

# Nachhaltige Wohnbauerneuerung

Schlussbericht der Module A3, A4 im CCEM Forschungsprojekt

## Vorfabrizierte Fassaden- und Dachmodule



Förderagentur für Innovation KTI



Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW  
Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik HABG  
Institut Energie am Bau IEBau  
St. Jakobs-Strasse 84, CH-4132 Muttenz

René L. Kobler, dipl. Arch. ETH/SIA, dipl. Umweltingenieur FH/NDS, wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Armin Binz, Prof., dipl. Architekt ETH/SIA, Institutsleiter IEBau  
Gregor Steinke, Dipl.-Ing. Architekt, Energieingenieur FH/NDS, wissenschaftlicher Mitarbeiter

Fon +41 61 467 45 87  
Fax +41 61 467 45 43  
E-Mail [iebau.habg@fhnw.ch](mailto:iebau.habg@fhnw.ch)  
Internet <http://www.fhnw.ch/habg/iebau>

Muttenz, August 2010

<b>0</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Einführung und Vorgehen .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Fassaden Module.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Warum nicht direkt Total-Vorfabrikation? .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>Das Basismodul F4.1 .....</b>	<b>13</b>
2.2.1	"Ort der Verdichtung von Details" .....	13
2.2.2	Konstruktion und Zusammenbau .....	17
2.2.3	Erläuterung zur Lage des Fensters .....	38
2.2.4	der kritische Weg: die Lüftungsleitungen .....	39
2.2.4.a	Brandschutz .....	40
2.2.4.b	Berechnungen.....	43
2.2.4.c	Verantwortlichkeiten Luftdichtigkeit.....	46
2.2.4.d	Schall .....	47
2.2.4.e	Integration zusätzliche Medien .....	49
2.2.5	U-Werte .....	49
2.2.6	Beispiele von Optionen des F4.1 Basismoduls .....	50
2.2.7	Anbringen an bestehende Wand.....	53
<b>2.3</b>	<b>Die Module F1, F2, F3.....</b>	<b>57</b>
<b>2.4</b>	<b>Das Modul F1 .....</b>	<b>58</b>
<b>2.5</b>	<b>Das Modul F2 .....</b>	<b>61</b>
<b>2.6</b>	<b>Das Modul F3 .....</b>	<b>64</b>
<b>3</b>	<b>Dachmodule .....</b>	<b>66</b>
<b>3.1</b>	<b>Übernahme von Details der Fassaden in die Dächer.....</b>	<b>66</b>
<b>3.2</b>	<b>Schichtenfestlegung und Schnittstellen.....</b>	<b>67</b>
<b>3.3</b>	<b>konkrete Beispiele zum Verständnis, R8 und F4.1 Module.....</b>	<b>71</b>
<b>3.4</b>	<b>Die Schrägdach Module.....</b>	<b>79</b>
<b>4</b>	<b>Ergänzungen .....</b>	<b>90</b>
<b>4.1</b>	<b>N-Module .....</b>	<b>90</b>
<b>4.2</b>	<b>Integration Solarenergienutzung .....</b>	<b>93</b>
<b>5</b>	<b>Hinweise zur Durchführung.....</b>	<b>96</b>
<b>5.1</b>	<b>Vorabklärungen .....</b>	<b>96</b>
<b>5.2</b>	<b>Vorprojekt.....</b>	<b>97</b>

<b>5.3</b>	<b>Beizug anderer Fachleute</b> .....	<b>100</b>
5.3.1	Gemeinsames Wissen und Festlegungen.....	100
5.3.2	Ein Beispiel zum Ablauf einer Besprechung über Module .....	102
5.3.3	minimale Abklärungen aus Sicht der Planer .....	103
<b>6</b>	<b>Erste Resultate aus der Praxis</b> .....	<b>105</b>
<b>6.1</b>	<b>Arbeitsmodelle</b> .....	<b>105</b>
<b>6.2</b>	<b>Pilot- und Demonstrationsobjekte</b> .....	<b>107</b>
6.2.1	Umbau Mehrfamilienhaus Höngg .....	107
6.2.2	Wohnbaurerneuerung Siedlung Glatt 1 .....	107
<b>7</b>	<b>Ansprechpartner</b> .....	<b>110</b>
<b>8</b>	<b>Abbildungsverzeichnis und Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>117</b>
<b>9</b>	<b>Literaturangaben</b> .....	<b>120</b>

## 0 Zusammenfassung

Ältere Mehrfamilienhäuser haben einen deutlich erhöhten Heizwärmebedarf im Vergleich zu Neubauten. Diese energetische Erblast ist sehr bedeutend für die Zukunft, wenn im Bereich der Gebäude der Beitrag zur 2000 Watt Gesellschaft erreicht werden soll. Der Sanierungsstau hat unterschiedliche Gründe. Das CCEM Forschungsprojekt „Nachhaltige Wohnbaurerneuerung“ versucht mit einem ganzheitlichen Ansatz Lösungsoptionen in Richtung Erneuerung von Mehrfamilienhäusern aufzuzeigen.

Dieser Bericht hier ist das Resultat aus demjenigen Forschungsmodul, das die Fassaden- und Dachkonstruktionen in Zusammenarbeit mit Industriepartnern erarbeitet hat. Es handelt sich um die Gebäudehülle mit integrierten Lüftungsleitungen, die weitgehend vorgefertigt von aussen auf die bestehenden Fassaden angebracht wird. Der Heizwärmebedarf wird dadurch deutlich reduziert. Der Bedarf soll mindestens zwischen MINERGIE und MINERGIE-P zu liegen kommen.

Die Ergebnisse der während der Forschungsphase gemachten Erfahrungsprozesse enthalten Informationen, die nutzbare Muster für die Bauwirtschaft bei Planung und Ausführung geben können. Es handelt sich dabei nicht um eine Kochbuchanleitung, die jede nur erdenkliche Detailproblemlösung bereitstellt, sondern um ein Konzept, das als Hilfsinstrument im Sinne eines Waldschneisenschlages zu sehen ist, wenn man vor der komplexen Aufgabe steht, ein älteres Mehrfamilienhaus zu erneuern und es betreffend Aussenhülle wieder dem neuesten Stand entsprechen soll. Das in der heutigen Baupraxis etablierte Zusammenwirken der Akteure wie Bauherr, Architekt, Planer und Unternehmer wird nicht verändert, auch nicht deren Verantwortlichkeiten. Im Gegenteil, es soll die Zusammenarbeit fördern, indem bei Planung und Ausführung eine Ausgangslage entsteht, auf deren Basis die Planung leichter in Gang kommt.

Das Kernkonzept für die Auseinandersetzung in Planung und Ausführung mit weitgehend vorgefertigten Fassaden- und Dachmodulen beruht auf dem *"Ort der Verdichtung von Details"*. Eine Ausgangslösung, die den kritischen Weg der Lüftung einbezieht, wird in einem Basismodul erarbeitet, so dass sich wiederholende Details über die ganze Gebäudehülle ähnlich lösen lassen. Die Vorteile der Vorfabrikation werden dort angewandt, wo diese technisch und prozessual Sinn machen, so dass Vorfabrikation und herkömmlich etablierte Produktion am Bau zweckmäßig kombiniert sind.

# 1 Einführung und Vorgehen

Das gesamte Forschungsprojekt "CCEM-Nachhaltige Wohnbaurerneuerung" untersucht, wie man bestehende Mehrfamilienhäuser so erneuern kann, dass sie aus energetischer Sicht mindestens zwischen MINERGIE und MINERGIE-P zu liegen kommen können. Dazu sind Untersuchungen auf den Gebieten der technischen Entwicklung, Typologie und den sozio-ökonomischen Ausblicken erforderlich. Die beteiligten Forschungsanstalten sind eidg. Material und Prüfungsanstalt Zürich (EMPA), Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW), Hochschule Luzern (HSLU), eidg. technische Hochschule Zürich (ETH), eidg. technische Hochschule Lausanne (EPFL), Paul Scherrer Institut (PSI).

Der vorliegende Bericht setzt sich mit der technischen Entwicklung von weitgehend vorgefertigten Fassaden- und Dachelementen gemäss Forschungsmodulen A3 und A4 auseinander (Abbildung 1). Die Lüftungsleitungen werden hier nicht im Innern des Gebäudes, sondern in den vorgefertigten Elementen geführt. Die Gebäude müssen somit von aussen erneuerbar sein, d.h. Gebäude, die z.B. aus Sicht der Denkmalpflege nicht von aussen verändert werden dürfen, sind nicht Bestandteil.

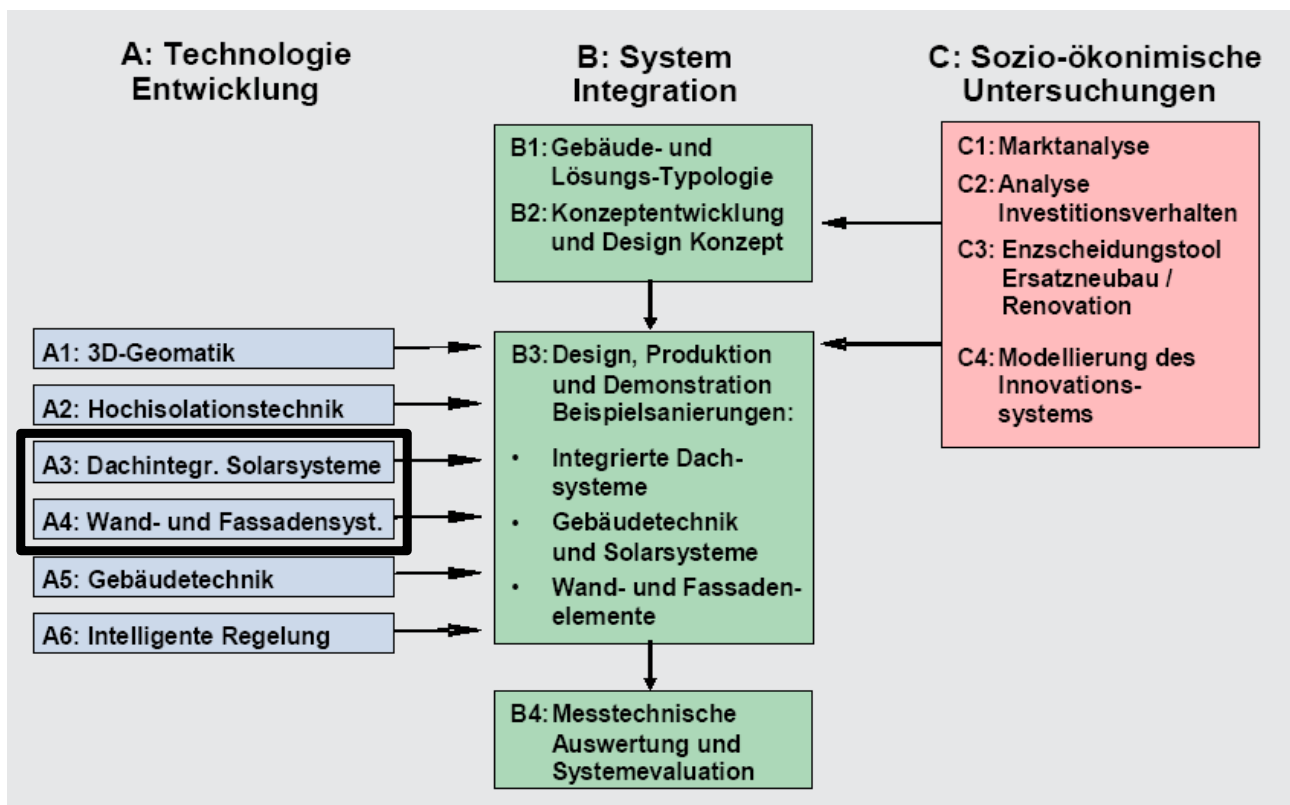
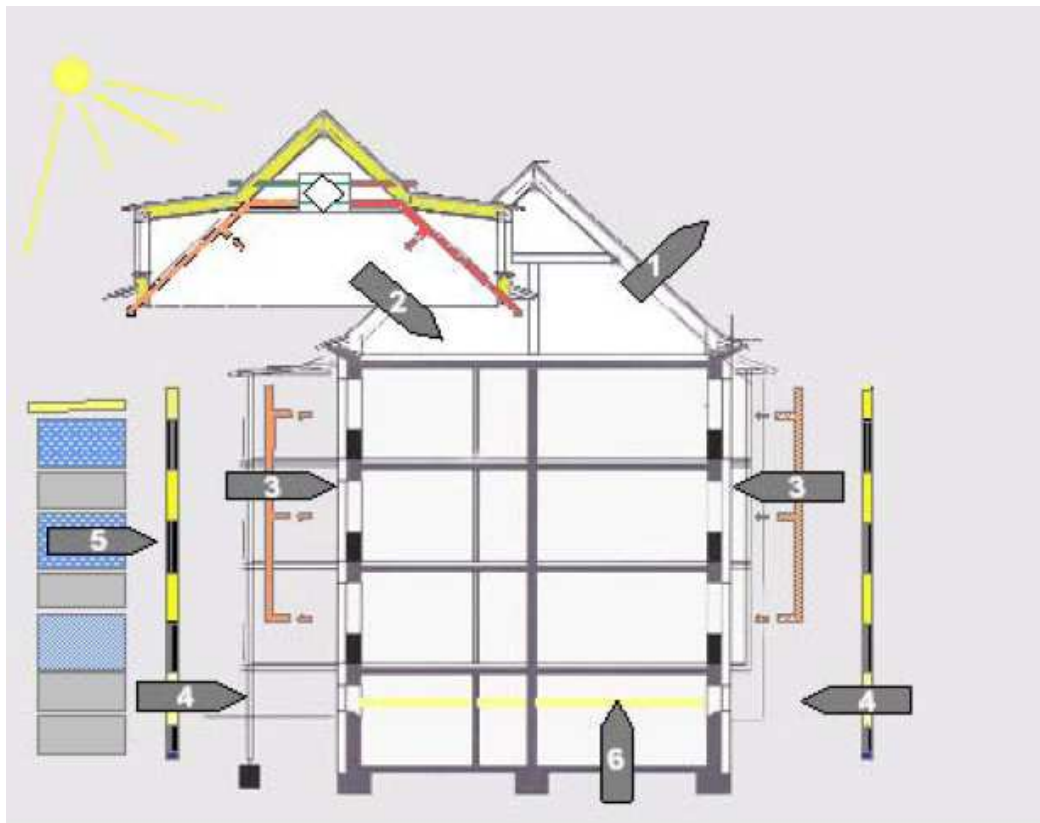


Abbildung 1: Übersicht über das Gesamtforschungsprojekt, Platzierung des A3 und A4 Forschungsmoduls (Grafik: EMPA)

In den Forschungsmodulen A3 und A4 besteht der Ansatz darin, Fassaden- und Dachmodule so zu entwickeln, dass sie so weit als möglich vorgefertigt an den Bau gebracht werden können. In diesen Modulen sind die Komponenten wie Fenster, Lüftungsrohre, Storen, Wärmedämmung, solare Energiegewinnung und eventuell andere Medien bereits eingebaut.



*Renovationskonzept: Ersatz altes Dach (1+2), Montage Lüftungsverteilung von aussen (3), Montage Fassadenelemente (4+5), Kellerisolation (6)*

**Abbildung 2: Ansatz des Forschungsprojektes, weitgehendste Vorfabrikation von Fassaden- und Dachmodulen (Bild EMPA)**

Zur Entwicklung der Fassaden- und Dachmodule sind die wichtigsten Forschungspartner die *Industriepartner*. Sie haben das Wissen über die Praktikabilität von Entwicklungsrichtungen als auch Details. Sie sind in den späteren Bauprozessen beteiligte Akteure und erst durch die verfügbaren Produkte der Industriepartner sind die Fassaden- und Dachelemente realisierbar.

Die Integration der Produkte der Industriepartner sichert ab, dass die erforderlichen Bauprodukte oder Bauteile für die Fassaden- und Dachelemente gewiss und in der fachgemäßen Qualität auf dem Markt verfügbar sind. Wertschätzung und Dank für die vielen konstruktiven Arbeiten und Diskussionen mit wertvollem Wissensaustausch sei hier den beteiligten Industriepartnern explizit ausgesprochen. Ohne die Industriepartner wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. Die durch die KTI<sup>1</sup> geförderte Zusammenarbeit wurde mit folgenden Industriepartnern durchgeführt.

<sup>1</sup> KTI, Kommission für technische Innovation, sie ist die Förderagentur für Innovation des Bundes und fördert den Wissens- und Technologietransfer zwischen Unternehmen und Hochschulen.



Abbildung 3: Im KTI Projekt beteiligte Industriepartner

Das Vorgehen im Forschungsmodul A3 und A4 und die Entwicklung der Fassaden- und Dachmodule kann im Überblick in sechs Bereiche eingeteilt werden.

- *Systematisches Erfassen der Bauprodukte der Industriepartner in Bezug auf die Fassaden- und Dachmodule (Produkteintegration der Industriepartner)*  
Die mitentwickelnden Industriepartner sind Hersteller verschiedenster Bauprodukte. Dadurch konnte die erforderliche Bauprodukteauswahl weitgehend abgedeckt werden.
- *Eruiierung notwendiger, komplementärer Bauprodukte zur Realisierung der Fassaden- und Dachmodule.*  
Für bestimmte Bereiche waren keine Produkte direkt durch einen Industriepartner verfügbar. Zur Realisierung von z.B. Lüftungen musste dennoch ein konkretes Produkt aufgenommen werden.
- *Erarbeiten der Anforderungen in Bezug auf die energetischen Forschungsziele betreffend Standard MINERGIE und MINERGIE-P der Fassaden- und Dachmodulen unter Einbezug der Typologie aus den Forschungsmodulen B1 und B2 (Gebäude- und Lösungstypologie, Konzeptlösung und Designkonzept)*

Die Systematisierung der zu vorfabrizierenden Elemente erfolgte weitgehend unter der Vorgabe der Beschreibungen der F-Module (engl. Facade) und R-Module (engl. Roof), wie sie im CCEM-



- *Erstellen eines "Übergabedokumentes" an die Bauwirtschaft*

Damit das erarbeitete Wissen in der Bauwirtschaft nutzbar, indem es gelesen, kommuniziert und angewandt wird, sind drei wichtige Aspekte leitend gewesen:

1. Es muss einfach sein.
2. Es muss unterstützend sein.
3. Es muss effektiv sein.

Das Ergebnis dieser Arbeit ist dieses Dokument. Akteure erhalten hier einen Vorschlag eines möglichen Einstieges in die Erneuerung von älteren Mehrfamilienhäusern betreffend Gebäudehülle. Er ist mit konkreten Vorschlägen fürs Vorgehen, Details und Angaben von Bauprodukten versehen, so dass Planung, Ausschreibung und Ausführung vereinfacht werden.

## 2 Fassaden Module

### 2.1 Warum nicht direkt Total-Vorfabrikation?

Vorfabrikation wird oft mit Total-Vorfabrikation in Verbindung gebracht. Total-Vorfabrikation im Sinne, ganzflächigen Anbringens von Grosselementen an bestehende Gebäude ist schon teilweise mit Erfolg durchgeführt worden. In solchen Fällen bestimmen Randbedingungen an der Fassade als auch die Logistik die Elementgrößen. In der Schweiz können Elemente von rund 3.5 m Breite und 10 m Länge ohne weiteres transportiert werden. Grössere Elemente sind möglich, benötigen aber eventuell schon Polizeibegleitung oder/und die Transporte müssen nachts durchgeführt werden. Für eine horizontale Elementierung bieten sich die Geschosshöhe und eine maximale Breite bis 10 m an. Mit diesem Ausgangsraster ergeben sich je nach Aufteilung in der Fassade z.B. folgende, mögliche Unterteilungen.



Abbildung 5: Mögliche Einteilung einer Fassade mit Grosselementen, die kleiner als 10m X 3.5m sind.

