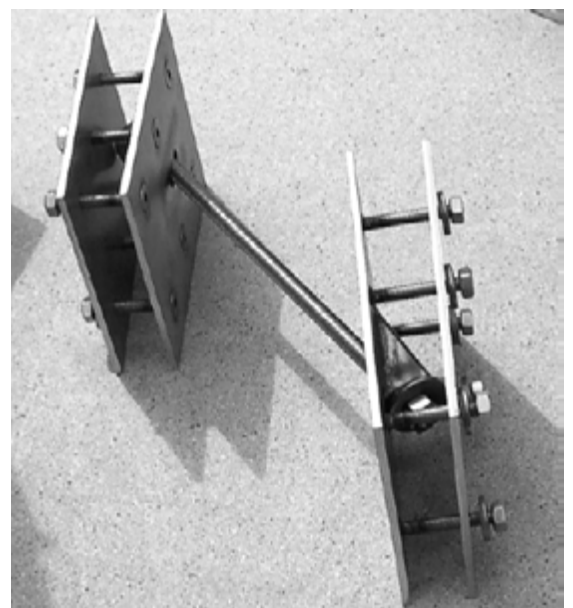


Abbildung 45: Lastabtragender Edelstahl-Beschlag

Maximalgröße von Vakuumdämmpaneelen durch den Herstellungsprozess begrenzt ist.

Die statisch erforderlichen punktuellen Edelstahldurchdringungen geben eine Art vertikales Raster vor, das die Breite der einzelnen VIP bestimmt. An den Durchdringungspunkten sind in das VIP kleine Einbuchtungen eingeformt, die eine Durchführung dieser statischen Elemente ermöglicht. Ein direkter Kontakt von VIP und Befestigungselement muss in jedem Fall vermieden werden, da ansonsten durch ständige Last- und Temperaturwechsel ein Schaden an der Hüllfolie des VIP vorzuzusehen ist.

Die Anforderungen an die Fuge, die zwischen zwei VIP-Elementen entsteht, ist einfach: Sie muss so schmal wie möglich sein. Die tatsächliche Breite der Fuge ist allerdings abhängig von der Maßhaltigkeit der Vakuumpaneele und der Präzision der Verlegung. Bei der Evakuierung der VIP kommt es zu Größenveränderungen des Stützkörpers und zu Folienverfaltungen. Im Fugenbereich der VIP-VIP-Fugen wird daher zu Minimierung der Wärmebrücke ein dünnes vorkomprimiertes Fugenband angeordnet.

FENSTERINTEGRATION

Werkseitiger Einbau / Fensterlage

Das Forschungsvorhaben sieht die werkseitige Integration der Fenster in die Fassadenelemente vor. Auch hier ist die Präzision des Aufmaßes und die Übernahme der Daten in die Produktion wichtig, da ansonsten die spätere Funktionsfähigkeit der Fenster durch eine falsche Position in der vorhandenen Öffnung gefährdet ist. Ein klarer Vorteil für die Bewohner liegt in der kurzen und unabhängigen Montagezeit der neuen Fenster. Die Bestandfenster können bis zur Fertigstellung der Fassade eingebaut bleiben und danach wetterunabhängig demontiert werden. Die Anschlüsse im Bereich der Fensterbank und Laibung erfolgen nach dem Ausbau des alten Fensters.

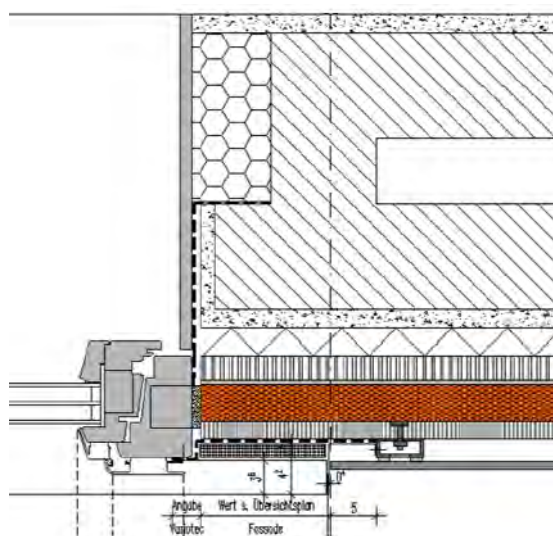


Abbildung 46: Detailschnitt Fenster

Energetische Simulationen und Wärmebrückenberechnungen zeigen, dass die mittige Position des Fensters über dem VIP die beste Lösung im Schichtenaufbau des GEDT darstellt. Diese Festlegung deckt sich mit einer montage-technischen Anforderung:

Die innere Oberfläche der GEDT-Elemente sollte möglichst glatt

und eben sein um Kollisionen und Beschädigungen von überstehenden Bauteilen zu vermeiden.



