economicum

Leistbares und energieeffizientes Wohnen

THEMENBAND SESSION 8

Wohngebäude klug sanieren

Energieinstitut Vorarlberg

economicum

Themenband Session 8
10. April 2019

economicum – eine Veranstaltungsreihe des Energieinstitut Vorarlberg

economicum – Struktur

Im Rahmen der 2014 vom Energieinstitut Vorarlberg initiierten Veranstaltungsreihe economicum – leistbares und energieeffizientes Bauen – werden die Aspekte Leistbarkeit und Energieeffizienz für die Hauptzielgruppen der Architekten, Fachplaner, Bauträger und Energieberater aufbereitet. Die Veranstaltungsreihe besteht aus jährlich zwei Veranstaltungen.

Die Veranstaltungsreihe wurde konzipiert, da die Diskussion um die weitere Entwicklung des Wohnungsbaus in Vorarlberg, Österreich und anderen europäischen Ländern, angesichts der überproportional steigenden Bau- und Wohnkosten stark vom Thema „Leistbarkeit" geprägt wird und neben Kostentreibern wie den Grundstückspreisen, Baunutzungszahlen, Stellplatzanforderungen, Barrierefreiheit und andere, auch das Thema der Energieeffizienz sehr stark unter Kostenaspekten diskutiert wird.

Wie statistische Auswertungen zeigen, ist vor dem Hintergrund der Kostendiskussion der Trend zur Reduktion des Energiebedarfs von Gebäuden in den letzten drei Jahren zum Erliegen gekommen. Sollen jedoch die internationalen Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens, die EU-Ziele und die regionalen Ziele der Energieautonomie Vorarlberg erreicht werden, so muss die energetische Qualität von Neubauten und Sanierungen weiter gesteigert werden. Dies wird nur möglich sein, wenn es gelingt, den prognostizierten niedrigen Energiebedarf auch in der Praxis zu erreichen und die Mehrkosten so weit zu minimieren, dass energieeffiziente Gebäude wirtschaftlich errichtet und betrieben werden können. Wie beispielhafte Projekte zeigen, ist dies schon heute möglich, die Normalität ist es jedoch noch nicht.

economicum – Ziele

Ziel des economicum ist es daher beispielhafte Projekte, Konzepte und Planungsmethoden vorzustellen und so zu einem Erfahrungsaustausch der Vorarlberger Akteure mit Fachleuten aus anderen Bundesländern und dem Ausland beizutragen.

Im vorliegenden Themenband sind die Inhalte der achten Session sowie weiterführende Informationen zum Thema aufbereitet.

Aktuelle Informationen finden sich unter:
www.energieinstitut.at/economicum/

Vorwort

Wohnen gehört für die Menschen zum Grundbedürfnis. Über dieses Grundbedürfnis hinaus bedeutet Wohnen und der Besitz von Wohnraum für viele in unserem Land Großzügigkeit, beste Qualität, höchster Komfort durch Lage und Ausstattung. Teilweise ist Wohnraumbeschaffung auch eine finanzielle Absicherung und rutscht ins spekulative Handeln ab. Im Spektrum zwischen den allernötigsten Grundvoraussetzungen und dem gehobenen Segment spielt sich die Diskussion ab, was denn dieses Gut kosten darf und welche Qualität es mindestens haben soll bzw. muss.

Wie bei allen kaufbaren oder mietbaren Gütern hinterlegt jeder Käufer/jede Käuferin seine individuellen Werte. Diese Werte, gepaart mit den finanziellen Möglichkeiten, entscheiden den Wohnungs- bzw. Hauskauf.

Obwohl ein Kaufpreis meist fix ist, ist lange noch nicht klar, was das Wohnen insgesamt über die Jahre kosten wird und ob während der Nutzung das Wohnen „leistbar" bleiben wird. Da gibt es viele Unbekannte wie Zinsentwicklung, die Einkommensentwicklung, die Familienentwicklung, die Energiekostenentwicklung oder die möglichen Änderungen im Umfeld des Gebäudes.

Wer möglichst „sicher" in die lange Nutzungszeit eines Hauses oder einer Wohnung investieren möchte, sollte jene Risiken, die sich zum Anschaffungszeitpunkt reduzieren lassen, auch zu diesem Zeitpunkt berücksichtigen. Dazu gehört aus Sicht des Energieinstitut Vorarlberg die Qualität der Gebäudehülle, nicht nur aus Komfortgründen sondern auch aus Gründen der langen Nutzungszeit. Denn: je länger ein Erneuerungszyklus eines Elementes ist und je teurer dieses Element ist, umso höher muss die Qualität sein und umso mehr Hirnschmalz ist für die Auswahl aufzuwenden.

Im economicum wird deshalb in viele Bereiche der Gebäudebetrachtung in diese Tiefe vorgestoßen. Es werden Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt und Hilfestellungen für eine erweiterte Wertebildung gegeben. Damit wird die Sache nicht weniger komplex, jedoch der Entscheidungspfad ist nachvollziehbarer und stützt sich auf Fakten. Wir sind überzeugt, dass wir mit diesen Beiträgen eine fundierte Entscheidung unterstützen.

DI Josef Burtscher
Geschäftsführer Energieinstitut Vorarlberg

Session 8 · Wohngebäude klug sanieren

10. April 2019 · Tagesordnung

8.30 **Begrüßung und Moderation**
Helmut Krapmeier

8.45 **Wohngebäude gut sanieren**
Bedeutung der Sanierung auch im Hinblick auf die Energieautonomie Vorarlberg
Martin Ploss, Energieinstitut Vorarlberg

9.45 **Umsetzungskonzepte für energieeffiziente und wirtschaftliche Sanierungen von Wohngebäuden**
Umsetzungsbeispiele mit Fokus auf „Ohnehinkosten" und Kosten der energetischen Sanierung, Vorstellung städtebaulicher Sanierungskonzepte & Sanierungen
Burkhard Schulze Darup, Berlin

10.45 Kaffeepause

11.15 **Aufstockung und Erweiterung von Wohngebäuden in Holzbauweise**
Manfred Stieglmeier, stieglmeier architekten, München

12.15 Mittagessen

13.45 **Effizienzhaus Plus, Sanierung Neu-Ulm**
Sanierungsfahrplan für schrittweise Sanierung nach einem Gesamtkonzept
Stefan Öhler, Werner Sobek Engineering, Frankfurt

14.45 Kaffeepause

15.15 **Gelebt wie geplant. Wie geht das?**
Vollsanierung einer Kleinwohnanlage nach 6 Betriebsjahren im Rückblick
Eckart Drössler, Energieinstitut Vorarlberg

Finanzierung der Sanierung von Wohnanlagen
Top-down geht's leichter.
Ein neuer Ansatz & Beispiele aus der Praxis.
Eckart Drössler, Energieinstitut Vorarlberg

16.30 Abschlussdiskussion anschließend Apéro

Themenband 8

Inhaltsverzeichnis

6 Martin Plss
Wohngebäude gut sanieren
Bedeutung der Sanierung auch im Hinblick auf die Energieautonomie Vorarlberge

36 Burkhard Schulze Darup
Umsetzungskonzepte für energieeffiziente und wirtschaftliche Sanierungen von Wohngebäuden
Umsetzungsbeispiele mit Fokus auf „Ohnehinkosten“ und Kosten der energetischen Sanierung, Vorstellung städtebaulicher Sanierungskonzepte & Sanierungen

60 Manfred Stieglmeier
Weitergebaut - Aufstockung und Erweiterung von Wohngebäuden in Holzbauweise

84 Marc Gabriel
Effizienzhaus Plus, Sanierung Neu-Ulm
Sanierungsfahrplan für eine Altbausanierung nach einem Gesamtkonzept

102 Eckart Drössler
Gelebt wie geplant. Wie geht das?
Vollsanierung einer Kleinwohnanlage nach 6 Betriebsjahren im Rückblick

118 **Sanierungsfinanzierung von Wohnanlagen**
Ein Balanceakt für Wirtschaftsingenieure und Animateure.

126 Impressum

Wohngebäude energetisch gut sanieren

Bedeutung, Potenziale, Konzepte, Kosten und Wirtschaftlichkeit

Dornbirn, Juli 2019

Martin Ploss

Martin Ploss studierte Architektur, plante Passivhaus-Projekte und energetisch hochwertige Gebäudesanierungen im eigenen interdisziplinären Architektur-und Ingenieurbüro.

Seit 2005 ist er Mitarbeiter des Energieinstitut Vorarlberg und leitet seit 2011 den Bereich energieeffizientes Bauen. Er beschäftigt sich mit Forschungsprojekten zur energetisch-wirtschaftlichen Optimierung von Wohn- und Nicht-Wohngebäuden, wie etwa im Projekt KliNaWo.

Ein weiterer Fokus liegt auf Studien zur Abschätzung der Energieeinsparpotenziale des Wohn- und Nichtwohngebäudebestandes bis zum Jahr 2050, woraus sich Empfehlungen für politische Entscheidungsträger ergeben.

Inhalt

08 1. Energetische Sanierung – warum?
08 1.1 Klimapolitische Bedeutung des Gebäudesektors
11 1.2 Kopplung Gebäudesektor und Stromversorgungssystem
12 1.3 Nicht energetische Vorteile der energetischen Sanierung

16 2. Reale Verbräuche von Mehrfamilienhäusern im Bestand
18 2.1 Zusammenhang zwischen normiertem Bedarf und realem Verbrauch

20 3. Reale Verbräuche hocheffizienter Sanierungen

24 4. Kosten und Wirtschaftlichkeit

26 5. Wohngebäudebestand Vorarlberg

27 6. Sanierungsrate Gebäudehülle und Kesseltauschrate
27 6.1 Definition
29 6.2 Derzeitige Werte für Vorarlberg

30 7. Potentiale der Sanierung des Vorarlberger Gebäudebestandes

32 8. Beschäftigungseffekte in Vorarlberg durch die Erhöhung von Renovierungsrate und -qualität
32 8.1 Eingangsgrößen

34 9. Quellen

Wohngebäude energetisch gut sanieren

Bedeutung, Potenziale, Konzepte, Kosten und Wirtschaftlichkeit

1. Energetische Sanierung – warum?

1.1 Klimapolitische Bedeutung des Gebäudesektors

Wie Abbildung 1 zeigt, hatte der Gebäudesektor im Jahr 2017 mit 39% den größten Anteil am energetischen Endenergieverbrauch Vorarlbergs [1]. Im Vergleich zum Referenzjahr der Energieautonomie (2005) konnte der Endenergieverbrauch des Gebäudesektors trotz gestiegener Wohn- und Nutzflächen um 315 GWH/a reduziert werden. Dies entspricht einer Einsparung von 8%.

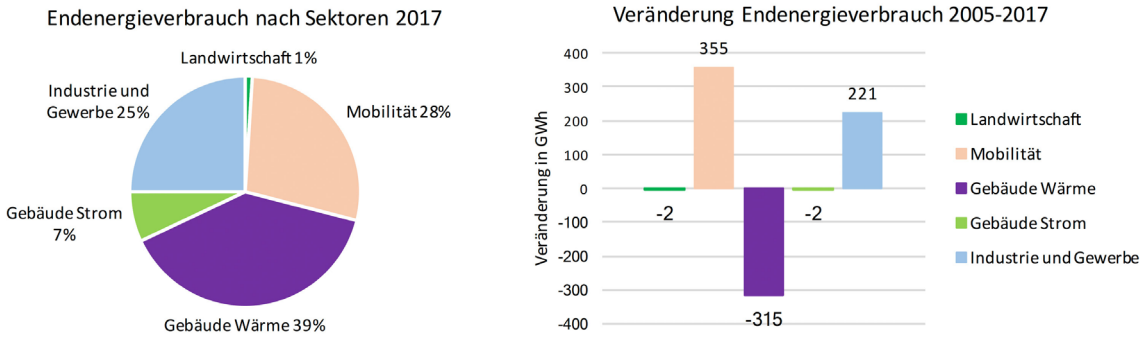


Abbildung 1: Energetischer Endverbrauch Vorarlberg nach Sektoren 2017 und Veränderungen im Vergleich zum Refrerenzjahr 2005 [1]

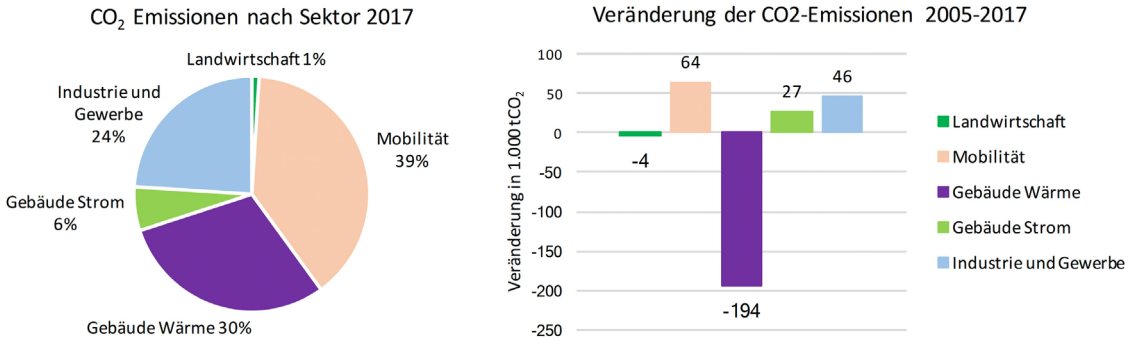


Abbildung 2: CO_2-Emissionen Vorarlberg nach Sektoren 2017 und Veränderungen im Vergleich zum Referenzjahr 2005 [1]

Die CO_2-Emissionen des Gebäudesektors hatten im Jahr 2017 einen Anteil von 30% an den energiebedingten Emissionen Vorarlbergs. Nur der Mobilitätssektor hat mit 39% einen höheren Anteil. Die Emissionen des Gebäudesektors konnten von 2005 bis 2017 um 194 GWh/a verringert werden, dies entspricht einer Reduktion von etwa 28%.

Auch wenn der Gebäudesektor im Vergleich zu den anderen Verbrauchssektoren besser auf dem Zielpfad der Energieautonomie ist, werden die wirtschaftlich umsetzbaren Reduktionspotenziale bislang weder im Neubau noch in der Sanierung auch nur annähernd ausgenutzt. Der Sektor hat eine hohe Bedeutung für den Erfolg der Energieautonomie, da in keinem anderen Sektor mit heute marktverfügbaren und wirtschaftlichen Maßnahmen so viel Energie eingespart werden kann.

Wie Abbildung 3 zeigt, wird der deutlich überwiegende Anteil des Endenergieverbrauchs des Gebäudesektors von Wohngebäuden verursacht.

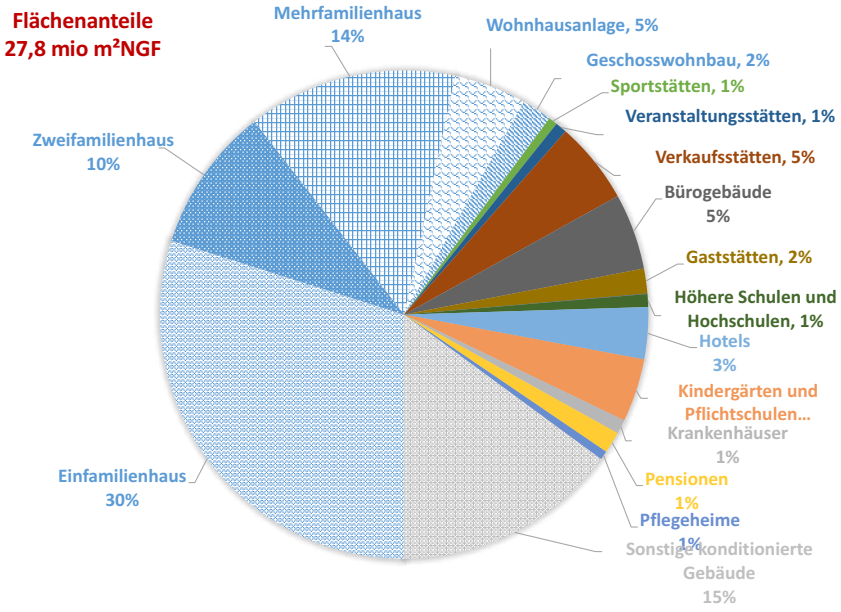


Abbildung 3: Anteile verschiedener Gebäudetypen am Endenergieverbrauch des Gebäudesektors [2]

Der Anteil der Wohngebäude am Gesamt-Endenergieverbrauch des Gebäudesektors beträgt etwa 67%, der Anteil der Nichtwohngebäude etwa 33%.

Angesichts der wachsenden Bevölkerung Vorarlbergs und des zu erwartenden Wirtschaftswachstums ist damit zu rechnen, dass sowohl die Wohn-, als auch die Nutzfläche weiter steigen werden. Während belastbare Prognosen für den Flächenzuwachs im Nicht-Wohnbau bislang kaum vorliegen, ist die Datenlage für den Bereich der Wohngebäude deutlich besser. In Abbildung 4 ist die zu erwartende Entwicklung der Bevölkerungszahl, der Anzahl der Haushalte und der Wohnfläche bis 2050 dargestellt [3].

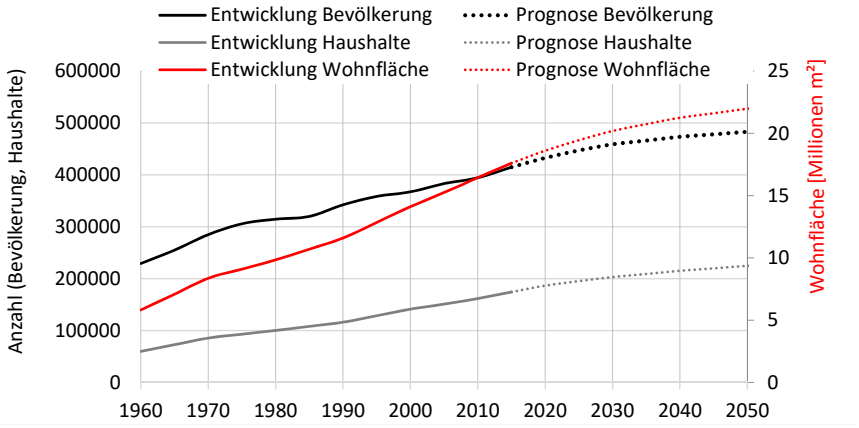


Abbildung 4: Entwicklung Bevölkerung, Anzahl der Haushalte und Wohnfläche in Vorarlberg [3]

Aufgrund der steigenden Anteile der Ein- und Zweipersonenhaushalte und des steigenden prozentualen Anteil der Wohnungen mit Nebenwohnsitzangabe ist zu erwarten, dass die Wohnfläche (Haupt- und Nebenwohnsitze) auch weiterhin schneller steigt, als die Bevölkerung. Die Gesamtwohnfläche wird bis 2050 im Vergleich zum Referenzjahr der Energieautonomie (2005) um knapp 50% auf etwa 22 Mio. m² zunehmen.

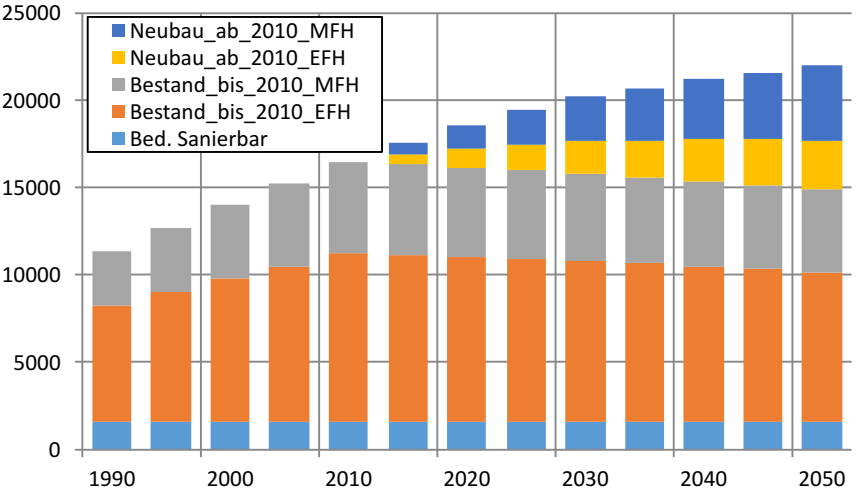


Abbildung 5: Verteilung der bewohnten Wohnfläche auf die zusammengefassten Typen EFH und MFH, aufgeteilt in Bestand bis 2010 und Neubau ab 2010 und deren Entwicklung über die Jahre bis 2050 [3]

Wie die Abbildung zeigt, wird auch bei Berücksichtigung des Abrisses der Flächenanteil der vor 2010 errichteten Gebäude am Gesamt-Wohngebäudepark von 2050 bei etwa 2/3 liegen. Diese Verteilung zeigt die Bedeutung der energetischen Sanierung des aktuellen Gebäudebestandes bei der Reduktion des Energiebedarfs und der Treibhausgasemissionen. Der Anteil der heutigen Bestandsgebäude am Energiebedarf des zukünftigen Gebäudeparks ist noch höher als ihr flächenmäßiger Anteil.

1.2 Kopplung Gebäudesektor und Stromversorgungssystem

In einem zukünftigen Stromversorgungssystem, das zu 100% auf der Erzeugung aus erneuerbaren Quellen beruht, ist nicht nur die zu erzeugende Menge von Bedeutung, sondern auch der Zeitpunkt des Strombedarfs und der Lastverlauf sowie der Verlauf der Erzeugung.

Abbildung 6 zeigt den derzeitigen Verlauf des österreichischen Endverbrauchs, der aus erneuerbaren Quellen gedeckt wird (hellgrün) und den Anteil, der aus nicht erneuerbare Quellen inkl. Import gedeckt wird (braun).

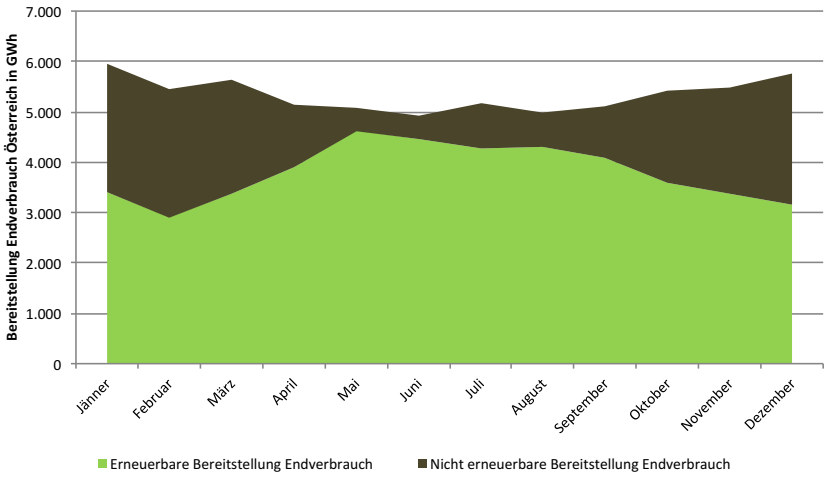


Abbildung 6: Energetischer Endverbrauch Österreich (2014/2015) und Aufteilung in erneuerbare und nicht erneuerbare Bereitstellung inkl. Import [4]

Wie zu erkennen, liegt der energetische Endverbrauch in den Wintermonaten um bis zu 20% über den Werten im Sommer. Die Erzeugung aus erneuerbaren Energieträgern (grün) hat einen gegensätzlichen Verlauf mit einem Erzeugungspeak im Sommer. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sowohl die Wasserkraft, als auch PV den Erzeugungspeak im Sommer haben. Einzig die Windenergie hat ihren Peak im Winter. Die winterliche Deckungslücke zwischen erneuerbarer Erzeugung und Gesamtverbrauch wird durch nicht erneuerbare Erzeugung gedeckt. Große Teile dieser Deckungslücke werden derzeit durch den Stromimport aus Deutschland und Tschechien gedeckt, der importierte Strom wird zu überwiegenden Teilen aus Atomkraft und Kohle erzeugt.

Aufgrund des gegensätzlichen Jahresverlaufs von Erzeugung aus Erneuerbaren und Gesamtverbrauch sowie des zum Ausgleich notwendigen Imports „dreckigen" Stroms zeigen die CO_2-Faktoren des Österreichischen Verbraucherstrommix´ einen ausgeprägten Jahresswing (siehe Abb. 7). Der Jahresswing in Vorarlberg ist wegen des noch höheren Anteils an alpiner Wasserkraft noch ausgeprägter als der für Gesamt-Österreich.

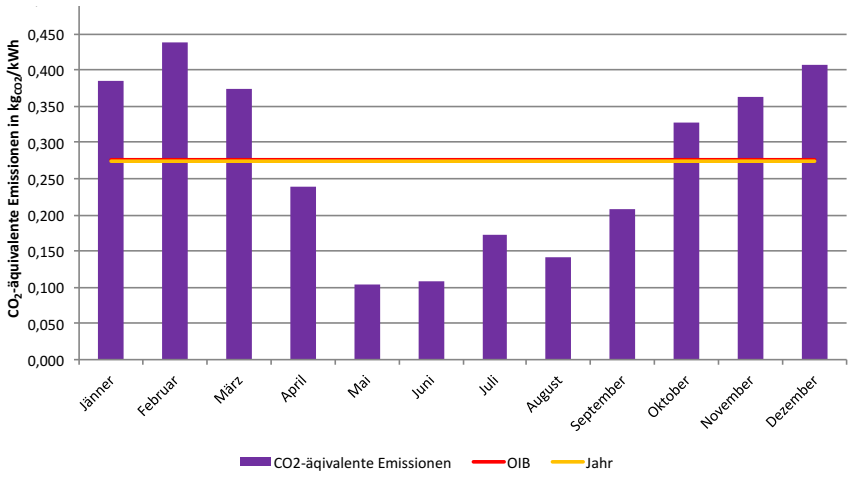


Abbildung 7: CO_2-Faktoren Verbraucherstrommix Österreich (2014/15) [4]

Wie die Abbildung zeigt, kann der Strom in den Sommermonaten mit niedrigen CO_2-Emissionen erzeugt werden (Wasserkraft, PV...). Die Emissionen in den Wintermonaten liegen um ein Mehrfaches höher.

Während die kurzzeitige Speicherung und Lastverschiebung im Bereich weniger Stunden mit marktverfügbaren Technologien wie Batteriespeichern, Wasserspeichern oder Bauteilaktivierung schon heute zu konkurrenzfähigen Kosten umsetzbar ist, stehen zur saisonalen Speicherung von Energie/Strom vom Sommer in den Winter noch keine Technologien zur Verfügung, die in absehbarer Zeit wirtschaftlich sein werden.

Für den Gebäudebereich und die energetische Gebäudesanierung ergeben sich aus dem gegensätzlichen Verlauf von „sauberer" Stromerzeugung und Gesamt-Strombedarf die folgenden Konsequenzen:

- Soll der Gebäudesektor dekarbonisiert werden, so muss der Anteil der elektrischen Wärmepumpen auch in der Sanierung steigen.
- Soll die Last im Winter nicht zu stark ansteigen, sind Bedarfssenkung und Effizienz unerlässlich.
- Für den Gebäudebereich heißt dies, dass der Nutzwärmebedarf für Heizung (Heizwärmebedarf) deutlich gesenkt und die Effizienz aller eingesetzten Wärmeversorgungssysteme gesteigert werden muss.

1.3 Nicht energetische Vorteile der energetischen Sanierung

1.3.1. Höhere thermische Behaglichkeit

Für einen Großteil der Nutzer ist der Energieverbrauch ihres Gebäudes nur eines von vielen Beurteilungskriterien. Weit wichtiger ist in der Regel die thermische Behaglichkeit – sowohl im Winter als auch im Sommer.

Wie groß angelegte Studien in Deutschland mit Messungen in 3,9 Mio. Räumen, in 1,3 Mio. Wohnungen zeigen, liegen die Temperaturen im Winter in mehr als 70% der Räume unter 20°C, etwa 1/4 der Räume ist auf weniger als 16°C temperiert und mehr als 8% der Räume haben Temperaturen von weniger als 12,6°C [5]. Die realen Raumlufttemperaturen im Gebäudebestand liegen damit weit unter den Behaglichkeitsoptima, die nach Untersuchungen von Fanger bei operativen Temperaturen von etwa 22-23°C liegen.

Ein Grund für die schlechte Behaglichkeit in Bestandsgebäuden ist die schnelle Auskühlung aufgrund des im Vergleich zum Neubau oder hochwertig sanierten Gebäuden schlechten Wärmeschutzes. Abbildung 8 zeigt eine Prinzipdarstellung des Auskühlverhaltens von Gebäuden unterschiedlicher Energieniveaus im Winter.

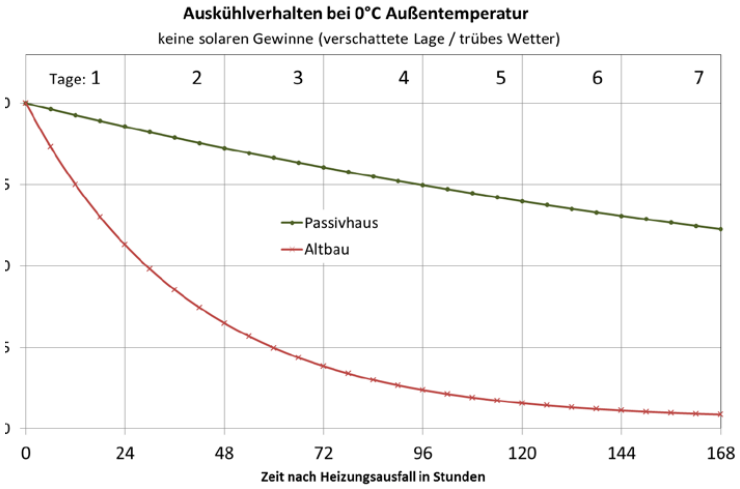


Abbildung 8: Auskühlverhalten bei 0°C Außentemperatur – Prinzipdarstellung für Gebäude unterschiedlicher Energieniveaus [6]

Wie zu erkennen kühlen Gebäude mit hohem Wärmeschutzniveau (Passivhausniveau) bei Heizungsausfall deutlich langsamer aus als typische Altbauten. Während die Raumlufttemperatur im Passivhaus unter idealisierten Bedingungen (Außenlufttemperatur konstant 0°C, keine solaren Gewinne, standardisierter Luftwechsel...) in 4 Tagen von 20 auf 15°C fallen, würden sie unter gleichen Bedingungen im Altbau auf etwa 2,5°C sinken [6].

Die hochwertig gedämmte Gebäudehülle sorgt im Winter nicht nur bei Heizungsausfall, sondern auch im „Normalbetrieb" für höhere thermische Behaglichkeit, da die Innenoberflächen der Außenwände und Dächer aufgrund des besseren Wärmeschutzes deutlich wärmer sind als in Altbauten.

Im Sommer vermindert eine gute Dämmung – besonders von Flachdächern – den Wärmeeintrag und verringert Überhitzungsprobleme. Dieser Punkt wird bei den in Folge des Klimawandels erwarteten zunehmenden Temperaturen von steigender Bedeutung sein.

1.3.2. Schimmelfreiheit

Wie Studien aus der Schweiz, Deutschland und Österreich belegen, sind Feuchte- und Schimmelschäden im Gebäudebestand kein vereinzeltes Phänomen, sondern in allen drei Ländern häufig anzutreffende Schadensbilder:

- Eine Schweizer Studie nennt einen Anteil von etwa 20 bis 25% der Wohnungen, die von Feuchtigkeitsproblemen betroffen sind [7]
- Eine Deutsche Studie, in der 5.530 Wohnungen analysiert wurden, spricht von einem Anteil von 21,9% mit Feuchte- und davon von 9,3% mit Schimmelschäden [8]
- Eine Österreichische Studie im Auftrag des Österreichischen Verbandes gemeinnütziger Bauvereinigungen beziffert den Anteil der Personen mit wohnungsbezogenen Gesundheitsbelastungen durch Feuchtigkeit und Schimmel in Österreich auf 10 bis 18% [9]

Nach Untersuchungen der WHO gibt es einen kausalen Zusammenhang zwischen Feuchtigkeit und Schimmel sowie Asthma. Durch die energetische Gebäudesanierung wird das Risiko von Feuchte- und Schimmelschäden und somit auch das Risiko feuchte- und schimmelbedingter Krankheiten reduziert.

1.3.3. Wirtschafts- und arbeitsmarktpolitische Vorteile

Eine entscheidende Voraussetzung für die Durchführung energetischer Gebäudesanierungen für ausreichend große Teile des Gebäudebestandes, ist ihre gesamtgesellschaftliche Finanzierbarkeit. Dieser Aspekt wurde in den vergangenen Jahren in verschiedenen Studien in Deutschland und Österreich untersucht, die sich nicht mit der betriebswirtschaftlichen Bewertung von Einzelprojekten, sondern mit den volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Realisierung energieeffizienter Gebäuderenovierungen beschäftigen. In den Studien werden u.a. die folgenden Fragen untersucht:

- Welche arbeitsmarktpolitischen Auswirkungen haben Investitionen in die Energieeffizienz von Bestandsgebäuden?
- Welche arbeitsmarktpolitischen Auswirkungen haben Förderprogramme für energieeffiziente Neubauten und Renovierungen?
- Welche Auswirkungen haben staatliche Förderungen für die Energieeffizienz auf den Staatshaushalt?

Die wichtigsten Ergebnisse einiger Studien werden nachfolgend zusammengefasst. Aufbauend auf die Ergebnisse der Studien wird in Kapitel 8 grob abgeschätzt, welche arbeitsmarktpolitischen Auswirkungen die Anhebung von Renovierungsrate und -qualität für Vorarlberg hätte.

Beschäftigungseffekt von Investitionen in die Gebäudeenergieeffizienz

Im Rahmen des Monitorings für das bundesweite, deutsche Förderprogramm der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) für die Gebäuderenovierung im Jahr 2017 ermittelte das Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt in einer Input-Output-Rechnung die durch das Förderprogramm induzierten Beschäftigungseffekte [10]. Bei einer nach Umsatzanteilen der Ausbau- und der Planungsgewerke gewichteten Ermittlung ergibt sich ein Beschäftigungseffekt von 10,9 Personenjahren pro Mio. EUR Brutto-Investitionsvolumen.

Zu ähnlichen Ergebnissen bezüglich der Beschäftigungseffekte der Gebäuderenovierung kommt eine österreichische Studie [11]. Diese gibt den Beschäftigungseffekt mit 14 Arbeitsplätzen pro Mio. EUR Investition an. Der Beschäftigungseffekt pro Mio. Investition ist etwas höher, da die Studie aus dem Jahr 2008 datiert, als die Kosten von Sanierungsmaßnahmen noch niedriger lagen.

Auch eine Studie aus dem Jahr 2013 zu den Beschäftigungseffekten der Wohnbau- und Gebäuderenovierungsförderung in Niederösterreich beziffert Beschäftigungseffekt pro Mio. Investition auf 14 Arbeitsplätze (Vollzeitäquivalente) pro Jahr [12].

Durch Fördergelder induzierter Beschäftigungseffekt

Die Studie ermittelt darüber hinaus die Beschäftigungseffekte in Österreich pro Mio. Euro Fördervolumen der Niederösterreichischen Gebäuderenovierungsförderung.

Für das Fördersystem der Niederösterreichischen Wohnbauförderung (Gebäuderenovierungsförderung) kommt die Studie zu dem Ergebnis, dass pro Mio. Euro Fördersumme für die Eigenheimrenovierung 42 Arbeitsplätze (Vollzeitäquivalente) entstehen.

Auswirkungen staatlicher Fördergelder auf den Staatshaushalt

Die Auswirkungen der durch die Förderung der energetischen Gebäudesanierung induzierten Zusatzinvestitionen auf die Einnahmen des Staats werden in einer Prognose-Studie zum deutschen Fördersystem der Kreditanstalt für Wiederaufbau KfW untersucht [13].

Verglichen wurden die vom Staat gewährten Fördermittel und die durch die dadurch ausgelösten zusätzlichen Steuereinnahmen des Staates. In zwei Szenarien wurde die Renovierungsrate in unterschiedlichen Geschwindigkeiten auf 2% p.a. gesteigert. Dieser Wert entspricht der Zielsetzung der deutschen Bundesregierung.

DIe Untersuchung zeigt, dass die zusätzlichen Einnahmen des Staates im Jahr 2011 deutlich über dem Fördervolumen lagen. Die gleiche Tendenz zeigt sich für die Weiterführung der Förderprogramme in der Zukunft: unabhängig von der Renovierungsrate (Basisszenario mit unveränderter Sanierungsrate, Szenario 1 und Szenario 2 mit gesteigerten Sanierungsraten) übersteigen die Steuer-Mehreinnahmen das Fördervolumen (fast) durchgängig.

Die Autoren fassen die Ergebnisse der Studie wie folgt zusammen: *„Die volkswirtschaftliche Analyse der KfW-EBS-Programme kommt zu dem Ergebnis, dass eine Fortführung der Programme der deutschen Wirtschaft auch langfristig spürbare Wachstumsimpulse gibt. Die deutliche Ausweitung der Programme, um die Ziele der von der Bundesregierung beschlossenen Energiewende erreichen zu können, würde die Wachstumseffekte signifikant erhöhen. Aufgrund der besonderen Konstellation – Förderung beschäftigungsintensiver heimischer Wertschöpfung zulasten kapitalintensiver importlastiger Güter – ergeben sich in den untersuchten Szenarien sichtbar positive Wirkungen auf die Bruttowertschöpfung und die Beschäftigung durch die geförderten Maßnahmen. Werden die Zielszenarien 1 oder 2 erreicht, kann langfristig ein Bruttoinlandsprodukt erreicht werden, das im Niveau in einer Größenordnung von 0,25 Prozent über dem des Basisszenarios liegt. In unserer Basisprognose für die deutsche Volkswirtschaft gehen wir gegenwärtig von einem langfristigen BIP-Wachstum von 1,1% aus. Dies verdeutlicht, dass in künftigen Zeiten rückläufiger Dynamik die EBS-Programme einen relevanten Beitrag zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung leisten können.“*

Die Autoren ergänzen: „Die Berechnungen zeigen, dass die zusätzlichen Einnahmen des Staates über Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte durch die zusätzlichen Investitionen die Größenordnung des geschätzten Fördervolumens in den meisten Jahren übersteigen. Aus staatlicher Sicht ergibt sich damit eine Selbstfinanzierungsquote größer Eins.“

Verringerung der Importabhängigkeit bei fossilen Energieträgern

Etwa 55% der Fläche des Gesamt-Wohngebäudebestandes Vorarlbergs wurde im Jahr 2015 durch die fossilen Energieträger Öl und Gas beheizt [14].

Der Anwendungsbereich Niedertemperaturwärme ist damit einer sehr hohen Importabhängigkeit unterworfen. In Zeiten zunehmender Instabilität in vielen der Herkunfts- und Transitländer (Russland/Ukraine, arabische Staaten, Iran, Nigeria…) ist die Verringerung der Importabhängigkeit ein wichtiges politisches Ziel der EU, Österreichs und Vorarlbergs. Wie eine Studie am Beispiel Deutschlands zeigt, kann die Verringerung des Wärmebedarfs im Gebäudesektor dabei eine sehr wichtige Rolle spielen [15]. Die Studie untersucht den Einfluss der Reduktion des Wärmebedarfs des Gebäudesektors durch verstärkte Renovierungsanstrengungen auf die Importabhängigkeit Deutschlands von russischem Gas.

Dabei werden die folgenden Randbedingungen gewählt:

- Verdoppelung der Renovierungsrate von 1 auf 2%
- Erhöhung der mittleren Renovierungsqualität auf Heizwärmebedarfswerte zwischen 35 und 70 kWh/m^2_{WNF}a (je nach Gebäudetyp)
- Betrachtung auf 10 Jahre

Wie die Studie belegt, würde eine Verdoppelung der Renovierungsrate bei gleichzeitiger Erhöhung der Renovierungsqualität die Gas-Importabhängigkeit Deutschlands von Russland in nur 10 Jahren um etwa 1/3 reduzieren.

2. Reale Verbräuche von Mehrfamilienhäusern im Bestand

Wie die Erfahrung vieler Energieberater und Bauphysiker zeigt, liegt der reale Energieverbrauch unsanierter Bestandsgebäude in vielen Fällen deutlich unter den mit den Standardannahmen des Energieausweises berechneten Werten. Um realistische Einsparungen energetischer Gebäudesanierungen und deren Wirtschaftlichkeit abschätzen zu können, ist daher die Analyse realer Verbräuche notwendig. Die folgenden Abbildungen vermitteln einen statistisch gut abgesicherten Eindruck von den realen Energieverbräuchen von Wohngebäuden.

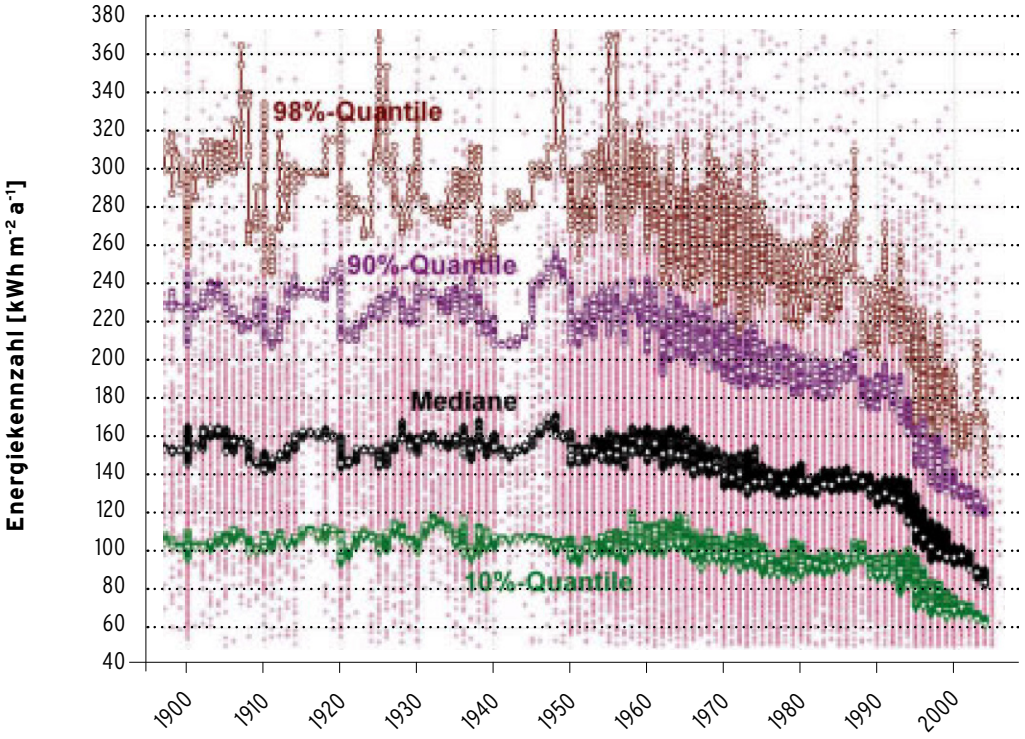


Abbildung 10: EndenergieverbräucheHeiz+WW von 110.000 Mehrfamilienhäusern in Deutschland nach dem Gebäudebaujahr (rote Punkte), schwarz: Mediane; grün: 10% Quantile; blau: 90% Quantile; braun: 98% Quantile [16]

Dargestellt ist der von einem Energie-Abrechnungsunternehmen ausgewertete spezifische Energieverbrauch von 110.000 öl- und gasbeheizten Mehrfamilienhäusern in Deutschland in Abhängigkeit von ihrem Baujahr.

Wie zu erkennen liegt der Median der gemessenen Energieverbräuche der Gebäude der Baujahre 1900 bis 1964 bei etwa 155 kWh/m^2_{WNF}a. Die Werte der Baujahre 1965 bis 1976 sinken auf etwa 145 kWh/m^2_{WNF}a, im Jahr 1990 beträgt der Medianwert etwa 136 kWh/m^2_{WNF}a.

Die stärksten Rückgänge sind etwa 1996 und 2003 zu verzeichnen und damit kurz nach der Verschärfung der energetischen Mindestanforderungen in Wärmeschutzverordnung 1995 und EnEV 2002. Der Median der 2004 bis 2006 errichteten Gebäude liegt bei 85 kWh/m^2_{WNF}a, seitdem sind die Mindestanforderungen in Deutschland nur noch geringfügig verschärft worden. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die mittleren Verbräuche von MFH-Neubauten in Deutschland nicht wesentlich unter 85 kWh/m^2_{WNF}a liegen. Diese Einschätzung wird durch die in den folgenden Abbildungen dargestellten Messwerte gestützt.

Abbildung 11 zeigt die Häufigkeitsverteilung des spezifischen Energieverbrauchs für Heizung und Warmwasser von 78.400 Mehrfamilienhäusern in ganz Deutschland mit knapp 1 Mio. Wohneinheiten. Ausgewertet wurden Gebäude mit den Energieversorgungssystemen Heizöl, Erdgas und Fernwärme, die über eine gekoppelte Wärmeerzeugung für Heizung und Warmwasser verfügen [17].

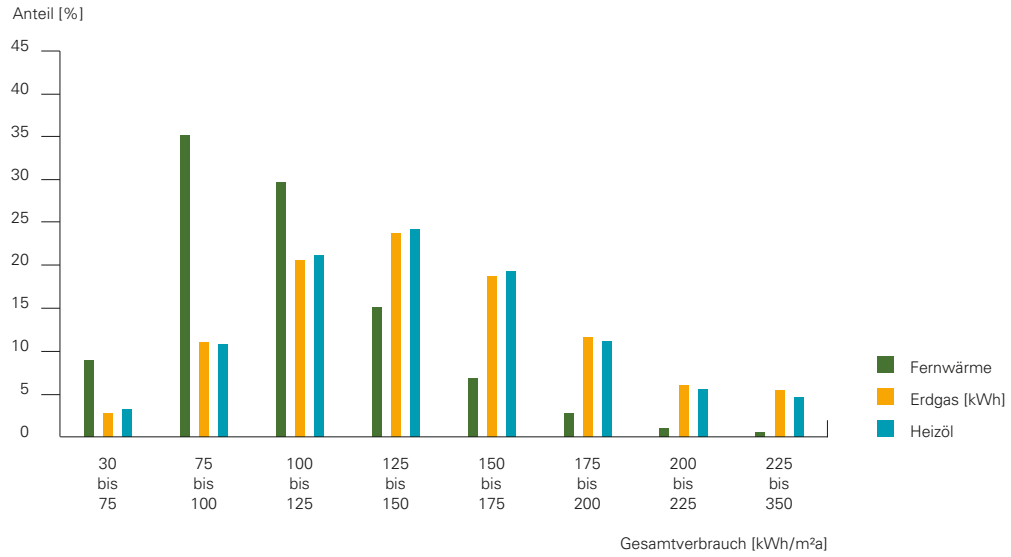


Abbildung 11: Häufigkeitsverteilung des spezifischen EndenergieverbrauchsHeiz+WW von 78.400 Mehrfamilienhäusern in Deutschland [17]

Wie zu erkennen hat ein großer Teil der Mehrfamilienhäuser spezifische Verbräuche zwischen 100 und 175 kWh/m^2_{WNF}a. Nur ein kleiner Anteil hat Verbräuche von weniger als 75 kWh/m^2_{WNF}a: bei Gas und Öl sind es etwa 2,5%, bei Fernwärme knapp 10%. Etwa 10% bis 12% der gas- oder ölbeheizten Gebäude verbrauchen mehr als 200 kWh/m^2_{WNF}a, bei Fernwärme ist der Anteil mit derartig hohen Verbräuchen deutlich kleiner, da im Gegensatz zu Öl und Gas die ins Gebäude übergebene Wärme abgerechnet wird, so dass die Erzeugerverluste sowie die Verteilverluste außerhalb des Gebäudes nicht enthalten sind.

Im Mittel der analysierten Gebäude betrug der EnergieverbrauchHeiz+WW

- 142 kWh/m^2_{WNF}a für ölbeheizte Gebäude
- 140 kWh/m^2_{WNF}a für gasbeheizte Gebäude
- 105 kWh/m^2_{WNF}a für fernwärmeversorgte Gebäude

Die folgende Abbildung stellt den Endenergieverbrauch von 434 Wohnanlagen der VOGEWOSI Dornbirn dar, in denen Heizung und Warmwasser über ein gemeinsames System (Öl, Gas, Fernwärme, Pellet) bereitgestellt werden. Dargestellt sind die Verbrauchs-Mittelwerte der Jahre 2012 bis 2014. Die Wohnanlagen mit insgesamt 6.000 Wohneinheiten wurden in den Jahren 1950 bis 2011 errichtet, der überwiegende Teil der älteren Gebäude ist zumindest teilsaniert.

