

TES – Maßanzug für den Wohnungsbau

Gebäudemodernisierung mit vorgefertigten Fassadenelementen
in Holztafelbauweise (TES)

Alexander Gump
Gump & Maier GmbH
Binswangen, Deutschland



TES – Maßanzug für den Wohnungsbau

1. Gebäudemodernisierung mit vorgefertigten Fassadenelementen in Holztafelbauweise (TES)

Ist es möglich, ein Gebäude, welches das Ende seines Lebenszyklus erreicht hat, auf den Stand eines Neubaus zu modernisieren, anstatt es abzureißen und neu zu bauen? Die TES Methode gibt darauf eine klare Antwort: Wird das Bestandsgebäude bei einer Modernisierungsmaßnahme ganzheitlich betrachtet und eine tiefgreifende Sanierung durchgeführt, so können Wohnqualität, Nutzungseigenschaften und der Energieverbrauch eines Neubaus erreicht werden. Dabei spart der Bauherr gegenüber einem Ersatzneubau nicht nur bei Baukosten und Bauzeit. Sondern auch der ökologische Fußabdruck der Maßnahme wird auf ein Minimum reduziert, da die bestehende Bausubstanz zum größten Teil erhalten bleibt.

Dass die TES Methode auch im großstädtischen Umfeld erfolgreich angewendet werden kann, zeigte die 2017 durchgeführte Modernisierung in der Unertlstraße in München-Schwabing. Auf unkonventionelle Weise wurde bei den beiden Reihenhäusern der Gebäudeklasse 5 die Modernisierung mit einer vorgefertigten Holzbaufassade (straßenseitig) und einer WDVS Sanierung (hofseitig) verbunden. Während die Fassadensanierung straßenseitig nach zwei Wochen abgeschlossen war, zogen sich die Arbeiten auf der Hofseite über einen deutlich längeren Zeitraum, mit Unterbrechung wegen eines frühen Wintereintritts. Die Fassadengestaltung mit dem TES System erlaubte eine große architektonische Freiheit und die direkte Abtragung der Lasten aus den Balkonen in den Fassadenelementen, während hofseitig wenig Spielraum für eine Neugestaltung war. [Huß 2017]



Abbildung 1: Straßenansicht zweier Wohnhäuser in München, vor und nach der Modernisierung

1.1. Nachhaltige Modernisierung mit System

Die TES Modernisierung wurde bereits 2008 an der Technischen Universität München in Kooperation mit nationalen und internationalen Partnern aus Forschung und Holzbaupraxis entwickelt. Das System ist insbesondere auf den Gebäudebestand der 1950er bis 80er Jahre ausgerichtet, welcher bedingt durch zumeist geringen Baustandard einen hohen Energieverbrauch und geringe Nutzungsqualität aufweist. Seit den ersten Anwendungen wurde das TES stetig weiterentwickelt und wird kontinuierlich für die Gebäudemodernisierung genutzt.

Zur Rentabilitätsbeurteilung einer TES Modernisierung ist der gesamte Lebenszyklus der Maßnahme zu betrachten. Hier kommen die geringen Wartungskosten und lange Lebensdauer der Fassadenelemente zum Tragen, welche insbesondere bei Anwendung einer diffusionsoffenen, hinterlüfteten Holzfassade mit einem dauerhaften mineralischen Anstrich

konventionellen Systemen weit überlegen sind. Zudem kann eine räumliche Erweiterung des Gebäudes in einem Zuge mit der Modernisierung erfolgen. Die zusätzlichen Einnahmen aus der so hinzugewonnenen Nutzfläche führen zu einer schnelleren Amortisation der Modernisierungskosten. Für den Bauherren zahlt sich die Entscheidung für eine tiefgehende Sanierung mit der TES-Methode somit auf mehrere Weise aus: Das Gebäude befindet sich nach kürzest möglicher Bauzeit in einem Neubauzustand, wodurch Mietausfälle minimiert und die neue Lebensdauer des Gebäudes maximiert werden. Risiken und Unsicherheiten während der Bauphase werden durch eine vorausgehende, vollständige und integrale Planung minimiert. Die Wartungs- und Betriebskosten nach der Modernisierung sind geringer als zuvor und geringer als bei konventionellen Sanierungsmaßnahmen. Und nicht zuletzt wird durch den Erhalt der Bestandssubstanz und die Verwendung nachhaltiger Baustoffe ein wichtiger Schritt hin zu einer ökologisch verträglichen Baumaßnahme gegangen.