Abbildung 47: Einbau Fenster in GEDT-Element

Fensterintegration - Energetische Kennwerte, Materialien

Für die Integration von Fensterelementen in die GEDT-Elemente gibt es grundsätzlich keine Einschränkungen in Bezug auf die möglichen Rahmenmaterialien. Bei den hohen Anforderungen an den Wärmeschutz des gesamten Fassadenelementes kommen allerdings nur Rahmen mit einem sehr niedrigen U-Wert

[U_f] in Frage. Eine hohe energetische Qualität ist in der Regel nur durch große Profilstärken und durch die Verwendung von zusätzlichen Dämmstoffen im Profil möglich. Die entsprechenden Profiltiefen des Blendrahmens sind dabei größer als der eigentliche Dämmpaneelaufbau mit VIP. Bei den eingesetzten Holz-Fenstern des Projektpartners Variotec handelt es sich um passivhaus-taugliche Bauteile mit einem sehr niedrigen U_f -Wert von ca. $0,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Die Bautiefe ist mit 11 cm vergleichsweise gering, jedoch immer noch etwas größer als

der gewählte GEDT-Aufbau ohne



Abbildung 48: Fenster im GEDT ohne Fassadenbekleidung

Fassadenbekleidung. Durch die zusätzlich aufgebrachte Aluminiumdeckschale des Rahmens lässt sich aber die übrige Fassadenbekleidung passgenau durch ein Fugenblech anschließen.

Die Lastabtragung des Fensters erfolgt im raumseitigen Profilteil, so dass eine Befestigung wärmebrückentechnisch günstig in der KERTO-Platte, also auf der warmen Seite, vor der Ebene der VIP-Elemente, erfolgen kann. Sollte es durch außerplanmäßige Belastungen zu einer Beschädigung des Blendrahmens kommen, so ist durch Entfernung der inneren Leibungsanschlüsse und Lösen der Verschraubungen am GEDT eine Demontage des Fensters - ähnlich der Fensterdemontage bei einem herkömmlichen außenliegenden Anschlag - möglich.



Abbildung 49: Fensterbefestigung in Kerto-Platte

Fassadenbekleidung

Die Wirkung der Fassadenbekleidung für das Gesamtprojekt sollte nicht unterschätzt werden. Die Gestaltung der Straßenfassade bekommt automatisch eine große Bedeutung, da sie die Außenwirkung des Elementes wesentlich mitprägt.

Zusätzlich soll sie das Prinzip der Vakuumdämmtechnologie erkennbar machen, die Schlankheit des Fassadensystems betonen. Aber auch der funktionale Charakter als



Abbildung 50: Verklebung Fassadenbekleidung

Witterungsschutz der äußeren Schutzschicht aus BFU-Platten und der Schutz der Elementfugen muss dauerhaft gewährleistet sein.



Abbildung 51: Fassadendetail Fenster

Die eingesetzten Harzkomposit-Fassadenplatten sind langlebig und lassen sich durch ihre Farbvielfalt sehr gut mit dem weiteren farblichen Gebäudekonzept abstimmen. Als besonders sinnvoll stellt sich die Möglichkeit zur Verklebung dar, für die eine bauaufsichtliche Zulassung vorliegt.

Die Montage erfolgt auf einer werkseitig über Bolzen vormontierten schmalen Unterkonstruktion an der äußeren Tragschale. Am Einbauort sind daher keine Bohrarbeiten am GEDT-Element erforderlich. Geringfügige Höhendifferenzen der Elemente können allerdings noch vor Ort vorgenommen werden. Die vertikal verlaufende Unterkonstruktion gewährleistet die Hinterlüftung der Fassade und dient sogleich der Lastabtragung. Der minimal erforderliche Hinterlüftungsraum von 2cm wird eingehalten.