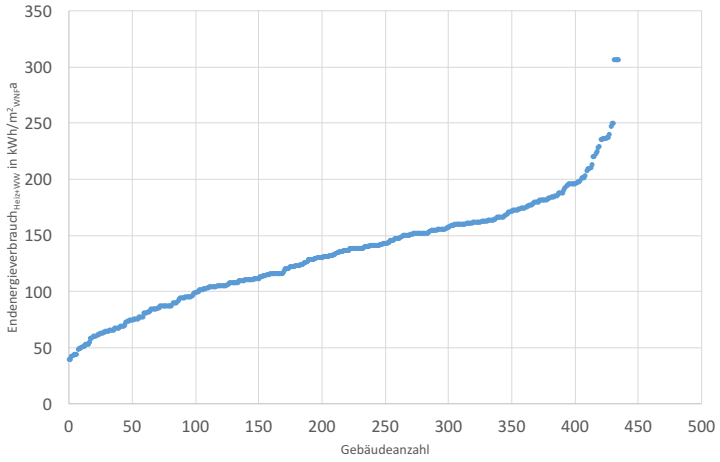


Abbildung 12: EndenergieverbrauchHeiz+WW von 434 Wohnanlagen der VOGEWOSI (Baujahre 1950 bis 2011) [18]

Wie zu erkennen schwankt der Verbrauch zwischen etwa 40 und über 300 kWh/m^2_{WNF}a. Etwa ein Viertel der Wohnanlagen hat Verbräuche von weniger als 100 kWh/m^2_{WNF}a, etwa die Hälfte liegt im Bereich zwischen 100 und 170, das schlechteste Viertel liegt darüber. Der flächengewichtete Mittelwert des Verbrauchs der Jahre 2012 bis 2014 liegt bei 135 kWh/m^2_{WNF}a, der Median bei 136 kWh/m^2_{WNF}a.

2.1 Zusammenhang zwischen normiertem Bedarf und realem Verbrauch

In einer 2018 veröffentlichten Studie untersuchte das Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, den Zusammenhang zwischen normiert berechnetem Bedarf und realem Verbrauch auf der Basis von Daten aus sechs Studien mit Bedarfswerten und gemessenen Verbräuchen von 2.856 Wohngebäuden in Deutschland [6].

Jeder Punkt in der folgenden Abbildung kennzeichnet den berechneten Endenergiebedarf und den realen Verbrauch eines Gebäudes für Heizung und Warmwasser.

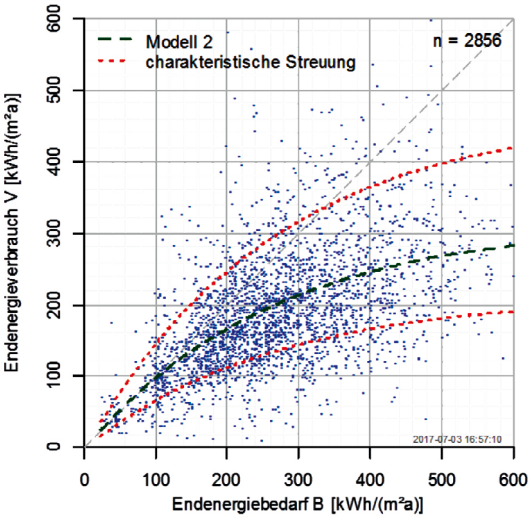


Abbildung 13: Zusammenhang zwischen berechnetem EndenergiebedarfHeiz+WW und realem Verbrauch sowie Schätzwert und charakteristische Streuung des Verbrauchs [6]

Die Untersuchung zeigt, dass der Verbrauch unsanierter Gebäude mit schlechter Gebäudehülle oft unter deren berechnetem Energiebedarf liegt. Hauptgründe für diese Abweichung sind die in energetisch schlechten Gebäuden oft deutlich unter 20°C liegende mittlere Raumlufttemperatur sowie die in der Heizperiode oft niedrigen Luftwechselraten.

Die grün gestrichelte Linie bezeichnet den statistisch aus Verbrauchsdaten ermittelten Schätzwert des zu erwartenden Verbrauchs. Für ein Gebäude, für das ein rechnerischer Endenergiebedarf von 200 kWh/m^2_{WNF}a errechnet wurde, beträgt der Schätzwert des realen Verbrauchs etwa 165 kWh/m^2_{WNF}a. Würden 100 identische Gebäude dieses Typs verglichen, so läge der zu erwartende Mittelwert des realen Verbrauchs bei etwa 165 kWh/m^2_{WNF}a.

Die rot strichlierten Linien bezeichnen die charakteristische Streuung, d.h. die Unsicherheit der Schätzung für ein einzelnes Gebäude. Der Bereich zwischen den rot strichlierten Linien beschreibt damit den Einfluss des Nutzerverhaltens auf den realen Verbrauch eines Einzelgebäudes. Für ein Gebäude mit einem berechneten Endenergiebedarf von 200 kWh/m^2_{WNF}a können Verbräuche zwischen etwa 115 und 240 kWh/m^2_{WNF}a erwartet werden.

In der folgenden Abbildung ist die Bedeutung verschiedener Einflussgrößen auf den realen Verbrauch im Sinne von „Daumenregeln" zusammengefasst [6].

Einflussgröße	Aktivität		Altbau unsaniert	Altbau modernisiert/ Niedrigenergiehaus**	Passivhaus
		Änderung des Parameters um	Änderung des Endenergiebedarfs (Annahme: Zentralheizung mit Kombikessel)		
Raumtemperatur	Thermostat einstellen	+ 1 K	+ 29 kWh/(m²a)	+ 8 kWh/(m²a)	+ 2 kWh/(m²a)
Luftwechsel	über Fensterlüftung	+ 0,1 1/h	+ 8 kWh/(m²a)	+ 8 kWh/(m²a)	+ 6 kWh/(m²a)
	Anlagenluftwechsel einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	+ 0,1 1/h	+ 0,6 kWh/(m²a)	+ 0,6 kWh/(m²a)	+ 0,6 kWh/(m²a)
Fensteröffnung	Balkontür kippen	+ 1 h/d	+ 3 kWh/(m²a)*	+ 3 kWh/(m²a)*	+ 2 kWh/(m²a)
	Balkontür ganz öffnen	+ 1 h/d	+ 16 kWh/(m²a)*	+ 16 kWh/(m²a)*	+ 12 kWh/(m²a)
	Balkontür kippen	8 h/d, z.B. nachts	+ 23 kWh/(m²a)*	+ 23 kWh/(m²a)*	+ 16 kWh/(m²a)
	(kleines) Fenster kippen	8 h/d, z.B. nachts	+ 10 kWh/(m²a)*	+ 10 kWh/(m²a)*	+ 7 kWh/(m²a)
Teilbeheizung	Nachtabsenkung gesamte Wohnung	- 3 K	- 30 kWh/(m²a)	- 12 kWh/(m²a)	- 2 kWh/(m²a)
	Teilbeheizung	30 % der Wohnfläche	- 15 kWh/(m²a)	- 3 kWh/(m²a)	- 1 kWh/(m²a)
Wärmequellen	Personenbelegung	+ 1 Bewohner			- 1,6 kWh/(m²a)
	Verschattung/ Verschmutzung	Abminderungsfaktor: - 0,1	- 1,2 kWh/(m²a)	- 1,2 kWh/(m²a)	- 1,2 kWh/(m²a)
	Innere Wärmequellen	- 1 W/m²	+ 7 kWh/(m²a)	+ 6 kWh/(m²a)	+ 3 kWh/(m²a)
Warmwasser	Personenbelegung EFH	+ 1 Bewohner	+ 898 kWh/a	+ 898 kWh/a	+ 898 kWh/a
	Personenbelegung MFH	+ 1 Bewohner	+ 793 kWh/a	+ 793 kWh/a	+ 793 kWh/a

Abbildung 14: Aus den Parameterstudien abgeleitete und vereinfachte Aussagen zum Einfluss des Nutzerverhaltens auf den Energieverbrauch von Gebäuden („Daumenregeln") [6]

Wie zu erkennen hängt die Bedeutung einzelner Einflussgrößen auf den Endenergiebedarf vom energetischen Gebäudeniveau ab: Während die Erhöhung der Raumtemperatur um 1K im unsanierten Altbau zu einer Erhöhung des Endenergiebedarfs um etwa 29 kWh/m^2_{WNF}a führt, bewirkt die gleiche Temperaturerhöhung in einem Gebäude im Passivhausniveau nur eine Erhöhung um 2 kWh/m^2_{WNF}a. Die Bedeutung anderer Einflussgrößen ist unabhängig von der energetischen Gebäudequalität: so steigt der Endenergieverbrauch für Warmwasser pro zusätzlichem Bewohner um knapp 900 kWh/a.

3. Reale Verbräuche hocheffizienter Sanierungen

Wie zahlreiche Beispiele zeigen, kann der reale Energiebedarf hochwertiger Mehrfamilienhaus-Sanierungen mit geeigneten Rechenwerkzeugen bei Verwendung realistischer Randbedingungen mit hoher Genauigkeit vorausberechnet werden. Die Gebäude erreichen im realen Betrieb Verbräuche, die nur geringfügig von den vorausberechneten Bedarfswerten abweichen. Grund hierfür ist, dass sich in Mehrfamilienhäusern das mittlere Nutzerverhalten recht gut „vorhersagen" lässt.

In der folgenden Abbildung sind zunächst die gemessenen Heizwärmeverbräuche einiger hocheffizienter Sanierungen von Mehrfamilienhäusern sowie die dazugehörigen mittleren Raumlufttemperaturen während einer oder mehrerer Heizperioden dargestellt.

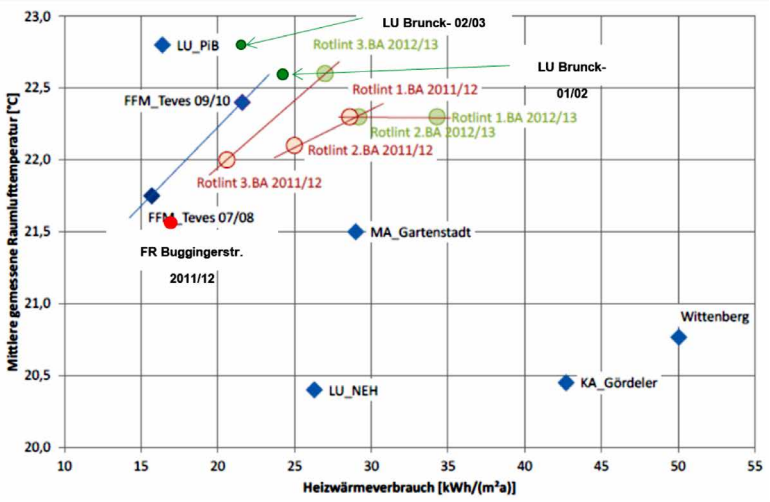


Abbildung 15: gemessener Heizwärmeverbrauch und mittlere Raumlufttemperatur in der Heizperiode hocheffizienter Sanierungen von Mehrfamilienhäusern [19], [20], [21]

Wie die Abbildung zeigt, liegen die gemessenen Heizwärmeverbräuche der besten Projekte im Bereich von 15 bis 17 kWh/m^2_{PHPP}a. Einige weitere Projekte erreichen gemessene Heizwärmeverbräuche von 20 bis 30 kWh/m^2_{PHPP}a. Die mittlere Raumtemperatur in der Heizperiode liegt in den meisten Projekten im Bereich von 21 bis 23°C und damit im gleichen Bereich wie in hocheffizienten Neubauten. In Energiebedarfsberechnungen für hocheffiziente Sanierungen sollte daher zur Prognose des realen Energieverbrauchs eine mittlere Raumlufttemperatur von etwa 21,5 bis 22,5°C angenommen werden. Zur Abschätzung des Energieverbrauchs der unsanierten Gebäudevariante sollten mittlere Raumlufttemperaturen während der Heizperiode von weniger als 20°C angenommen werden.

In der folgenden Abbildung sind die EndenergieverbräucheHeiz+WW hocheffizienter Sanierungen von Mehrfamilienhäusern mit unterschiedlichen Wärmeversorgungssystemen dargestellt.

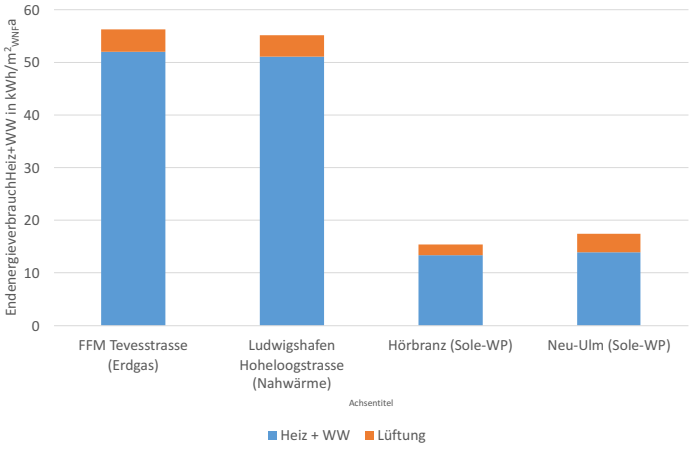


Abbildung 16: gemessener EndenergieverbrauchHeiz+WW hocheffizienter Sanierungen von Mehrfamilienhäusern mit unterschiedlichen Wärmeversorgungssystemen [22], [23], [24], [25],

Beim Projekt **Frankfurt Tevesstrasse** handelt es sich um die Sanierung zweier Mehrfamilienhäuser des Baujahrs 1951 mit 20 + 33 Wohnungen und Energiebezugsflächen PHPP von 1.350 und 2.244m². Das A/V-Verhältnis beträgt 0,45, die Gebäude werden mit Erdgas versorgt. Beide Gebäude wurden im Passivhausniveau saniert, d.h. mit passivhaustypischer Hüllqualität und Komfortlüftungen mit WRG. Im Rahmen der Sanierung wurden zusätzlich kleine thermische Solaranlagen installiert, deren Kollektorfläche etwa 1,2m² pro Wohneinheit entspricht.

Das detaillierte Monitoring zeigt, dass nach Sanierung eine sehr hohe thermische Qualität erreicht wurde, so betrug die mittlere Raumlufttemperatur im Winter 21,8°C. Auch die Luftqualität ist sehr hoch.

Der EndenergieverbrauchHeiz+WW lag im Messjahr 2007/08 bei knapp 52 kWh/m^2_{WNF}a Erdgas (umgerechnet aus den im Forschungsbericht angegebenen Wert von 48,1 kWh/m^2_{PHPP}a). Der Endenergieverbrauch für die Komfortlüftung lag mit knapp über 4 kWh/m^2_{WNF}a vergleichsweise hoch. Die maximale tagesmittlere Heizleistung lag bei 7,4 W/m^2_{PHPP}a.

Das Projekt **Ludwigshafen Hoheloogstrasse** wurde ebenfalls nach dem Passivhauskonzept mit sehr guter Wärmedämmung und Komfortlüftung mit WRG saniert. Das Mehrfamilienhaus mit 12 Wohneinheiten und einer Energiebezugsfläche PHPP von 750m² wurde im Jahr 1965 errichtet. Das A/V-Verhältnis beträgt 0,35. Das Gebäude wird über Nahwärme versorgt und hat keine thermische Solaranlage, sondern eine PV-Anlage zur Netzeinspeisung.

Das detaillierte Monitoring zeigt, dass nach Sanierung eine sehr hohe thermische Qualität erreicht wurde, so betrug die mittlere Raumlufttemperatur im Winter 22,7°C. Auch die Luftqualität ist sehr hoch.

Der EndenergieverbrauchHeiz+WW lag im Messjahr 2007/08 bei 51 kWh/m^2_{WNF}a Nahwärme (umgerechnet aus den im Forschungsbericht angegebenen Wert von 47,3 kWh/m^2_{PHPP}a). Der Endenergieverbrauch für die Komfortlüftung lag bei 4 kWh/m^2_{WNF}a, die maximale tagesmittlere Heizleistung betrug 9,7 W/m^2_{PHPP}a.

Beim Projekt **Hörbranz** handelt es sich um das im Themenbandbeitrag von Eckart Drössler (ab Seite 103) im Detail vorgestellten Sanierungs- und Erweiterungsprojekt mit 5 Wohneinheiten. Das Projekt wurde mit vorgefertigten Holz-Elementen in Passivhausqualität saniert, verfügt über wohnungsweise Komfortlüftungen mit WRG und wird über eine Erdreich-Wärmepumpe sowie eine thermische Solaranlage mit Wärme versorgt. Bei den aufgeführten Energieverbräuchen handelt es sich um die Mittelwerte der Verbrauchsabrechnungen der ersten 5 Betriebsjahre. Das Gebäude erreichte als erstes Sanierungsprojekt österreichweit die klimaaktiv Deklarationsstufe Gold+, in der die energetische Qualität nicht nach Berechnungsergebnissen, sondern nach dem realen Verbrauch bewertet wird. Die mittlere Raumlufttemperatur im Winter lag bei 21,7°C, der EndenergieverbrauchHeiz+WW im Mittel der ersten fünf Betriebsjahre bei 13,3 kWh/m^2_{WNF}a Wärmepumpenstrom. Der Endenergieverbrauch für die Komfortlüftung lag mit 2,2 kWh/m^2_{WNF}a sehr niedrig.

Beim Projekt **Neu-Ulm** handelt es sich um das im Themenbandbeitrag von Marc Gabriel vorgestellte Gebäude, das im Rahmen des Modellvorhabens Effizienzhaus Plus im Altbau errichtet wurde (ab Seite 85) Das Gebäude wurde mit passivhaustypischen U-Werten saniert, hat eine zentrale Komfortlüftung mit WRG und wird über eine Sole-Wärmepumpe beheizt. Es verfügt über eine große PV-Anlage. Die mittleren Raumlufttemperaturen im Winter lagen bei etwa 21°C.

Der EndenergieverbrauchHeiz+WW lag im Messjahr 2016/17 bei 14,0 kWh/m^2_{WNF}a Wärmepumpenstrom, der Verbrauch der Komfortlüftung bei 3,5 kWh/m^2_{WNF}a.

Ähnliche Verbräuche wie in Abbildung 16 dargestellt, die gas- oder nahwärmeversorgten Projekte in Frankfurt und Ludwigshafen, erreichen auch die im Themenbandbeitrag von Burkhard Schulze Darup (ab Seite 37) erwähnten Projekte Jean-Paul-Platz, Ingolstädter Straße und Bernadottestraße in Nürnberg.

Während die Verbräuche vor Sanierung für die dargestellten Projekte nicht verfügbar sind, liegen für einige hochwertig sanierte Projekte der VOGEWOSI langjährige Verbrauchswerte vor und nach der Sanierung vor. Abbildung 18 zeigt exemplarisch die Werte für das gasbeheizte Projekt Dornbirn-Fussenau, das in Abbildung 17 im Zustand nach Sanierung im Jahr 2008 dargestellt ist. Das Projekt wurde mit passivhaustypischen U-Werten gedämmt, erhielt eine zentrale Komfortlüftung mit WRG und eine relativ kleine thermische Solaranlage. Zur Erhöhung der Akzeptanz der Sanierung wurden die vorhandenen Balkone in Wintergärten umgewandelt, die jedoch keinen maßgeblichen Teil des Energiekonzepts darstellen.

Abbildung 17: Wohnanlage Dornbirn-Fussenau nach Sanierung; Arch. Kues; Foto: EIV

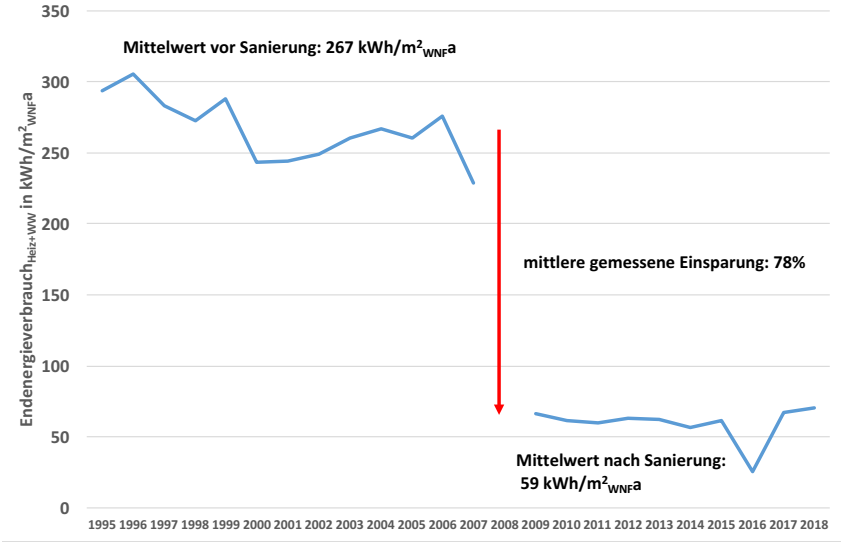


Abbildung 18: EndenergieverbrauchHeiz+WW vor und nach umfassender Sanierung – Dornbirn, Fussenau [18]

Wie die Abbildung zeigt, schwankte der EndenergieverbrauchHeiz+WW in den 12 Jahren vor der Sanierung um einen Mittelwert von 267 kWh/m^2_{WNF}a. Der Mittelwert des Verbrauchs in den 10 Jahren nach der Sanierung liegt bei 59 kWh/m^2_{WNF}a und damit um 78% unter dem Mittelwert vor Sanierung.

Ähnliche Verbräuche und Einsparungen gegenüber dem Verbrauch vor Sanierung haben auch die VOGEWOSI-Wohnanlagen Schleipfweg und Übersaxner Strasse in Rankweil. Auch in diesen Anlagen konnte der EndenergieverbrauchHeiz+WW im langjährigen Schnitt nach Sanierung um 68 bzw. 71% gegenüber dem langjährigen Schnitt vor Sanierung reduziert werden.

Wie die dargestellten Beispiele zeigen, können hochwertig sanierte Mehrfamilienhäuser in der Praxis Heizwärmeverbräuche und EndenergieverbäucheHeiz+WW erreichen, die nur knapp über den Werten der besten wirtschaftlich realisierten Neubauprojekte liegen [26]. Die Wertebereiche sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

		Sanierung	Neubau
Heizwärmeverbrauch	kWh/m^2_{WNF}a	15 bis 30	10 bis 25
Endenergie$_{Heiz+WW}$ (Fernwärme)	kWh/m^2_{WNF}a	50 bis 60	35 bis 40
Endenergie$_{Heiz+WW}$ (Gas)	kWh/m^2_{WNF}a	50 bis 60	40 bis 45
Endenergie$_{Heiz+WW}$ (Wärmepumpe)	kWh/m^2_{WNF}a	13 bis 18	10 bis 15

Abbildung 19: EndenergieverbrauchHeiz+WW hocheffizienter Sanierungen und Neubauten von MFH im Vergleich [26]

Gründe für den geringfügig höheren Verbrauch von Sanierungen sind die etwas höheren Wärmebrückenverluste, etwas höhere Infiltrationswärmeverluste durch Undichtheiten in der Gebäudehülle sowie tendenziell höhere Verteilverluste des Wärmeversorgungssystems.

4. Kosten und Wirtschaftlichkeit

Während Mehrkosten und Wirtschaftlichkeit effizienter Neubauten inzwischen detailliert untersucht und aufbereitet wurden, werden Mehrkosten und Wirtschaftlichkeit energetisch hochwertiger Sanierungen, mangels gut aufbereiteter Daten, weiterhin kontrovers diskutiert.

Hauptgrund für die zum Teil unsachliche Diskussion ist die mangelnde Unterscheidung zwischen so genannten „Ohnehin-Kosten" von Sanierungen und den tatsächlichen Mehrkosten effizienter Sanierungen.

Die „Ohnehin-Kosten" von Sanierungen, die an 35 bis 45 Jahre alten Gebäuden durchgeführt werden, schwanken je nach Baualter, Ausgangszustand und gewünschtem Ausstattungsniveau nach Sanierung sehr stark und können etwa 300 bis deutlich über 1.000 EUR/m^2_{WNF} betragen – ohne größere Änderungen an den Grundrissen und ohne jegliche Energiesparmaßnahmen. Typische „Ohnehin-Maßnahmen" sind die Erneuerung und Modernisierung der Elektrik und der Wasserversorgung, Schönheitsreparaturen an der Gebäudehülle und den Innenbauteilen, neue Bodenbeläge, Baderneuerung etc.

Zu diesen „Ohnehin-Kosten" ohne Bezug zu Energieeinsparungen kommen die Kosten von Energiesparmaßnahmen. Diese können im Vergleich zu den Kosten der „Ohnehin-Maßnahmen" zu Mehrkosten von etwa 240 bis 380 EUR/m^2_{WNF} führen, wenn die Mindestanforderungen der BTV erreicht werden sollen (Hülle 21er Linie nach OIB, Abluftanlage, neuer fossiler Wärmeerzeuger). Die Mehrkosten energetisch besserer Sanierungen (bis hin zum Niveau enerphit = Passivhaus-Sanierung, entsprechend 10er Linie nach OIB) gegenüber Sanierungen nach Mindestanforderungen können mit etwa 90 bis 170 EUR/m^2_{WNF} angenommen werden. Diese Mehrkosten entstehen für höhere Dämmstoffdicken, hochwertigere dreifachverglaste Fenster, nicht-fossiler Wärmeerzeuger, Komfortlüftung mit WRG sowie für die Einbindung von Solarthermie oder PV.

Weiterführende, detaillierte Darstellungen zum Thema Kosten energetischer Sanierungen finden sich im Themenbandbeitrag von B. Schulze-Darup ab Seite 45.

Die folgende Abbildung zeigt darüber hinaus die Ergebnisse einer Literaturauswertung zu Quellen, in denen die Kosten von Renovierungen in Abhängigkeit von der energetischen Qualität ausgewiesen werden [13], [28], [29], [30]. Mangels Daten von österreichischen Projekten beziehen sich die dargestellten Werte auf Projekte in Deutschland.

	KfW 100	KfW 85	KfW 70	KfW 55	Differenz KfW 100 zu KfW 55	Quelle
	EUR/m^2_{WNF}	EUR/m^2_{WNF}	EUR/m^2_{WNF}	EUR/m^2_{WNF}	EUR/m^2_{WNF}	
Mehrfamilienhäuser						
IWU	310	345	400	464	154	29
Schulze-Darup	340			450	110	31
Prognos (dena)	275	310	355	420	145	13
Einfamilienhäuser						
IWU	450	470	520	590	140	30
Prognos (dena)	400	430	475	540	140	13

Abbildung 20: Literaturzusammenstellung Sanierungskosten in Abhängigkeit vom energetischen Niveau [13], [28], [29], [30]

Die in den Quellen genannten Kostendaten liegen in der gleichen Größenordnung wie die oben angeführten Werte. Für die energetische Sanierung im Niveau KfW 100 (ähnlich BTV, d.h. 21er Linie nach OIB) werden Kosten von 275 bis 340 EUR/m^2_{WNF} für Mehrfamilienhäuser und von 400 bis 450 EUR/m^2_{WNF} für Einfamilienhäuser genannt. Für die Sanierung im Niveau KfW 55 (etwa Niveau enerphit, d.h. Passivhausniveau für Sanierungen, also etwa 10er Linie nach OIB + WRG-Anlage) liegen die Werte zwischen 420 und 464 EUR/m^2_{WNF} für Mehrfamilienhäuser und zwischen 540 und 590 EUR/m^2_{WNF} für Einfamilienhäuser. Die Mehrkosten der energetisch hochwertigeren Ausführung liegen damit bei 110 bis 154 EUR/m^2_{WNF}.

Wie beschrieben können zu den genannten Kosten deutlich höhere Kosten für „Ohnehin-Maßnahmen" ohne Bezug zum Energieniveau anfallen.

Praxisstudien zur Wirtschaftlichkeit energieeffizienter Sanierungsstandards sind noch sehr selten. Das Energieinstitut Vorarlberg führte im Jahr 2018 erste Wirtschaftlichkeitsberechnungen für die Sanierung eines typischen Vorarlberger Mehrfamilienhauses mit 9 Wohneinheiten, einer BGF von 855 m^2 und einer WNF von 671m^2 durch. Für das Gebäude wurden mit der im KliNaWo-Projekt entwickelten Methodik Investitions- und Lebenszykluskosten sowie Energiebedarf nach OIB RL 6 (2015) zahlreicher Sanierungsvarianten ermittelt, die sich hinsichtlich der Hüllqualität (von 21er Linie mit HWB von ca. 48 kWh/m^2_{BGF}a bis zur 10er Linie mit $HWB_{Ref,SK}$ von 21 kWh/m^2_{BGF}a), Wärmeerzeuger, Solarsystem und Lüftungskonzept unterscheiden. Abbildung 21 zeigt den Einfluss des Energieniveaus auf die Lebenszykluskosten für Investition, Erneuerung und Wartung sowie für Energie.

Abbildung 21: Lebenszykluskosten der untersuchten Sanierungsvarianten des Mehrfamilienhauses in Abhängigkeit von dessen CO_2-Emissionen – ohne Berücksichtigung von Förderungen [31]

Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen (Zinssätze und Preissteigerungen nominal)

Betrachtungszeitraum 50 Jahre

Energiekosten Vorarlberg 2018

Energiepreissteigerungen 1,7 bis 2,0% p.a.

Preissteigerung Wartung: 2,0% p.a.

Bank-Darlehenszinssatz: 3,0% (auf 25%)

Eigenkapitalzinssatz: 2,0%

Inflationsrate: 1,7%

Diskontsatz: 3,0%

Wie zu erkennen haben die CO_2-Emissionen nur einen sehr geringen Einfluss auf die Lebenszykluskosten der Gebäudesanierung. Die Investitionsmehrkosten sind so gering, dass hohe Energieeinsparungen und Reduktionen der CO_2-Emissionen schon ohne jegliche Förderung nahezu kostenneutral erreicht werden können: Die Lebenszykluskosten der günstigsten Varianten mit CO_2-Emissionen von etwa 7 kg/m^2_{BGF}a liegen im gleichen Bereich wie die der schlechtesten Varianten mit Werten von etwa 27 kg/m^2_{BGF}a. Der derzeitige Grenzwert der BTV von 34 kg/m^2_{BGF}a (rote Linie) liegt bei nochmals weit schlechteren energetischen Qualitäten.

5. Wohngebäudebestand Vorarlberg

Als Grundlage zur Ermittlung der Einsparpotenziale im Wohngebäudepark Vorarlbergs analysierte das Energieinstitut Vorarlberg den derzeitigen Bestand an Wohngebäuden [32]. Datenbasis für die Analyse waren amtliche Statistiken der Statistik Austria, des Landes Vorarlberg und Auswertungen der Energieausweiszentrale Vorarlberg. Der Wohngebäudebestand wurde entsprechend der Systematik der Statistik Austria in 40 Typen (5 Gebäudegrößen vom Einfamilienhaus bis zum großen Mehrfamilienhaus mit mindestens 20 Wohneinheiten) und 8 Altersklassen differenziert. Abbildung 22 zeigt die Zusammensetzung des Vorarlberger Wohngebäudebestandes mit Stand Mikrozensus 2011.

Vorarlberg		Bauperiode							
Gebäudegröße	Wohnungen ges. (Hauptwohnsitz)	vor 1919	1919 – 1944	1945 – 1960	1961 – 1970	1971 – 1980	1981 – 1990	1991 – 2000	2001 und später
Zusammen	153.200	14.800	7.900	15.200	20.100	25.300	20.200	26.900	22.700
1 WE	58.300	5.500	2.200	6.200	7.700	8.200	10.200	9.500	8.700
2 WE	25.800	5.000	2.200	3.900	4.700	4.300	1.500	2.200	2.000
3 bis 9 WE	45.400	4.000	3.200	4.300	4.600	5.500	6.000	10.000	7.700
10 bis 19 WE	16.400	200	200	600	1.800	4.000	1.900	4.400	3.300
20 und mehr WE	7.300	100	200	300	1.300	3.300	500	600	1.000

Abbildung 22: Anzahl der Wohnungen mit Hauptwohnsitzangabe in Vorarlberg nach Gebäudegröße und Bauperiode (Stand Mikrozensus 2011) [33]

Zum Stand Mikrozensus 2011 hatte Vorarlberg 153.200 Wohneinheiten mit Hauptwohnsitzangabe. Von diesen waren 84.100 (=55%) in Ein- und Zweifamilienhäusern und etwa 45% in Mehrfamilienhäusern. Der größte Anteil der Wohnungen in Mehrfamilienhäusern liegt in kleinen Wohnanlagen mit 3 bis 9 Einheiten.

Der Gebäudebestand ist aufgrund des starken Bevölkerungswachstums und der sehr positiven wirtschaftlichen Entwicklung der vergangenen Jahrzehnte im Durchschnitt recht jung. Nur 14.800 Wohneinheiten, d.h. weniger als 10% des Bestandes liegen in Gebäuden, die vor 1919 errichtet wurden. Im Vergleich zu diesem Wert werden seit 1960 in jeder Dekade etwa 20.000 bis 26.000 Wohneinheiten neu errichtet.

Berücksichtigt man Zubau und Abriss seit dem Mikrozensus 2011 sowie die in den Zahlen des Mikrozensus nicht enthaltenen Wohnungen mit Zweitwohnsitzangabe, so ergibt sich für das Jahr 2018 ein Bestand von 181.600 Wohneinheiten in Vorarlberg. Die Gesamt-Wohnfläche in Summe der Haupt- und Nebenwohnsitze betrug 2018 etwa 18.090.000 m^2 [3].

Der Anteil Denkmal- oder Ensemble-geschützter Gebäude ist gering. Für diese Kategorien kann daher ein Primat der Gestaltung eingeräumt werden: Energiesparmaßnahmen sind fast immer möglich, sollten aber nur so weit umgesetzt werden, wie dies aus Gründen des Denkmalschutzes oder des Erhalts historischer Bausubstanz akzeptabel ist.

Der Anteil fossil beheizter Wohnungen kann für 2015 auf etwa 55% der Gesamtwohnfläche abgeschätzt werden, u.a. werden noch etwa 58.000 Wohneinheiten mit Öl beheizt [34].

6. Sanierungsrate Gebäudehülle und Kesseltauschrate

6.1 Definition

Neben der energetischen Qualität von Neubau und Sanierung ist die Sanierungungsrate der Gebäudehülle sowie die Kesseltauschrate von zentraler Bedeutung für den Erfolg der Dekarbonisierung des Gebäudesektors. Da beide Begriffe weder in Österreich noch in Vorarlberg einheitlich definiert sind, wird nachfolgend eine aus Sicht des Autors sinnvolle Definition erläutert, die auf Arbeiten des Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt beruht.

1. Zur Beschreibung des Sanierungsgeschehens werden eine Sanierungsrate für die Gebäudehülle und – getrennt davon - eine Kesseltauschrate verwendet.
2. Die Sanierungsrate wird auf die Gesamtanzahl aller Haupt- und Nebenwohnsitzwohnungen zum jeweiligen Zeitraum bezogen. Eine Beschränkung auf Gebäude, die ein gewisses Alter haben (z.B. mehr als 20 Jahre) erscheint nicht sinnvoll, da die energetische Gebäudesanierung ein Dauerthema ist und jedes Gebäude – auch jeder Neubau - nach Ablauf der technischen Lebensdauer seiner Bauteile ein „Sanierungsfall" sein wird.
3. Die Kesseltauschrate wird auf die Gesamtanzahl aller Wärmeerzeuger (inkl. Fernwärmeanschlüsse) bezogen. Alternativ kann die Rate auch über die Anzahl der Wohneinheiten bzw. die Wohnfläche bestimmt werden, für die ein Kesseltausch durchgeführt wurde.
4. Für jedes Element der Gebäudehülle (Außenwand, Dach/oberste Geschossdecke, Kellerdecke/Bodenplatte, Fenster) werden eigene Werte für die Sanierungsrate bestimmt. Die betriebs- und volkswirtschaftlich optimalen Sanierungsraten für die Gebäudehülle und die Kesseltauschrate werden aus den mittleren technischen Lebensdauern der einzelnen Bauteile bestimmt.
5. Die Sanierungsrate für die Gebäudehülle wird entsprechend dem Vorschlag des Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, als flächengewichtete Wärmeschutz-Modernisierungsrate ermittelt, die sich aus den flächengewichteten Einzelraten der vier Bauteile Außenwand, Dach/oberste Geschossdecke, Kellerdecke/Bodenplatte und Fenster ergibt. Die vier Bauteile werden entsprechend der folgenden Gewichtungsfaktoren berücksichtigt beheizt [38]:

   · Außenwand 40%

   · Dach/oberste Geschossdecke 28%

   · Fußboden/Kellerdecke 23%

   · Fenster: 9%

   Die genannten Gewichtungsfaktoren entsprechen den prozentualen Anteilen der Einzelbauteile an der Gesamtsumme aller Bauteilflächen im dt. Wohngebäudebestand 2009 nach den Ansätzen des IWU-Wohngebäudebestandsmodells.

Element der Gebäudehülle	mittlere technische Lebensdauer	resultierende Sanierungsrate	flächengewichteter Anteil an der Gesamt-Hüllfläche
	Jahre		Prozent
Außenwand	50	2,0%	40
Dach/oberste Geschoßdecke	60	1,66%	28
Kellerdecke/Bodenplatte	75	1,33%	23
Fenster	40	2,5%	9
betriebs- und volkswirtschaftlich optimale, flächengewichtete Modernisierungsrate der Gebäudehülle			**1,80%**

Abbildung 23: Abschätzung der betriebs- und volkswirtschaftlich optimalen, flächengewichteten Moderniserungsrate der Gebäudehülle

Bei derzeit etwa 181.600 Wohneinheiten (Haupt- und Nebenwohnsitze) bedeutet die o.g. flächengewichtete Modernisierungsrate der Gebäudehülle von 1,8%, dass flächengewichtet die Gebäudehüllen von etwa 3.270 Wohneinheiten energetisch saniert werden müssten. Aus den wirtschaftlich optimalen Sanierungsraten ergeben sich die in der folgenden Abbildung aufgeführten jährlich zu sanierenden Bauteilflächen.

Bauteil	Bauteilfläche	mittlere Nutzungsdauer	resultierende Sanierungsrate	Anzahl zu sanierende Wohnungen	Jährlich zu sanierende Bauteilfläche
	m^2	Jahre		Stück p.a.	m^2/a
Außenwand	26.600.000	50	2,0%	3.632	532.000
Steildach	11.016.000	80	1,25%		137.700
Flachdach	4.080.000	40	2,5%		102.000
Fenster	3.800.00	40	2,5 %	4.540	95.000

Abbildung 24: Abschätzung der jährlich zu sanierenden Bauteilflächen bei Umsetzung der betriebs- und volkswirtschaftlich optimalen Sanierungsrate der Gebäudehülle

Wie die Abbildung verdeutlicht, müssten bei Umsetzung der betriebs- und volkswirtschaftlich optimalen Sanierungsrate jährlich sehr große Flächen aller Bauteile saniert werden.

6. Die betriebs- und volkswirtschaftlich optimale Kesseltauschrate kann aus der mittleren technischen Lebensdauer von Kesseln bestimmt werden. Setzt man diese mit 20 bis 30 Jahren an, so ergeben sich Kesseltauschraten von 3,33 bis 5% pro Jahr.
   Bei einem Bestand von 181.600 Wohneinheiten bedeutet dies, dass jährlich die Kessel für etwa 6.000 bis 9.000 Wohneinheiten ausgetauscht werden müssten. Bei einem Bestand von etwa 80.000 Wärmeerzeugern in Wohngebäuden (Hauptheizsysteme) müssten pro Jahr zwischen 2.640 und 4.000 Wärmeerzeuger ausgetauscht werden.

6.2 Derzeitige Werte für Vorarlberg

Obwohl sich die Datenlage zur Anzahl der energetischen Sanierungen in Österreich und Vorarlberg in den letzten Jahren leicht verbessert hat, sind die verfügbaren Daten noch mit deutlichen Unsicherheiten behaftet.

In der Bundesländer Luftschadstoffinventur 1990–2016, d.h. der Regionalisierung der nationalen Emissionsdaten auf Grundlage von EU-Berichtspflichten werden die folgenden Sanierungsraten für einzelne Bauteile der Gebäudehülle sowie eine Kesseltauschrate als Mittelwerte für die Jahre 2008 bis 2016 genannt [35].

- Fenstertausch: 1,7% (+- 0,2%), Tendenz gegen Periode 2002-2012: - 28%
- Thermische Fassadenerneuerung: 1,0% (+-0,2%) Tendenz gegen Periode 2002 – 2012: - 26%
- Oberste Geschossdecke: 1,1% (+-0,2%), Tendenz gegen Periode 2002-2012: - 31%
- Werte für die Kellerdecke bzw. die Bodenplatte werden nicht genannt.

Aus den o.g. Werten kann die flächengewichtete mittlere Sanierungsrate der Gebäudehülle aufgrund von Einzelbauteilsanierungen grob auf etwa 0,9% abgeschätzt werden. Zusätzlich weist die Studie Sanierungen aus, in denen gleichzeitig mindestens drei von vier Sanierungsmaßnahmen (Außenwand, Dach, Fenster, Kesseltausch) durchgeführt werden.

Berücksichtigt man den Anteil dieser Sanierungen, so kann die mittlere Modernisierungsrate der Gebäudehülle auf Basis der Zahlen der Bundesländer-Luftschadstoffinventur auf ca. 1,1 % p.a. geschätzt werden.

Als Kesseltauschrate wird ein Wert von 1,7% (+-0,2%) genannt.

Aus dem aktuellsten Jahresbericht zur Energieausweis-Zentrale [36] geht hervor, dass zwischen 2008 und 2015 im Mittel etwa 52.000 m^2_{WNF} in Wohngebäuden umfassend saniert wurden (größere Sanierung). Dies entspricht einer Sanierungsrate der Hülle von knapp 0,3% p.a. Zusätzlich wurden im Mittel der Jahre 2008 bis 2015 etwa 128.500 m^2_{WNF} an Einzelbauteilflächen energetisch saniert. Da die Einzelbauteilsanierungen nicht nach Bauteil differenziert werden, kann nur grob abgeschätzt werden, dass sich die flächengewichtete mittlere Sanierungsrate der Gebäudehülle aufgrund der Einzelbauteilsanierungen um etwa 0,3% p.a. erhöhen.

Unter Berücksichtigung der umfassenden Sanierungen und der Einzelbauteilsanierungen kann die flächengewichtete Modernisierungsrate der Gebäudehülle damit auf Basis der Auswertungen der EAWZ Vorarlberg auf etwa 0,6% p.a. abgeschätzt werden.

Die Datenlage zum Thema Gebäudesanierung ist wie dargestellt weiterhin unbefriedigend, die flächengewichtete mittlere Sanierungsrate der Gebäudehülle kann auf Basis der beiden genannten Quellen nur sehr grob auf 0,6 bis 1,1% p.a. abgeschätzt werden. Dieser Wert liegt um den Faktor 2 bis 3 unter dem betriebs- und volkswirtschaftlich optimalen Wert.

Auch die Kesseltauschrate liegt mit 1,7% p.a. um den Faktor 2 bis 3 unter dem wirtschaftlich optimalen Wert.

7. Potentiale der Sanierung des Vorarlberger Gebäudebestandes

Die Reduktionspotenziale des Wohngebäudeparks Vorarlberg bis 2070 wurden in einer Studie des Energieinstitut Vorarlberg in vier Szenarien untersucht. In allen Szenarien wurden das gleiche Referenzjahr (2005) und die gleiche Bevölkerungsentwicklung und Entwicklung der Wohnfläche (2050 zu 2005: Anstieg auf knapp 150% des Ausgangswertes) unterstellt. Die Szenarien unterscheiden sich bezüglich der energetischen Qualität des Neubaus und der Sanierung. Die Ergebnisse sind im Endbericht [32] detailliert dargestellt und werden daher nachfolgend nur kurz zusammengefasst:

- Heizwärmebedarf
  Werden in der Sanierung die kostenoptimalen Energieniveaus mit realistischen Sanierungsraten (Hülle ca. 1,5 bis 2% p.a., Wärmeerzeuger ca. 3,3 bis 5% p.a.) umgesetzt und auch im Neubau die kostenoptimalen Energieniveaus [27] umgesetzt, so kann der Heizwärmebedarf trotz starker Wohnflächenzunahme bis zum Jahr 2050 um knapp 50% gegenüber dem Referenzjahr 2005 reduziert werden (Szenario Effizienz Plus).
  Der mittlere Heizwärmebedarf des Gesamt-Wohngebäudeparks ginge in diesem Szenario von etwa 110 kWh/m$^2_{WNF}$a im Jahr 2005 auf 37 kWh/m$^2_{WNF}$a im Jahr 2050 zurück.
  Würden die durchschnittlichen mittleren Gebäudequalitäten in Neubau und Sanierung im gleichen, langsamen Tempo der vergangenen 2 bis 3 Jahrzehnte weiter verbessert (Szenario business as usual), so betrüge die Reduktion bei gleicher (gegenüber dem derzeitigen Stand deutlich erhöhten) Sanierungsrate weniger als 15%.
- Endenergiebedarf (inkl. Haushaltsstrom)
  Abbildung 25 veranschaulicht die Einsparpotenziale bezüglich des Endenergiebedarfs für die vier untersuchten Szenarien.

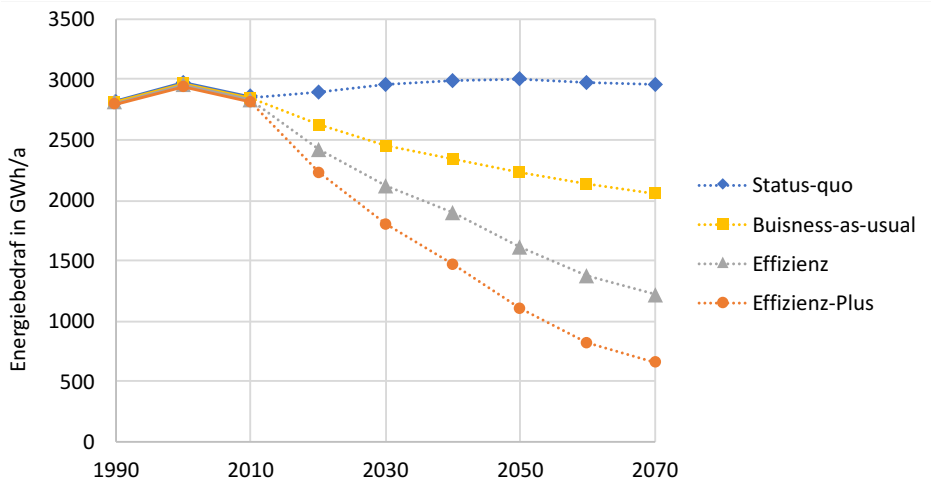


Abbildung 25: Entwicklung des Endenergiebedarfs inkl. Haushaltsstrom des Wohngebäudeparks Vorarlberg von 1990 bis 2070 in den vier untersuchten Szenarien (Szenario Effizienz Plus) [32]

Wie die Abbildung zeigt, könnte der Endenergiebedarf von etwa 2.900 GWh/a im Jahr 2005 auf 1.110 GWh/a im Jahr 2050 reduziert werden, wenn das Szenario Effizienz Plus verfolgt würde, das für Neubau und Sanierung eine Orientierung am kostenoptimalen Energieniveau

vorsieht. Würden die durchschnittlichen mittleren Gebäudequalitäten in Neubau und Sanierung im Tempo der vergangenen 2 bis 3 Jahrzehnte weiter verbessert (Szenario business as usual) und die gegenüber dem aktuellen Stand deutlich erhöhten Sanierungsraten erreicht, so ergäbe sich eine Reduktion des Endenergiebedarfs auf 2.230 GWh/a.

- Treibhausgasemissionen
  Abbildung 26 veranschaulicht die die Einsparpotenziale bezüglich der Treibhausgasemissionen für die vier untersuchten Szenarien.