2. Integraler Planungsprozess: Grundlage der vorgefertigten Bauweise im Bestand

Bauaufgaben im Bestand sind im Allgemeinen mit großen Unsicherheiten bezüglich der Entwicklung von Kosten und Dauer der Baumaßnahme behaftet. Großteils ist dies damit verbunden, dass Entscheidungen erst auf der Baustelle getroffen werden. Dagegen ist die Voraussetzung zur Anwendung vorgefertigter Fassadenelemente, dass zunächst eine vollständige Werkplanung erfolgen muss, um die Elemente herstellen und montieren zu können.

Die Modernisierung mit vorgefertigten Holzbauerelementen basiert daher auf einem integralen, umfassenden Planungsprozess, bei dem im Vorfeld zur Ausführung alle Gegebenheiten und die entsprechenden baulichen Lösungen festzulegen sind. In den Planungsprozess sind alle Beteiligten einzubeziehen: Architekten, Haustechnik-, Brandschutz- und gegebenenfalls weitere Fachplaner [Lattke 2018]. Ebenfalls sollte möglichst früh im Planungsprozess das ausführende Holzbauunternehmen oder ein erfahrener Holzbauingenieur mit in die Planung einbezogen werden. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die architektonischen, baurechtlichen und konstruktiven Anforderungen an die Modernisierungsmaßnahme eingehalten werden und eine holzbautechnisch optimierte Lösung erstellt wird. Zentrales Element der integralen Planung bildet das Bestandsmodell, welches für alle Planungsbeteiligten als Grundlage dient. Somit ist die TES Modernisierung für eine Planung mit BIM (Building Information Modeling) prädestiniert, da die maßgebenden Elemente bereits vorhanden sind: Die Planung und Ausführung folgen einem definierten, systematischen, digitalisierten Workflow, die Planung basiert auf einem dreidimensionalen Modell und es sind mehrere Akteure beteiligt, deren Zusammenarbeit auf engem Raum – in den Fassadenelementen – gut abgestimmt und kollisionsfrei erfolgen muss.