Das Vorgehen mit Grosselementen ist und bleibt eine mögliche Variante, bestehende Mehrfamilienhäuser zu sanieren resp. zu erneuern. Die komplexe Aufgabenstellung, ein älteres Mehrfamilienhaus auf den Stand zwischen MINERGIE und MINERGIE-P zu bringen bedingt allerdings, dass der Planer über bereits sehr viel Wissen und Erfahrung auf diesem Gebiet verfügt und ein entsprechendes, eingespieltes Unternehmerumfeld um sich hat. Des weitern sind folgenden Aufgaben hohe Aufmerksamkeit zu schenken:

- grosser Aufwand Massaufnahmen
- Verarbeitung der Masse im Werk
- Toleranzen, auch bei Verbindungsstelle Grosselement zu Grosselement
- Gewichte der Grosselemente
- Ausrichtungen, Aufhängungen
- Entstehen von neuen Fehlerquellen
- viele Detailneuerfindungen, wenig Multiplikatoreneffekt bezüglich Details
- unklare Ausgangslage zur Diskussion der Leitungsführung für Planerkoordination

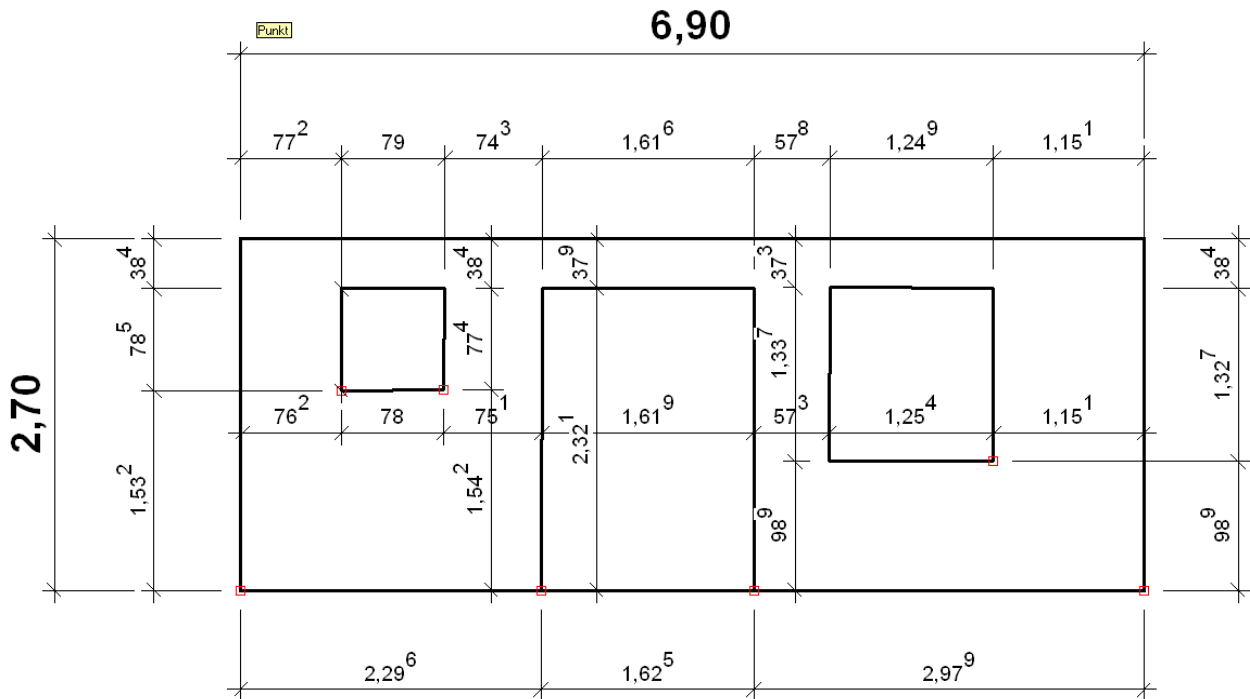


Abbildung 6: Beispiel Vermassungs-Ausgangslage eines einzelnen Grosselementes

Auch wenn das Massraster der Grossmodule selbst klare Masse aufweist, verlagert sich die Anpassung an das bestehende Gebäude in das Modul selbst. Millimetergenau müssen ungewohnte Zahlen, Toleranzen oder Winkel kommuniziert werden, die bei komplizierteren Elementen wieder zu einer Fehlerquelle selbst werden können. Die Problematik entsteht:

*"weil etwas Neues präzise krumm gebaut werden muss, damit es präzise auf das Bestehende, krumme passt".*

Mit Fokus auf das Potential von rund 69'000<sup>2</sup> zu erneuernden Mehrfamilienhäusern (von 106'000 Untersuchten) kann eine weitere, andere Herangehensweise von Vorteil sein, die als Option zur Bauweise mit Grosselementen auch zu einer anwendbaren Methode wird. In einer zweiten Phase des Forschungsprojektes hat sich ein Konzept herausgebildet, das mit dem sogenannten **"Ort der Verdichtung von Details"** operiert und die Prozesse bei Planung und Realisierung unterstützt. Zudem entstehen sich wiederholende Prozesse und die Problematik der Masstoleranzen wird deutlich entschärft. Die Industriepartner unterstützen dieses Konzept, da sie die vereinfachten, strukturierten Vorgänge als Vorteil im Bauprozess sehen. Denn zu berücksichtigen sind auch die in der Bauwirtschaft herkömmlichen, etablierten Prozesse und Schnittstellen zwischen Planer und Unternehmer. Ohne allgemein anerkanntes Basiskonzept wird es schwieriger im Vorfeld Planung und Ausführung näher zueinander zu bringen. Das kann z.B. dazu führen, dass der Unternehmer am Schluss der Prozesskette Details irgendwie passend machen muss, nicht selten ohne aufwändige Verrechnungsbegründung der unvorhergesehenen Zusatzarbeiten.

<sup>2</sup> Schwehr, Fischer, (2010), gem. Forschungsmodul B1, B2, siehe Literaturliste

## 2.2 Das Basismodul F4.1

### 2.2.1 "Ort der Verdichtung von Details"

Ein komplett anderer Ansatz betreffend Vorgehen ergibt sich aus der Beobachtung der Grössen benötigter Zeitmengen bei Diskussionen, wenn es um Detaillösungen in der Fassade geht. Auffallend ist, dass signifikant weniger über die opaken Wandbereiche diskutiert wird. Berechnungen, Befestigungen, Materialentscheidungen und weitere Grössen scheinen klarer zu sein, so dass sie deutlich weniger Gesprächszeit beanspruchen. Dies hat wahrscheinlich auch mit den zahlreichen, bereits etablierten Systemen für opake Fassadenteile zu tun, die bereits auf dem Markt sind. Schliesst man nun daraus, dass dort weniger Diskussionsaufwand betrieben wird, weil es einfacher ist, dann sind die opaken Teile auch nicht das Kernproblem bei Erneuerungen.

Die Diskussionen drehen sich deutlich mehr um Details betreffend Fenster, Leibungen, Anschlüsse, Befestigungen, Lüftungsleitungen, Durchdringungen, Storen, Positionen von Bauteilen und dergleichen, die rein örtlich betrachtet, zufälligerweise alle um das Fenster herum sind.

Nun soll hier aufgrund dieser Betrachtung ein Konzept entstehen, dass die Prozesse der Planung und Ausführung unterstützt und auch für die Detailkonstruktion eine Ausgangsbasis schafft, von der aus mit dem Fachwissen der beteiligten Akteure die ortspezifischen Details vervollständigt werden können.

Dazu sind mindestens folgende Bedingungen in die Überlegungen mit einzubeziehen:

- gute Wärmedämmwerte und wärmebrückenarme Konstruktion
- Verwendung von hochqualitativen Fenstern
- Umgang mit Leitungsführungen in neuen Elementen
- Führung Lüftungsleitung und eventuell Elektrik von aussen in die Innenräume
- einfache und sichere Verbindung der Lüftungsleitungen zwischen Elementen
- Luftdichtigkeit zwischen Element und bestehendem Mauerwerk
- elektrisch betriebene Storen mit Möglichkeit von Automatisierungen
- Möglichkeiten für Kabel für Sensoren bei Fenstern
- Reaktionsmöglichkeit auf Feuchtigkeit von innen
- Montage an bestehenden Aussenmauern
- Verwendung normal verfügbarer Baumaterialien
- einfache Geometrien der verwendeten Baumaterialien
- möglichst klare Schichten (Schichten der Gebäudehülle ums Gebäude)
- weitest gehende Gestaltungsfreiheit bei Form, Grösse und Fassaden-Materialisierung, "es soll nicht wie vofabriziert aussehen"
- Multiplikatoreffekt, das Prinzip der Details soll möglichst viel anwendbar sein
- Ausgleichmöglichkeit gegenüber Unebenheit des bestehenden Mauerwerks
- Reaktionsmöglichkeit auf klimatische Verhältnisse, bezüglich Wärmeverluste bei Lüftungsleitungen zu Aussentemperatur
- hoher Multiplikatoreffekt für Planung und Vorfabrikation
- Eigensteifigkeit für Transport und Montage
- Berücksichtigung der Logistikmasse auf Schweizer Strassen
- Prinzip für die ganze Gebäudehülle, also auch Basis für vofabrizierte Dachelemente
- Unterstützung auch in der Phase der Planerkoordinationen

Der "Ort der Verdichtung von Details" kann grafisch wie folgt erkannt werden:

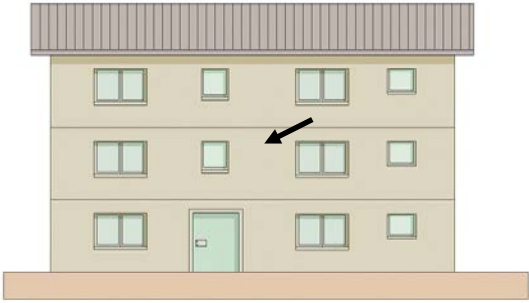
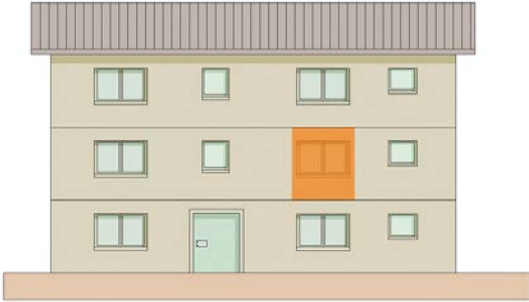


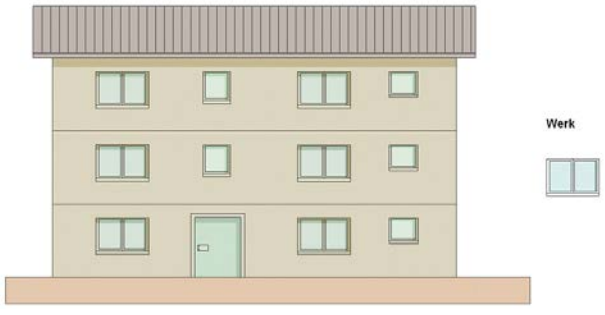
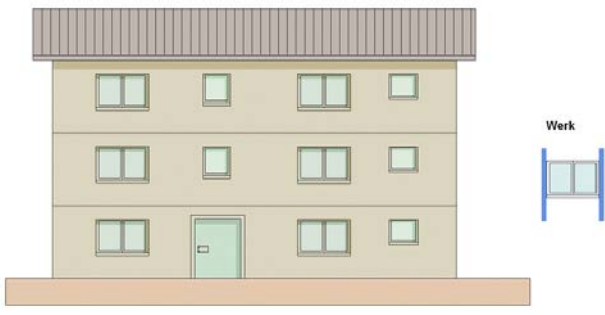
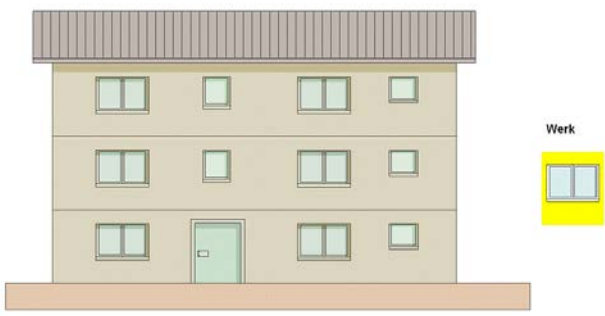

	<p><b>Punkt 1: Feststellung</b>          Aus der Beobachtung ergibt sich, dass deutlich weniger über die opaken Fassadenteile gesprochen wird, als über Details wie Fensteranschlüsse, Storen usw.</p>
	<p><b>Punkt 2: "Ort der Verdichtung von Details"</b>          Die meisten Punkte der Diskussionen sind "in der Nähe des Fensters". Das legt nahe, möglichst alle wichtigen Details an einem definierten Ort zusammenzunehmen, und systematisch zu lösen. Der eingefärbte Bereich ist diejenige Stelle an der alten Fassade, die mit einem neuen, vorgefertigtem Element bestückt wird, so dass die meisten Probleme systematisch gelöst sind. Das ist das <b>Basismodul F4.1</b>, von dem vieles ausgehen wird.</p>
	<p><b>Punkt 3: Abdeckung ganzer Fensterspalte</b>          Das gleiche Basismodul deckt im Prinzip die ganze Spalte der alten Öffnungen ab.</p>
	<p><b>Punkt 4: Abdeckung möglichst vieler Öffnungen</b>          Idealerweise können an einer Fassade alle alten Öffnungen mit einem ähnlichen Basismodul abgedeckt werden.          Damit sind viele problematische Bereiche in der Fassade abgedeckt.</p>

Abbildung 7: Erläuterung "Ort der Verdichtung von Details"

Der Ablauf von der Werkproduktion des Basismoduls F4.1 bis zur Vervollständigung der Fassade läuft wie folgt ab:

	<p><b>Im Werk:</b> Bestellung des definitiven Fensters, aufgrund von Referenzmassen am bestehenden Bau und Plänen der Planer und Unternehmer</p>
	<p><b>Im Werk:</b> Beginn Bau des Basismoduls F4.1, der tragenden Konstruktion, inklusive Einbau der Lüftungskanäle, Fenster und weiterer Baumaterialien in Schicht 1 (siehe später, 2.2.2)</p>
	<p><b>Im Werk:</b> Einbau der Wärmedämmung, Fertigstellung der Schicht 2 (siehe 2.2.2), eventuell der fertigen Aussenhaut oder Elemente zur Solarenergiegewinnung</p>
	<p><b>Am Bau:</b> Vorarbeiten am Bau wie z.B. Entfernung Fensterbank, Brüstung, Reinigung Fassade, Setzen von Montagebalken etc.</p> <p>Anbringen des vorfabrizierten F4.1 Basismoduls inkl. Fenster, Lüftungskanälen, Medien, Dämmung, ev. Elementen zur Solarenergiegewinnung oder Aussenhaut</p>




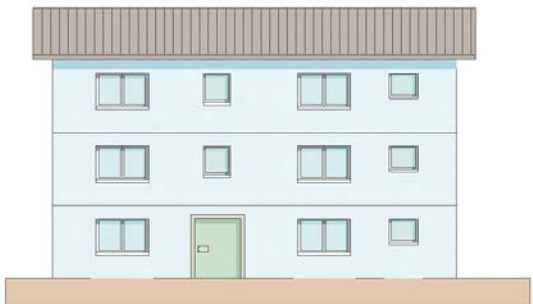
	<p><b>Am Bau:</b> Öffnungen übereinander können mit gleichen/ähnlichen Modulen bedient werden.</p>
	<p><b>Am Bau:</b> Gleiches gilt für die verschiedenen Spalten der Öffnungen.</p>
	<p><b>Am Bau:</b> Die verbleibenden opaken Bereiche werden mit etablierten Fassadensystemen wie herkömmlich vervollständigt. Denkbar sind auch vorfabrizierte Elemente. Vom Konzept her ist dies optional, und lässt die Möglichkeit offen, situativ zu reagieren.</p> <p>Die opaken Teile sind die Module F1: verputzte Fassaden F2: hinterlüftete Fassaden F3: Fassaden mit hintenliegender Schüttdämmung</p>
	<p><b>Am Bau:</b> Schlussarbeiten der äussersten Fassadenschicht und innere Abschlussarbeiten. (Entfernung altes Fenster, Erstellung Luftdichtigkeit, Bohrungen für Durchdringung Lüftungsleitung etc.)</p>

Abbildung 8: Ablauf Fassadenerstellung

Untersuchungen der Hochschule Luzern, Kompetenzzentrum Typologie&Planung in Architektur (CCTP) (Forschungsmodul B1, B2, siehe Grafik Gesamtforschungsprojekt) haben ergeben, dass in der deutschen Schweiz bei rund 69'000 Mehrfamilienhäusern dieses F4.1 Basismodul auf rund 2.2 Mio. Öffnungen und Balkone anwendbar ist.

### 2.2.2 Konstruktion und Zusammenbau

Das F4.1 Basismodul lässt sich grundsätzlich mit allen Fenstermassen und verschiedener Anzahl von Lüftungsleitungen einrichten. In der nachstehenden Abbildung ist eine recht grosse Ausführung mit je 4 Lüftungsleitungen pro Seite dargestellt. Die grundsätzlich vertikale Führung der Lüftungsleitungen und die genau vorgegebenen Platzierungen als auch Masse einzelner Bauteile erzeugen bereits in der Planungsphase präzise Anhaltspunkte, wo Leitungen zu liegen kommen. Diese Art der Leitungsführung und auch deren Montage erfüllt nebenbei auch brandschutztechnische Anforderungen, wenn die betreffenden Minimalmasse und Materialisierungen eingehalten werden.

Die Masse der einzelnen Bauteile folgen einem Muster. Die Explosionszeichnung wirkt vorerst detailreich, aber der Systemgedanke ist ja, dass viele "Probleme" in dieses Basismodul zusammen genommen sein sollen. Alle unten dargestellten Bauteile können werkseitig zusammengebaut werden. An einem 1:1 Arbeitsmodell konnten die Abläufe des Zusammenbaus der Einzelbauteile getestet werden.

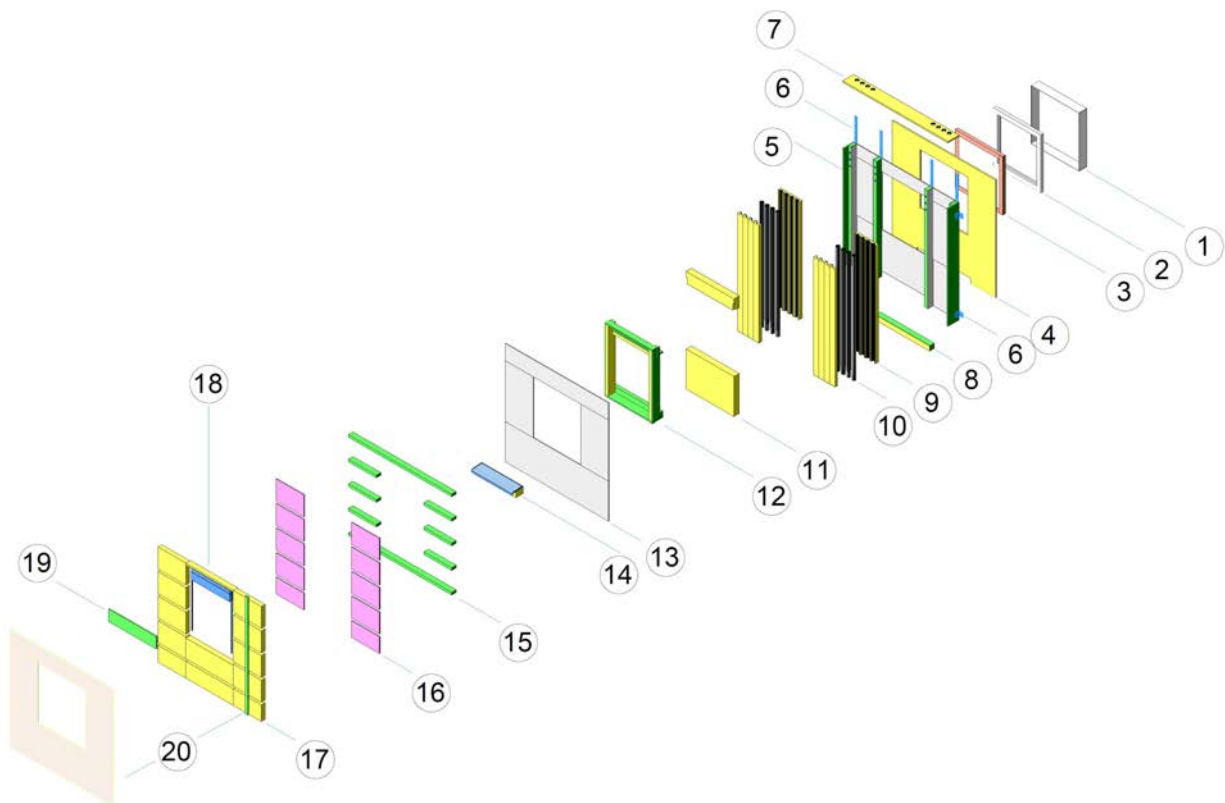


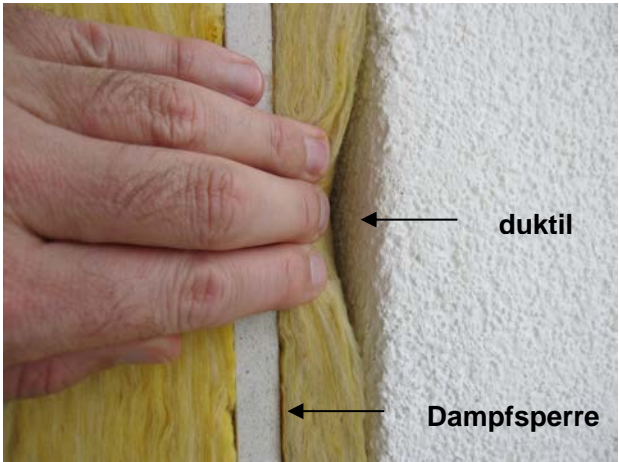
Abbildung 9: Explosionszeichnung der Einzelbauteile mit Bauteilnummern des Basismoduls F4.1

Die Bauteilnummern 1-13 bilden die Schicht 1: ihre Dicke hängt vom Durchmesser der verwendeten Lüftungsleitungen ab:

bei  $D_{\text{innen}} = 80 \text{ mm}$  beträgt die Dicke von Schicht 1:  $30 \text{ mm} + 15 \text{ mm} + 140 \text{ mm} + 15 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$   
 bei  $D_{\text{innen}} = 100 \text{ mm}$  beträgt die Dicke von Schicht 1:  $30 \text{ mm} + 15 \text{ mm} + 160 \text{ mm} + 15 \text{ mm} = 220 \text{ mm}$

Die Bauteilnummern 14-20 bilden die Schicht 2: ihre Dicke ist abhängig von der erforderlichen Überdämmstärke der Lüftungsleitungen und dem gewünschten Gesamt-U-Wert. Im Beispiel hier wird 20 mm dicke Vakuumdämmung (VIP, engl. vacuum insulation panel) und 100 mm Glaswolle oder Steinwolle verwendet. Die Schicht 2 hat hier somit eine Totalstärke von 120 mm (ohne Aussenhaut). Die für den U-Wert relevante Gesamtkonstruktion, ohne Fassadenhaut und ohne Ausgleichsschicht zum bestehenden Mauerwerk, ist in diesem Fall  $170 \text{ mm} + 120 \text{ mm} = 290 \text{ mm}$ . Dazu kommen die Werte der Ausgleichsschicht und des bestehenden Mauerwerks, je nachdem ein kleiner Wert noch durch die Fassadenhaut. Mit dieser Konstruktion ist eine wärmebrückenarme Lösung betreffend Storenkasten möglich (hier 120 mm, nicht 130 mm!), da diese vollständig in der Schicht 2 zu liegen kommt und auf der Innenseite überdämmbar ist, sei es mit herkömmlicher Wärmedämmung oder mit VIP.