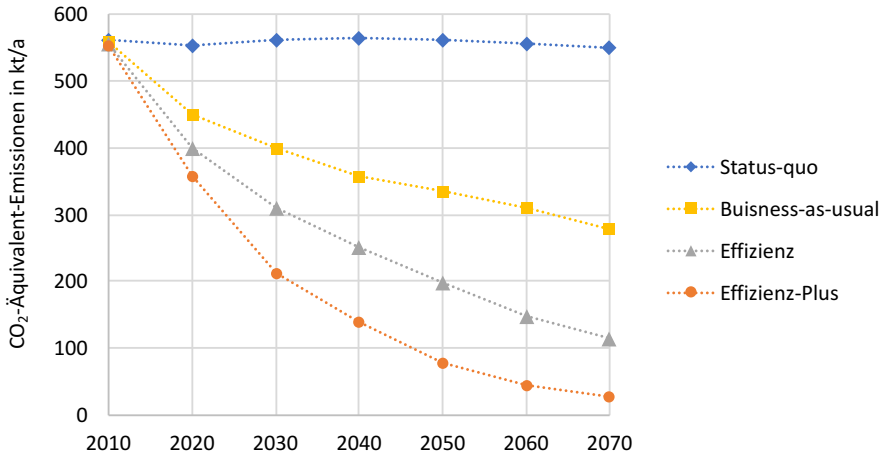


Abbildung 26: Entwicklung der Treibhausgasemissionen (inkl. Haushaltsstrom) des Wohngebäudeparks Vorarlberg von 1990 bis 2070 in den vier untersuchten Szenarien (Szenario Effizienz Plus) [32]

Wie die Abbildung zeigt, könnten die Treibhausgasemissionen auf etwa 80 kt/a im Jahr 2050 reduziert werden, wenn das Szenario Effizienz Plus verfolgt würde. Dies entspräche einer Emissionsminderung um etwa 88% gegenüber dem Wert im Referenzjahr 2005. Würden die durchschnittlichen mittleren Gebäudequalitäten in Neubau und Sanierung im Tempo der vergangenen 2 bis 3 Jahrzehnte weiter verbessert (Szenario business as usual) und die gegenüber dem aktuellen Stand deutlich erhöhten Sanierungsraten erreicht, so ergäbe sich eine Reduktion der Treibhausgasemissionen auf 340 kt/a. Dies entspräche einer Reduktion um etwa 45% gegenüber dem Referenzjahr 2005.

Wie die dargestellten Ergebnisse verdeutlichen, reicht das bisherige Tempo der Verbesserung der mittleren energetischen Qualität von Neubau und Sanierung bei Weitem nicht aus, um eine vollständige Dekarbonisierung des Gebäudesektors bis 2050 zu erreichen. Selbst bei der in den Szenarien unterstellten Steigerung der Sanierungsrate und der Kesseltauschrate könnten die Treibhausgasemissionen nur um weniger als 50% reduziert werden.

Wie die Untersuchung zeigt, kann die Dekarbonisierung jedoch erreicht werden, wenn Sanierungs- und Kesseltauschrate erhöht werden und die mittlere energetische Qualität in Neubau und Sanierung sich am Kostenoptimum orientiert.

8. Beschäftigungseffekte in Vorarlberg durch die Erhöhung von Renovierungsrate und -qualität

Eine grobe Abschätzung der Beschäftigungseffekte in Vorarlberg durch die Erhöhung von Sanierungsrate und -qualität ist auf der Grundlage der folgenden Größen möglich:

- Anzahl der Wohneinheiten und Fläche des Wohngebäudebestandes
- Sanierungs- und Kesseltauschrate
- Energetische Qualität der Renovierung
- Kosten der energetischen Renovierung und Kosten ohnehin fälliger Renovierungsarbeiten
- Beschäftigungseffekt pro Investition

8.1 Eingangsgrößen

Im Folgenden werden zunächst die Eingangsgrößen hergeleitet und dann die Ergebnisse der Grobschätzung dargestellt.

Anzahl der Wohneinheiten und Fläche des Wohngebäudebestandes

Anzahl und Fläche der jährlich zu sanierenden Wohneinheiten hängen von der Gesamtanzahl der Wohneinheiten (Haupt- und Nebenwohnsitzangabe) ab.

Wohngebäudebestand Vorarlberg 2018			Quelle
Anzahl Wohneinheiten	181.600	Stück	[3]
Durchschnittliche Wohnfläche	99,6	m²	[37]
Wohnfläche gesamt	18.090.000	m²	[3]

Abbildung 27: Wohngebäudebestand Vorarlberg (Haupt- und Nebenwohnsitze) 2018 – Anzahl der Wohneinheiten, durchschnittliche Wohnfläche und Gesamtwohnfläche [3]

Die Anzahl der Wohneinheiten in Vorarlberg (Summe Haupt- und Nebenwohnsitzwohnungen) lag im Jahr 2018 bei ca. 181.600.

Bei einer durchschnittlichen Wohnfläche von 99,6m² ergibt sich eine Gesamt-Wohnfläche von ca. 18.090.000 m².

Modernisierungsrate Hülle und Kesseltauschrate

Die Modernisierungsrate Hülle und die Kesseltauschrate werden zur Abschätzung der Beschäftigungseffekte zwischen den derzeitigen, auf Basis statistischer Daten abgeschätzten Werte und den betriebs- und volkswirtschaftlich optimalen Werten variiert.

	Aktueller Wert		wirtschaftlich optimaler Wert	
	Prozent p.a.	Wohneinheiten	Prozent p.a.	Wohneinheiten
flächengewichtete Modernisierungsrate Hülle	0,85	1.544	1,8	3.269
Kesseltauschrate	1,7	1.360	4,5	3.600

Abbildung 28: Annahmen zur flächengewichteten Modernisierungsrate Hülle und zur Kesseltauschrate zur Abschätzung der Beschäftigungseffekte

Energetische Qualität der Renovierung

Für die Grobabschätzung werden die Energieniveaus BTV (21er Linie + neuer Gaskessel) und enerphit (abgemilderter Passivhausstandard für Sanierungen, d.h. Hülle 10er Linie OIB + WRG + Wärmeerzeuger nicht-fossil + Thermie oder PV) verglichen.

Kosten der energetischen Modernisierung in verschiedenen Niveaus und Kosten ohnehin fälliger Renovierungsarbeiten

	BTV	enerphit
„Ohnehin-Kosten" ohne Energie	400	400
Energiemaßnahmen BTV (21er Linie + Abluft + Gaskessel	320	320
Mehrkosten Hülle enerphit (=10er-Linie) + WRG	0	120
Mehrkosten Wärmeerzeuger nicht-fossil + Thermie/PV	0	50
Gesamtkosten	720	890

Abbildung 29: Annahmen zu Ohnehin-Kosten nicht energetischer Sanierungsarbeiten zu den Kosten der Energiemaßnahmen nach BTV, sowie der Mehrkosten für den Standard enerphit und für optimierte und regenerative Wärmeerzeugung

Die „Ohnehin-Kosten" für energetisch nicht relevante Maßnahmen werden mit 400 EUR/m^2_{WNF} angenommen, die Kosten für die Energiemaßnahmen zur Erfüllung der BTV mit 300 EUR/m^2_{WNF}. Die Mehrkosten der energetisch höherwertigen Sanierung inkl. Kesseltausch werden mit 170 EUR/m^2_{WNF} angenommen. Dies entspricht dem oberen Grenzwert des in Kapitel 4 genannten Mehrkostenspektrums. Die Mehrkosten werden überschläglich in 120 EUR/m^2_{WNF} Mehrkosten für Hülle und Lüftung mit WRG sowie 50 EUR/m^2_{WNF} für verbesserte (und regenerative) Wärmeerzeuger sowie Thermie/PV aufgeteilt.

Beschäftigungseffekt pro Investition

Zur Abschätzung des Beschäftigungseffekts wird der für Deutschland ermittelte, aktuelle Wert von 10,9 Arbeitsplätzen pro Mio. EUR Bruttoinvestition übernommen [10].

Beschäftigungseffekte in Vorarlberg

Auf Basis der beschriebenen Annahmen ergeben sich die in Abbildung 30 dargestellten Umsätze und Beschäftigungseffekte in Abhängigkeit von Renovierungsrate und -qualität.

Modernisierung Hülle			Kesselaustausch + Thermie/PV			jährliche Brutto-Investitionskosten				
Modernisierungsrate Hülle	Wohneinheiten mit sanierter Hülle	WNF mit sanierter Hülle	Kesseltauschrate	Wohneinheiten mit ausgetauschtem Kessel	WNF mit ausgetauschtem Kessel	„Ohnehin-Kosten" Hülle	Energie BTV	Mehrkosten Hülle + WRG	Mehrkosten Wärmeerzeuger + Thermie/PV	Gesamtkosten
%	Anzahl	m^2_{WNF}	%	Anzahl	m^2 WNF	EUR/a	EUR/a	EUR/a	EUR/a	EUR/a
0,85	1.544	153.743	1,7	1.360	135.456	61.497.024	49.197.619	0	0	110.694.643
1,7	3.087	307.485	4,5	3.600	358.560	122.994.048	98.395.238	36.898.214	17.928.000	276.215.501
Mehrinvestition										165.520.858
zusätzliche Arbeitsplätze										1.804

Abbildung 30: Investitionen in die Wohngebäudesanierung und Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt

Würde die Modernisierungsrate für die Gebäudehülle vom aktuellen Wert von etwa 0,85 auf 1,7% p.a. verdoppelt, die Kesseltauschrate vom aktuellen Wert von 1,7 auf 4,5% p.a. gesteigert und gleichzeitig die energetische Qualität der Hülle und der Wärmeerzeuger gesteigert, so entstünden jährliche Mehrinvestitionen von etwa 165 Mio. EUR. Dies entspricht einem Äquivalent von etwa 1.800 zusätzlichen Arbeitsplätzen.

9. Quellen

[1] Schritt für Schritt zur Energieautonomie: Energie- und Monitoringbericht Vorarlberg 2019;
Amt der Vorarlberger Landesregierung (Herausgeber), Bregenz, 2019

[2] V.O. Engstler: Sondierung Energiebedarf Nichtwohngebäude Vorarlberg:
Projektbericht im Rahmen des EU-interreg alpine space-Projekts IMEAS, Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn, 2018

[3] Hatt, T., Ploss, M.: Annahmen und Randbedingungen für die Winterstromstudie – Herleitung aus
statistischen Daten (unveröffentlicht); Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn, 2019

[4] O. Mair am Tinkhof et al.: Richt- und Zielwerte für Siedlungen zur integralen Bewertung der Klimaverträglichkeit von Gebäuden und
Mobilitätsinfrastruktur in Neubausiedlungen; Berichte aus Energie- und Umweltforschung 39/2017; BMVIT (Herausgeber), Wien, 2017

[5] F. Schröder et al: Reale Raumtemperaturen in Mehrfamilienhäusern und Implikationen für die Einschätzung
des Heizwärmebedarfs, in: EnEV aktuell, Nr. 1/2010

[6] Loga, T. et al.: Berücksichtigung des Nutzerverhaltens bei energetischen Verbesserungen; Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, Juni 2018
Herausgeber: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bonn

[7] Eidgenössisches Departement des Inneren, Bundesamt für Gesundheit BAG (Herausgeber): Vorsicht Schimmel – Eine Wegleitung zu
Feuchtigkeitsproblemen und Schimmel in Wohnräumen

[8] Brasche, S. et al.: Vorkommen, Ursachen und gesundheitliche Aspekte von Feuchteschäden in Wohnungen, Ergebnisse einer repräsentativen
Wohnungsstudie in Deutschland; Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 2003; 46 (8) 683-693

[9] P. Biwald et al.: Schaffung von Public Value – Zentrale Aspekte und strategische Konsequenzen am Beispiel der gemeinnützigen
Wohnungswirtschaft; Im Auftrag des Österreichischen Verbandes der gemeinnützigen Bauvereinigungen – Revisionsverband und der
Wohnbauförderungsabteilungen der Bundesländer; KDZ Zentrum für Verwaltungsforschung

[10] N. Diefenbach et al.: Monitoring der KfW-Programme „Energieeffizient Sanieren" und „Energieeffizient Bauen" 2017;
Institut Wohnen und Umwelt / Fraunhofer IFAM, Darmstadt/Bremen, Oktober 2018

[11] D. Kletzan-Klamanig et al.: Energieeffiziente Gebäude – Potenziale und Effekte von emissionsreduzierenden Maßnahmen;
Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO); Wien, Oktober 2008

[12] A. Oberhuber et al.: Beschäftigungseffekte der Wohnbau- und Gebäudesanierungsförderung in Niederösterreich;
Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen, Wien, Dezember 2013

[13] M. Böhmer et al.: Ermittlung der Wachstumswirkungen der KfW-Programme zum Energieeffizienten Bauen und Sanieren;
Prognos, Berlin, Basel März 2013

[14] Szenarien zum künftigen Energiebedarf des Wohngebäudeparks in Vorarlberg:
Wärmeerzeugungsstruktur im Szenario Effizienz, Internes Arbeitsdokument; Energieinstitut Vorarlberg, Mai 2017

[15] C. Petersdorff et al.: Energieabhängigkeit von Russland durch Energieeffizienz reduzieren; Kurzstudie ecofys, 2014

[16] Greller, M. et al.: Universelle Energiekennzahlen für Deutschland – Teil 2: Verbrauchskennzahlentwicklung
nach Baualtersklassen; in: Bauphysik 32(2010) Heft 1

[17] Techem Energy Services GmbH: Energiekennwerte 2016; Eine Studie von Techem zum Wärme- und Wasserverbrauch
in Mehrfamilienhäusern Eschborn, 2017

[18] M. Ploss, J. Gehrmann: Verbrauchsauswertung für 434 Wohnanlagen der VOGEWOSI; Energieinstitut Vorarlberg, 2016 bis 2018

[19] M. Großklos et al.: Wissenschaftliche Begleitung der Sanierung Rotlintstraße 116-128 in Frankfurt a.M. – Endbericht – Ergebnisse der
messtechnischen Erfolgskontrolle; IWU, 2013

[20] F. Kagerer et a.: Sanierung eines Hochhauses auf Passivhaus-Standard – ein Jahr Betriebserfahrungen,
Fraunhofer ISE, in: Tagungsband 17. IPHT 2013

[21] N. Weyand et al.: Modernisierung Brunckviertel: Ergebnisse zum 3-Liter-Haus, in: Tagungsband 9. IPHT 2005, Ludwigshafen

[22] S. Peper: Sanierung mit Passivhauskomponenten – Messtechnische Untersuchung und Auswertung
Tevesstrasse Frankfurt a.M.; Passivhaus Institut, Darmstadt, 2009

[23] S. Peper: Gebäudesanierung „Passivhaus im Bestand" in Ludwigshafen / Mundenheim – Messung und Beurteilung
der energetischen Sanierungserfolge; Passivhaus Institut, Darmstadt, 2008

[24] C.C. Lorz, C. van Treek: Endbericht Modellvorhaben Effizienzhäuser Plus im Altbau – Energetisches Monitoring der
Effizienzhäuser Plus im Altbau Pfuhler Strasse 4+6 und 12+14 in Neu-Ulm; RWTH Aachen, 2018

[25] E. Drössler: Verbrauchsauswertung der ersten 5 Betriebsjahre für die MFH-Sanierung in Hörbranz am Sportplatz (unveröffentlicht);
Energieinstitut Vorarlberg, 2017

[26] M. Ploss: Energieeffiziente Gebäude in der Praxis, in: economicum - leistbares und energieeffizientes Wohnen,
Themenband zu Session 7: Die Wahrheit liegt in der Messung; Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn, 2018

[27] M. Ploss, T. Hatt et al.: Modellvorhaben KliNaWo – Klimagerechter, nachhaltigwer Wohnbau; Zwischenbericht Jänner 2017; Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn, 2017; download unter: https://www.energieinstitut.at/wp-content/uploads/2017/05/Zwischenbericht-KliNaWo-012017.pdf

[28] A. Enseling: Häuser sparsamer als verlangt – investive Mehrkosten bei Neubau und Sanierung – Mehrfamilienhäuser; Institut Wohnen und Umwelt, Oktober 2014

[29] A. Enseling: Häuser sparsamer als verlangt – investive Mehrkosten bei Neubau und Sanierung – Einfamilienhäuser; Institut Wohnen und Umwelt, Oktober 2014

[30] B. Schulze-Darup: Sanierung mit Faktor 10: Projektbeispiele mit Monitoringergebnissen; Präsentation anlässlich des FIW Wärmeschutztages 2012, München 15. Juni 2012

[31] T. Rosskopf: Ermittlung der Investitions-, und Lebenszykluskosten sowie des Energiebedarfs zahlreicher Sanierungsvarianten eines Vorarlberger Mehrfamilienhauses; Energieinstitut Vorarlberg im Auftrag der Gebäudegruppe der Energieautonomie Vorarlberg; Dornbirn, 2018

[32] Ploss, M., Hatt, T. Vallentin, R., Kern, M.: Energieperspektiven Vorarlberg 2010 – 2070 (Langfassung) Energieinstitut Vorarlberg und Vallentin + Reichmann, Dornbirn, Okt. 2017

[33] Mikrozensus 2011 (Tabelle 46): Anzahl der Wohnungen mit Hauptwohnsitzangabe in Vorarlberg nach Gebäudegröβe und Bauperiode; Statistik Austria, Wien, 2012

[34] Hatt, T., Ploss, M.: Szenarien zum künftigen Energiebedarf des Wohngebäudeparks in Vorarlberg: Wärmeerzeugungsstruktur im Szenario Effizienz – internes Arbeitspapier, Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn, Mai 2017 (unveröffentlicht)

[35] M. Anderl, "Bundesländer Luftschadstoff-Inventur 1990-2016," Umweltbundesamt, Wien, 2018 [Online]. Available: https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0665.pdf

[36] M. Brunn, "Energieausweis Zentrale Vorarlberg Jahresbericht 2015," Amt der Vorarlberger Landesregierung, Abteilung VIa - Fachbereich Energie und Klimaschutz, Bregenz, Jun. 2016.

[37] Statistik Austria, "Mikrozensus: Wohnungsgröβe von Hauptwohnsitzwohnungen nach Bundesland (Zeitreihe)," Bundesanstalt Statistik Österreich, Wien, Statistik, May 2018.

[38] H. Cischinsky, N. Diefenbach: Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016 – Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand; Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, April 2018

Dr. Burkhard Schulze Darup

Burkard Schulze Darup ist freischaffender Architekt und Stadtplaner. Seine Tätigkeitsschwerpunkte liegen in der Durchführung und Begleitung von Sanierungs- und Neubauprojekten im Bereich des nachhaltigen und energieeffizienten Bauens, v.a. die Erzielung von Plusenergie-Konzepten und die Übertragung innovativer Neubautechnik auf den Bestand unter Bewahrung der Baukultur. Darüber hinaus beschäftigt er sich neben zahlreichen Forschungsvorhaben und Veröffentlichungen in den letzten Jahren mit der Fragestellung, wie unser Gebäudebestand bis zum Jahr 2050 Klimaneutralität erreichen kann.

Umsetzungskonzepte für energieeffiziente & wirtschaftliche Sanierungen von Wohngebäuden

Einleitung und Grundlagen

Die aktuellen Klimaschutzbemühungen der Bundesregierung werden nicht ausreichen, um die Verpflichtungen nach dem Übereinkommen von Paris aufgrund der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen zu erfüllen. Im Bausektor ist es mit den aktuellen Rahmenbedingungen nicht möglich, bis Mitte des Jahrhunderts die Netto-Treibhausgasneutralität zu erreichen. Nur ein sehr kurzfristiges Umlenken ermöglicht es, die Ziele innerhalb der nächsten dreißig Jahre mit wirtschaftlich verträglichen Mitteln umzusetzen. Im Gebäudebereich wird der vorliegende Entwurf des GEG nicht in der Lage sein, diese Ziele zu ermöglichen oder gar ausreichende Impulse für das intendierte Erreichen der Klimaneutralität im Gebäudebestand bis 2050 zu geben. Grundlage für ein GEG im Sinn der Klimaschutzziele ist ein zukunftsfähiger Effizienzstandard, der ab 2021 eine wirtschaftliche Form heutiger Best-Practice-Techniken abbilden muss. Für den Gebäudebestand muss mindestens der Standard KfW EH 55 erreicht werden. Selbstverständlich stellen bei Denkmalen oder stadtbildprägenden Gebäuden die Gestaltung und ein hochwertiger Städtebau die zentralen Anforderungen dar.

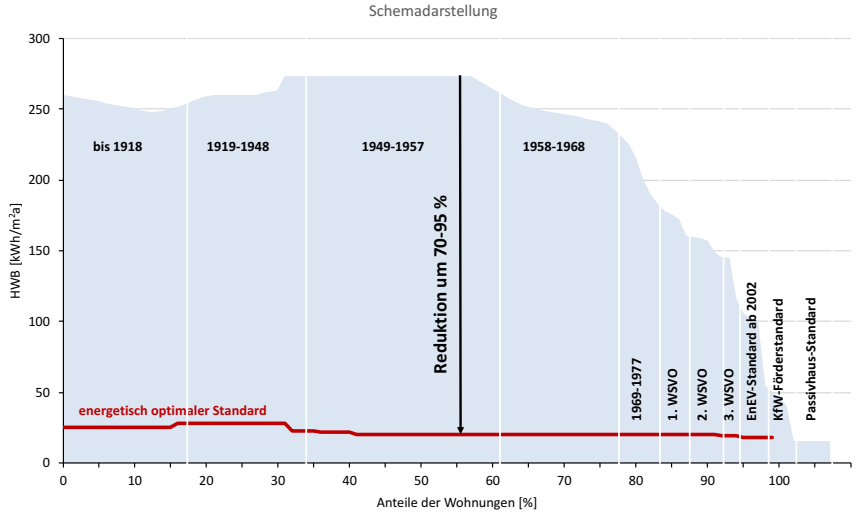


Abb. 1 Schema des Heizenergie-Reduktionspotenzials und Förderprogramme in der BRD bezüglich der Sanierung des Wohngebäudebestands

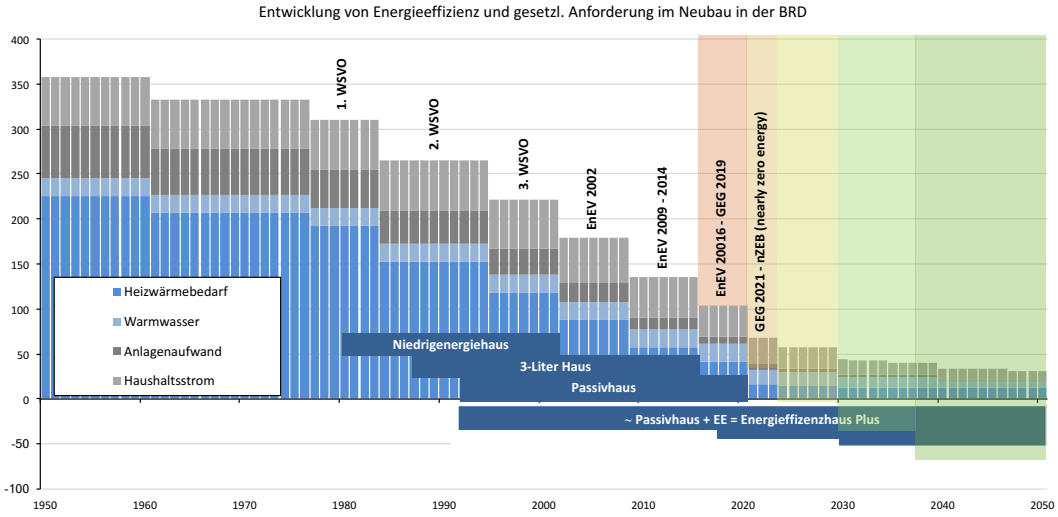


Abb. 2 Entwicklung von Energieeffizienz und gesetzlichen Anforderungen im Neubau in der BRD: etwa 2015 wird die EnEV den Passivhaus-Standard erreichen, 2020 wird fast der Netto-Nullenergiestandard erreicht sein – Parallelentwicklung Sanierung

Bei der Sanierung des Gebäudebestands kann nur eine langfristige nachhaltige Herangehensweise zu einer wirtschaftlich sinnvollen Lösung führen. Da Modernisierungen für dreißig bis fünfzig Jahre Bestand haben sollen, muss ein zukunftsfähiger Standard realisiert werden. Angesichts der gesetzten Klimaziele ist die energetische Gebäudesanierung ein zentrales Aufgabengebiet der Bauwirtschaft. Für die Wirtschafts-, Umwelt- und Arbeitsmarktpolitik ergeben sich daraus große Potenziale.

Etwa ein Drittel der Endenergie (BRD) wird für Bereitstellung von Raumwärme aufgewandt. Abbildung 1 stellt schematisch das Einsparpotenzial für den Baubestand sowie die Entwicklung der Förderprogramme dar. Niedrigenergie- und Passivhaustechnologie ermöglichen hohe Einsparungen - bei der Sanierung bis hin zur Reduktion um Faktor 10. Förderprogramme der KfW und der Deutschen Energieagentur unterstützen Standards ausgehend vom Neubaustandard der Energieeinsparverordnung (EnEV) gemäß Standards nach KfW-Effizienzhaus bis hin zu Standards KfW 70 und demnächst darunter, die nur unter Anwendung von Passivhauskomponenten erreichbar sind. In Abbildung 2 wird die Entwicklung der Energieeffizienz in der BRD von 1950 bis 2050 dargestellt. Etwa 2015 wird der Passivhausstandard zur üblichen EnEV-Anforderung werden. Plusenergiehäuser im Neubau und Bestand werden heute schon ausgeführt. Ab 2020 sind Fast-Nullenergiehäuser gemäß EU-Gebäuderichtlinie obligatorisch. Die weitere Entwicklung geht zu Plus-Energie-Häusern als Standard.

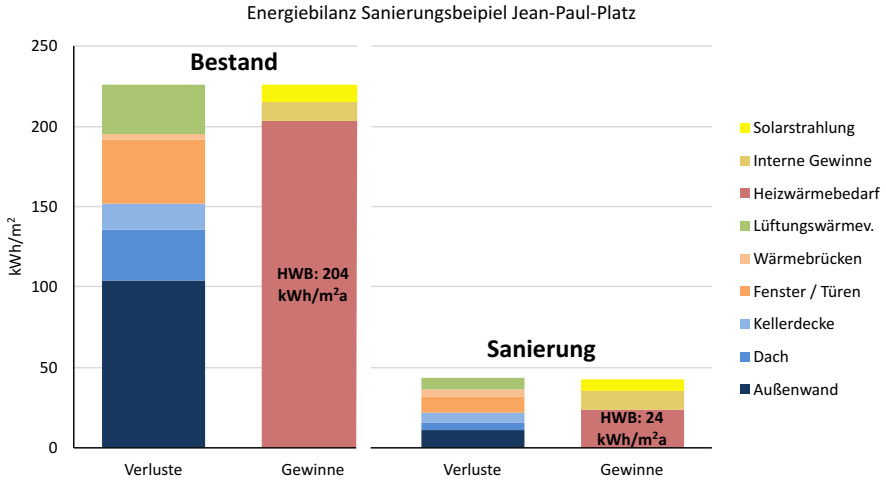


Abb. 3 Energiebilanz am Sanierungsbeispiel Jean-Paul-Platz in Nürnberg: Heizwärmereduktion mit Faktor 8,7 und CO_2-Reduktion > Faktor 10

Die primärenergetische Gegenüberstellung von Heizwärmeverbrauchs-Standards weist im Bestand Werte von 200 – 300 kWh/(m²a) aus, was 20 – 30 Litern Öl/(m²a) entspricht. Sanierungen mit Passivhaus-Komponenten führen zum 2- bis 3-Liter-Haus, was dem Standard KfW EH 55 entspricht.

Abbildung 3 zeigt Gewinne und Verluste beispielhaft bei einem Gebäude vor und nach der Sanierung mit Passivhaus-Komponenten. Der verbleibende Heizwärmebedarf liegt unter 30 kWh/(m²a). Primärenergetisch bzw. hinsichtlich der CO_2-Emission werden mehr als 90 % eingespart – das heißt, es wird Faktor 10 erreicht.

Bauliche Komponenten

Techniken für energieeffiziente Sanierung sind vorhanden und ausreichend erprobt. Es geht von der baulichen Seite her vor allem darum, die wärmeübertragende Gebäudehülle möglichst gut zu dämmen. Statt der üblichen Dämmdicken von 12 bis 16 cm werden Dämmungen von 20 cm (kompakte MFH) bis 30 cm (freistehende Einfamilienhäuser mit schlechtem A/V-Verhältnis) angestrebt. Dazu kommen hochwertige Fenster mit Dreifach-Wärmeschutzverglasung und gedämmten Rahmen, die auf Grund der geringen Differenzkosten zunehmend zum Standard geworden sind. Hinsichtlich der Qualitätssicherung muss besonderes Augenmerk auf die Minimierung von Wärmebrücken und eine hohe Luft- und Winddichtheit gelegt werden. Die baulichen Komponenten werden in Abbildung 4 aufgezeigt. Die Angaben beziehen sich auf das Forschungsprojekt „Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10“ [DBU 2004]. In der folgenden Tabelle sind sie nochmals mit ihren jeweiligen besonderen Aspekten aufgelistet.

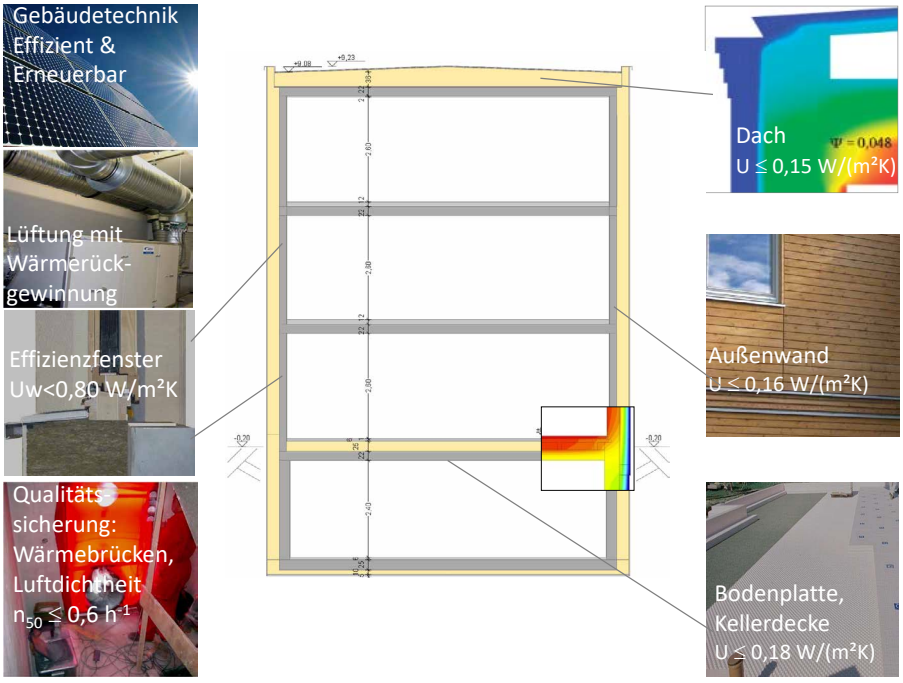


Abbildung 4 Komponenten für hochwertige Gebäudesanierung

In der folgenden Tabelle werden die Komponenten mit Angaben zur Wirtschaftlichkeit bei optimierter Planung dargestellt. Wichtig ist der Hinweis, dass Gebäude spätestens bis zum Jahr 2050 eine Plusenergiebilanz aufweisen sollten. Dazu gibt es derzeit Forschungsvorhaben wie das Energiesprong-Modell der dena, das auf vorgefertigten Elementen für Gebäudehülle und Gebäudetechnik basiert und auf Basis einer gebäudeintegrierten PV-Anlage mindestens eine Net-Zero-Bilanz erreicht.

Bauteil	**Stand der Technik** derzeit üblicher Standard	Zielvariante	**Wirtschaftlichkeit der Zielvariante € pro eingesparter kWh**
Wand	Dämmung 12-14 cm	20-30 cm	0,01-0,04 €
Dach	16-25 cm	25-35 cm	0,01-0,03 €
Kellerdecke	8-12 cm	14-20 cm	0,02-0,04 €
Fenster	U_w=1,3 W/(m²K)	U_w=0,8 W/(m²K)	0,04-0,07 €
Lüftung	ventilatorgestützte Abluft	WRG[1)]	0,05-0,10 €
Gebäudetechnik	1,2-1,3[2)]	1,1-1,2[2)]	0,01-0,04 €
Regener. Energ.	Ausnahme	hoher Anteil[3)]	0,03-0,20 €
CO_2-Reduktion	20-50%	85-95%	

Tabelle 1 Passivhaus-Komponenten bei der Sanierung
1) Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG)
2) Anlagenaufwandszahl der Heizanlage (ohne regenerativen Bonus)
3) Ziel ist eine Plusenergiebilanz des Gebäudes bis spätestens zum Jahr 2050

Lüftung

Noch vor wenigen Jahrzehnten war ein ausreichender Luftwechsel durch den Auftrieb der Verbrennungsluft von Einzelöfen in Verbindung mit großen Undichtheiten in der Gebäudehülle gegeben. Mit dem Einbau von Zentralheizungen und der Abdichtung von Fenstern und Türen entfiel diese Art der Lüftung. Eine Änderung des Nutzerverhaltens – also Außenluftzufuhr durch Lüften – war jedoch nicht in ausreichendem Maß gegeben. Schimmelpilzbildung, Allergien und Sick-Building-Syndrom waren die Folge. Seit 2009 muss auf Grundlage der DIN 1946-6 Lüftungstechnik eingesetzt werden, die von Fensterlüftung unabhängig ist. De facto bedeutet dies, dass Ventilator gestützte Lüftungstechnik erforderlich ist. Dadurch kann ein ausreichender Luftwechsel von 30 m³ pro Person sichergestellt werden.

Grundlagen der Planung und Wirtschaftlichkeit – Planung & Auslegung
Luftmengenauslegung 3-Zi-Wohnung für die Nennlüftung gemäß DIN 1946-6

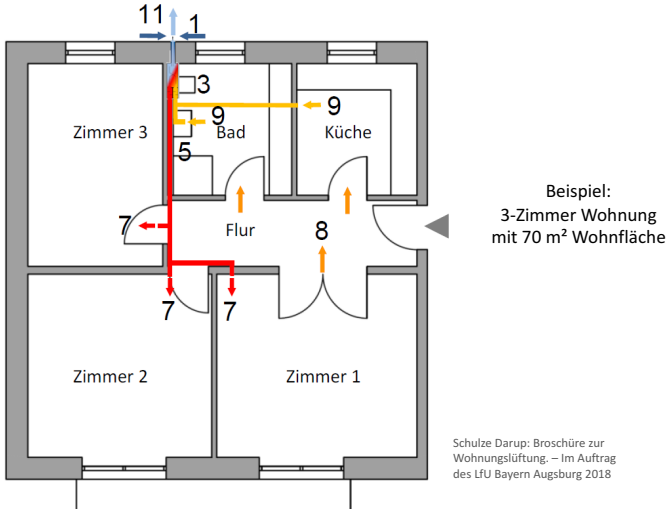


Abb. 5 Zu-/Abluftanlage mit WRG (Grundriss)

Es bieten sich zwei Anlagenkonzepte an: Ventilator gestützte Abluftanlagen und Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung (Abb. 5). Aus energetischer Sicht ist letztere Variante zu bevorzugen mit einem Wärmebereitstellungsgrad des Gerätes von $\eta_{WBG,t,eff} \geq 75\%$ und hoher Elektroeffizienz ($p_{el} \leq 0{,}45$ Wh/m³ Leistungsaufnahme für Ventilator und Regelung pro m³ geförderte Luft). Diese Anlagen haben sich über den Passivhausbau in den letzten Jahren etabliert und können im Bereich der Sanierung eingesetzt werden. In den nächsten Jahren werden kostengünstige Lösungen für Mehrfamilienhäuser im Markt Verbreitung finden.

Ein wichtiger Aspekt der Wärmerückgewinnung liegt darin, dass dadurch die Heizlast bei gut gedämmten Gebäuden nahezu halbiert wird.

Heizsystem

Die Maßnahmen an der Gebäudehülle sind Voraussetzung für die Auswahl eines sinnvollen Heizsystems: inkl. Wärmerückgewinnung bei der Lüftung reduziert sich die Heizlast gravierend auf etwa 10 bis 15 Watt pro m² beheizter Fläche. Dadurch kann mit geringer Vorlauftemperatur die Wärme transportiert werden und vor allem sind beste Voraussetzungen für die Anwendung von Wärmepumpentechnik gegeben. Je niedriger die Heizlast, desto kostengünstiger ist das System. Zudem kann durch Einbindung von PV und ggf. Batteriespeicherung eine sehr günstige und hocheffiziente Nutzung erneuerbarer Energien innerhalb des Gebäudes oder Quartiers umgesetzt werden

Warmwasserbereitung

Beim Geschosswohnungsbau mit hoher Effizienz liegt der Bedarf für die Warmwasserbereitung höher als der Heizwärmebedarf. Deshalb ist eine hocheffiziente Lösung ohne Verluste gefragt, wie sie bei vielen Mehrfamilienhäusern durch das Verteilsystem und Zirkulation gegeben ist. Zur Nutzenergie von etwa 16 kWh/(m^2a) kommen 30 bis über 100 % Anlagenverluste. Es gibt zahlreiche Gebäude, in denen ein Heizenergie-verbrauch für Warmwasser in Höhe von 35 bis über 45 kWh/(m^2a) gegeben ist. Durch die strombasierte erneuerbare Versorgung vor Ort über PV werden Wärmepumpenlösungen und sogar direktelektrische Warmwasserversorgung in Verbindung mit Duschwärmerückgewinnung zunehmend interessant. Voraussetzung ist allerdings die Realisierung einer hohen Eigenstromnutzung über PV, möglichst in Verbindung mit einem Elektrospeicher. Wichtiges Auslegungskriterium wird dabei die Spitzenlast des Gebäudes zu Zeiten der Dunkelflaute im Winter.

Bauphysik, Behaglichkeit und Komfort

Zahlreiche Parameter sprechen aus Behaglichkeits- und Komfortgründen für hochwertige energetische Sanierung. Eine Auswahl der Aspekte wird im Folgenden dargestellt.

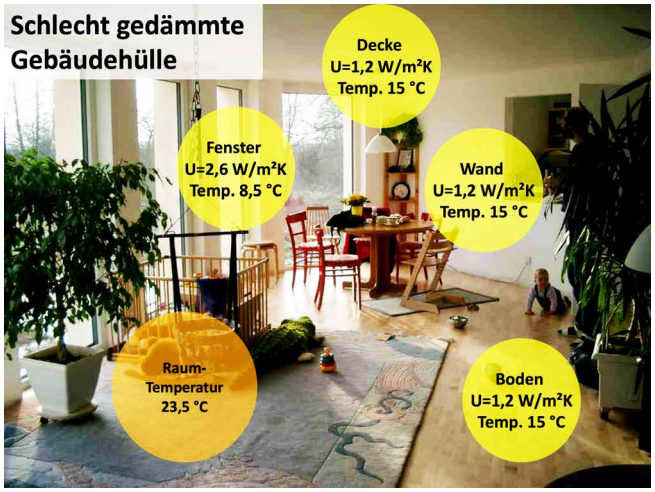


Abb. 6 Oberflächentemperaturen bei einer schlecht gedämmten Gebäudehülle

Oberflächentemperaturen

Je besser ein Gebäude gedämmt ist, desto höher liegen die inneren Oberflächentemperaturen der Außenbauteile zu Wand, Dach und Keller. Abb. 6 zeigt die Situation für ein unsaniertes Bestandsgebäude und Abb. 7 für eine hochwertig gedämmte Sanierungsausführung.

Die „empfundene Raumtemperatur" sollte bei etwa 19 – 20 °C liegen. Sie stellt in etwa das arithmetische Mittel aus den Temperaturen der umgebenden Oberflächen und der Raumlufttemperatur dar. Bei gut gedämmten Gebäuden sind alle Oberflächen ungefähr gleich warm und haben keine größere Temperaturdifferenz als 3 bis 4 Kelvin, was nochmals als Kriterium für ein hohes Behaglichkeitsempfinden gilt.

Gut gedämmte Gebäude werden von den Nutzern bei niedrigerer Raumlufttemperatur als hoch komfortabel empfunden.

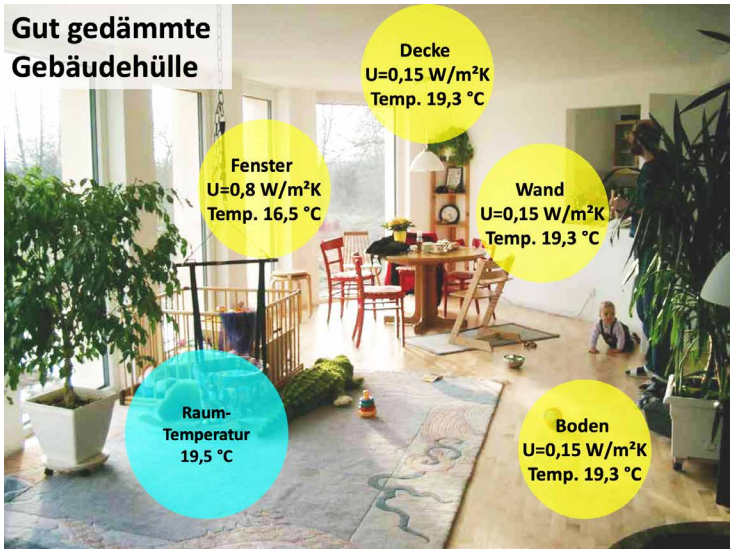


Abb. 7 Hohe Behaglichkeit bei guter Dämmung

Wärmebrücken und Mikroorganismen

Selbst bei guter Dämmung in der Fläche entstehen an Wärmebrücken Temperaturen, die zu Schäden führen können: Tauwasserausfall entsteht bei Oberflächentemperaturen unter 9,3 °C, Schimmelpilzbildung kann ab Oberflächentemperaturen von 12,6 °C beginnen. Diese Werte gelten für 20 °C Raumtemperatur und 50 % relative Raumluftfeuchte – in vielen Wohnungen ist eine nochmals ungünstigere Situation gegeben. Für diese Rahmenbedingungen wurde an zahlreichen Wärmebrückendetails eine Überprüfung durchgeführt. Wird berücksichtigt, dass nahezu regelmäßig Möblierungen in diesen Bereichen vorhanden sind, verschärft sich die Situation nochmals. Bei unsanierten Gebäuden tritt in den meisten Fällen Tauwasser und Schimmelpilzbildung auf, bei Dämmungen von 6 bis 12 cm ist an vielen Detailpunkten noch mit der Bildung von Schimmelpilzen zu rechnen. Dies entspricht den Beobachtungen bei vielen sanierten Gebäuden. Es wird davon ausgegangen, dass Schimmelpilze maßgeblich für Allergien und Atemwegserkrankungen ursächlich sind. Ein starker Anstieg dieser Krankheiten seit den siebziger Jahren ist u. a. auf diese Ursache zurück zu führen. Erst bei guter Dämmung im U-Wert Bereich um bzw. unter 0,2 W/(m²K) treten keine Mängel mehr auf.

Luftgeschwindigkeit und Luftschichtung

Temperaturunterschiede stellen neben Undichtheiten eine wesentliche Ursache für Raumluftbewegungen dar. Wenn ein Gebäude luft- und winddicht gebaut ist, zudem ausgewogene Temperaturen in allen Bereichen eines Raumes aufweist (s. o. Punkt „Oberflächentemperaturen“) und schließlich für die Beheizung nur sehr geringe Vorlauftemperaturen erfordert, so führt dies zu sehr geringen Luftgeschwindigkeiten und mithin hoher Behaglichkeit.

Ergänzend ergeben sich nur minimale Effekte hinsichtlich der Luftschichtung. Das Thema „kalte Füße und warmer Kopf“ kann bei energetisch hochwertig sanierten Gebäuden ad acta gelegt werden.

Lüftungsanlagen führen bei richtiger Auslegung in den Aufenthaltsbereichen zu keinerlei spürbarer Luftbewegung. Der Luftaustausch erfolgt so langsam, dass Luftgeschwindigkeiten deutlich unterhalb der wahrnehmbaren Schwelle liegen.

Zwangslüftung – Komfortlüftung

Lüftungsanlagen werden von Nutzern zunächst mit Vorbehalt bedacht, weil Klimaanlagen mit zwangsverschlossenen Fenstern assoziiert werden. Richtig geplante Lüftungsanlagen haben eine extrem hohe Nutzerakzeptanz. Sie werden in der überwiegenden Zahl der Fälle als deutliche Erhöhung des Komforts angesehen. Der lästige Zwang zum Fensterlüften entfällt. Die beständig frische Raumluft bei geschlossenen Fenstern wird sehr geschätzt. In innerstädtischen Bereichen und an verkehrsträchtigen Straßen wirken Lüftungsanlagen zudem als Schallschutzmaßnahme. Natürlich können die Fenster geöffnet werden: im Sommer und außerhalb der Heizzeit soll bzw. kann ergänzend Fensterlüftung betrieben werden.

Raumluftqualität

Durch den gezielten und regelmäßigen Eintrag frischer Außenluft wird die Raumluftqualität entscheidend verbessert: eine stündliche Außenluftzufuhr von 30 m^3 pro Person führt je nach Wohnungsgröße und Belegung zu Luftwechseln zwischen 0,5 und 0,8 h-1 in den Aufenthaltsräumen bzw. von 0,3 bis 0,7 h-1 für die gesamte Wohnung. Solch ein Luftaustausch in der Praxis durch manuelle Lüftung bei weitem nicht erreicht. Entsprechend niedrig liegen die Schadstoffwerte von bisherigen Messungen. Abb. 8 zeigt einen Vergleich hinsichtlich der CO_2-Konzentration in einem Schlafzimmer.

Weitere Verbesserungen bei Fenster-U-Werten unter nochmaliger Verbesserung der Passivhausstandards sind absehbar.

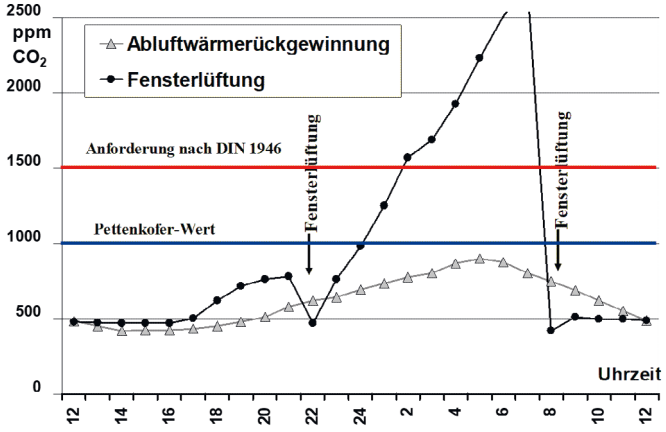


Abb. 8 Charakteristischer Tagesverlauf der CO_2-Konzentration in einem Schlafzimmer im Vergleich von Fensterlüftung und Zu-/ Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung

In der Lüftungstechnik sind große Anstrengungen erforderlich, weil dort die größten Innovationssprünge erforderlich sind, um kostengünstige Praxislösungen für den Mietwohnungsbau zu erhalten. Zusammen mit der Heiz- und Solartechnik bietet sich ein hervorragendes Arbeitsgebiet mit hohen Anforderungen an die Innovationskraft in den nächsten Jahren. Es ist ein hohes Marktpotenzial gegeben, das sich allein für das Bundesgebiet aus dieser Entwicklung erschließt. Die Entwicklung sollte gezielt durchgeführt werden, um den Innovationsvorsprung zu nutzen und kurz- und mittelfristig ein hohes Exportpotenzial für die BRD zu erschließen.

Darüber hinaus ist die Dämmindustrie gut beraten, mit einem Zeithorizont von 10 bis 15 Jahren Materialien mit weiter verbessertem Produktdesign zu entwickeln. Ansätze der Nano- und Vakuum-Technologie

Abb. 9 KfW-40 Haus: Ingolstädter Straße in Nürnberg (WBG Nürnberg)

Abb. 10 Sanierung mit Passivhaus-Komponenten für den Bestand und Aufstockung mit sechs Passivhauswohungen: Bernadottestraße in Nürnberg

Kosten & Wirtschaftlichkeit

Wohnungsbau ist seit vielen Jahrzehnten durch wechselnde Anforderungen von Angebot und Nachfrage geprägt. Während nach dem Krieg ab Anfang der 1950er Jahre eine kontinuierlich hohe Bautätigkeit stattfand mit jährlich 600 – 700.000 neu errichteten Wohnungen in den 1960 Jahren und einem Peak Anfang der 1970er mit 800.000 Wohnungen, sanken die Fertigstellungen danach kontinuierlich. Nach der Wende stiegen sie bis etwa 1998 nochmals auf dieses Niveau. Danach galt Deutschland als gebaut und die Einwohnerprognosen gingen zurück, sodass die Neubautätigkeit unter 200.000 Wohnungen im Jahr 2010 sank. Erst Mitte des Jahrzehnts entstand auf politischer Ebene eine signifikante Diskussion, dass ein gravierendes Wohnungsproblem zu lösen ist. Das aktuelle Ziel von 400.000 Wohnungen pro Jahr mutet gegenüber den vergangenen Herausforderungen bei vordergründiger Betrachtung machbar an. Dennoch hat sich die Situation in den letzten zwanzig Jahren grundlegend geändert.

