



**Universität
Zürich^{UZH}**

Masterthese
zur Erlangung des
Master of Advanced Studies in Real Estate

**Wirtschaftlichkeit von Fassaden im Planungs- und
Ausführungsprozess am Beispiel des
Wärmedämmverbundsystems**

Verfasser: Yi Yao
yi.yao@gmx.net

Eingereicht bei: Prof. Dr. Andrea Frangi

Abgabedatum: 18.8.2014

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VI
Executive Summary	VII
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Abgrenzung des Themas	2
1.3 Zielsetzung und Fragestellungen	3
1.4 Methodik	4
2 Grundlagen	5
2.1 Entwicklung des Wärmedämmverbundsystems	5
2.2 Aufbau des Wärmedämmverbundsystems	7
2.2.1 Untergrund	8
2.2.2 Kleber	9
2.2.3 Wärmedämmung	9
2.2.4 Grundputz mit Bewehrung	11
2.2.5 Deckputz	12
2.2.6 Anstrich	12
3 Analyse der Erstellungskosten	14
3.1 Definition Wirtschaftlichkeit	14
3.2 Untersuchte Projekte	15
3.3 Analyse der Kosten	18
3.4 Mehrkosten im Detail	21
3.4.1 Bereinigte Mehrkosten	21
3.4.2 Bereinigte Mehrkosten nach Region	23
3.4.3 Bereinigte Mehrkosten nach Baujahr	24
3.4.4 Bereinigte Mehrkosten nach Art der Projekte	25
3.4.5 Bereinigte Mehrkosten nach Typen der Bauten	26
3.4.6 Bereinigte Mehrkosten nach Fassadenflächen	27
4 Diskussion der Mehrkosten	28
4.1 Ursachen für die Mehrkosten	28
4.1.1 Planungsfehler	28

4.1.2	Ausführungsfehler	31
4.2	Weitere Mehrkosten bei der Erstellung	34
4.3	Vergleichsobjekte	37
4.3.1	Die Vergleichsobjekte	37
4.3.2	Die Erstellungskosten der Vergleichsobjekte.....	38
4.3.3	Ursachen für die Mehrkosten	39
5	Empfehlungen zur Vermeidung bzw. Minderung der Mehrkosten.....	41
6	Schlussbetrachtung.....	43
6.1	Fazit und Diskussion.....	43
6.2	Ausblick	44
	Literaturverzeichnis.....	45
	Internetquellen.....	46
	Anhang	47

Abkürzungsverzeichnis

BKP	Baukostenplan
BKZ	Brandkennziffer
EPS	Polystyrol, expandiert
KV	Kostenvoranschlag
PUR	Polyurethan
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
TU / GU	Total- oder Generalunternehmer
VKF	Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen
WDVS	Wärmedämmverbundsystem(e)
XPS	Polystyrol, extrudiert

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Haus der Immobilienökonomie, Schulte et al. (2008), S. 58	3
Abbildung 2: Ansicht des Aufbaus WDVS ohne Dübel	7
Abbildung 3: Schnitt des Aufbaus WDVS mit Dübel	8
Abbildung 4: Regionale Verteilung der Projekte	15
Abbildung 5: Zeitliche Verteilung der Projekte	16
Abbildung 6: Art der Projekte	16
Abbildung 7: Typen der Bauten	17
Abbildung 8: Mehrkosten gegenüber KV	20
Abbildung 9: Mehrkosten gegenüber Vergabe	20
Abbildung 10: Bereinigte Mehrkosten gegenüber KV	23
Abbildung 11: Bereinigte Mehrkosten nach Region	24
Abbildung 12: Bereinigte Mehrkosten nach Baujahr	24
Abbildung 13: Bereinigte Mehrkosten nach Art der Projekte	25
Abbildung 14: Bereinigte Mehrkosten nach Typen der Bauten	26
Abbildung 15: Bereinigte Mehrkosten nach Fassadenfläche	27
Abbildung 16: Beispiel Sockelanschluss	29
Abbildung 17: Führungsschiene der Lamellen-Storen	30
Abbildung 18: Fallstrang in der Dämmung	30
Abbildung 19: Nachträglich ergänzte Dübel	32
Abbildung 20: Anzupassende vorfabrizierte Elemente	33
Abbildung 21: WDVS im Brand , Frankfurter Rundschau (2012)	33
Abbildung 22: Wetterschutz mit Kunststoffbahnen	35
Abbildung 23: Mehrkosten der Vergleichsprojekte	39

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erstellungskosten diverser Fassadentypen	2
Tabelle 2: Dämmstoffe und Marktanteile	10
Tabelle 3: Tabellierte Bemessungswerte für Wärmedämmmaterialien	11
Tabelle 4: Grunddaten der Projekte	18
Tabelle 5: Übersicht der Erstellungskosten	19
Tabelle 6: Detaillierte Mehrkosten	22
Tabelle 7: Weitere Mehrkosten bei der Erstellung	36
Tabelle 8: Grunddaten der Vergleichsobjekte	37
Tabelle 9: Erstellungskosten der Vergleichsobjekte	38
Tabelle 10: Erstellungskosten der untersuchten Projekte, Teil 1	48
Tabelle 11: Erstellungskosten der untersuchten Projekte, Teil 2	48
Tabelle 12: Erstellungskosten der Vergleichsprojekte	48

Executive Summary

Das Wärmedämmverbundsystem geniesst in der Schweiz grosse Beliebtheit, wenn es um die Gestaltung der Fassade geht. Ein entscheidender Grund dafür sind die tiefen Erstellungskosten. In der Praxis wird jedoch beobachtet, dass dieser Fassadentyp häufig Mehrkosten verursacht, so dass die Abrechnung höher liegt als der Kostenvoranschlag. Die Frage stellt sich, ob diese Beobachtung mit der Realität generell übereinstimmt und wie wirtschaftlich das Wärmedämmverbundsystem tatsächlich ist.

Als Grundlage werden die Entwicklung und der typische Aufbau der Wärmedämmverbundsysteme vorgestellt.

Um die gestellte Fragestellung zu beantworten, werden 23 Projekte von einem Total- und Generalunternehmer untersucht. Bei diesen Projekten werden die Erstellungskosten ermittelt und bereinigt, bevor sie mit dem Kostenvoranschlag bzw. mit der Vertragssumme bei der Vergabe an den Subunternehmer verglichen werden. Die Fragestellung kann beantwortet werden, dass das Wärmedämmverbundsystem generell Mehrkosten verursacht. Die Mehrkosten werden im Detail analysiert und verglichen in Bezug auf Region, Baujahr, Art des Projekts, Typ des Baus und Fassadenfläche.

In einem weiteren Schritt werden die typischen Ursachen für die Mehrkosten in der Planungs- und Ausführungsphase identifiziert und weitere Mehrkosten in Zusammenhang mit der Erstellung des Wärmedämmverbundsystems diskutiert. Die Gültigkeit der Aussage kann überprüft werden, indem eine Vergleichsgruppe mit Projekten aus anderen Unternehmen beigezogen wird.

Aus der Analyse und Diskussion werden Empfehlungen zur Vermeidung und Minderung der Mehrkosten bzw. zur Bekämpfung deren Ursachen erfasst.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Das Wärmedämmverbundsystem (WDVS, in der Praxis auch als verputzte Aussenwärmedämmung bezeichnet) hat sich seit seiner Erfindung vor ca. 50 Jahren zum Liebling der Architekten entwickelt. Durch seine guten physikalischen Eigenschaften, die einfache Anwendung und die tiefen Erstellungskosten wird das WDVS heute sehr verbreitet angewendet. Laut einer Schätzung des Fachverbandes WDVS wurden bis 2012 alleine im deutschsprachigen Raum über 860 Mio. m² WDVS verlegt.¹

Mit der Diskussion zur Energiewende und zum nachhaltigen Bauen gewinnt die Wärmeisolation immer mehr an Bedeutung, besonders seit der Bundesrat die „Strategie Nachhaltige Entwicklung 2002“ für die Schweiz erliess, die die inhaltlichen und vorgehensbezogenen Rahmenbedingungen der Schweizer Politik der nachhaltigen Entwicklung vorgibt. 2004 erschien die Empfehlung SIA 112/1 – Hochbau² als Ergänzung zum Leistungsmodell SIA 112 des Schweizer Ingenieur- und Architektenvereins. Inhaltlich richtet sich diese Empfehlung an die „Strategie Nachhaltige Entwicklung 2002“ des Bundesrats. In den Bereichen Wirtschaft und Umwelt werden niedrige Energieverbräuche im Betrieb sowie die Reduktion des Heizenergiebedarfs durch eine kompakte, gut wärmedämmende und luftdichte Gebäudehülle angestrebt. Mit den Minergie®-Standards werden konkrete Anforderungen an die Wärmedämmung definiert.

Die WDVS wurden weiterentwickelt, um die sich rasch ändernden Anforderungen der heutigen Normen zu erfüllen. Obwohl heute eine Vielfalt von Alternativen zur Verfügung steht, behalten die WDVS ihre hohe Attraktivität bei den Neubauten. Ein grosser Teil der bestehenden Immobilien in der Schweiz verfügt über ungenügende Wärmedämmung. Bei den vor 1975 erbauten Häusern fehlt in der Regel gar eine Wärmedämmschicht.³ Wenn es darum geht, diese bestehenden Immobilien nachträglich wärmeschutztechnisch auf den Stand zu bringen, der den geltenden Vorschriften entspricht, stellt sich das WDVS oft als die einfachste und günstigste Alternative dar. In Tabelle 1 sind die Erstellungskosten

¹ Vgl. Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme e.V. 2012, S. 55

² Vgl. SIA 2004

³ Vgl. EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE 2014, S 32

verschiedener Fassadentypen ersichtlich. Im Vergleich zu anderen Typen ist das WDVS preislich vorteilhaft.

Fassadentyp	Erstellungskosten [CHF/m²]*
Doppelmauerwerk mit Dämmung	360 - 500
Vorgehängte Betonelemente mit Dämmung und Mauerwerk	430 - 730
Mauerwerk mit WDVS	330 - 460
Holzrahmen-Fassade	360 - 540
Pfosten-Riegel-Fassade	520 - 950

Tabelle 1: Erstellungskosten diverser Fassadentypen

* Die Erstellungskosten wurden wie folgt errechnet: Baupreis für einzelne Bauelemente gemäss Baupreisstatistik des Bundesamts für Statistik⁴, ergänzt und angepasst gemäss vorhandener Kalkulation der realen Projekte aus dem Zeitraum von 2010 bis 2014. Die dazu getroffenen Annahmen sind: Mauerwerk 140 mm, Wärmedämmung 140 – 200 mm, Holz-Metall-Fenster einfeldrig, Fensteranteil der Fassade 30%.

In der Realisierung wird jedoch beobachtet, dass das WDVS häufig Mehrkosten verursacht. Die effektiven Erstellungskosten liegen oft höher als der Kostenvoranschlag. Seitens Investoren können diese Mehrkosten durch Vergabe des Auftrags an einen General- oder Totalunternehmer überwältzt werden. Der General- oder Totalunternehmer muss die Mehrkosten zusammen mit dem Subunternehmer tragen. Ganzheitlich betrachtet ist es trotzdem sinnvoll, systematisch zu untersuchen, ob das WDVS tatsächlich Mehrkosten verursacht, und wenn ja, was die Gründe dafür sind.

Über die Mehrkosten von WDVS in der Planungs- und Ausführungsphase wurde bisher wenig geforscht. Sie sind jedoch für die Kostenkontrolle von grosser Bedeutung. Eine mangelhaft konzipierte oder ausgeführte Fassade verursacht unnötige Mehrkosten. Diese Kosten werden teils vor der Fertigstellung fällig, teils erst in der Nutzungsphase.

1.2 Abgrenzung des Themas

In dieser Arbeit werden die Mehrkosten für die Herstellung des WDVS untersucht. Dabei wird nicht unterschieden, wer sie tragen soll.

⁴ Vgl. Bundesamt für Statistik 2010

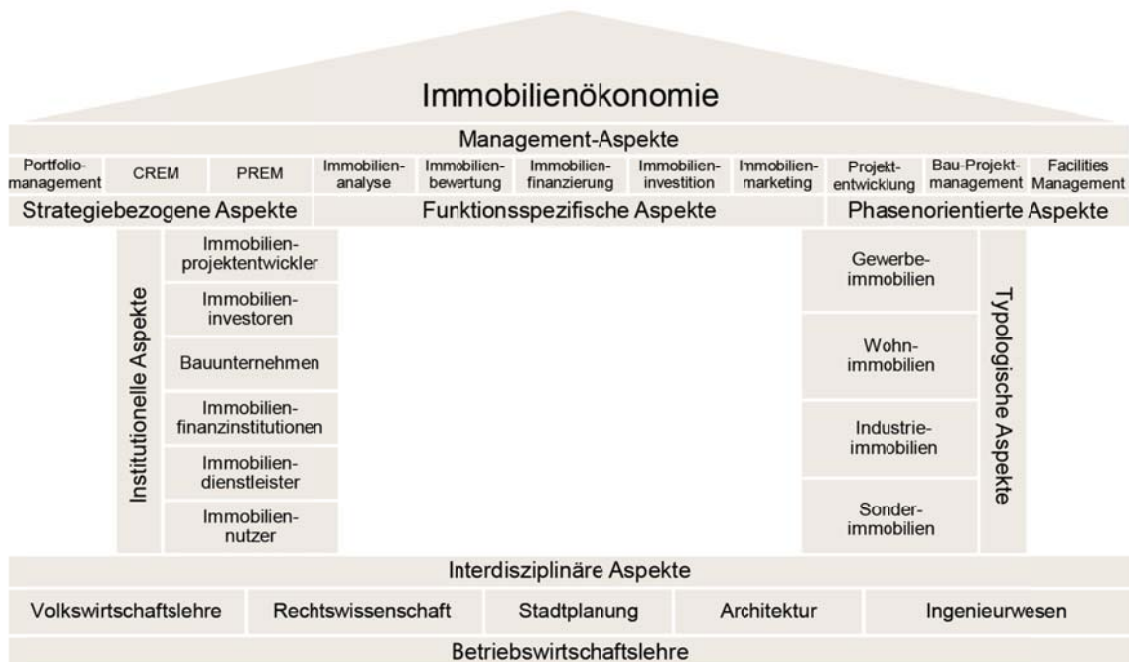


Abbildung 1: Haus der Immobilienökonomie, Schulte et al. (2008), S. 58

Im Haus der Immobilienökonomie in Abbildung 1 befindet sich das zu untersuchende Thema hauptsächlich unter den institutionellen Aspekten. Vor allem für Immobilienprojektentwickler, Immobilieninvestoren und Bauunternehmen hat das Thema hohe Relevanz. Bei den zeitlichen Aspekten wird der Schwerpunkt auf die Phasen Projektentwicklung und Bau-Projektmanagement gesetzt.