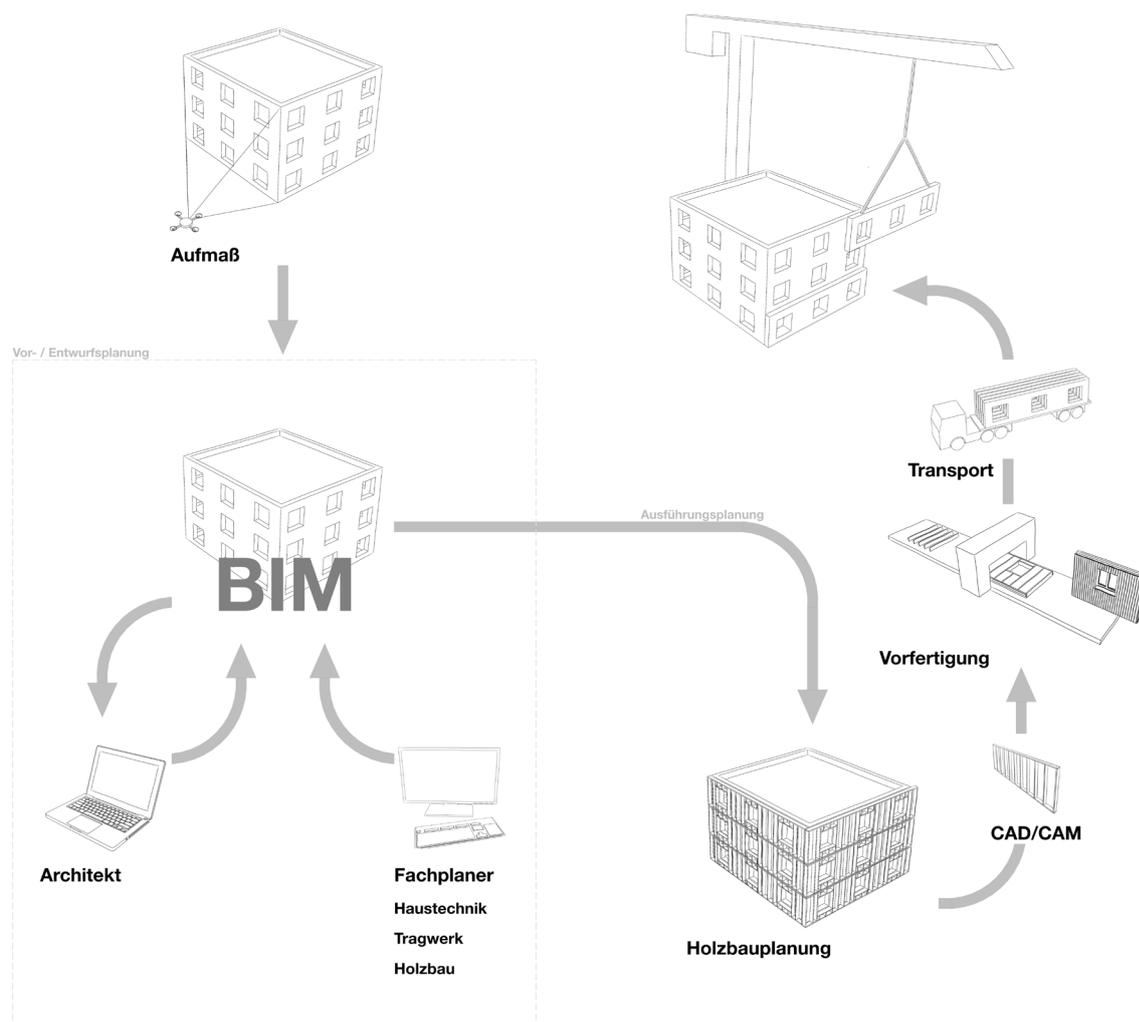


Abbildung 2: TES Prozessgraphik: Aus dem digitalen Aufmaß entsteht das Bestandsmodell, welches die Grundlage für den folgenden, integralen Planungsprozess bildet. Vom Aufmaß bis zur Montage folgt die Modernisierung mit dem Timber Element System (TES) einem systematischen, digitalen Workflow.

3. Konstruktive Holzbaulösungen für die Modernisierung

Die Konstruktion der TES Fassadenelemente orientiert sich zunächst an der Struktur des bestehenden Gebäudes: An der Größe und Lage der Fensteröffnungen, an den Gebäudeoberflächen und -kanten sowie an der Lage der Deckenplatten und weiterer für die Befestigung der Elemente maßgebender tragender Bauteile.

Die bestehenden Fenster werden zumeist kurz vor Anbringen Fassadenelemente von innen entfernt. Da die bestehenden Fensteröffnungen nicht zwangsläufig in einheitlicher Größe und lotrecht ausgeführt sind, wird ein gemittelttes Fenstermaß bestimmt, so dass die neuen Fenster einheitlich ausgeführt werden können. Um die innere Fensterlaibung auf den Fensterrahmen führen zu können, werden dabei die neuen Fenster kleiner ausgeführt als die bestehenden Fenster. Die Verkleinerung der Fensteröffnungen und die zusätzliche Laibungstiefe führen somit zu einem geringeren Tageslichteinfall, welcher in der Planung zu berücksichtigen ist. Jedoch ist die Prämisse der TES Modernisierung, den Bestand möglichst nicht zu verändern, um die Störung und die Bauzeit vor Ort so gering wie möglich zu halten.

Die für eine TES Modernisierung in Frage kommenden Gebäude weisen in der Regel schwerwiegende Wärmebrücken auf. In den meisten Fällen sind diese auf durchgehende auskragende Geschossdecken, wie Balkone oder Loggien zurückzuführen. Um die Wärmebrücken zu entfernen, werden die Balkone entweder abgerissen oder mit in die neue Hülle

eingebunden. So kann eine Vergrößerung der Wohnfläche erreicht werden. Um die verloren gegangenen Balkonflächen zu ersetzen, können neue Konstruktionen wie gestützte Stahlbalkone vor das Gebäude gesetzt oder Einzelbalkone mit thermisch getrennten Anschlüssen ausgeführt werden. Die Holztafelbauweise ermöglicht es beispielsweise, Stahlkonstruktionen direkt an die Holzständer anzuschrauben, ohne dabei Wärmebrücken zu erzeugen.