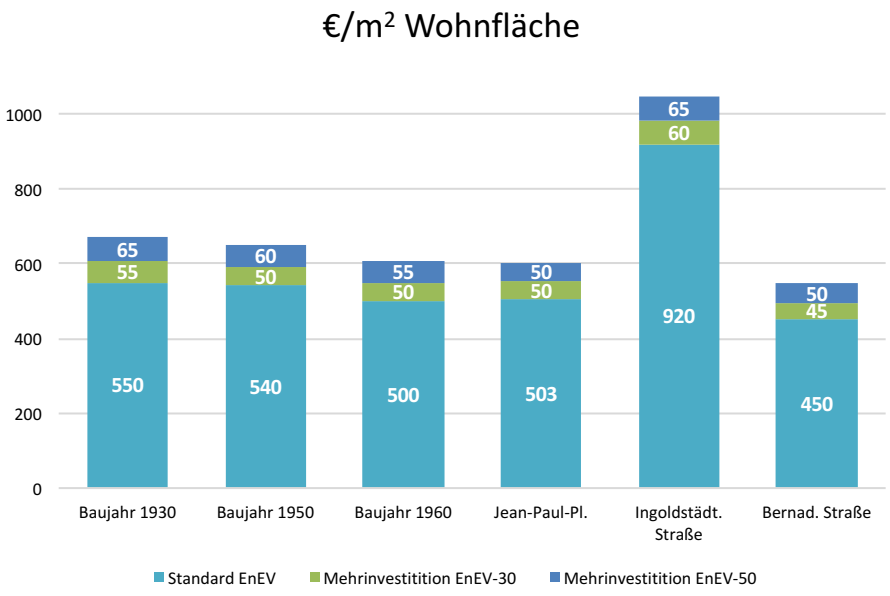


Abbildung 11 Baupreisentwicklung 1995 bis 2005

Die Kostenentwicklung beim Bauen ist seit 2006 stetig steigend. Die Abb. 11 oben zeigt die Baupreisentwicklung mit Stagnation in den Jahren 1995 bis 2005. Während dieser Zeit stiegen die Lebenshaltungskosten linear, sodass Bauen relativ dazu kostengünstiger wurde. Seit 2006 ziehen die Baukosten überproportional nach und haben etwa im Jahr 2016 die Lebenshaltungskosten wieder eingeholt. Aus dieser Abbildung lässt sich auch ablesen, dass die Baukosten immer dann steigen, wenn die Nachfrage nach oben geht, also die Bau- oder Sanierungstätigkeit anzieht. Das betrifft die Jahre 1992 bis 1995 sowie den Zeitraum ab 2009. Im Jahr 2006 waren Kostensteigerungen bereits durch Konjunkturprogramme angestoßen worden. Die Baukosten sind seit 2009 mit fast 3 % pro Jahr gestiegen [DESTATIS 2018-1 / DESTATIS 2018-2]. Für die Bauschaffenden in der Praxis fühlt sich die Steigerung oftmals wesentlich höher an. Gerade in den letzten Jahren sind Submissionsergebnisse davon geprägt, dass die Ergebnisse 10 bis 30 % über der Ursprungskalkulation liegen.

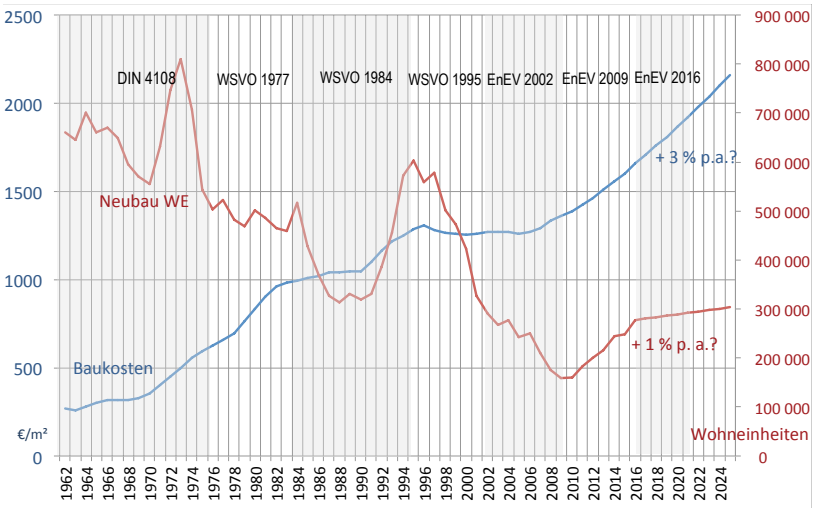


Abbildung 12 Kostenentwicklung und Baufertigstellungen

Die Gegenüberstellung von Lebenshaltungskosten und Baupreisen zeigt die Stagnation im Baubereich von 1995 bis 2005. Seitdem steigen die Baukosten überproportional. Ausschlaggebend ist vor allem die Nachfrage. In Zeiten mit anziehenden Zahlen beim Wohnungsbau steigen die Baupreise. Das betrifft die Phasen Anfangs der 1990er Jahre und die Zeit ab 2009. [DESTATIS 2018-1 / DESTATIS 2018-2 aufgearbeitet durch Werner Eicke-Hennig / Schulze Darup].

Kostentreiber

Es ist wichtig, Gründe für die Erhöhung von Bau- und Wohnkosten in ihrer gesamten Komplexität zu betrachten. Dabei korrelieren Neubau- und Sanierungskosten. Grundlegende Untersuchungen dazu wurden in den letzten Jahren von verschiedenen Seiten vor allem zum Neubaubereich durchgeführt.

Die Baukostensenkungskommission führte in einem interdisziplinären Prozess umfassende Untersuchungen zu der Fragestellung durch. Sie ermittelte in einer „Grobanalyse …eine Kostensteigerung von 46 % zwischen 2003 und 2012 (nach BKI) für Gebäude mit mittlerem Standard…, was einer durchschnittlichen jährlichen Zunahme von rund 4,2 % entspricht." [BMUB 2015] Dabei muss beachtet werden, dass die Auswertung der Baukostendaten des Baukosteninformationszentrums Deutscher Architektenkammern [BKI 2018] sehr aufwändig ist, weil von Jahr zu Jahr nur eine bedingte Vergleichbarkeit gegeben ist [Ecofys 2014]. Sehr aufschlussreich sind historisch hinterlegte Untersuchungen des Energieinstitut Hessen (Energieinstitut Hessen 2018).

Die Untersuchung der ARGE Kiel mit dem Titel „Kostentreiber für den Wohnungsbau" [ARGE 2015] benennt neun Gruppen von Kostentreibern „mit direktem Bezug zu Entwicklungen bzw. Veränderungen im Preisniveau in Deutschland". Dabei werden jeweils die Mehrkosten pro m^2 Wohnfläche in der Zeit von 2000 bis 2014 benannt:

1. Baupreise: 342 €/m^2
2. Planungs- und Beratungsleistungen: 77 €/m^2
3. Außenanlagen: 7 €/m^2
4. Baulandpreise: 115 €/m^2
5. Steuerrechtsänderungen: 61 €/m^2
6. Baugenehmigungsgebühren: 3 €/m^2
7. Technische Baubestimmungen / Normen & Qualitätsstandards: 30 €/m^2
8. Energetische Anforderungen: 154 €/m^2 (Anm. s. unten)
9. Kommunale Auflagen: 82 €/m^2

In der Summe ergeben sich daraus Steigerungen um 39,4 % (von 2.209 €/m^2 in 2000 auf 3.080 €/m^2 in 2014) in Höhe von 871 € pro m^2 Wohnfläche. Davon haben 330 €/m^2 einen direkten Bezug zu „Vorgaben bzw. Anforderungen von Bund, Ländern und Kommunen". Einschränkend muss darauf hingewiesen werden, dass im aktuellen Forschungsvorhaben die Kennwerte für den Kostenanstieg für energetische Anforderungen (vgl. oben Punkt 8) deutlich niedriger liegen.

Im Vergleich zum ARGE-Gutachten weisen die Erhebungen des Statistischen Bundesamtes für die Kostengruppen 300/400 nach DIN 276 inkl. MWSt. eine Baukostensteigerung für den ARGE-Betrachtungszeitraum von etwa 300 €/m^2 aus [Destatis 2018-1 / Destatis 2018-2]. Darin enthalten sind die Positionen 1. Baupreise, 7. Technische Baubestimmungen etc. und 8. Energetische Anforderungen. Die Summe dieser ARGE-Positionen beträgt 526 €/m^2 und liegt mithin um etwa 75 % höher als der Vergleichswert des Statistischen Bundesamtes. Deshalb müssen die Kostensteigerungsraten jeweils kritisch hinterfragt werden.

Das ARGE-Gutachten zeigt aber richtigerweise auf, dass es darüber hinaus starke weitere Kostentreiber gibt, die in üblichen Kostengutachten nicht enthalten sind.

Wird das Spektrum einer Baukostenbetrachtung weit gefasst, ergibt sich ein deutlich umfangreicherer Ursachenkatalog.

Im Folgenden werden zahlreiche Kostentreiber zusammengestellt [Schulze Darup 2019]:

Kaufsituation für Neubau und Bestandsgebäude

- Auf dem freien Wohnungsmarkt orientieren sich Investoren, Wohnungsbauunternehmen und Makler an den realisierbaren Marktkosten. In zahlreichen Metropolen stiegen in den letzten Jahren die Quadratmeterpreise für Neubau- und Bestandswohnungen im Dreimonatstakt um bis zu 100 €/m², die jährliche Steigerung der Immobilienpreise konnte in einigen Städten bei 10 bis 15 % liegen.
- Niedrige Zinsen führen zu kostengünstigen Baufinanzierungen. Dadurch können Bauprojekte günstig finanziert werden und Bauinteressenten wird es ermöglicht bei hohen Preisen einzusteigen.
- Immobilien in deutschen Ballungszentren gelten als wertstabil und gegenüber anderen Ländern unterbewertet. Aufgrund dessen wird ausländisches Kapital seit etwa 2008 in hohem Maβ in Immobilien investiert. Das heizt den Markt zusätzlich an und wird von einem Teil der Baubranche genutzt, um eine Maximierung der Angebotspreise zu erzielen.
- Durch hohe Nachfrage konnte die Bauwirtschaft und Bauindustrie seit 2006 nicht nur die Preisrückstände aufholen, sondern realisiert deutliche Gewinnmargen.

Wohnungsnutzung und Belegung

- Die sinkende Durchschnittsbelegung von Wohnungen führt zu erhöhtem Wohnflächenbedarf. Singlehaushalte werden mit 50 m² Wohnfläche veranschlagt, Wohnungen für zwei Personen mit 65 m².
- Personengruppen mit hohem Einkommen beanspruchen eine deutlich höhere Wohnfläche pro Person.
- In Einzelfällen sehen vor allem international agierende Investoren die Wohnung allein als Kapitalanlage und lassen sie nach dem Erwerb leer stehen.
- Die Vermietung von Wohnraum als Ferienwohnungen entzieht dem Markt Fläche.

Demografie und Zuzug

- Die demografische Entwicklung, Familienpolitik und sich änderndes Wohnverhalten führten bis vor wenigen Jahren zu stetig steigender Wohnfläche pro Einwohner.
- Aus demografischen Gründen gibt es immer mehr Wohnungen, die ursprünglich von einer Familie bewohnt wurden und inzwischen nur noch von zwei oder einer Person bewohnt werden.
- Es besteht ein hoher Zuzug in attraktive Ballungszentren. Berlin gewinnt jedes Jahr netto etwa 40.000 Einwohner dazu.
- Daraus resultiert eine erhöhte Nachfrage und in der Folge deutlich steigende Immobilienpreise.

Baulandknappheit & Auswirkungen auf den Bestand

- Die Baulandpreise steigen aufgrund der hohen Nachfrage exorbitant. Das gilt vor allem für die gefragten Metropolen und deren direktes Umfeld.
- Das Angebot an Bauflächen reduziert sich zunehmend und die Ausweisung neuer Baugebiete stößt an Grenzen.
- Es entsteht ein Druck auf Bestandsgebäude: neben der Sanierung wird das Konzept Abriss-Neubau durch die hohen Baulandpreise stark forciert.
- Die Erschließung innerstädtischer Flächen ist regelmäßig mit erheblichen Kosten für Dekontamination und Abbruch verbunden.
- Staatliche und kommunale Baulandflächen werden nur in Ausnahmefällen für kostengünstiges Wohnen zu günstigen Preisen oder auf Erbpachtbasis bereitgestellt.

Bauwirtschaft, Anforderungen an das Bauen und Fachkräftemangel

- Ein deutlicher Fachkräftemangel in den Bauberufen lässt in vielen Gewerken kein adäquates Wachsen der Betriebe zu. Dadurch kann die Nachfrage nicht bedient werden, was wiederum zu steigenden Preisen führt.
- Eine hohe Baukostensteigerung ist besonders in der Kostengruppe 400 für die Gebäudetechnik gegeben. Die Gründe dafür sind oftmals unklar und sind u. a. in fehlendem Fachwissen zur Integration der erneuerbaren Energien gegeben bzw. in der additiven Technikauswahl, weil kosteneffiziente neue Systemlösungen noch nicht am Markt verfügbar sind oder von Fachplanern aufgrund des erhöhten Planungsaufwands nicht angewandt werden.
- Zahlreiche Fachplaner sehen nicht die Notwendigkeit, schlanke und kostengünstige Gebäudetechniksysteme zu planen, weil dadurch ihr Aufwand steigt bei sinkendem Honorar aufgrund der niedrigeren Baukosten.
- Während in der Zeit von 1995 bis 2005 bei Ausschreibungsverfahren ein hoher Rücklauf an preiswerten Angeboten gegeben war, gehen derzeit oftmals keine oder wenige Angebote ein mit Submissionsergebnissen, die in vielen Fällen deutlich über den Kostenkalkulationen liegen.

Anforderungen an das Bauen und die Bauqualität

- Bauen ist eine gesellschaftliche Aufgabe mit immer neuen rechtlichen, sozialen und politischen Rahmenbedingungen. Funktionalität und Gestaltung, Nachhaltigkeitsanforderungen und Baustandards müssen interdisziplinär und optimal aufeinander abgestimmt werden, um zukunftsfähige Gebäude zu erhalten. Es gilt diese Anforderungen regelmäßig zu hinterfragen und einen offensiven Umgang mit ökonomischen Anforderungen zu pflegen. Untersuchungen wie die der Baukostensenkungskommission zeigen die hohe Anzahl von kostentreibenden Faktoren [BMUB 2015 / ARGE 2015]
- Grundsätzlich gilt: eine einfachere Ausstattung kann die Kosten senken [BMUB 2015]. Die Qualität von Gebäuden hat sich jedoch in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich verbessert. Selbstverständlich entstehen dadurch erhöhte Kosten.
- Forschungsvorhaben zur Adaption von externen Baustandards für Gebäude in Deutschland führten immer wieder zum gleichen Ergebnis: sobald kostengünstige Baustandards (Beispiele aus USA, Niederlande) auf deutsche Verhältnisse übertragen werden, steigen die ursprünglich günstigeren Kosten mit Anpassung der Standards und Anforderungen kontinuierlich an [Schulze Darup 1998]. Es bedarf eines fertigungstechnischen Paradigmenwechsels, um mittelfristig günstigere Kosten zu erzielen [energiesprong 2018].

- Erhöhte energetische Standards führen selbstverständlich zu höheren Kosten. Optimierte Planung hinsichtlich des Energiekonzepts ermöglicht in vielen Fällen verbesserte Wirtschaftlichkeit gegenüber dem EnEV-Standard. In der Breite ist das dafür erforderliche Fachwissen noch nicht gegeben.
- „Die überwiegende Anzahl von Stellplatzsatzungen wirkt hinsichtlich der Höhe der Baukosten kontraproduktiv. Angesichts neuer Mobilitätskonzepte ist hier eine stärkere Flexibilisierung zu erreichen." [BMUB 2015]
- „Einen besonders starken Einfluss hatten die überdurchschnittlich gestiegenen Preise für die Technische Gebäudeausrüstung (TGA)." [BMUB 2015]

Wohnkosten

- Für Mieter weisen die oben genannten Aspekte nur mittelbare Wirkungen auf. Entscheidend sind jedoch die Wohnkosten in Form der Miete und Nebenkosten.
- Es liegt im Interesse der Wohnungsunternehmen, Projekte mit niedrigen Nebenkosten zu realisieren, weil das Miet-Gesamtbudget von Mietern in der Summe gleichbleibt.
- Rahmenbedingungen für die Festlegung der Miete spielen eine entscheidende Rolle in der Preisgestaltung.
- Einwirkungsmöglichkeit bei den Nebenkosten bzw. Wohnkosten können bei Betriebskosten, Wartungskosten, Abrechnungskosten etc. Einsparungen erzielen, z. B. durch die Anwendung einer Flatrate für Betriebskosten.

Normungswesen

- „Am derzeitigen Normungswesen ist mehrheitlich starke Kritik geäußert worden. Im Normungswesen wurden Punkte identifiziert, die einer Überprüfung bedürfen. Die Kritik betrifft Mangel an Transparenz, integralem Ansatz und Praxisbezug (starke Orientierung an wissenschaftlichen Arbeiten sowie unkritische Übernahme internationaler Normen), eine fehlende Folgekostenabschätzung und die Prozesse, die die Teilnahme von Normenanwendern erschweren. Das Bundeswirtschaftsministerium schreibt derzeit ein Gutachten aus, mit dem u. a. die Rolle der Normung perspektivisch bis zum Jahr 2030 betrachtet werden soll." [BMUB 2015]
- „Es ist zu befürchten, dass das Urteil des Europäischen Gesichtshofes vom 16. Oktober 2014, durch welches die bisherige allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für unzulässig erklärt worden ist, zu erheblichen Zusatzkosten bei Herstellern und Verwendern harmonisierter Bauprodukte führen wird." [BMUB 2015]
- Das Normungswesen führt im Allgemeinen zu einer Erhöhung von Anforderungen und Standards, ist also ein relevanter Kostentreiber. Das liegt auch an der Zusammensetzung der Normungskommissionen, die vielfach durch partikulare Interessen von Fachverbänden oder Fachexperten geprägt sind. Da für die Arbeit keine Vergütung gezahlt wird, sind neutrale Fachleute kaum an solch umfangreichen Prozessen beteiligt.

Planungsqualität

- Kostengünstiges Planen ist besonders bei der Gebäudesanierung mit einem erhöhten planerischen Aufwand verbunden, der durch die HOAI (Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen) nicht positiv sanktioniert wird. Motivierende Regelungen zum kostengünstigen Planen sollten in die HOAI vermehrt implementiert werden.
- So sehr die HOAI eine sehr sinnvolle Regelung für die Planerhonorare darstellt, muss dennoch im Planungsteam eine hohe Eigenverantwortlichkeit herrschen, die Kosten niedrig zu halten. Das kann seitens des Bauherrn dadurch begünstigt werden, dass für die Einhaltung von Kostenzielen ein Zusatzhonorar gewährt wird.
- Es gibt in diesem Sinn eine groβe Anzahl von Planern, die sehr kosteneffizient planen. Dazu gehören offensichtlich zahlreiche Architekturbüros, die hoch energieeffiziente Gebäude ausführen. [Bermich 2014 / F+B 2016 / Schuberth 2018]
- Eine „Vielzahl zusätzlich erforderlicher Fachplanungen" [BMUB 2015] führt zu erhöhtem Planungsaufwand. Integrale Planung ist notwendig und es zeigt sich bei vielen umgesetzten Beispielen, dass sorgfältige interdisziplinäre Planung zu besseren Ergebnissen und günstigeren Baukosten führt.
- Dabei muss allerdings berücksichtigt werden, dass bereits die Auswahl des Planungsteams die Kostenentwicklung des Vorhabens stark beeinflusst. Architekten mit hoher Fach- und Richtlinienkompetenz hinsichtlich der Fachdisziplinen stellen die beste Voraussetzung für optimierte integrale Planung dar. Die Fachingenieure sollten nicht möglichst zahlreich sein, sondern die erforderliche Kompetenz auf möglichst wenige Akteure bündeln. Es ist ideal, im Sinn eines Bauteam-Prozesses gemeinsam die jeweils kostengünstigste Planungsalternative zu erarbeiten mit dem Ziel hoher Wirtschaftlichkeit.
- Anforderungen an erneuerbare Energieversorgung führen zu immer komplexeren Gebäudetechniklösungen. Statt „schlanke" Systemlösungen aufgrund aktueller Entwicklungen neu zu denken, werden alte Konzepte durch zusätzliche Techniken ergänzt, was zu hohen Kosten für die Kostengruppe 400 führt. Architekten sind vielfach nicht in der Lage, dirigierend und kostendämpfend in diesen Prozess einzugreifen. Fachingenieure haben einen erhöhten Aufwand mit kostengünstigen Lösungen, erhalten aber weniger Honorar, sodass von vielen Büros keine schlanken Lösungen angestrebt werden.
- Ein erhöhter Gebäudetechnikanteil an den Baukosten führt in der Folge zu einem hohen Instandhaltungsaufwand mit kurzen Zyklen, sodass deutlich erhöhte Wartungs- und Instandhaltungskosten anfallen.
- Es „ist näher zu prüfen, ob die Zahl der Fachplanungen reduziert bzw. effizienter gestaltet werden kann." [BMUB 2015]
- Serielle Planung reduziert die Baunebenkosten deutlich und vermeidet in der Umsetzung den Mehraufwand für Null-Serien.

Die umfangreiche Aufstellung zeigt die hohe Komplexität und die Vielschichtigkeit der Baukostenproblematik. Die Abb. 13 ergänzt die Auflistung durch eine Anzahl entwurfs- und marktspezifischer Kostentreiber. Angesichts dieser Gegenüberstellung ist es verwunderlich, dass ausgerechnet die eher geringen Mehrinvestitionen für die energetischen Maβnahmen so breit und emotional diskutiert werden. Dabei ist dies der einzige Posten, der eine (Teil)-Refinanzierung durch die Energieeinsparung beinhaltet. Darüber hinaus erfolgt durch die KfW in ihrem Programm „Energieeffizient Bauen" eine Förderung, welche Effizienzstandards für Bauherren aus wirtschaftlicher Sicht hoch attraktiv macht. Darüber hinaus können regionale und kommunale Förderungen ergänzend wirken.

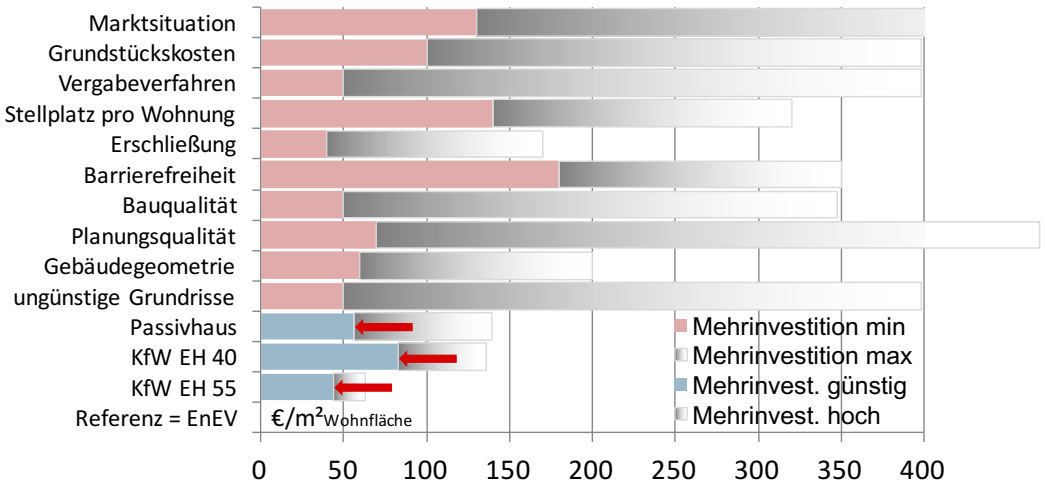


Abbildung 13 Kostentreiber im Vergleich zu energetisch bedingten Mehrinvestitionen. Die roten Pfeile weisen auf Mehrinvestitionen hin, die durch qualifizierte Planer mit Erfahrung im energetischen Bauen reproduzierbar erzielt werden können.

Methodik von Baukostengutachten

Die richtige Einordnung von Baukostengutachten ist Voraussetzung für stimmige Schlussfolgerungen. Eine vordergründige Sichtung reicht in der Regel nicht aus, um die jeweiligen Aussagen richtig beurteilen zu können. Die Methodik übt einen hohen Einfluss auf die Ergebnisse solcher Gutachten aus. Die meisten Untersuchungen werden nicht von Baupraktikern erstellt, sondern von Wissenschaftlern, die keine direkte Erfahrung mit den zahlreichen Faktoren von Ausschreibungs- und Preisfindungsprozessen haben. Baupraktiker dagegen bauen meist nur auf dem eigenen kleineren Datenfundus und den subjektiven Erfahrungen auf. Folgende Aspekte sind für die Beurteilung von Baukosten-Aussagen von Bedeutung.

Die klassisch-wissenschaftliche Herangehensweise

Eine grundsätzlich fundierte Art von Baukostengutachten besteht in der Sekundär- oder Tertiärdokumentation einer größeren Anzahl von Gutachten. Der Vorteil liegt in der Breite der Grundlagen. Die Nachteile ergeben sich oftmals durch die fehlende Vergleichbarkeit der umfangreichen und divergierenden Datengrundlagen. Aussagen zu den Ursächlichkeiten sind schwierig. Außerdem kann durch eine gezielte Auswahl der Quellen das Ergebnis verfälscht werden.

Auswertung von Primärdaten

Eine sehr sinnvolle Methodik liegt in der Auswertung einer umfangreichen Sammlung von Baukostendokumentationen. Dazu können Statistik-Unterlagen oder Datenbanken der Wohnungswirtschaft zählen, die Baukostendaten von Förderbanken oder z. B. die Baukostendokumentationen von Architektenkammern oder Wettbewerbsverfahren. Erstaunlicherweise führt diese sehr valide Vorgehensweise zu besonders kontroversen Ergebnissen. Zahlreiche Gutachten weisen energieeffiziente Gebäude als hoch wirtschaftlich aus [BKI 2018 / Bermich 2014 / F+B 2016 / Schuberth 2018], während die frühen Gutachten der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen in Kiel diametral entgegengesetzte Ergebnisse zeigten. Ein wichtiger Faktor scheint bei dieser Art der Auswertung die Berücksichtigung der Lernkurve zu sein, die jedem Prozess innewohnt. Die Durchmengung von Daten aus unterschiedlichen Gestehungszeiten lässt sich nicht allein durch Baupreisbereinigung bewerten. So werden Kostengrundlagen, die älter als zehn Jahre alt sind, keine Vergleichbarkeit ermöglichen, weil sie zu Zeiten hoher spezifischer Kosten generiert wurden, die heute nicht mehr von Bedeutung sind. Als Beispiel sei die Entwicklung der Fensterkosten genannt.

Statistikangaben zu Baupreisentwicklungen

Unangreifbar sind Datenerhebungen des Statistischen Bundesamtes mit Angaben zu den Baupreisindices [Destatis 2018-1], zu den Bau und Immobilienpreisentwicklungen [Destatis 2018-2] oder zur Kostenentwicklung beim Neubau von Wohn und Nichtwohngebäuden [Destatis 2018-3]. Während die Preisangaben vor allem auf Einheitspreise von Konstruktionen und Materialien abheben, ermöglichen die Angaben zu den Baukostenentwicklungen pro Quadratmeter Nutzfläche Aussagen zu den Gesamtkosten von Gebäuden. Durch die sehr breiten Datengrundlagen und die Art der Datenerhebungen (z. B. über Statistikangaben bei Bauanträgen) werden Entwicklungen jedoch nur zeitversetzt abgebildet und fallen im Allgemeinen deutlich geglättet aus. Die tatsächliche Kostenentwicklung bei Submissionsergebnissen hat deutlich höhere Ausschläge.

Auswertung von Baupreissystemen

Zahlreiche Anbieter veröffentlichen regelmäßig Baupreisinformationen aufgrund aktueller Ausschreibungsverfahren, die sowohl für die Sanierung als auch den Neubau erscheinen. Dadurch kann die Kostenentwicklung sehr praxisnah verfolgt werden. Das Problem bei der Auswertung verschiedener Jahrgänge besteht allerdings darin, die jeweils korrespondierenden Positionen zu finden und Vergleichbarkeit herzustellen. Außerdem fehlen oft Angaben zu differierenden Standards wie z. B. unterschiedlichen Dämmdicken innerhalb einer Position. Der Aufwand für eine systematische Auswertung liegt dadurch sehr hoch und erfordert praktische Bauerfahrung [sirAdos 2014 / BKI 2018].

Auswertung von Submissionsergebnissen

Die kleine privatwirtschaftliche Variante dazu liegt in der Auswertung von Submissionsergebnissen aus der Praxis. Wenn in Büros eine kontinuierliche Kostenverfolgung über Jahre durchgeführt wird und kein personeller Wechsel stattfindet, können Entwicklungen über Jahre sehr gut dokumentiert werden. Ein negativer Einfluss liegt dabei allerdings in individuellen und regionalen Angebotssituationen und der eher geringen Zahl der zugrundeliegenden Projekte [Ecofys 2014]. Zudem wird sich kaum ein praxisorientiertes Büro die aufwendige Arbeit machen, die eigenen Submissionsergebnisse außenverwertbar zu dokumentieren und durch die Veröffentlichung einen Wettbewerbsvorteil preiszugeben. Zudem werden nur diejenigen Büros veröffentlichen, die (mit erhöhtem Arbeitsaufwand) erfolgreiche Kostenkontrolle durchführen und günstige Ergebnisse vorweisen können. Das sind oftmals diejenigen Akteure, die sehr kostengünstig bauen.

Gutachten auf Basis eines vergleichenden Bauteilverfahrens

Wenn unterschiedliche Energiestandards miteinander verglichen werden sollen, eignen sich alle oben beschriebenen Verfahren nur bedingt. Fast nie ist eine Datenbasis gegeben, die Unterschiede zwischen den Varianten eindeutig erfassen. Mit der Bauteilmethode können dagegen präzise die energiebedingten Mehr- und Minderinvestitionen quantifiziert werden. Ausgehend von einem Referenzstandard (es bietet sich meist der aktuelle EnEV-Standard an) werden alle Bauteile aufgelistet und die Differenzkosten positionsgenau ermittelt. Dabei können Nebenpositionen mit Erfahrungswerten pauschaliert werden, um eine möglichst einfache Aufstellung zu erhalten. Die Herausforderung bei diesem Verfahren liegt darin, einerseits alle Positionen zu erfassen, vor allem aber marktgängige Differenzpreise verfügbar zu haben [Ecofys 2014]. Im Rahmen des Forschungsvorhabens konnte eine Vielzahl von Kostenangaben gegenübergestellt werden. Die Auswertungen waren jedoch auch in diesem Fall nicht in allen Fällen miteinander zu vergleichen.

Vergabeverfahren

Vergabeverfahren haben hohe Auswirkungen auf die Baukosten. Öffentliche Ausschreibungen führen in Deutschland in vielen Fällen zu erhöhten Submissionsergebnissen. Die günstigsten Ergebnisse können mit einem Bauteam-Verfahren erzielt werden, bei dem auf Grundlage einer vorab durchgeführten Ausschreibung oder Preisabfrage sich das gesamte Team inkl. der ausführenden Firma / Firmen auf ein Kostenziel verpflichtet.

Anmerkungen zu konjunkturellen Einflüssen

Preisfindungen laufen in hoher Abhängigkeit von Konjunkturphasen ab. Bei Normalkonjunktur werden bei einer Angebotsaufforderung an etwa zehn Firmen fünf bis acht qualifizierte Rückläufe eingehen. Im Allgemeinen sind dabei ein bis drei Angebote, die attraktiv für den Auftraggeber sind und der Kostenschätzung bis auf geringe Abweichungen entsprechen. In Phasen geringer Bautätigkeit können die Angebotspreise um fünf bis zehn Prozent darunterliegen und es obliegt dem Auftraggeber zu entscheiden, ob er den Niedrigstbietenden als valide einschätzt. Insbesondere bei GU-Verfahren gab es zahlreiche Ausschreibungsverfahren, in denen die Angebotssumme nochmals niedriger lag. Der Grund dafür konnte in einer Fehlkalkulation liegen oder in der bewussten Entscheidung, das Projekt unterhalb der Selbstkosten anzubieten, um den Stamm der Mitarbeiter über eine Durststrecke zu erhalten. Umgekehrt führt Hochkonjunktur zu Angeboten, die deutlich oberhalb der Kostenkalkulation liegen. Wenn Firmen ausgelastet sind, keine weiteren Mitarbeiter finden und kontinuierlich neue Angebotsunterlagen erhalten, die sie ohnehin nicht abarbeiten können, haben sie zwei Möglichkeiten: sie geben dem Auslobenden die freundliche Auskunft, leider nicht anbieten zu können. Alternativ kann eine sehr überschlägige Kostenermittlung durchgeführt werden und darauf ein hoher Sicherheitszuschlag erfolgen. Die Ablehnung solch eines „Angebots" ist üblich. Wenn wider Erwarten der Auslobende kein besseres Angebot erhalten hat, führt die Beauftragung zwar zu einer nochmals erhöhten Auslastung - aber auch zu einer hohen Gewinnmarge.

Umgang mit hocheffizienten Standards

Eine gängige Herausforderung an Architekten ist die Planung mit mehreren Varianten, z. B. mit unterschiedlichen Energiestandards. Wird dieses Verfahren bis in die Ausschreibung hinein verfolgt, muss ein Angebots-Standard festgelegt werden. Ergänzend dazu enthält das Leistungsverzeichnis Zusatzpositionen oder Lose, in denen Differenzkosten bzw. Einheitspreise für erhöhte Standards abgefragt werden. Insbesondere in Zeiten hoher Konjunktur führt das, wie im vorherigen Kapitel beschrieben, zu deutlichen Mehrkosten mit hohen Sicherheitszuschlägen für die alternativ angefragten Leistungen. Noch höher fallen die zusätzlichen Angebote aus, wenn im Zuge des bereits laufenden Vergabeverfahrens ein erhöhter Standard als Nachtrag abgefragt wird. Wer hochwertige Standards anstrebt, ist gut beraten nur diese in die Leistungsbeschreibung aufzunehmen und Firmen zu suchen, die möglichst seit vielen Jahren gute Erfahrungen mit dieser Bauweise gemacht haben. Außerdem sollte in der Leistungsbeschreibung eine klare, nüchterne und kurze Beschreibung der innovativen Bauteile erfolgen. Gegebenenfalls können Industriepartner oder Lieferadressen benannt werden, von deren Seite ein konstruktiver Support beim Angebot und der Ausführung erfolgt. Aufwendige Beschreibungen machen dem Bieter Angst und führen zu entsprechenden Aufschlägen.

Baukostengutachten – Beispiele und Anmerkungen

Es lässt sich sehr gut beobachten, wie seit Jahren eine Parallelverschiebung der Förderstandards und des EnEV-Anforderungsniveaus stattgefunden hat: durch die Förderung werden neue Techniken in den Markt eingeführt und es findet eine Kostendegression statt, wenn innovative Komponenten in die Mainstreamfertigung gehen. Eine Analyse der Kostenentwicklung für Effizienzkomponenten kommt zu dem Ergebnis, dass hocheffiziente Bauteile zunächst deutlich erhöhte Kosten aufweisen. Sobald sie zum üblichen Standard werden, passen sich die Preise sehr deutlich den bisherigen Standardkonstruktionen an, wie dies z. B. bei den Fenstern seit 2006 geschehen ist. Aufgrund dessen ist das Bauen preisbereinigt seit 1990 nicht teurer geworden, obwohl in dieser Zeit eine deutliche Energieeffizienzsteigerung der Bauweisen zu verzeichnen war [Ecofys 2014]. Selbstverständlich weisen die Standards KfW Effizienzhaus 55 / 40 / 40 Plus sowie Passivhaus Mehrinvestitionen gegenüber dem EnEV-Standard auf. Bei der Betrachtung der monatlichen Belastung werden bei kostenbewusster Planung jedoch ab dem ersten Monat für die hocheffizienten Gebäude niedrigere Belastungen erzielt als für den EnEV-Standard.

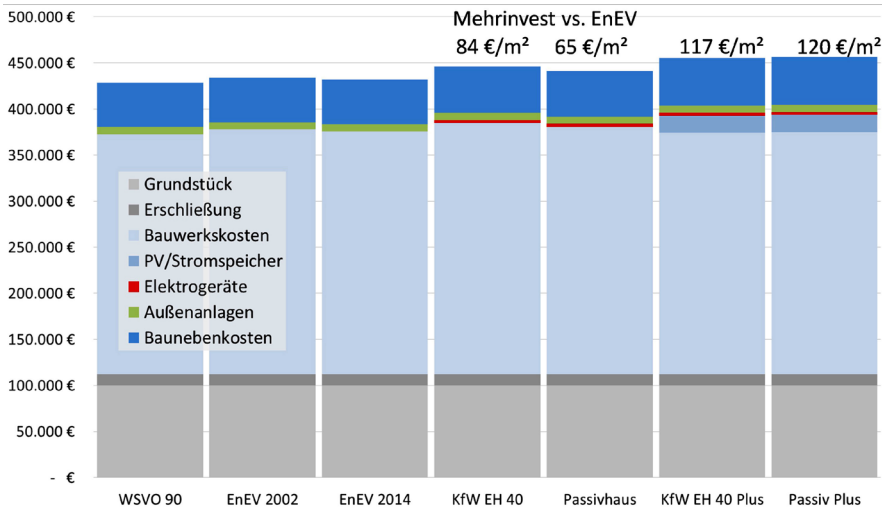


Abbildung 14 Vergleich der Investitionskosten unterschiedlicher Energiestandards. Preisbereinigt entsprechen die Kosten von 1990 etwa dem EnEV-Standard 2014. [Ecofys 2014]

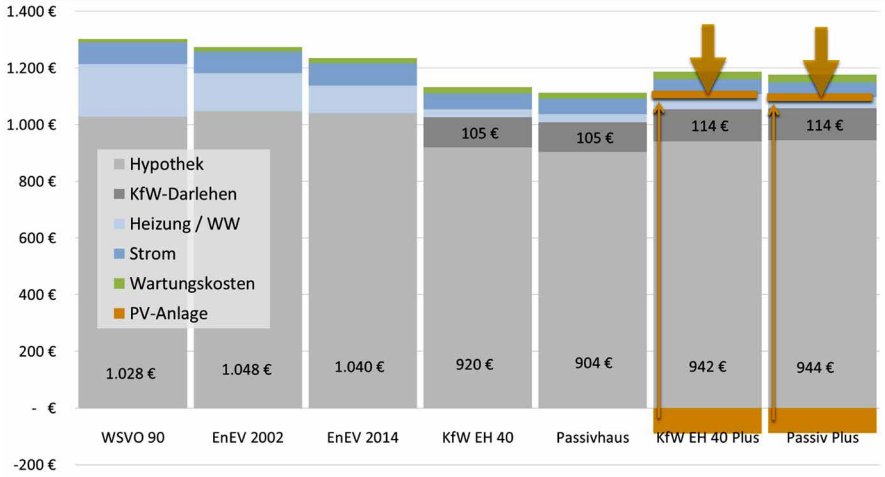


Abbildung 15 Vergleich der monatlichen Belastung unterschiedlicher Energiestandards. Der Passivhaus-Standard und die Plus-Standards liegen am günstigsten. [Ecofys 2014]

Energetisch bedingte Kosten und „Ohnehinkosten“

Für die Kosten- und Wirtschaftlichkeitsbewertung bei der Sanierung ist es von hoher Bedeutung, welcher Anteil der Kosten „ohnehin“ für die Instandsetzung anfällt und welcher Anteil der energetischen und sonstigen Modernisierung des Gebäudes zuzurechnen ist. Daraus ergeben sich Folgen für die wohnungswirtschaftliche Betrachtung des Vorhabens als auch für die Förderung.

Anhand eines Beispiel-Mehrfamiliengebäudes aus den 1960er Jahren werden zunächst die energetischen Kosten dargestellt. Der Baupreisindex der Untersuchung bezieht sich auf das Jahr 2013, sodass aktuell etwa 20 bis 25 % höhere Kosten anzusetzen sind. Da sich zugleich aber der Vergleichsstandard für den EnEV-Neubaustandard geändert hat und Effizienz-Komponenten wie die Fenster kostengünstiger geworden sind, stellen sich die Mehrinvestitionen ähnlich dar wie aktuelle Differenzkosten.

In Abbildung 17 wird die Höhe des Mehrinvests zwischen EnEV-Standard (Neubau) und KfW EH 85 mit 15 – 50 €/m² dargestellt, zum Standard KfW EH 70 mit 35 – 85 €/m² und für den Standard KfW EH 55 mit 60 – 140 €/m². Die energetisch bedingten Mehrinvestitionen verschiedener Baualtersstufen weichen mit Blick auf das Baujahr voneinander ab. Im Allgemeinen liegt der Einfluss individueller Faktoren eines Gebäudes aber höher. In Abb. 18 wird auch die Aufteilung der „Ohnehin-Kosten" dargestellt. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass sich die Unterteilung in rein energetische Kosten und Instandsetzung von energetisch relevanten Bauteilen bei jedem Gebäude anders darstellt in Abhängigkeit vom Zustand und den zu sanierenden Komponenten. In Abb. 19 wird zudem die Relation der energetisch bedingten Investitionen zu den Modernisierungskosten gegenübergestellt, die nicht energetisch bedingt sind. Dazu gehören Schönheitsreparaturen am Gemeinschaftseigentum und in den Wohnungen.

Energetisch bedingte Kosten: Sanierungsstandard KfW Effizienzhaus 100

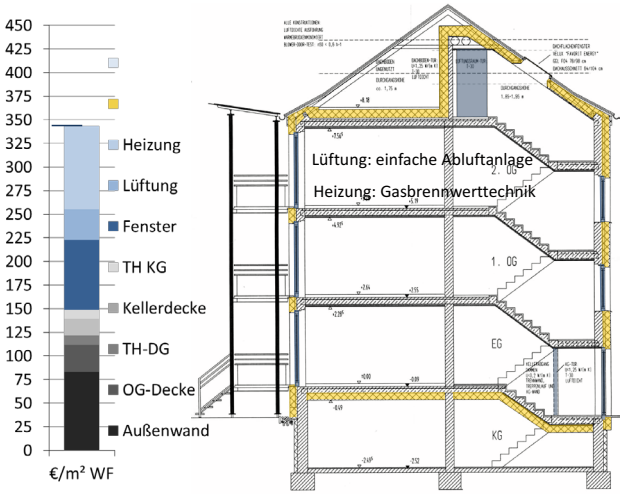


Abbildung 16 Aufstellung der energetisch relevanten Kosten bei der Sanierung eines MFH aus den 1960er Jahren für den normalen Neubaubstandard nach EnEV

Energetisch bedingte Kosten: Sanierungsstandard KfW Effizienzhaus 55

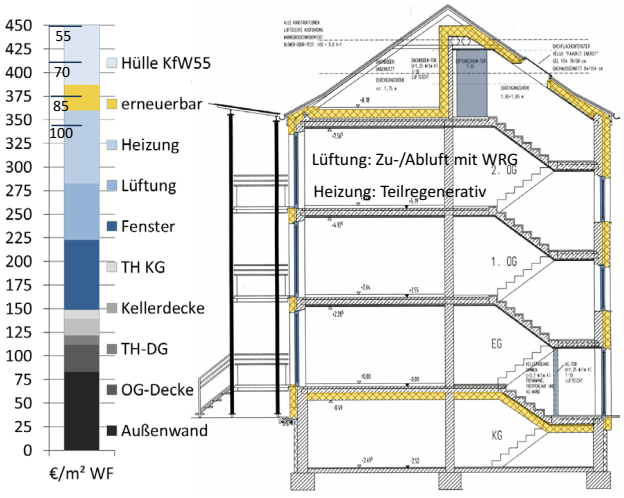


Abbildung 17 Im Vergleich der Standard KfW EH 55 mit Passivhaus-Komponenten: Die Mehrinvestitionen zum EnEV-Standard liegen bei gut 100 € pro m² Wohnfläche. Dazwischen liegen die Kostenstufen für die Standard KfW EH 70 und KfW EH 85.

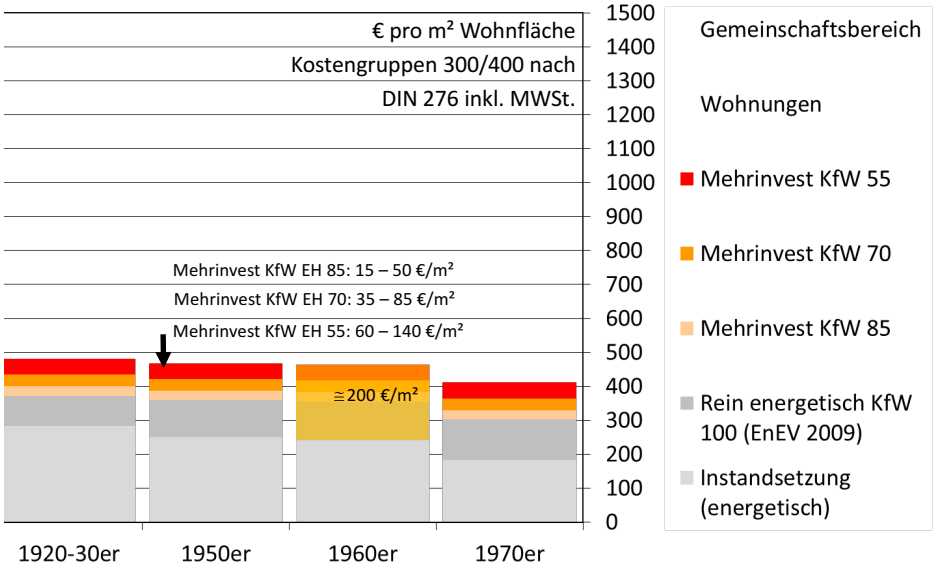


Abbildung 18 Die energetisch bedingten Mehrinvestitionen verschiedener Baualtersstufen weichen - neben den individuellen Gebäudeabweichungen - auch mit Blick auf das Baujahr voneinander ab. Die Unterteilung in rein energetische Kosten und Instandsetzung von energetisch relevanten Bauteilen kann sich bei jedem Gebäude anders darstellen in Abhängigkeit vom Zustand und den zu sanierenden Komponenten.

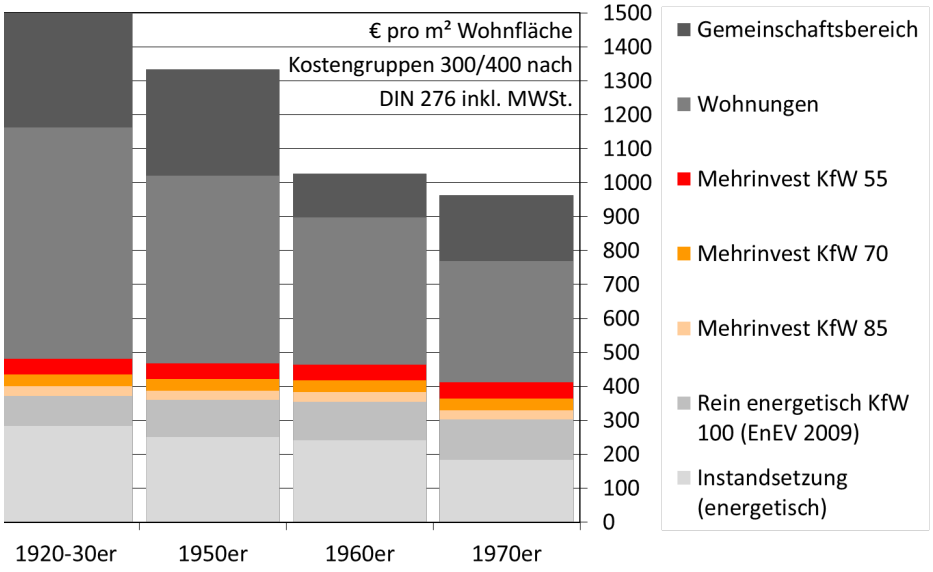


Abbildung 19 Den energetisch bedingten Investitionen stehen neben den Instandsetzungskosten auch Modernisierungskosten gegenüber, die nicht energetisch bedingt sind. Dazu gehören Schönheitsreparaturen am Gemeinschaftseigentum und in den Wohnungen.