Untersucht wird lediglich der Fassadentyp WDVS. Es wird kein anderer Fassadentyp, wie z.B. die verputzte Innendämmung in Betracht gezogen.

Die Betrachtung beschränkt sich auf die Planungs- und Ausführungsphase. Über den ganzen Lebenszyklus des WDVS kommen noch weitere Kosten hinzu, wie beispielsweise Sanierungskosten oder Rückbaukosten, die nicht weiter diskutiert werden.

1.3 Zielsetzung und Fragestellungen

Erstens soll der Eindruck aus vereinzelt Beobachtungen geprüft und die Frage beantwortet werden, ob WDVS generell Mehrkosten verursacht. Dies wird erreicht, indem Projektdaten verschiedener Gebäudetypen und Regionen analysiert werden. Konkret wird geprüft, ob der Kostenvoranschlag beim Projektabschluss überschritten wird.

Zweitens sollen die Ursachen für die Mehrkosten analysiert werden. Sind die Mehrkosten aus Änderung seitens Besteller entstanden oder sind diese nur reines Mehrausmass, dann

sind diese Mehrkosten aus der Analyse zu entfernen, damit das Resultat seine Aussagekraft nicht verliert.

Die restlichen Ursachen sind für diese Arbeit interessant und werden im Detail diskutiert. Untersucht werden die durch Planungs- oder Ausführungsfehler bedingten Ursachen, deren Ursprung wiederum in den Eigenschaften des WDVS zu finden ist.

Eine weitere Fragestellung ist, welche zusätzlichen baulichen Massnahmen im Zusammenhang mit dem WDVS getroffen werden. Diese Massnahmen verursachen ebenfalls Mehrkosten, die aber nicht unter der BKP Position „Fassade“ oder „verputzte Aussenwärmedämmung“ verbucht werden.

Ferner sollen mögliche Empfehlungen zur Vermeidung von Mehrkosten vorgeschlagen werden.

1.4 Methodik

Die Kosten für die Arbeitsgattung verputzte Aussenwärmedämmung (WDVS) von 23 Projekten werden gesammelt und analysiert. Dabei ist zu beachten, dass verschiedene Gebäudetypen (Wohnen, Büro, Spital, Handel, etc.) und Grössen aus verschiedenen Regionen vertreten sind, damit das Resultat nicht nur für einen bestimmten Typen oder eine bestimmte Region Gültigkeit erlangt.

Aus den zu untersuchenden Projekten werden der Kostenvoranschlag, die Vergabesumme, die Nachträge, die Regiearbeiten und die Schlussrechnung einander gegenübergestellt und verglichen. Damit wird die Fragestellung beantwortet, ob die Abschlusssumme des WDVS generell höher als der Kostenvoranschlag liegt.

In einer zweiten Phase werden die Mehrkosten nach ihren Ursachen getrennt betrachtet. Änderungen aus reiner Anpassung des Ausmasses oder seitens Besteller werden nicht weiter analysiert. Die wegen der Eigenschaften des WDVS entstandenen Mehrkosten, die in Form von Planungs- oder Ausführungsfehlern auftreten, werden im Detail analysiert. Sie sind die „wahren“ Mehrkosten, die für die Projektbeteiligten interessant sind.

Zu den Mehrkosten sind noch die Kosten für zusätzliche bauliche Massnahmen zu zählen. Diese werden zwar nicht in der Arbeitsgattung Fassade verbucht, sollen aber nicht vernachlässigt werden.

2 Grundlagen

2.1 Entwicklung des Wärmedämmverbundsystems⁶

Seit den 1920er Jahren wurden Holzwolle-Leichtbauplatten produziert und als Wärmedämmung verwendet. Aufgrund ihrer geringen Dämmwirkung und relativ hohen Flächenmasse konnten sie sich als aussen liegende Wärmedämmung nicht durchsetzen.

In der Mitte der 1950er Jahre entstanden die WDVS in der heute noch praktizierten Form: an der Aussenwand befestigte, hocheffektive Wärmedämmplatten, komplettiert mit einem zweilagigen, mit Gewebe bewehrten Putz. Diese empirisch entwickelte Bauart wurde ihrer Funktion wegen als „Vollwärmeschutz“ oder „Thermohaut“ bezeichnet. Diese Namen beschrieben die Tatsache, dass die WDVS mit nur einigen Zentimetern Dämmstoff und einer dünnen Putzschicht wie eine wärmeschützende Haut die Aussenwand bedeckten. Erst in den 1990er Jahren wurde im Fachkreis der Ausdruck „Wärmedämmverbundsystem“ als Fachbegriff eingeführt.

Anfänglich wurden die WDVS zur Vermeidung von Kondensation eingesetzt. Doch auch damals war schon bekannt, dass alleine mit der Wärmedämmung das Ziel nicht erreicht wird. Um die Oberflächentemperatur zu erhöhen, ist neben der Wärmedämmung noch eine Gebäudeheizung notwendig. Ende der 1950er Jahre wurden zum ersten Mal Polystyrol-Hartschaumplatten (entwickelt von BASF unter dem Markennamen Styropor®) bei Wohnhäusern an der Aussenfassade angewendet. Diese Bauart wurde von diversen Herstellern angeboten, wobei die Produkte als komplette Verbundsysteme auf den Markt gebracht wurden.

Die Entwicklung der WDVS gestaltete sich sehr langsam bis in die 1970er Jahren. Die WDVS fanden meistens nur Anwendung bei den Ein- und Doppelfamilienhäusern. Bei den Mehrfamilienhäusern wurde der Wärmeschutz für längere Zeit vernachlässigt, da die Eigentümer diese Häuser als Renditeobjekte vermieteten und die Heizkosten auf die Mieter überwälzen konnten. Erst mit dem Bewusstwerden der Nachhaltigkeit bei der Bevölkerung und insbesondere bei den Projektentwicklern und Investoren werden WDVS vermehrt bei Mehrfamilienhäusern eingesetzt. Die Eigentümer haben auch das Potential des Energiesparens und somit der Senkung der Nebenkosten und der Steigerung der

⁶ Vgl. u. a. Riedel et al. 2010. S. 16-20

Attraktivität ihrer Immobilien entdeckt. Mit den Ölkrisen der 1970er und 1990er Jahre sowie in der jüngeren Vergangenheit steigt auch das Interesse, die Neubauten besser zu isolieren und die Altbauten energetisch zu sanieren, um den Heizbedarf zu reduzieren.

Mitte der 1970er Jahre wurden die ersten mineralischen, nicht brennbaren Dämmmaterialien entwickelt, nämlich Steinwolleplatten, Steinlamellenplatten. Somit konnte der Anwendungsbereich von WDVS auf öffentliche Gebäude, Hochhäuser und Industriebauten erweitert werden. Zusammen mit den Polystyrol-Hartschaumplatten dominierten diesen Platten den Einsatzmarkt der WDVS bis in die 1990er Jahre.

Seit den 1990er Jahren werden die Dämmstoffe für das WDVS weiter entwickelt und neue Dämmstoffe werden ständig hinzugefügt. Heute stehen den Projektentwicklern und Investoren je nach ökonomischer und ökologischer Zielsetzung diverse innovative WDVS als Alternativen zur Verfügung. So werden beispielsweise Dämmstoffe auf Basis Mineralschaum, Polyurethan- und Phenolharz-Hartschaum oder Polycarbonat angewendet. Nachwachsende Rohstoffe, wie Holz, Kork, Hanf und Schilf, geniessen als Ausgangsmaterialien für die Dämmschicht in WDVS zunehmende Beliebtheit.

Die sich laufend verschärfenden Vorschriften und Standards haben zur Folge, dass die Aufbaustärke der Dämmschicht stetig wächst. Während in den 1960er Jahren noch bis 50 mm Dämmung eingebaut wurde, beträgt die Dämmschicht nach heutigem Standard über 200 mm. Dies, obwohl die Dämmstoffe viel bessere Dämmeigenschaften aufweisen. Auch die Oberflächen- und Kantenbildungen werden weiter entwickelt und diversifiziert.

Über die Jahre werden die Befestigungsarten auch weiter entwickelt, also die Art, wie der Dämmstoff an den Untergrund befestigt wird. Generell wird unterschieden zwischen ausschliesslich geklebt, geklebt und gedübelt, mit Schienen- oder Profilbefestigung sowie mit anderen Befestigungsmitteln.

Neben zahlreichen Variationen der Schlussbeschichtung aus Verputz werden heute auch keramische Bekleidungen, wie Klinkerreimen und Fliesen, als Oberfläche für die WDVS eingesetzt. Heute existieren sogar Sondersysteme, wie z.B. transparente Deckputze oder hinterlüftete Verputze.

Die WDVS werden weitere innovative Entwicklungen erleben, zum einen, weil der Druck nach geringerem Energiebedarf ständig steigt, zum anderen, weil sich die Technologie und Materialien weiter verbessern.

2.2 Aufbau des Wärmedämmverbundsystems⁷

Ein typisches WDVS besteht aus:

- Untergrund
- Kleber
- Wärmedämmung
- ggfls. Dübel
- Grundputz mit Bewehrung
- Deckputz
- Anstrich

In Abbildung 2 ist ein Beispiel für den typischen Aufbau ohne Dübel (mechanische Befestigung) ersichtlich. Abbildung 3 hingegen stellt einen Aufbau mit Dübel dar. Die Zahlen in Klammern zeigen die heute gängige Stärke der einzelner Schichten.



1. Untergrund (150 – 300 mm)
2. Kleber (2 mm)
3. Wärmedämmung (200 mm)
4. Grundputz, 1. Lage (2 mm)
5. Bewehrung (0.5 mm)
6. Grundputz, 2. Lage (2 mm)
7. Deckputz (2 – 20 mm)
8. Anstrich (0.5 mm)

Abbildung 2: Ansicht des Aufbaus WDVS ohne Dübel

⁷ Vgl. u. a. Riedel et al. 2010. S. 74-142

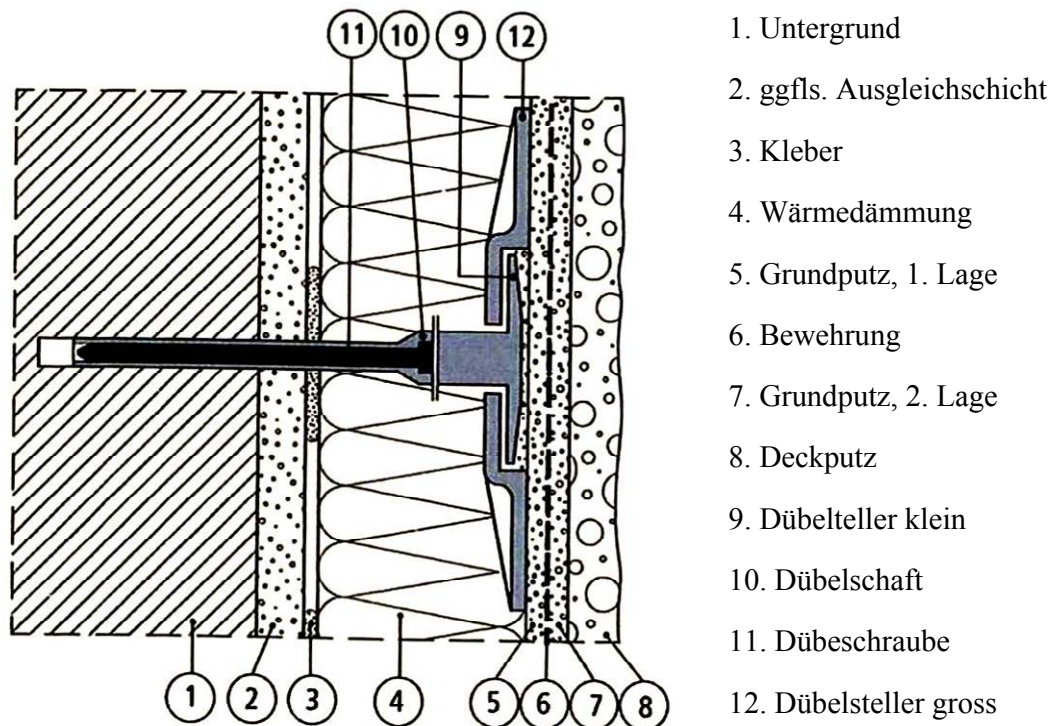


Abbildung 3: Schnitt des Aufbaus WDVS mit Dübel⁸

2.2.1 Untergrund

Der Untergrund ist die tragende Schicht für ein WDVS und dient als „Baugrund“ zur Befestigung des WDVS. Der Untergrund kann aus folgenden Materialien bestehen:

- Betonwand
- Mauerwerk als Backstein, Kalksandstein, Zementstein, Porenbeton
- Holzwerkstoffplatten
- Gips- oder zementgebundene Flachpressplatten
- Gipskartonplatten
- Massivholz
- Faserzementplatten

Die Eigenschaften des Untergrunds beeinflussen die Eigenschaften des WDVS. Deshalb ist vor Beginn der Applikation zu prüfen, ob der Feuchtigkeitsgehalt, das Wasseraugverhalten, die Benetzbarkeit, die Haftzugfestigkeit der Oberfläche, die Tragfähigkeit, die Standsicherheit und die Luftdichtigkeit des Untergrunds die Anforderungen erfüllen.

⁸ Vgl. Riedel et al. 2010. S. 34

Gegebenenfalls muss die Oberfläche gereinigt, getrocknet, aufgeraut oder angeglichen werden. In der SIA Norm „Verputzte Aussenwärmedämmung“⁹ sind die Anforderungen bezüglich Ebenheit, Haftzugfestigkeit und Restfeuchtigkeit des Untergrunds definiert.

2.2.2 Kleber

Der Kleber stellt die Befestigung der Wärmedämmung mit dem Untergrund sicher. Durch Adhäsion und Kohäsion verbindet der Kleber die Wärmedämmung mit dem Untergrund. Der Kleber, d.h. das Bindemittel, kann mineralisch, organisch oder eine Kombination aus beiden sein.

Marktgängige Kleber können in folgenden Formen geliefert werden:

- Verarbeitungsfertige Paste, die direkt anwendbar ist;
- Paste, die vor Gebrauch mit Zement als zusätzliches Bindemittel gemischt werden muss;
- Pulver, das nur mit Wasser gemischt werden muss oder
- Pulver, das mit vorgegebenem Bindemittel gemischt werden muss.