Bauteil Nr.	Bezeichnung	Beschrieb
1	Folie für Luftdichtigkeit	<p>Die Folie wird im Werk in das Modul während der Vorfabrikation montiert. Die Folie muss mit dem Fensterrahmen verklebt sein. Sie ragt aus dem F4.1 Modul heraus und wird am Bau an der bestehenden Aussenleibung verklebt und z.B. mit einer 10 mm Gipsplatte überdeckt (entspricht dann neuer Innenleibung, siehe Abbildung 46).</p> <p>Mit der Folie ist auch die Funktion einer Dampfsperre möglich. Es gibt auch Fensterprodukte, die mit einer bereits am Fensterrahmen verklebten Folie geliefert werden können.</p>
2	Fenster	<p>Es werden 3-fach Verglasungen ab einen U-Wert von <math>0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math> empfohlen (Förderung durch das nationale Gebäudeprogramm 2010). Die vorgeschlagenen Fenster der Firma 4B-Bachmann, Ego Kiefer, Swissswindows können direkt in das Modul eingelassen werden. Die Öffnungsgrösse im Modul F4.1 ist anpassbar an die bestehende lichte Öffnung der bestehenden Wand, somit auch die Fenstergrösse. Zu beachten ist bei der Auswahl von Fenstern:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- geeignete Fenster gem. Tabelle unten</li> <li>- Öffnungsarten (Kipp/Dreh oder nur Dreh)</li> <li>- Schalldämmmass gegen aussen ist nachher besser als vorher</li> <li>- ev. storenlose Lösungen, (im Fenster integriert)</li> <li>- Drehangelpunkt Fenster und Einfluss auf Lichtmasse</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fenstergriffplatzierung unterer Teil Fenster, Zugänglichkeit wegen grösserer Innenleibung, Küchenfenster, Rollstuhlgängigkeit, etc</li> <li>- Toleranz +/- 2mm jede Seite zum Einbau im Werk, Anschlag vorne mind. 10mm, Verschraubung in Konstruktionsholz, KEINE Schrägbefestigung hinter Dichtung (Beschädigung VIP)</li> </ul>
<b>3</b>	Einlage	<p>Zwischen Fenster und Anschlagbereich ist eine ausgleichende Schicht vorzusehen. Diese muss in der Regel als dampfdiffusionsdichte und luftdichte Fugenabdichtung ausgeführt sein (z.B. Folienband). Sie dient nicht zur Unterstützung der Luftdichtigkeit, sondern füllt den Zwischenraum zwischen Fenster und Fensterrahmen, da beim Einlassen des Fensters eine Toleranz vorhanden sein muss.</p>
<b>4</b>	Ausgleichsschicht F4.1 - alte Wand, Dampfsperre	<p>Die neuen F4.1 Module sind rückseitig plan (Fermacell-Platte). Das bestehende Mauerwerk kann Unregelmässigkeiten aufweisen. Mit einer duktilen Dämmung können die Toleranzen zwischen dem neuen Modul und bestehender Wand aufgefangen werden. Diese Dämmung muss gut zusammendrückbar sein. Durch das Zusammendrücken verändern sich leicht die U-Werte. Die minimale Dicke dieser Ausgleichsschicht beträgt 30 mm und ist ein Glaswolle Produkt der Firma ISOVER.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p><b>Abbildung 10: duktile Dämmung zwischen Fermacellplatte und bestehender Wand</b></p> <p>Die Notwendigkeit einer Dampfbremse/sperre ist gem. SIA 180 zu überprüfen. Falls eine Dampfbremse/sperre erforderlich sein sollte kann diese zwischen der hinteren Fermacellplatte und der Ausgleichsschicht eingebracht werden. Diese ist mit der Folie für Luftdichtigkeit beim Fenster zu verbinden/verkleben.</p>
<b>5</b>	Fermacellplatte und Kanthölzer vertikal Schicht 1	<p>In der Werkstatt beginnt der Zusammenbau mit den hinteren Fermacellplatten, den vertikalen Kanthölzern Schicht 1, den Seitenbrettern und Metallschienen.</p> <p><i>Fermacellplatten:</i></p>

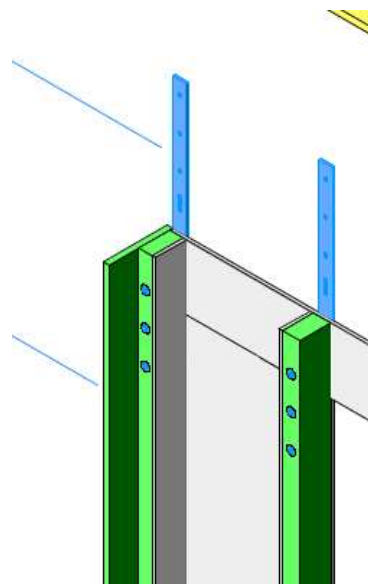
		<p>alle Platten sind 15 mm dick, diese Rückwandplatte muss, wenn zusammengesetzt, horizontal geschnitten sein, so dass die aussteifende Wirkung für das gesamte Basismodul wirkt (gilt auch für Bauteil Nr. 13). Dort wo eine Abzweigung einer Lüftungsleitung zu einem Innenraum erfolgt, ist an der entsprechenden Stelle das Loch zu bohren/spitzen und auch werkseitig der Bogen (oder Schalldämpfer) der Lüftungsleitung im Werk anzusetzen. Diejenigen Fermacellplatten, die innenseitig der vertikalen Kanthölzer Richtung Lüftungsleitung liegen, sind aus Gründen des Brandschutzes auch 15 mm dick um EI30 nbb zu erreichen. (siehe auch Grundrissplan Abbildung 23).</p> <p><i>Kanthölzer vertikal Schicht 1:</i> Die Höhen der Kanthölzer haben das gleiche Mass wie die bestehende Geschosshöhe, minus einer Toleranz von etwa 2 cm (siehe auch Abbildung 24 ). So kann bei übereinander liegenden Kanthölzern von Geschoss zu Geschoss keine Körperschallübertragung über diese stattfinden. Die Tiefe der Kanthölzer richtet sich nach den Flumroc-Halbschalen (Bauteil Nr. 9), die wiederum vom Durchmesser der Lüftungsleitungen abhängen.</p> <p>Lüftungsleitung <math>D_{\text{innen}} = 80 \text{ mm}</math>: AK Halbschale 140 mm X 140 mm</p> <p>Lüftungsleitung <math>D_{\text{innen}} = 100 \text{ mm}</math>: AK Halbschale 160 mm X 160 mm</p> <p>Die Kanthölzer neben dem Fenster müssen wegen des Brandschutzes mindestens 80 mm breit sein. Bei den äusseren beiden Kanthölzern reicht eine Breite von 60 mm.</p> <p><i>Seitenbretter:</i> Die Seitenbretter bilden einen Abschluss zu den opaken Fassadenmodulen F1, F2 und F3 und versteifen das F4.1 Modul seitlich. Vorderkant könnten sie auch die Montagefläche von eventuellen Dilatationsfugenschienen sein. Die Seitenbretter unterstützen die Krafteinleitungen in die Kanthölzer vertikal Schicht 1. Wenn statisch nicht erforderlich, können die Seitenbretter auch nicht ganz bis AK Kanthölzer quer Schicht 2 geführt werden, sondern z.B. nur bis zur Mitte. So verringert eine Überdämmung die lineare Wärmebrücke.</p>
6	Metallteile	<p><i>Flachmetallschienen:</i> Das F4.1 Basismodul wird an der bestehenden Mauer hängend angeschlagen. So kann auf eine zusätzliche Fundation verzichtet werden. Das Aufeinanderstellen ist theoretisch möglich. Setzungen und Körperschallübertragungen sind dann deutlich schwieriger abschätzbar. Die Flachmetallschiene zur Aufhängung ist rund 10 mm dick und 60 mm breit, die Länge ist, je nach Festigkeit des bestehenden Mauerwerks, auf statische Anforderungen dimensionierbar, bis über eine halbe Geschosshöhe. Sie besteht aus</p>

rostgeschütztem Stahl oder Aluminium. Sie ist mit einem Langloch und einem oder mehreren Rundlöchern versehen. Die Anzahl Löcher und deren Distanzen zueinander richten sich nach dem statischen Auszugverhalten der Dübel und dem Auszugverhalten einzelner Backsteine. Die durchgehende Festverschraubung des Flachmetalls rückseitig mit dem vertikalen Kantholz in Schicht 1 auf der Fermacellplatte kann auch mehrere Löcher aufweisen. Die Anzahl und Distanz richtet sich nach den Angaben des Bauingenieurs.

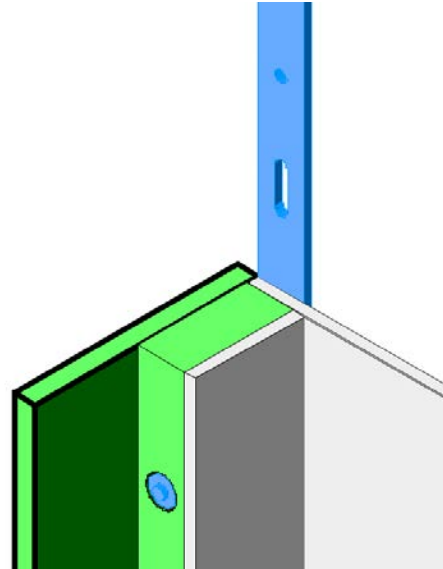
Die gesamte Konstruktion hängt somit an den Kanthölzern. Die vertikale Kraftabtragung ist vorwiegend in der Schicht 1, die Schicht 2 ist statisch an Schicht 1 angeschlossen. Da die Verschraubung nur in Schicht 1 liegt und von der Schicht 2 überdeckt wird, gibt es keine punktuellen Wärmebrücken nach ganz aussen.

Die Flachmetallschienen werden auf der Hinterseite der Fermacellplatte mit durchgehenden Schrauben mit dem Kantholz verschraubt. Die Mutter/oder Kopf ist im Kantholz versenkt, da später darauf die zweite, vordere Fermacellplatte aufgebracht wird. Resträume im Holz sind mit Dämmmaterial auszufüllen, so dass keine Lufthohlräume entstehen.

Die Flachmetallschienen können auch im Werk, für Auflad, Ablad und bei der Montage am Bau als klar definierte Aufhängepunkte dienen, so dass am Bau wieder zu entfernende provisorische Aufhängungen verzichtbar werden.

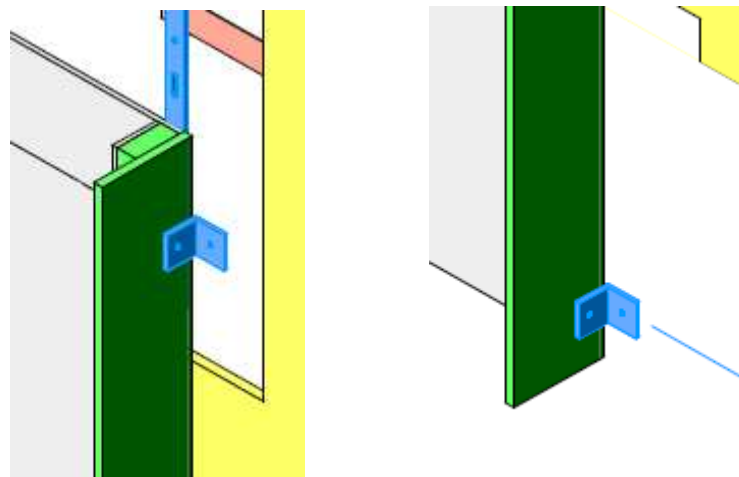


**Abbildung 11: hintere Fermacellplatte, Flachmetall, vertikale Kanthölzer, Seitenbrett, innenseitige Fermacellplatten**



**Abbildung 12: Flachmetall am vertikalen Kantholz, mit versenktem Kopf**

Die Metallwinkel sind für die Sicherung von z.B. Windkräften zuständig, so dass ein Verschieben in/von Richtung bestehende Wand nicht mehr möglich ist. Es muss mindestens eine pro Seite montiert werden, besser sind zwei. So können auch Distanzen zum Mauerwerk justiert werden. Bei höheren Kräften kann man mit der Anzahl weiterer Metallwinkel reagieren. Das Einschrauben seitlich in die Kanthölzer soll etwa mittig sein, damit keine Schädigung des eingebauten VIP möglich ist. Mit Flachmetallschiene und Metallwinkel ist eine eindeutige Kraftabtragung bezüglich Summe der vertikalen als auch Summe der horizontalen Kräfte möglich.



**Abbildung 13: minimale Platzierungen Winkeleisen**

Die Bohrungen der Löcher im Mauerwerk für die Dübel müssen *ohne Schlag* ausgeführt werden. Die Verdübelung und Verschraubung ist nach Stand der Technik auszuführen.



Abbildung 14: spezialisierte Befestigungstechnik der Firma Neofas

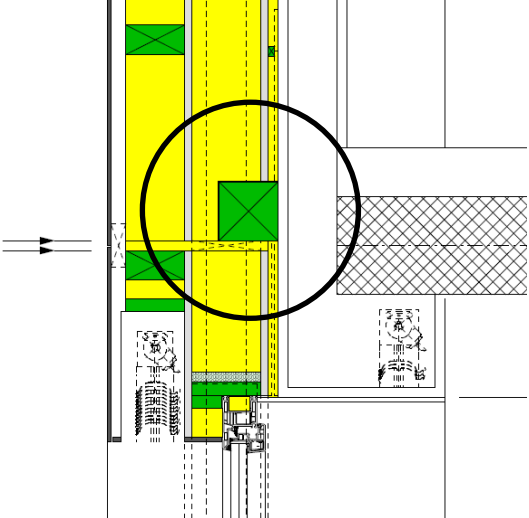


Abbildung 15: Verhalten der Verdübelung im Mauerwerk

7

Toleranzbereich  
F4.1 zu F4.1,  
vertikal

Dieses Zwischenstück besteht aus duktiler Wärmedämmung, (wie Bauteil Nr. 4), das zwischen zwei übereinander liegenden F4.1 Modulen zu liegen kommt. (Toleranzausgleich der geplanten, oben erwähnten 2 cm).  
Alle Zwischenräume, gebildet durch aufeinander stehende F4.1 Module, werden mit diesem Bauteil Nr. 7 am Bau ausgefüllt. Es dämmt den vorgesehenen Toleranzbereich vollständig aus. Dies ist neben Verhinderung von Wärmeverlusten auch wichtig für eine Verhinderung von Aussenschall auf die Lüftungsleitungen als auch zwischen diesen.

<p style="text-align: center;"><b>8</b></p>	<p style="text-align: center;">Montagebalken</p>	<p>Die Module könnten am Kran hängend direkt an der bestehenden Wand verschraubt werden. Vorteile kann ein Einsatz eines Montagebalkens haben (optional), der aber vorerst nicht als langfristig statisch tragend zu sehen ist, sondern nur als Montagehilfe. Der Vorteil ist die Möglichkeit eines Abstellens des Moduls am Bau um das Ausrichten zu erleichtern.</p> <p>Sollte der Montagebalken als lebenslang tragend geplant werden, muss dieser über die ganze Breite des F4.1 Moduls zu liegen kommen, so dass die vertikalen Kanthölzer Schicht 1 neben dem Fenster als auch diejenigen aussen auf den Montagebalken Kräfte abtragen. Dem Auszugverhalten der Dübel ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"><b>Abbildung 16: Montagebalken für das F4.1 Modul</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>9</b></p>	<p style="text-align: center;">Flumroc-Halbschalen</p>	<p>Die Halbschalen ummanteln alle Lüftungsleitungen. Ein aufwändiges Montieren von Lüftungsrohren mit Schellen entfällt, ebenso ein Auffüllen der Zwischenräume von Rohren mit Dämmmaterial (Ausnahme Eckbereiche bei Richtungswechsel, siehe Abbildung 72). Die Masse der Schalen sind so vorbestimmt, dass zwischen den Lüftungsleitungen EI30 nbb für den Brandschutz erreicht wird.</p> <p>Die Halbschalen gibt es für verschiedene Rohrdurchmesser, so z.B. für Innenrohrdurchmesser 80 mm oder 100 mm, als auch verschiedenen Dichten, beginnend bei 60 kg/m<sup>3</sup>.</p>



**Abbildung 17: Halbschalen für Lüftungsleitungen der Firma Flumroc**



**Abbildung 18: Einblick in das Innenleben, Lüftungsrohre mit Flumroc Halbschalen in einen Arbeitsmodell, erstellt durch Bächli Holzbau AG, Embrach**

**10**

Lüftungsrohre

Die Ausrichtung der Lüftungsleitungen in der Fassade ist grundsätzlich vertikal. (Konzeptioneller Ansatz durch HSLU, Gerhard Zweifel, Andreas Gütermann, Forschungsmodul A5). Die Lüftungsleitungen sollen am Bau einfach verbindbar sein. Es müssen spezielle verwendet werden, hier werden diejenigen der Firma Lindab als Beispiel genommen, die mit Doppellippen versehen sind. Das Zusammenstecken der Lüftungsleitungen am Bau wird so innerhalb von Sekunden möglich.



Teleskop rausziehen

Ausrichten

einstecken

dito andere Rohre

**Abbildung 19: Ablauf verbinden Lüftungsleitungen zwischen zwei übereinanderliegenden F4.1 Modulen**

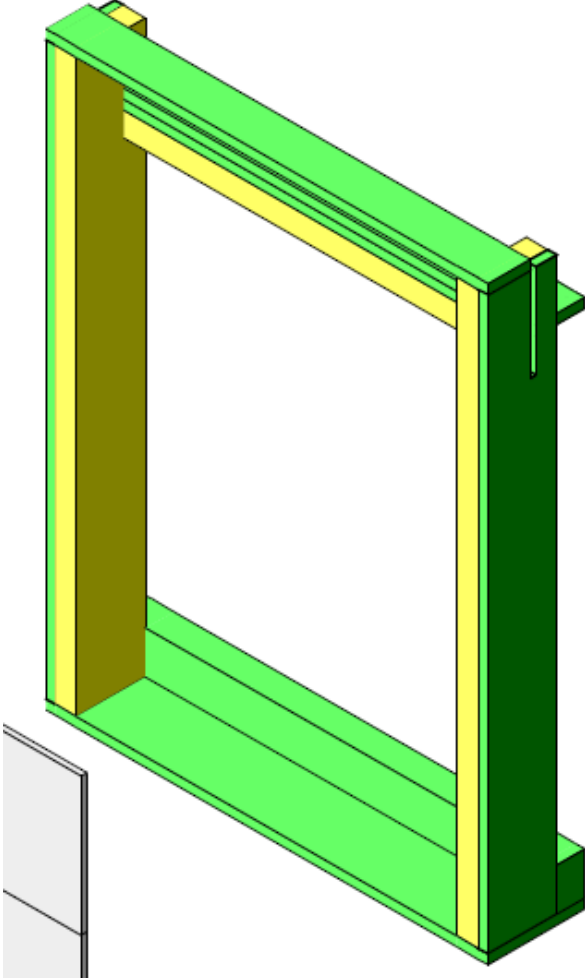


**Abbildung 20: Modell an der SWISSBAU 2010, Die Fassade wurde hier als hinterlüftete Holzfassade ausgeführt (erstellt durch Firma Bächli Holzbau) .**

Abbildung 20 zeigt diejenige Bauphase, wo das obere Element auf das untere angesetzt wird und die Lüftungsleitungen zusammengesteckt werden. Der nächste Schritt wäre hier das Anbringen des Bauteils Nr. 7 und das endgültige Zusammenfügen durch Herablassen am Kran des oberen F4.1 Moduls.



**Abbildung 21: F4.1 Modul, mit eingesteckten Lüftungsleitungen**

11	Wärmedämmung Sturz/Brüstung Schicht 2	Es können diffusionsoffene Wärmedämmprodukte gemäss Tabelle unten verwendet werden. Teilweise sind sie vor dem Einbau auf Mass zurechtzuschneiden.
12	Neuer Leibungsrahmen mit Wärmedämmung	<p>Diese Konstruktion bildet auch den Anschlag für das Fenster und gleichzeitig die Leibungsunterkonstruktion der neuen Aussenleibung, die wärmegeklämt wird.</p> 
13	Vordere Fermacellplatten	Die 15 mm Fermacellplatten bilden den Abschluss der Schicht 1. In Kombination mit der hinteren Fermacellplatte (bei Bauteil Nr. 5) schafft sie die Torsionssteifigkeit für das F4.1 Basismodul selber aber auch für den Transport.
14	Fensterbank	z.B. aus Metall, immer unterseitig wärmegeklämt.