Neben der Reduktion von Wärmebrücken ist die Luftdichtigkeit maßgebend für den Energiebedarf und ist somit im Zuge der TES Modernisierung sorgfältig zu planen, auszuführen und zu prüfen. Je nach Zustand des Bestandsgebäudes wird die Luftdichtigkeit durch die bestehende Außenwand, die rückseitige Beplankung der Fassadenelemente oder durch eine Folie erfüllt, die um das Bestandsgebäude gehüllt wird. In jedem Fall ist ein sorgfältiger, luftdichter Anschluss zwischen Element und bestehendem Gebäude erforderlich. Insbesondere ist ein Augenmerk auf den luftdichten Anschluss in den Fensterlaibungen und an Durchdringungen zu richten.

Grundsätzlich bestehen an TES Elemente die Brandschutzanforderungen gemäß nichttragender Außenwände im Sinne der Bauordnung. Somit muss auf und in den Fassadenelementen eine Brandausbreitung ausreichend lang begrenzt sein. Die Ausführung aus brennbaren Baustoffen ist zudem in den Gebäudeklassen 4 und 5 nur zulässig, wenn die Fassade als raumabschließendes Bauteil feuerhemmend ist (W-30B). Die Oberflächen müssen schwerentflammbar sein, wobei normalentflammbare Dämmstoffe und Unterkonstruktionen zulässig sind, wenn die oben genannte Anforderung an eine Begrenzung der Brandausbreitung nicht verletzt wird. Eine Abweichung in Form von Holzverkleidungen ist möglich, wenn diese durch eine entsprechende konstruktive Ausführung kompensiert wird. (vergleiche [Gräfe et al. 2014], S. 22 ff.)

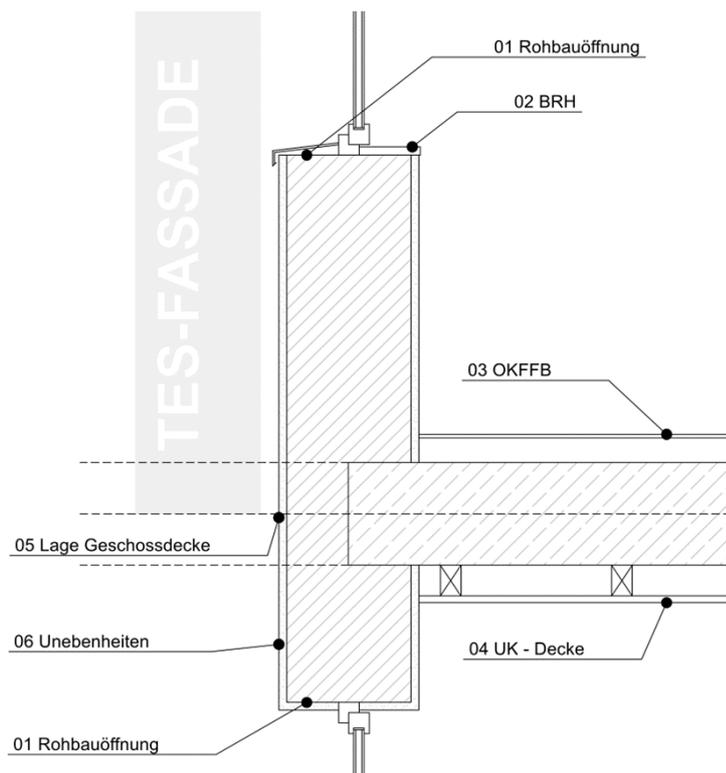


Abbildung 3: Maßgebende Punkte, die während der Bestandsaufnahme vermessen und im Bestandsmodell erkenntlich sein müssen



Abbildung 4: CAD/CAM Holzbauplanung der Fassadenelemente auf Basis der Punktwolke des Laserscans