Falls die Haftzugfestigkeit zwischen Wärmedämmung und Untergrund nicht ausreicht, müssen der Dämmstoff zusätzlich mit Dübeln mechanisch befestigt werden.

2.2.3 Wärmedämmung

Der Hauptbestandteil eines WDVS ist die Wärmedämmung. Dieser Baustoff funktioniert, indem er dämmt, also den Wärmeaustausch zwischen Innen- und Aussenraum verhindert. Die Wärmedämmung besteht mehrheitlich aus Luft, die in vielen kleinen Hohlräumen eingeschlossen ist und somit das „Dämmen“ ermöglicht. Der eigentliche Wärmedämmstoff, wie z.B. Polystyrol-Platten, bildet die dünnwandigen Zellen, in denen sich Luftporen befinden.

Die Wärmedämmung muss über folgende Eigenschaften verfügen, um ihre Funktion zu gewährleisten:

- Geringe Wärmeleitfähigkeit, um einerseits den Wärmeverlust durch die Fassade zu reduzieren, andererseits die Oberflächentemperatur der Aussenwand zu erhöhen und somit die Kondensatbildung zu vermeiden;
- genügende Formstabilität, um den Verputz zu stützen;

⁹ Vgl. SIA 2008

- genügende Haftzugfestigkeit, um die Verbindung zum Untergrund und zum Verputz zu gewährleisten;
- genügende Zugfestigkeit, um das Eigengewicht und die Lasten des Verputzes zu tragen; sowie
- geringe Wasseraufnahmefähigkeit und Wasserdampfdurchlässigkeit, um die Dauerhaftigkeit des Systems zu gewähren.

Die heute gängigen Dämmstoffe können in drei Kategorien aufgeteilt werden.

Als natürlich-organische Wärmedämmstoffe zählen Stoffe auf pflanzlicher Basis, wie Holzfaserdämmstoffe, expandierter Kork, Hanf und Schilf. Gemeinsam haben sie die Nachteile, dass sie brennbar und gegen biologische Eingriffe nicht beständig sind.

Zu den synthetisch-organischen Wärmedämmstoffen gehören Hartschaumplatten aus Polystyrol, Polyurethan, Phenolharz und Polycarbonat. Auch sie sind brennbar und daher nur eingeschränkt anwendbar. Zudem weisen synthetisch-organische Wärmedämmstoffe eine grosse Bandbreite bezüglich Wärmedämmfähigkeit auf.

In der weit verbreiteten Kategorie sind Wärmedämmungen aus anorganischen Dämmstoffen vertreten. Diese beinhalten Dämmstoffe aus anorganischen, mineralischen Fasern wie Steinwolle, Glaswolle sowie Mineralschaum. Gegenüber natürlich-organischen oder synthetisch-organischen Wärmedämmstoffen weisen sie erstens eine hohe Dämmfähigkeit auf. Zweitens sind sie nicht brennbar und somit auch für öffentliche Bauten und Hochhäuser geeignet. Zudem sind sie beständig gegen biologische Angriffe.

In Tabelle 2 sind die Kategorien und Ihre Marktanteile¹⁰ ersichtlich.

Dämmstoff	Marktanteil
natürlich-organisch	8%
synthetisch-organisch	32%
anorganisch	60%

Tabelle 2: Dämmstoffe und Marktanteile

In Tabelle 3 sind die Bemessungswerte¹¹ für diverse der oben genannten Wärmedämmmaterialien ersichtlich. Diese Wärmedämmmaterialien weisen alle gute Wärmedämmfähigkeit auf, unterscheiden sich jedoch stark in ihrer Rohdichte. Die

¹⁰ Vgl. Welter 2008

¹¹ Vgl. SIA 2011, S. 18-19

Brandkennziffer (BKZ) ist eine Klassierung des Brandverhaltens der Baustoffe gemäss der Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen (VKF). Dieser setzt sich zusammen aus dem in den Prüfungen ermittelten Brennbarkeitsgrad (erste Zahl) und dem Qualmgrad (zweite Zahl).¹²

Material	Nennroh- dicke ρ_a [kg/m³]	Tabellierte Bemessungswerte der Wärmeleit- fähigkeit λ [W/(m·K)]	Brand- kennziffer BKZ nach VKF¹³
natürlich-organisch			
Holzfaserplatten	100 – 160	0,050	4.3
Korkplatten	90 – 160	0,055	4.3
Hanfmatte, -rollen	25 - 50	0,050	4.3
synthetisch-organisch			
Polystyrol, expandiert (EPS)	15 – 40	0,045	5.1
Polystyrol, extrudiert (XPS)	25 – 65	0,045	5.1
Polyurethan (PUR)	28 – 55	0,030 – 0,035	5.1
Phenolharz	30 - 50	0,030	5.3
anorganisch			
Steinwolleplatten	15 200	0,050	6q.3
Glaswolleplatten	10 – 120	0,050	6q.3
Mineralschaumplatten	<115	0,055	6q.3

Tabelle 3: Tabellierte Bemessungswerte für Wärmedämmmaterialien

2.2.4 Grundputz mit Bewehrung

Auf die Wärmedämmung wird die nächste Schicht gespachtelt: Grundputz mit Bewehrung. Der Grundputz gleicht kleine Unebenheiten der Wärmedämmstoffe aus und verhindert das Eindringen von Wasser von aussen und erhöht somit die Frostbeständigkeit. Gleichzeitig soll der Grundputz dampfdurchlässig sein, um Fäulnis vorzubeugen. Die Bewehrung besteht in der Regel aus reissfestem Fasergewebe, das die Stösse bei den Wärmedämmplatten

¹² Vgl. VKF <http://www.praever.ch/>

¹³ Zusammenfassung diverser Herstellerangaben

überbrückt und Spannungen durch äussere Einwirkungen aufnehmen kann. Die Bewehrung verhindert Schwindrisse und stellt die Dauerhaftigkeit der WDVS sicher. Die Schicht mit Grundputz und Bewehrung trägt auch zur Luftdichtigkeit des ganzen Fassadensystems bei. Der Grundputz kann organisch oder anorganisch gebundener Natur oder eine gemischte Form aus beiden sein. Die Bewehrung ist ein Gewebe aus Glasfaser, Kunststoff oder Metall.

2.2.5 Deckputz

Auf den Grundputz wird der Deckputz als schützende und gestalterische Schicht aufgetragen. Der Deckputz muss deshalb sowohl technische als auch gestalterische Anforderungen erfüllen. Um seine technische Funktion zu erreichen, muss der Deckputz elastisch, wasserabweisend, wasserdampfdurchlässig und resistent gegen Mikroorganismen sein. Für die gestalterische Funktion sind hingegen folgende Eigenschaften wichtig: Verarbeitbarkeit, Schichtdicke, Körnung, Möglichkeit für Färbung oder Fähigkeit zur Aufnahme der Anstriche.

Gemäss SIA Norm „Verputzte Aussenwärmedämmung“¹⁴ können Deckputze nach Art des Bindemittels und des Anteils an Dispersionsbindemittel in vier Gruppen aufgeteilt werden.

- Kunststoffputz mit einem organischen Bindemittel
- Mineralischer Putz mit einem oder mehreren mineralischen Bindemitteln
- Silikatputz mit einem Wasserglas-Bindemittel
- Silikonharzputz mit einem Silikonharz als Bindemittel

2.2.6 Anstrich

Je nach System wird als Abschluss eines WDVS die letzte Schicht – der Anstrich – appliziert. Der Anstrich besteht im Allgemeinen aus drei Arbeitsgängen: Grundierung, Voranstrich und Deckanstrich.

Wie der Deckputz muss der Anstrich auch technische sowie gestalterische Anforderungen erfüllen. Technisch soll der Anstrich wie der Deckputz elastisch, wasserabweisend, wasserdampfdurchlässig und resistent gegen Mikroorganismen sein. Als gestalterisches Instrument wird der Anstrich eingesetzt, um Farbabweichungen der Deckputze auszugleichen, um Fleckenbildung an der Oberfläche zu vermeiden und um das von der

¹⁴ Vgl. SIA 2008

Planung vorgesehene Erscheinungsbild zu erzielen. Bei der Genehmigung durch die Baubehörde spielt die Farbgebung eine wesentliche Rolle.

3 Analyse der Erstellungskosten

3.1 Definition Wirtschaftlichkeit

In der Betriebswirtschaftslehre¹⁵ wird der Begriff Wirtschaftlichkeit als das Verhältnis zwischen Ertrag und Aufwand definiert. So bedeutet Wirtschaftlichkeit entweder mit bestimmtem Mitteleinsatz (knappe Ressourcen) möglichst hohen Ertrag zu erzielen, oder den Mitteleinsatz für einen bestimmten Ertrag möglichst tief zu halten.

Angewendet für die Erstellungskosten in der Planungs- und Erstellungsphase kann die Wirtschaftlichkeit als das Verhältnis zwischen den tatsächlichen Erstellungskosten und den in der Planung kalkulierten Kosten betrachtet werden. Dies kann mit folgender Formel ausgedrückt werden.

$$\text{Wirtschaftlichkeit} = \frac{\text{tatsächliche Erstellungskosten}}{\text{kalkulierte Kosten}}$$

In dieser Arbeit wird die Wirtschaftlichkeit von Fassaden anhand Daten eines Total- und Generalunternehmers untersucht. Die dazu verwendeten Begriffe beziehen sich deshalb auf das Modell Total- oder Generalunternehmer (TU / GU) und nicht auf z.B. das Einzelleistungsträger-Modell.

Kostenvoranschlag (KV): Ein TU / GU reicht sein Angebot für ein Projekt mit dem Kostenvoranschlag ein – einer überschläglichen, verbindlichen kaufmännischen Vorkalkulation. Der KV beinhaltet Beschrieb der Arbeit, Ausmass und Kosten. Der KV wird bei Abschluss des Werkvertrags zum Bestandteil des Vertrags und dient als Basis für allfällige Mehr- und Minderkosten.

Vertragssumme / Vergabe: Ein TU / GU führt die Arbeiten oft nicht selber aus, sondern vergibt einzelne Arbeitsgattungen an seine Subunternehmer. Zwischen TU / GU und Subunternehmer wird wiederum ein Werkvertrag für die Erbringung einer Arbeitsgattung abgeschlossen. Für die Ausschreibung / Vergabe einer Arbeitsgattung wird ein detailliertes Leistungsverzeichnis, auch Devisierung genannt, erstellt, das verschiedene Positionen mit Beschrieb, Einheitspreis, Ausmass und Betrag definiert. Die Summe der einzelnen Kostenpositionen ergibt die Vertragssumme.

¹⁵ vgl. Gutenberg 1980

Nachtrag: Im Laufe des Erstellungsprozesses kommt es häufig vor, dass der Leistungsumfang des Werkvertrags nachträglich geändert werden muss. Die häufigsten Gründe für Projektänderungen sind nicht konkret definierte Leistungen im Werkvertrag, Wechsel des architektonischen Konzeptes, Erweiterung der Arbeit sowie Fehler in der Ausschreibung, Planung oder Ausführung. Diese Abweichung der zu erbringenden Leistung wird mittels eines Nachtrags festgelegt. Ein Nachtrag dient als Ergänzung zum Hauptvertrag und wird mit dem Hauptvertrag abgerechnet.

Regie: Im Gegensatz zum Nachtrag ist eine Regiearbeit oft unerwartet. Es sind kleine zusätzliche Arbeiten, die nicht im Ausmass sondern im Aufwand (Arbeitsstunden plus Material) verrechnet wird. Der Betrag einer Regiearbeit liegt in der Regel tiefer als ein Nachtrag.

Gesamte Mehrkosten: Die Summe aller Nachträge und Regiearbeiten ergibt die gesamten Mehrkosten.

Abrechnungssumme: Die Abrechnungssumme ist die Summe aus Werkvertrag und Mehrkosten (Nachtrag und Regie).

Die Wirtschaftlichkeit von Fassaden kann deshalb wie folgt definiert werden:

$$\text{Wirtschaftlichkeit} = \frac{\text{Abrechnungssumme}}{KV}$$

3.2 Untersuchte Projekte

Insgesamt wurden 23 Projekte eines in der ganzen Schweiz tätigen Generalunternehmers untersucht. Diese Projekte sind auf alle Regionen der Schweiz, ausser Tessin, verteilt. Aus Abbildung 4 ist ersichtlich, dass die Region Zürich mit 9 Projekten am häufigsten vertreten

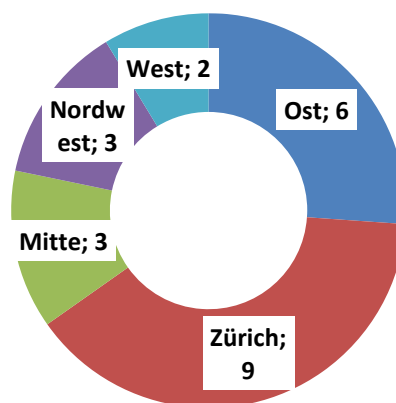


Abbildung 4: Regionale Verteilung der Projekte

ist. Die regionale Verteilung der Projekte entspricht etwa der Bautätigkeit dieses Generalunternehmers in diesen Regionen.

Ausser einem Projekt aus dem Jahr 1994 sind alle Projekte in den vergangenen zehn Jahren erstellt worden (vgl. Abbildung 5). Das hat praktische Gründe. Erstens sind ältere Daten weniger aussagekräftig für die heutige Marktsituation. Zweitens sind die neueren Projekte besser dokumentiert und die zur Verfügung stehenden Daten weisen bessere Qualität auf.