15	Kanthölzer quer Schicht 2	<p>Kanthölzer quer, z.B. 60 mm hoch. Tiefe = Dämmdicke von VIP Bauteil Nr. 16 + Dämmdicke von Bauteil Nr. 17.</p> <p>Zwischen den Hölzern kommen die VIP-Platten zu liegen (Bauteil Nr. 16). Das lichte Mass zwischen den Kanthölzern quer sollte so sein, damit auch Normformate wie z.B. 50 cm X 60 cm direkt eingesetzt werden können. Die Breite der VIP Platten muss grösser als die Breite aller Halbschalen sein (bei vier Rohren z.B. grösser als 4x140mm). Eventuelle Resträume zu den Seitenbrettern sind mit anderem Wärmedämmmaterial aufzufüllen. Diese Resträume stellen die Möglichkeit dar, Differenzen zu Normgrössen der VIP Platten zu kompensieren (wobei grundsätzlich auf Anfrage alle Formate erhältlich sind).</p> <p>Auf den Kanthölzern quer AK können Holzfaserplatten zum Verputzen, vertikale Lattung für hinterlüftete Fassade, oder Elemente zur solaren Energiegewinnung angebracht werden (immer diffusionsoffene Konstruktionen). Statische Kräfte werden an den Kreuzpunkten zu den Kanthölzern vertikal Schicht 1 eingeleitet. Im Zweifelsfall können mit z.B. zusätzlichen Dreieckshölzern Übertragungsmomente entschärft werden.</p>
16	Überdämmung Lüftungsleitungen	<p>Wärmedämmoptimierung mit VIP. Die Thematik möglicher Wärmeverluste durch Lüftungsleitungen wird im Kapitel 2.2.4.b genauer beschrieben. Die Einbringmöglichkeit von VIP kann unverhältnismässige Wärmetransmissionen bei möglichen, langen und linearen Wärmebrücken zwischen Lüftungsleitung und Aussenklima deutlich entschärfen. Dies dann bei gleichbleibender Dicke der Schicht 2.</p>
17	Wärmedämmung Schicht 2	<p>Es können die unten angegebenen Dämmprodukte verwendet werden.</p>
18	Sonnenschutz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektrische Storen, Stoffrouleaux usw. für Wärmeschutz Sommer, Unterstützung thermische Verluste Winter</li> <li>- Storenkasten Innenlichtmass Beachtung schenken, aufgrund Summe Masse Bauteil Nr. 15, 16, 17, 19, 20.</li> <li>- Möglichkeit Integration von Steuerelementen (Kabel, fern-gesteuert)</li> </ul>
19	Abschlussbrett, optional	<p>Abschluss des Storenkastens, nicht erforderlich wenn z.B. Eternitabschluss.</p>
20	Aussenhaut	<p>Die Aussenhaut kann mit gängigem Material diffusionsoffen ausgeführt werden. Sei es Kompaktaufbau mit Aussenputz, hinterlüftete Fassade (vertikale Latte für Eternit in Explosionszeichnung angedeutet), in Holz oder Metall, oder mit Elementen zur Gewinnung von Solarenergie usw.</p> <p>Ob diese äusserste Haut bereits vorfabriziert oder erst auf dem Bau (z.B. wegen Fugenausrichtung angrenzender opaker Fassadenteile) erfolgt, ist Frage der erwünschten Erscheinung und Fassadengestaltung.</p>

Tabelle 1: Bauteilbeschriebe des F4.1 Basismoduls

Im Verlauf der konkreten Entwicklung von Details für die Fassaden ergab sich, dass die zwei Systeme Holzbau und Metall/Glas Fassadenbau unterschiedlich anzugehen sind. Eine Grosselementproduktion (inkl. Lüftungsleitungen), wie sie beim Holzbau mit bis 10 m x 2.7 m grossen Paneelen möglich ist, muss zum jetzigen Zeitpunkt beim Metall/Glasbau noch abgesagt werden. Technisch wäre dies sicher möglich, aber unwirtschaftlich. Auch die hohen Anforderungen an die Vermeidung von Wärmebrücken wäre beim Grosselement mit Metall nur aufwändig lösbar.

Die reine Holzkonstruktion im F4.1 Basismodul setzt sich wie folgt zusammen. Die gefärbten Teile entsprechen Holz, die anderen Teile sind als Drahtgitterobjekte ebenfalls 3-dimensional erkenntlich. In diesem Beispiel hat die Summe aller Holzteile ein Volumen von rund 0.23 m<sup>3</sup>.

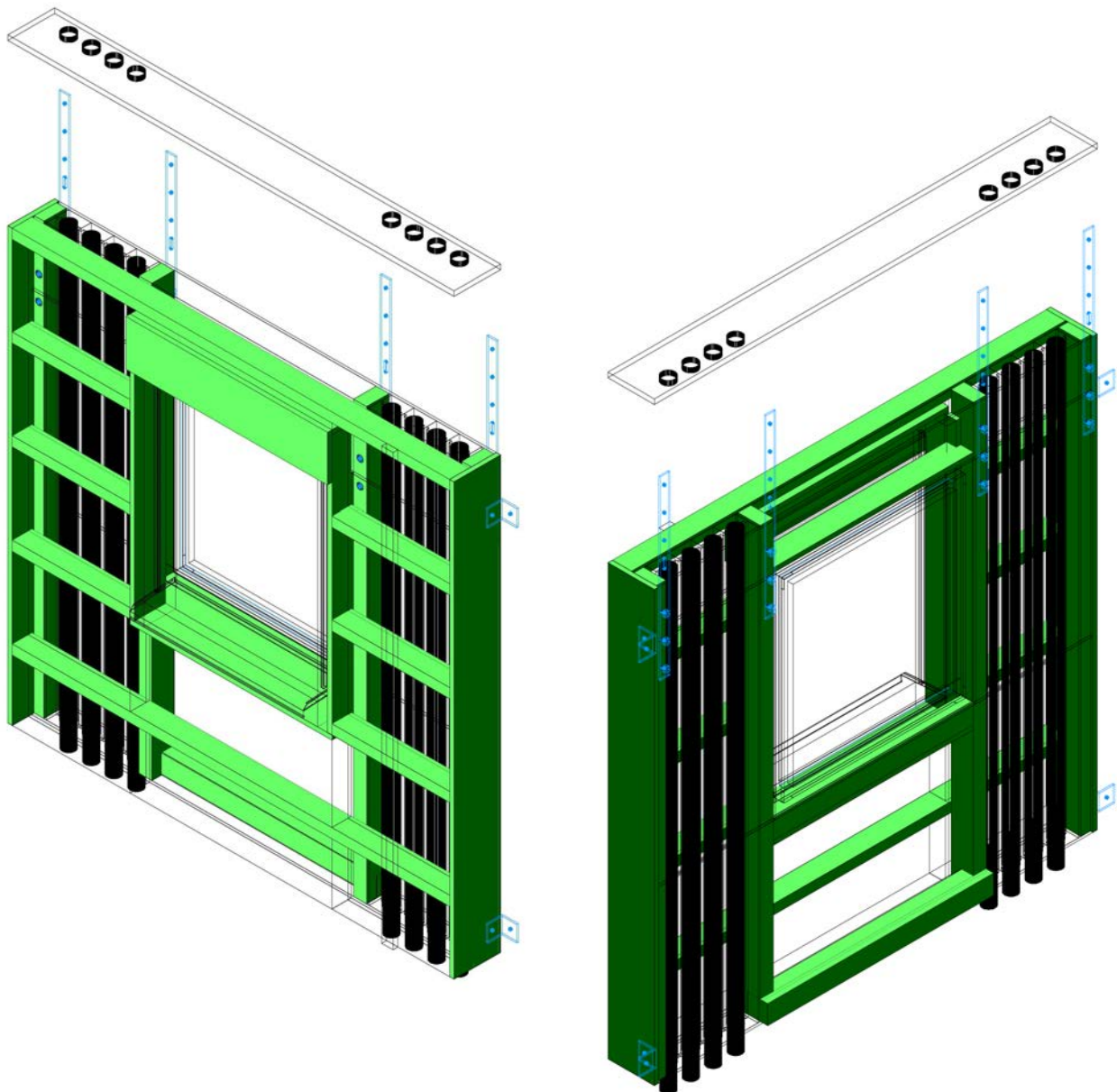


Abbildung 22: Isometrien Holzteile F4.1 Basismodul, links vorne, rechts hinten



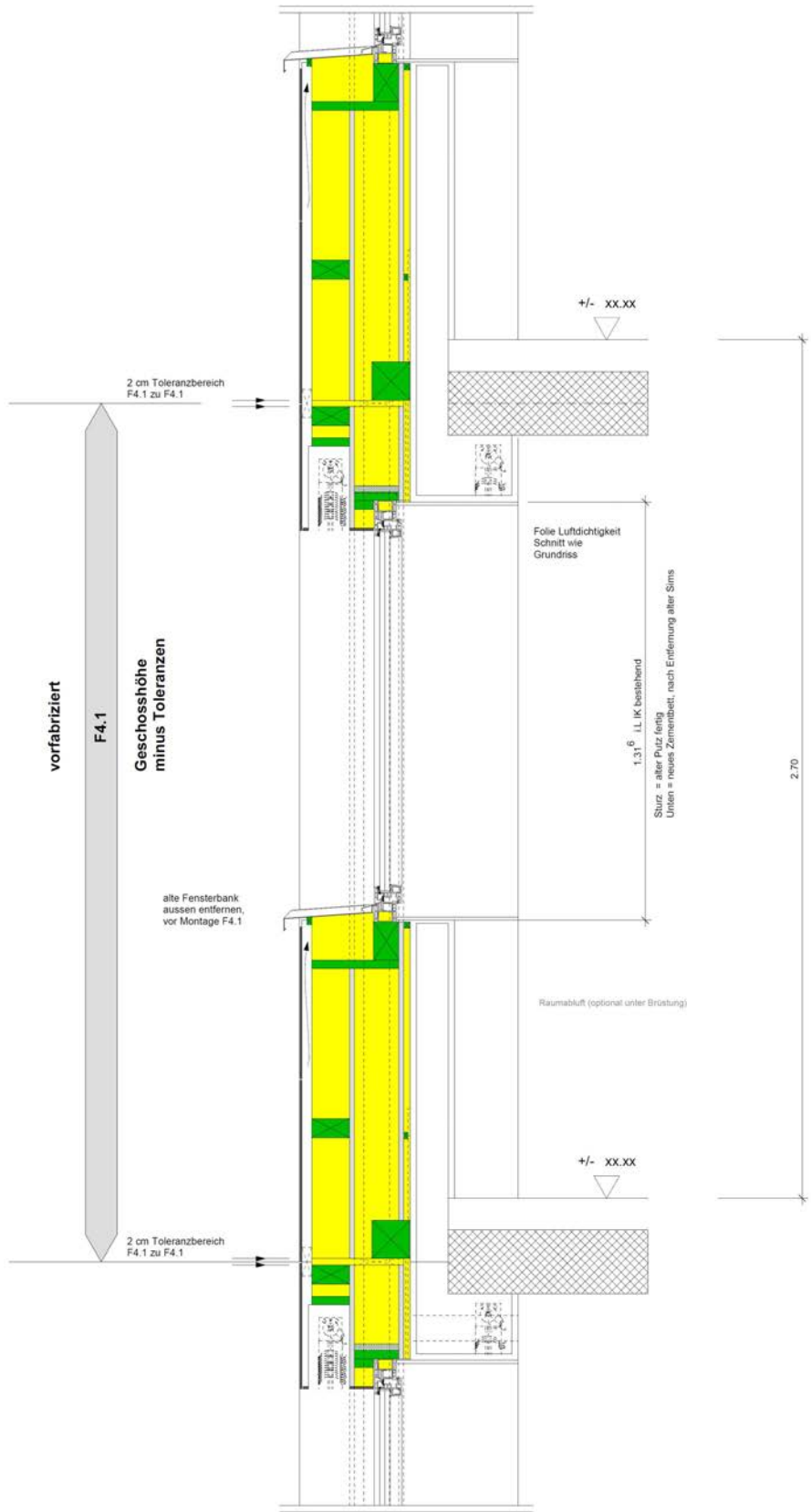




Abbildung 24: Vertikalschnitt des F4.1 Moduls

Zur Produktion des F4.1 Basismoduls (gleiches gilt auch für die Module F4.2, R9, siehe später) sind folgende Bauteile durch die Industriepartner verfügbar. Weitere Links für Informationen finden sich im Kapitel Ansprechpartner.

<b>Fenster</b>									
<p>Die folgenden Fensterprodukte eignen sich zum Einbau in das F4.1 Modul. Die technischen Werte basieren auf den Grundlagen:</p> <p>* <math>U_w</math> = Fenster U-Wert in <math>W/(m^2 \cdot K)</math> nach SIA 331            * <math>U_g</math> = Glas U-Wert in <math>W/(m^2 \cdot K)</math> nach EN 673            * g-Wert = Gesamtenergiedurchlassgrad in %            * zertifizierte Fenstermodule MINERGIE, MINERGIE-P</p>									
Produkt	$U_g$	0.7	0.6	0.5	0.4	MINERGIE	MINERGIE-P	Bemerkung	
4B meba P	$U_w$	0.88	0.80	0.72	0.63		✓	Isolierglas mit Randverbund thermo spacer +; g-Wert optional bis 60 %. Holz in FSC (nachhaltige Waldbewirtschaftung).	
	g-Wert	61	49	46	47				
4B meba	$U_w$	0.94	0.87	0.79	0.71	✓			
	g-Wert	61	49	46	47				
4B aluba Renovationsfenster	$U_w$	0.97	0.89	0.81	0.73	✓			
	g-Wert	61	49	46	47				
4B first Fassadensystem	$U_w$	0.73				keine Anforderungen definiert		Pfosten-Riegelsystem für die Renovation in Holz-Aluminium/ Aluminium oder Holz-Glas-Konstruktion. $U_w$ nach objektspezifischen Anforderungen. Holz in FSC.	
	g-Wert	objektspezifisch							
4B first energy Fassadensystem	$U_w$	0.67				keine Anforderungen definiert			
	g-Wert	objektspezifisch							
<b>Produkt</b>									  
EgoKiefer Kunststoff-Fenster AS1	$U_w$	0.94	0.86	0.79	0.71	✓			
	g-Wert	50	50	50	56				
EgoKiefer Kunststoff-Fenster XL	$U_w$	0.90	0.81	0.73	0.64	✓	✓		
	g-Wert	50	50	50	56				
EgoKiefer Holz/Aluminium-Fenster XL	$U_w$	0.94	0.86	0.77	0.69	✓			
	g-Wert	50	50	50	56				

EgoKiefer Holz/Aluminium- Fenster HA3	U <sub>w</sub>	0.99	0.91	0.83	0.76	✓			
	g- Wert	50	50	50	56				
EgoKiefer Holzfenster	U <sub>w</sub>	0.97	0.89	0.81	-	✓			
	g- Wert	50	50	50	-				
<b>Produkt</b>									
imago Designfenster	U <sub>w</sub>	0.89	0.80	0.71	0.63	✓	✓		
	g- Wert	50	50	50	47				
madera pro k Holz-Metallfenster	U <sub>w</sub>	1.0	0.94	0.87	0.79	✓			
	g- Wert	50	50	50	47				
madera natura Holzfenster	U <sub>w</sub>	1.0	0.92	0.84	0.77	✓			
	g- Wert	50	50	50	47				
iQ Kunststofffenster	U <sub>w</sub>	0.96	0.89	0.82	0.74	✓			
	g- Wert	50	50	50	47				

verdeckte  
Beschläge, g-Wert  
bis 60% möglich,  
Aussenfarbe in  
acryl, Sicherheit bis  
WK3



Tabelle 2: Fensterprodukte

## Balkontüren und Schiebetüren

Die folgenden Türenprodukte eignen sich zum Einbau in das F4.1 oder R9 Modul (Aufstockungen). Die technischen Werte basieren auf den Grundlagen:

- \* U<sub>w</sub> = Fenster U-Wert in W/(m<sup>2</sup>·K) nach SIA 331
- \* U<sub>g</sub> = Glas U-Wert in W/(m<sup>2</sup>·K) nach EN 673
- \* g-Wert = Gesamtenergiedurchlassgrad in %
- \* zertifizierte Fenstermodule MINERGIE, MINERGIE-P

Produkt	U <sub>g</sub>	0.7	0.6	0.5	0.4	MINERGIE	MINERGIE-P	Bemerkung
4B slider / xt Schiebetüre	U <sub>w</sub>	0.90	0.81	0.73	0.64	✓		Holz in FSC.
	g- Wert	61	49	46	47			
4B Haustüre	U <sub>D</sub>	1.0 - 1.1				✓		
	g- Wert	typen-/füllungsspezifisch						



Produkt								
EgoKiefer Kunststoff/Alu Hebeschiebetüre	U <sub>w</sub>	0.95	0.87	0.79	0.70	✓		Isolierglas EgoVerre mit Kunststoff- Randverbund TPS, g-Wert auch bis 60% möglich
	g- Wert	50	50	50	56			
EgoKiefer Holz/Alu- Hebeschiebetüre	U <sub>w</sub>	0.95	0.87	0.79	-	✓		
	g- Wert	50	50	50	-			
EgoKiefer Holz - Hebeschiebetüre	U <sub>w</sub>	0.92	0.84	0.76	-	✓		
	g- Wert	50	50	50	-			
EgoKiefer Haustüren	U <sub>D</sub>	≤ 1.2				✓		
Produkt								
Schiebetür pro k ST	U <sub>D</sub>	0.89	0.80	0.72	0.63	✓	✓	Holz- Metallschiebetür mit Glasanteil 84%
	g- Wert	50	50	50	47			
Schiebetür terrado ST	U <sub>D</sub>	0.96	0.88	0.81	0.73			
	g- Wert	50	50	50	47			
Balkontür imago	U <sub>D</sub>	0.89	0.80	0.71	0.63			
	g- Wert	50	50	50	47			



**EgoKiefer**  
Fenster und Türen

**SWISS  
WINDOWS**

Tabelle 3: Balkontürenprodukte

<b>Wärmedämmung</b>			
Die folgenden Wärmedämmprodukte eignen sich zum Einbau in das F4.1 Modul. Die technischen Werte basieren auf den Grundlagen Wärmeleitfähigkeit $\lambda_D$ und den erhältliche Dicken.			
Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	erhältliche Dicken [mm]
Vollflächige, Zwischenraum füllende Dämmung an Element	Flumroc- Dämmplatte 1	0.036	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220
	Flumroc- Dämmplatte 3	0.034	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120
	Flumroc- Dämmplatte DUO	0.034	60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220
Leibungsdämmung bei Fenster	Flumroc- Bodenplatte	0.034	15 - 20 - 25



	Flumroc-Dämmplatte 3	0.034	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120	
Gefachdämmung in Element (Schicht 2), wenn Element nach Aussen geschlossen	Flumroc-Dämmplatte 1	0.036	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220	
	Flumroc-Dämmplatte SOLO	0.036	100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200	
Gefachdämmung in Element (Schicht 2), wenn Element nach Aussen offen (direkt Hinterlüftung)	Flumroc-Dämmplatte 3	0.034	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120	
	Flumroc-Dämmplatte DUO	0.034	60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220	
Lüftungsrohrdämmung	Flumroc-Halbschalen 60 kg/m <sup>3</sup>	0.034	140 x 140, Ø 80 mm, 160 x 160, Ø 100 mm	
<b>Beschrieb/Situation</b>	<b>Produkt</b>	<b>Wärmeleitfähigkeit <math>\lambda_D</math> [W/(m·K)]</b>	<b>erhältliche Dicken [mm]</b>	
Gefachdämmung in Gefach, wenn Gefach aussen mit HWS Platte geschlossen	isofloc	0.039	Flocken, alle Dicken	
<b>Beschrieb/Situation</b>	<b>Produkt</b>	<b>Wärmeleitfähigkeit <math>\lambda_D</math> [W/(m·K)]</b>	<b>erhältliche Dicken [mm]</b>	
Vollflächige, Zwischenraumfüllende Dämmung an Element	PB M 032	0.032	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240	
	PB M R	0.035	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240	
	PB M 035	0.035	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240	
	PB M EXTRA	0.038	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140	
Leibungsdämmung bei Fenster	PS 81	0.031	12 - 15 - 20 - 25 - 30	
	ISOLENE P	0.032	10 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40	
	PB F 032	0.032	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200	
	ISOPONTE 032	0.032	60 - 80 - 100 - 120	
Gefachdämmung in Element (Schicht 2), wenn Element nach Aussen geschlossen	ISOTWIN	0.032	40 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160	
	SPARRENPLATTEN 032 PR	0.032	120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240	
	UNIROLL 035	0.035	60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240	
	ISOCONFORT	0.035	80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240	





Gefachdämmung in Element (Schicht 2), wenn Element nach Aussen offen (direkt Hinterlüftung)	PB F 032	0.032	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200	
	PHOENIX 032	0.032	100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240	
	ISOPONTE 032	0.032	60 - 80 - 100 - 120	
	PB F EXTRA	0.034	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200	
<b>Beschrieb/ Situation</b>	<b>Produkt</b>	<b>Wärmeleitfähigkeit <math>\lambda_D</math> [W/(m·K)]</b>	<b>Normformate 1000X600, 600X500 Spezialformate möglich erhältliche Dicken [mm]</b>	
Hochleistungs-wärmedämmung (VIP), Überdämmung Lüftungsleitungen, Verdünnung der Wärmedicke	Vakutherm	0.008	15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45	
<b>Beschrieb/ Situation</b>	<b>Produkt</b>	<b>Wärmeleitfähigkeit <math>\lambda_D</math> [W/(m·K)]</b>	<b>erhältliche Dicken [mm]</b>	
Gefachdämmung in Element (Schicht 2)	swissporLAMBDA Vento	0.031	60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240 - 260 - 280	
	swissporLAMBDA Vento Premium	0.029	60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240 - 260 - 280	
<b>Beschrieb/ Situation</b>	<b>Produkt</b>	<b>Wärmeleitfähigkeit <math>\lambda_D</math> [W/(m·K)]</b>	<b>Normformate 1000X600, 600X500 Spezialformate möglich erhältliche Dicken [mm]</b>	
Hochleistungs-wärmedämmung (VIP), Überdämmung Lüftungsleitungen, Verdünnung der Wärmedicke	Vacucomp S	0.008	15 - 25	
	Vacucomp S	0.008	30 - 40	
	Vacucomp P1	0.008	18 - 28	
	Vacucomp P1	0.007	33 - 43	
	Vacucomp P2	0.008	21 - 31	
	Vacucomp P2	0.007	36 - 46	

Tabelle 4: Wärmedämmprodukte für F4.1 Basismodul

<b>Fassade</b>			
<b>Beschrieb/ Situation</b>	<b>Produkt</b>	<b>Dicken [mm]</b>	<b>Formate [mm]</b>
Bekleidung, Farben nach Lieferprogramm	SWISSPEARL	8 + 12	max. Nutzformat 3040x1220
	MODULA C	8	2500x610, 2000x610 und 1500x610 mm
	MODULA	8	2500x300, 2000x300 und 1500x300
	CLINAR CLIP	6	1200x600, 1200x460 und 1200x360
	CLINAR Stülpdeckungen	6	300x900, 300x600, 200x900 und 200x600
	CLINAR Rechteckstreifen	6	1200x300 und 1200x200
	CLINAR Rechteckstreifen	4	300x900, 300x600, 900x200 und 200x600
	FASSADEN SCHIEFER	4	3x300x300, 3x300x200, 3x200x200, 5x150x120, 6x150x100, 10x60x150, 10x75x60 mm und 900x300 und 900x200 mit individuellen Einschnitten
Bekleidung in der Leibung vorwiegend in	SWISSPEARL	8	max. Nutzformat 3040x1220
Fotovoltaik	zu SWISSPEARL	8	max. Nutzformat 2500x1220
	zu CLINAR CLIP	-	1200x600, 1200x460, 1200x360



Tabelle 5. Produkte für Fassade F4.1

<b>Ausführung Holzbau</b>	
<p>Ausführung, Beratung, Ausschreibung, Detailentwicklung der Fassaden und Dachmodule</p>	

### 2.2.3 Erläuterung zur Lage des Fensters

Zur Bestimmung, in welcher Lage das Fenster im Grundriss zu liegen kommen soll, gibt es mehrere Kriterien. Die Kriterien hier basieren auf thermische Transmissionsverluste, Transport des Basismoduls, und Ausgewogenheit in Bezug auf tiefe Leibungen innen/aussen. Eine konkrete Detailweiterbearbeitung im F4.1 Basismodul ist erst möglich, wenn die Lage des Fensters festgelegt ist. Die hier vorgeschlagene Lage kann rein theoretisch nach aussen verlagert werden, immer aber unter der Berücksichtigung, dass entsprechende Details angepasst oder sogar neu gelöst werden müssen und sich ändernde Transmissionswärmeverluste neu zu optimieren sind.