Abbildung 5: Montage TES Element

4. Digitaler Workflow von der Bestandsaufnahme bis zur Montage

Grundlage für die Modernisierung mit einer TES-Fassade ist eine umfassende Bestandsaufnahme, die mit einer grundlegenden Beurteilung des Gebäudezustandes beginnt. Dazu muss eine genaue Untersuchung der Materialien, besonders in den tieferen Schichten, sowie der Gründungsverhältnisse und Tragfähigkeit erfolgen. Gesundheitsgefährdende Stoffe, wie Asbest, können so frühzeitig erkannt und bei der späteren Maßnahme entsprechend entsorgt werden. Die horizontalen Kräfte auf die neue Fassade aus Wind und anzunehmender Schiefstellung werden in der Regel geschoßweise in die Deckenplatten eingeleitet, während vertikale Kräfte bis zum Fußpunkt der Fassade durchgeleitet werden. Durch Auszugsversuche wird die Tragfähigkeit der bestehenden Konstruktion und die

erforderliche Art von Verbindungsmitteln bestimmt. Die vertikalen Lasten, die aus dem Gewicht der TES-Fassade resultieren, werden in den meisten Fällen über eine Konsole an der Stirnseite der Kellerdecke oder über ein vorgestelltes Streifenfundament direkt in den Sockel eingeleitet und abgetragen. Folglich ist es sinnvoll, bereits in diesem ersten Schritt einen Eindruck von den vorhandenen Bodenverhältnissen zu erlangen. Im weiteren Verlauf wird ein dreidimensionales Bestandsmodell erstellt, welches die Grundlage für die weitere Planung und Ausführung der TES Fassade bildet. Da Planunterlagen des Bestandsgebäudes, sofern sie vorhanden sind, nicht mit der notwendigen Genauigkeit den gebauten Zustand wiedergeben, ist ein Aufmaß erforderlich. Durch das digitale Aufmaß kann die Gebäudegeometrie und die Lage der tragenden Struktur genau erfasst werden. Dabei sind Messtoleranzen in Abhängigkeit von Art des Bauteils einzuhalten, um die Übereinstimmung zwischen Bestandsgebäude und neuer Fassade wie zwischen Stempel und Abdruck zu gewährleisten. Vor allem auf Vor- und Rücksprünge, Größe und Ausrichtung von Öffnungen sowie die Lage der Geschossdecken und der Dachkanten muss ein besonderes Augenmerk bei der Vermessung gelegt werden.

Bei der Vermessung muss die erforderliche Präzision gewährleistet sowie möglicherweise eingeschränkte Zugänglichkeit und Verschattung von Gebäudeteilen bewältigt werden. Bewährt hat sich die Kombination verschiedener Aufmaßmethoden, wie das Aufmaß einzelner Punkte mit einem Tachymeter in Verbindung mit einem 3D-Laserscan. Mit dem Tachymeter werden dabei einzelne, ausgewählte Punkte mit einer hohen Genauigkeit und guten Übersichtlichkeit im Modell vermessen. Durch den 3D-Lasescan können dagegen bessere Aussagen über die Unebenheit von Oberflächen und somit über die notwendigen Toleranzen zwischen Bestand und neuer Fassade getroffen werden, jedoch auf Kosten der Übersichtlichkeit durch die große Anzahl der vorhandenen Punkte. Besonders reibungslos kann das Aufmaß durch direkte Kopplung eines Tachymeters und einer Holzbauplanungssoftware erfolgen, da das Bestandsmodell ohne weitere Nachbearbeitung und Interpretation sofort sichtbar ist und die weitere Planung der Fassade direkt in der gleichen Software und an dem gleichen Modell stattfinden kann. Zur Beurteilung der Unebenheiten können in diesem Fall einzelne Fassadenpunkte zur Kontrolle vermessen werden.