Fazit

Das Erreichen der Klimaziele ist kein Selbstläufer, sondern verlangt ein Engagement im Best Practice Bereich sowohl bei der Effizienz als auch bei den Erneuerbaren.

Abb. 20 zeigt eine mögliche Balance zwischen den beiden Bereichen. Bei hoher Effizienz wird über die Sektoren eine Energieeinsparung von etwa 50 % zu erreichen sein. Auf dieser Basis kann eine weitgehende Versorgung mit Erneuerbaren Energien unter wirtschaftlichen Rahmenbedingungen erfolgen. Bei der Ausgestaltung des erneuerbaren Systems ist es wichtig, die Aufwendungen für Lastmanagement und Zwischenspeicherung zu optimieren, also den erneuerbaren Primärenergieaufwand gering zu halten. Das bedeutet, aufwendige Technologien, die für die Versorgungssicherheit bei Dunkelflaute erforderlich sind, auf ein Mindestmaß zu beschränken. PtG-Technologie mittels Elektrolyse erneuerbaren Stroms, Speicherung und Rückverstromung weist einen Wirkungsgrad von etwa 35 % auf, d. h. es muss etwa die dreifache Menge erneuerbaren Stroms generiert werden im Vergleich zur späteren Nutzenergie. Solch ein erneuerbarer Primärenergiefaktor von fast 3 ist nicht nur primärenergetisch ungünstig, sondern führt zu erhöhten Kosten. Während erneuerbarer Strom 2040 für etwa 3 bis 5 Cent verfügbar sein wird, liegen die Kosten für importiertes erneuerbares Gas (PtG) bei etwa 10 bis 15 Cent pro kWh [AGORA 2018 / dena 2017]. Aus volkswirtschaftlicher Sicht geht es also darum, den Anteil der PtG-Energieträger so gering wie möglich zu halten. Wenn es gelingt, den Anteil z. B. auf 8 Prozent zu begrenzen, beträgt der primärenergetische Aufwand zur Bereitstellung dennoch fast ein Viertes des gesamten erneuerbaren Ertrags.

Im Gebäudebereich muss ein großer Beitrag zum Gelingen der Energiewende beigetragen werden. Zugleich stellt dieser herausfordernde Prozess eine Chance dar, unsere gebaute Umwelt hochwertig weiterzuentwickeln. Last but not least darf darauf hingewiesen werden, dass die Wertschöpfung durch Effizienz und Erneuerbare bei konsequenter Umsetzung der Energiewende in Deutschland 150 bis 200 Mrd. Euro jährlich betragen wird. Das entspricht zwei bis drei Millionen Arbeitsplätzen. Diejenigen Regionen und Akteure werden Gewinner der Energiewende sein, die bei diesem Prozess vorneweg gehen und die Erfahrungen der Best Practice Techniken in der Folge „exportieren" können.

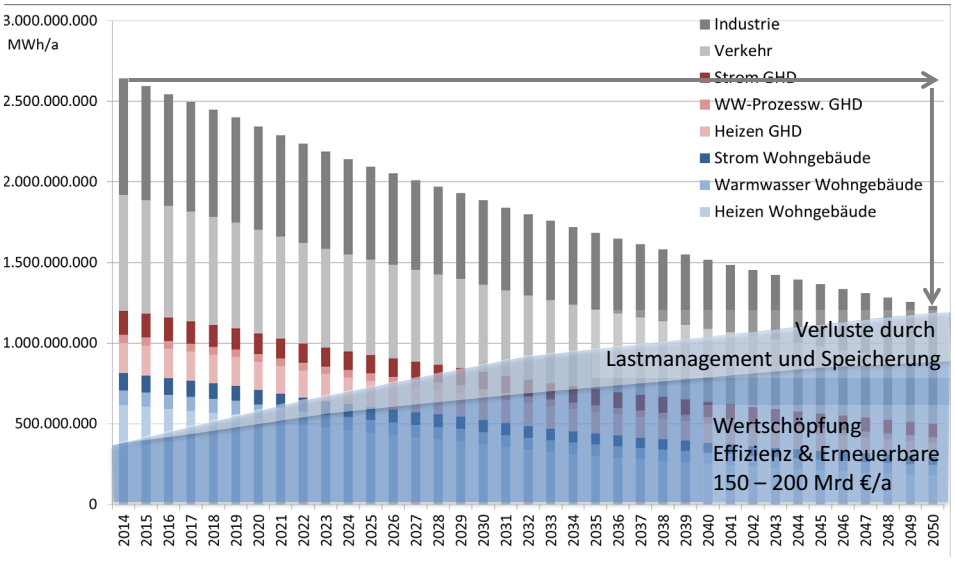


Abbildung 20 Entwicklung Richtung Klimaneutralität in der BRD bis 2050. Die Abbildung zeigt auf der Effizienzseite eine Einsparung um etwa 50 Prozent, was nur mit Best-Practice-Technik zu schaffen ist. Bei den Erneuerbaren Energien wird ein Zielszenario dargestellt, das wir beim jetzigen Ausbauziel deutlich verfehlen. Insofern ist auch im Versorgungsbereich eine erhöhte Anstrengung erforderlich zum Erreichen der Klimaziele. Berücksichtigt werden müssen dabei die Verluste für Lastmanagement und Speicherung. Je höher die Effizienz und desto geringer die erforderliche Leistung eines zweiten redundanten Kraftwerksparks zu Zeiten der Dunkelflaute, desto kostengünstiger wird die erneuerbare Versorgung [DGS, Schulze Darup 2015].

Literatur / Quellen

Agora 2018: Wert der Effizienz im Gebäudesektor in Zeiten der Sektorenkopplung. – Endbericht einer Studie vom Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu), dem Fraunhofer IEE und Consentec, im Auftrag von Agora Energiewende, Berlin 2018

AnBUS 2002: AnBUS: Qualitätssicherung Jean-Paul-Platz 4, Interdisziplinäre Begleitforschung, AnBUS Fürth 2003

ARGE 2015: Walberg, Gniechwitz, Halstenberg: Kostentreiber für den Wohnungsbau. – ARGE e.V. Bauforschungsbericht Nr. 67 Kiel 2015

Bermich 2014: Bermich, Ralf: Kostenvergleich unterschiedlicher Baustandards Wohngebäude. – Amt für Umweltschutz, Gewerbeaufsicht und Energie der Stadt Heidelberg 2014

BKI 2018: BKI Baukosten: Statistische Kostenkennwerte für Positionen 2005 – 2018. Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKI). 2005 – 2018

BMUB 2015: Neitzel, Dangel, Gottschalk: Bericht der Baukostensenkungskommission im Rahmen des Bündnisses für bezahlbares Wohnen und Bauen. – Im Auftrag BMUB Berlin 2015

DBU 2004: Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10. – Umsetzungsorientiertes Forschungsvorhaben mit Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Koordination: Schulze Darup; Partner: PHI Darmstadt, ZEBAU Hamburg, IEMB Berlin und vier Industriepartner (Marmorit/Krautol, Aerex/Maico, Rehau, Variotec) 2004, Broschüre mit gleichnamigem Titel: kostenloser Download unter: http://dbu.de/publikationen/publikationsliste.php?kategorie=11; Neuauflage 2008

DENA 2003-2008: Modellprojekt – Niedrigenergiehaus im Bestand. – Deutsche Energie Agentur Berlin 2003 www.neh-im-bestand.de

dena 2017: Deutsche Energie-Agentur GmbH (Hrsg.): Szenarien für eine marktwirtschaftliche Klima- und Ressourcenpolitik 2050 im Gebäudesektor. – Berlin 2017

Destatis 2018-1: Glossar Baupreisindizes. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden 2018 https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Preise/Glossar/Baupreisindizes.html (Zugriff 30.8.2018)

Destatis 2018-2: Bau- und Immobilienpreisindices. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden 2018 -https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/Preise.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff 30.8.2018)

DGS, Schulze Darup 2015: DGS, Schulze Darup: Klimaschutzszenario – Strategien zur Klimaneutralität im Gebäudebestand bis 2050. – Im Auftrag der DGS, gefördert durch das BMUB Berlin 2015

EBÖK 2004: EBÖK: Berechnung der Wärmebrücken. – Dokumentiert in [DBU 2004]

Ecofys 2014: Ecofys, Schulze Darup: Preisentwicklung Gebäudeenergieeffizienz. – Im Auftrag der DENEFF, Berlin 2014

Energiesprong 2018: Modellvorhaben „energiesprong" der Deutschen Energieagentur, gefördert durch das BMWi, Berlin 2018

etz 2006: EnergieRegion Faktor 10. – Forschungsvorhaben in der EnergieRegion Nürnberg mit Förderung des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft; Beteiligte: etz Nürnberg, Architekturbüro Schulze Darup, ebök Tübingen, ARGE Faktor 10 (Aerex-Maico, Knauf, Marmorit, Rehau), Ingsoft Nürnberg 2005-2006

F+B 2016: F+B: Analyse des Einflusses der energetischen Standards auf die Baukosten im öffentlich geförderten Wohnungsbau. – Hamburg 2016

Feist 2003: Feist, W.; John, M.; Kah, O.: Passivhaustechnik im Gebäudebestand – Qualitätssicherung für das Bauvorhaben Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg. – Passivhaus Institut Darmstadt im Auftrag der WBG Nürnberg 2003

Münzenberg 2002: Münzenberg, U.; Thumulla, J.: Vergleichende Verlaufsmessungen. – In: Schulze Darup, B. (Hrsg.): Passivhaus Projektbericht: Energie und Raumluftqualität. – AnBUS Fürth 2002

PHI 2003: Passivhaus Institut Darmstadt: Passivhaustechniken im Bestand – Qualitätssicherung Jean-Paul-Platz 4, Passivhaus Institut Darmstadt 2003

PHI 2003-1: Feist (Hrsg.): Einsatz von Passivhaustechnologien bei der Altbaumodernisierung. – PHI: Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband 24, PHI Darmstadt 2003

Schubert 2018: Schuberth: Deutscher Bauherrenpreis – eine Auswertung. – Dessau 2018

Schulze Darup 1999: Schulze Darup: Altbausanierung im Raum Nürnberg. – In: Klimaschutz durch energetische Sanierung von Gebäuden Band 1, Hrsg. Forschungszentrum Jülich, Reihe Umwelt Band 21 1999

Schulze Darup 2002: Burkhard Schulze Darup: Energieeffiziente Wohngebäude, BINE Informationsdienst, www.bine.info, TÜV-Verlag Köln 2002

Schulze Darup 2002: Schulze Darup, B. (Hrsg.): Passivhaus Projektbericht: Energie und Raumluftqualität, Messtechnische Evaluierung und Verifizierung der energetischen Einsparpotenziale und Raumluftqualität an Passivhäusern in Nürnberg. – gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt; Projektpartner: LGA Nürnberg, Energieagentur Mittelfranken Nürnberg, AnBUS Fürth, N-ERGIE Nürnberg, Architekturbüro Schulze Darup Nürnberg, Verlag AnBUS Fürth 2002

Schulze Darup 2003: Burkhard Schulze Darup: Sanierung mit Passivhauskomponenten, Interdisziplinäre Begleitforschung, Nürnberg 2003

Schulze Darup 2003
Schulze Darup, B.: Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten. – In: Tagungsband 7. Internationale Passivhaustagung in Hamburg, PHI Darmstadt 2003

Schulze Darup 2005: Schulze Darup, Burkhard (Hrsg.): Projektbericht Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg. Zusammenstellung der Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung durch das Passivhaus Institut Darmstadt, FIW München, AnBUS Fürth und Architekturbüro Schulze Darup, Nürnberg 2005

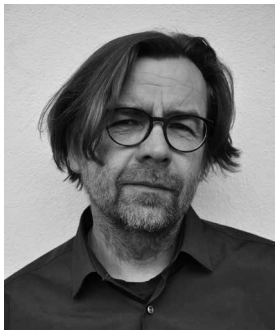
Schulze Darup 2006: Schulze Darup, Burkhard (Hrsg.): Projektbericht Ingolstädter Straße 139/141 in Nürnberg. Zusammenstellung der Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung im Auftrag der WBG Nürnberg, Nürnberg 2005

Schulze Darup 2019: Schulze Darup, Burkhard (Hrsg.): Kostengünstiger und zukunftsfähiger Geschosswohnungsbau im Quartier. – Forschungsvorhaben mit fünf Wohnungsunternehmen, gefördert durch die DBU AZ 33119/01-25, Berlin 2019

sirAdos 2014: sirAdos Bauhandbuch Baukosten Neubau 1989 / 1992 / 2004 / 2014. WEKA Media GmbH. 1989 – 2014

wbg 2002: Wohnungsbaugesellschaft der Stadt Nürnberg, WBG Nürnberg, Glogauer Straße 70, 90473 Nürnberg

wbg 2003: WBG Nürnberg (Hrsg.): Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten: Projektbericht Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg. – Schulze Darup, B.: Koordination und Zusammenfassung; PHI Darmstadt: Qualitätssicherung; FIW München: Messprogramm; WBG Nürnberg 2004



Manfred Stieglmeier

Manfred Stieglmeier ist selbständiger Architekt und Stadtplaner in München mit Schwerpunkt Holzbau, vornehmlich im kommunalen Bereich.

Neben seinem Büro ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU München der Professur für Entwerfen und Holzbau von Prof. Hermann Kaufmann in der Forschung tätig, wie z. B. am Projekt „leanWOOD – Optimierte Planungsprozesse im vorgefertigten Holzbau“. Im Wintersemester 2018/19 hatte er eine Berufung auf die Professur Nachhaltiges Bauen an der Fachhochschule Salzburg als Senior Lecturer am Studiengang Smart Building.

Weitergebaut - Aufstockung und Erweiterung von Wohngebäuden in Holzbauweise

1. Ausgangssituation

1.1 Anlass

Warum weiterbauen? Warum mit Holz?

Die meisten städtischen Kommunen sehen sich vor das Problem gestellt, dass der Zuzug in den nächsten Jahren stetig weiter steigen wird. Prognosen für München oder Wien besagen, dass dort mit einem Zuwachs von 16 - 18 % bis zum Jahr 2030 zu rechnen ist. In München wären das ca. 250.000 Menschen in etwas mehr als 10 Jahren. Innerhalb der Stadtgrenzen stehen stadteigene Flächen nur in begrenzter Zahl zur Verfügung. Die Planungsbehörden sehen sich daher vor die Aufgabe gestellt Flächen zu aktivieren, die innerhalb bereits bebauter Areale noch Spielraum ermöglichen. Nachverdichtung heißt das Schlagwort und beschreibt Potential in Baulücken, auf Dächern oder in Hinterhöfen.

Die Siedlungen der 50er- und 60er Jahre unterlagen einem deutlich anderen Leitbild in der Planung als heutige Siedlungen. Im Vordergrund standen geringe Dichten sowie viel Freiraum um die Gebäude, damit Licht, Luft und Sonne in die Raumtiefen eindringen konnte. Die Freiflächen im Siedlungsquartier waren mit dem umgebenden Landschaftsraum verzahnt. Durch das Flächenwachstum der Städte befinden sich die Siedlungen, die ursprünglich in Stadtrandlagen gebaut wurden, nun in Zentrumsnähe und werden der höheren Baudichte eines Kerngebiets nicht gerecht. Die städtischen Kommunen sehen in der Reduzierung der Freiflächen durch Erweiterungen oder durch Aufstockungen unter Beibehalten der umgebenden Grünflächen weiteres Potential für Nachverdichtung.

Der Blick über die Dächer einer Großstadt, wie hier im Beispiel Wien, zeigt das städtebauliche Potenzial, das in den meisten größeren Städten in ähnlicher Form vorhanden ist.

Abb 1: Blick über Wien, Foto: Kurt Zweifel

Beim Bauen im Bestand liegt der Focus auf anderen Parametern als bei Neubauten. Fast immer sind maßgefertigte Lösungen gefragt. Bei Aufstockungen kommt dem Thema Tragfähigkeit der Bestandskonstruktion eine große Bedeutung zu, während bei Erweiterungen die Bauzeit ein wichtiger Faktor ist. In vielen Fällen ist das Bauen mit Holz aufgrund seiner Materialeigenschaft und Eignung zur Vorfertigung die Lösung. Das geringe Gewicht des Materials, die Präzision, die bei der Vorfertigung erreicht wird und die damit verbundene kurze Bauzeit bei der Montage vor Ort sowie die Logistik auf der Baustelle, die eine geringe Belastung des Umfelds darstellt, ist für die Nachverdichtung geradezu prädestiniert. Hinzukommt, dass Holz als nachhaltiger Baustoff im Lebenszyklus bei der Bilanzierung der bebauten Stadt in Zukunft eine bedeutende Rolle einnehmen wird.

Mit dem „Weiterbauen" am Bestand erhält die vorhandene Bausubstanz neben dem Mehrwert an Raum zudem einen höheren Stellenwert.

1.2 Wert eines Gebäudes

Welchen Wert hat ein Gebäude? Neben dem u. U. vorhandenen historischen Wert, z. B. bei denkmalgeschützten Gebäuden, ist aus Sicht der Nachhaltigkeit der gesellschaftliche Wert im soziokulturellen Kontext und der Wert der Energie, die für die Errichtung des Gebäudes aufgewendet werden musste, also die sog. Graue Energie, ausschlaggebend.

Die Architektur, die vorhanden ist, ist die Architektur der Zukunft, sagt Muck Petzet. Die Gesellschaft kann es sich nicht ewig leisten, die grauen Energien (Ressourcen) zu vernichten. Das CO_2, das für den Bau der Gebäude emittiert wurde, kann nicht mehr zurückgeholt werden. Selbst ruinöse Gebäude haben einen energetischen Wert an grauer Energie. Daraus folgt, dass sich die Haltung von Eigentümern, Nutzern und Planern dahingehend ändern muss, dem Bestand eine ihm angemessene Wertschätzung zukommen zu lassen. Es ist immer besser mit der Tragstruktur, die den Großteil der verbauten Energie und Ressourcen beinhaltet, weiterzubauen.

Zitat:

„Die Arbeit mit dem Gebäudebestand ist längst zur wichtigsten architektonischen Aufgabe geworden: Es geht um Rückbau, Verkleinerung, um die Revitalisierung, Umnutzung oder Ergänzung des Vorhandenen. Für die Gestaltung unserer Zukunft muss das Bestehende als eine der wichtigsten kulturellen, sozialen, wirtschaftlichen und architektonischen Ressourcen erkannt werden." Muck Petzet in Reduce/Reuse/Recycle, 2012

Solange die Meinung vorherrscht, das Neue ist besser, werden Energieressourcen im Bestand verschleudert. Daher muss sich das Bewusstsein für den Gebäudebestand ändern und neue Vorbilder gefunden werden.

Beispiel München: Graues Haus, Architekt Stefan Krötsch

Das Gebäude aus dem Jahr 1956 in einer südlichen Münchener Stadtrandsiedlung gelegen, war eigentlich dem Abriss freigegeben bevor es der Architekt Stefan Krötsch erwarb. Krötsch entschied sich aus Gründen der Nachhaltigkeit für den Erhalt der Tragstruktur und renovierte das Haus mit großem Anteil an Eigenleistung. Oberste Prämisse war neben dem Einsatz von geringen finanziellen Mitteln die Verwendung von schadstofffreien Materialien. Einzige Ausnahme aus Kostengründen war die neue Fassadenbekleidung aus Polyethylengewebe (ein Material aus dem Garten- und Landschaftsbau), die der Architekt eigenhändig auf die Vollholz-Unterkonstruktion aufschraubte. Für die textile Hülle musste nur ein Viertel der eigentlich geplanten Lärchenholzschalung veranschlagt werden. Ein Wärmedämmverbundsystem war für den Bauherrn keine Option.

Abb 2,3: Nordwest-Ansicht vorher/nachher, Foto: Stefan Krötsch, Simone Rosenberg

Innenräumlich erfolgte die Umgestaltung im Wesentlichen durch die Reduktion von Bauteilen. „Sanieren durch Wegnehmen“ beschreibt Stefan Krötsch diesen Vorgang. Um großzügige Gemeinschaftsbereiche im EG zu erhalten und um die eingeschränkte Belichtung durch die hochgedämmte Gebäudehülle zu kompensieren wurden vor allem Zwischenwände entfernt.

Energetisch erreicht das Gebäude einen Heizwärmebedarf von 20 kWh/m²a. Regenerative Energien wurden in Form der geförderten Solarthermie eingesetzt. Die Wärmeübertragung erfolgt entlang der Flure mit Wandheizung.

Alle Maßnahmen und Baustoffe entsprechen dem Gedanken der Nachhaltigkeit durch Langlebigkeit, Austauschbarkeit und Recyclebarkeit.

Abb 4: Längsschnitt vorher/nachher, © Stefan Krötsch

1.3 Gesichtspunkte der Nachhaltigkeit

Ökonomisch

Die Hälfte des Wohngebäudebestandes in Deutschland und Österreich stammt aus den Jahren 1950 – 1980. Die meisten davon erfüllen nicht mehr die Anforderungen an ein zeitgemäßes Wohnen und sind im Betrieb wie im Unterhalt aufwendig und energetisch unzureichend. Es wird daher eine Herausforderung in der Zukunft sein, die Bestandssanierung und –modernisierung zu bewerkstelligen.

Ein Problem dürfte dabei die Finanzierung sein, wenn in bestehenden Wohnquartieren nicht nachverdichtet werden kann. Aufwendige Sanierungen können nur durch den finanziellen Mehrwert aus der Nachverdichtung kompensiert werden.

Die Ausbreitung der Städte ins Umland würde durch Nachverdichtung in den Zentren zudem gebremst werden. Ursprüngliche Stadtrandgebiete würden eine für städtische Quartiere angemessene Dichte erhalten.

Darüberhinaus sind Verkehrstechnische Erschließung, Eingangsbereiche, Erschließung mit haustechnischen Medien (vom Kanalanschluss bis zur EDV-Leitung), Fundamentierung und Erdarbeiten bei Außenflächen bereits vorhanden, die bei Neubauvorhaben erst angelegt werden müssen. Es entstehen somit hochattraktive Flächen im intakten städtischen Umfeld.

Ökologisch

Der Vorteil der Nachverdichtung ist generell die Verkürzung von Verkehrswegen verbunden mit Einsparungen an Energie und Emissionen.

Die Alternative zur Nachverdichtung ist Abriss und Neubau. Hier stehen dem Erhalt und Ergänzung der Bausubstanz Rückbau, Entsorgung und Wiederaufbau gegenüber. Der Verbrauch an Ressourcen (insbesondere Primärenergie und Kohlenstoffdioxidemission) ist ungleich höher.

Im Regelfall verbessert sich durch Aufstocken von Gebäuden die Kompaktheit des Gesamtgebäudes, das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen. Dadurch reduziert sich der Energiebedarf eines Gebäudes ohne weitere energetische Maßnahmen. Die hochdämmenden neuen Gebäudehüllflächen verbessern die Energiebilanz auch ohne Fassadensanierung weiter. Ein energetisch hocheffizienter Standard kann im Zusammenhang mit der Fassadensanierung erreicht werden.

Soziokulturell

Generell ist die Erhaltung und Erweiterung von bestehenden Strukturen aus kultureller Sicht wünschenswert.

Eine Aufstockung kann, idealerweise, eine funktionierende soziale Struktur erweitern. Sie kann aber auch korrigierend einwirken, stellt also eine 2. Chance für die Architektur dar. Die Nutzungsflexibilität eines Gebäudes kann durch eine Aufstockung oder Erweiterung verbessert werden.

Die Aufstockung von Gebäuden in Holzbauweise kann in vielen Fällen bei laufendem Betrieb erfolgen. Somit können die Nutzer meist ihr gewohntes Umfeld behalten.

Äußere Einflüsse

Auf Grund der meist großen Gebäudeabstände durch Grünflächen ist eine Erweiterung oder Aufstockung ohne Beeinträchtigung der räumlichen Qualität möglich.

Beispiel München: Wohnanlage Fernpassstraße,
Architekt: ARGE Kaufmann Lichtblau Architekten

Dieses Projekt soll insgesamt beweisen, dass der nachwachsende Rohstoff Holz bei der Erneuerung im Bestand hochattraktive Berechtigung erlangt. Einerseits wird durch die neue, leichte Bauweise sehr viel graue Energie und Entsorgungslast eingespart, andererseits garantiert der digitalisierte Bauprozess durch den hohen Vorfertigungsgrad einen raschen Baufortschritt und hohe Qualität. Es handelt sich also um eine innovative Bautechnologie, die noch kaum erprobt wurde und in dieser Größenordnung eine wirkliche Neuerung darstellt.

Das Hauptaugenmerk liegt darauf, mit möglichst natürlichen, gesunden und umweltschonenden Materialien und Verfahren zu einer industriellen, kostensparenden Produktion und damit einer deutlichen Steigerung der lahmenden Sanierungsrate für den Baubestand zu gelangen. Nur durch kompetent optimierte Planung unter gleichrangiger Beachtung von effektiver Grundstücksverwertung, ökologischer Bautechnik, emissionsfreiem Gebäudebetrieb, sowie erstklassiger Nutz- und Gestaltungsqualität lässt sich auch eine gesamtwirtschaftlich leistbare, wirkliche Nachhaltigkeit erzielen – Baukultur als Beitrag für eine verantwortliche „Welt von morgen".

Die Wohnsiedlung an der Fernpassstraße aus den 1950er Jahren bestand aus einfachen dreigeschossigen Zeilenbauten mit Satteldächern und dokumentierte die schlichte Bauweise einer Zeit großer Wohnungsnot. Für das Mauerwerk wurden teilweise Altziegel aus Kriegsschutt verwendet. Geheizt wurde mit Einzelöfen. Die innenliegenden Treppenhäuser erschlossen jeweils zwei Wohnungen. Die Größe der Wohnungen war gering. Der Wärmebedarf war etwa dreimal so hoch, wie bei heute üblichen Vergleichsbauten.

Abb 5,6: Straßenansichten Fernpaßstraße, Quelle TUM

Der Bauherr entschied sich für eine Erneuerung der Gebäudehüllen mittels vorgefertigter Holzrahmenelemente, die neben hervorragenden bauphysikalischen Werten eine schnelle Montage gewährleisten. Mit den Aufstockungen und den Erweiterungen um Kopfbauten an einer der Gebäudezeilen konnte die Modernisierung der Bestandsgebäude finanziert werden.

Abb 7: Fernpaßstraße, Quelle TUM

Die Fassaden wurden mit grau lasierten, sägerauen Fichtenbrettern bekleidet. Dadurch entstand eine wartungsarme „Haut" mit gleichmäßigem Erscheinungsbild. Die zeitgleich durchgeführten Aufstockungen und Erweiterungen wurden ebenfalls in Holzrahmenbauweise errichtet. Durch addierte Laubengänge, neue Treppen und einen Aufzug konnten die freiwerdenden Flächen der ehemaligen Erschließungsbereiche den nun barrierefrei erreichbaren Wohnungen mit veränderten Grundrissen zugeschlagen werden.

Das Projekt wurde als Modellvorhaben des EU-geförderten E2reBuild Forschungsprojekts wissenschaftlich begleitet sowie einem Monitoring unterzogen.

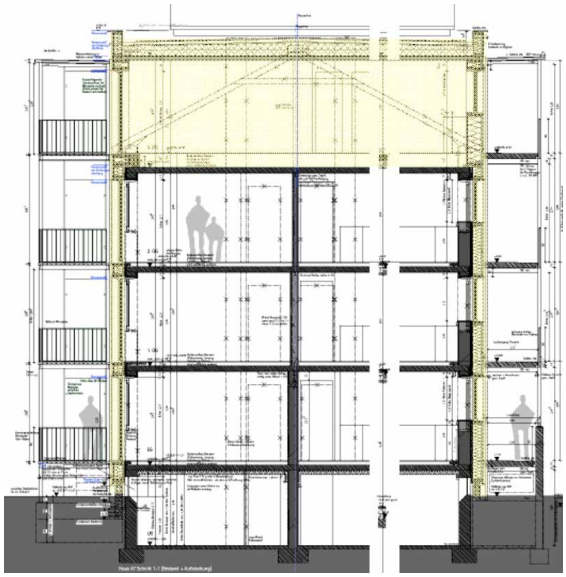


Abb 8: Querschnitt , Quelle: ARGE Kaufmann Lichtblau Architekten

1.4 Warum Holz?

- Hohe Festigkeit bei geringem Gewicht
- Hoher Vorfertigungsgrad bis hin zur Raumzelle
- Dadurch hohe Ausführungsqualität und kurze Bauzeit. Trockene, lärmarme und vor allem schnelle Bauweise erlaubt häufig die Modernisierung bei laufendem Betrieb und die rasche Wiederherstellung der Regendichtigkeit des Gebäudes

Beim Bauen im Bestand sind maßgenaue, wirtschaftliche und umfeldschonende Bauweisen sowie kurze Bauzeiten erforderlich. Der moderne Holzbau durch Vorfertigung in der Werkstatt ist dafür prädestiniert. Der nachwachsende Baustoff Holz zeichnet sich zudem durch sein geringes Gewicht im Vergleich zu anderen Werkstoffen aus.

Das Weiterbauen mit Holz erlaubt den respektvollen Umgang mit vorhandener Baukultur und steht zugleich für einen ökologischen Ansatz, da durch den Erhalt der Bausubstanz und die Verwendung nachwachsender Rohstoffe der Gebäudelebenszyklus deutlich verlängert wird. Die vorgefertigte, elementierte Holzbauweise ist geradezu prädestiniert für die instädtische Verdichtung, weil gerade in beengten Verhältnissen die Vorteile des durchgängig geplanten Bauablaufs unter Berücksichtigung der Baustellenlogistik vollständig ausgelotet werden können. Frank Lattke in „ Bauen mit Holz - Wege in die Zukunft, 2010

2. Strategien des Weiterbauens

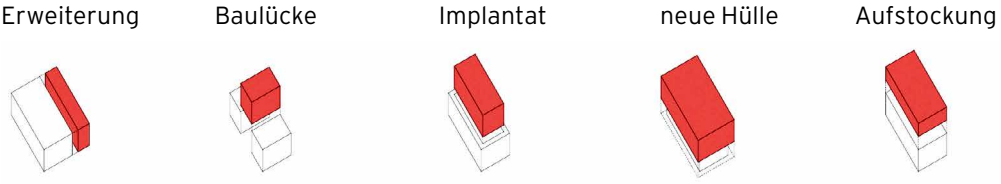


Abb 9: Strategien des Weiterbauens

2.1 Erweiterung

Anbauten und Ergänzungen als Erweiterung von Baubestand sind vom zulässigen Maß der baulichen Nutzung abhängig sowie der vorhandenen Abstandsflächen.

Bauweisen mit Vorfertigung stellen eine zeitsparende und Lösung dar und vermeiden Störungen im Umfeld des Bestandes.

Platznot in der Umgebung des Bestandes beeinträchtigt den Bauablauf. Vorgefertigte Bauweisen und Montage vor Ort stellen Vorteile dar.

2.2 Baulücke

Das Potential der Nachverdichtung ist in Städten häufig durch Baulücken gegeben. Freie Flächen als Lücke im gebauten Kontext bedeuten, dass das Umfeld in der Regel in Takt ist und deren Bebauung einen sensiblen Umgang mit der Situation erfordert. Ein störungsfreier Ablauf und kurze Bauzeit ist erforderlich. Vorgefertigte Bauelemente bieten durch kurze Montagezeiten zeitliche und räumliche Vorteile bei beengten Bauverhältnissen.

2.3 Implantat

Industrie-Baudenkmäler, Hallen und Lagerbauten verfügen häufig über großflächige vorhandene Raumstrukturen, in denen durch Umbau neue Nutzungen geschaffen werden können. Für Einbauten im Bestand bietet der vorgefertigte Holzbau als trockene Bauweise Vorteile im Bauprozess.

Ebenso bietet seine gute Verarbeitbarkeit ohne aufwendige Werk- und Rüstzeuge erhebliche Möglichkeiten der Rationalisierung.

2.4 Neue Hülle

Der Wohnungsbestand der 1950er und 1960er Jahre ist energetisch am Ende seiner Nutzungsdauer angekommen. Die wohl augenscheinlichste Maßnahme zur Steigerung der Energieeffizienz ist die Erneuerung der Gebäudehülle. Geschoßhohe vorgefertigte hochwärmedämmende Wandelemente aus Holzrahmenkonstruktionen z. T. mit eingebauten Fenstern oder Installationen optimieren den Bauprozess wesentlich. Selbst der Rückbau dieser Konstruktionen ist gegenüber einem Wärmedämmverbundsystem sauber zu lösen.

2.5 Aufstockung

Die Dachlandschaft in Städten bietet wohl das größte Potential der Nachverdichtung. Allerdings sind die Möglichkeiten für eine Aufstockung durch die Reserven in der Tragwerksplanung der vorhandenen Tragstruktur begrenzt. Aufstockungen mit einem oder mehreren zusätzlichen Geschossen sind zusätzlich abhängig vom Spielraum des örtlichen Baurechts. Verfügt die oberste Geschossdecke nicht über eine ausreichende Tragfähigkeit, lassen sich zur Optimierung Brettsperrholz- oder Hohlkastenelemente flächig einsetzen, die zusätzliche Lasten in die bestehende Wandkonstruktion ableiten. Mit Wandelementen in leichter Holzrahmenbauweise oder als Brettsperrholzplatte ist es möglich, das neue Tragwerk auch quer zur Haupttragrichtung der bestehenden Struktur auszurichten und damit offene Räume zu schaffen, die eine freie Grundrisseinteilung erlauben.

3. Praxis

3.1 Aufstockung Arcisstraße, München Architekt: HKS Architekten

Das Projekt von HKS Architekten Huß, Kühfuß und Schühle aus München, eine Aufstockung eines eleganten Eckgebäudes aus den 50er Jahren in der Münchner Maxvorstadt, zeigt anschaulich, wie die Vorteile von Holz bei Aufstockungen voll ausgeschöpft werden konnten.

Abb 10: Luftbild Maxvorstadt, © Google Earth

Das von der schlichten Eleganz der 50er-Jahre geprägte weiße Eckhaus im Schwabinger Blockrand, vis-a-vis der TU München und gegenüber der Neuen Pinakothek gelegen, wurde mit einer zweigeschossigen Aufstockung in vorgefertigter Holzbauweise erweitert, die zwei großzügige Maisonette-Wohnungen beherbergt.

Das Dachprofil des bestehenden Nachbargebäudes mit 60° Neigung zur Straße hin wurde weitergeführt. Im Hof wurde der Bestand um ein volles Geschoß aufgestockt, die zweite Ebene mit einem Dach mit 45° Neigung versehen, um keine weiteren Abstandsflächen zu generieren. So konnte das Gebäude mit 340m² Wohnfläche nachverdichtet werden.

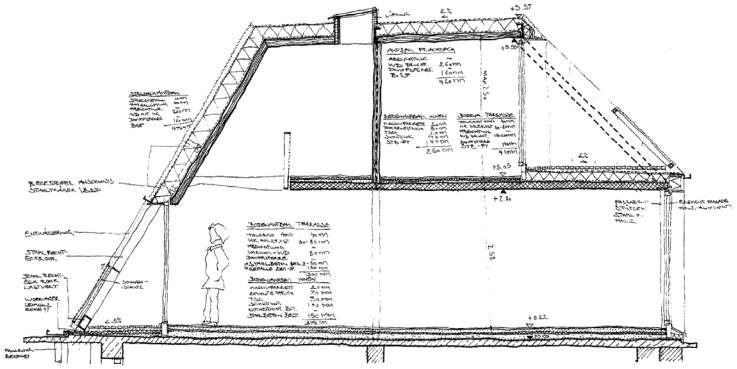


Abb 11: Schnittskizze Dachraum, © HKS Architekten

Entwurf

Die gemeinschaftlich genutzten Bereiche der Wohnungen sind auf der unteren, großzügig verglasten Ebene organisiert und profitieren von der priviligierten Lage: Beide Wohnungen haben Fassadenanteile zur attraktiven Südseite mit Blick über das Museumsviertel und die Alpenkette, im Westen die Maxvorstadt, im Osten das von der Ludwigskirche beherrschte Stadtpanorama.

Die obere Ebene ist den Individualräumen vorbehalten. Der Erschließungs- und Aufenthaltsbereich ist dort zur Straße mit großformatigen, punktuellen Schrägverglasungen orientiert. Den zum Hof gelegenen Schlafzimmern ist jeweils eine kleine Dachterrasse vorgelagert. Die Straßenfassaden sind flächig und ruhig angelegt, ein horizontales Öffnungsband zieht sich über die gesamte Gebäudebreite. Dahinter entwickelt sich die Glasfassade weitgehend unabhängig: Teils definieren Rücksprünge Dachterrassen, teils schmiegt sich die gläserne Haut als geneigte Fassade an die äußere Metallhaut an und maximiert so die Innenräume.

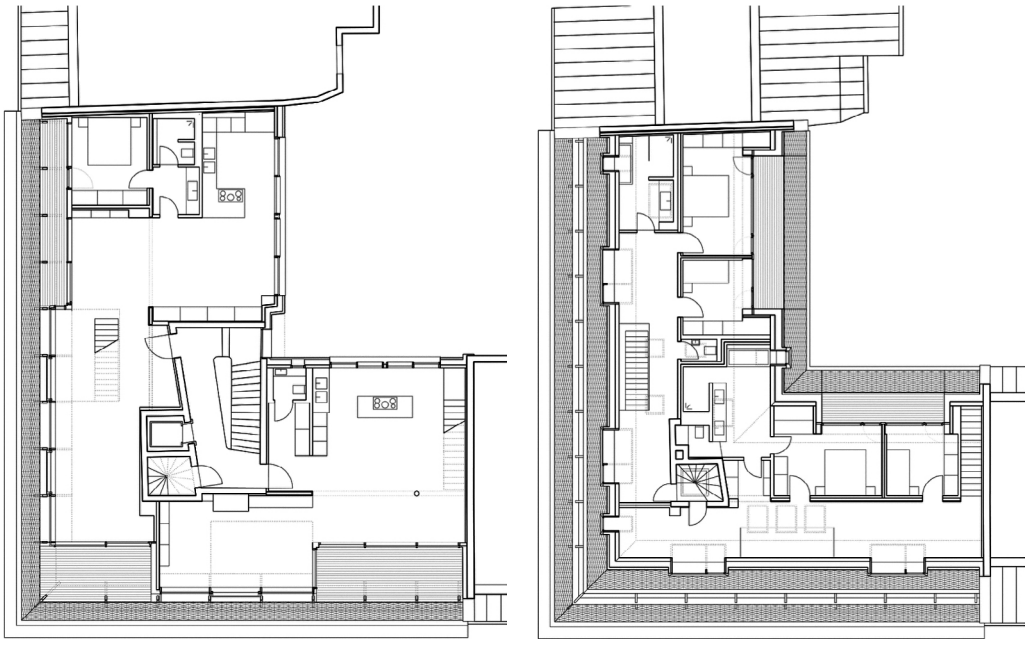


Abb 12, 13: Grundrisse 6. und 7. OG, © HKS Architekten

Konstruktion

Die Tragachsen des Bestands – Außenwände und Mittelwand – werden in die Aufstockung übernommen. Auf der Straßenseite bewirkt ein lastverteilender Stahlträger, dass die Fassade unabhängig von den Balkonrücksprüngen der Bestandsfassaden wird: Auf dem Träger lasten die regelmäßig angeordneten schrägen Rechteckrohr-Stützen ab. Diese Lasten werden an den Punkten, an dem die Querwände des Bestands in die Außenwände einbinden, punktuell in die Bestandsbetondecken eingeleitet. Die neuen Dachflächen bestehen aus Brettsperrholz. Die geringe Wärmeleitfähigkeit des Holzes erlaubt die außenseitige Befestigung der Stahlstützen bei vertretbaren Wärmebrücken. Für die Zwischendecke kommen verleimte Brettstapel-Elemente zum Einsatz, um die Konstruktionshöhe zu minimieren.

Energie

Die Aufstockung erfüllt die energetischen Anforderungen nach KfW 70. Das Gesamtgebäude ist an das Fernwärmenetz angeschlossen, das die Energie für Beheizung und Warmwasser bereitstellt. Die Wärme- bzw. Kälteübergabe erfolgt über eine Fußbodenheizung. Die Vorkehrungen für die Nachrüstung einer Solarthermie-Anlage sind getroffen. Die Lüftung erfolgt über die Fenster, Nachströmöffnungen in den Fensterfalzen gewährleisten einen Minimal-Luftwechsel.

Abb 14: Ansicht Dach, © Foto Martin Kühfuß

Material

Als äußerste Schicht der Dachhaut hüllt ein bronzefarben eloxiertes Streckgitter mit grober Maschenweite das Gebäude ein. Es fungiert als Absturzsicherung und Sichtschutz, stellt aber auch das einheitliche, ruhige Erscheinungsbild des neuen Dachaufbaus sicher.

Die sichtbaren Holzoberflächen von Dachkonstruktion und Decke sind weiß lasiert, Innenwände dagegen deckend weiß gestrichen. Der Boden über der massiven Bestandsdecke ist mit einem geschliffenen Sichtestrich versehen, die oberste, von Holz dominierte Ebene mit Eichenparkett belegt.

Abb 15: Wohnzimmer mit Galerie, © Foto Florian Holzherr

3.2 Weitergebaut SöltIstraße, München Architekt: Stieglmeier Architekten, Energieberatung Florian Lichtblau, Architekt BDA

Beim Mehrfamilienwohnhaus in der SöltIstr. in München-Harlaching aus dem Jahr 1935 wird im Zuge einer energetischen Sanierung die Fassade mit einem vorgefertigten Holzrahmensystem (TES-Facade) erneuert sowie die Dachkonstruktion angepasst. Zudem wird das Gebäude mit einem 2-geschossigen Anbau in Holzrahmenbauweise erweitert.

Das Gebäude hat derzeit ein Mansarddach mit First in N-S Richtung. Der ursprüngliche Dachstuhl als Walmdach wurde 1971 in die jetzige Dachform umgebaut. Das Haus ist unterkellert, aber im Untergeschoss nicht beheizt. Die Außenwandkonstruktion basiert im Wesentlichen auf 40 cm starken Ziegelmauerwerk, das beidseitig verputzt ist. Die damaligen Vollziegel im Reichsformat (25/12/6,5) waren deutlich schwerer und damit weniger gut gedämmt als heutige Lochziegel. 1998 wurde ein Niedertemperatur-Ölheizkessel eingebaut. Die Wärmeübertragung erfolgt derzeit über Radiatoren in nur 1-Stein tiefen Heizkörpernischen. Für den sommerlichen Wärmeschutz sind ungedämmte Rolladenkästen eingebaut.

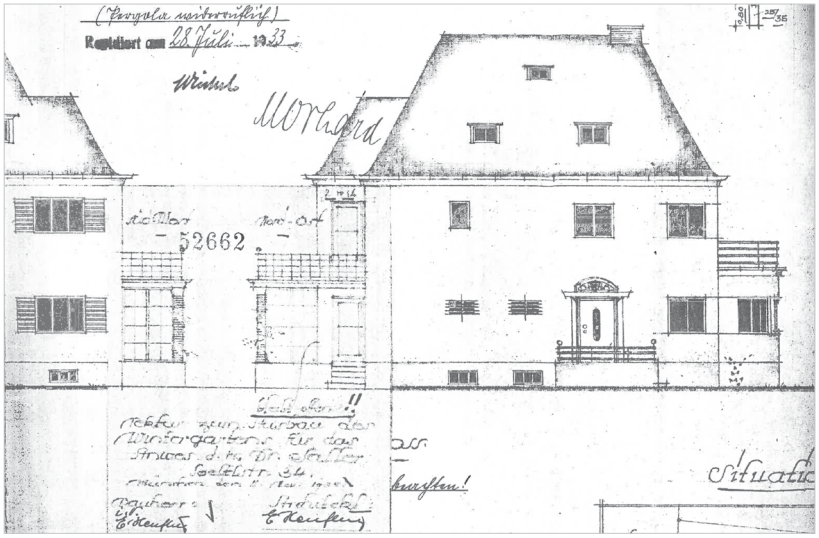


Abb 16: Eingabeplan von 1933

Die Gebäudehülle weist insgesamt einen baualterstypisch schlechten Dämmstandard auf, der aber angesichts hoher Wandstärken noch besser als spätere 60er-Jahre-Häuser ist. Der durchschnittliche U-Wert (Ht') beträgt 1,311 W/m²K. Insgesamt entweicht über alle Außenwandbereiche – auch aufgrund der großen Fläche – der Großteil der Wärmeenergie mit einem Anteil von ca. 52%.

Abb 17: Jetziger Bauzustand, Ansicht von Süden (Straßenansicht) Foto: Florian Lichtblau

Die alten Verbundfenster aus dem Erbauungsjahr mit 2 verbundenen Holzflügeln ohne durchgehende Dichtung entsprechen mit ihren Einfachverglasungen und dem stehenden Luftraum dazwischen (Konvektion!) energetisch nicht mehr den Anforderungen. Es fehlen die umlaufende Falz-Luftdichtung, Wärmeschutzbeschichtung und die Edelgasfüllung, die bei zeitgemäßen Fenstern Stand der Technik sind.

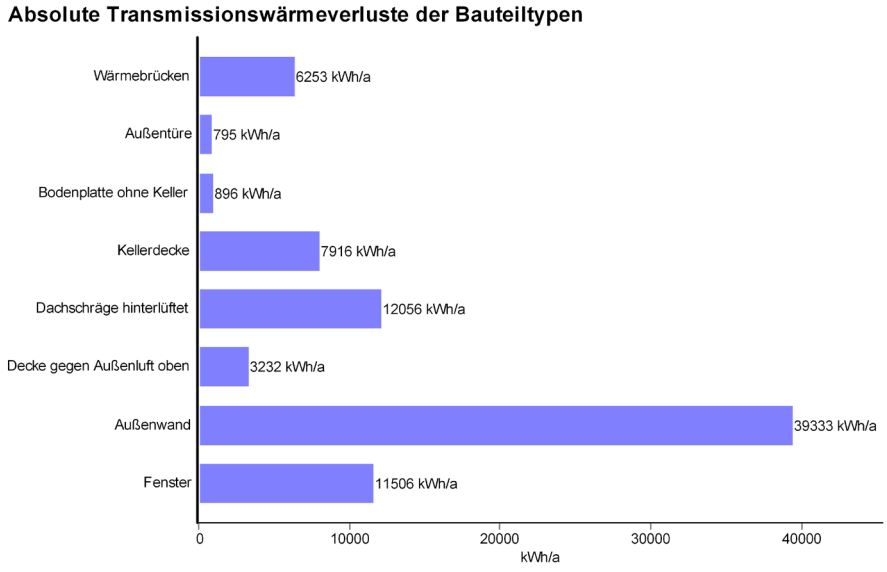


Abb 18: Aufteilung der Wärmeverluste über die Hülle

Abb 19: Verbundfenster mit 2 Einfachverglasungen ohne Dichtungsprofil

Ein Hauptproblem sind die Undichtigkeiten der Fenster und Türen. Deutlich spürbare Zugerscheinungen, erhöhten den unkontrollierten Luftwechsel. Dies wird durch die exponierte Lage und großen Raumhöhen von bis zu 2,80 m noch verstärkt. Insgesamt entweicht über alle Fenster ein Anteil von etwa 18% der gesamten Transmissionswärmeverluste, zuzüglich der überhöhten Lüftungswärmeverluste durch Undichtigkeiten.

Abb 20: Mansarddach mit Stehfalzverblechung (Vereisung im Winter)

Der Dachraum ist als bewohntes Mansarddach ausgebildet und wurde 1970/71 gegen das ursprüngliche Walmdach ersetzt. Der nicht ausgebaute Spitzboden (Walmdach) ist nicht zugänglich.