Mit einem vereinfachten Modell lässt sich aufzeigen, dass die Lage bereits aus rein geometrischer Sicht Einfluss auf die Transmissionswärmeverluste hat. Im folgenden Ablauf wird das Fenster von aussen nach innen verschoben und die Transmissionsverluste berechnet. Es wurden 15 Positionen erfasst, grafisch dargestellt sind die Extreme und der Mittelbereich, wobei immer  $T_{\text{ausseren}} = 0\text{ °C}$ ,  $T_{\text{innen}} = 20\text{ °C}$ , das Mauerwerk und die Wärmedicke mit je 20 cm angenommen.

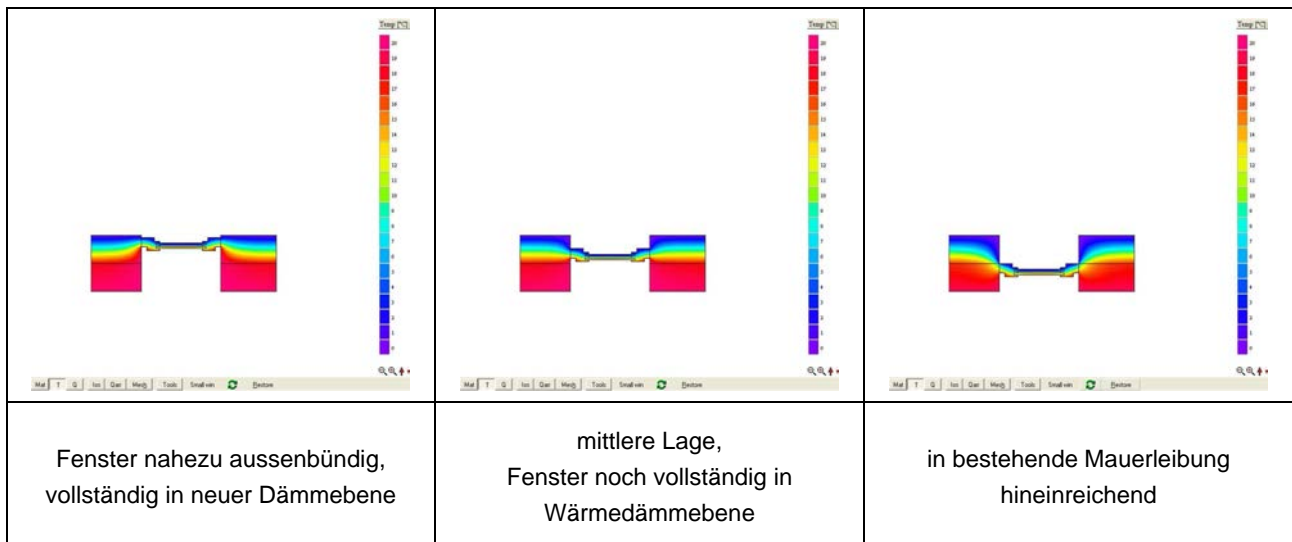


Abbildung 25: Grafische Darstellung der Temperaturverläufe

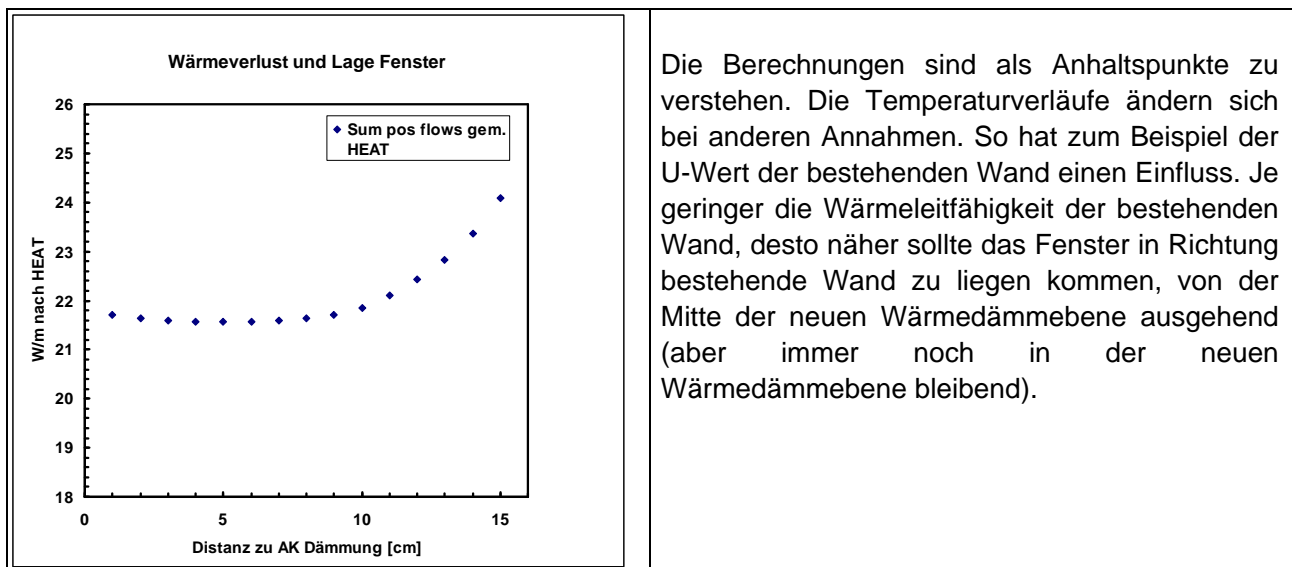


Abbildung 26: Veränderung der Wärmeverluste im Zusammenhang mit der Lage des Fensters

#### 2.2.4 der kritische Weg: die Lüftungsleitungen

Bei Neubauten oder Sanierungen von Altbauten, ist die Verlegung der Lüftungsleitungen im Innenbereich des Gebäudes eine gängige Option. Dieses Forschungsprojekt hier untersucht nur diejenige Situation, wo die Lüftungsleitungen in der neuen Aussenhülle zu liegen kommen sollen. Auch hier entstehen bezüglich Planerkoordination als auch Konstruktionsdetails Problemfelder. Sie sind mit dem Konzept des F4.1 Basismoduls weitgehend vorgelöst. Die Auseinandersetzung mit einer Lüftungsleitung in einem vorgefertigten Element ist so anspruchsvoll und bestimmend, dass sie den Status eines "kritischen Weges" annimmt.

So sind unter anderem die Schicht 1 und Schicht 2 im F4.1 Basismodul entstanden. Die Lüftungsleitungen sollten möglichst weit weg von der kalten Aussenluft sein, da ansonsten sehr lange Wärmebrücken entstehen können und so auch Probleme durch Abkühlung/Erwärmung der zugeführten Frischluft möglich sind. Des weitern verschlechtert sich eine Wärmerückgewinnung, wenn auch die Abluft unnötig auskühlt. In Gebieten, wo z.B. im Winter wochenlang durchgehende Temperaturen von  $-20^{\circ}\text{C}$  herrschen, ist dies relevant. Es müssen also "gute Umgebungsbedingungen" oder mindestens Reaktionsmöglichkeiten für die Lüftungsleitungen im System geschaffen werden, sei dies thermisch, akustisch, brandschutztechnisch als auch konstruktiv, planerisch und montagetECHNisch.

Leitungen müssen planbar sein, *und zwar bis ins Detail*. Aufgrund dieser Basis sollen später noch objektspezifische Anpassungen/Weiterentwicklungen offen bleiben, z.B. bei der Wärmerückgewinnung die Anwendung eines Rohr in Rohr Systems.

Das untenstehende Modell veranschaulicht sehr gut die Situation mit den neuen Lüftungsleitungen. Es handelt sich um ein ursprünglich zweistöckiges Wohngebäude, das mit dem Modulen F4.1, F2, R8, R9 erneuert und aufgestockt werden soll. Der Maschinenraum für die Lüftungszentrale (hier für eine Kaskadenlüftung) wäre auf dem Dach dort, wo die Rohre zusammenlaufen. Für ein Gebäude dieser Grössenordnung muss mit etwa 1 km Lüftungsleitungen gerechnet werden.

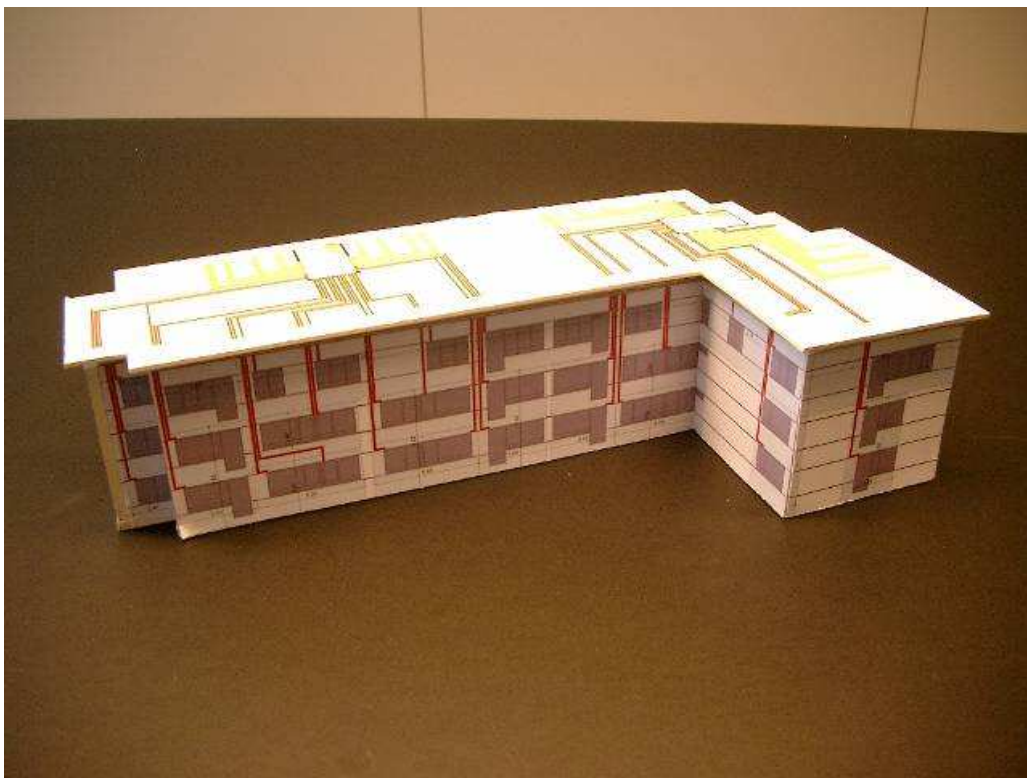


Abbildung 27: Lüftungsplanung sichtbar gemacht am Pilot- und Demonstrationsobjekt Glatt 1 der Stadt Zürich, durch das Architekturbüro BAUART in Zürich. (Foto: BAUART Zürich)

#### 2.2.4.a Brandschutz

Die Lüftungsleitungen stellen ein Bauteil dar, bei der die korrekte Anwendung der Brandschutzvorschriften bedeutend wird, z.B. wenn Lüftungsleitungen verschiedener Wohnungseinheiten nebeneinander zu liegen kommen. In Anbetracht, dass allein in der deutschsprachigen Schweiz potentiell rund 69'000 Mehrfamilienhäuser in Zukunft mit Lüftungsleitungen versehen werden könnten, ist eine Bauproduktentwicklung im Sinne des vorbeugenden Brandschutzes zu fördern und systeminhärent vorzuspüren.

Damit in Planung, Bewilligungsverfahren und Ausführung eine effiziente Abhandlung zustande kommt, kann eine Vereinheitlichung der Verständigung Koordinationsprozesse positiv beeinflussen. Ein Ausführungsstandard dient als Basis und allgemeine Grundlage für Ausführende und Behörden und so auch eine gewisse Sicherheit in der Handhabung, die so im Ganzen wiederum Zeit in der Planung spart. Die wichtigen Punkte sind unten aufgeführt. Sie sind Bestandteil eines zur Zeit laufenden Anerkennungsverfahrens bei der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF). Beabsichtigt ist ein Stand der Technik Papier (STP), das dann verbindlich wird. Bei den Lüftungsleitungen, die aus Metall sein müssen, ist in den Fassaden- und Dachmodulen nun folgendes, grundsätzliches zu beachten, wenn es um die zu planenden Sicherheitsabstände zwischen Lüftungsleitungen verschiedener Wohnungen und zu brennbarem Material geht. Die Beispiele betreffen Situationen, wo Lüftungsleitungen verschiedener Wohnungen nebeneinander liegen (EI30 nbb), und wenn erhöhte Anforderungen, wie z.B. die Küchenabluft neben der Lüftungsleitung einer anderen Wohnung zu liegen kommt (EI60 nbb). Eine Möglichkeit, um auf die EI60 nbb Variante verzichten zu können, ist die Küchenabluft in Umluft auszuführen.

Mit folgenden Materialien gilt:

Lüftungsleitungen Metall, Fermacell 15 mm, Flumroc-Halbschale, Steinwolle Flumroc 60 kg/m<sup>3</sup>:

#### *EI30 nbb Lüftungsleitung zu Lüftungsleitung*

- Flumroc-Halbschale + Flumroc-Halbschale
- 60mm Steinwolle

Nebeneinander gelegte Flumroc-Halbschalen (Bauteil Nr. 9, siehe Abbildung 9) in Fassaden- und Dachmodulen erfüllen EI30 nbb.

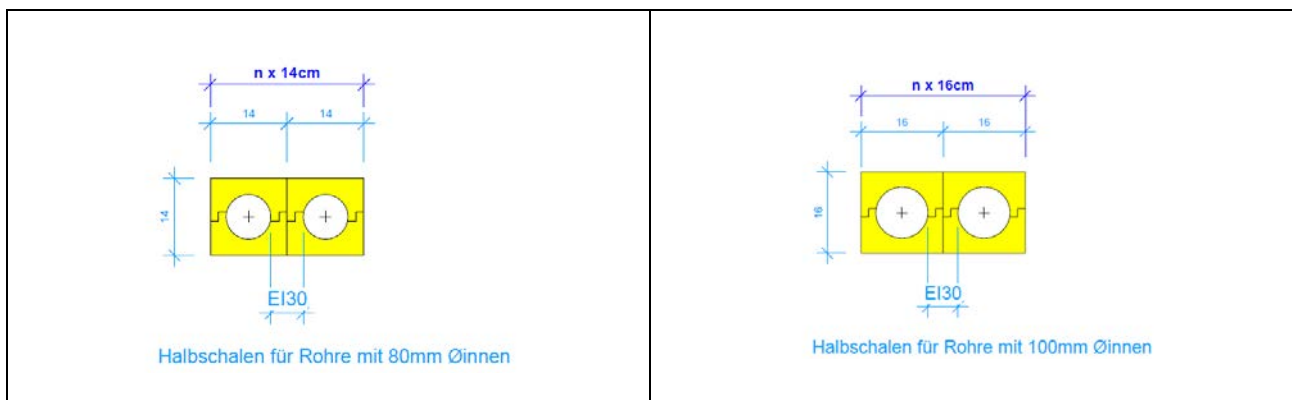
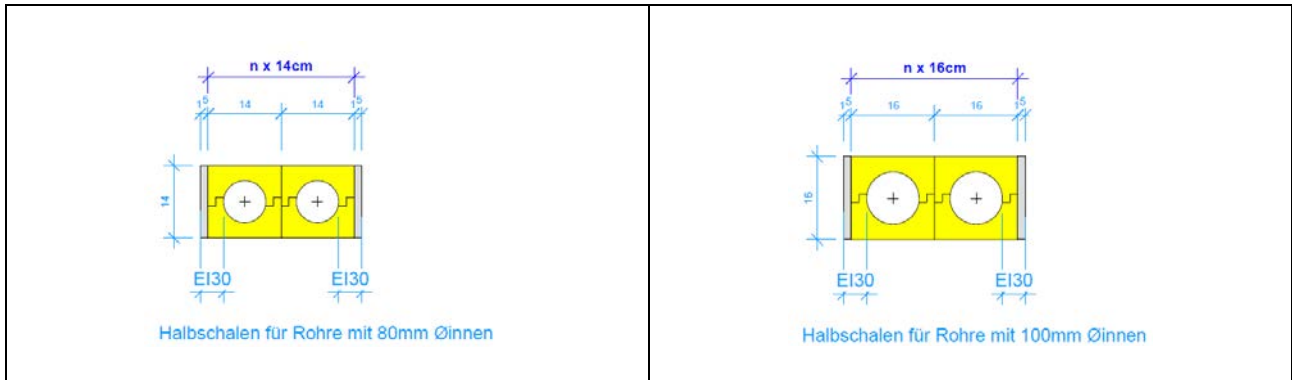


Abbildung 28: EI30 nbb, Lüftungsleitung zu Lüftungsleitung verschiedener Wohnungen

### EI30 nbb zu Holz

- Flumroc-Halbschale + 15 mm Fermacell
- 60 mm Steinwolle

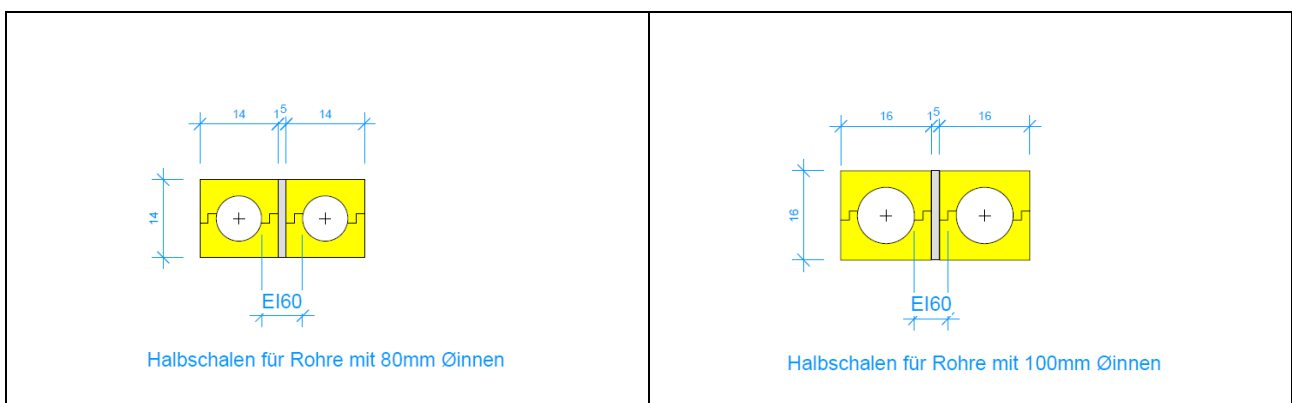
Für EI30 nbb seitlich muss neben einer Flumroc-Halbschale eine Fermacellplatte angebracht werden (oder 30 mm Steinwolle).



### EI60 nbb Lüftungsleitung zu Lüftungsleitung

- Flumroc-Halbschale + 15 mm Fermacell + Flumroc-Halbschale
- Flumroc-Halbschale + 2 X 15 mm Fermacell
- Flumroc-Halbschale + 30 mm Steinwolle + 15 mm Fermacell
- 90 mm Steinwolle

Mit z.B. einer 15 mm Fermacellplatte zwischen den Flumroc-Halbschalen entsteht EI60 nbb.