INTEGRATION DER GEDT-ENTWICKLUNG IN DEN MODERNISIERUNGSPROZESS

Die Ausführung der allgemeinen energetischen Sanierung und die zeitlich verschobene Montage der GEDT-Fassadenelemente waren für die Planung der Anschlussdetails an Sockel, Traufe und Übergang zum WDVS maßgeblich.

Der Übergang der konventionellen Wärmedämmverbundfassade zur Elementfassade wird durch eine Arbeitsfuge an der Gebäudeecke gebildet. Sie ermöglicht die komplette dreiseitige Herstellung der WDVS-Fassade ohne zeitliche Abhängigkeit zur Montage der Elementfassade. Zusätzlich dient sie als

gestalterische Trennfuge zwischen Sockel und Traufen-Verkleidung. Sie wird im Fassadenbereich als WDVS ausgebildet und liegt um ca. 3cm hinter der übrigen Putzfassade –ebengleich mit der Sockelzone- zurück. Die Elementfassade ragt an der Gebäudeecke aufgrund der Wärmebrückenoptimierung und aus gestalterischen Gründen über das WDVS hinaus. Der Gesamtaufbau des Fassadenelementes ist dabei deutlich sichtbar, da die Fassadenbekleidung an dieser Stelle zurückbleibt.

Im Bereich der Gebäudekante ist ein Randholz in der VIP-Ebene eingelassen, das über eine Verschraubung einen zusätzlichen festen Randverbund des Elementes herstellt und für die exponierte Ecke einen besonderen Kantenschutz bietet.

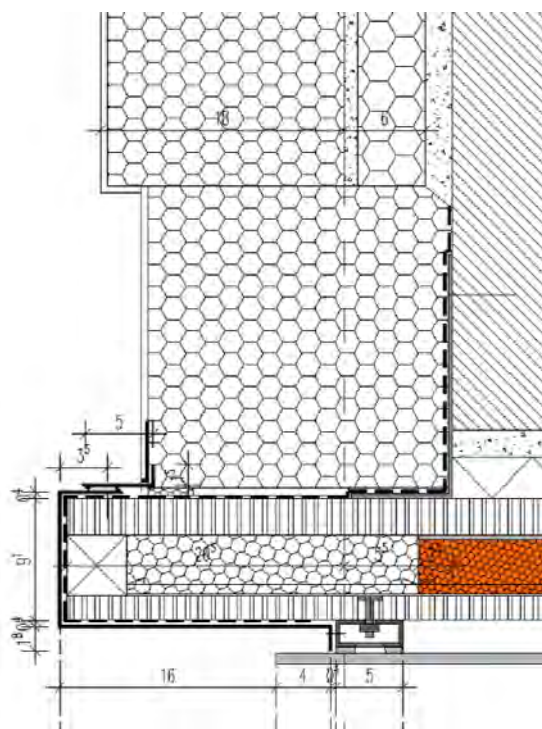


Abbildung 52: Detailschnitt Fassadenecke

Die Fügung von GEDT und Traufen-Untersicht bzw. Traufen-Dämmung wurde so ausgebildet, dass die Untersicht bis auf die Traufen-Bekleidung mit Harzkomposit-Fassadenplatten abgeschlossen werden konnte. Als Anschluss-element zur Traufe wurde ein Füll-GEDT-Element entwickelt, das im Aufbau mit dem restlichen GEDT identisch ist. Es überbrückt den Zwischenraum von 25 cm, der für die Montage der großen Fassadenelemente unterhalb der Traufe notwendig ist. Durch eine spezielle Klemmkonstruktion wird das Element zwischen Traufe und den großen GEDT gehalten.



Abbildung 53: Eckanschluss GEDT und WDVS-Fassade

Aus energetischen Gründen ist eine Dämmung des Sockels mit Vakuumdämmung nicht notwendig, da sich hier keine beheizten Räume befinden. Die Unterkante der GEDT-Fassade endet daher in der Höhe der Unterkante der Kellerdecke. Die Dämmung des Sockels erfolgt mit einem Wärmedämmverbundsystem, das für diesen Perimeterbereich geeignet ist. Die Herstellung erfolgt nach Abschluss der Montagearbeiten der GEDT-Fassade in Verbindung mit den Anschlussarbeiten der seitlichen Arbeitsfuge.

Montage

Die Durchführung des Teilprojektes „Vorgefertigte GEDT-Fassade mit Vakuumdämmung“ konnte nur durch eine sehr detaillierte Planungs- und Erprobungsphase bewältigt werden. So wurden z.B. detaillierte Montageanleitungen



Abbildung 54: Transport zur Baustelle

entwickelt, die mit den Monteuren vor Ort intensiv besprochen wurden.