Eine 2013 durchgeführte Probeöffnung in der nördlichen Außenwand in ca. 1,60 m Höhe lieferte folgenden Bauteilaufbau (von innen nach außen): 1,5 - 2,0 cm Innenputz, 17,5 cm dickes Ziegelmauerwerk, ca. 2 cm Polystyrolplatte, Holzschalung, Dachpappe

Über die Dachfläche (Mansarddach und darüberliegendes, flaches Walmdach) entweicht rechnerisch (trotz der großen Fläche) nur etwa 16% der Heizwärme, hauptsächlich aus der darunterliegenden Wohnung.

Wärmebilanz

Die Wärmebilanz zeigt die Gewinne und Verluste des Gebäudes: Den Verlusten stehen interne Gewinne („Abwärme“ Mensch, Beleuchtung, elektr. Geräte) sowie Gewinne aus solarer Einstrahlung durch die Fenster gegenüber. Die Differenz dieser Verluste und Gewinne bezeichnet den Jahre-Heizwärmebedarf, der den Räumen über die Heizung zugeführt werden muss, um eine konstant befriedigende Temperatur im Inneren zu gewährleisten. Hinzu kommen noch die Anlagenverluste, resultierend aus dem Systemwirkungsgrad.

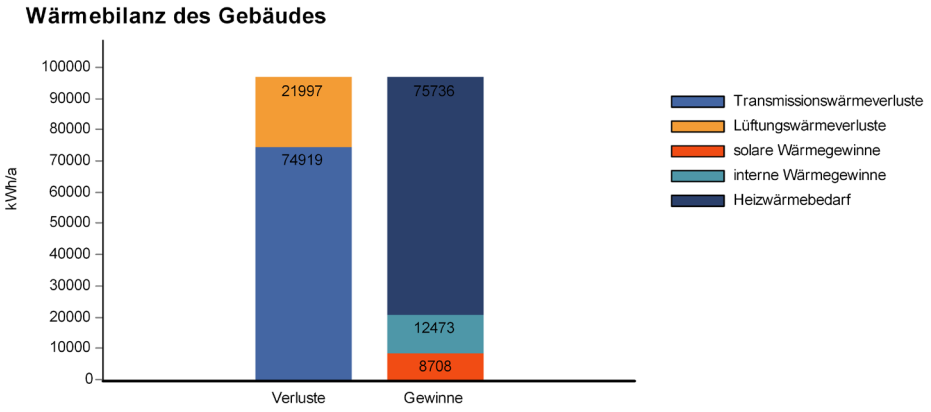


Abb 21: Wärmebilanz Ist-Zustand, Jahres-Heizwärmebedarf

Heizwärmebedarf Qh = 75.736 kWh/a
= spezifischer Heizwärmebedarf Qh/AN qh = 210 kWh/(m²a)

Endenergiebedarf (Heizöl/Hilfsstrom) Qe = 90.510 kWh/a
90.510 kWh entsprechen ca. 9.500 l Heizöl (plus ca. 900 kWh Hilfsstrom)

Folgenden Stand nimmt das Gebäude im Ist-Zustand im Vergleich mit dem Wohngebäudebestand in Deutschland ein:

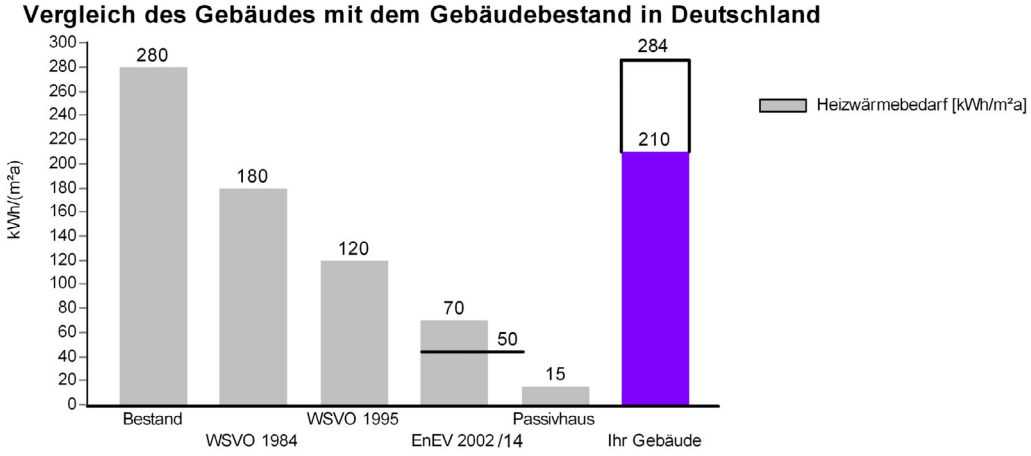


Abb 22: Spezifischer Heizwärmebedarf des Gebäudes ggü. Gebäudebestand in Deutschland

Planung

Für das Modernisierungskonzept wird eine Strategie gewählt, mit der die Transmissionswärmeverluste baulich am effizientesten verringert werden können und eine kurze Bauzeit erreicht werden kann.

Die baulichen Maßnahmen sehen eine neue Gebäudehülle bestehend aus Außenwand und Dach sowie eine 2-geschossige Erweiterung des Bestandes im Süden vor. Die Außenwand im EG und OG wird über die bestehenden Schrägen des Mansarddaches hinaus bis in das Dachgeschoß verlängert. Damit kommt die Erneuerung des Daches einer Aufstockung gleich.

Das Konzept sieht eine hochwärmedämmende Gebäudehülle aus vorgefertigten Holzrahmenelementen vor. Die Fenster werden dabei mit bestmöglichem energetischen Standard erneuert und bereits in die neue Außenwandkonstruktion mit eingebaut. Es werden 2 Varianten vorgeschlagen: Die Variante SVP, mit moderaten Dämmmaßnahmen, Gasbrennwerttherme + solarthermischer Anlage kann die Förderstufe KfW Effizienzhaus 100 erreichen.

Die Variante „SVK" mit verbesserten Dämmwerten in der Außenwand, in Verbindung mit einem Pelletkessel + Solar+ Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung kann die Förderstufe KfW Effizienhaus 55 erreichen

Die Maßnahmen im Einzelnen

Maßnahmen Erneuerung

Dach+Technik+Energie	**Variante SVP**	**Variante SVK**
1. Kellerdeckendämmung	WD 10 cm, WLG 032	WD 14 cm, WLG 032
2. Außenwanddämmung	WD 16 cm, WLG 039	WD 26 cm, WLG 039
3. Heizkörper-Nischen-Dämmung	wie 2	wie 2
4. Rollladenkasten-Dämmung	zu 5	zu 5
5. Fenstertausch	Uw = 0,9 3-fach WSG	Uw = 0,9 3-fach WSG
6. Dämmung Decke über EG (Balkon)	3 cm VIP, WLG 006	3 cm VIP, WLG 006
7. Dämmung Mansarddach	WD 16 cm, WLG 039	WD 26 cm, WLG 039
8. Dämmung Walmdach	WD 15 + 4 cm	WD 15cm+16cm
9. Anbau Süd	OG WiGa, glw.	Anbau EG, OG, Dach
10. Heizung/Warmwasser	Kombianlage Gas + Solar	Kombianlage Pellets + Solar
11. Lüftung	Abluft	Komfortlüftung mit WRG, zentral

Favorit: Variante SVK

Die Wärmebilanz des sanierten Gebäudes im Standard Effinzienzhaus 55 zeigt die neuen Verhältnisse.

Bei dieser Variante wird die Kellerdecke von unten mit 14 cm dicken Dämmstoffplatten gedämmt, die Außenwände erhalten eine insgesamt 26 cm dicke Wärmedämmung aus ökologisch unbedenklichen Holzweichfaserplatten mit mineralischem Putz. Alle Fenster werden Holzfenster mit 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung ersetzt. Das Mansarddach wird wie die Außenwand mittels 26 cm dicken Holzweichfaserplatten wärmegedämmt. Das Walmdach erhält eine 16 cm starke Zwischensparren- und 16 cm starke Aufdachdämmung. Der bestehende Öl-Niedertemperatur-Heizkessel wird durch einen energieeffizienten Pelletbrennwertkessel mit solarer Unterstützung für Brauchwasser und Heizung ersetzt.

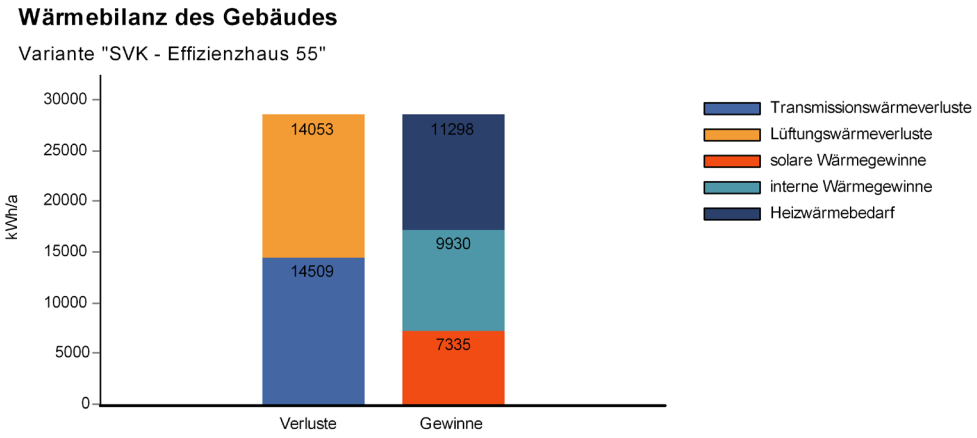


Abb 23: Wärmebilanz (Ist-Zustand = Stammdaten, Vergleich mit Variante SVK)

Die Verluste der Bauteile im sanierten Zustand vermindern sich folgendermaßen:

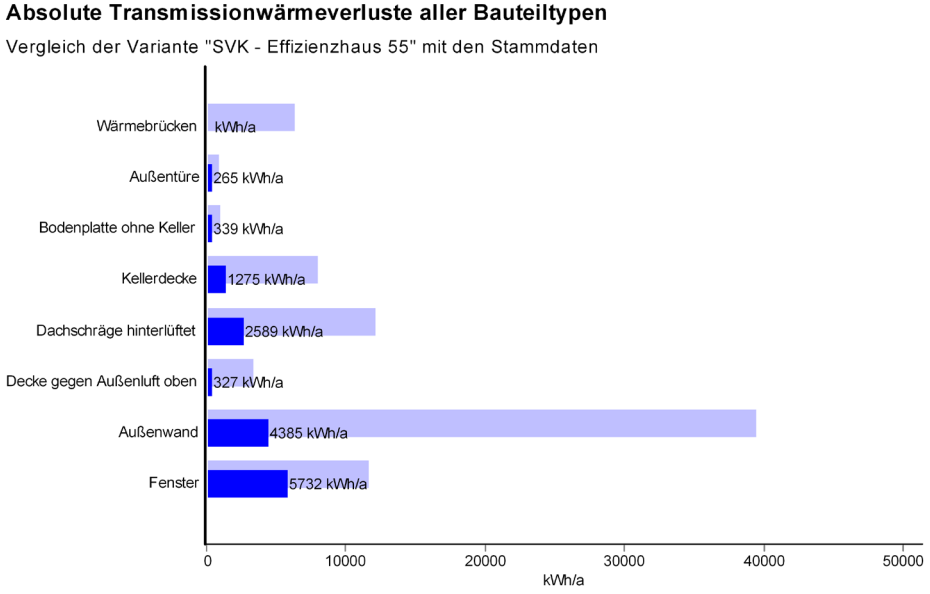


Abb 24: Transmissionswärmeverluste (Vergleich Stammdaten mit Variante SVK)

Der Endenergiebedarf verringert sich um 91%, das bedeutet eine Einsparung von 82.356 kWh/Jahr.

Abb 25: Gebäudeentwurf mit „Neuer Hülle“ und „Erweiterung“ über 2 Geschoße nach Süden

Neue Hülle

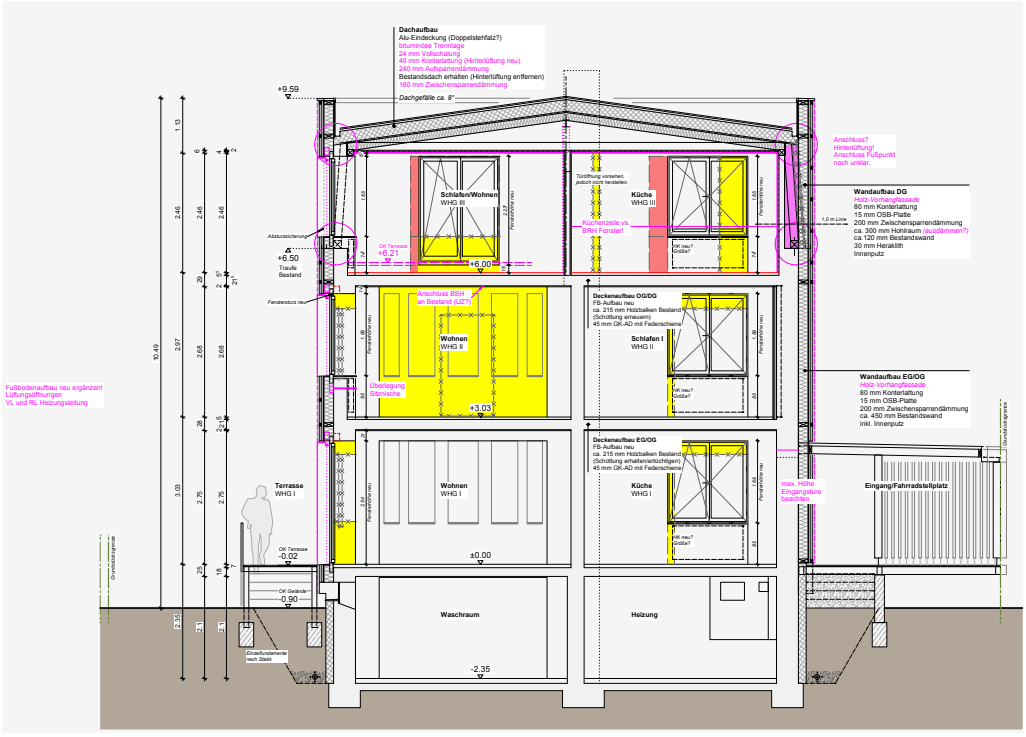


Abb 26: Schnitt durch das sanierte Gebäude

Exkurs: TES-FASSADE

(Timberbased Element System)

TES EnergyFacade ist ein systematischer Prozess zur Bestandserfassung, Renovierungsplanung, Realisierung und zum Unterhalt von Bestandsbauten.

Mit TES EnergyFacade werden die Grundlagen für den Umgang mit dem digitalen Aufmaβ während der einzelnen Projektphasen geschaffen und Gebäudedaten für den weiteren Betrieb ermittelt (BIM).

TES EnergyFacade systematisiert und optimiert den digitalen Arbeitsablauf der Sanierung. Moderne Messtechniken (Photogrammetrie und Laserscan) liefern präzise ermittelte Daten der Gebäude für 3D-Modelle, die Planungsgrundlagen für die Vorfertigung, die Sanierung und auch den Unterhalt sind. Der Datenfluss vom Aufmaβ über die Planung bis zur Fertigung wird optimal auf die Erfordernisse der digitalen Prozesskette abgestimmt.

TES EnergyFacade ist ein vorgefertigtes Holzbausystem für Sanierungsmethoden, die einen energetisch hocheffizienten Standard erreichen. In Forschungsprojekten werden die Erfahrungen und das Wissen der regionalen Forschungspartner aus Wissenschaft und Industrie gebündelt, um einheitliche Konstruktionsstandards zu definieren und somit Marktpotenziale für Produzenten und Zulieferer zu generieren.

Das Ergebnis bildet eine wichtige Grundlage für die Weiterentwicklung von digitalen Aufmaβtechniken und einem reibungslosen Arbeitsablauf sowie kosteneffiziente, ökologische, energieeffiziente Methoden zur Optimierung der Gebäudehülle (Text aus dem Forschungsantrag).

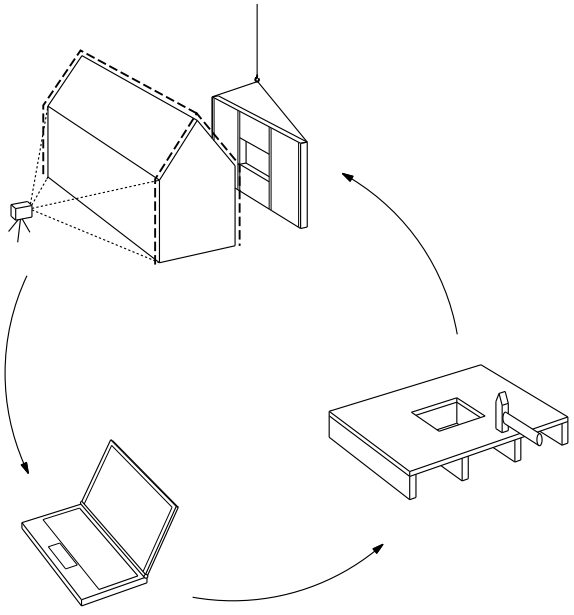


Abb 27: Prozess - TES Fassade - Darstellung aus TUM Forschungsprojekt

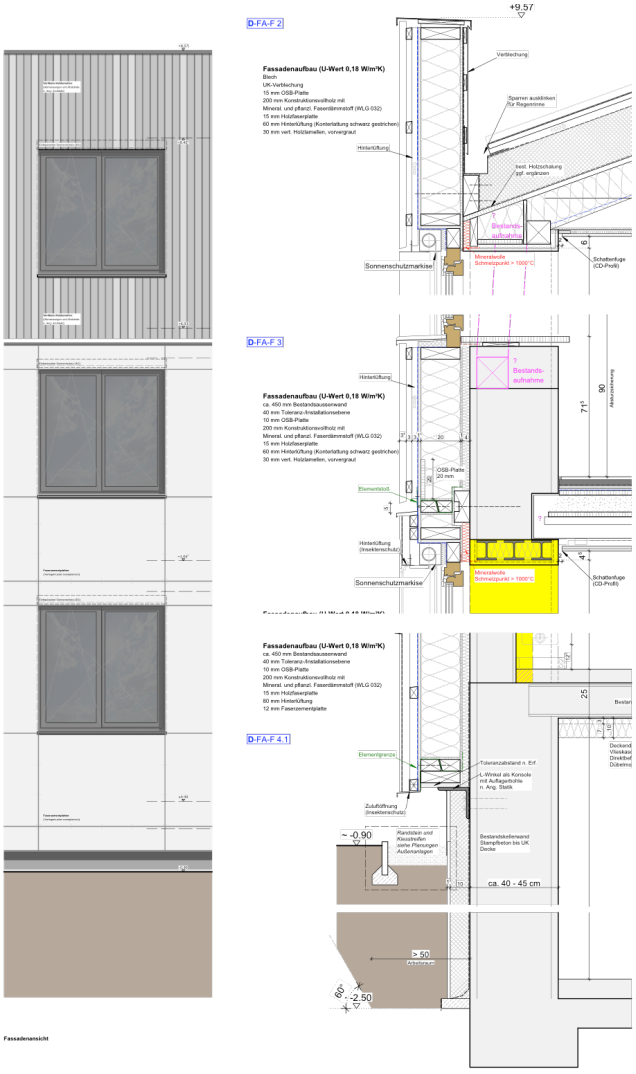


Abb 28: Detailschnitt Außenwand mit TES-Fassade

Erweiterung

Neben der neuen Hülle erhält das Gebäude eine Erweiterung an der südlichen Fassade über 2 Geschoße mit einer Nutzfläche von ca. 30 m^2. Der Anbau ist unterkellert. Die Ausführung des neuen UGs erfolgt einschließlich Decke in Stahlbeton. Konstruktiv werden die Wände des Anbaus über der Kellerdecke als Holzrahmenkonstruktion und die Decke zwischen EG und OG mit einer Brettsperrholzplatte ausgeführt. Die Flachdachkonstruktion über dem OG ist als Dachterrasse begehbar und ebenfalls in Brettsperrholz geplant. Die Fassadenbekleidung lehnt sich an die neue Bekleidung des Dachgeschosses an. Die Ausführung erfolgt in einer offenen Lärchenholzschalung mit unterschiedlichen Profilstärken. Die Fassade ist vorvergraut. Die Dämmung der Fassade wird als Zellulosedämmung in der Werkstatt eingeblasen.

Um die Bauzeit und die so gering wie nötig zu halten werden sämtliche Holzbauelemente vorgefertigt. Die Fenster werden eingebaut mit dem Außenwandelement geliefert. In einer inneren Vorsatzschale ist Raum für die Installation vorgesehen. Die Innenbekleidung der Außenwand wird mit Gipsfaserplatte und Anstrich versehen. Die Brettsperrholzdecken bleiben sichtbar ohne Bekleidung.

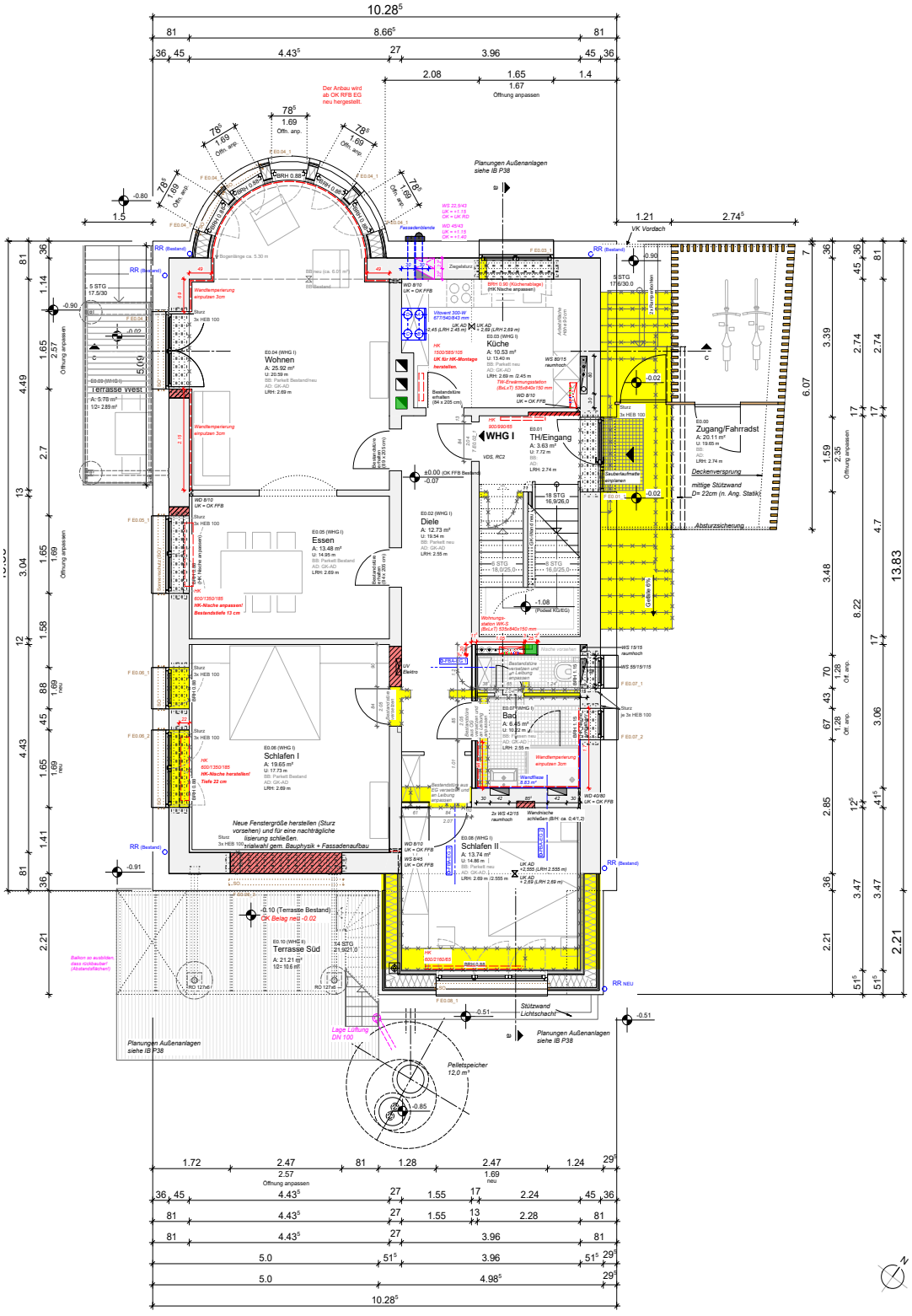


Abb 29: Grundriss EG mit Erweiterung

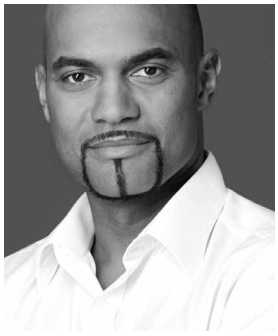
Bauablauf

Die Wand- und Dachelemente werden in der Abbundhalle des Holzbauunternehmers als Elemente produziert. Dadurch wird eine präzise und maßgenaue Herstellung garantiert. Sämtliche Bestandteile der Wand, wie Ober- und Untergurt, Stützen, Stürze und Brüstungsriegel für Fenster werden im horizontalen Zustand, also liegend gefertigt. Die einzelnen Schichten, Tragschicht, Dämmebene sowie Dampfbremse und Fassadenbahn können wesentlich genauer und vor allem im Trockenen eingebaut werden. Die maximale Größe der Elemente wird von der Transportlogistik auf die Baustelle bestimmt. Entsprechend der Werkstattplanung des Holzbauunternehmers werden die Elemente auf der Baustelle montiert.

Abb 30: Montage der Holzelemente auf der Baustelle

4. Resumee

Planungsbehörden in Städten mit anhaltendem Zuzug müssen die Potentiale in den vorhandenen Flächen vielfältig nutzen. Dabei spielt das Weiterbauen am Bestand eine herausragende Rolle. Wenn der Wert der vorhandenen Bausubstanz erkannt und dem Wert eines Neubaus als gleichwertig angesehen wird, sind in der Nachverdichtung von Quartieren vielfältige Möglichkeiten gegeben ohne bereits verbaute Ressourcen und Energie zu vernichten. Der Baustoff Holz kann aufgrund seiner Eigenschaften einen wertvollen Beitrag zu einer nachhaltigen Stadtplanung leisten. Aufstockungen, Erweiterungen und neue Gebäudehüllen wurden im vorangegangenen Text dargestellt. Sie zeigen die Stärken des modernen Holzbaus auf. Durch Vorfertigung in der Werkstatt entstehen präzise Elemente, die im städtischen Kontext durch kurze und störungsfreie Bauzeit Ihre Vorteile zur Geltung bringen. Der Lebenszyklusbetrachtung von Städten wird in Zukunft eine bedeutende Rolle zukommen, bei der das Bauen ohne Holz kaum vorstellbar sein wird.



Marc Gabriel

Als Architekt hat er sich auf integrative Planung energie- und ressourceneffizienter Gebäude spezialisiert. Nach der Betreuung diverser Hochhausprojekte in allen Leistungsphasen realisierte er für Werner Sobek 2015 das erste Passivhaus im Altbau und schließt damit an die Tradition der Neubauten F87 (Effizienzhaus Plus in Berlin) und B10 (Aktivhaus in Stuttgart). Das Konzept der „Ganzheitlichen Sanierung“ für Altbauten ist insbesondere für unsere Zukunft entscheidend.

Effizienzhaus Plus, Sanierung Neu-Ulm

Sanierungsfahrplan für eine Altbausanierung nach einem Gesamtkonzept

Inhalt

85 1. Einleitung und Zielsetzung / Projektsteckbrief

86 2. Gebäudekonzept / Architektur

90 3. Altbau

93 4. Baukonstruktion / Holzbau

96 5. Energiekonzeption

98 6. Technikkonzept

101 7. Energiebilanzen: Betriebsphase und Monitoring

1. Einleitung und Zielsetzung / Projektsteckbrief

Das Projekt EPA – Effizienzhaus Plus im Altbau zeigt, wie auch im Altbau durch geeignete planerische und bauliche Maßnahmen eine radikale Verbesserung der Energieeffizienz bei gleichzeitiger deutlicher Erhöhung des Wohnkomforts erreicht werden kann. Hierzu wurde das bestehende Gebäude in seinem Inneren aufgewertet, beispielsweise durch neue Bäder. Der gesamte Wohnraum erhält durch vergrößerte Fenster mehr Tageslicht. Hierfür wurde ein vorgefertigtes, hoch wärmedämmendes Fassadensystem mit allen erforderlichen Leitungskomponenten auf die bestehende Außenwand montiert.

Zur Erstellung der neuen Gebäudehülle wurde das Bestandsgebäude zunächst mit einem 3D-Laserscanner vermessen. Auf der Grundlage des so erzeugten 3D-Modells des Hauses wurden maßgeschneiderte Elemente konstruiert, computergesteuert gefertigt und vormontiert. Fenster, Verschattungstechnik, Photovoltaik und Lüftungsrohre wurden komplett werksseitig integriert.

Architekten: Werner Sobek Design
Tragwerksplaner: Werner Sobek Stuttgart
Leistungszeitraum: 2000 – 2000
Planungszeit: 2012 – 2013
Ausführungszeit: 2013 – 2016
Leistungen von Werner Sobek: Entwurf, Nachhaltigkeitskonzept, Generalplanung, TGA-Planung
Bauherr: NUWOG Neu-Ulm
Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung,
Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung

Bruttogrundfläche: 1.380 m^2
Wohnfläche: 656 m^2
Beheiztes Gebäudevolumen: 2.458 m^3
Hüllflächenfaktor A/V: 0,47 m-1
Qualität Gebäudehülle: 0,1 W/m^2K

2. Gebäudekonzept / Architektur

Architektur

Für ein typisches Bestandsgebäude der 1930er Jahre wurde ein wirtschaftlich interessantes Konzept umgesetzt, welches seine Nachhaltigkeit erhöht, indem der Lebenszyklus durch eine energetische Sanierung um Jahrzehnte verlängert wird. Das optimierte Bestandsgebäude ist CO_2 – neutral und erfüllt damit bereits heute das Energiekonzept 2050 der Bundesregierung. Die Kubatur und die wesentlichen, gestaltprägenden Elemente der Bestandsgebäude werden respektiert und fortgeschrieben. Das Haus beherbergt insgesamt 8 moderne Wohnungen mit 2 Zimmern sowie 2 große Studioapartments im Dachgeschoss. Die Grundrissgestaltung bietet großzügige, nutzungsneutrale Räume und damit eine langfristige Flexibilität. Die großzügigen Fenster bieten viel Ausblick und belichten die Wohnungen insgesamt optimal. Es wird in allen Wohnungen ein hoher Tageslichtquotient erreicht. Die EG Wohnungen sind so gestaltet, dass auch in der Mobilität eingeschränkte Menschen, ohne weitere Hilfsmittel zu ihr Zugang haben. Auf diesem Weg wird die nachhaltige Nutzbarkeit langfristig gesichert. Grundvoraussetzung ist das Erreichen der gesteckten Ziele des integrativen Planungsansatzes. Die Firmengruppe Werner Sobek vereint Planer aus der Architektur, der Technischen Gebäudeausrüstung, der Tragwerksplanung und der Nachhaltigkeitsberatung. Alle waren unter der koordinierenden Leitung durch Werner Sobek Design am Projekt beteiligt. Durch die enge Zusammenarbeit und kontinuierliche Abstimmung der Fachplaner untereinander konnte sichergestellt werden, dass auch während der Bauphase immer ein besonderer Fokus auf den Nachhaltigkeitsaspekten lag, z.B. bei der Realisierung von ressourcenschonenden Eingriffen in die Bausubstanz.

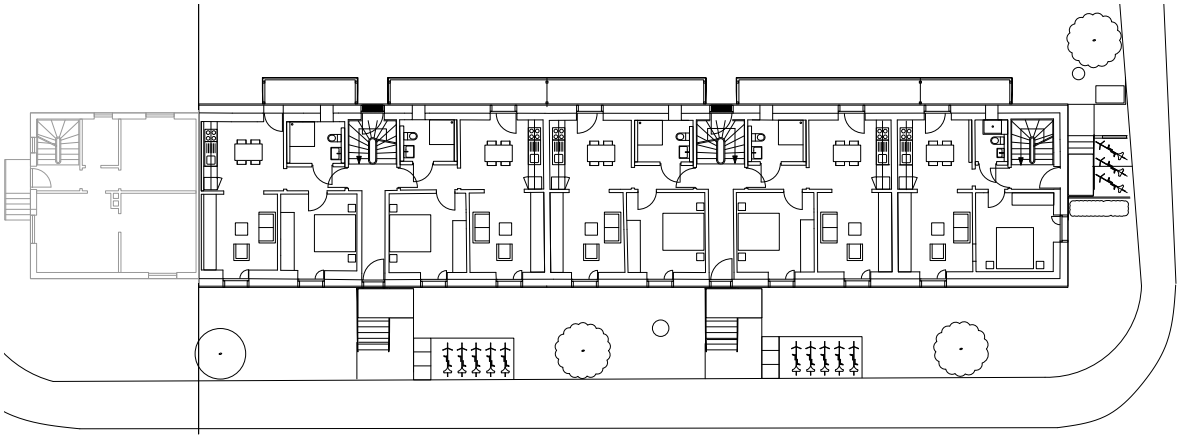


Abb. 1 Grundriss EG

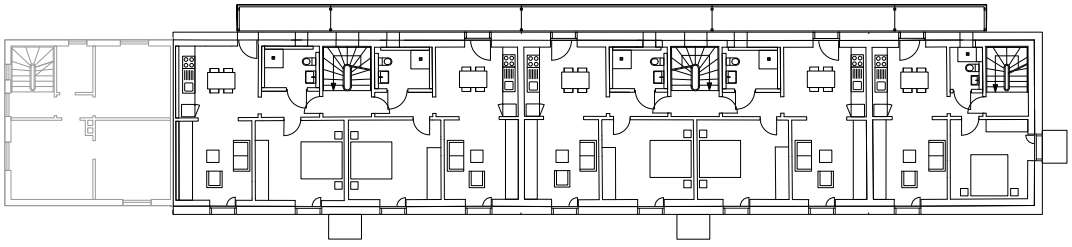


Abb. 2 Grundriss OG

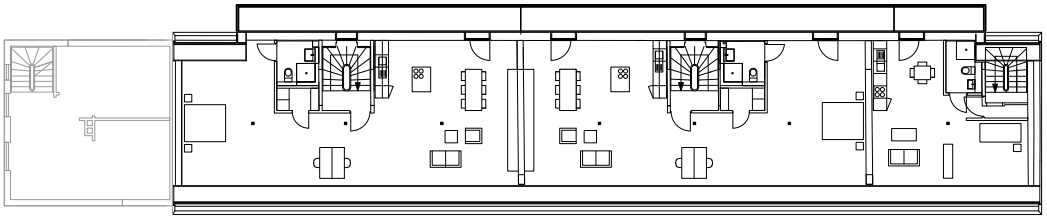


Abb. 3. Grundriss DG

Vor den bestehenden Außenwänden wurden hoch wärmegedämmte Wandelemente angebracht. In diesen Wandelementen sind Lüftungskanäle und Fallrohre, die der Versorgung der Wohnungen dienen bereits integriert gewesen. Die Brüstungen der bestehenden Fenster wurden entfernt, so dass die neuen Fenster in den Wohn- und Schlafräumen bis auf den Boden hinab reichen.

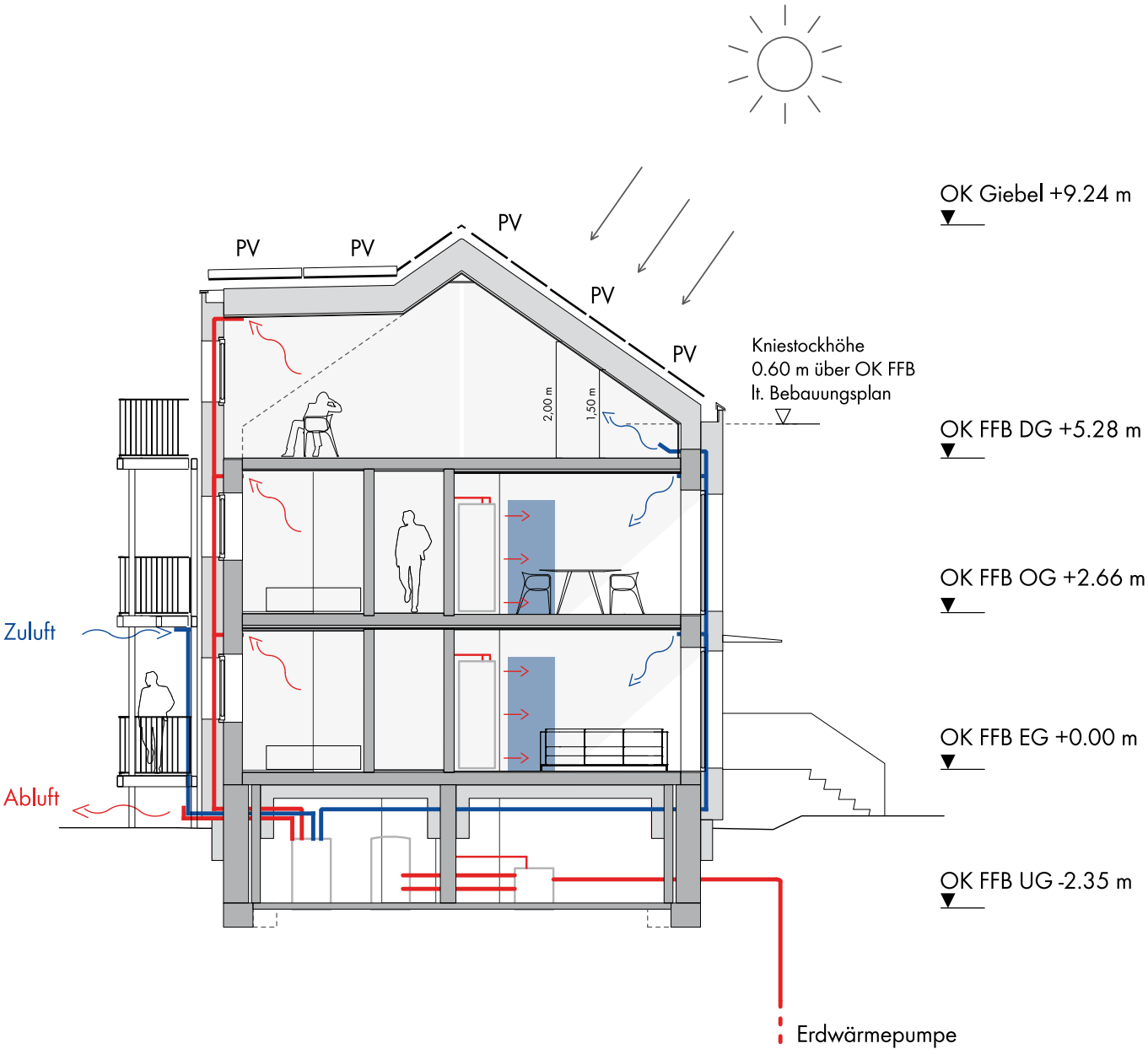
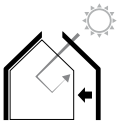


Abb. 4 Systemschnitt durch das Bestandsgebäude (inklusive Keller und Dachgeschoss) nach Abschluss der Sanierungsarbeiten.

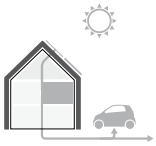


Energiehülle

Eine teilweise vorfabrizierte Energiehülle umschließt das Gebäude. Die integrierten PV-Module und hochgedämmten großformatigen Fenster maximieren die solaren Erträge. Die vorgehängte Holzkonstruktion ohne Wärmebrücken minimiert die thermischen Verluste.

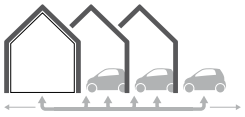
Energiemanagement

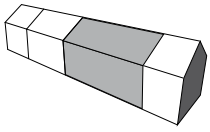
Ein Energiemanagementsystem, das über Funk mit Sensoren und Aktoren kommuniziert. Es sorgt dafür, dass die Energie nur dort verbraucht wird, wo sie auch tatsächlich gebraucht wird. Dadurch kann der Energiebedarf noch weiter gesenkt werden.



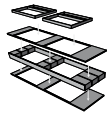
Energieproduktion

Kann der überschüssige Strom nicht selbst verbraucht werden, wird er zunächst auf Quartiersebene vermarktet. Bei einer Preisbildung über der Einspeisevergütung, jedoch unter dem Bezugstarif, profitieren nicht nur die Verkäufer, sondern auch Käufer in umliegenden, unsanierten Gebäuden.

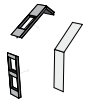




Konfektionierung
Generierung eines Informationsmodells



Produktion
Aut Basis der Daten werden maßgeschneiderte Fassadenelemente konstruiert.



Montage
Die präzise konfektionierte Klimahülle wird vor Ort montiert.

1. Fassadensegment
2. Photovoltaik
3. Fassade
4. Bestandsmauerwerk
5. Holzstegträger (62,5 cm Raster)
6. Dämmung
7. Belüftungskanal
8. Entlüftungskanal
9. Balkonstruktur
10. Stahlrahmenkonstruktion mit Unterzug

Abb.5 3D-Darstellung des Energiekonzepts in der Entwurfsphase

Abb. 6 Das Gebäude Neu-Ulm nach der Sanierung

3. Altbau

Abb. 7 Gebäude vor der Sanierung – der Altbau

Die Gebäude haben einen großen Sanierungsrückstand aufgewiesen. Die Wohnungen in EG und OG waren in baujahrestypischem Zustand. Die Räume unter dem Dach wurden bisher als nicht beheizter Abstellbereich (Bühne) genutzt. Die Wohnungen in Erd- und Obergeschoss sind in Ihrer Grundstruktur erhalten geblieben. Auf der Nordseite wurde eine Balkonanlage vorgebaut. Die vorhandene Dachkonstruktion wurde entfernt und durch ein hoch wärmegedämmtes Dach, mit einer Dachgaube auf der Nordseite, ersetzt. Im Dach wurden neue Wohnungen realisiert. Im Bereich des Innenausbaus werden die vorhandenen Wand und Bodenflächen in den Wohnräumen weitgehend erhalten. Es wurden - in Abstimmung mit dem Bauherrn - keine Anforderungen an den Schallschutz gestellt.

Kellerwände und Bodenplatte

Auf Wunsch des Bauherrn wurden keine Maßnahmen ergriffen, den Keller zu sanieren. Um den Wärmeverlust des darüber liegenden Wohnraums zu minimieren, wurde die Kellerdecke gedämmt. Zur Reduzierung der Wärmebrückenwirkung wurde flankierende Dämmung an einbindende Innen- und Außenwände montiert. Zusätzlich wurden die Außenwände 1m tief ins Erdreich gedämmt.

Abb. 8 Dämmmaßnahmen im Bereich des Kellers

Alle Kellerfenster wurden geschlossen bzw. für die Installationen genutzt. Jeder Kellerraum erhielt eine Kernbohrung, um eine Querlüftung sicherzustellen.

Um die erforderliche Luftdichtigkeit einzuhalten, wurden alle vorhandenen und neu geplanten Durchstöße durch die bestehende Stahlbetondecke luftdicht abgedichtet.

Ebenso alle Zugänge zum Keller über die Treppenhäuser.

Technikraum

Für die Einbringung der Technik musste der Kellerboden in Teilbereichen abgesenkt werden.

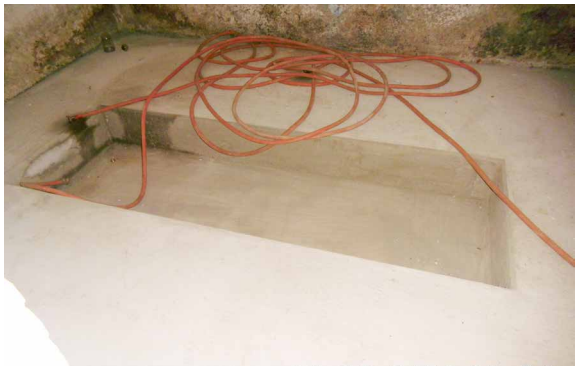


Abb. 9 Partielle Absenkung des Kellerbodens zur Einbringung von Technik.

Öffnungen vom Treppenhaus die zur Einbringung genutzt wurden, sind für den Wartungs- und Austauschfall als rückbaubare Trockenbaukonstruktion geschlossen und gedämmt worden. Die Bestandswände waren zur Lastaufnahme von TGA Installationen zu brüchig da sie aus Magerbeton mit sehr groben Zuschlag hergestellt worden waren. In Teilbereichen erfolgte die diffusionsoffene Ertüchtigung. Ein Notpumpensumpf schützt die Technik im Hochwasserfall. Falls möglich ist eine Montage der Technik als vorinstalliertes Modul im Außenbereich zu empfehlen da dies den Bauablauf optimiert, Risiken senkt und Schnittstellen/ Durchbrüche in der Hülle minimiert.

Kellertüren

Brandschutztüren im Passivhausstandard wurden aus Kostengründen vermieden.

Die handelsüblichen Brandschutztüren haben einen U-Wert 1,9 W/m² K. Zur Kompensation wurde die Anzahl der Kellertüren innerhalb der luftdichten Ebene um 66% reduziert.

Bestandsfassade

Der Außenputz der Bestandswand bildet mit den neuen Fenstern in der Vorsatzkonstruktion und der inneren OSB-Platten im Dachgeschoss die luftdichte Ebene.

Hierzu wurde der bestehende Außenputz auf ausreichende mechanische Zugfestigkeit geprüft. Und mittels einem mineralischen Feinspachtel der Richtqualität FERMACELL® Powerpanel ertüchtigt. Tür/Fensterleibungen wurden luftdicht gespachtelt um einen glatten Klebegrund für die Abdichtungsfolien der Fenster und Türen herzustellen.

Alle Übergänge und Fugen wurden mit Folien und Klebestreifen abgedichtet (Richtqualität Fa. ProClima). Alle Fenster und Außentüren wurden an diese Ebenen angeschlossen.

Abb. 10 Schneiden der Öffnungen

Abb. 11 Dichtschlämme aufgebracht

Abb. 12 Luftkanäle in Dämmebene vor dem Blower Door Test

Dielenböden

Die Bestandsdielen wurden erhalten. Um notwendige Ergänzungen der stark schadhaften Böden mit passendem Material herzustellen, wurden die Bohlen im Dachgeschoß als ökologische Materialquelle für im EG und OG benötigtes Ersatzmaterial genutzt. Insbesondere die Balkenauflager zum nicht sanierten Reihenendhaus bilden über die Fugen der Bestandsdielen eine Schwachstelle in der luftdichten Ebene die in Bezug auf die Budgetierung akzeptiert wurde. Als Alternative hätten alle Dielenböden entsorgt und neu aufgebaut werden müssen da die niedrige lichte Wohnraumhöhe keinen zusätzlichen Bodenaufbau zuließ.

Abb. 13 Dielenschaden

Abb. 14 Testanschliff des bestehenden Holzbodens

4. Baukonstruktion / Holzbau

Tragwerk und Ökobilanz

Die vorhandene Substanz wurde soweit wie möglich erhalten, ergänzt und dadurch insgesamt aufgewertet. Die Verwendung von Holzwerkstoffen verbessert die Ökobilanz, da sie die geringste graue Energie aufweist. Die PV-Module werden vom Hersteller zurück genommen und können mit einem Recyclinggrad von über 90% wieder verwertet werden. Trennwände und Vorsatzwände sind im Trockenbau ausgeführt und können sortenrein rezykliert werden.

Teilweise vorgefertigte Außenhülle:
Die Sanierung der äußeren Gebäudehülle und des Daches erfolgte größtenteils durch bereits vorgefertigte Wand- und Dachelemente. Dabei wurde ein mineralisch gedämmtes Fassadensystem in Holzbauweise mit integrierten Versorgungsleitungen auf die vorhandene massive Wand montiert. Die vorgehängte Konstruktionsweise ohne Wärmebrücken minimiert die thermischen Verluste.

Abb. 15 Dachelementmontage

Abb. 16 Dachelemente montiert

Als Dach dienen Stegträger mit einer Dämmschicht aus Mineralwolle, unterseitiger Luftdichtheitsebene und Gipskartonplattenbekleidung mit Installationsebene, die auf einen vorab neu hergestellten Stahlbetonringgurt aufgesetzt wurden.