## EI60 nbb zu Holz

- Flumroc-Halbschale + 2 X 15 mm Fermacell
- Flumroc-Halbschale + 30 mm Steinwolle + 15 mm Fermacell
- 90 mm Steinwolle

Für EI60 nbb seitlich müssen neben einer Schale zwei Fermacellplatten angebracht werden (oder 60 mm Steinwolle).

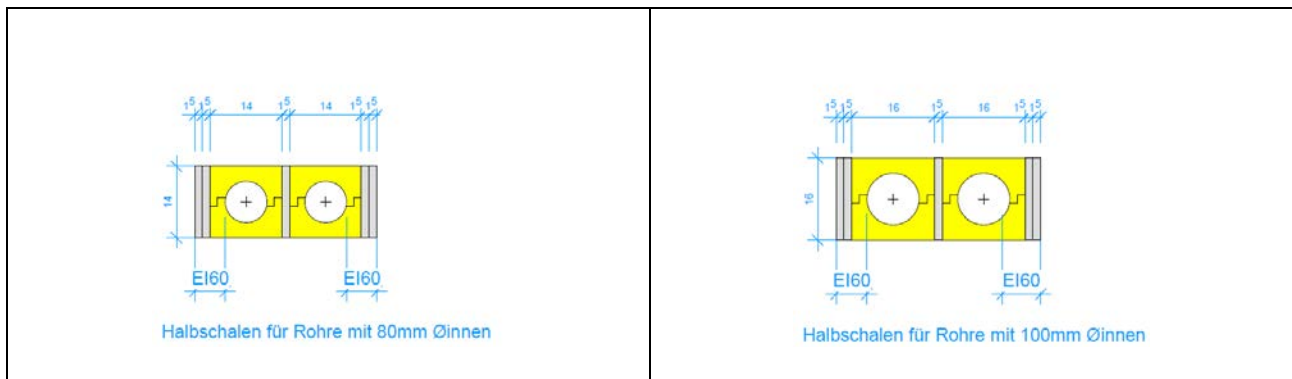


Abbildung 31: EI60 nbb zu anderen Bauteilen

## Konkrete Anwendungen von EI30 nbb im F4.1 Basismodul

- Flumroc-Halbschale + Flumroc-Halbschale
- Flumroc-Halbschale + 15 mm Fermacell

Die nebeneinander liegenden Lüftungsleitungen verschiedener Wohnungen erreichen mit folgenden Konstruktionen gesichert EI30 nbb. Die Fermacellplatten zur bestehenden Wand (in Abbildung oben) oder in Richtung Aussenhaut (unten), müssen aus rein brandschutztechnischer Sicht nicht zwangsläufig vorhanden sein. Weil sie aber wegen der Statik (Aussteifung Modul) notwendig sind, entsteht so ein immer genügender Brandschutz und es dürfen so verschiedenste Materialien in Richtung Fassadenhaut verwendet werden.

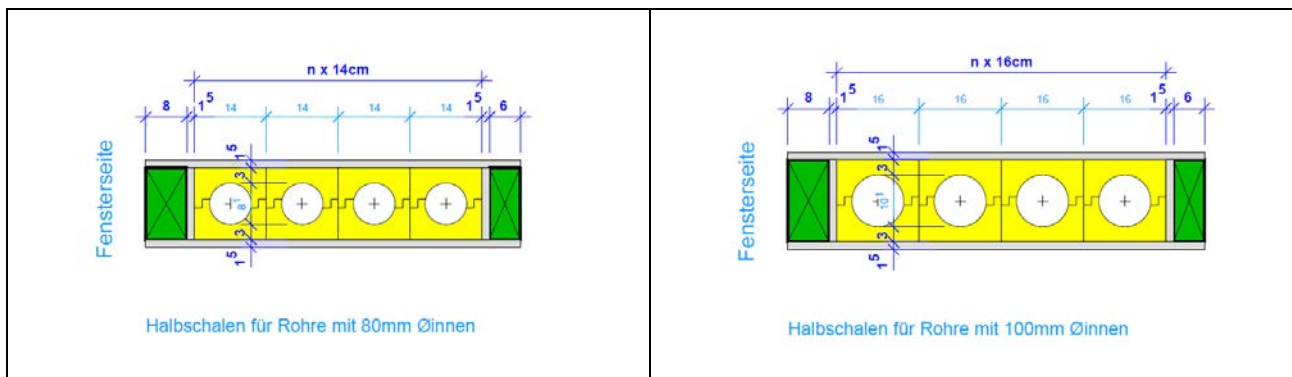


Abbildung 32: Handhabung des Brandschutzes EI30 nbb, beim F4.1 Basismodul

Das F4.1 Basismodul selber darf *nicht in den Brandmauerbereich* zu liegen kommen. Bei den Fassaden und Dächern sind immer auch die weiterführenden Brandschutzvorschriften einzuhalten. Gleiches gilt auch für den Blitzschlag. Eine rechtzeitige Kontaktaufnahme mit der Brandschutzbehörde wird empfohlen.

#### Verlegung der Halbschalen

Aus brandschutztechnischen aber auch aus schalltechnischen Gründen müssen die Halbschalen immer versetzt verlegt werden. Dies im Grundriss als auch im Schnitt. So kann auch unnötiger Abfall durch Verschnitt der 1 m langen Halbschalen vermieden werden, wenn der Verschnitt als Neuansatz in einer anderen Reihe dient.

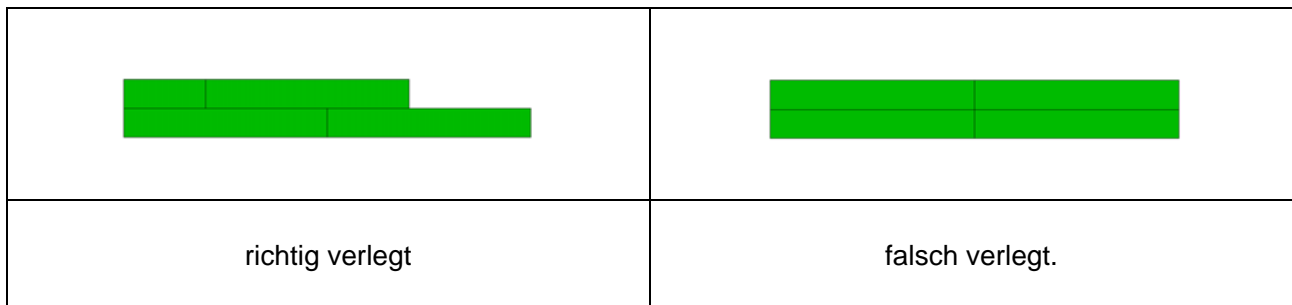


Abbildung 33: richtige Verlegung der Halbschalen

#### 2.2.4.b Berechnungen

Der Lüftungsplaner wird in vielen Fällen z.B. einen Lüftungsquerschnitt mit einem Innendurchmesser von 80 mm wählen können. Mit diesem Innendurchmesser wird im Folgenden aufgezeigt, was aus Sicht des thermischen Verhaltens beachtet werden muss, so dass der Bauphysiker aufgrund der örtlich spezifischen Gegebenheiten die Masse und Wärmeleitfähigkeiten  $\lambda_D$  [W/(m·K)] resp. die erforderlichen U-Werte des Konstruktionsaufbaus zur Wärmedämmung bestimmen/bestätigen kann, die zwischen AK Lüftungsleitung und Aussenluft zu liegen kommt.

Da die Zulufttemperatur nahe der gewünschten Raumtemperatur sein soll (wenn nicht explizit mit Zuluft geheizt oder gekühlt wird), muss die Zulufttemperatur auf dem Weg in der Lüftungsleitung so gering wie möglich von äusseren, thermischen Einwirkungen beeinflusst werden. Die Lüftungsleitungen liegen in der Schicht 1, die Wärmedämmung nach innen ergibt sich aus der Konstruktion zwischen Lüftungsleitung und bestehender Aussenwand und wird gebildet durch 30 mm Steinwolle + 15 mm Fermacell + ca. 30 mm Glaswolle. Auf der anderen Seite ist die Wärmedämmwirkung zwischen Lüftungsleitung und Aussenbereich so zu planen, dass keine grossen, linearen Wärmebrücken zwischen Lüftungsleitung und Aussenluft entstehen. Im unteren Beispiel (siehe Abbildung 34) wird diese Wärmedämmwirkung gebildet aus 30 mm Steinwolle + 15 mm Fermacell + 20 mm VIP + 100 mm Glaswolle oder Steinwolle.

Vorsicht ist angezeigt, bei der alleinigen Betrachtung betreffend Temperaturdifferenzen zwischen Eintritt in die Lüftungsleitung nach der Zentrale und dem Austritt aus dieser Leitung in die Zimmer. Diese können durchwegs klein ausfallen, sind aber nicht nur so zu interpretieren, dass kaum Energie auf dem Weg verloren geht. Kleine Temperaturdifferenzen lassen sich auch mit nur einem genügend hohen Volumenstrom erklären. So sind die Temperaturdifferenzen z.B. bei einem Volumenstrom vom 30 m<sup>3</sup>/h zwar klein, auch bei einem schlechten U-Wert zwischen Lüftungsleitung und Aussenluft. Die verlorene Energie nach aussen wird aber kompensiert durch Energie, die von innen her kommt. D.h. je

schlechter der U-Wert zwischen Lüftungsleitung und bestehender Wand, desto besser die Kompensation der verlorenen Energie nach aussen, bezogen auf die Lufttemperatur in der Lüftungsleitung. Diese Anbindung an den inneren Wärmehaushalt des Gebäudes kann in der Gesamtenergiebilanz Auswirkungen haben, vor allem im Hinblick wenn hunderte von Metern Lüftungsleitung an einem Gebäude schlecht überdämmt sind.

Der Zweck der vorgeschlagenen Hochleistungsdämmung im Systems ist: es schafft die Möglichkeit, zumindest darauf reagieren zu können. Bestenfalls auch in kalten, hochgelegenen Gebieten, wo Aussentemperaturen von  $-20^{\circ}\text{C}$  in den Wintermonaten lange andauern können.

Reagieren kann man mit gänzlichem Weglassen des VIP in wärmeren Gebieten oder mit einer VIP Dämmdicke von 20 mm, 40 mm oder je nach Bedarf sogar mehr. Wiederum bezogen auf die potentiell angestrebten 69'000 Mehrfamilienhäuser, auch auf die Konsequenzen bei der Wärmerückgewinnung und anderen Aspekten wie z.B. Kondensation innerhalb der Lüftungsleitung, ist die Überdämmung genau zu überprüfen und anzupassen.

In der unteren Grafik (nur stationär, nicht dynamisch berechnet), ist die Wirkung durch das VIP mit einen  $\lambda_D = 0.008 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  zu erkennen. Die Lufttemperatur in der Lüftungsleitung ist hier mit  $20^{\circ}\text{C}$  angesetzt und für den Wärmeübergangskoeffizienten zwischen Luft und IK Metallrohr wurde  $17.85 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  angenommen. Die Lüftungsleitungen sind mit dem inneren Wärmehaushalt "verbunden", wobei diese Verbindung durch Wärmeströme aus beiden Richtungen zustande kommt.

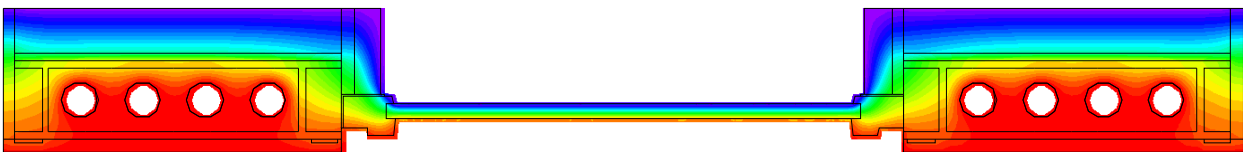


Abbildung 34: Temperaturverteilung im Modul (allein), ohne Einwirkung bestehendes Gebäude

Aufschlussreich für das Verständnis kann folgendes Modell sein: ein F4.1 Modul wird gebaut, aber lediglich die Rohre sind nicht eingebracht und an dieser Stelle durch die normale Dämmung ersetzt. Beim Punkt K (siehe Abbildung 35, links), innerhalb der Dämmung unmittelbar vor dem Metallrohr, betrüge die Temperatur  $7.3^{\circ}\text{C}$  (bei  $T_{\text{Aussenluft}} = -10^{\circ}\text{C}$  und  $T_{\text{Raumluft}} = 20^{\circ}\text{C}$ ). Der U-Wert vom Rohr bis zur Aussenluft beträgt im Modul ohne Leitungen als auch Modul mit Leitungen  $U = 0.16 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .

Die Umgebung der Lüftungsleitung wird in einer Startphase zuerst "aufgeheizt" (siehe Abbildung 35, rechts). Bei einer spezifischen Wärmekapazität von etwas mehr als  $1000 \text{ J}/(\text{Kg}\cdot\text{K})$  der Halbschale, den geringen Volumina und dadurch auch geringen Massen, sind die benötigten Energiemengen nicht gross. Danach tritt die Situation auf dem zweiten Bild ein. Aus diesem Bereich der Lüftungsleitungen sollte nun möglichst wenig Wärmeenergie nach aussen dringen.

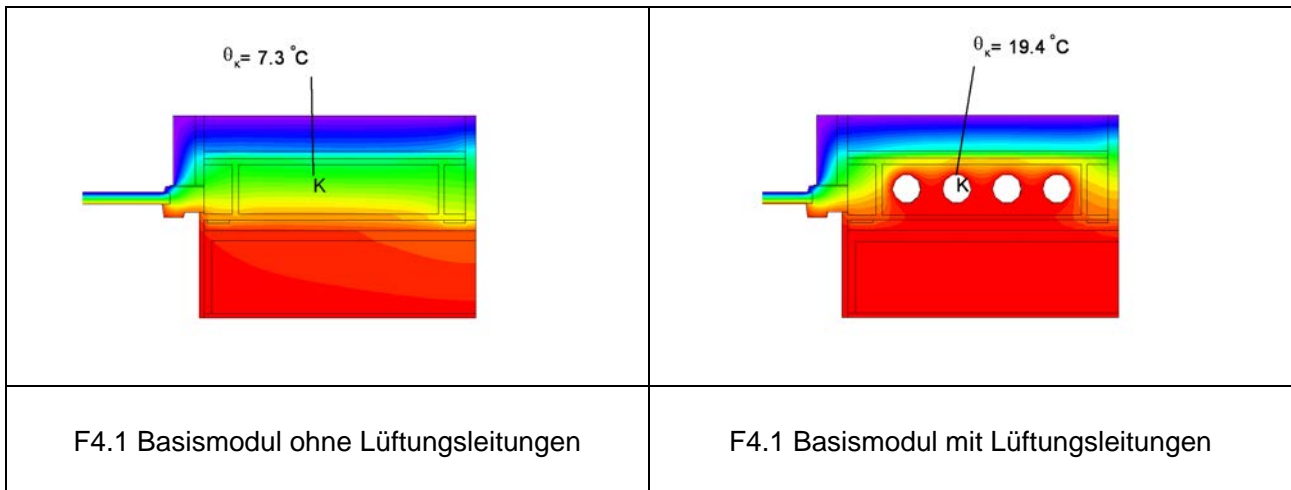


Abbildung 35: Temperaturverteilung um Lüftungsleitungen

Der folgende Abschnitt richtet sich an Spezialisten und ist Bestandteil des *Forschungsmoduls A5 Gebäudetechnik* (siehe Abbildung 1). Der Berechnungsansatz der Wärmeverluste von Lüftungsrohren und die Diskussion wurde 2010 von Gerhard Zweifel, HSLU erarbeitet.

#### Berechnungsansatz

Die zu Grunde liegende Differentialgleichung beschreibt den Verlauf der Lufttemperatur  $\vartheta$  über deren Weglänge  $x$  als Folge der Wärmeübertragung zwischen dem Luftstrom und zwei Seiten (innen und aussen) mit unterschiedlicher, aber je konstanter Temperatur. Sie lautet

$$\dot{V}\rho c_L \frac{\partial \vartheta}{\partial x} = b[U_i(\vartheta_i - \vartheta) + U_a(\vartheta_a - \vartheta)] \quad (1)$$

mit

$\dot{m}$  Massenstrom der Luft

$\rho c_L$  Dichte mal spezifische Wärme der Luft

$b$  Der Luftleitung zugeordnete Breite, innerhalb der die Wärmeübertragung mit den Wärmedurchgangszahlen  $U_i$  und  $U_a$  stattfindet

$U_i$  Wärmedurchgangszahl zwischen dem Innenraum und dem Luftstrom

$U_a$  Wärmedurchgangszahl zwischen dem Aussenklima und dem Luftstrom

$\vartheta_i$  Innenlufttemperatur

$\vartheta_a$  Aussenlufttemperatur

Die Wärmedurchgangszahlen sind mittels zweidimensionaler Wärmeleitungsberechnung zu ermitteln.

Die Lösung der Gleichung (1) lautet

$$\vartheta(x) = \vartheta_{L, \text{ein}} + (\vartheta_{L, \infty} - \vartheta_{L, \text{ein}}) \left( 1 - e^{-\frac{U_i + U_a}{\dot{V}\rho c_L} x} \right) \quad (2)$$

Dabei sind

$$\vartheta_{L,\infty} = \frac{U_i \vartheta_i + U_a \vartheta_a}{U_i + U_a}, \text{ die Lufttemperatur bei unendlich langer Luftleitung} \quad (3)$$

$\vartheta_{L,\text{ein}}$  die Luft-Eintrittstemperatur

### *Diskussion*

Bei der Temperatur  $\vartheta_{L,\infty}$  handelt es sich um die Gleichgewichtstemperatur zwischen den Wärmeströmen von innen zum Luftstrom und von diesem nach aussen. Wenn die Lufteintrittstemperatur dieser Gleichgewichtstemperatur entspricht, dann ändert sich ihre Temperatur über die Leitungslänge, wie aus Gleichung (2) hervorgeht, nicht.

Die Aussentemperatur bleibt natürlich im Jahresverlauf nicht konstant, hingegen das Verhältnis der Temperaturdifferenzen zwischen Innentemperatur und  $\vartheta_{L,\infty}$  und zwischen  $\vartheta_{L,\infty}$  und Aussentemperatur. Das gleiche gilt auch für die über eine Wärmerückgewinnung mit konstanter Rückwärmzahl vorgewärmte Zuluft. Daraus kann abgeleitet werden, dass für diesen Fall die ideale Ebene für die Führung der Zuluft diejenige ist, bei der das Verhältnis  $U_{\text{tot}}/U_a$  gleich der Rückwärmzahl der Wärmerückgewinnung ist. In diesem Fall bleibt der Wärmefluss in der Wand gegenüber dem Gleichgewichtszustand ungestört. Die Verteilung der Wärmedämmungsanteile wird also mit Vorteil entsprechend gewählt.

Das gilt natürlich nicht bei jahreszeitlich konstanten Lufttemperaturen wie bei Abluftleitungen oder nacherwärmter Zuluft. Für diese Fälle kann die Auswirkung mit obigen Gleichungen (2) und (3) berechnet werden (Zweifel 2010).

#### 2.2.4.c Verantwortlichkeiten Luftdichtigkeit

##### *Lüftungsleitungen*

Betreffend Zuständigkeiten zwischen Planer, Bauherr, Lieferanten ändert sich wenig bis gar nichts. Bei ausführenden Unternehmen tritt eine Änderung beim Lüftungsleitungsbau ein. Da die Lüftungsleitungen schon im vorgefabrizierten Modul integriert sind, werden diese in der Regel auch von der Modul produzierenden Unternehmung eingebaut und nicht mehr vom Lüftungsinstallateur. Der Einbau der Lüftungsleitung in der Flumroc-Halbschale und das Zusammenstecken mit dem Lindab-System ist ein sicheres Verfahren. Die Firma Lindab garantiert Dichtigkeitsklasse C, in der Praxis soll sogar 10% mehr als Dichtigkeitsklasse D erreicht werden (Aussage Lindab 2009). Jedoch muss die Luftdichtigkeit der Lüftungsleitungen in bestimmten Bauphasen überprüfbar sein. Dies ist für den ausführenden Unternehmer wichtig, weil er gemäss Obligationenrecht eine Werkgarantie leisten muss.

Grundsätzlich sind die Zuständigkeiten verhandelbar, eine Option wäre folgende:

Die Unternehmung, die die Module liefert, z.B. F4.1, R8, R9, übernimmt die Verantwortung in den Modulen als auch den Schnittstellen zwischen den Modulen. Die Hauptschnittstelle zwischen Modullieferant und Lieferant der Lüftungszentrale liegt dort, wo die Lüftungsleitungen in die Zentrale kommen und dort angeschlossen werden. So kann bei eventuellen Undichtigkeiten eruiert werden, wo diese ist. Zum Testen eignet sich z.B. das Dichtigkeitsprüfgerät LT 510 der Firma Lindab, das einen Protokollausdruck vor Ort erlaubt. Der Ausdruck kann auch zur Sicherheit z.B. von der Bauleitung bestätigt werden.



Abbildung 36: Dichtheitsprüfgerät LT 510

### *Luftdichtigkeit Gebäudehülle*

Das F4.1 Basismodul wird mit der luftdichtenden Folie an den Bau geliefert (Bauteil Nr. 1, siehe Abbildung 9). Die Einbettung zwischen bestehender Leibung und neuer 10 mm Platte (siehe Abbildung 46) ist eine Schnittstelle, die entweder ganz vom ausführenden Unternehmen der Fassaden- und Dachmodule geleistet wird oder zwischen diesem und dem Gipser geklärt werden muss. Ähnliches gilt für das Ausstopfen des Hohlraums zwischen Lüftungsleitung und Bohrung in bestehender Wand, auch aus Sicht des Brandschutzes, bei den Ein- resp. Auslässen (Abzweigung vom F4.1 ins Rauminnere). Die Aufzählung der möglichen Schnittstellen ist hier nicht abschliessend und müssen mit dem Unternehmer nach der konkreten Modulplanung geklärt werden.