Die Montage-Reihenfolge ist vor Baubeginn festgelegt. Nach einem Probedurchgang, bei dem durch Einhängen der Fassadenelemente die korrekte Justage der Befestigungspunkte an der Wand überprüft wird, werden die Elemente endgültig montiert. Nach erfolgter Montage der vier Großelemente werden die Passstücke unterhalb der Traufe montiert. Dabei sind einzelne Montagschritte durch das Abbinden von Klebemörtel nicht mehr reversibel. Hier sind also eine außerordentliche Konzentration und ein gutes Zusammenspiel der Akteure vor Ort erforderlich. Der komplexe Sachverhalt macht eine lückenlose Bauleitung erforderlich, um eine zeitnahe und mangelfreie Fertigstellung sicherzustellen.

Die Montage von Fertigteilen stellt im Allgemeinen immer eine ganz besondere Herausforderung bei der Objektüberwachung dar. Ihre Vorteile bezüglich der Präzision und die Witterungsunabhängigkeit bei der Produktion der Elemente sind jedoch unverkennbar.



Abbildung 55: Montage mit Hubstapler



Abbildung 56: Hubstapler und Hebebühne



Abbildung 57: Rückseite GEDT mit Fülldämmung

Der hohe Koordinationsaufwand muss hier aber ebenfalls angesprochen werden. Der Übertrag eines Aufmasses an einen entfernten Produktionsort ist für das Bauwesen nicht alltäglich. Zwar besitzen die heutigen EDV-Programme gute Möglichkeiten für die verlustfreie Übertragung von Planungsinformationen, die Überprüfung der verarbeiteten Daten während der Produktion ist aber kaum möglich. Damit entsteht erst am Einbauort die Möglichkeit die Passgenauigkeit zu überprüfen. Bei den Fassadenelementen der Wilhelmstraße hat das geklappt.

Die Vorteile bei einem Einsatz von empfindlichen Vakuumisulationspaneelen sind dabei unverkennbar.



Abbildung 58: Zwischenstand Montage unteres GEDT

FAZIT

Der Einsatz von Vakuumisulationspaneelen konnte im Rahmen des Forschungsprojektes erfolgreich durchgeführt werden. Die Schwierigkeiten bei der Konstruktion eines Fassadenpaneels mit statisch nicht belastbaren VIP waren erheblich und mussten zum Teil durch besondere statische Nachweisverfahren erbracht werden.

Die energetische Optimierung von Verbindungselementen aus Edelstahl, die mit einer –für das Bauwesen- unüblichen Präzision gefertigt werden mussten, zeigt die hohen Anforderungen dieser Neuentwicklung.

Letztlich konnte der Zuschlag von Wärmebrückeneffekten der durchdringenden Verbindungselemente auf 15 % reduziert werden.

Die notwendige Sorgfalt bei der Montage der Fassadenelemente war ebenfalls überdurchschnittlich. Die Fugenbreite musste auf 10mm oder darunter reduziert werden. Das setzte ein umfangreiches Bestandsaufmaß in allen drei Raumrichtungen voraus, das bei der Planung, der Herstellung der Elemente und Montage vor Ort berücksichtigt werden musste.

Die ersten Messungen nach der Fertigstellung zeigen gerade im Hinblick auf die Funktionskontrolle der Vakuum-Isolationspaneele sehr befriedigende Ergebnisse.

Angesichts eines Anteils von nur ca. 3 % defekter Vakuum-Isolationspaneele beim erstmaligen Einsatz dieser Prototypen zeigt die Vorfertigung Vorteile beim Schutz der empfindlichen Paneele.

Die entstandenen Entwicklungs- und Fertigungskosten für GEDT-Elemente liegen erheblich über denen von üblichen Außenwandsystemen.

Ein solches Ergebnis kann bei der Erstentwicklung und Erstanwendung eines komplexen neuen Systems letztlich nicht überraschen und erlaubt noch kein Urteil über die zukünftigen Anwendungsmöglichkeiten.

Der Einsatz der Vakuumdämmung erscheint zunächst nur für besondere Situationen von Interesse, bei denen nur eine begrenzte Schichtdicke zur Verfügung steht, gleichzeitig aber eine hoher Dämmwert erreicht werden soll.