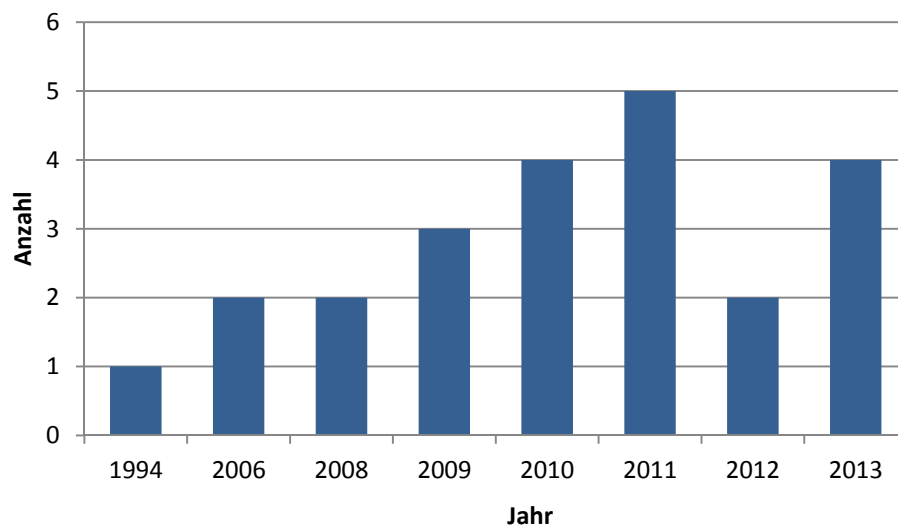


Abbildung 5: Zeitliche Verteilung der Projekte

Ca. 75% der untersuchten Projekte sind Neubauobjekte (vgl. Abbildung 6). Die Übrigen sind Umbauobjekte. Dabei handelt sich nicht nur um die Fassadensanierung, sondern teilweise auch um umfangreiche Erneuerungen des ganzen Gebäudes

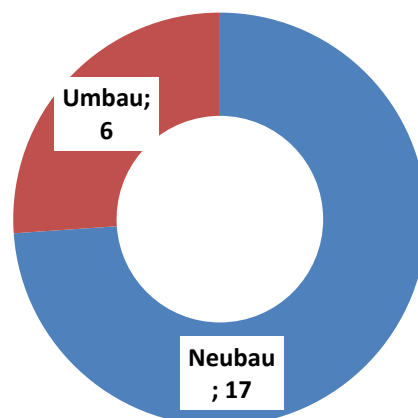


Abbildung 6: Art der Projekte

Von den 23 Projekten sind 18 Wohnbauten, zwei sind Bürogebäude. Ferner sind noch je ein Projekt der Typen Spital, Altersheim und Einkaufszentrum vertreten (vgl. Abbildung 7). Die Überlegenheit von Wohnobjekten ist das Resultat des anhaltenden Booms am Wohnungsmarkt für Mehrfamilienhäuser in den grossen Agglomerationen, sowohl bei Stockwerkeigentums- wie auch bei Mietwohnungen.

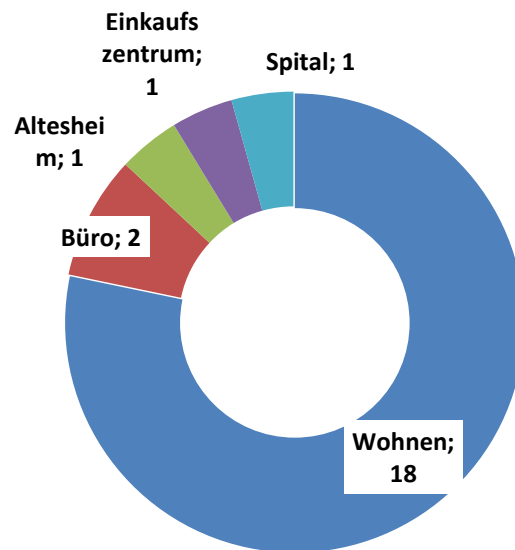


Abbildung 7: Typen der Bauten

In Tabelle 4 sind die Grunddaten der 23 Projekte ersichtlich. Das Volumen variiert vom sehr kleinen Mehrfamilienhaus mit 6'540 m³ bis zur ganzen Überbauung mit 131'804 m³. Dementsprechend ist die Spannweite der Geschossfläche von 1'929m² bis 38'330 m² sehr gross.

Die Brutto-Fassadenfläche beschreibt die gesamte Fläche einer Fassade. Die Netto-Fassadenfläche ist die Brutto-Fassadenfläche minus Öffnungen (z.B. Fenster und Türen). Für die Berechnung der Einheitspreise wurde deshalb die Netto-Fassadenfläche benutzt. Bei einzelnen Projekten fehlen teilweise Angaben. Diese Projekte werden bei allfälligen Berechnungen nicht berücksichtigt.

Die Einheitspreise der WDVS für einen Neubau oder Ersatz liegen zwischen CHF 94 und CHF 330 pro m². Der grosse Unterschied ist mit dem Aufbau der einzelnen Schichten, der Komplexität der Detailbildung und den Zuschlägen zu begründen. Beim Projekt Nr. 11 beträgt der Einheitspreis lediglich CHF 10 pro m², da es sich um eine oberflächliche Sanierung handelt.

Nummer	Volumen [m³]	Geschossfläche [m²]	Fassadenfläche brutto [m²]	Fassadenfläche netto [m²]	Einheitspreis gemäss KV [CHF/m²]
1	21'373	6'737	2'960	1'692	307
2	6'540	1'929	675	380	214
3	-	-	-	-	-
4	47'160	14'210	4'620	2'802	104
5	60'734	16'214	4'665	3'306	214
6	36'886	10'432	5'250	3'272	99
7	131'804	38'330	23'640	14'590	94
8	11'910	3'440	876	698	330
9	17'912	5'820	-	-	-
10	10'561	3'544	2'933	1'918	310
11	29'440	9'255	4'147	2'776	10
12	21'772	7'776	5'184	3'785	188
13	33'713	10'978	2'210	1'366	268
14	8'030	2'940	1'810	1'356	146
15	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-
17	28'392	8'368	-	-	-
18	18'690	5'487	3'210	2'600	186
19	53'960	16'177	8'644	7'402	184
20	64'030	19'764	17'700	11'750	96
21	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-
23	62'187	16'245	6'872	5'344	130

Tabelle 4: Grunddaten der Projekte

3.3 Analyse der Kosten

In Tabelle 5 sind die Erstellungskosten der 23 Projekte aufgestellt. Gegenüber dem Kostenvoranschlag wurde bei 3 Projekten tiefer abgerechnet. Bei den restlichen 20

Projekten liegt die Abrechnungssumme höher als der KV. Im Vergleich zur Vergabe / Vertragssumme liegt die Abrechnung ebenfalls bei 3 Projekten tiefer. Bei den meisten Projekten wurden sowohl der KV wie auch die Vergabe überschritten.

Nummer	KV [CHF]	Vertragssumme / Vergabe [CHF]	Gesamte Mehrkosten [CHF]	Abrechnungssumme [CHF]
1	519'530	542'950	0	542'950
2	81'300	84'390	14'290	98'680
3	300'600	270'000	11'960	281'960
4	291'000	444'460	0	444'460
5	708'500	773'148	-8'856	764'292
6	325'000	321'560	53'180	374'740
7	1'372'000	1'304'850	171'215	1'476'065
8	230'000	228'000	76'120	304'120
9	165'000	135'240	47'634	182'874
10	594'300	511'150	135'760	646'910
11	29'140	34'430	5'000	39'430
12	710'160	586'420	136'980	723'400
13	365'840	479'310	-55'620	423'690
14	197'554	199'060	515	199'575
15	271'150	258'240	-3'490	254'750
16	409'370	442'800	73'670	516'470
17	395'970	405'870	96'263	502'133
18	484'750	472'670	26'120	498'790
19	1'360'338	1'057'090	276'860	1'333'950
20	1'124'380	1'171'790	145'880	1'317'670
21	131'530	144'700	13'540	158'240
22	1'420'200	1'343'900	271'260	1'615'160
23	697'060	672'850	26'500	699'350

Tabelle 5: Übersicht der Erstellungskosten

Die absoluten Mehrkosten sind schlecht vergleichbar, da die Projekte unterschiedlicher Natur (Projektvolumen) sind. Deshalb ist es sinnvoll, die relativen Mehrkosten darzustellen. In Abbildung 8 ist ersichtlich, dass die Mehrkosten gegenüber KV zwischen -6% und 53% betragen, wobei der Mittelwert bei 13% liegt. Gegenüber Vergabe liegen diese zwischen -12% und 35%, mit einem Mittelwert von 13% (vgl. Abbildung 9).

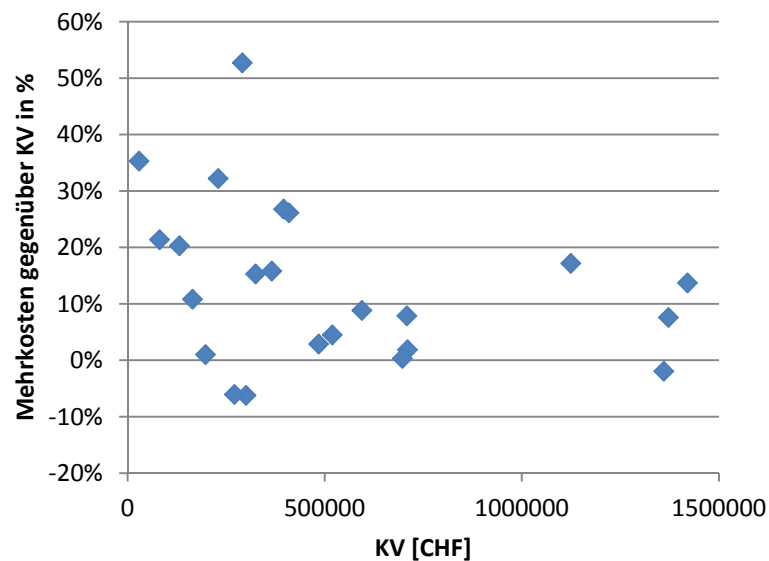


Abbildung 8: Mehrkosten gegenüber KV

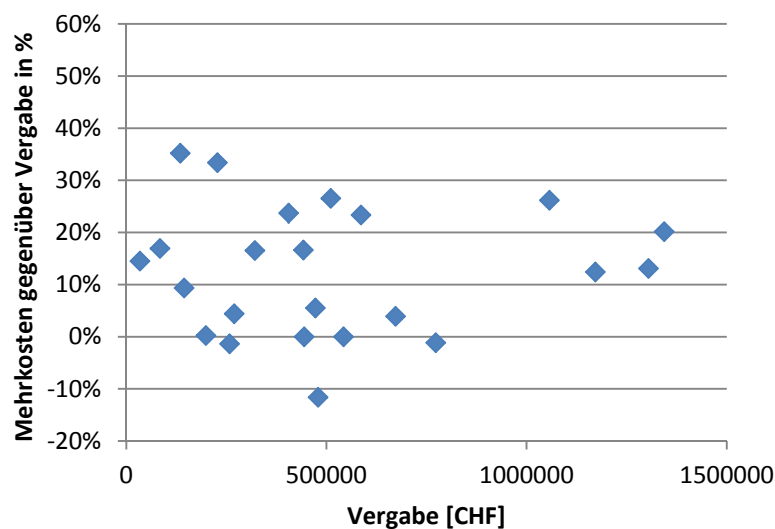


Abbildung 9: Mehrkosten gegenüber Vergabe

Zu beachten ist jedoch, dass die Ursachen für Mehrkosten unterschiedlich sind. Mehrkosten wegen Nachbestellung oder Anpassung des Ausmasses können als Anpassung des KV

betrachtet werden. Diese sind nicht durch die Eigenschaft des WDVS bedingt und müssen aus der Analyse entfernt werden. Die restlichen Mehrkosten sind aufgrund systembedingter Planungs- und Ausführungsfehler entstanden. Deshalb werden in einem weiteren Schritt die Mehrkosten detailliert untersucht.

3.4 Mehrkosten im Detail

3.4.1 Bereinigte Mehrkosten

Wie bereits in Kap. 3.1 erwähnt, beinhalten die gesamten Mehrkosten zwei Positionen: Nachtrag und Regie. Unter Nachtrag kann weiter unterschieden werden zwischen:

- Nachtragssumme aufgrund von Mehrausmass
- Nachtragssumme wegen anderen Ursachen (z.B. Fehler aus der Planung)

Diese Detailkosten sind in Tabelle 6 zusammengestellt. Damit die Basis für den Vergleich gleich bleibt, wird nicht der KV, sondern die Abrechnungssumme angepasst (ein Minus beim KV entspricht einem Plus bei der Abrechnungssumme). Die Kosten in der vorletzten Spalte sind die Gesamtkosten ohne diejenigen aufgrund von Mehrausmass. Dies sind die bereinigten, wirklichen Gesamtkosten.

Num- mer	KV [CHF]	Nachtrags- summe Mehrausmass [CHF]	Nachtrags- summe anderer Ursache [CHF]	Regiesumme [CHF]	Gesamtkosten ohne Mehrausmass [CHF]	Mehr- kosten in %
1	519'530	0	0	0	542'950	5%
2	81'300	0	1'260	13'030	98'680	21%
3	300'600	0	460	2'500	281'960	-6%
4	291'000	0	0	0	444'460	53%
5	708'500	-46'976	13'160	24'960	811'268	15%

6	325'000	13'250	23'410	16'520	361'490	11%
7	1'372'000	31'000	132'785	7'430	1'445'065	5%
8	230'000	24'300	42'110	9'710	279'820	22%
9	165'000	25'860	21'774	0	157'014	-5%
10	594'300	79'960	20'800	35'000	566'950	-5%
11	29'140	5'000	0	0	34'430	18%
12	710'160	0	120'500	16'480	723'400	2%
13	365'840	0	-72'120	16'500	423'690	16%
14	197'554	10'760	-10'245	0	188'815	-4%
15	271'150	-3'490	0	0	258'240	-5%
16	409'370	35'410	38'260	0	481'060	18%
17	395'970	27'623	63'260	5'380	474'510	20%
18	484'750	0	23'110	3'010	498'790	3%
19	1'360'338	0	223'670	53'190	1'333'950	-2%
20	1'124'380	0	127'900	17'980	1'317'670	17%
21	131'530	0	13'540	0	158'240	20%
22	1'420'200	0	271'260	0	1'615'160	14%
23	697'060	0	26'500	0	699'350	0%

Tabelle 6: Detaillierte Mehrkosten

In Abbildung 10 sind die absoluten und relativen bereinigten Mehrkosten dargestellt. Ersichtlich ist, dass mit zunehmenden KV-Summen die absoluten bereinigten Mehrkosten steigen. Ein Zusammenhang zwischen Projektgrösse und Höhe der bereinigten Mehrkosten ist aber nicht festzustellen, wenn die relativen Mehrkosten in der letzten Spalte betrachtet werden. Diese bereinigten relativen Zahlen betragen zwischen -6% und 53%, mit einem Mittelwert von 10%. Dies bedeutet, dass das WDVS bei den untersuchten Projekten durchschnittlich 10% Mehrkosten im Vergleich zum Kostenvoranschlag verursacht. Die Mehrheit der relativen Zahlen bewegt sich zwischen 0% und 20%.