### 2.2.4.d Schall

Die folgenden Betrachtungen beziehen sich auf Situationen, die nur im Zusammenhang mit den Fassaden- und Dachmodulen selbst stehen. Die Auslegung der Schalldämpfung der Lüftungszentrale bleibt Sache des Lüftungsplaners.

#### *Schall zwischen den Rohren*

Lüftungsrohre müssen wegen des Einlagesystems durch die Flumroc-Halbschalen nicht mehr mechanisch befestigt werden und sind so aus Sicht der Luft- und Körperschallübertragung weitgehend von einander entkoppelt. Sollten die Schalldämmwerte von Rohr zu Rohr aus speziellen Gründen erhöht werden müssen, kann entweder mit Schalldämpfern (z.B. Lindab SLFA25) oder mit Zwischenlagen durch direkten Einbau in die Module reagiert werden. Die Platzierung des Schalldämpfers muss auch die Belange der Reinigung/Auswechslung berücksichtigen.

Im Falle einer Zwischenlage mit 15 mm Fermacell erstellt man auch automatisch EI60 nbb (z.B. Küchenluft und Ventilatorengeräusch). Das spezifische Gewicht der Flumroc-Halbschalen ist ebenfalls anpassbar (anstatt  $60 \text{ kg/m}^3$  z.B.  $100 \text{ kg/m}^3$ ).

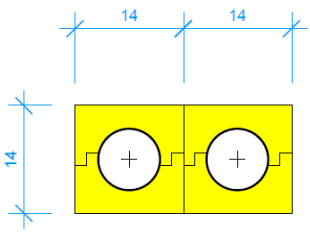
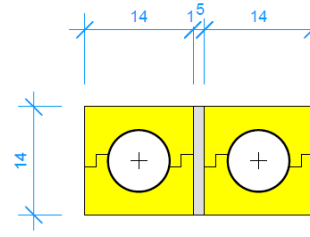
	
normale Situation, EI30 nbb	höhere Schalldämmung, EI60 nbb

Abbildung 37: Schallsituation zwischen parallel geführten Lüftungsleitungen

### Schallschutz bei Aufstockung

Bei Aufstockungen (z.B. Modul R8, R9, siehe Abbildung 61) kann folgende Situation entstehen: durch die Lüftungsleitungen in der Decke des obersten Geschosses, könnte Schall in die Räume anderer Wohnungen auf dem gleichen Geschoss daneben oder in einem unteren Geschoss eintreten.

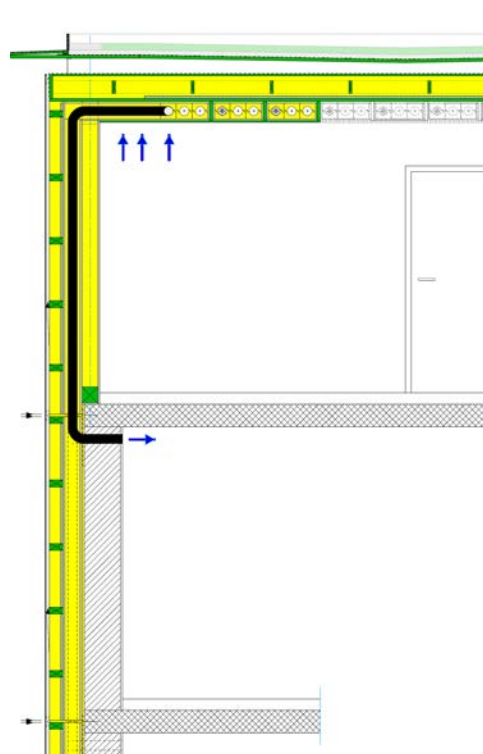


Abbildung 38: mögliche Schallübertragung von Wohnung zu Wohnung

Theoretisch angesetzte Berechnungen für die Schalldämmung sind hier schwierig. Eine experimentelle Absicherung gibt es zu diesem Zeitpunkt nicht. Unter der Annahme, dass UK Decke mit mindestens 15mm Fermacell, Flumroc-Schale und Lindab-Rohr versehen sind, haben erste rechnerische Grobabschätzungen ergeben, dass dies aber voraussichtlich kein Problem sein sollte. Notfalls könnten mit geringem Aufwand die oben erwähnten Schalldämpfer Abhilfe schaffen.

Bei all diesen Betrachtungen müssen auch andere Annahmen für relevante Rahmenbedingungen getroffen werden. Wenn z.B. im oberen Raum 90 dB durch eine Schallquelle erzeugt wird, ist eventuell die Körperschallübertragung in der bestehenden Tragonstruktion relevanter.

### Schall von Aussen

Schall vom Aussenraum in die Lüftungsleitungen sind weder beim Basismodul F4.1 noch in den Dachmodulen problematisch. Probleme sind eher bei ungenauer Ausführung der Verbindungsstellen zwischen den Modulen oder wie üblich beim Fenster zu erwarten.

Als Zusatzbemerkung sei auf den Innenlärm im Generellen hingewiesen. Es handelt sich dabei um eine relative, veränderte Wahrnehmung. Obwohl der Innenlärm gleich bleibt, wird dieser besser wahrgenommen (relativ), weil die Schalldämmung zum Aussenraum durch die zusätzlichen Wärmedämmung und die besseren Fenster zunimmt. Massnahmen zur Abhilfe können nicht mit den Fassaden- und Dachmodulen gelöst werden und sind Bestandteil des Innenausbaus.

### 2.2.4.e Integration zusätzliche Medien

Innerhalb der Halbschalen können auch andere Medien geführt werden. Z.B. Strom für die neuen elektrischen Storen oder auch ev. Sensoren für Fenster. Diese mechanisch zu schützenden Leitungen sollten in der ersten Halbschale direkt beim Fenster liegen, damit keine Kreuzungen mit andern Kanälen stattfinden. Denkbar sind auch Wasser führende Leitungen. Zu bedenken sind jedoch immer die zusätzlichen Risiken, wie z.B. Wasserschäden durch undichte Rohre in der Fassade. Rohr in Rohr Leitungen können die Situation entschärfen. Es wird aus Sicht der thermischen Verluste auch immer ein Ausfüllen von möglichen Hohlräumen empfohlen (z.B. mit Schüttdämmung).

### 2.2.5 U-Werte

Bestehende Gebäude im letzten Jahrhundert bis 1975 in der Schweiz haben U-Werte (sehr grobe und allgemeine Angaben) für Fassaden und Dächer von rund 2.6 W/(m<sup>2</sup>·K) bis 0.8 W/(m<sup>2</sup>·K). Ab 1976 bis heute liegen diese bei 0.8 W/(m<sup>2</sup>·K) bis mittlerweile unter 0.1 W/(m<sup>2</sup>·K). Die Streuung ist also sehr gross. Der neue Gesamt U-Wert hängt nun zwar auch vom bestehenden Mauerwerk ab, er wird aber vorwiegend vom neuen Modul bestimmt werden, wenn dieser neu bei rund 0.10 - 0.15 W/(m<sup>2</sup>·K) zu liegen kommen soll. Um die wichtigsten Orte bezüglich U-Werte aufzuzeigen, müssen Annahmen getroffen werden, die natürlich je nach Situation unterschiedlich sein werden.

Für die Berechnungen unten wurden folgenden Annahmen getroffen:

#### Annahmen der Materialien

	$\lambda$ [W/(m·K)]
Flumroc-Dämmplatte 1	0.014
Gipskartonplatten	0.036
Gipsputz ohne Zuschlag	0.250
Gipsputz ohne Zuschlag	0.350
Glas U 0.8	0.030
ISOVER CLADISOL	0.034
Kalkmörtel	0.870
Leichthochlochziegel Lochung A, B 1000	0.450
Nutzholz 500	0.130
Sperrholz 700	0.170
Stahl	50.000
Stahl (1)	60.000
VIP	0.008

#### Annahmen der Rahmenbedingungen

	$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\theta$ [°C]	$h$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Aussen Standard		-10.000	25.000
Innen Standard		20.000	7.69231
RB Lüftungsrohr		20.000	17.850
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000		

Abbildung 39: Annahmen für Berechnungen

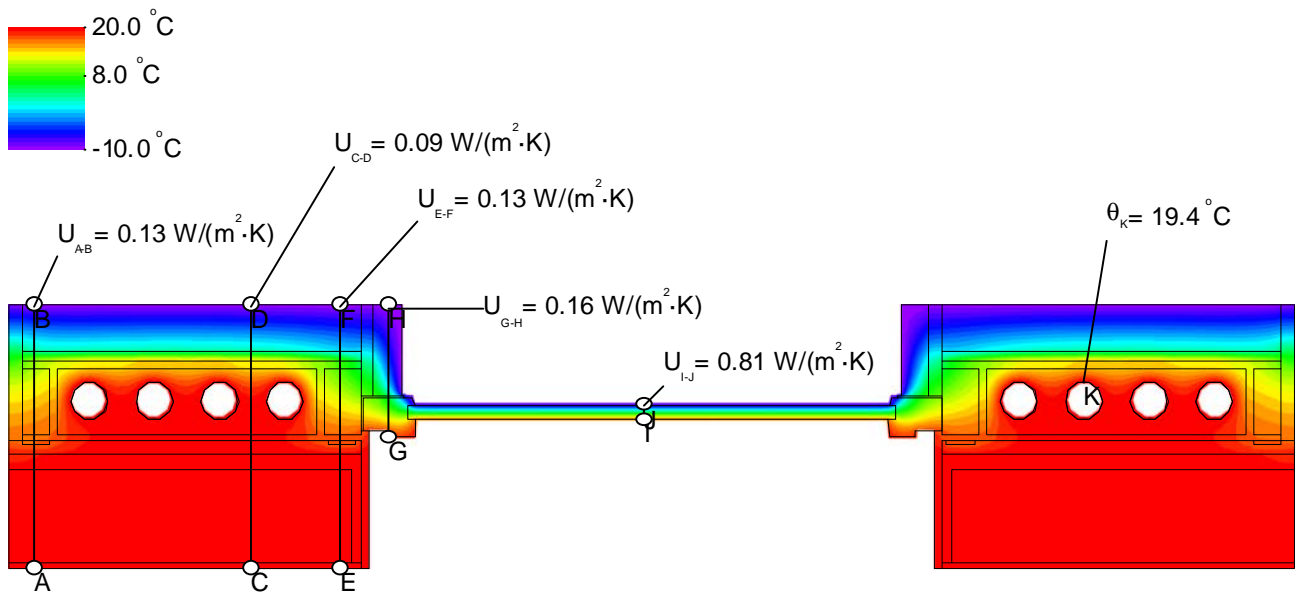


Abbildung 40: Temperaturverteilung im Basismodul F4.1

Die kleinsten U-Werte liegen bei C-D mit  $0.09 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , inkl. der angenommenen bestehenden Wand (Backstein). Bei E-F, wo die Kanthölzer vertikal Schicht 1 liegen (Bauteil Nr. 5, siehe Abbildung 9) beträgt der Wert  $0.13 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Der U-Wert vom Punkt K bis zur Aussenluft (Überdämmung Lüftungsleitung) ist  $0.16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Mit der Schicht 2 sind die U-Werte steuerbar. Eine Verbesserung kann mit dickeren VIP (Gesamtdicke Schicht 2 bleibt konstant) oder mit dickeren Dämmplatten (Gesamtkonstruktion wird grösser) bewerkstelligt werden. Bei der Verwendung von dickeren Dämmplatten müssen unter anderem auch die *Kanthölzer quer Schicht 2* angepasst werden.

Eine Veränderung in Richtung weniger guten Gesamten U-Werten ist natürlich auch möglich. Interessanter ist aber die Verringerung der Dicke der Schicht 2 durch dickere VIP Platten (z.B. 40 mm oder mehr) und der Beibehaltung guter U-Werte. Dieser gewonnene Raum kann als Platzhalter für Elemente zur Nutzung von Solarenergie dienen. Bei Unterschreitung des Masses von 13 cm der Schicht 2 sind den notwendigen Massen zur Einbringung von Normstoren Beachtung zu schenken.

### 2.2.6 Beispiele von Optionen des F4.1 Basismoduls

Teilweise wurde vorher auf die möglichen Änderungsmöglichkeiten/Mutationen des F4.1 Basismoduls hingewiesen. Ziel des Konzeptes ist unter anderem eine Konstruktionsbasis mit Veränderungsmöglichkeiten zu haben. Das F4.1 Basismodul ist auch von der Nutzung her mutierbar. Mit geringen Änderungen können weitere Anforderungen durch das Gebäude bedient werden, ohne dass sich das System grundsätzlich verändert und Details wieder gänzlich neu erfunden werden müssen.

## Anpassung Funktion Öffnung



	<p><b>Option französische Balkone</b> Das F4.1 Basismodul kann auch als fertig vorfabriziertes Element mit französischem Balkon erzeugt werden.</p>
	<p>Bestehende Fenster, die zu <b>Türöffnungen</b> für neue Balkone umfunktioniert werden, sind im F4.1 Modul mit entsprechenden Türen realisierbar. Die Balkone sind in diesem Fall vorgestellt. Gleiches gilt für Ausgangstüren zu Terrassen einer Attikawohnung.</p>

Abbildung 41: Anpassung Funktion F4.1 Basismodul

## Anpassung Elementierung

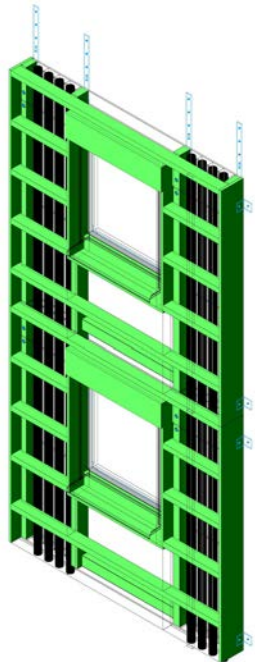
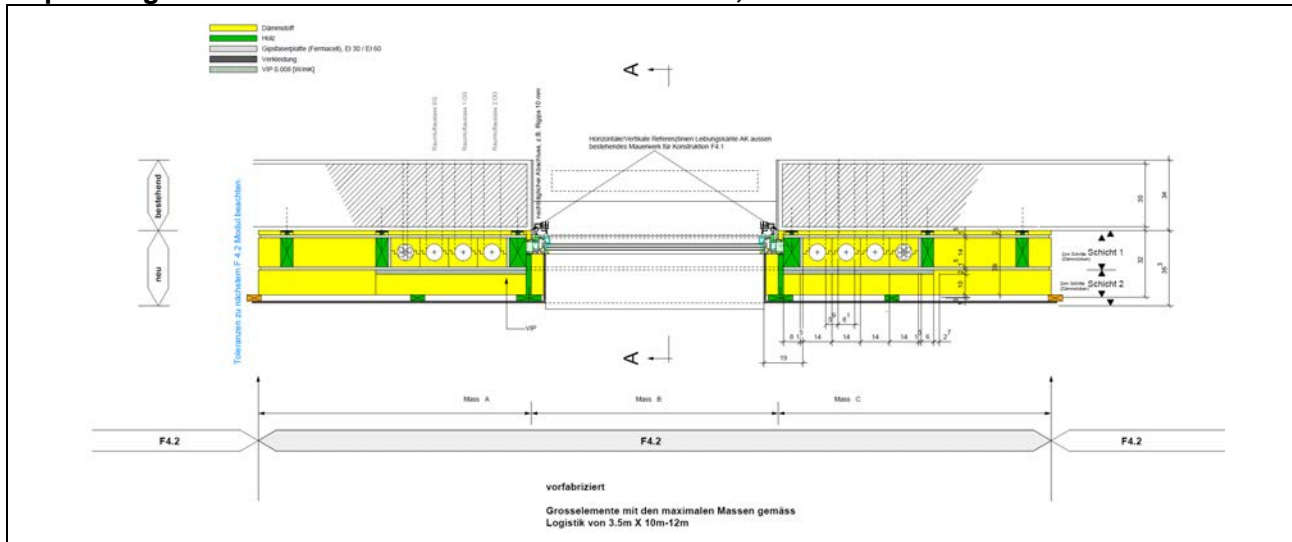
	<p>Theoretisch ist auch eine hochgestellte Variante mit mehreren aufeinander gestellten Basismodulen denkbar. Zu beachten und anzupassen sind jedoch z.B. Körperschallübertragung von Kantholz vertikal Schicht 1 (bei Bauteil Nr. 5) auf das nächste Geschoss, die Befestigung an der Wand und Dimensionierung, Anpassung an bestehende, ev, schiefe Wand usw. (Holz in Grafik eingefärbt)</p>
---	---

Abbildung 42: Variante F4.1 Module übereinander

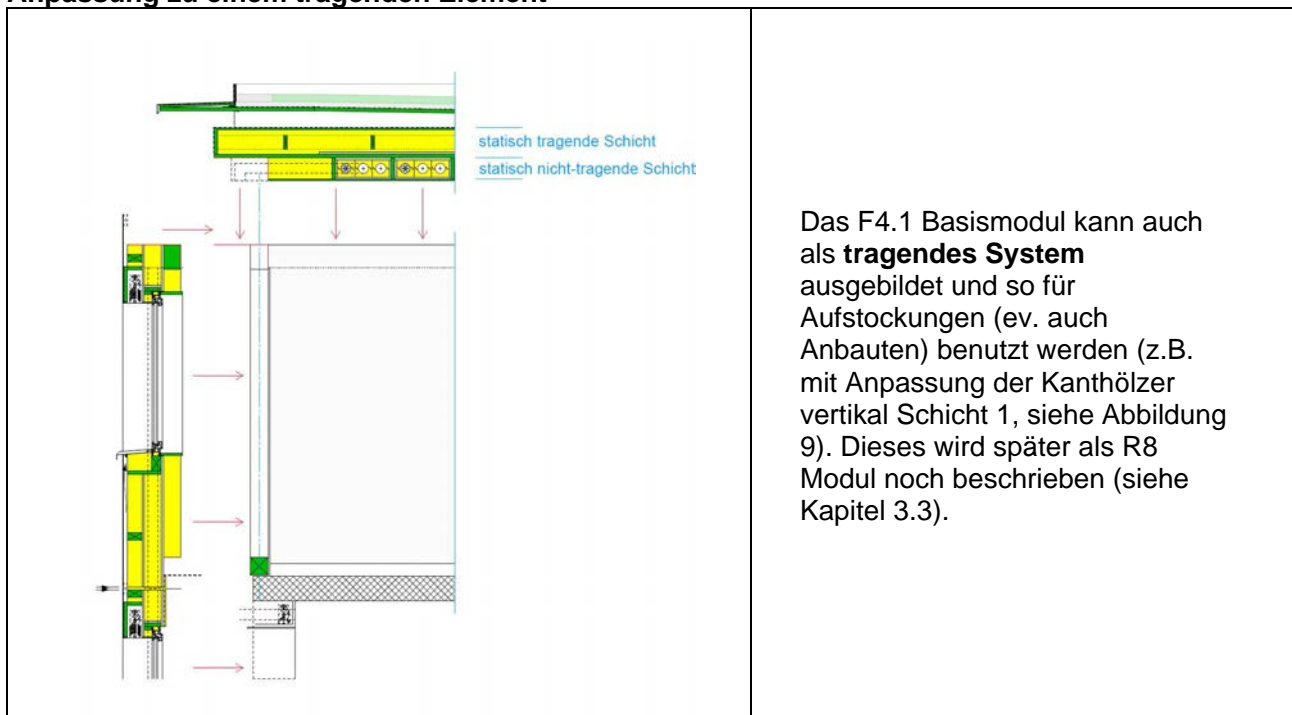
## Anpassung an ein Total - vorgefertigtes Grosselement, das Modul F 4.2



Das F4.1 Basismodul schliesst die Total-Vorfabrikation in der Fassade keineswegs aus. Die opaken Teile lassen sich ohne weiteres mit kleinen Anpassungen angliedern. Somit kann aus dem Basismodul wieder ein Grosselement werden, das mit dem Modulnamen F4.2 versehen ist. Die Grösse richtet sich nach der Transportierbarkeit auf schweizer Strassen. Eine mögliche Grösse wäre Geschosshöhe (unter 3.5 m) mal rund 10 m Länge. Auch der Unternehmer kann wirtschaftlich beraten, ob in gewissen Fällen die Total-Vorfabrikation geeigneter ist. *Das Planungskonzept bleibt dasselbe.* Die Schnittstellen zwischen den Grosselementen können vom Ablauf her ähnlich wie bei den Dächern gelöst werden (siehe z.B. Abbildung 55).

Abbildung 43: F4.1 Modul als Grosselement

## Anpassung zu einem tragenden Element



Das F4.1 Basismodul kann auch als **tragendes System** ausgebildet und so für Aufstockungen (ev. auch Anbauten) benutzt werden (z.B. mit Anpassung der Kanthölzer vertikal Schicht 1, siehe Abbildung 9). Dieses wird später als R8 Modul noch beschrieben (siehe Kapitel 3.3).

Abbildung 44: F4.1 als tragendes System

Eine weitere mögliche Anpassung wäre die "schlankst mögliche Variante" des F4.1 Basismoduls, indem die Schicht 2 nur mit VIP gedämmt würde und so die Gesamtdicke minimiert würde (z.B. Situation Erdgeschoss und Abstände Trottoir).