Abb. 17 BV_EPA_Witterungsschutz Ringgurt

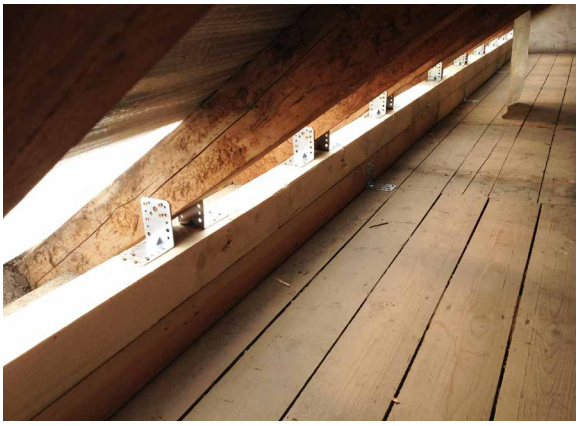


Abb. 18 provisorischer Ringgurt Bestand

Abb. 19 BV EPA Freilegen der Traufe

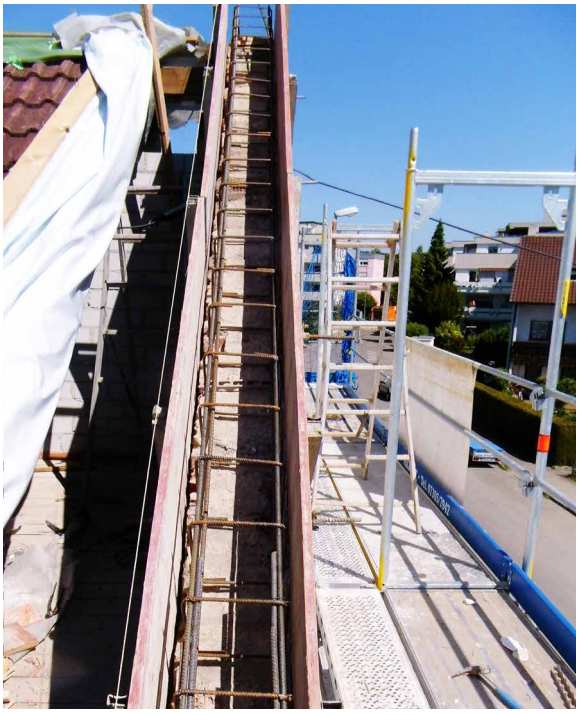


Abb. 20 BV EPA Bewehrung neuer Ringgurt

Während der Herstellung des Ringgurtes wurde das Bestandsdach als Witterungsschutz belassen. Dies ersparte eine kostenintensive Einhausung des Objektes.

Fenster

Die Bodentiefen Fenster besitzen eine dreifache Isolierverglasung. Die Fenster haben einen U-Wert von 0,75 W/m²K. Damit zählen sie zur Kategorie der Passivhausfenster. Sie bestehen aus einer großen Festverglasung und seitlich angebrachten Fensterflügeln. Die Fensterflügel lassen sich öffnen und dienen zur Lüftung Ihrer Wohneinheit. Vor den Fensterflügeln sind Absturzsicherungen angebracht.

Sonnenschutz

Als Sonnenschutz sind an allen Fenstern der Süd- und Ostfassade außenliegend, textile Sonnenschutzscreens angebracht. Der Sonnenschutz verfügt über einen Elektromotor und fährt automatisch bei zu starker Sonne und möglicher Überhitzung der Wohnräume herunter. Ebenso fährt er bei höheren Windgeschwindigkeiten selbstständig ein, um eventuelle Schäden zu vermeiden. Verantwortlich für die Steuerung sind Sensoren an der Fassade. Sie können den Sonnenschutz bei Bedarf aber auch manuell steuern.

Rezyklierbarkeit

Durch die Wahl der Bauteile und die weitgehende Vermeidung von geklebten Verbindungen lässt sich die neue Gebäudehülle einfach dem Recycling zuführen.

Viele, aber nicht alle verbauten Materialien sind stofflich wieder verwertbar. Holz beispielsweise wird verbrannt, da der Aufwand zur stofflichen Verwertung nicht vertretbar wäre und die Verbrennung aufgrund der Einbindung atmosphärischen Kohlenstoffs in der Biomasse klimaneutral ist. Dies gilt für alle Holzprodukte, also für einen großen Teil der Gebäudesubstanz (Furnierholz, Sperrholz, OSB, Dielen). Alle weiteren Materialien sind im Prinzip stofflich wieder verwertbar. Die Putzfassade wurde als Kosteneinsparungsmaßnahme umgesetzt. Ursprüngliches Ziel war es eine reine Trockenbaukonstruktion zu realisieren. Aufgrund der zwingend einzuhaltenden Kostenobergrenze zur Sicherstellung der Wettbewerbsfähigkeit im geförderten Wohnungsbau wurde dieses Ziel jedoch verworfen.

5. Energiekonzeption

Gebäudetechnik

Die Gebäudetechnik ist denkbar einfach konzipiert, vielfach bewährt und wurde auf ein absolutes Minimum an marktgängigen Komponenten reduziert. Das übersichtliche, robuste und leicht zu steuernde System kann von den Bewohnern kontrolliert werden. Auf dem Grundstück finden keine Verbrennungen statt, die Energieversorgung erfolgt frei von fossilen Energieträgern, ausschließlich über Strom. Stromüberschüsse werden in das Netz der Stadtwerke eingespeist. Die Haustechnik mit Wärmepumpe, Warmwasserspeicher und Lüftungsanlage befindet sich im Keller. Eine zentrale Haustechnik ist effizienter, kostengünstiger, zuverlässiger und leichter zu warten als wohnungsweise Kompaktaggregate oder Lüftungsmodule. Der außenliegende Sonnenschutz ist stufenlos verstellbar und hat eine Lichtlenkfunktion. Die für die Klimaregelung erfassten Messgrößen wie Lufttemperatur, die relative Luftfeuchtigkeit, die Helligkeit, die CO_2- Konzentration, die Erkennung der Anwesenheit von Personen und der Öffnungszustand der Fenster können von den Bewohnern über das User Interface des Energiemanagementsystems abgerufen und für das Monitoring aufgezeichnet werden.

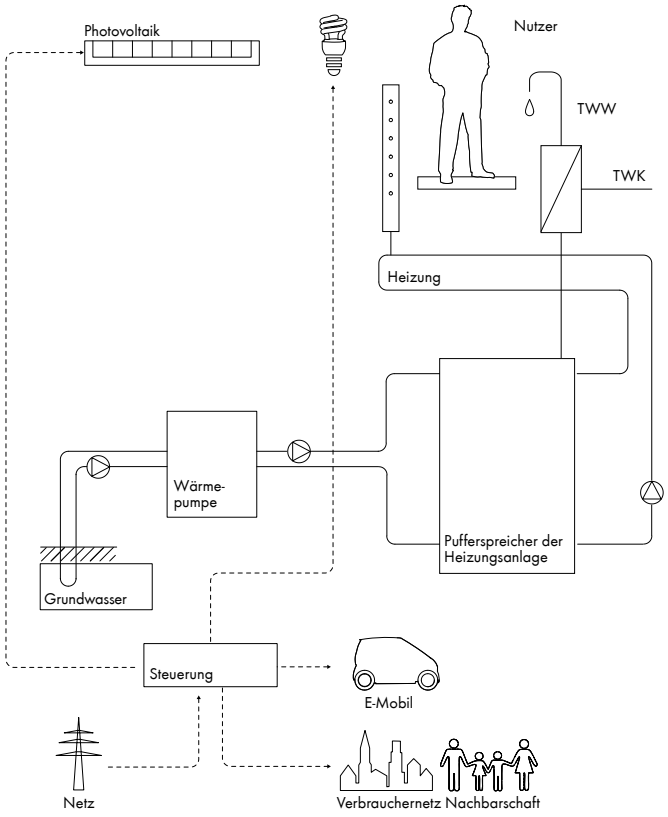


Abb. 21 Schemadarstellung Technikkonzept

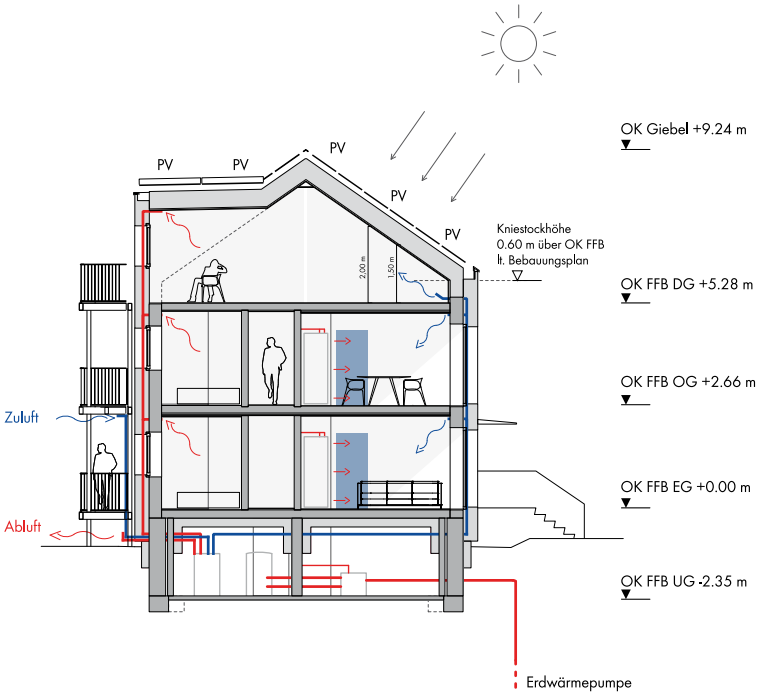


Abb. 22 Systemschnitt Technikkonzept

Energiemanagement

Ein Energiemanagementsystem, das über Funk mit Sensoren und Aktoren kommuniziert. Es sorgt dafür, dass die Energie nur dort verbraucht wird, wo sie auch tatsächlich gebraucht wird. Dadurch kann der Energiebedarf noch weiter gesenkt werden.

Das alphaEOS System bietet mehr Wohnkomfort für ein gesundes Raumklima bei weniger Energieverbrauch. Möglich wird das durch eine optimale Anpassung der Heizstrategie an den individuellen Komfortbedarf.

Abb. 23 alphaEOS_APP

Ein iPad, kombiniert mit der alphaEOS App, ist dabei die zentrale Steuerungseinheit. Diese berechnet die optimale Heizstrategie. Es wird über einen WLAN-Router an das Heimnetz und Internet angeschlossen und verwaltet alle relevanten Informationen vom Wetter, der Raumtemperatur und relativen Luftfeuchtigkeit bis hin zur Helligkeit in der Wohnung.

Gemäß des persönlichen Tagesablaufes, den die Nutzer in der Wochenplanung der App hinterlegen können, sorgt das alphaEOS System für die richtige Temperatur. Falls sich spontan etwas am Tagesablauf ändert, können manuelle Änderungen vorgenommen werden. Mit der App können Komfortwünsche und Anwesenheitszeiten nicht nur zu Hause sondern auch von unterwegs angespasst werden.

6. Technikkonzept

Sole-Wasser-Wärmepumpe (Erdsonden):

Eine im Keller installierte Sole-Wasser-Wärmepumpe sichert mit Hilfe von Erdsonden die Wärmeversorgung des Gebäudes. Aufgrund des geringen Heizbedarfes war eine Erdsondenbohrung im Garten ausreichend. Die Wärmepumpe ist an einen Kombi-Speicher angeschlossen, der die Heizung und den Warmwasserbedarf mitversorgt. Zusätzlich ist in den Wohnungen zur Anhebung der Temperatur des Trinkwassers und zur Vorbeugung der Legionellen Bildung eine Frischwasserstation installiert.

Heizung

Die Heizwärme für die Heizung und die Warmwasserversorgung wird über eine Sole-Wasser-Wärmepumpe bereitgestellt, die an einen 1.000 l Kombi-Speicher angeschlossen ist. Die Erdsonden sind im Garten verlegt.

Alle Wohneinheiten verfügen über Röhrenheizkörper. Beim Heizen strömt warmes Wasser durch die Radiatoren wodurch Wärme an die Raumluft abgegeben wird. Gesteuert wird die Raumtemperatur über die alphaEOS App. Sie steuert die Stellantriebe an den Heizkörperventilen. Auch die manuelle Regelung erfolgt über die App. So können gezielt einzelne Heizkörper angesteuert werden.

Kühlung

Als negative Auswirkung der hochwärmegedämmten Hülle kann der sommerliche Wärmeschutz genannt werden. Ursprünglich als Heiz- und Kühlmedium geplant wurde die Fussbodenheizung aufgrund der niedrigen lichten Höhe der Bestandswohnungen nicht umgesetzt. Die fehlende Kühloption wurde von den Nutzern in den heißen Sommermonaten 2017/2018 bemängelt.

Der Einsatz von Kühlsystemen in hochgedämmten Sanierungsprojekten ist zu empfehlen.

Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung:

Besonders bei der Lüftungsanlage mit 80% WRG ist, dass die Lüftungskanäle vertikal in der Fassade verlegt sind, wodurch eine Kanalführung in den niedrigen Räumen vermieden wird. Jede Wohnung besitzt ein eigenes Kanalsystem, das durch eine Kaskadenlüftung den notwendigen Luftwechsel auf ein hygienisch bedingtes Minimum von 30m^3 pro Person reduziert. Sie versorgt die 10 Wohnungen der Pfuhler Strasse 4 und 6 (EPA) sowie die 3 Wohneinheiten der Pfuhler Strasse 8 (kein EPA). Zuluft wird vom Schlafzimmer über Wohnzimmer und Flur in die Küche oder abschließend ins Bad geleitet, wo sie als Abluft abgeführt wird.

Das Kellergeschoss ist nicht an die Lüftungsanlage angeschlossen.

Außenluft und Fortluft werden über Schnorchel am Balkon der Nordfassade Gartenseite direkt in den Keller geführt. Zuluft und Abluft werden im Keller horizontal verlegt, um über vertikale Kanäle in den vorgehängten Fassadenelementen direkt zu den jeweiligen Räumen zu führen. Dadurch wird eine Kanalführung in den niedrigen Wohnungen vermieden und die Vorfertigung wird auf die vertikalen Lüftungskanäle in den Fassadenelementen ausgeweitet.

Jede Wohnung wird mit einem eigenen Kanalsystem versorgt, um Telefonie- oder Brandschutzprobleme zu vermeiden. Wohn- und Schlafräume werden mit Zuluft versorgt, in Küche, Bad, WC wird die Abluft abgesaugt.

Durch eine Kaskadenlüftung lässt sich der notwendige Luftwechsel auf ein hygienisch bedingtes Minimum von 30 m^3 pro Person reduzieren, indem die Zuluft vom Schlafzimmer über das Wohnzimmer über den Flur in die Küche oder ins Bad geleitet wird.

Photovoltaikanlage

Zur energetischen Versorgung sind auf dem Dach 214m^2 mono-kristalline PV-Module installiert, die eine Leistung von 39 kW besitzen.

Der über die PV erzeugte Strom sollte zu einem hohen Grad selbst genutzt werden. 2014 waren die Batteriepreise jedoch für das Projekt nicht wirtschaftlich darstellbar. Der Bauherr und die Stadtwerke gingen daher eine Kooperation ein in welcher die SWU als Betreiber der PV Anlage auftrat. Der erzeugte Strom wurde in das Betreibernetz eingespeist. Im Gegenzug wurde ein Vergütungskonzept für den Netzstrom entwickelt das den Mietern finanzielle Vorteile gegenüber den Standardtarifen bringt. Hürden des EEG für einen privaten Bauherrn / Betreiber wurden so ebenfalls umgangen.

Mit einem Energieüberschuss von 92% bezogen auf die Effizienzhäuser im Altbau der Pfuhler Strasse 4 und 6 übertrifft die Bilanz die Erwartung der Planer. Die produzierte Energiemenge reicht aus um das Reihenendhaus Pfuhler Strasse 8 ebenfalls mit Energie zu versorgen. Dies entspricht dem Prinzip der Schwesterlichkeit welches Grundprämisse in der Konzeption war. Durch die hohe Dämmung der Außenhülle konnte die Heizgrenztemperatur auf 8°C gesenkt werden. Bereits vor Inbetriebnahme der Heizanlage konnte während der Bauzeit festgestellt werden dass es selbst bei Minusgraden im Gebäude angenehm warm war.

Die Heizperiode liegt im Normbereich Oktober – April. Zur Planung wurde auf historische Wetterdaten zurückgegriffen. Die Sommer 2017 und 2018 lieferten überdurchschnittlich lange Sonnenscheindauern im bundesdeutschen Durchschnitt. Zukünftige Wetterveränderungen sollten also bei der Auslegung von Anlagen zur Energiegewinnung berücksichtigt werden.

Im Zeitraum zwischen der Entwurfsplanung bis zur Ausführung der Photovoltaikanlage änderten sich die Standardmodulmaße. Da die PV Module flächenbündig in die Ebene der Dachfenster eingeplant waren führte dies zu einer erforderlichen Anpassung der Dachplanung in der Ausführungszeit.

Luftdichtheit

In diesem Zusammenhang ist anzumerken das während der Planung eine Luftdichtigkeit von n50 = 0,5faches Gebäudevolumen/Stunde angestrebt wurde. Verschiedene Einflussfaktoren des Altbaus standen dem Erreichen dieses Ziels entgegen. Abschließend kann gesagt werden das selbst die nachweisbare Dichtigkeit von n50 = 1,5h-1 nicht wesentlich für das Erreichen des Plusenergiestandards ist. Die Messwerte des Monitorrings wurden während des Gebäudebetriebes gewonnen, welches offene oder teilgeöffnete Fenster und Kellerzugangstüren sowie nicht gefüllte Siphons mit umfasst. Die Planer gehen davon aus dank der hochgedämmten Gebäudehülle selbst bei einer Luftwechselrate von n50 = 3,0h-1 den Effizienzhaus Plus Standard erreichen zu können. Dies erleichtert den Umgang mit dem Altbau ungemein und senkt die Baukosten.

7. Energiebilanzen: Betriebsphase und Monitoring

Monitoringkonzept

Das Monitoringkonzept sieht eine detaillierte Bilanzierung der Energieströme vor. Dazu werden die Stromerzeugung, die Eigennutzungsquote und der Netzbezug pro Wohneinheit bilanziert. Das Monitoring dient somit einer Überprüfung der Plangrößen und bietet eine Datengrundlage für die Anpassung der Lastmanagement- und Klimaregelungsstrategie. Darüber hinaus kann die Energiebilanz einer Wohnung jederzeit von den Bewohnern mit dem Smartphone oder PC abgerufen werden. Die Bewohner erhalten somit einen Einblick in die Vorgänge in einem Effizienzhaus Plus und ein besseres Verständnis für die Betriebsweise.

Aus den Lastgängen der Verbraucher wird ein haushaltstypisches Lastprofil ermittelt. In Kombination mit einer PV-Erzeugungsprognose können daraus Handlungsempfehlungen abgeleitet und angezeigt werden, wie die Bewohner ihren Eigenverbrauch steigern können.

Optional können auf einem frei zugänglichen, vandalismussicheren Touchscreen-Terminal die Energiebilanzen der einzelnen Gebäude für Anwohner und Besucher zugänglich gemacht werden.

Ein besonderes Augenmerk liegt auch auf der Ermittlung der Nutzerakzeptanz von Haussteuerung und Energiemanagementsystem. Anstatt eine persönliche Nutzerbefragung durchzuführen, kann zeitgemäß ein direkter Feedback-Kanal in die Bediensoftware integriert werden. Der Nutzer erhält somit die Möglichkeit die Funktionsweise der Klimaregelung und die Bedienweise des Systems zu bewerten. Die Befragung kann somit auch jahreszeitenspezifisch oder in Intervallen durchgeführt werden, um Entwicklungen und Tendenzen zu dokumentieren.

Die für die Klimaregelung erfassten Messgrößen wie Lufttemperatur die Raumlufttemperatur, die relative Luftfeuchte, die Helligkeit, die CO_2-Konzentration, die Erkennung der Anwesenheit von Personen und der Öffnungszustand der Fenster können von den Bewohnern über das User Interface des Energiemanagementsystems abgerufen und für das Monitoring aufgezeichnet werden.

Effizienzwohnung Plus

Die Bewohner des Effizienzhauses Plus sind eine Erzeugergemeinschaft für Solarstrom und jede Partei wird am Ertrag beteiligt. Der Strom wird ins Netz der Stadtwerke Neu-Ulm eingespeist. Die Bewohner beziehen Strom über einen Sondertarif der die Eigenproduktion berücksichtigt.

Die Nutzer profitieren von einem günstigeren Stromtarif der SWU in Zeiten ohne eigene PV Strom Produktion.

Aus rechtlichen Gründen wurde ein Zwei-Schienen System eingebaut, das zum einen den Bezug von günstigeren Wärmepumpenstromtarifen aus dem Netz der SWU ermöglicht als auch Nutzern die Wahlmöglichkeit lässt den Stromanbieter frei zu wählen. Dies steigert allerdings wiederum die Einspeiserate.

Die Stadtwerke treten als Betreiber der PV Anlage auf. Batteriespeicher waren in der Planungsphase noch zu kostspielig. Aktuelle technische Entwicklungen haben hier zu einem enormen Preisverfall geführt.

Eckart Drössler

Eckart Drössler studierte Montanmaschinenwesen und promovierte in den Werkstoffwissenschaften an der Montanuniversität Leoben. Nach einigen Jahren in der Industrie und im damaligen „Energiesparverein Vorarlberg“ war er über 10 Jahre als freiberuflicher Ingenieur und Unternehmensberater unter anderem für Holzbaucluster in mehreren österreichischen Bundesländern und im Allgäu tätig. Seit 2006 leitet er den Bereich „Bürgerservice & Information“ im Energieinstitut Vorarlberg.

Gelebt wie geplant – wie geht das?

Vollsanierung einer Kleinwohnanlage nach 6 Betriebsjahren im Rückblick.

Anlass für diesen Vortrag und Text ist die Auszeichnung „klimaaktiv GOLD Plus“ des Österreichischen Umweltministeriums im Jahr 2019 für die im Text beschriebene zum Generationen-Passivhaus sanierte Kleinwohnanlage. Die Auszeichnung wurde vergeben, weil durch eine Verbrauchsdokumentation und Messung des Innen- und Außenklimas sowie eine Nutzerbefragung nachgewiesen werden konnte, dass die Behaglichkeit der Vorausberechnung entspricht, die Klimadaten im berechneten Rahmen liegen und der Energieverbrauch im Mittel über die ersten 6 Betriebsjahre sogar unter der Vorausberechnung lag.

Nach Fertigstellung wurde das Gebäude im Jahr 2013 für die Qualität der Planung und Errichtung schon mit klimaaktiv GOLD ausgezeichnet. (https://klimaaktiv-gebaut.at/passivhaussanierung-am-sportplatz-4.htm)

- Für Planung und Errichtung: klimaaktiv Gold mit 990 von 1.000 Punkten in 2013
- Für 6 Jahre dokumentierten Betrieb: klimaaktiv Gold PLUS mit 1.000 von 1.000 Punkten in 2019.

In diesem Text wird über die Vorgeschichte der Errichtergemeinschaft und des Gebäudes berichtet, weil sie Sanierungsberatern zeigen kann, wie sehr sich Ziele im Laufe eines Nachdenkprozesses ändern können und wieviel Geduld und Neuansätze es manchmal braucht, um zu einem zufriedenstellenden Ergebnis zu kommen. Es ist ein Stück weit die Geschichte meiner Familie, daher ist der Text stellenweise auch ungewöhnlich persönlich.

Auch werden alle Maßnahmen und Vorkehrungen beschrieben, die dazu führten, dass Berechnung und Betriebsergebnis so gut übereinstimmen.

1. Die Vorgeschichte

Der Kauf- und Sanierungsentscheidung zu diesem Gebäude gingen in zwei Familien eine Reihe von Überlegungen voraus. Ich schreibe diese Vorgeschichte unter anderem für Sanierungsberater auf, um ihnen zu zeigen, wie sehr sich die Zielvorstellung in einer Sanierungsberatung, in der es nicht nur um Dämmung, Fenster, Heizung und Sonnenenergienutzung geht, ändern kann. Mit zunehmendem Wissen ändern sich die Wünsche und Erwartungen der Ratsuchenden. Es ist ein Prozess, der Zeit braucht.

1.1 Die ältere Generation

Meine Eltern (heute 84 und 89 Jahre alt) bewohnten ein gepflegtes Doppelwohnhaus, das 1923-25 errichtet wurde und an dem alle einfachen Sanierungs- und Verbesserungsarbeiten durchgeführt waren (oberste / unterste Decke gedämmt, Ersatz der Kohle- durch eine Gasheizung, Einbau von Dichtungen in die alten großen Kastenfenster, teilweise Innendämmung). Das Haus war jedoch nicht altersgerecht und die Energiekosten noch immer nicht

„pensionstauglich“. Außerdem verursachten Gartenarbeit und die Vermietung der zweiten Wohnung des Hauses zunehmend Strapazen. Mehrere Sanierungs- und Umbauvarianten wurden in der Zeit von 2006 bis 2008 bis zur Grobkostenschätzung entwickelt und analysiert, das Ergebnis war immer dasselbe: Eine Investition in der Höhe von mehreren hunderttausend Euro war nicht zu vertreten, weil inzwischen alle Familienmitglieder der nachfolgenden Generationen weit weggezogen waren, die Freunde am Ort verstarben oder zu den Kindern zogen und eine Investition in dieser Höhe ein Alleinsein im Alter bedeutet hätte. Außerdem wären die Sanierungskosten in weiterer Folge durch Verkauf oder Vermietung an einem inzwischen wegen Abwanderung unattraktiv gewordenen Standort nicht mehr einbringbar gewesen. Das Haus wurde daher an ein Brüderpaar verkauft, da es in Eigenregie umbaute und verbesserte und jetzt mit ihren Familien zufrieden dort wohnt. Meine Eltern haben sich letztendlich für das Gemeinschaftsprojekt in Vorarlberg, 560 km von ihrer langjährigen Heimat entfernt, entschieden, obwohl sie bereits neunundvierzigeinhalb Jahre in diesem Haus wohnten und zu Beginn des Nachdenkprozesses von einem weiteren Verbleib mit altersgerechten Anpassungen ausgegangen sind.

Abb. 1 Das Elternhaus, Straßenseite, Abb. 2 Das Elternhaus, Gartenseite

1.2 Die mittlere Generation

Ich selbst wohnte in einer sehr schönen und sanierten Mietkaufwohnung mit Dachterrasse und tollem Blick in die Berge in einer ehemaligen Fabrik, die 1836 errichtet und in den 90er Jahren zur Wohnanlage umgebaut wurde und hatte den Kaufvertrag bereits fertig zur Unterschrift auf dem Tisch liegen. Vor Unterschrift versuchte ich dann doch noch, eine Woche lang ohne Auto zu leben. Das ging in fünf Tagen dreimal schief, ich brauchte, weil ich die letzte Bahn in der Tagestaktzeit verpasst hatte, knapp drei Stunden für den Nachhauseweg. Es gab keine Anschlussbusse mehr. Ein Nachtmarsch im strömenden Regen war auch eine Entscheidungshilfe. Den Kaufvertrag habe ich nicht mehr unterschrieben.

Meine Partnerin bewohnte ihre in den 80er Jahren selbst errichtete Doppelhaushälfte, an der erste Reparatur- und Sanierungsarbeiten durchzuführen gewesen wären. Eine Wunschsanierung auf annähernd Passivhaus-Standard mit lang erwünschten Umbauten hätte mehr als 200.000 Euro gekostet – zu viel für den Standort, der in den letzten Jahrzehnten an Wohnqualität verloren hatte. Das Haus wurde an ein junges Ehepaar verkauft, das seine Wohnsituation damit verbessern konnte und mit Freude eingezogen ist.

1.3 Der erste Plan

Im Jahr 2008 formulierten wir unseren ersten Plan. Es sollte ein Neubau sein, mit flexiblen Grundrissen und einer Terrasse mit Sommerküche auf dem Dach. Für diese Variante hatte mein Schwager (Architekt) schon in einer Entwurfsplanung entwickelt, ein Grundstück fehlte allerdings.

Es sollten zwei übereinanderliegende Wohnungen mit je 120 m² Nutzfläche in Holzbauweise und im Passivhaus-Standard werden. Die Wohnungen sollten im Verhältnis 1:2 durch bloßes Abschließen von Doppeltüren in eigenständige, auch vermietbare kleinere Wohnungen teilbar sein. Auf dem Dach war eine Terrasse mit Sommerküche und WC für Familienfeste geplant.

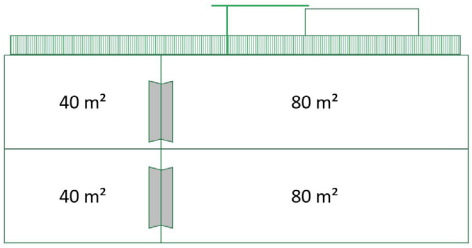


Abb. 3: das ursprüngliche Neubaukonzept

In den kleineren Wohnungen sollten erst die Kinder Raum finden, die noch nicht ausgezogen waren, hätten in der Folge als Büros oder Praxis genutzt werden können um dann im Alter wieder vermietet oder bewohnt zu werden, eventuell auch um den größeren Teil zu vermieten.

Die Suche nach einem geeigneten Grundstück war entmutigend. Darüber hinaus wurde im Herbst 2008 bekannt, dass das Land Vorarlberg ab dem Jahr 2009 eine großzügige Sanierungsförderung ausschreiben wird. Eine Finanzierung mit Einbeziehung der Förderung war sehr viel einfacher zu realisieren, zumal die beiden älteren Generationen keinen Anspruch auf eine Neubauförderung gehabt hätten. Außerdem war Sanieren den Beteiligten auch sympathischer, weil die Umgebung und Nachbarschaft bereits bekannt sind, mehr Eigenleistungen eingebracht werden konnten und eine Sanierung in der Regel durch Weiterverwendung des Rohbaus auch wesentlich weniger graue Energie beansprucht und keinen neuen Bodenverbrauch verursacht. Es wurde also begonnen nach einer passenden Immobilie zu suchen, in der dann auch die jüngere Generation ihren Platz bekommen sollte.

Der Neubauplan wurde verworfen, wir begannen mit der Suche nach einer geeigneten Immobilie.

2. Der Bestand

Wenn wir schon im ziemlich fortgeschrittenen Alter ein großes neues Bauprojekt anpacken, dann sollten auch folgende ziemlich anspruchsvolle Ziele damit erreicht werden: Das neue Haus sollte im Alter gut bewohnbar sein, Alltagsleben ohne Auto musste möglich sein, in ruhiger Lage sollte es liegen, einen hohen Freizeitwert haben und eine Sanierung zum Passivhaus musste möglich sein. Zudem sollte es möglichst nahe am Bodensee liegen, aber mit Sicherheitsabstand höher, wodurch das österreichische Bodensee-Südufer ausgeschlossen werden musste.

Gefunden wurde nach mehr als einjähriger Suche (mit zwischenzeitlicher Analyse anderer möglicher Kaufobjekte) ein Objekt, das aus einem Einfamilienhaus aus dem Jahr 1964 mit einem Anbau aus dem Jahr 1972 bestand. (Anbau: Treppenhaus, Näherei, 2 Garagen und aufgesetzte Wohnung, insgesamt 384 m² Nutzfläche. Im Zuge der Errichtung des Anbaus wurde das ganze Gebäude 1972 mit 5 cm Polystyrol gedämmt.). Das Haus liegt einen Kilometer vom nächsten Badestrand des Bodensees am Fuße des Pfänders (2 km), hat einen Bahnhof in 1,4 km Entfernung mit Halbstundentakt nach Bregenz (5 km) und Lindau (6 km) und eine Bushaltestelle mit 15-Minuten-Takt nach Bregenz vor der Haustüre. Lindau-Insel (6 km) und Bregenz Zentrum (5 km) sind über Radwege getrennt vom Straßenverkehr sehr gut erreichbar.

Für eine Übertragung der Neubau-Gedanken war das Gebäude nicht ganz passend, für zwei größere Wohnungen für die beiden älteren Generationen, war es zu groß, es hatte drei Einheiten mit je über 100 m². Wir fragten unsere Kinder ob sie nicht Interesse hätten, hier mitzubauen und mit zu investieren. Von vier Kindern wollten drei, da war das Haus wieder zu klein.

Abb. 4: Bestandsgebäude, West- und Südfassade, Abb. 5: Bestandsgebäude, Süd- und Ostfassade

Für den Umbau zum Passivhaus war es geeignet, die erforderliche Raumhöhe war gegeben und kompakt war es auch. Außergewöhnliche, nicht beherrschbare Wärmebrücken gab es nicht bzw. waren entfernbar. Allerdings stand es nord-süd-orientiert, ungünstig für die Optimierung der Solargewinne. Mangelnde Solargewinne und die nicht mehr gestaltbare Trennung zwischen kalten Kellerwänden und aufgehendem Mauerwerk waren dann auch die Gründe, warum ein Passivhaus-Neubaustandard nicht zu erreichen war. Das Passivhaus-Retrofit-Niveau, dessen Definition zu diesem Zeitpunkt gerade in der Entwicklungs-Endphase befand, sollte aber gut zu erreichen sein.

Abb. 6 Bestandsgebäude aus Westen

2.1 Die jüngere Generation

Warum war die Idee attraktiv für die nächste Generation? Zwei der Kinder standen auf dem Sprung in die Eigenständigkeit und begannen mit ihrer Wohnungssuche in einem Land, in dem sowohl Mieten wie Kaufpreise über dem österreichischen Bundesdurchschnitt liegen. Von Anfang an in eine eigene leistbare Wohnung zu investieren war eine wünschenswerte Variante. Und eine meiner Töchter war auf der Suche nach einem Investitionsobjekt, in das sie mit ihrer Familie in Zukunft bei Rückkehr nach Österreich selbst einziehen könnte.

Die Suche nach einer Variante für alle war gestartet.

3. Die Zielfindung

Wir sicherten uns ein Vorkaufsrecht und bemühten uns, für unsere Variante eine Baugenehmigung zu erhalten. Die Idee war, das alte Einfamilienhaus horizontal in zwei Wohnungen mit je 65 m² zu teilen, die obere kleine Wohnung vom 1972 angebauten Treppenhaus zu erschließen. Die Zwischendecke des Zubaus hat man damals glücklicherweise auf dieselbe Höhe wie die Zwischendecke des Bestandsgebäudes gesetzt.

Das Dach sollte abgenommen und das Treppenhaus um eine Etage verlängert werden. Im Treppenhaus sollte noch ein Liftschacht Platz finden. Auf die oberste Geschossdecke sollte in Holzelementbauweise noch eine Wohnung aufgesetzt werden. Da der Keller des alten Einfamilienhauses nach entfernen des Treppenhauses nicht mehr erreichbar gewesen wäre, wurden die Keller miteinander verbunden, so, dass alle Keller durch das 1972 angebaute Treppenhaus erreicht werden können.

Ohne Abstandsnachsicht durch die Nachbarn war das nicht möglich, die für das Grundstück festgelegte maximale Baunutzungszahl war zu knapp für die Verwirklichung des Konzeptes.

Wir haben eine grobe 3D-Simulation des geplanten Gebäudes angefertigt und die Schattenwürfe auf das Nachbargrundstück und Nachbargebäude zu verschiedenen Jahres- und Tageszeiten vorgelegt. Es zeigte sich, dass der Schatten auf einem weniger wichtigen Teil des Grundstückes länger wurde, durch die geplante Dachterrasse auf dem südlichen Gebäudeteil der Wintergarten der Nachbarn aber im Frühjahr und Herbst mehr Sonne bekam. Die Nachbarn und in weitere Folge auch die Gemeinde stimmten zu, die Umbaugenehmigung wurde erteilt und der Kauf der Liegenschaft im Juli 2010 abgewickelt.

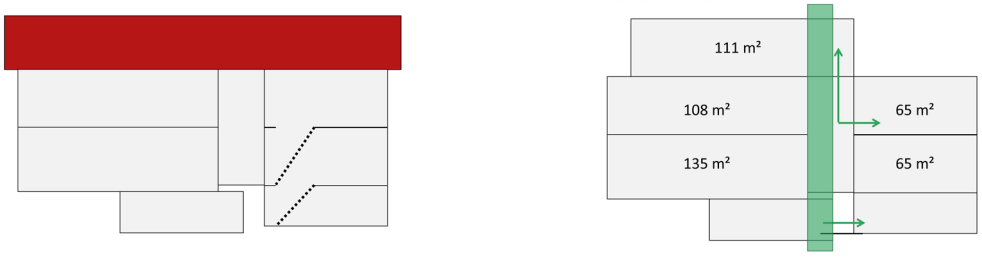


Abb. 7 Vorher, Abb. 8 Nachher. Grün: Liftschacht und Treppenhauserweiterung

Angestrebt wurden nicht nur der Passivhausstandard, sondern auch die Realisierung mit möglichst naturnahen Bau- und Dämmstoffen und Produkten und Dienstleistungen aus nächster Umgebung. Sparen wollten wir durch Weglassen von Verzichtbarem (wie zB. Carports, exklusive Bäderausstattung u.ä.), Gebautes sollte ausreichende Qualität haben, um ohne große Zusatzkosten und mit niedrigen Betriebskosten eine geplante Sanierung in etwa

40 bis 50 Jahren zu erreichen. Natürlich kann man von Dichtungen, Pumpen, Regelungen, Mischventilen, auch von der Wärmepumpe eine 40-Jahre-Nutzungsdauer nicht erwarten – bei anderen Komponenten gehen wir aber davon aus.

4. Der Umbau

Abbildung 9: vor Sanierung (aus Süd-Süd-Ost) und nach Sanierung (aus Süd-Ost)

Das Satteldach wurde abgenommen, aus dem Einfamilienhaus wurde die Treppe entfernt, die Treppenöffnungen geschlossen, die obere Hälfte des alten Einfamilienhauses aus dem Bestandstreppenhaus erschlossen. Auf die oberste Bestandsdecke wurde auf einer Stahlkonstruktion aus 15 Stahlsäulen und 3 Stahlträgern eine Brettstapeldecke montiert, ausgesteift durch drei entsprechende Holzbau-Innenwände und den neuen Liftschacht, der vom Keller bis in das 2. OG gezogen wurde. Die Näherei im EG wurde durch Einbau von Innenwänden und einem Boden über Dämmung /Teilunterkellerung in eine Wohnung umfunktioniert. Eine der beiden Garagen wurde der EG-Wohnung zugeteilt („Gartenzimmer"). Dieser Raum bildet gleichzeitig die Terrasse der Wohnung im 1. OG. Die andere Garage wurde abgebrochen. Sie auch noch in die konditionierte Zone einzubeziehen wäre schwierig geworden, weil die Außenwand direkt auf der Grundgrenze stand und eine Außendämmung nicht mehr möglich gewesen wäre. Außerdem wäre das konditionierte Volumen größer als erwünscht geworden und ein vorgeschriebener Abstellplatz hätte gefehlt.

Es entstanden zwei kleinere Wohnungen (je 65 m^2 Nutzfläche) und drei größere Wohnungen (136, 108 und 111 m^2 Nutzfläche)

Auf die gewünschte Grundrissflexibilität musste nicht vollständig verzichtet werden. Die größte der Wohnungen, im EG gelegen, hat ein zusätzliches Wohnzimmer mit 26 m^2 mit großer Südverglasung (ehemalige Garage). Es ist über eine Treppe (gegen Rampe austauschbar) über die Terrasse zu erreichen. Leitungen für Warm-, Kalt- und Abwasser sind dorthin verlegt aber noch nicht angeschlossen (keine toten Leitungen), so dass eine Pflegebadewanne mit geringem Aufwand installiert werden kann. Eine Pflegerin, ein Pfleger kann das Gästezimmer mit eigenem Bad beziehen, so können Pflegeleistungen teilweise durch Miete eingetauscht und Pflege im eigenen Haus leistbar gestaltet werden.

Diese Wohnung ist aber auch teilbar in eine Kleinwohnung mit Bad und Teeküche mit knapp 40 m^2 und der Ostterrasse mit 12 m^2 und eine größere Wohnung mit etwa 96 m^2 und der Westterrasse mit 35 m^2. Die größere Wohnung hätte dann ihren Zugang über die Terrasse.

Die Gästezimmer in den größeren Wohnungen könnten durch Raumteiler in zwei kleine Zimmer geteilt werden, Fenster, Lüftungs- und Elektroinstallation sind demnach ausgelegt.

5. Die Passivhaus-Sanierung

Alle energierelevanten Einflussgrößen wurden mittels PHPP 2009 1.6 optimiert. Die Berechnung konnte allerdings nicht exakt zu Ende geführt werden, weil PHPP damals nur ein Lüftungsgerät eingesetzt werden konnte, in das Gebäude aber 5 Lüftungsgeräte eingebaut wurden, sie wurden damals als ein Gerät simuliert. (Lüftungsgeräte der Fa. Drexel und Weiss, Wolfurt) Die Berechnung wurde später ins PHPP 7.0 und auch 9.0 übertragen. Ab der Version 7 können mehrere Lüftungsgeräte abgebildet werden.

5.1 Die Fassade

Das Gebäude wurde digital aufgenommen, in CAD-Work wurden die Fassadenelemente am Gebäude geplant, die Fenster integriert. Aus dem Werkplan wurden die Ansteuerungsfiles für CNC-Maschinen generiert. Die Fassade wurde in Elementen mit bis zu 1,5 Tonnen angeliefert. Sie steht auf Stahlwinkeln, die auf der Kellerdecke aufliegen. An den Zwischendecken wurden die Elemente vertikal eingerichtet und befestigt. Siehe www.tesenergyfacade.com, ausführende Firma www.ambros-haus.de.

Abbildung 10-13: Aufnahme der Gebäudeabmessungen sowie Stahlwinkel, die die Fassadenelemente tragen.

Ausschlaggebend für die Dämmstärke der vorgestellten Fassade war die Angebotspalette von Konstruktionsvollholz mit maximal 28 cm Stärke. Dies bestimmte eine Kassettendicke von 28 cm, gefüllt mit Mineralwolle der Wärmeleitklasse 032. Zwischen Gebäude und Fassadenelemente wurde eine weiche, 4 cm starke Glaswolle eingelegt, bei der Montage auf 2 cm verpresst. Die Fundamentstreifen und Kelleraußenwände wurden so gedämmt, dass die Stahlwinkel an den Spitzen noch mit 4 cm XPS überdeckt sind. Die Abschnitte mit Stahlwinkeln wurden in die Wärmebrückenberechnungen aufgenommen.

Die alten Kellerfenster wurden mit XPS-Blöcken verschlossen und innen verputzt. In die XPS-Blöcke wurden später Kunststoffrohe mit Durchmesser 10 cm eingebohrt und Rohrventilatoren eingesetzt, die im Bedarfsfall (Geruchsentwicklung, Bastelarbeiten im Keller) von Hand geschaltet werden können. Sie nehmen die Luft aus dem Treppenhaus und blasen nach außen ab. Ein Treppenhausfenster muss bei längeren Betriebszeiten gekippt sein.

Abbildung 14-15: Montage der Fassadenelemente

5.2 Die Fenster

Eingebaut wurde das Passivhaus-Vollholzfenster, das ich mit der Firma Sigg (Hörbranz) im Jahr 2000 entwickelt habe und das 2001 auf dem Markt kam: www.passivhausfenster.at. Die Fenster wurden innen lackiert, außen mit einer silbergrauen Lasur gestrichen, die das Umschlagen von frischem Holz in verwitterte Oberfläche sanfter gestalten soll. Sie dürfen oberflächlich verwittern. Der untere Stockrahmen und das untere Querholz des Flügelrahmens, die von Sonne und Regen am stärksten angegriffen werden, sind mit einem Alu-Profil abgedeckt. Die alten Fichtenholzfenster, die ebenfalls von der Firma Sigg 1972 eingebaut wurden, wurden die ganze Zeit über kein zweites Mal gestrichen, waren nach 39 Jahren oberflächlich stark verwittert, nicht verzogen und technisch einwandfrei intakt. Die neuen Fenster, die statt 68 mm nun 110 mm stark sind dürfen ebenfalls verwittern, das passt gut zur Natursteinfassade. Aufgrund der Erfahrungen mit den alten Fenstern kann von einer Nutzungsdauer von mehr als 40 Jahren ausgegangen werden. Die Leibungstiefe ist durch die große Dämmstärke größer als bei den alten Fenstern, außerdem sind die Stockrahmen fast vollständig überdämmt. Der Einbau der Fenster in die Fassade ist so gestaltet, dass sich die Fenster ohne großen Aufwand bei etwa der Hälfte der zu erwartenden Nutzungsdauer der Fassade von etwa 80 bis 90 Jahren von außen tauschen lassen. In die Fassadenelemente montiert wurden die Stockrahmen in der Halle des Holzbauunternehmens unter Dach und mit der in der Werkstatt gegenüber einer Baustelle besser möglichen Präzision. Die Flügel und die großen Fixverglasungen wurden auf der Baustelle eingesetzt. Wo möglich wurden aus Kosten- und Dichtheitsgründen Fixverglasungen eingesetzt.

5.3 Die Wärmebrücken

Die einflussstärksten Wärmebrücken wurden mit Flixo berechnet und optimiert, bzw. unvermeidbare berechnet. Alle Fensteranschlüsse wurden ebenfalls berechnet. 35 Flixo-Ergebnisse wurden ins PHPP und in die OIB-Berechnung übernommen. Oft nachgefragt wird der Aufwand für die Wärmebrückenberechnungen: in unserem Fall konnten alle Geometrien aus der digitalen Planung übernommen werden und ins Flixo importiert werden. Im Flixo sind dann noch die offenen Linienzüge zu schließen und den einzelnen Querschnitten die entsprechenden Materialeigenschaften zuzuordnen. Treten keine weiteren Komplikationen auf und ist man eingearbeitet, kann man im Schnitt 20 bis 30 Minuten Aufwand für eine Wärmebrückenberechnung annehmen.

5.4 Die Luftdichteprüfung

In allen 5 Wohnungen wurden die Luftdichte vor Einbringung der neuen Estriche und des neuen Innenputzes geprüft. Es waren Nachbesserungen und eine zweite Messung eine Woche später erforderlich. Die angestrebten Ergebnisse wurden nicht ganz erreicht, die wohnungsweisen Ergebnisse lagen bei 0,88 1/h bis 1,5 1/h. Die größten Leckagen wurden aber durch die alten Decken (viele kleine Risse) gegen die angrenzenden Wohnungen und den Keller festgestellt. Ein Gegendruck-Gerät stand nicht zur Verfügung. Da die Wirkung dieser Risse durch nachfolgende Einbringung der Trittschalldämmung mit Estrich reduziert wurde, wurden sie belassen. Ins PHPP und in die OIB-Berechnung wurden dennoch ein relativ schlechter Mittelwert von 1,2 1/h eingesetzt.

5.5 Die Verschattung

Die Verschattung wurde nicht pauschal gerechnet, sondern etagenweise ermittelt. Für das EG ist zum Beispiel das Nachbargebäude ostseitig stark ausschlaggebend während für das DG nur der Pfänderrücken (Gebirgszug im Osten) einen kleinen Einfluss hat und es sonst allseitig voll besonnt ist, weil es die Nachbargebäude überragt. Der Vorarlberg-Atlas des Landes (VOGIS) liefert dazu komfortabel die Horizontwinkel für eine frei wählbare Höhe über dem Grundstück. Der Einfluss der Nachbargebäude wurde über einfache Entfernungschätzung (VOGIS) und Höhenschätzung (Anzahl der Geschosse) ermittelt. Es ist ein Mehraufwand von etwa 20 Minuten, dass das Rechenergebnis aber stark beeinflusst.

5.6 Der Liftschacht und Lift

Der Liftschacht ist oben geschlossen, ein Luftwechsel erfolgt über Lüftungsgitter neben den Türen im Keller und im 1. OG gegen das Treppenhaus. Die Auffahrt ins DG ist ein Sackloch. Damit bleibt ein oft üblicher Luftwechsel gegen Außenluft bei jeder Fahrt – was den Passivhausanspruch empfindlich stören würde - erspart. Diese Lüftungsvariante wurde im Vorfeld mit dem TÜV abgestimmt.

Die Liftsteuerung ist so eingestellt, dass sie nach 5 Minuten Stillstand alle Systeme abschaltet. Der Leistungsbezug im Stillstand liegt dann unter 5 Watt. Damit verbunden ist eine geringfügig höhere Wartezeit, wenn man den Lift ruft (ca. 10 Sekunden mehr). Der Strombedarf des Liftes ist im PHPP enthalten.