Die Planung der Fensteröffnungen erfordert die Vermessung bestehenden Öffnungen mit einer Genauigkeit von ± 5 mm. Die Unebenheiten und Toleranzen der bestehenden Außenwand liegen oft im Bereich von mehreren Zentimetern und sollten mit einer Genauigkeit von ± 4 mm erfasst werden. Um diese Toleranzen auszugleichen wird ein umlaufender Holzbalken an die Stirnkanten der Geschossdecken geschraubt. Der Spalt, der so zwischen Bestandswand und der neuen TES-Fassade entsteht, wird mit Dämmstoff gefüllt. Dieser Montagebalken dient allerdings nicht nur zum Ausgleich von Toleranzen, sondern vor allem der Ausrichtung und Befestigung der TES-Elemente. Je nach Gebäudetyp, Befestigungsmöglichkeit und statischer Anforderung kann der Montagebalken und somit auch das TES-Element horizontal über ein Geschoss oder vertikal über mehrere Geschosse angebracht werden.



Abbildung 6: Digitales Gebäudeaufmaß mit 3D Laserscan

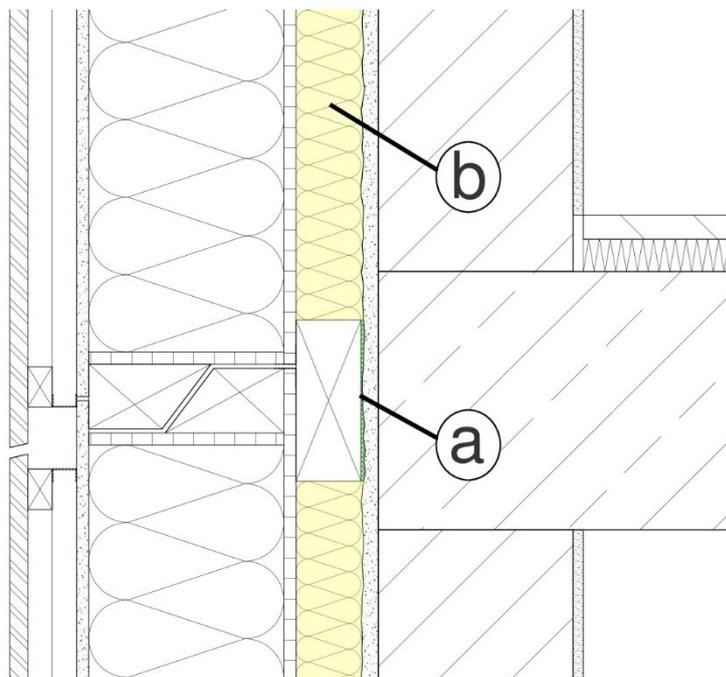


Abbildung 7: Ausgleich der vorhandenen Toleranzen am Bestandsgebäude (a) Die Motagebalken werden durch Abstandhalter ausgerichtet (b) Der verbleibende Hohlraum wird vor Anbringen der Elemente mit Mineralwolle gefüllt

5. Elementierung und maximaler Vorfertigungsgrad

Die Vorfertigung beinhaltet die Holzrahmenkonstruktion mit innerer und äußerer Beplankung, Dämmung, Unterkonstruktion für die Fassadenbekleidung und wenn möglich die Fassadenbekleidung selbst. Bei anderen Fassadenvarianten müssen die Restarbeiten, wie das Aufbringen der letzten Putzschicht oder das Anbringen der Fassadenplatten nach der Montage der TES-Elemente erfolgen. Daneben werden Fenster und Sonnenschutz in der Vorfertigung montiert. Ebenfalls bereits in der Praxis eingesetzt wurden Elemente, in die haustechnische Komponenten integriert wurden. Diese können dezentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung sein, Lüftungsschächte oder auch Elektro- und Wasserleitungen. Besonders hervorzuheben ist dabei die Möglichkeit, ein Schachtelement herzustellen,

das über die TES Fassade den zentralen Haustechnikraum mit den einzelnen Stockwerken verbindet. Durch die Fertigung in der geschützten Umgebung der Werkshalle können komplizierte Anschlüsse ergonomisch und effizient eingebaut werden. Auf der Baustelle wird das Schachtelement in kurzer Zeit montiert und muss lediglich noch an den vorbereiteten Anschlüssen verbunden werden.

Die Elementgröße orientiert sich an den Gegebenheiten aus Geschosshöhe, Fassadenrücksprüngen, möglicher Transportgröße und zulässigem Elementgewicht. Das Ziel ist eine Ausführung mit möglichst wenigen Elementen, da eine größere Elementzahl direkt mit längeren Produktionszeiten und erhöhtem Logistischen Aufwand verbunden ist. Daraus resultieren in der Regel horizontale Elemente mit einer Höhe von einem Geschoss und einer Länge bis zu 12 Metern.