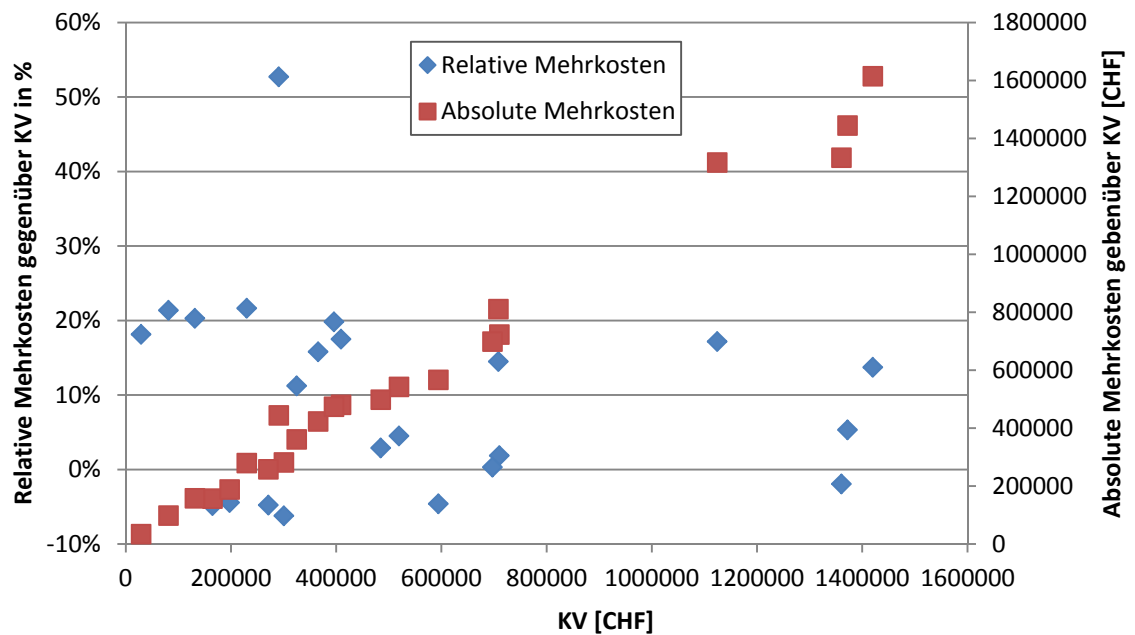


Abbildung 10: Bereinigte Mehrkosten gegenüber KV

3.4.2 Bereinigte Mehrkosten nach Region

In Abbildung 11 sind die bereinigten Mehrkosten gegenüber KV regional getrennt abgebildet. Die rote Linie stellt die Mittelwerte der einzelnen Regionen da. Die Mittelwerte sind in allen Regionen positiv. D.h. die bereinigten Abrechnungssummen überschreiten überall die Kostenvoranschläge. Die Regionen West und Zürich weisen mit 18% respektive 15% deutlich höhere Mehrkosten im Vergleich zu den Regionen Mitte (3%), Nordwest (6%) und Ost (7%) auf. Zu beachten ist jedoch, dass die Regionen Mitte, Nordwest und West mit jeweils nur 2 oder 3 Projekten nicht genügend vertreten sind und somit deren Aussagekraft schwächen. Wenn man das Projekt Nr. 4 aus der Datenreihe nähme, wäre der Mittelwert der Region Zürich mit 10% zwar tiefer ausgefallen, aber immer noch relativ hoch im Vergleich zu den anderen Regionen.

Die Regionen Zürich und West waren im betrachteten Zeitraum von der Wohnraumknappheit am stärksten geprägt. Deshalb wurde in diesen beiden Regionen der grösste Zuwachs an Neubauten verzeichnet. Aufgrund der Marktsituation wurden Bauprogramme zeitlich immer enger gestaltet. Unter Zeitdruck war die Wahrscheinlichkeit höher, dass sich Fehler in Planung und Ausführung ergaben.

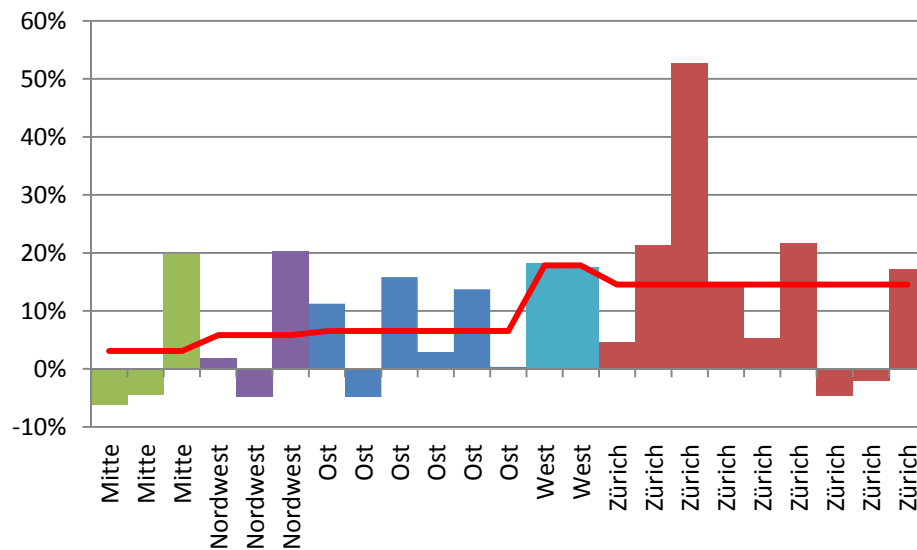


Abbildung 11: Bereinigte Mehrkosten nach Region

3.4.3 Bereinigte Mehrkosten nach Baujahr

Anstatt nach Region sind in Abbildung12 die bereinigten Mehrkosten nach Baujahr dargestellt. Die rote Linie zeigt die Mittelwerte der einzelnen Jahre. Die Mehrpreise weisen starke Schwankungen auf (-5% bis 28%). 22 der 23 Projekte wurden im Zeitraum von 2006 bis 2013 realisiert. Über eine Zeitspanne von 8 Jahren kann nur schwer ein Trend bestimmt werden. Ein tendenzieller Anstieg der Mehrpreise kann jedoch festgestellt werden.

Der Grund für diesen Trend ist ähnlich wie bei der regionalen Analyse: Da das Bauvolumen

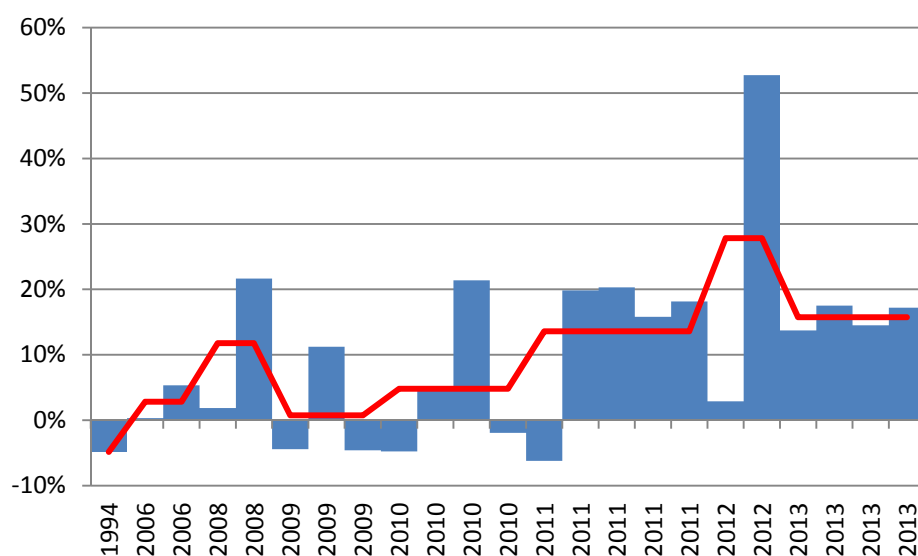


Abbildung12: Bereinigte Mehrkosten nach Baujahr

zwischen 2006 und 2013 ständig angestiegen ist, wurde die Planungs- und Bauzeit immer stärker verkürzt. Erfahrungsgemäss sind Fehler vorprogrammiert, wenn ohne sorgfältige Planung mit dem Bau angefangen wird. Eine Korrektur der Fehler in der Realisierungsphase wirkt sich auf die Höhe der Kosten aus.

3.4.4 Bereinigte Mehrkosten nach Art der Projekte

In einem weiteren Schritt werden die bereinigten Mehrkosten nach Art der Projekte untersucht. In Abbildung 13 kann beobachtet werden, dass sowohl beim Neubau als auch beim Umbau die bereinigten Mehrkosten stark variieren. Die rote Linie zeigt die Mittelwerte für Mehrkosten im Neubau bzw. Umbau. Daraus ist ersichtlich, dass obwohl die Differenz nicht gross ist, sich die Mehrkosten des Neubaus (11%) doch von denen des Umbaus (7%) unterscheiden.

Während bei einem Umbau die Rahmenbedingungen bereits bekannt sind und der Untergrund (Rohbau) für den Umbau vorhanden ist, sind die Umstände bei einem Neubau weniger konkret. Zudem wird beim Umbau anders kalkuliert als beim Neubau, nämlich mit anderen Zuschlägen und Vertragsbedingungen. Diese beiden Gründe erklären die tieferen Mehrkosten beim Umbau.

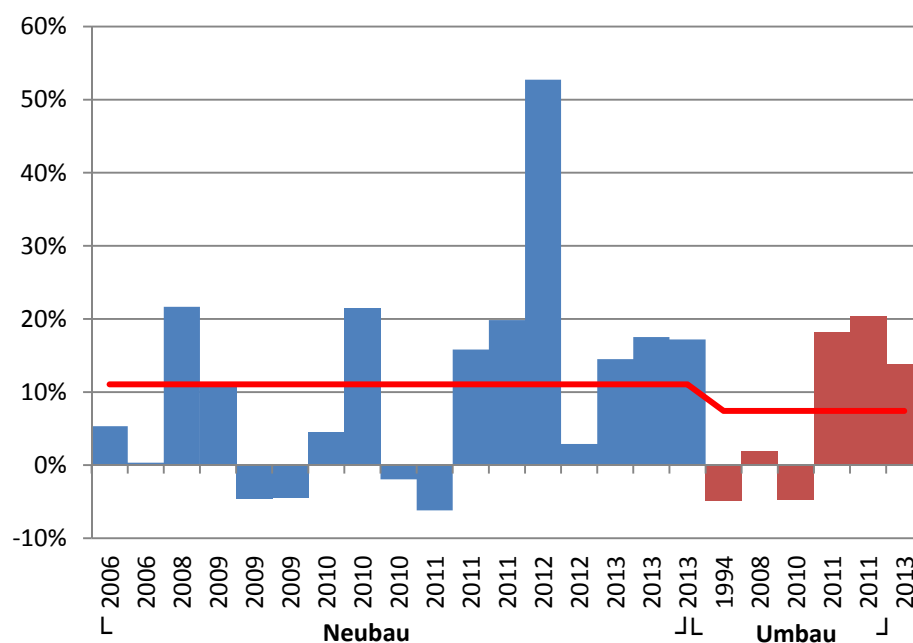


Abbildung 13: Bereinigte Mehrkosten nach Art der Projekte

Die Daten in Abbildung 13 sind bei beiden Bauarten nach Baujahr angeordnet. Dabei kann der in Kap. 3.4.3 festgestellte Trend, dass die bereinigten Mehrkosten über die Jahre ansteigen, sowohl für Neubau als auch für Umbau bestätigt werden.

3.4.5 Bereinigte Mehrkosten nach Typen der Bauten

Nun soll untersucht werden, ob die bereinigten Mehrkosten von Typen der Bauten abhängig sind (vgl. Abbildung 14). Die rote Linie stellt die Mittelwerte der jeweiligen Bautypen dar. Auch wenn auf dem Diagramm Unterschiede zwischen den Typen vorhanden sind, ist eine zuverlässige Aussage schwierig zu machen. Wie bereits erwähnt dominieren unter den untersuchten Projekten die Wohnbauten und die restlichen Typen (Altersheim, Büro, Einkaufszentrum und Spital) mit je einem bzw. zwei Projekten sind nicht repräsentativ genug, um einen aussagekräftigen Vergleich zu ermöglichen. Der Durchschnitt der Wohnbauten entspricht auch dem Durchschnitt aller Projekte.

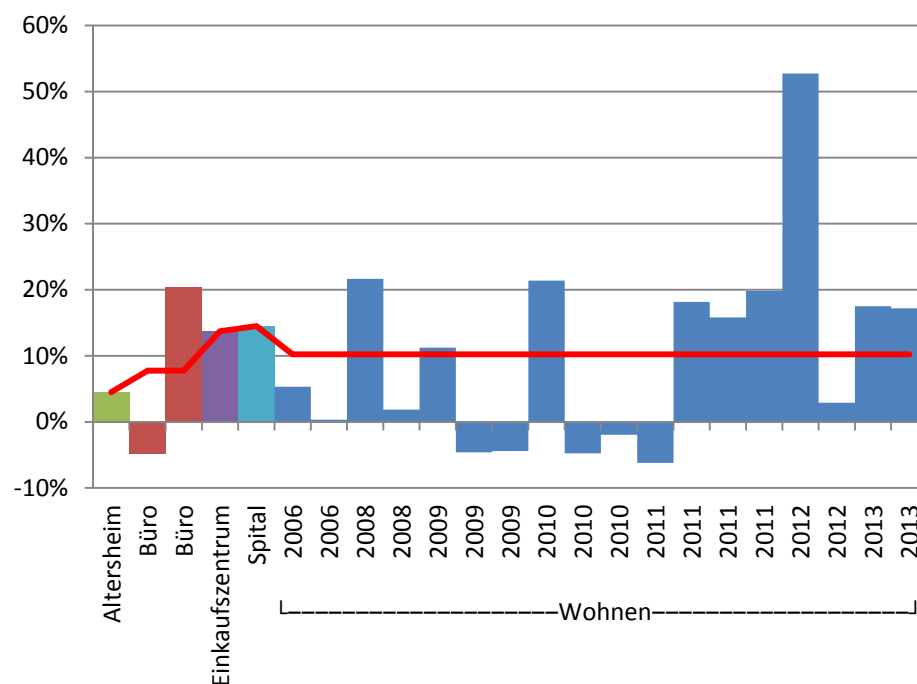


Abbildung 14: Bereinigte Mehrkosten nach Typen der Bauten

Die Daten der Wohnbauten sind in Abbildung 14 in der Reihenfolge des Baujahrs angeordnet. Hiermit kann der in Kap. 3.4.3 beobachtete Trend auch für den Bautypen Wohnen bestätigt werden: Die bereinigten Mehrkosten steigen über die Jahre an.