Im Laufe des Projektes wurden zahlreiche Erfahrungen gemacht, die in die Weiterentwicklung hin zu einem marktfähigen Produkt einfließen sollten. Ergebnisse dieser



Abbildung 59: Ecksituation GEDT Fassade



Abbildung 60: Seitliche Ansicht GEDT



Abbildung 61: Ansicht Straßenseite nach Fertigstellung

Entwicklungen müssten neben den Optimierungen bei Elementaufbau und -abmessung vor allem eine Reduktion der Kosten und des Herstellungsaufwandes sein.

Angesichts der Herausforderungen des Klimaschutzes wird es notwendig sein, auch im Bauwesen weiterhin neue und auch unkonventionelle Wege zu erproben.

Projektbeteiligte

Energie & Haus, Darmstadt
*Baubegleitende Qualitätssicherung,
Auswertung Baukosten/ Wirtschaftlichkeit*
www.energie-und-haus.com

HWB, Hofheimer Wohnungsbau GmbH, Hofheim/ Taunus
Bauherr
www.hwb-hofheim.de

Ift, Institut für Fenstertechnik Rosenheim GmbH, Rosenheim
*Integration Fenster in GEDT,
Schallmessungen*
www.ift-rosenheim.de

IGRT, Ingenieurbüro Gathmann, Reyer u. Teilhaber GmbH, Bochum
*Entwicklung Grobelementdämmtechnik GEDT,
Konstruktion und Statik*
www.igrt.de

IWU, Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt
*Projektkoordination, energetische Optimierung GEDT-Elemente,
Messprogramm, Mieterbefragung, energetische Optimierung und
ökonomische Bewertung des Gesamtprojekts*
www.iwu.de

planungsgruppeDREI PartG, Architekten + Ingenieure, Mühlthal
*Architektur, Gebäudetechnik,
Integration GEDT in energetische Modernisierung,
Leitung Teilprojekt GEDT*
www.planungsgruppe-drei.de

Variotec GmbH & Co. KG., Neumarkt/OPf
Herstellung und Montage der GEDT-Elemente
www.variotec.de

Forschungsberichte und weitere Informationen zum Projekt können auf der Homepage des Instituts Wohnen und Umwelt **www.iwu.de** heruntergeladen werden.

Wir danken Nikolaus Diefenbach und Marc Großklos für Ihre Anregungen, konstruktiven Anmerkungen und Vorschläge.

Das Forschungsprojekt wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (über den Projektträger Jülich, PTJ) und des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung gefördert [Förderkennzeichen 0329750V].