Dass die genannten Anforderungen auch zu anderen Lösungen führen können, zeigt die Modernisierung mit vertikalen Fassadenelementen in der Unertlstraße. Die straßenseitige Fassade des Reihenmittelhauses ist 17 Meter breit, 18,9 Meter hoch und weist durch den durchgehenden Zwerchgiebel zudem einen Fassadenrücksprung auf. Durch die vertikale Ausrichtung der Elemente konnte somit die Anzahl der notwendigen Fassadenelemente und damit die Bauzeit vor Ort optimiert werden. Die Elemente wurden wie horizontale Elemente gefertigt und erst auf der Baustelle aufgerichtet. «Das führt in der Vorfertigung dazu, dass die Fenster um 90° gedreht eingebaut werden müssen, was aber keine großen Schwierigkeiten bereitet. Die Elemente werden komplett in der Horizontalen vorgefertigt und erst auf der Baustelle in die Vertikale gehoben.» berichtet Alfred Bühler, Leitung der Arbeitsvorbereitung bei der Gump & Maier GmbH. Damit die Belastung durch Biegung beim Drehen der Elemente nicht überschritten wurde, musste ein Kipplaster eingesetzt werden, um die Elemente zunächst auf 45° anzuheben, bevor sie weiter mit dem Kran angehoben wurden.

Die Fügung der Elemente erfolgt nach dem Prinzip des Stufenfalzes. Jede Schicht ist am Elementstoß etwas versetzt, wodurch in Verbindung mit der Pressung durch das Elementgewicht die erforderliche Dichtigkeit erreicht wird. Zusätzliche Dichtungen im Elementstoß werden nur benötigt, wenn die OSB Platte an der Elementrückseite die Luftdichtigkeit des gesamten Gebäudes leisten soll. Da die Gummidichtungen den Einbau erschweren, sollten sie nur bei zwingendem Erfordernis eingesetzt werden.



Abbildung 8: vertikaler Elementstoß



Abbildung 9: horizontaler Elementstoß

6. Logistik des Bauens im Bestand mit vorgefertigten Holzbauelementen

Der Bauablauf einer TES-Modernisierung ist an einen strikten Zeit- und Montageplan gekoppelt. Im ersten Schritt wird der Sockelbereich für die Lastabtragung der TES-Fassade vorbereitet. Das kann durch ein neues Streifenfundament vor der bestehenden Kellerwand oder durch eine Stahlkonsole in der Stirnkante der Kellerdecke erfolgen. Im nächsten Schritt werden die ersten zwei Lagen des Fassadengerüsts aufgestellt und im Anschluss die Bauchbinden eingemessen und mit Schwerlastankern oder Betonschrauben montiert. Der Abstand zwischen der bestehenden Außenwand und dem Fassadengerüst sollte mindestens 50 cm betragen, um das Einheben und das Montieren der Elemente zu gewährleisten.

Nach Anbringen der Montagebalken wird die restliche Fassade flächig mit Mineralwolle bekleidet, um den Hohlraum zwischen TES-Fassade und der bestehenden Außenwand zu schließen und so die Vorgaben an Brand- und Feuchteschutz sicher zu stellen. Kurz vor der Montage der TES-Elemente werden jeweils die betreffenden Bestandsfenster ausgebaut. Nach dem Befestigen der Elemente mittels Holzbauschrauben durch den Obergurt in die Montagebalken können bereits die Laibungen im Inneren geschlossen werden, während bereits die nächsten Elemente montiert werden. Falls notwendig kann auf diese Weise in kurzer Zeit mit nur einmaligem Betreten der Wohnung die neue Fassade und der fensteraustausch realisiert werden, um die Störung der Bewohner zu minimieren. Die Modernisierung im bewohnten Zustand soll in der folgenden Betrachtung noch einmal beleuchtet werden.