3.4.6 Bereinigte Mehrkosten nach Fassadenflächen

Abbildung 15 stellt das Verhältnis zwischen den bereinigten Mehrkosten und der Brutto-Fassadenfläche dar. Eine Trendlinie lässt sich nicht zeichnen. Ein signifikanter Zusammenhang besteht offenbar nicht.

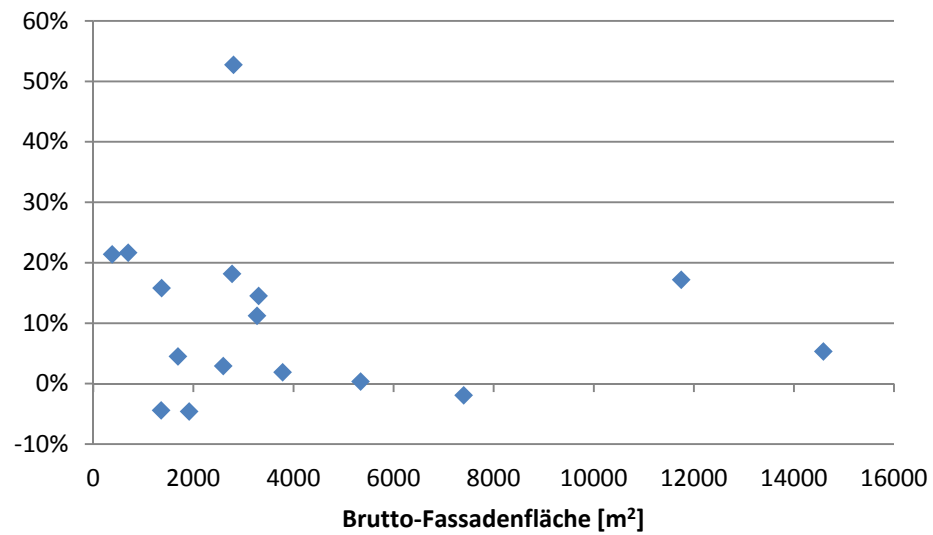


Abbildung 15: Bereinigte Mehrkosten nach Fassadenfläche

4 Diskussion der Mehrkosten

Im obenstehenden Kapitel konnte die Hypothese bestätigt werden, dass die WDVS generell Mehrkosten verursachen. Doch was sind die Ursachen der Mehrkosten? Was sind die weiteren Aufwendungen, die ebenfalls durch die WDVS verursacht werden? Ist die Aussage generell anwendbar für die ganze Branche?

4.1 Ursachen für die Mehrkosten

Wie in Kap. 3.4.1 diskutiert, sind grundsätzlich zwei Typen von Nachträgen zu unterscheiden:

- Nachtragssumme aufgrund von Mehrausmass
- Nachtragssumme wegen anderen Ursachen

Die bereinigten Mehrkosten beinhalten die Nachtragssumme wegen anderen Ursachen und die Regiesumme, also die effektiven Mehrkosten.

Um die Ursachen für die effektiven Mehrkosten zusammenzustellen, wurden die vorhandenen Unterlagen (Nachtragsofferte und -bestätigung) der untersuchten Projekte analysiert. Das Resultat wurde mit Angaben der Beteiligten der jeweiligen Projekte und Erfahrungen des Autors ergänzt. Die herausgestellten Ursachen für die effektiven Mehrkosten sind vielfältig, können aber in zwei Kategorien zusammengefasst werden:

- Planungsfehler
- Ausführungsfehler

4.1.1 Planungsfehler

Nach Häufigkeit geordnet sind die identifizierten Planungsfehler bei WDVS wie folgt:

- **An- und Abschlussdetails**

Fehlende Detailplanung für An- und Abschlüsse bei Dachrand und Sockel sowie fehlende oder falsche Fugenbildung zwischen Alt- und Neubau sind die häufigsten Fehler in der Planung. Abbildung 16 stellt das Anschlussdetail im Sockelbereich einer Fassade mit EPS / XPS auf einem Balkon dar. Das Detail wurde nicht sorgfältig geplant und musste bei der Ausführung mehrmals angepasst werden – „*planning by doing*“. Die An- und Abschlüsse zwischen Dämmung, Putz, Fenster, Bodenabdichtung und Balkongeländer sind in der Regel komplex. Deshalb werden

sie in der Planungsphase oft nicht gründlich abgeklärt und bis ins Detail geplant. Die Korrektur in der Ausführung kostet viel Zeit und Arbeit.



Abbildung 16: Beispiel Sockelanschluss

- **Öffnungen**

Am zweithäufigsten kommen fehlerhaft geplante Öffnungen für Fenster und Türen sowie zu knapp geplante Hohlräume für die Montage der Storen / Markisen vor. Die Öffnungen für Fenster und Türen sind die Schwachstellen an einem WDVS. Wenn in der Planungsphase die Schnittstellen zwischen Dämmung, Fensteraufbau und Sonnenschutz sowie den notwendigen Platzbedarf für die Konstruktion unsauber konzipiert werden, müssen diese in der Ausführungsphase mit erhöhten Kosten korrigiert werden.

- **Bautoleranz**

Vernachlässigung bzw. ungenügende Berücksichtigung der nötigen Bautoleranz sind weitere wichtige Planungsfehler. Statt aufgesetzter Führungsschienen für die Lamellen-Storen zu verwenden, werden die Führungsschienen oft in die Fensterleibung eingelegt. Dabei wird die Bautoleranz nicht einkalkuliert. Weil der aufgetragene Verputz Unebenheiten aufweist und die eingelegte Schiene nicht nochmals eingestellt werden kann, streifen die Storen beim Hinunter- und Herauffahren die Leibung (vgl. Abbildung 17). Das Texband (Aufzugsband) muss somit grosse Reibungslast aufnehmen und kann nach kurzem Gebrauch reißen.



Abbildung 17: Führungsschiene der Lamellen-Storen

- **Schwächung der Dämmschicht**

Unterschätzung der Schwächung der Dämmschicht führt zu Fehlern, die in der Ausführungsphase mühsam korrigiert werden müssen. Eine heutige Fassade muss schlicht sein und möglichst alle technischen Installationen in die Dämmung einpacken. Dabei wird der Einfluss dieser Installationen oft nicht ausreichend berücksichtigt. In Abbildung 18 ist ein entsprechendes Beispiel dargestellt. Für die Entwässerung des Dachwassers wurde ein Fallstrang mit einem Durchmesser von



Abbildung 18: Fallstrang in der Dämmung

130 mm geplant. Dabei wurde vergessen, dass noch 20 mm für die Rohrdämmung und 20 mm für Dübel und Rohschellen einkalkuliert werden müssten. Somit blieb für eine 200 mm dicke Dämmschicht noch 30 mm, was nicht ausführbar war. Deshalb musste der geplante Fallstrang durch zwei 90 mm dicke Fallstränge ersetzt werden.

- **Systemwechsel**

Ein Wechsel des Systems oder der einzelnen Komponenten nach Beginn der Ausführung oder Bemusterung kommt zwar selten vor, hat aber meistens grosse Kostenfolgen. Nach der Vergabe eines Werkvertrags ist ein Wechsel des Systems oder der einzelnen Komponenten (Dämmung, Putz) immer teurer, da der Preis nicht auf dem freien Markt gefunden werden kann und die Arbeit bereits teilweise ausgeführt ist.

4.1.2 Ausführungsfehler

Typische Fehler bei der Ausführung eines WDVS sind (nach Häufigkeit geordnet):

- **Nichteinhaltung des Masses**

Am häufigsten kommen Fehler wegen nicht eingehaltener Masse vor. Wenn in der Ausführung die maximale Toleranz überschritten wird, können die anderen Installationen, wie Fenster, Türen, Sonnenstoren und Balkongeländer, nicht wie geplant montiert werden, da diese in Konflikt mit der Dämmung oder dem Verputz stehen. Wie aus Abbildung 17 ersichtlich, wurde der Verputz im oberen Teil (innerhalb des Storenkastens) zu dick aufgetragen. Da hier die Toleranz auch zu knapp kalkuliert wurde, mussten die Storen demontiert werden, um den Verputz auszubessern.

- **Fehlende Wetterschutz**

Sehr häufig kommt auch ein fehlender oder ungenügender Witterungsschutz vor. Die Ausführung der WDVS setzt gewisse Bedingungen voraus. Die Temperatur von Untergrund und Aussenluft darf während 24 Stunden nicht unter 5° C fallen. Untergrund, Dämmung und Putz müssen vor Regen und Schnee geschützt werden. Wenn z.B. die Dämmung nach der Befestigung Regenwasser aufsaugt und der Putz trotzdem aufgetragen wird, muss der Putz wieder entfernt und die Dämmung vollständig getrocknet werden.

- **Ungeeigneter Untergrund**

Eine weitere Ursache ist die unzureichende Vorbereitung des Untergrunds. Wenn der Untergrund aus folgenden Gründen nicht geeignet für die Ausführung des WDVS ist, ist die Haftzugfestigkeit unzureichend und muss ausgebessert werden: zu hohe Feuchtigkeit, zu geringe Abreissfestigkeit, zu grosse Unebenheit. Bei einem Umbau ist besonders auf den Zustand des bestehenden Verputzes zu achten.

- **Mangelhafte Befestigung**

Falsche oder ungenügende Befestigung ist ein weiterer Grund für Fehler in der Ausführung. In der Ausschreibung wird die Art und Menge der Befestigung (Verklebung, Dübel) genau definiert. Wenn die lokalen Gegebenheiten, wie Windlast und Gebäudehöhe nicht korrekt berücksichtigt werden, wird die Befestigung falsch definiert. Nicht fachgerechte Ausführung, wie z.B. zu tiefe Temperatur, falsche Mischung sowie zu wenig Dübel, führen zu Mängeln bei der Befestigung. Die Folge ist eine Ablösung der Dämmung vom Untergrund, oft schon in der Ausführungsphase. Bei der Fassade in Abbildung 19 mussten zusätzliche Dübel nach der Entdeckung des Fehlers ergänzt werden.



Abbildung 19: Nachträglich ergänzte Dübel

- **Fehler bei vorfabrizierten Elementen**

Vorfabrizierte Fassadenelemente sind beliebte Gestaltungselemente. Aufgrund des Termindrucks werden die vorfabrizierten Elemente, wie Fensterleibung, Fenstersims aus Beton, immer mehr nach Plan produziert und nicht nach Mass am Bau. Die Anpassungen und Differenzen am Bau können deshalb nicht mehr berücksichtigt

werden. Die Elemente müssen nach Möglichkeit vor Ort angepasst oder neu produziert werden (vgl. Abbildung 20). Beim Versuch, die Elemente doch in den Bau reinzupassen, werden andere geplante Masse nicht eingehalten und dies führt zu neuen Problemen.



Abbildung 20: Anzunehmende vorgefertigte Elemente

- **Mangelhafter Brandschutz**

Besonders bei brennbaren Dämmstoffen muss auf den Brandschutz geachtet werden. Polystyrol z.B. ist brennbar. In der Ausführungsphase bleibt die Dämmplatte ohne oder nur mit unvollständigem Verputz und kann innert kurzer Zeit verbrennen. Im Internet ist eine grosse Zahl an Brandfällen beim WDVS auffindbar. Am 26.11.2012



Abbildung 21: WDVS im Brand , Frankfurter Rundschau (2012)

sendete der Norddeutsche Rundfunk einen Bericht¹⁶ über solche Fälle. Ein Fassadenbrand in Frankfurt (vgl. Abbildung 21) bei einem sich im Bau befindenden Gebäude verursachte im Jahr 2012 Schäden von 500'000 Euro.¹⁷

4.2 Weitere Mehrkosten bei der Erstellung

Unter der BKP Position 226 werden die Kosten für die Arbeitsgattung verputzte Aussendämmung erfasst. Doch diese Arbeitsgattung verursacht weitere Mehrkosten, die unter anderen BKP-Nummern zu erfassen und somit nicht in der Abrechnung für verputzte Aussendämmung beinhaltet sind. Generell können diese zusätzlichen Kosten wie folgt unterteilt werden.

- **Zusätzliche bauliche Massnahmen**

Reinigung: Bevor mit der Ausführung des WDVS gestartet werden kann, müssen die restlichen Bauteile (Fenster, Türen, Geländer) sauber abgedeckt und abgeklebt werden. Falls diese Arbeit nicht korrekt ausgeführt wird, werden Glasscheiben, Fensterbänke, Fenster- oder Türrahmen durch Kleber oder Putzmaterial verschmutzt. Dies muss nachträglich gereinigt werden.

Die Dämmplatten werden vor Ort geschnitten oder gesägt, was eine grosse Menge an Bauabfall produziert. Wenn diese Bauabfälle nicht zeitnah gesammelt und entsorgt werden, werden sie durch Wind und Regen weggetragen und auf der Baustelle verteilt. Die so verteilten Abfälle zu sammeln und zu entsorgen ist sehr aufwändig.

Wetterschutz: Wie bereits in Kap. 4.1.2 beschrieben, müssen bei der Applikation des WDVS diverse Wetterbedingungen erfüllt sein. Die heutigen Bauprogramme jedoch so eng gerechnet, dass auch im Winter und bei Regen unter Zeitdruck weiter gearbeitet werden muss. Deshalb ist ein Wetterschutz mit Umhüllung des ganzen Gebäudes (vgl. Beispiel in Abbildung 22) fast unumgänglich. Dies verursacht Mehrkosten sowohl bei der Verpackung selber wie auch bei der Verstärkung der Verankerung am Gerüst.

¹⁶ Vgl. NDR 2012

¹⁷ Vgl. Frankfurter Rundschau 2012



Abbildung 22: Wetterschutz mit Kunststoffbahnen

Bauheizung: Bei extremer Kälte, wie z.B. am Jahresanfang 2012 und 2013, reicht die Umhüllung des Gebäudes allein nicht, um die erforderliche Oberflächentemperatur zu erreichen. In diesem Bauzustand ist die definitive Heizung i.d.R. noch nicht betriebsbereit. Das Gebäude muss deswegen zusätzlich geheizt werden. Abgesehen von den ökologischen Nachteilen hat die Bauheizung hohe Mehrkosten zur Folge.

- **Anpassung / Korrektur anderer Arbeitsgattungen**

Wenn das WDVS in Konflikt mit anderen Gewerken steht, müssen entweder an Dämmung und Putz oder an anderen Gebäudeteilen Anpassungen / Korrekturen vorgenommen werden. Z.B. wenn der Hohlkasten für die Sonnenstoren zu knapp dimensioniert oder ausgeführt wird, kann dieser Kasten nur schwer abgeändert werden. Deshalb werden hier die Sonnenstoren gegen schmalere ausgewechselt. In der Praxis kommt es auch oft vor, dass die Wetterschenkel wegen Konflikt mit Fensterbank oder -leibung ausgewechselt werden müssen.