Wir danken der Fa. Sto AG und Fa. Techem AG für die Unterstützung.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ansicht vor der Sanierung.....	6
Abbildung 2: Südansicht MFH Wilhelmstraße.....	9
Abbildung 3: Südansicht MFH Wilhelmstraße nach Sanierung	9
Abbildung 4: Vergleich Heizwärmebedarf saniert / unsaniert	10
Abbildung 5: Ausschnitt Stadtplan Hofheim.....	17
Abbildung 6: Lageplan Wilhelmstraße.....	18
Abbildung 7: Grundriss Ober- und Dachgeschoss [Bestand]	19
Abbildung 8: Grundriss Ober- und Dachgeschoss [Neuplanung].....	21
Abbildung 9: Querschnitt Wohnungsaufteilung	22
Abbildung 10: Ausschnitt Grundriss Obergeschoss.....	22
Abbildung 11: Abrissarbeiten Dachstuhl	26
Abbildung 12: Neue Dachkonstruktion	27
Abbildung 13: Aufsparrendämmung	28
Abbildung 14: Aufsparrendämmung Prinzip.....	29
Abbildung 15: Doppelschaliges Mauerwerk im Bestand.....	31
Abbildung 16: Zusätzliche Außenwanddämmung	32
Abbildung 17: Nachzuarbeitende Fugen beim WDVS	35
Abbildung 18: Luftspalt zwischen WDVS und Altwand	35
Abbildung 19: Zusätzliche Sockeldämmung	35
Abbildung 20: Fenstereinbausituation mit Rückschneiden des alten WDVS	37
Abbildung 21: Fenstereinbausituation Neubau / KfW60 / KfW 40	38
Abbildung 22: Anlagenschema Heizzentrale	42
Abbildung 23: Heizzentrale mit Holzpelletkessel.....	43
Abbildung 24: Zuluftelement unter Fensterbank.....	45
Abbildung 25: Lüftungsgerät während Bauphase und nach Fertigstellung.....	47
Abbildung 27: Aufbau Vakuumisulationspaneel [Bild Fa. Va-Q-Tec]	52
Abbildung 28: Ungeschützte Vakuumpaneele [Bild Fa. Porextherm]	53
Abbildung 29: VIP-Einbau an Kellerdecke.....	54
Abbildung 30: VIP-Einbau Rollladenkasten	54
Abbildung 31: VIP mit Schutzschichten	54
Abbildung 32: Aufteilung GEDT	55
Abbildung 33: Aufteilung GEDT-Elemente	56
Abbildung 34: Aufbau GEDT-Element.....	57
Abbildung 35: GEDT mit BFU-Schutzschicht.....	58
Abbildung 36: Einfräsung Kerto-Platte.....	59
Abbildung 37: Kerto-Platte mit E-Befestiger	59
Abbildung 38: Einbauversuch 2	60
Abbildung 39: Einbauversuch 1	60
Abbildung 40: Probemontage im Werk.....	60
Abbildung 41: Fassadenseitige Befestigungselemente für das GEDT.....	61
Abbildung 42: Winddichtigkeit an E-Befestiger	62
Abbildung 43: Ausschäumen der VIP-Fugen.....	63
Abbildung 44: E-Befestiger mit Justierung.....	63
Abbildung 45: Lastabtragender Edelstahl-Beschlag.....	63
Abbildung 46: Detailschnitt Fenster	64
Abbildung 47: Einbau Fenster in GEDT-Element	65
Abbildung 48: Fenster im GEDT ohne Fassadenbekleidung	65
Abbildung 49: Fensterbefestigung in Kerto-Platte.....	66
Abbildung 50: Verklebung Fassadenbekleidung	66
Abbildung 51: Fassadendetail Fenster	67
Abbildung 52: Detailschnitt Fassadenecke.....	68
Abbildung 54: Transport zur Baustelle	69
Abbildung 55: Montage mit Hubstapler.....	70
Abbildung 56: Hubstapler und Hebebühne	70
Abbildung 57: Rückseite GEDT mit Fülldämmung.....	70
Abbildung 58: Zwischenstand Montage unteres GEDT	71
Abbildung 59: Ecksituation GEDT Fassade.....	72
Abbildung 60: Seitliche Ansicht GEDT.....	72
Abbildung 61: Ansicht Straßenseite nach Fertigstellung.....	73

Bilder und Grafiken von planungsgruppeDREI, Mühlthal und Institut Wohnen und Umwelt [IWU], Darmstadt sofern nicht anders vermerkt.

In Hofheim am Taunus wurden in den Jahren 2005 und 2006 drei kleine Mehrfamilienhäuser umfassend modernisiert. Dabei wurde eine hohe Energieeffizienz bei Wärmeschutz und Wärmeversorgung angestrebt, was unter anderem durch Einsatz von Vakuumdämmung in neu entwickelten Fassadenelementen erreicht wurde. Das Projekt wurde von einem Forschungskonsortium betreut und die Ergebnisse für die Fachwelt in Berichten ausführlich dokumentiert.

Ausgehend vom Gedanken, dass Investitionen in die Gebäudehülle und Haustechnik in der Regel sehr dauerhaft sind, wird mit dieser Dokumentation eine umfassende Sichtweise auf diese zukunfts-trächtige Bauaufgabe versucht. Dabei sollen nicht nur die technischen Anforderungen der Energieeinsparung eine Rolle spielen sondern auch die vielfältigen architektonischen Aspekte, die im Zuge einer Sanierung und Modernisierung Veränderungspotential besitzen.

In dieser Veröffentlichung soll daher die energetische Modernisierung im Rahmen einer Gesamtsicht auf das Vorhaben dargestellt werden. Dabei werden die technischen Aspekte der Energiesparmaßnahmen aber nicht zu kurz kommen, denn eins ist klar: Je höher die Ziele bei der Energieeffizienz gesteckt werden, desto mehr kommt es auf eine sorgfältige Planung und Ausführung im Detail an.

Die entsprechenden Erfahrungen und Messauswertungen aus dem Projekt mit Hinweisen für Bauherren und Planer nehmen also einen entsprechend großen Raum ein.