5.7 Die Kellerdämmung

Das Haus steht im Lehm. Man hat uns abgeraten, es nicht bis zur Kellerbodenplatte freizulegen. Bei Starkregen könnten statische Probleme auftreten. Der Keller wurde daher nur bis etwa 1,5 m unter Terrain gedämmt. Der Zubau aus 1972 ist nur zu einem Drittel unterkellert. Dort wurden die Fundamentstreifen seitlich gedämmt.

Die Kellertemperaturen sind heute eher hoch, tiefste Temperatur im Februar liegt nicht unter 16°C, im Sommer wir der relativ warm, bis 22°C.

5.8 Die Kellerfeuchte

Der Keller des ehemaligen Einfamilienhauses besteht aus verputzen Betonziegeln, ein Raum hat einen offenen Lehmboden, der mit Betonplatten belegt ist. Ohne Trocknungsgeräte lässt sich die Feuchte nicht so beherrschen, dass Schimmelbildung definitiv vermieden werden kann.

Es werden daher ständig zwei Lufttrockengeräte eingesetzt, die so geregelt sind, dass die relative Feuchte bei 50% stabilisiert ist. Über Stromzwischenzähler wurde ein Jahresstromverbrauch von 750 kWh (120 Euro Ökostrom) ermittelt. Dieser Bedarf ist zB im PHPP-Berechnung nicht enthalten.

5.9 Die Haustechnik

Mit der erforderlichen Wärme für Raumwärme und Warmwasser wird das Haus von einer Grundwasserwärmepumpe (Anschlusswert 3,5 kW elektrisch) und einer thermischen Solaranlage mit 21 m² Aperturfläche versorgt. Als Puffer dient ein 2.400-Liter-Kombi-Speicher (Fa. Forstner, Hard). Er wurde im Zuge der Errichtung des Liftschachtes nach Öffnung der Decken von oben eingebracht und muss im Falle einer Erneuerung durch zwei kleinere Pufferspeicher ersetzt werden – sofern bis dahin nicht andere Konzepte empfehlenswerter sind (siehe weiter unten).

Es wurden – aus komfort- und regelungstechnischen Gründen 5 Lüftungsgeräte eingebaut. Die Luftvorwärmung im Winter sowie Luftvorkühlung im Sommer erfolgt über einen Grundwasser-Luft-Wärmetauscher, die Grundwasserpumpe ist dafür 2-stufig ausgelegt. Die Regelung hierfür ist bereits serienmäßig in die Software der Wärmepumpe (Hersteller Fa. Weider in Hard) integriert. Der Stromverbrauch für Luftvorwärmung und Luftkühlung kann nicht getrennt erfasst werden, er ist im Stromverbrauch der Grundwasserpumpe und damit im Stromverbrauch der Wärmepumpe enthalten.

Die Grundwassertemperatur lag in den vergangenen Jahren konstant bei 12°C. Das ist ein „Geschenk" das zum guten Gesamtergebnis beiträgt.

6. Die Umbau- und Sanierungskosten

Wohnnutzfläche = 484 m²	**brutto**	**brutto / m^2_{WNF}**
Honorare Planung Bauleitung	60.200 €	124 €/m²
Fassade inkl. Brüstungen, Schiefer, Fenstereinbau	271.000 €	560 €/m²
Fenster, Haustüre, Sonnenschutz	96.500 €	199 €/m²
Dach-, Terrassendämmung, -abdichtung	38.500 €	80 €/m²
Kellerdeckendämmung	3.000 €	6 €/m²
Wärmepumpe, Grundwasserbrunnen, Wärmeverteilsystem, WW-Verteilung, Wohnungsverteiler, Wärmemengenzähler	63.000 €	130 €/m²
Lüftung mit WRG, 5 Geräte, 2 Schächte	74.000 €	153 €/m²
Lift inkl. Schacht im Altbau	76.000 €	157 €/m²
thermische Solaranlage 21 m² Aperturfläche, 2.400 Liter Kombispeicher	20.000 €	41 €/m²
Umbau, Aufstockung, nicht förderwürdige Kosten	535.000 €	1.074 €/m²
Immobilienkauf ohne Gebühren	385.000 €	795 €/m²
Gesamtkosten	ca. 1.660.000 €	ca. 3.430 €/m²

6.1 Vergleich mit Neubaukosten in derselben Region, im selben Jahr

In der Vorarlberger Neubauförderung sind für förderwürdige Wohnungen in allen 5 Förderstufen maximal zulässige Kosten vorgeschrieben. Diese wären inkl. Grundkostenanteil, PKW-Stellplatz, Kellerabteile und Balkone und Terrassen für die Qualitätsstufe „Passivhaus" nach der Richtlinie 2011 maximal 3.480 €/m^2_{WNF} und nach der Richtlinie 2012 maximal 3.705 €/m^2_{WNF}. Die Kostengrenzen für Neubau wurden demnach um 1,5% gem. RL 2011 bzw. 8% gem. RL 2012 unterschritten. Dabei ist festzuhalten, dass das von uns sanierte Gebäude über Komfortmerkmale verfügt, die im Standard-Neubau nicht vorgesehen sind. Diese wären:

- hinterlüftete Fassade mit Naturschiefer statt WDVS (→ Lebensdauer, Reparierbarkeit, geringe Folgekosten in den kommenden 80 Jahren)
- Lift über 4 Etagen bei nur 5 Wohneinheiten (alle Wohnungen sind altersgerecht)
- ein Lüftungsgerät je Wohnung (CO_2- und feuchtegerechte Regelung möglich)
- Sommerkühlung der Zuluft über Grundwasser
- je 2 Bäder in den größeren Wohnungen
- unüblich große Balkone und Terrassen (ca. 37% bezogen auf $_{WNF}$)
- CAT-7-Verkabelung in allen Räumen mit Schaltzentrale im Keller – jeder Raum kann mit jedem Raum vernetzt werden

7. Das Ergebnis der ersten sechs Betriebsjahre

7.1 Raumwärme

Alle Wohnungen verfügen über Fußbodenheizung und Wärmemengenzähler. Außerhalb der Wohnungen befinden sich keine Heizkörper, das Treppenhaus ist indirekt über die ungedämmten Wohnungstrennwände und passiv solar erwärmt, im Winter etwa 2° bis maximal 3° kälter als die Wohnungen. Die Summe aller Wärmemengenzähler muss daher dem errechneten Gesamt-Heizwärmebedarf entsprechen.

PHPP für 20°C RT	17,11 kWh/m²a	8.645 kWh/a
PHPP für 22,5°C RT	24,70 kWh/m²a	12.480 kWh/a

Tabelle Rechenergebnisse aus PHPP

Die Summen der gemessenen Wärmemenge am Wohnungseingang betrug im Durchschnitt 12.635 kWh/a (24,8 kWh/m²a) und ist damit um 1% über dem PHPP-Ergebnis. Die ernsthafte Auseinandersetzung mit den thermischen Eigenschaften aller Materialien, mit den Wärmebrücken, der Verschattung und der Luftdichte haben sicher wesentlich zu dieser sehr guten Übereinstimmung beigetragen.

Die Regeltemperatur für den Heizungsvorlauf ist auf eine Raumtemperatur von 22,5 °C eingestellt. Die längste Zeit wird das Wärmeverteilsystem bei 29°C Vorlauftemperatur betrieben. In der kältesten Zeit wird sie auf 35°C hochgeregelt. Wohnungsweise kann man davon um +/- 2°C regelungstechnisch abweichen. Die Leistungsaufnahme der differenzdruckgeregelten Umwälzpumpe liegt bei 12 bis 25 Watt.

7.2 Endenergie

Für die Bewohner interessanter ist der Vergleich auf Endenergieniveau. Hier werden die Messdaten mit den Rechenergebnissen aus PHPP und Ö-Norm B 8110-1 miteinander verglichen. Die Berechnung nach OIB 2011 weist nur einen Heizwärmebedarf aus, erst nach den Berechnungsmethoden der OIB-Richtlinie 6 aus 2014 und 2017 ist ein Vergleich auf Endenergieebene möglich:

Vergleich mit den Berechnungen	OIB 2011	OIB 2014	OIB 2017	PHPP	Durchschnitt 5 Jahre
Haushaltsstrom		11.570 kWh	11.570 kWh	8.130 kWh	11.713 kWh
Allgemeinstrom				2.630 kWh	3.038 kWh
WP-Strom für WW		6.050 kWh	5.622 kWh	3.200 kWh	2/3 ... 4.301 kWh
WP-Strom für RW		3.431 kWh	2.983 kWh	5.100 kWh	1/3 ... 2.151 kWh
Gesamt Strom		21.051 kWh	20.175 kWh	19.100 kWh	21.202 kWh
HWB-Ergebnis	Neu: 5,82 kWh/m²a San: 12,9 kWh/m²a > 11,4 kWh/m²a	11 kWh/m²a	24 (13) kWh/m²a	25 kWh/m²a	bei RT = 21°C Klima + 1,6 °C 17,8 kWh/m²a (OIB) 24,8 kWh/m²a (PHPP)

Vergleich der Rechenergebnisse nach OIB und PHPP mit dem Durchschnittsverbrauch der ersten sechs Jahre

Die gemeinsame Betrachtung von Haushaltsstrom, Allgemeinstrom und Wärmepumpenstrom für Raumwärme und Warmwasser zeigt:

- In der OIB-Berechnung 2011 konnte man die Haustechnik noch nicht kritik- und widerspruchsfrei frei berechnen. Diese Daten sind nicht angegeben. Der HWB für den sanierten Bestand liegt in dieser Berechnung bei 13 kWh/m²a, der der Aufstockung bei 5,8 kWh/m²a, der gewichtete Mittelwert bei 11,4 kWh/m²a,
- In der OIB-Richtlinie gibt es keinen Wert für Allgemeinstrom.
- Ab OIB 2014 wurde das Haus als eine Einheit berechnet, nicht mehr getrennt nach Massiv- und Leichtbau. Das HWB-Ergebnis liegt bei 11 kWh und entspricht dem Ergebnis der Mischrechnung aus den beiden Berechnungen nach OIB 2011.
- In der OIB 2017 werden die Lüftungsrückgewinne nicht mehr dem HWB gutgeschrieben. Der Wert steigt dadurch auf 24 kWh/m²a an. Würde man sie gutschreiben, läge der Wert bei 13 kWh/m²a.
- Der HWB nach PHPP liegt bei 25 kWh/m²a bei 20°C Raumtemperatur. Der aus Verbrauch ermittelte Wert wäre 24,8 kWh/m²a bei 22°C Raumtemperatur.
- Der Haushaltsstromverbrauch liegt etwa dort, wo ihn die OIB-RL als Durchschnitt angibt.
- Haushaltsstrom und Allgemeinstrom sind höher, als das PHPP ausweist.
- Der Wärmepumpenstrom wurde behelfsmäßig gemäß Betriebsstundenzähler und internem Wärmemengenzähler der Wärmepumpe auf 2/3 für Warmwasser, 1/3 für Raumwärme aufgeteilt.
- Der Stromverbrauch für Warmwasserbereitung liegt unter den OIB-Werten aber über dem PHPP-Wert.

- Der Stromverbrauch für Raumwärmeversorgung liegt unter den OIB-Werten und deutlich unter dem PHPP-Wert.
- Interessant: der tatsächliche Gesamtstromverbrauch (Endenergie) und die Rechenergebnisse nach OIB und PHPP liegen eng beieinander.

Für die Auszeichnung klimaaktiv GOLD Plus (auf Basis der bei Errichtung abgegebenen Rechenwerte im Vergleich mit den aufgezeichneten Verbrauchsdaten) war der Stromverbrauch der Wärmepumpe bei Einhaltung der Behaglichkeitsdaten entscheidend. Und der Wärmepumpenstromverbrauch lag sowohl unter den vorausberechneten OIB-Werte wie auch unter dem PHPP-Wert.

7.3 Behaglichkeitsdaten

Auch wenn das Gesamtergebnis der Vorausberechnung sehr genau entsprach, gab es signifikante Unterschiede in den einzelnen Wohnungen. Diese wurden durch monatsweise Datenaufzeichnungen erfasst und sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Die Bewohner wollen und haben unterschiedliche Raumtemperaturen, die Hüllen haben teilweise unterschiedliche U-Werte und die Verschattung ist unterschiedlich.

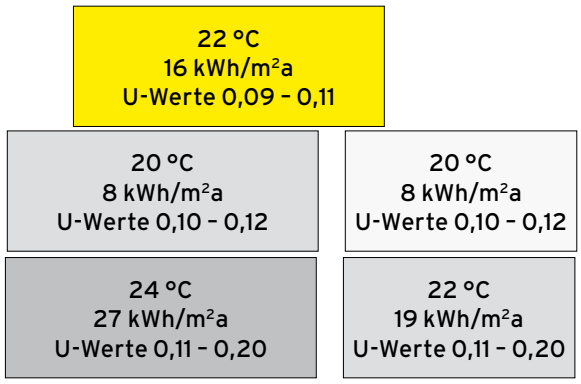


Abb. 16: Unterschiede der Raumtemperaturen und der Wohnungsergebnisse. Die Farben geben Hinweis auf Besonnung oder Verschattung

- Farbton der Wohnung: Hinweis auf Abschattung oder Besonnung. Bevorzugt ist die aufgesetzte Neubauwohnung.
- U-Werte der opaken Hülle sind angegeben.
- Raum-Wunschtemperaturen der Bewohner sind angegeben.
- Raumwärmebezug gem.- Wärmemengenzähler pro anteiliger Bruttofläche ist angegeben (nach OIB)

7.4 Betriebskosten

Wohnnutzfläche = 484 m²	brutto	brutto / m²$_{WNF}$
Lift (Fernüberwachung, eigene Telefonleitung, Wartung 1x jährlich)	1.716 €	3,55 €/m²
Wärme komplett (Ökostrom für Wärmepumpe RW+WW und Grundwasserpumpe inkl. Sommerkühlung, WP-Prüfung und Solaranlagen-Check alle 2 Jahre, Grundwasser-Nutzungsgebühr an Behörde)	1.419 €	2,93 €/m²
Grundsteuer	1.244 €	2,57 €/m²
Treppenhausreinigung	1.200 €	2,48 €/m²
Wasser- und Kanalgebühr	792 €	1,64 €/m²
Kleinreparaturen, Verbrauchsmaterial (Rasenmäher-Reparatur, Auftausalz, Grassamen, Blumenschmuck…)	400 €	0,82 €/m²
Allgemein-Öko-Strom (Treppenhaus, Lift, Kellerfeuchtereduktion auf max. 50% r. H.)	275 €	0,57 €/m²
Filtertausch (5xF7, 20xG4 und 14xG4-Abluft pro Jahr)	105 €	0,22 €/m²
gemeinsame Restmüllentsorgung (schwarzer Sack)	87 €	0,17 €/m²
Heizkostenabrechnung, Betriebskostenabrechnung, Gebäudeverwaltung, Rasenmähen, Schneeräumung selbst gemacht	0 €	0,00 €/m²
Gesamtkosten	7.235 €	14,95 €/m²

… oder 1,32 €/m²$_{WNF}$ im Monat.

Die Gesamt-Betriebskosten sind nun etwas geringer als zuvor die Heizölrechnung für das um 25% kleinere, unsanierte Gebäude. Dabei besteht eine Einsparreserve von rund 40%: Die Treppenhausreinigung könnten wir ebenfalls selbst übernehmen und den Lift könnten wir – solange sich keine gehbehinderten Personen im Haus befinden – auch stilllegen, abmelden und den Wartungsvertrag kündigen.

8. Der individuelle Nutzen

Die ältere und die mittlere Generation konnten wunschgemäße moderne Wohnungen beziehen um geringeren Mehraufwand, als die wunschgemäßen Sanierungen der zuvor besessenen Immobilien gekostet hätten. Die jüngere Generation bekam ihre Wunschwohnungen. Die Wohnungen sind parifiziert, jede und jeder ist Eigentümer seiner Wohnung und kann sie auch vermieten oder verkaufen. Wohnen in ruhiger, verkehrsgünstiger Lage mit hohem Freizeitwert wurde genauso möglich wie ein Alltagsleben ohne Auto. Und die Betriebskosten sind beispielhaft günstig. Durch die gute Lage am Bodensee auf halber Strecke zwischen Lindau und Bregenz und den hohen Baustandard ist das investierte Geld auf lange Zeit wieder wertgesichert. Alle Komponenten sind langlebig oder kostengünstig austauschbar, Reparaturkosten können auf mehrere Besitzer aufgeteilt werden.

9. Der ökologische Nutzen

Der Energieverbrauch der Immobile für Heizung und Warmwasser wurde um rund 90% reduziert, der Haushaltsstromverbrauch durch sparsamen Einsatz moderner Geräte und moderne Beleuchtung halbiert. Als einziger Energieträger wird Ökostrom genutzt. Der größte Teil der grauen Energie der Bestandsimmobilie, der Rohbau, wurde erhalten, seine Weiternutzung für gut 80 Jahre gesichert. Der Betrieb von etwas mehr als eineinhalb Autos konnten durch Wohnortwechsel eingespart werden.

10. Das Verbesserungspotenzial

Die Planung fand auf dem Stand der Technik 2010 statt und wir wollten uns aus finanziellen Gründen als Privatpersonen auf keine Experimente oder außergewöhnlichen Risiken einlassen. PV war damals teurer als Solarthermie, außerdem gingen wir von der Annahme aus, dass man thermische Solarkollektoren nach 25 Jahren eventuell in Eigenregie sanieren und dann wenigstens auf dem Niveau der alten Selbstbaukollektoren noch weiter betreiben kann – und von der Annahme, dass die Lebensdauer der Wärmepumpe verlängert wird, wenn sie durch Mithilfe der Solaranlage weniger Betriebsstunden pro Jahr hat.

Inzwischen ist PV erheblich günstiger geworden, man kann den Ertrag der PV besser im Haus nutzen (Mieterstrommodell für Gemeinschaftsanlagen) und auch auf Basis der Erkenntnis, dass das Warmwasserverteilsystem der größte Verlustfaktor im Haus ist (aus Hygienegründen 24 Stunden / 7 Tage mindestens 55°C) und der Haushaltsstrom höher ist, als der WP-Strom müsste man zumindest auch folgenden Ansatz ernsthaft in Betracht ziehen:

- PV statt Solarthermie, diese betreibt in erster Linie die WP, Überschuss für Kellertrocknung und Haushalte über Mieterstrommodell
- Nur ein kleiner Pufferspeicher für den WP-Heizbetrieb, ansonsten mit WP direkt in die Estriche, solarertragsgesteuert, erhöht die JAZ nochmals
- Warmwasser dezentral mit Klein-Wärmepumpen-Speichergeräten, aus dem Fußbodenheizungskreislauf gespeist (statt zentralem Kombispeicher mit 24-Stunden-Zirkulation)

Es wäre zu erwarten, dass diese Variante die Effizienz des Gebäudes bei gleichzeitiger Kostenreduktion noch etwas verbessert.

Eckart Drössler

Eckart Drössler studierte Montanmaschinenwesen und promovierte in den Werkstoffwissenschaften an der Montanuniversität Leoben. Nach einigen Jahren in der Industrie und im damaligen „Energiesparverein Vorarlberg“ war er über 10 Jahre als freiberuflicher Ingenieur und Unternehmensberater unter anderem für Holzbaucluster in mehreren österreichischen Bundesländern und im Allgäu tätig. Seit 2006 leitet er den Bereich „Bürgerservice & Information“ im Energieinstitut Vorarlberg.

Sanierungsfinanzierung von Wohnanlagen

Ein Balanceakt für Wirtschaftsingenieure und Animateure.

Die tiefgreifende, vollumfängliche Sanierung von Wohnanlagen, so, wie sie energiepolitisch erwünscht wäre, gelingt nur wenigen in Einzelfällen und liegt weit hinter den energiepolitischen Plänen wie zum Beispiel der Energieautonomie Vorarlberg zurück. Dafür werden vorrangig drei Gründe genannt:

- Die Eigentümerstruktur ist zu heterogen und teilweise mit der Größe der Entscheidung überfordert und kann deren Dringlichkeit und Bedeutung nicht erkennen.
- Rücklagenfonds sind nicht ausreichend bestückt worden.
- Die Förderungen wären zu gering, eine vollumfängliche Sanierung wäre nicht finanzierbar.

Vor diesem Hintergrund wurde die Sanierungsförderung besonders für Wohnanlagen immer wieder verbessert – ohne den gewünschten Anstoß zu erzielen. In verschiedenen Gesprächen wurde versucht herauszufinden, welche Hürden es tatsächlich gab. Es stellte sich heraus, dass nur die Förderungen für die bestmöglichen Sanierungen immer wieder hinaufgesetzt wurden, die Professionisten aber aufgrund ihrer Erfahrungen – quasi im „Berufskorsett" - diese nicht in Betracht gezogen hatten und gewohnheitsmäßig mit den Basisförderungen arbeiten. Die Professionisten haben den Reparaturbedarf vor Augen, der meistens schon die Rücklagen verbraucht, wenn ein Dach zu sanieren oder Fenster zu tauschen waren, tat man das unter Inanspruchnahme der jeweiligen Förderungen mit Zuzahlungen durch die Eigentümer und für eine Fassadendämmung beispielsweise blieb kein Spielraum. Die fehlende Fassadensanierung führte aber dazu, dass Beträge wie ein Gesamtsanierungsbonus oder ein Heizwärmebedarfsbonus oder die Bundesförderung gar nicht mehr ausgeschöpft werden konnten.

Der andere Ansatz

Der hier versuchte neue Ansatz über eine bestmögliche Sanierung die Top-Förderungen auszuschöpfen führte daher zu einem überraschenden Ergebnis.

Dieser „top-down"-Ansatz (vom bestmöglichen energietechnischen Ergebnis bis zur resultierenden Monatszahlung) wurde folgendermaßen berechnet:

Die Maßnahmen, die zur maximal mögliche Förderung führen, sind (Auf Basis der aktuellen Vorarlberger Sanierungsförderung):

- Dachsanierung in der Bonusstufe (U-Wert kleiner als 0,13 W/m^{2}K)
- Fenstertausch in der Bonusstufe (UW-Wert kleiner als 0,85 W/m^{2}K)
- Fassadendämmung in der Bonusstufe (U-Wert kleiner als 0,15 W/m^{2}K)
- Kellerdeckendämmung in der Bonusstufe (U-Wert kleiner als 0,23 W/m^2)

Dadurch wird der Gesamtsanierungsbonus ausgelöst, weil drei oder mehr Maßnahmen gleichzeitig gesetzt werden. Dieser beträgt (zusammen mit dem Materialressourcenbonus, der bei einem entsprechenden Alter des Bestandsgebäudes aber gut zu erreichen ist) 120 Euro pro m² Wohnnutzfläche. (Berechnungsmethode: OI3-Index des Instituts für Bauökologie, Wien. Der OI3 ist in Vorarlberg Maßzahl für die Ermittlung eines Teils der Förderhöhe. „Alte" Bauteile wirken durch eine ökologische Abschreibung begünstigend.)

Das U-Wert-Ensemble muss so abgestimmt sein, dass der Heizwärmebedarfsbonus ausgelöst wird. Hierzu ist gemäß Vorarlberger Sanierungsrichtlinie ein HWB zu erreichen, der um 25% unter dem in der Bautechnikverordnung festgehaltenen Wert für tiefgreifende Sanierungen angegeben ist (abhängig vom Verhältnis der Oberfläche zum Volumen). Gemäß Bundesförderung (Sanierungsscheck 2019) ist ebenfalls eine HWB-Verbesserung zu erreichen, die ebenfalls vom Verhältnis Oberfläche / Volumen abhängig ist. Dieser Grenzwert ist aber höher als der Grenzwert nach der Vorarlberger Sanierungsförderung. Der HWB-Bonus nach der Vorarlberger Richtlinie stockt den Förderkredit um weitere 120 Euro pro m² auf, in der Bundesförderung wird ein Barzuschuss von 3.000 Euro pro Wohneinheit gewährt.

In die weiteren förderfähigen Maßnahmen wird aufgenommen, was am Gebäude sonst noch an Sanierungsarbeiten fällig wäre. Um 60% der tatsächlichen Kosten wird der Förderkredit aufgestockt mit einem oberen Limit von maximal 360 Euro pro m² Wohnnutzfläche. Diese Kategorie ist neu seit der RL 2018 und eröffnet Möglichkeiten, die es in dieser Art zuvor nicht gab.

Alle Kostenannahmen wurden aus abgerechneten Sanierungen abgeleitet und mit den Bauleitern der Verwaltung abgestimmt. Sie wurden als hinreichend gut bezeichnet, um eine solche Hochrechnung anzustellen.

Drei Fälle aus der Praxis

Der Rechenansatz wurde an drei realen Wohnanlagen getestet. Die Daten wurden von einem gemeinnützigen Bauträger zur Verfügung gestellt (Wohnbauselbsthilfe Vorarlberger gm.reg.Gen.m.b.H. in Bregenz).

Wohnanlage 1:

43 Eigentumswohnungen in drei Gebäuden, 3.680 m² konditionierte Bruttofläche, bezogen 1960. Heizenergiekosten liegen um 55.000 Euro pro Jahr für Heizöl extra leicht. HWB: 102 kWh/m²a, Sanierungsziel unter 35 kWh/m²a.

Zusätzliches Sanierungshindernis: Die Fenster wurden in der ursprünglichen Gemeinschaftsordnung den Wohnungen zugeteilt, in 9 Wohnungen wurden innerhalb der vergangenen 20 Jahre Fenster erneuert. An dieser Wohnanlage wird die Modellrechnung erläutert. Zu den anderen beiden Beispielen werden nur noch die Ergebnisse genannt.

Wohnanlage 2:

132 Wohneinheiten (davon 5 Mietwohnungen) in 4 Gebäuden, teilweise bis zu 10 Etagen hoch. 11.200 m² konditionierte Bruttofläche, bezogen 1975. Die Flachdächer wurden vor kurzer Zeit saniert und dabei auf einen Dämmstandard gebracht, der dem hochwertigen Sanierungskonzept entspricht. Auch hier befinden sich die Fenster im Wohnungseigentum und wurden bereits teilweise getauscht. Weiters wurde damals in den 70er Jahren eine Balkonkonstruktion aus Betonteilen errichtet, die heute außergewöhnliche Sanierungskosten verursacht. Die Heizenergiekosten lagen im Schnitt bei 44.000 Euro pro Jahr für Erdgas. HWB: 77 kWh/m²a, Sanierungsziel: HWB 22 kWh/m²a.

Wohnanlage 3:

36 Wohnungen in drei Gebäuden, davon 6 Eigentumswohnungen, die anderen sind gemeinnützige Mietwohnungen. 3.600 m² konditionierte Bruttofläche, bezogen 1982. Heizenergiekosten rund 14.000 Euro pro Jahr für Erdgas. HWB: 124 kWh/m²a, Sanierungsziel unter 35 kWh/m²a.

Begünstigend ist, dass es der Wohnbauselbsthilfe schon vor vielen Jahren gelungen ist, wirksame monatliche Einzahlungen in die Reparatur- und Rücklangefonds durch zu setzen. Das half in allen drei Beispielen, um heute auf diskussionswürdige und vielleicht realisierbare monatliche Zuzahlungen zu kommen.

Die Vorgehens- und Präsentationsweise

Für die Bedeckung der Sanierungskosten wird vorrangig die Objektförderung des Landes Vorarlbergs in Anspruch genommen (siehe Richtlinie), das sind 70% des errechneten Förderkredits ohne Betrachtung der Förderwürdigkeit der einzelnen Eigentümer. Einzelne Eigentümer können, wenn Sie ihre Einkommensverhältnisse deklarieren wollen und den Förderrichtlinien entsprechen, die weiteren 30% des Kredits – oder den entsprechenden Barzuschuss - in Anspruch nehmen.

Barzuschüsse aus anderen Förderungen (Sanierungsscheck des Bundes, Energieförderung des Landes Vorarlberg) werden abgezogen.

Die Erfahrung zeigt, dass viele Eigentümer bei Nennung der Gesamtkosten schon die Geduld verlieren, sich die Details des Vorschlags und die Nutzendarstellung anzuhören. Die Ablehnung wächst mit der Höhe der Summen. Es wurde diesmal eine andere Reihenfolge in der Präsentation gewählt:

Im ersten Schritt wird schon das Endergebnis gezeigt, das durchgerechnet auf monatliche Zahlungen für eine Laufzeit von 20 Jahren berechnet wurde.

Die Gesamtrechnung	Nutzeinheiten	Jahr 1 – 10 nach Sanierung	Jahr 11 – 20 nach Sanierung
kleinste Wohnung	591	72 € / Mo	94 € / Mo
...			
größte Wohnung	1.503 NWE	207 € / Mo	263 € / Mo

Keine Sondervorschreibung / Wertsteigerung ca. 1.200 €/m²

Die unterschiedlichen Zahlungen für die ersten und die zweiten 10 Jahre ergeben sich aus dem Fördermodell. Die ersten 10 Jahre werden zinsfrei gewährt, die zweiten 10 Jahre sind mit einem Zins von 1% belegt.

Mit dieser Darstellung soll den Betroffenen die Angst vor den hohen Zahlen der Gesamtkosten genommen werden. Die Monatsraten der einzelnen Eigentümer bewegen sich in einem beherrschbaren Rahmen, zumal viele Eigentümer die Wohnungen bereits abbezahlt haben und nur noch die Betriebskosten tragen müssen. Schwierig ist die Finanzierung der Sanierung allerdings für diejenigen, die ihre Wohnungen erst vor Kurzem gekauft haben und mittels Krediten finanzieren müssen.

Vor der Nennung der Gesamtsummen wurde den Teilnehmern noch gezeigt, wie hoch der Anteil der Sanierungskosten ist, der keine zusätzlichen Zahlungen verursacht. Dieser Kostenteil setzt sich aus den bisher einbezahlten Rücklagen, den bereits vereinbarten Rücklagenzahlungen in der Zukunft, den Energieeinsparungen und den Barzuschüssen der Fördergeber zusammen.

Die Förderungen und Finanzierung		
Energieeinsparung 20 Jahre	12 %	Fixbetrag
Sanierungsfonds alt	10%	bezahlt
Sanierungsscheck Bund	4%	Barzuschuss
Barzuschüsse Land Vbg	10%	Barzuschuss
Sanierungsfonds neu 2/33	19%	vereinbart
Objektförderung , Rest	22%	10J: 0%, 10J: 1%
Restfinanzierung	24%	20J: 2,5%
Summe		

Um die Energieeinsparungen der kommenden 20 Jahre der Sanierung zuweisen zu können muss ein Beschluss erfolgen, den Durchschnitt der Kosten der letzten Jahre einzufrieren und die Einsparungen über den Finanzierungszeitraum weiter zu bezahlen.

Mit dieser Aufstellung kann gezeigt werden, dass die Bezahlung von 54% der Sanierungskosten bereits geregelt ist. In weiterer Folge muss noch eine Lösung für die verbleibenden 46% gefunden werden.

Das ist dann der Augenblick, in dem die vollen Kosten gezeigt werden können:

Die Kosten im Einzelnen	
Dachdämmung, -abdichtung, Einstiege	340.000 €
Außenwand, hinterlüftete Fassade	760.000 €
Fenster, Türen. Sonnenschutz	785.000 €
Kellerdecke	190.000 €
Balkonsanierung	300.000 €
Wärmeverteilung, Sanitär	387.000€
Blitzschutz, Brandschutz, E-Installation, Wärmebrücken	59.000 €
Außenanlagen	60.000 €
Honorare	98.000 €
Sanierungskosten netto	2.979.000 €
Mehrwertsteuer 10%	297.900 €
Sanierungskosten brutto	3276.000 €

Für diese Anlage wurde zwei Jahre zuvor schon ein Sanierungskonzept entwickelt. Es enthielt einige Reparaturen, die Dachsanierung und den Fenstertausch aber keine Fassadendämmung. Hier der Vergleich der Kostenauswirkungen auf die einzelnen Eigentümer:

Der Vergleich	2017		2019	
	Sondervorschreibung	als Kredit 20 J:, 2,5%	Monatsraten 1.-10. Jahr	Monatsraten 11.-20. Jahr
kleinste Wohnung	591 NWE	13.186 €	72 € / Mo	94 € / Mo
größte Wohnung	1.503 NWE	33.534 €	207 € / Mo	263 € / Mo

Die Präsentation endete damals mit der Bekanntgabe der Sondervorschreibungen in fünfstelliger Höhe, ein Mehrheitsbeschluss kam daraufhin nicht zustande. Rechnet man das damalige Ergebnis weiter auf Monatszahlungen über 20 Jahre zeigt sich, dass die in 2019 vorgeschlagene Gesamtsanierung wegen Ausschöpfung der vollen Förderungen nicht sehr viel teurer kommt. Da in der Variante aus 2017 die Fassade ungedämmt geblieben wäre, können auch Einsparungen nicht angerechnet werden, diese wären – neben den Einsparungen durch neue Fenster - nur für die Wohnungen unter dem Flachdach wirksam geworden.

Die Durchrechnung bis zur Restfinanzierung

Die Vorstellung war, dass die Hausgemeinschaft die Objektförderung in Anspruch nimmt (70% des errechneten Förderkredits des Landes Vorarlberg). Eigentümer, die ihre Wohnungen selbst bewohnen, den Förderrichtlinien entsprechen (Einkommensgrenze) oder an förderwürdige Mieter vermietet haben, können die weiteren 30% der Förderung in Anspruch nehmen. Hier wurde vorgeschlagen, nicht den Förderkredit in Anspruch zu nehmen sondern 40% davon als Barzuschuss und den Rest entweder direkt zu bezahlen (aus Ersparnissen) oder mit einem Bankkredit abzudecken. Bei den aktuell niedrigen Zinsen wäre das die kostengünstigste Variante. Um das alles auch verstehen zu können und um auch auf individuelle Fragen eingehen zu können wurden zwischen den Gruppenterminen ausreichend Zeitfenster eingeplant.

Einzelnen, für die auch diese Beträge objektiv zu hoch gewesen wären, wurden Gesprächstermine bei der Wohnbeihilfe des Landes Vorarlberg angeboten, die in Härtefällen gem. Richtlinie zusätzliche Beihilfen gewähren kann.

Die Haustechnik

Da an der Wohnanlage 1 auch die Außenanlagen zu sanieren sind und das Haus über eine Ölheizung beheizt wird, drängt sich auch die Frage auf, ob und wie ein Umstieg auf ein klimaneutrales Heizsystem – in dem Fall eine Sole-Wasser-Wärmepumpe – finanziell abgebildet werden kann. Die Abteufung der Bohrungen und Montage des Sondenfeldes vor der Sanierung der Außenanlage wäre ein günstiger Zeitpunkt.

Das Gebäude verfügt über Deckenheizungen, die Sanierung der Wohnungsverteiler mit Einbau von Wärmemengenzählern ist in den oben genannten Sanierungskosten schon eingerechnet. Es bleiben für diese Betrachtung nur die Kosten für den Tausch der Ölheizung gegen die Wärmepumpenanlage.

Die Warmwasserbereitung erfolgt dezentral elektrisch, das soll aus Kostengründen einerseits aber auch wegen des Einbauaufwandes und den folgenden laufenden Wärmeverlusten des Verteilsystems so bleiben. Denkbar ist, dass man die dezentralen Boiler früher oder später über eine Ringsteuerung aus einer PV-Anlage auf dem Dach versorgt, es wäre Platz für eine 62-kWp-Anlage. Überschüsse könnte man über das Mieterstrommodell den Haushalten zuweisen.

Heizleistung alt (vor Sanierung)	**175 kW**
Heizleistung neu (nach Sanierung)	**52 kW**

Demontage der Ölheizung und des Tanks	3.000 €
Einbau von 2 WP á 45 kW thermischer Leistung	31.000 €
10 Sonden á 150 m Tiefe (Annahme: 40 W/m Entzugsleistung, max. 60 kW)	100.000 €
Verbindung Sonde – WP – Wärmeverteiler	45.000 €
Summe netto	179.000 €
MWSt 10%	17.900 €
Summe brutto	**196.900 €**
Raus-aus-Öl-Förderung des Bundes, 1.000 € / Wohneinheit	-43.000 €
Raus-aus-Öl-Förderung des Landes	-2.500 €
Wärmepumpenförderung des Landes, Sockelbetrag 1.750 € plus 800 € je Wohneinheit	-36.150 €
20-Jahre-Einsparung durch Umstieg von Ölheizung auf WP nach Sanierung des Gebäudes, auf neuem, niedrigen Heizwärmebedarf zusätzlich noch	Ca. -98.000 €
Restfinanzierungsbetrag	**17.250 €**
Pro Wohneinheit	401 €
Pro Wohneinheit und Monat über 20 Jahre	1,67 €

Wenn man in Betracht zieht, dass die Sondenanlage eine erwartete Nutzungsdauer von 60 Jahren hat und theoretisch von drei Generationen Wärmepumpen genutzt werden kann, erweist sich der Umstieg auf die Wärmepumpe im Zuge der Gebäudenhüllensanierung ebenfalls als sehr empfehlenswert.

Der Reihenfolge der Informationsübergabe und Entscheidungsfindung

In einem ersten Termin wurde den Eigentümern mitgeteilt, dass wegen der verbesserten Fördersituation interessehalber die Finanzierung eine Gesamtsanierung grob abgeschätzt wurde. Aufgrund des interessanten Ergebnisses werde sie nun präsentiert. Die Eigentümer haben eine solche Betrachtung ja nicht bestellt, sie wurde ohne Auftrag erarbeitet.

Für zwei Monate später – nach den Weihnachtsfeiertagen mit Zeit für Gedankenaustausch und offene Fragen - wurde ein Treffen vereinbart, in dem die Ausschreibung der Arbeiten freigegeben werden sollte, die Sanierung noch nicht. Nach Vorliegen der Angebote sollte eine neue Berechnung mit besserer Genauigkeit präsentiert werden, mit abermaligen 4 Wochen Pause zur Meinungsbildung. Erst dann hätte die Sanierungsentscheidung getroffen werden sollen.

Leider kamen zum zweiten Abend nur 48% der Eigentümer, 85% der Anwesenden stimmten zu, die Arbeiten ausschreiben zu lassen. Das waren insgesamt weniger als 50% der Eigentümer. In der Folge fanden aber Diskussionen in der Wohnanlage statt. Inzwischen liegt eine Unterschriftenliste vor, in der 75% der Eigentümer die vorgeschlagene Sanierung befürworten. Eine Ausschreibung der Leistungen kann nun durchgeführt werden.

Die Ergebnisse der beiden anderen Betrachtungen

Wohnanlage 2

Da die bestehende hinterlüftete Fassade Schäden zeigt, die aufgrund der großen Gebäudehöhe Gefahr in Verzug bedeuten, an der Fassade laufend Reparaturen (Absturzsicherungen) fällig sind, das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen günstig ist und die Wohnungen kleiner und damit die Kostenanteile ebenfalls kleiner sind, verläuft der Prozess einfacher und schneller. Außerdem wurde das Dach bereits saniert und dabei auf das erforderliche gute Maß gedämmt. Bei der Herstellung der neuen Attika wurde bereits der Anschluss an ein neues, besser gedämmtes Fassadensystem vorgesehen.

Die auf gleiche Art durchgeführte Durchrechnung auf Monatsbeiträge über 20 Jahre, zusätzlich zur Weiterbezahlung der aktuellen Energiekosten und bereits vereinbarten Einzahlungen in den Reparaturfonds ergeben 21 Euro pro Monat für die kleinsten und 117 Euro pro Monat für die größten Wohnungen. Eine mehrheitliche Zustimmung kann erwartet werden.

Wohnanlage 3

Die Durchrechnung auf Monatsbeträge auf 20 Jahre, die zusätzlich zur Fortzahlung der alten Energiekosten und bereits vereinbarten Einzahlungen in den Reparaturfonds fällig wären, lagen bei 180 Euro für die kleinsten und bei 470 Euro für die größten Wohnungen (über 100 m^2). Für gemeinnützige Mietwohnungen werden solche Zusatzzahlungen als unzumutbar erachtet. Als Hauptgrund für das vergleichsweise ungünstige Ergebnis kann der bessere Baustandard der 80er Jahre und der Wechsel von einer Öl- auf eine Gasheizung vor wenigen Jahren angeführt werden.

Da die Wohnbauförderung daran interessiert ist auch hier akzeptable Bedingungen zu schaffen, wurden verschiedene Proberechnungen angestellt. Es zeigte sich, dass eine weitere Erhöhung der Förderung in Kreditform nicht hilft, weil in der vorliegenden Rechnung aufgrund der Bundesförderung und der Einsparungen der Förderkredit gar nicht in voller Höhe ausgeschöpft werden muss. Ein Rechenversuch mit einem längeren Rückzahlhorizont lieferte ein akzeptableres Ergebnis. Angesetzt wurde ein Sanierungskredit auf Sanierungsmaßnahmen mit langer Nutzungsdauer (Dach, Wärmedämmung, Fenster) mit einer Rückzahlfrist von 35 Jahren wie im Neubaufördermodell des Landes Vorarlberg. Davon sollen die ersten 10 Jahre zinsfrei sein, in den zweiten zehn Jahren wird eine Verzinsung von 1% berechnet, für die letzten 15 Jahre eine Verzinsung von 1,5%.

Damit käme man auf folgende zusätzlich erforderliche Monatszahlungen (neben Weiterzahlung der aktuellen Heizenergiekosten und Rücklangenraten):

	1.-10. Jahr	11.-20. Jahr	21.-35. Jahr
Kleinste Wohnung ca. 40m²	46 €/Monat	66 €/Monat	76 €/Monat
Größte Wohnung ca. 100m²	118 €/Monat	170 €/Monat	196 €/Monat

Diese Beträge erscheinen verträglich. Es besteht seitens der Wohnbauförderung nun die Absicht, dieses Rückzahlmodell für Mietwohnungen gemeinnütziger Bauträger in die Sanierungsförderrichtlinie ab 2020 aufzunehmen.

Übertragbarkeit

Der Denkansatz, eine Sanierung probeweise auch nach bestmöglichem Standard mit bestmöglichen Förderungen zu rechnen, ist übertragbar. Die Ergebnisse werden von den Baukosten der Region, den regional gültigen Förderrichtlinien, den Sanierungsrücklagen und den erzielbaren Energieeinsparungen unterschiedlich ausfallen.

Die Förderrichtlinien ändern sich aber immer wieder. Die Vorarlberger Sanierungsrichtlinie, die dieser Betrachtung zugrunde liegt, gilt für die Jahre 2018 und 2019 und ist begrenzt auf Wohngebäude innerhalb der Landesgrenzen. Die Bundesförderrichtlinie gilt leider nur so lange, bis der freigegebene Fördertopf leer ist. Solche Berechnungen müssen daher im Laufe des Entscheidungsverfahrens immer wieder angepasst werden, die Ergebnisse ändern sich auch erwartungsgemäß.

Impressum

Herausgeber

Energieinstitut Vorarlberg, Campus V, Stadtstraße 33, 6850 Dornbirn
www.energieinstitut.at, info@energieinstitut.at

DI Arch. Martin Ploss

Autoren

Martin Ploß, Energieinstitut Vorarlberg
Burkhard Schulze Darup, schulze darup & partner architekten, Berlin
Manfred Stieglmeier, stieglmeier architekten, München
Marc Gabriel, Werner Sobek Engineering, Stuttgart
Eckart Drössler, Energieinstitut Vorarlberg

Graphik

studio altenried · bernd altenried, jonas altenried · www.almo.de

Bezug

Energieinstitut Vorarlberg

Die von den Autoren in ihren Beiträgen wiedergegebenen Positionen müssen nicht in allen Fällen mit denen des Herausgebers oder der Träger übereinstimmen.

1. Auflage, Dornbirn 2019

Die economicum Veranstaltungsreihe wird unterstützt von:

baubook
Die Datenbank für ökologisches Bauen & Sanieren

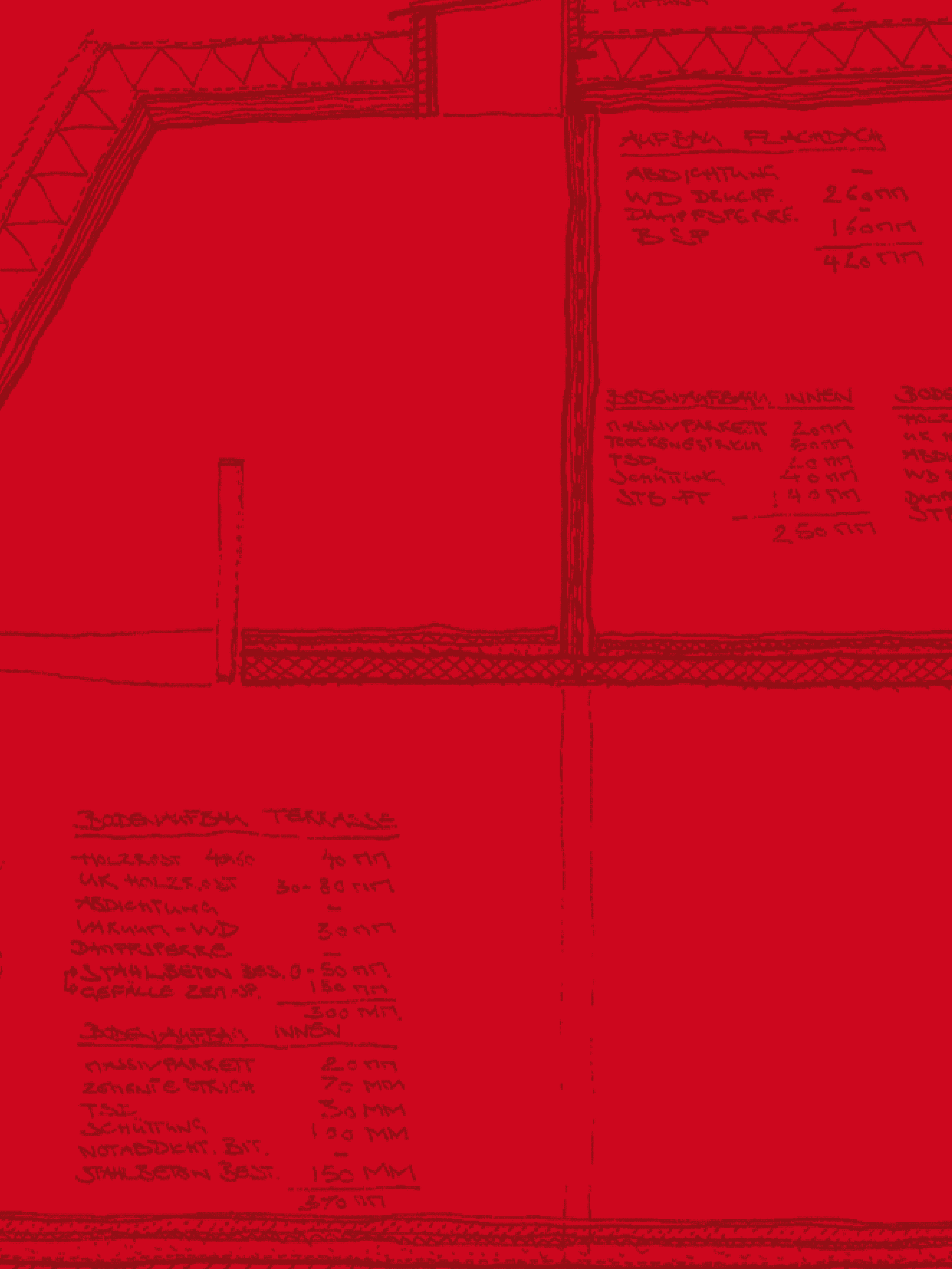
klimaaktiv

Die Arbeit des Energieinstitut Vorarlberg wird unterstützt von:

energie autonomie Vorarlberg

vorarlberg netz
Energie für Generationen.

Raiffeisen Meine Bank


AUFBAU FLACHDACH
ABDICHTUNG –
WD DRUCKF. 260mm
DAMPFSPERRE –
BSP 160mm
420mm
BODENAUFBAU INNEN
MASSIVPARKETT 20mm
TROCKENESTRICH 50mm
TSD 20mm
SCHÜTTUNG 40mm
STB-PT 140mm
250mm
BODENAUFBAU TERRASSE
HOLZROST 40x60 40mm
UK HOLZROST 30-80mm
ABDICHTUNG –
VAKUUM-WD 30mm
DAMPFSPERRE –
300 MM
BODENAUFBAU INNEN
MASSIVPARKETT 20mm
ZEMENTESTRICH 70 MM
TSD 30 MM
SCHÜTTUNG 100 MM
NOTABDICHT. BIT. –
STAHLBETON BEST. 150 MM
370mm