Von den 23 untersuchten Projekten sind bei 13 die Daten für die weiteren Mehrkosten bei der Erstellung vorhanden. Bei den restlichen 10 Projekten sind die Daten nicht eindeutig identifizierbar und werden deshalb nicht berücksichtigt.

In Tabelle 7 ist ersichtlich, dass diese Kosten zwischen 5% und 49% des Kostenvoranschlags ausmachen. Mit einem beachtlichen Mittelwert von 18% liegen diese sogar deutlich höher als die bereinigten Mehrkosten aus Nachtrag und Regie. Allerdings

muss wieder relativiert werden, dass bei einer Datenbasis von 13 Projekten das Resultat nur beschränkt aussagekräftig ist.

Nummer	Wetter- schutz [CHF]	Heizung [CHF]	Reini- gung [CHF]	Anpassung anderer Arbeitsgattungen [CHF]	Summe [CHF]	Mehr- kosten gegenüber KV
1	0	23'000	3'500	0	26'500	5%
2	18'980	13'450	4'140	3'350	39'920	49%
3	11'800	9'800	0	0	21'600	7%
4	0	0	25'430	0	25'430	9%
5	45'650	0	6'540	26'240	78'430	11%
6	6'580	13'240	3'570	3'785	27'175	8%
7	55'700	21'627	85'680	0	163'007	12%
8	18'720	18'690	7'630	0	45'040	20%
9	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-
13	12'300	15'500	14'570	0	42'370	12%
14	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-
17	9'070	18'280	3'530	0	30'880	8%
18	-	-	-	-	-	-
19	115'320	163'600	55'870	0	334'790	25%
20	354'200	76'500	56'740	0	487'440	43%
21	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-
23	29'860	37'800	32'500	9'9350	199'510	29%

Tabelle 7: Weitere Mehrkosten bei der Erstellung

4.3 Vergleichsobjekte

4.3.1 Die Vergleichsobjekte

Die untersuchten Objekte stammen von einer einzigen Firma. Deshalb müssen die daraus gezogenen Folgerungen überprüft werden, um ihre Gültigkeit im grösseren Umfeld zu validieren.

Obwohl die Niederlassungen dieses Generalunternehmers quasi wie unabhängige Firmen in separaten Regionen tätig sind, ist es sinnvoll, die Resultate durch externe Daten zu überprüfen. Dafür stehen Daten von drei weiteren Schweizer Firmen zur Verfügung, zwei Total- und Generalunternehmern und einem Systemhersteller der Fassade. Aus Geheimhaltungsgründen konnten nicht alle Daten auf dem gleichen Detaillierungsgrad wie bei den untersuchten Projekten gesammelt werden. Entsprechend muss die Analyse bei den Vergleichsobjekten vereinfacht werden.

Insgesamt wurden Daten aus 11 Projekten analysiert, deren Grunddaten in Tabelle 8 ersichtlich sind.

Nummer	Region	Baujahr	Art	Typ des Gebäudes
1	-	-	Neubau	Büro
2	Zürich	-	Neubau	Hotel
3	-	-	Neubau	Wohnen
4	Zürich	-	Neubau	Wohnen
5	Zürich	-	Neubau	Wohnen
6	Zürich	-	Neubau	Wohnen
7	Zürich	-	Neubau	Wohnen
8	Zürich	-	Neubau	Wohnen
9	Ost	2012	Neubau	Wohnen
10	Zürich	2013	Neubau	Wohnen
11	Ost	2013	Neubau	Wohnen

Tabelle 8: Grunddaten der Vergleichsobjekte

Die Projekte stammen mehrheitlich aus der Region Zürich. Drei davon wurden 2012 und 2013 fertiggestellt. Bei den restlichen fehlt die Angabe zum Baujahr. Alle Projekte sind Neubauten, davon 9 Wohnüberbauungen und je ein Hotel- und ein Bürogebäude. Die Zusammensetzung der Vergleichsobjekte entspricht etwa derjenigen der 23 untersuchten Projekte. Die Basis für einen sinnvollen Vergleich besteht deshalb.

4.3.2 Die Erstellungskosten der Vergleichsobjekte

In Tabelle 9 sind die Erstellungskosten analog den Erstellungskosten der untersuchten Projekte dargestellt. Da nicht alle KV-Summen bekannt sind, werden die Mehrkosten gegenüber den Vertrags- / Vergabesummen berechnet. Aus den zur Verfügung stehenden Daten ist eine Trennung zwischen Mehrkosten wegen Mehrausmass und Mehrkosten anderer Ursachen nicht möglich. Aus diesem Grund können keine bereinigten Mehrkosten¹⁸ ermittelt werden, sondern nur die gesamten Mehrkosten.

Nummer	KV [CHF]	Vertrags- summe / Vergabe [CHF]	Gesamte Mehrkosten [CHF]	Abrechnungs- summe [CHF]	Mehrkosten gegenüber Vergabe
1	-	447'000	0	447'000	0%
2	-	622'000	24'500	646'500	4%
3	-	530'000	44'000	574'000	8%
4	1'676'490	1'289'520	0	1'289'520	0%
5	2'427'840	3'136'720	708'880	3'845'600	23%
6	2'373'550	2'681'050	17'270	2'698'320	1%
7	132'810	165'850	0	165'850	0%
8	2'189'650	2'164'810	0	2'164'810	0%
9	-	115'740	37'220	152'960	32%
10	-	171'300	0	171'300	0%
11	-	675'930	138'890	814'820	21%

Tabelle 9: Erstellungskosten der Vergleichsobjekte

¹⁸ Vgl. 3.4

Die Mehrkosten gegenüber den Vergabesummen betragen zwischen 0% und 32%, mit einem Mittelwert von 8%. Bei den untersuchten Projekten liegen diese drei Kennzahlen bei -12%, 35% bzw. 13%. Das Resultat, dass die WDVS Mehrkosten verursachen, kann bestätigt werden. Bei den Vergleichsobjekten liegt der Mittelwert tiefer und die Streuung ist bei der kleineren Datenbasis auch kleiner. Interessant ist, dass bei keinem Vergleichsobjekt die Vergabesumme unterschritten wurde. Das beste Resultat ist lediglich, genau mit der Vergabesumme das Projekt abzuschliessen.

Die absoluten und relativen Mehrkosten sind in Abbildung 23 in Verhältnis zu den Vergabesummen abgebildet. Sowohl bei den absoluten wie auch bei den relativen Mehrkosten kann kein Zusammenhang mit der Projektgrösse (Vergabesumme) festgestellt werden. Bei den untersuchten Projekten steigen die absoluten Mehrkosten mit der Grösse der Projekte, während die relativen Kosten keine Abhängigkeit zur Projektgrösse aufweisen. Auf weitere Analysen der Mehrkosten nach Region, Baujahr, Art der Objekte, Typ des Gebäudes und Fassadenfläche wird verzichtet, da die dazu notwendigen Daten nicht genügend detailliert sind.

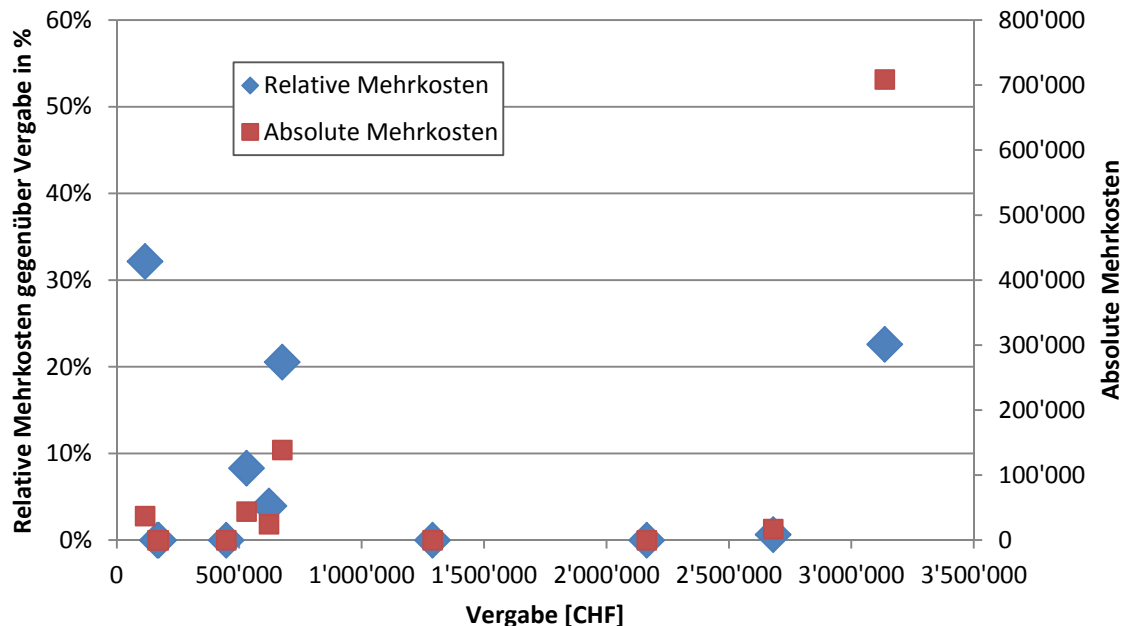


Abbildung 23: Mehrkosten der Vergleichsprojekte

4.3.3 Ursachen für die Mehrkosten

Mangels Unterlagen können die Ursachen für die Kosten bei den Vergleichsobjekten nicht detailliert analysiert werden. Gemäss einzelner Rückmeldungen der Projekt-

verantwortlichen sind jedoch die gleichen Ursachen wie bei den untersuchten Projekten zu nennen. Die typischen Planungsfehler und Ausführungsfehler sind gleich: An- und Abschlüsse, Öffnungen, Bauleranz, nicht eingehaltene Masse, fehlender Wetterschutz, ungeeigneter Untergrund.

5 Empfehlungen zur Vermeidung bzw. Minderung der Mehrkosten

Aus den identifizierten häufigen Fehlern können diverse Lehren gezogen werden. Da die Fehler sowohl bei der Planung wie auch bei der Ausführung entstehen, müssen in beiden Phasen Massnahmen getroffen werden, um diesen Fehlern vorzubeugen. Mit der Vermeidung solcher Fehler kann entweder die Entstehung der Mehrkosten verhindert oder das Ausmass der Mehrkosten vermindert werden. Aus der Analyse der Mehrkosten und deren Ursachen können folgende Empfehlungen zur Vermeidung von Fehlern und damit für eine Minderung der Mehrkosten vorgeschlagen werden.

- Planen vor Bauen

Die An- und Abschlusssdetails, die Öffnungen und die technischen Installationen in den und um die Fassaden müssen gründlich geplant werden. Hierbei empfiehlt es sich, die Details mit dem ausführenden Unternehmer zu besprechen und ins allerletzte Detail zu planen. Deshalb muss für die Planung genügend Zeit vorgesehen werden. Der vergleichsweise kleine Mehraufwand in der Planung kann grosse Aufwendung in der Ausführung ersparen.

- Aus der Erfahrung lernen

Jedes Gebäude ist ein Prototyp und wird i.d.R. nur einmal erstellt. Trotzdem können allgemeine Details oder der typische Aufbau eines Projekts für andere Projekte verwendet werden. Aus der eigenen Erfahrung kann man viel lernen. Die persönlich gewonnenen Erfahrungen sollen systematisch dokumentiert und als Wissen weiter transferiert werden. Somit profitieren auch andere Projektbeteiligte.

- Zusammenhänge diverser Arbeitsgattungen verstehen und Konflikte vermeiden

Sowohl für die Planenden wie auch für die Ausführenden ist es von grosser Bedeutung, die Zusammenhänge zwischen diversen Arbeitsgattungen zu verstehen: Wie wird ein Anschluss aufgebaut? Wie wird ein Detail ausgeführt? Welche Reihenfolge der Arbeitsgattungen muss eingehalten werden? Nur dann können Konflikte und unnötige Mehrarbeit vermieden werden.

- Terminplanung der Ausführung

Bei der Bearbeitung des Terminprogramms für die Ausführung muss darauf geachtet werden, dass die Erstellung der Fassade wetterabhängig ist. Wenn möglich soll die Kälteperiode vermieden werden, um Mehrkosten für Wetterschutz und Bauheizung

zu vermeiden. Doch heute werden die Termine so eng geplant, dass keine Ausweichmöglichkeit besteht. Deshalb muss abgewogen werden, ob die Mehrkosten für zusätzliche bauliche Massnahmen den Wert der gewonnenen Bauzeit nicht übertrifft.

- Kontrolle

Die Bauleitung muss bei der Ausführung der Fassade kontinuierlich kontrollieren, ob die Ausführung der Planung entspricht, ob die Masse eingehalten werden, ob der Wetterschutz ausreicht. Zudem gehört ins Sicherheitskonzept jeder Baustelle, dass die Baustelle täglich mehrmals kontrolliert wird, um mögliche Gefahren, z.B. Brand- oder Wasserschäden zu entdecken und zu beseitigen.

- Alternativen berücksichtigen

Für die Entscheidungsträger ist empfehlenswert, alternative Fassadensysteme zu berücksichtigen, die Vor- und Nachteile gegenüber WDVS zu identifizieren und den geeigneten Fassadentypen auszuwählen. Das WDVS mag auf den ersten Blick günstig zu sein. Wenn die erwähnten Mehrkosten betrachtet werden, sind die anderen Typen möglicherweise ebenso attraktiv.

Der Trend in der Branche geht in Richtung Elementbau. Nachteilig dabei sind die relativ hohen Erstellungskosten. Demgegenüber stehen Vorteile wie kürzere Bauzeit und höhere Qualität aufgrund der Vorfabrikation in geschützter Umgebung, Unabhängigkeit vom Wetter sowie Ersparnis für Gerüst und Heizung.

6 Schlussbetrachtung

6.1 Fazit und Diskussion

Aus der Analyse kann der Eindruck aus Beobachtungen bestätigt werden, dass WDVS generell Mehrkosten im Vergleich zum Kostenvoranschlag der Vergabesumme verursachen. Die Mehrkosten bei den untersuchten Projekten liegen durchschnittlich bei 10%. Die vermeintliche Wirtschaftlichkeit der Wärmedämm-verbundsysteme im Vergleich zu anderen Fassadentypen wird durch diese Mehrkosten reduziert. Die Analyse einer Vergleichsgruppe von anderen Firmen verstärkt die Aussagekraft dieses Resultates.