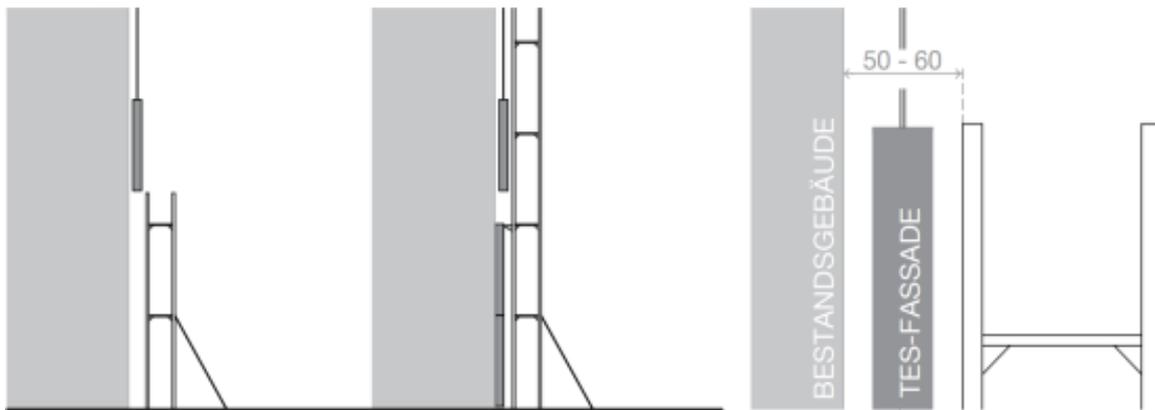


Abbildung 10: Montage der TES Elemente – das Gerüst wächst mit dem Baufortschritt mit

7. Maßgeschneiderte Lösung ausgerichtet auf Nachhaltigkeit und Effizienz

Mit der TES Methode steht ein systematisiertes Vorgehen zur Verfügung, um eine reibungslose, sichere und finanziell wie ökologisch nachhaltige Modernisierung erfolgreich durchzuführen. Die Grundlage dafür bilden die vollständige Ausführungsplanung im Vorfeld und die Zusammenarbeit in einem integralen Planungsprozess.

Das Ziel einer Modernisierung mit der TES Methode ist es, ein Gebäude, welches das Ende seines Lebenszyklus erreicht hat, wieder auf einen Neubaustandard zu heben, wodurch das Gebäude eine neue Lebenszeit erhält. Energieverbrauch und Nutzungsqualität sollen mindestens dem erforderlichen Neubaustandard entsprechen. Das zeigt, dass die TES Methode nicht auf eine Minimallösung mit nur der nötigsten Investition für eine kurzzeitige Verbesserung ausgerichtet ist, sondern für Bauherren interessant ist, die eine nachhaltige Lösung anstreben. Die Modernisierung im genutzten oder bewohnten Zustand ist durch die kurze Ausführungszeit auf der Baustelle und durch die geringe Störung der Nutzer zwar möglich. Jedoch fallen durch die komplexere Aufgabe höhere Kosten, da im bewohnten Zustand Wohnungen nicht frei betretbar sind und erheblicher Koordinationsaufwand mit den Nutzern entsteht. Eine optimale Umsetzung ist daher nur im unbewohnten Zustand zu erreichen.

Die TES Fassadenelemente dienen als Trägerrahmen für eine breite Palette an Ausstattungsvarianten, von Isolierverglasungen über Sonnenschutz bis hin zu Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung. Je nach Bedürfnissen des Bestandsgebäudes kann dieses System individuell und doch in einem systematisierten Prozess auf die unterschiedlichen Anforderungen angepasst werden.

8. Literaturverweise

- [1] [Huß 2017] Wolfgang Huß: Konventionell kontra Vorfertigung, in Deutsches Architektenblatt 11-17, planet c GmbH Düsseldorf 2017.
- [2] [Gräfe et al. 2014] Martin Gräfe et al.: Erarbeitung weiterführender Konstruktionsregeln/-details für mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise der Gebäudeklasse 4, Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart 2014.
- [3] [Lattke et al. 2009] Frank Lattke et al.: TES EnergyFacade – prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope, TES Manual, TU München 2009.
- [4] [Lattke 2018] Frank Lattke: Lösungen für die Gebäudemodernisierung, in Atlas Mehrgeschossiger Holzbau, Detail Business Information GmbH München 2018.