In den Regionen Zürich und Westschweiz liegen die Mehrkosten höher als in den restlichen Regionen. Die Mehrkosten tendierten in den vergangenen Jahren zu steigen. WDVS verursacht bei den Neubauten generell höhere Mehrkosten als bei den Umbauten. Da die Wohnbauten in der untersuchten Gruppe dominierend sind, kann ein Unterschied zwischen den Gebäudetypen nicht eindeutig identifiziert werden. Ebenfalls kann kein Zusammenhang zwischen Mehrkosten und Fassadenfläche festgestellt werden.

Abgesehen von den reinen Änderungen des Ausmasses seitens Besteller können die Ursachen für die entstandenen Mehrkosten in zwei Kategorien unterteilt werden: Planungsfehler und Ausführungsfehler. Ein besonderes Augenmerk ist auf die Mehrkosten für zusätzliche bauliche Massnahmen und Anpassungen / Korrekturen anderer Arbeitsgattung zu legen, denn diese Mehrkosten liegen sogar höher als die bereinigten Mehrkosten, werden aber nicht unter der BKP Position für Fassade verbucht.

Aus der Analyse der Ursachen werden Massnahmen zur Vermeidung dieser Mehrkosten vorgeschlagen. Besonders wichtig dabei sind sorgfältige und detaillierte Planung vor der Ausführung, Erfahrungs- und Wissenstransfer sowie korrekte Planung der Ausführung. Ferner sollen bei der Auswahl der Fassaden alternative Typen in Betracht gezogen werden.

Mit 23 ist die Anzahl der untersuchten Projekte relativ klein. Deshalb lässt sich aus der Detailanalyse der bereinigten Mehrkosten in Bezug auf Region, Baujahr und Gebäudetyp kein konkreter Trend feststellen. Eine höhere Anzahl der Projekte würde

die Aussagekraft erhöhen. Der Aufwand für die Analyse zahlreicherer Projekte würde jedoch den Rahmen dieser Masterthese sprengen.

Die Beschaffung der Daten bei anderen Firmen war sehr aufwändig. Ein Teil der Daten wurde erst kurz vor Abgabe dieser Arbeit zur Verfügung gestellt. Die schlussendlich erhaltenen Daten waren unvollständig und nicht von derselben Qualität wie bei den untersuchten Projekten. Deshalb war ein vertiefter Vergleich nicht möglich.

6.2 Ausblick

Wie im vorherigen Kapitel diskutiert, kann die Aussagekraft des Resultates erhöht werden, indem Daten aus weiteren Projekten gesammelt und analysiert werden. Es wäre interessant, die Mehrkosten in Abhängigkeit von Region, Baujahr, Art des Projekts, Bautyp und Fassadenfläche mit grösserer Datenbasis zu untersuchen und konkretere Aussagen zu treffen.

Ergänzend zu den Daten aus eigener Hand empfiehlt sich, in einem weiteren Schritt je nach Möglichkeit mehr Daten aus anderen Quellen (weitere Generalunternehmer, Investoren, Bauherrenvertretungen, Systemhersteller für WDVS) zu beschaffen und die Analyse damit zu ergänzen. Somit könnte die Allgemeingültigkeit dieser Arbeit erhöht werden.

Ferner wäre sinnvoll, nicht nur die Erstellungskosten in der Planungs- und Ausführungsphase, sondern die weiteren Kosten im ganzen Lebenszyklus der Fassade zu betrachten. Folgende Fragen könnten gestellt werden: Wie hoch sind die Kosten für die Mängelbehebung während der zehnjährigen Werkgarantie? Welche Kosten entstehen bei Unterhalt und Betrieb nach der Garantie? Welche Investitionen sind nötig, damit das WDVS die erwartete Lebensdauer von 25 bis 45 Jahren erreichen kann? Was ist die optimale Lebensdauer für das WDVS bzw. wann ist der optimale Zeitpunkt für eine Erneuerung? Somit könnten die ganzheitlichen Kosten für Wärmedämmverbundsysteme ermittelt werden.

Literaturverzeichnis

- Bundesamt für Statistik, Sektion Diffusion und Amtspublikationen (2010): Schweizerische Baupreisstatistik - Oktober 2010, Durchschnittliche Kostenkennwerte für Berechnungselemente, Neuchâtel 2010
- EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE (2014): Gebäude erneuern, Energieverbrauch halbieren, Bern 2014, S. 32
- Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme e.V. (2012): Energiesparkompass 2012, Dresden 2012, S. 55
- Gutenberg, E. (1980): Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre: die Finanzen, 8. Auflage, Berlin 1980
- Kussauer, R. / Ruprecht, M. (2011): Die häufigsten Mängel bei Beschichtungen und Wärmedämm-Verbundsystemen — erkennen, vermeiden, beheben, 2., aktualisierte und erweiterte Auflage, Köln 2011
- RKW Kompetenzzentrum / RG-Bau (2013): Schäden an der Fassade, Tagungsband, Stuttgart 2013
- Riedel, W. et al. (2010): Wärmedämm-Verbundsysteme, 2., überarb. Auflage, Waldshut-Tiengen 2010
- Schittich C. (Hrsg.) (2013): Wärmedämmverbundsystem WDVS, ein Diskussionsbeitrag von Hild und K, 2. Auflage, München 2013
- Schulte, K.-W. / Schäfers, W. (2008): Immobilienökonomie als wissenschaftliche Disziplin, in: Schulte, K.-W. (Hrsg.): Immobilienökonomie, Band 1 – Betriebswirtschaftliche Grundlagen, 4. Auflage, München 2008
- SIA (2004): „Empfehlung SIA 112/1 Nachhaltiges Bauen – Hochbau“. Ergänzungen zum Leistungsmodell SIA 112, Zürich 2004
- SIA (2008): SIA 243, Verputzte Aussenwärmedämmung, Zürich 2008
- SIA (2011): SIA 279, Wärmedämmende Baustoffe, Allgemeine Anforderungen und wärmetechnische Bemessungswerte für Wärmedämmstoffe, Mauerwerksprodukte und weitere wärmetechnisch relevante Baustoffe, Zürich 2011
- Welter, M. (2008): Wirtschaftlich und umweltverträglich dämmen, in: Der Bauingenieur, Heft 2 (2008), S. 42-46

Internetquellen

500‘000 Euro Schaden nach Feuer an Adickesallee: <http://www.fr-online.de/frankfurt/nordend-frankfurt-500-000-euro-schaden-nach-feuer-an-adickesallee,1472798,16137050.html> [abgerufen am 15.6.2014]

Brandkennziffer: <http://www.praever.ch/de/bs/reg/info/klassierung/Seiten/default.aspx> [abgerufen am 17.7.2014]

Flumroc Dämmstoffe: <http://www.flumroc.ch/de/produkte/list.php?maincat=1> [abgerufen am 17.7.2014]

Sager Dämmstoffe: <http://www.sager.ch/> [abgerufen am 17.7.2014]

Swisspor Dämmstoffe: <http://swisspor.ch/> [abgerufen am 17.7.2014]

Thüring Dämmstoffe: <http://www.thuering-ag.ch/produktsortiment/isolationen> [abgerufen am 17.7.2014]

Wärmedämmung – Der Wahnsinn geht weiter:

<http://www.ndr.de/ratgeber/verbraucher/Waermedaemmung-Der-Wahnsinn-geht-weiter,waermedaemmung117.html> [abgerufen am 15.06.2014],

<https://www.youtube.com/watch?v=AWD0HeZLufM> [abgerufen am 15.06.2014]

Anhang

- Erstellungskosten der untersuchten Projekte
- Erstellungskosten der Vergleichsobjekte

Grunddaten																	Kennzahlen					Kosten				
Nummer	Bezeichnung	Region	Baujahr	Typ des Gebäudes	Dämmstoff	Volumen [m ³]	Geschos- sfläche [m ²]	Fassaden		Prozent netto/ brutto	KV [CHF]	Vertragssumme e / Vergabe [CHF]	Nachtrags- summe wegen Mehraus- lass [CHF]	Nachtrag- ssumme anderer [CHF]	Regie- summe [CHF]	Gesamte Mehrkosten [CHF]										
								fläche brutto [m ²]	fläche netto [m ²]																	
1	BAE	Zürich	2010	Neubau	Altersheim	21'373	6'737	2'960	1'692	57%	519'530	542'950	0	0	0	0										
2	WIE	Zürich	2010	Neubau	Wohnen	6'540	1'929	675	380	56%	81'300	84'390	0	1'260	13'030	14'290										
3	KNU	Mitte	2011	Neubau	Wohnen	-	-	-	-	-	300'600	270'000	0	9'460	2'500	11'960										
4	AGI	Zürich	2012	Neubau	Wohnen	47'160	14'210	4'620	2'802	61%	291'000	444'460	0	0	0	0										
5	HIL	Zürich	2013	Neubau	Spital	60'734	16'214	4'665	3'306	71%	708'500	773'148	-46'976	13'160	24'960	-8'856										
6	IML	Ost	2009	Neubau	Wohnen	36'886	10'432	5'250	3'272	62%	325'000	321'560	13'250	23'410	16'520	53'180										
7	ANK	Zürich	2006	Neubau	Wohnen	131'804	38'330	23'640	14'590	62%	1'372'000	1'304'850	31'000	132'785	7'430	171'215										
8	ZOS	Zürich	2008	Neubau	Wohnen	11'910	3'440	876	698	80%	230'000	228'000	24'300	42'110	9'710	76'120										
9	STZ	Ost	1994	Umbau	Büro	17'912	5'820	-	-	-	165'000	135'240	25'860	21'774	0	47'634										
10	INT	Zürich	2009	Neubau	Wohnen	10'561	3'544	2'933	1'918	65%	594'300	511'150	79'960	20'800	35'000	135'760										
11	BAB	West	2011	Umbau	Wohnen	29'440	9'255	4'147	2'776	67%	29'140	34'430	5'000	0	0	5'000										
12	BIR	Nordwest	2008	Umbau	Wohnen	21'772	7'776	5'184	3'785	73%	710'160	586'420	0	120'500	16'480	136'980										
13	PAN	Ost	2011	Neubau	Wohnen	33'713	10'978	2'210	1'366	62%	365'840	479'310	0	-72'120	16'500	-55'620										
14	MAM	Mitte	2009	Neubau	Wohnen	8'030	2'940	1'810	1'356	75%	197'554	199'060	10'760	-10'245	0	515										
15	MMW	Nordwest	2010	Umbau	Wohnen	-	-	-	-	-	271'150	258'240	-3'490	0	0	-3'490										
16	RLA	West	2013	Neubau	Wohnen	-	-	-	-	-	409'370	442'800	35'410	38'260	0	73'670										
17	SBC	Mitte	2011	Neubau	Wohnen	28'392	8'368	-	-	-	395'970	405'870	27'623	63'260	5'380	96'263										
18	BUS	Ost	2012	Neubau	Wohnen	18'690	5'487	3'210	2'600	81%	484'750	472'670	0	23'110	3'010	26'120										
19	SSH	Zürich	2010	Neubau	Wohnen	53'960	16'177	8'644	7'402	86%	1'360'338	1'057'090	0	223'670	53'190	276'860										
20	WLR	Zürich	2013	Neubau	Wohnen	64'030	19'764	17'700	11'750	66%	1'124'380	1'171'790	0	127'900	17'980	145'880										
21	RHS	Nordwest	2011	Umbau	Büro	-	-	-	-	-	131'530	144'700	0	13'540	0	13'540										
22	SON	Ost	2013	Umbau	Einkaufszentrum	-	-	-	-	-	1'420'200	1'343'900	0	271'260	0	271'260										
23	TCH	Ost	2006	Neubau	Wohnen	62'187	16'245	6'872	5'344	78%	697'060	672'850	0	26'500	0	26'500										

Tabelle 10: Erstellungskosten der untersuchten Projekte, Teil I

Kosten					Weitere Mehrkosten						
Abrechnung s-summe [CHF]	Mehrkosten gegenüber KV	Mehrkosten gegenüber Vergabe	Gesamtkoste n ohne Mehr Ausmass [CHF]	Mehrkosten in %	Wetter- schutz [CHF]	Heizung [CHF]	Reinigung [CHF]	Schaden (z.B. Stören)	Summe [CHF]	Mehrkosten gegebenüber KV	
											Bemerkung

Tabelle 11: Erstellungskosten der untersuchten Projekte, Teil 2

Nummer	Region	Baujahr	Art	Typ des Gebäudes	KV [CHF]	Vertragssumme / Vergabe [CHF]	Gesamte Mehrkosten [CHF]	Abrechnungssumme [CHF]	gegenüber Vertragssumme [CHF]	Volumen [m ³]	Geschossfläche [m ²]	Fassadefläche [m ²]
1	-	-	Neubau	Büro	-	447'000	0	447'000	0%	-	-	-
2	-	-	Neubau	Hotel	-	622'000	24'500	646'500	4%	-	-	-
3	-	-	Neubau	Wohnen	-	530'000	44'000	574'000	8%	-	-	-
4	Zürich	-	Neubau	Wohnen	1'676'490	1'289'520	0	1'289'520	0%	60'555	17'674	10'778
5	Zürich	-	Neubau	Wohnen	2'427'840	3'136'720	708'880	3'845'600	23%	70'472	20'412	9'487
6	Zürich	-	Neubau	Wohnen	2'373'550	2'681'050	17'270	2'698'320	1%	62'578	19'540	10'002
7	Zürich	-	Neubau	Wohnen	132'810	165'850	0	165'850	0%	20'856	2'003	1'345
8	Zürich	-	Neubau	Wohnen	2'189'650	2'164'810	0	2'164'810	0%	71'472	20'980	12'013
9	Ost	2012	Neubau	Wohnen	-	115'740	37'220	152'960	32%	-	-	-
10	Zürich	2013	Neubau	Wohnen	-	171'300	0	171'300	0%	-	-	-
11	Ost	2013	Neubau	Wohnen	-	675'930	138'890	814'820	21%	-	-	-

Tabelle 12: Erstellungskosten der Vergleichsprojekte

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Thema „Wirtschaftlichkeit von Fassaden im Planungs- und Ausführungsprozess am Beispiel des Wärmedämmverbundsystems“ selbstständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen benutzt habe.

Alle Stellen die wörtlich oder sinngemäss aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Falle durch Angabe der Quelle (auch der verwendeten Sekundärliteratur) als Entlehnung kenntlich gemacht.

Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen und wurde auch noch nicht veröffentlicht.

Zürich, den 15.08.2014

Yi Yao