Zusammengefasst sind mindestens folgende Optionen immer möglich:

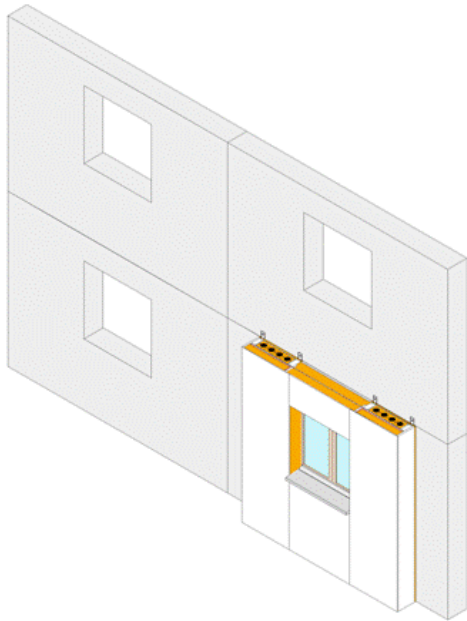
- Anpassung der U-Werte
- Anpassung der Wärmetransmission zwischen Lüftungsleitung und Klima-Aussenbereich
- Anpassung statische Anforderungen
- Massanpassungen, z.B. an verschiedene Fenstergrößen
- Anzahl zu führender Lüftungsleitungen
- umfunktionieren der Luftleitungsführung zur Aufnahme anderer Medien
- Anpassung an Nutzung
- gestalterische Anpassung Aussenhaut
- Integration Solarenergienutzung

### 2.2.7 Anbringen an bestehende Wand

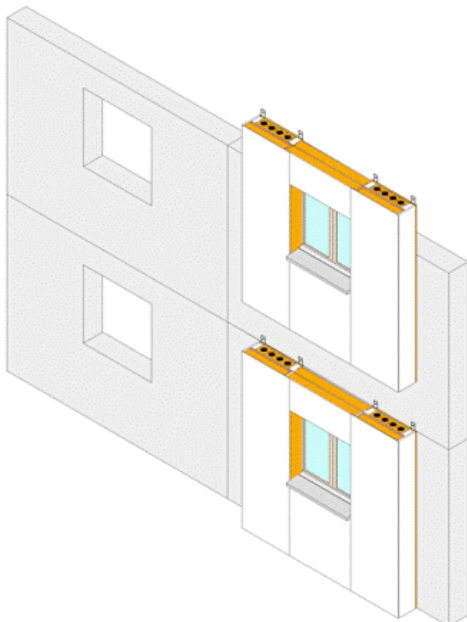
Im folgenden ist überblicksmässig dargestellt, wie die Montage des F4.1 Moduls vor sich geht. In diesem Überblick können weitere fachspezifische Montagekenntnisse eingeordnet werden.

Die Ausgangslage zu Beginn der Montage der F4.1 Basismodule ist, dass die Leibungen entweder wie vorhanden, oder neue mit Rohputz versehen sind (im Falle, wenn eine Öffnungsverbreiterung gemacht wurde). Zudem sind die bestehenden Fensterbänke entfernt und rohbaumässig ebenso angepasst bis und mit Rohputz.

Für die Montage ist eine Gerüstung vorgesehen. Zwar ist die Montage mit Autokran auch möglich, aber eher etwas für Spezialfälle. Bei der Gerüstung ist es möglich, mit während der Montage entfernbaren Auskragungen zu arbeiten (bis 1 m Auskragung möglich). Die Veränderungen am Gerüst sind nach SIA nur von Fachpersonen vorzunehmen. Der zu planende Abstand zwischen Gerüst noch ohne Auskragung und bestehender Mauer hängt von der Dicke der neuen Module als den notwendigen Abständen zwischen Mauer - neues Modul - Gerüst ab. Die Erstell- und Nutzzeit des Gerüsts ist auf die anderen Bauabläufe zu optimieren, z.B. dem Anbringen einer Perimeterdämmung, die unter das bestehende Terrain zu liegen kommt.

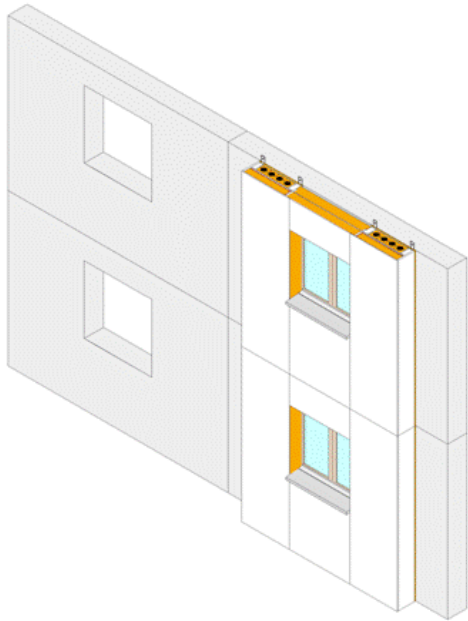


Das erste F4.1 Modul wird gesetzt.  
 (ev. mit vorgängig angebrachtem  
 Montagebalken bei allen aufeinander zu  
 liegen kommenden F4.1 Modulen, siehe  
 Abbildung 9, Bauteil Nr. 8, oder bei  
 Schnitt Abbildung 24).  
 Die horizontalen Fixierungen erfolgen mit  
 den Metallwinkeln (siehe Abbildung 9,  
 Bauteil Nr. 6).

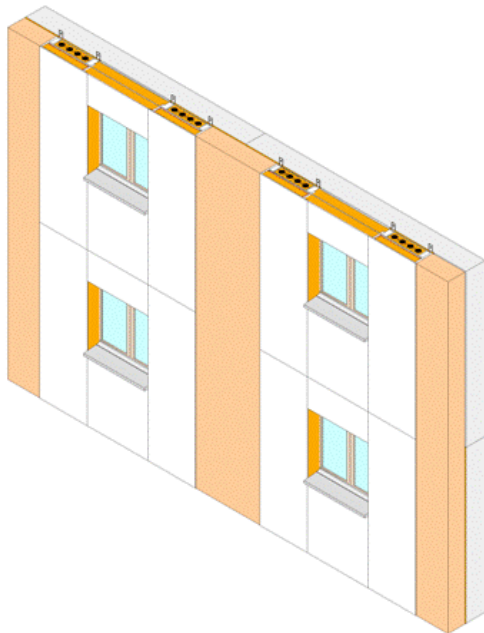


Vor dem definitiven Ansetzen des oberen  
 F4.1 Moduls sind die Lüftungsleitungen  
 (und ev. andere Medien) miteinander zu  
 verbinden.





Nach Einbringen der duktilen Ausgleichsdämmung (Bauteil Nr. 7, siehe Abbildung 9) wird das obere Modul definitiv montiert. Weitere Geschosse würden nach dem gleichen Ablauf ausgeführt.



Die verbleibenden opaken Bereiche werden mit etablierten Fassadensystemen wie herkömmlich vervollständigt. Denkbar sind auch vorfabrizierte Elemente in diesen Bereichen, als auch Total-Vorfabrikation gem. Abbildung 43. Vom System her ist dies optional, und lässt die Möglichkeit offen, objektspezifisch zu reagieren.

Die opaken Teile sind die Module (siehe ab Kapitel 2.3)

- F1: verputzte Fassaden
- F2: Hinterlüftete Fassaden
- F3: Fassaden mit hinterliegender Schüttdämmung

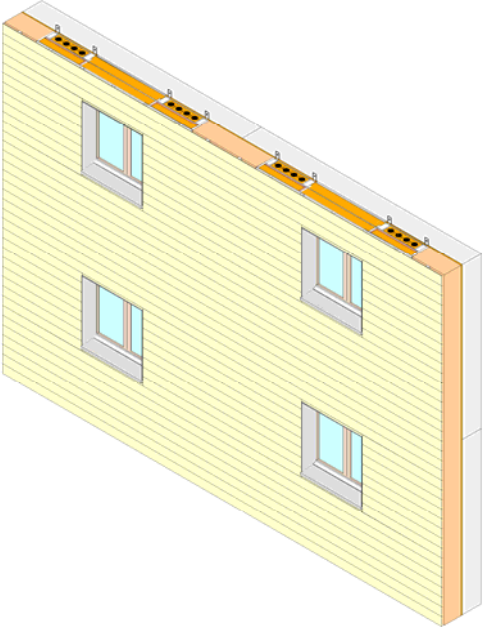
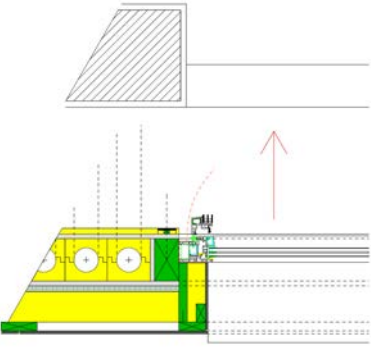
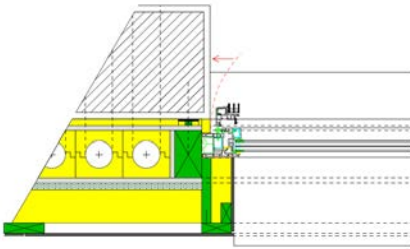
	<p>Schlussarbeiten der äussersten Fassadenschicht und innere Abschlussarbeiten. Diese bestehen aus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entfernung des alten Fensters</li> <li>- Verklebung der Folie, die die Luftdichtigkeit/Dampfsperre zwischen F4.1 Modul und Gebäude bewirkt</li> <li>- Erstellen (bohren/spitzen) der Mauerdurchdringungen für Einführung der Lüftungsleitungen vom Modul ins Rauminnere, Montage Lüftungsrohr. Die Mauerdurchdringung kann auch vor dem Setzen des F4.1 Moduls stattfinden.</li> <li>- Lüftungsanschlüsse von innen her und Hohlräume ausstopfen, Drucktests, Fensterbrett, Fenstersims, optische, innere Abschlussarbeiten, Verputz, Malerarbeiten usw.</li> </ul>
---	--

Abbildung 45: Anbringen des F4.1 Moduls

Der Vorgang der inneren Abschlussarbeiten sieht wie folgt aus:

 <p>Anbringen des F4.1 Moduls   Folie schon an F4.1 befestigt</p>	<p>Nachdem das F4.1 Basismodul angebracht ist, muss die Luftdichtigkeit zwischen Wand und Fenster erstellt werden.</p>
 <p>Hohlraum ausdämmen   Folie an bestehende Leibung anbringen</p>	<p>Die luftdichtende Folie (oder Dampfsperre) ragt noch lose aus dem F4.1 Basismodul heraus (Bauteil Nr. 1, siehe Abbildung 9). Ev. müssen verbleibende Kleinräume mit Dämmmaterial (Brandschutz) ausgestopft werden.</p>

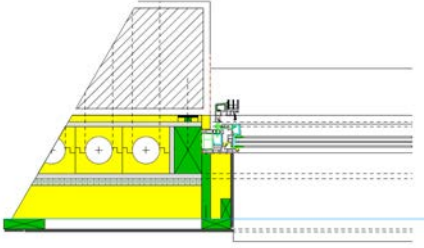
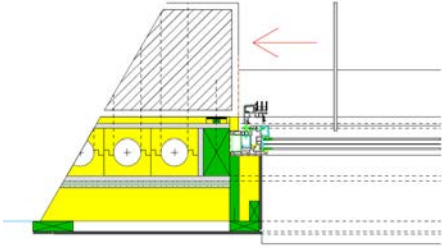
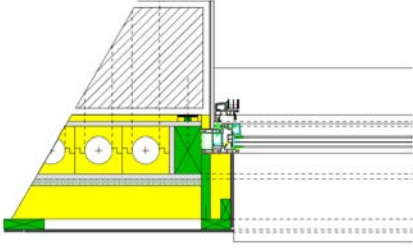
 <p>Folie mit Netz verspachteln</p>	<p>Die Folie wird an der bestehenden Wand verklebt.</p>
 <p>Anbringen der Gipsplatte an Leibung</p>	<p>Über die Verklebte Folie wird eine Abschlussplatte (z.B. für später zu verputzende Innenleibungen eine Gipsplatte mit 10 mm Dicke) angebracht.</p>
 <p>Fertiger Anschluss der Folie</p>	<p>Lüftungsanschlüsse von innen her und Hohlräume ausstopfen, Drucktests. Einbringen von Fensterbrettern und Fenstersimsem. Der fertige Abschluss kann nun verputzt, Kanten und ev. IK Raumwand kosmetisch ergänzt werden.</p>

Abbildung 46: Ablauf Erstellung Luftdichtigkeit F4.1

## 2.3 Die Module F1, F2, F3

Die opaken Teile resp. Wandsysteme bilden die "Füllelemente" zwischen den F4.1 Basismodulen. Die bestehenden Fassaden- und Wärmedämmsysteme der Industriepartner sind weitgehend ohne grosse Veränderungen in den Modulen F1, F2, F3 anwendbar.

Eine grundsätzliche Neuerung von den opaken Wandteilen ist nicht notwendig und auch nicht sinnvoll. Diese existieren schon auf dem Markt, sind erprobt und gut planbar. So können die als etabliert geltenden opaken Fassadenkonstruktionen übernommen werden. Zudem ist damit auch eine Auswahl möglich, die nach unterschiedlichen Kriterien ein Handlungsangebot bereitstellt (freier Markt, Kosten, graue Energie, Wärmeleitfähigkeit, Konstruktionsdicken, Unterkonstruktionen, ökologische, Ausweichmöglichkeiten, usw.).

Die Kombination des F4.1 Basismoduls mit den F1, F2, F3 Modulen entspricht einer Kombination von Total-Vorfabrikation und Vor-Ort Erstellung. Die Vor-Ort Erstellung mit den F1, F2, F3 Modulen entschärft deutlich das Problem der Bautoleranzen, da ein Anpassen von Wärmedämmung zwischen zwei F4.1 Basismodulen einfach ist. Die vorgeschlagenen Produkte der Industriepartner sind jeweils bei der Beschreibung der einzelnen Module in den Tabellen aufgeführt.

Die Gestaltung der sichtbaren Fassadenteile (Aussenhaut) ist frei. Verputzte und mit allen Materialien für die Aussenhaut hinterlüftete Systeme sind denkbar (Faserzement, Holz, Metall usw.). Auch können

in den opaken Bereichen Elemente zur Integration der Solarenergienutzung zu liegen kommen. Gestalterisch können die Module F1, F2, F3 und das Basismodul die gleiche Aussenhaut haben, aber auch getrennt werden. Dabei ist zu entscheiden, ob die Fluchten von den F1, F2, F3 Modulen und diejenigen des F4.1 Basismoduls gewollt gleich, oder verschieden gewünscht sind (z.B. räumliche Wirkung Fassade, Dilatationen).

Die Führung von Lüftungsleitungen (oder anderen Medien) ist auch in den Modulen F1, F2, F3 theoretisch denkbar. Dies ist aber nur für Spezialfälle in Betracht zu ziehen. Alle Überlegungen zum kritischen Weg der Lüftungsleitung wie unter Punkt 2.2.4 beschrieben, sind auch hier einzubeziehen.

*Überblick über opake Fassadenmodule:*

<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>
<p><b>Verputzte Fassaden</b></p> <p>Z.B. konventionelle Kompakt-Aussendämmung für verputzte Fassaden</p>	<p><b>hinterlüftete Fassaden</b></p> <p>Konventionell hinterlüftete Aussendämmung, mit Fassadenhaut aller Art wie Faserzementplatten, Holzschalung, Metall, auch Integration Solarenergienutzung usw.</p>	<p><b>Fassaden mit hintenliegender Schüttdämmung</b></p> <p>Vor Ort erstellte oder vorfabrizierte Fassadenschalung mit eingblasener Schüttdämmung (vor Ort oder im Werk)</p>

## 2.4 Das Modul F1

Das F1 Modul bezieht sich vor allem auf das äussere Erscheinungsbild einer verputzten Fassade. Wenn das neue Erscheinungsbild dem alten, verputzten gleichen soll, ist das technisch möglich. Die Putzträger sind entsprechend den Systemen vorzusehen (direkt auf Wärmedämmung, Holzfaserplatten mit Unterkonstruktion, usw.). Besondere Beachtung verlangt die Dilatationsfuge zwischen F4.1 und F1. Das Seitenbrett in Bauteil Nr. 5 beschrieben (siehe auch Abbildung 9), bietet die Möglichkeit zur Befestigung eventueller Schienen für Dilatationen. Die Konstruktion und Bauphysik entspricht den etablierten, verputzten Systemen. Führung von Lüftungsleitungen oder anderen Medien sind darin theoretisch möglich (ähnlich wie in den N-Modulen beschrieben, Kapitel 4.1) aber nur als Notlösung für spezielle Situationen vorzusehen.

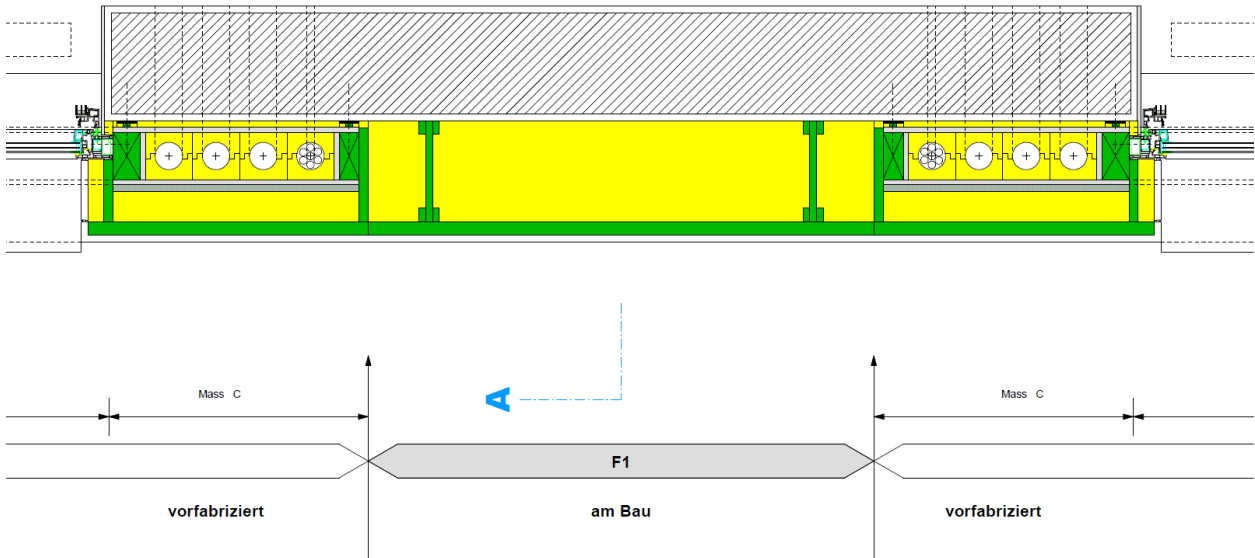




Abbildung 47: Das Modul F1, zwischen den vorfabrizierten Modulen F4.1, hier mit zu verputzender Holzfaserplatte als Beispiel

## Wärmedämmung

Die folgenden Wärmedämmprodukte eignen sich zum Bau des F1 Moduls. Die technischen Werte basieren auf den Grundlagen Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_D$  und den erhältliche Dicken.

Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	erhältliche Dicken [mm]	
Gefachdämmung in Element	Flumroc-Dämmplatte 1	0.036	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220	
	Flumroc-Dämmplatte SOLO	0.036	100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200	
	Flumroc-Dämmplatte 3	0.034	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120	
	Flumroc-Dämmplatte DUO	0.034	60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220	
Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	erhältliche Dicken [mm]	
Gefachdämmung in Gefach, mit diffusionsoffene Platte geschlossen	isofloc	0.039	Flocken, alle Dicken	





Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	erhältliche Dicken [mm]	
Gefachdämmung in Element	ISOTWIN	0.032	40 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160	
	SPARRENPLATTEN 032 PR	0.032	120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240	
	UNIROLL 035	0.035	60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240	
	ISOCONFORT	0.035	80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240	
Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	Normformate 1000X600, 600X500 Spezialformate möglich erhältliche Dicken [mm]	
Hochleistungs- wärmedämmung (VIP), Überdämmung Lüftungsleitungen, Reduzierung der Dämmedicke	Vakutherm	0.008	15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45	
Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	erhältliche Dicken [mm]	
verputzte Aussenwärme- dämmung	swissporLAMBDA Light	0.031	20 - 400	
	swissporLAMBDA Plus	0.029	20 - 400	
	swissporEPS 15e Fassade	0.038	20 - 400	
	swissporROC Putzträger	0.036	60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200	
Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	Normformate 1000X600, 600X500 Spezialformate möglich erhältliche Dicken [mm]	
Hochleistungs- wärmedämmung (VIP), Überdämmung Lüftungsleitungen, reduzieren Dämmdicke	Vacucomp S	0.008	15 - 25	
	Vacucomp S	0.008	30 - 40	
	Vacucomp P1	0.008	18 - 28	
	Vacucomp P1	0.007	33 - 43	
	Vacucomp P2	0.008	21 - 31	
	Vacucomp P2	0.007	36 - 46	

Tabelle 6: Produkte Wärmedämmung für das F1 Modul

## 2.5 Das Modul F2

Das Modul F2 deckt den Bereich der konventionell hinterlüfteten Fassade ab. Auch hier gelten Anwendung und Bauphysik der etablierten Systeme. Betreffend Befestigungen mit Rogger Fastener gilt (z.B. im Zusammenhang mit LAMBDA Vento von Swisspor), dass zur Zeit rund 300 mm Dämmdicke realisiert werden. Die Firma wird aber gemäss Marktanfrage auch längere Schrauben liefern können (Aussage Rogger 2010). Neu kann auch das von der Firma Isover gerade entwickelte System PHOENIX FACADE zur Anwendung kommen.

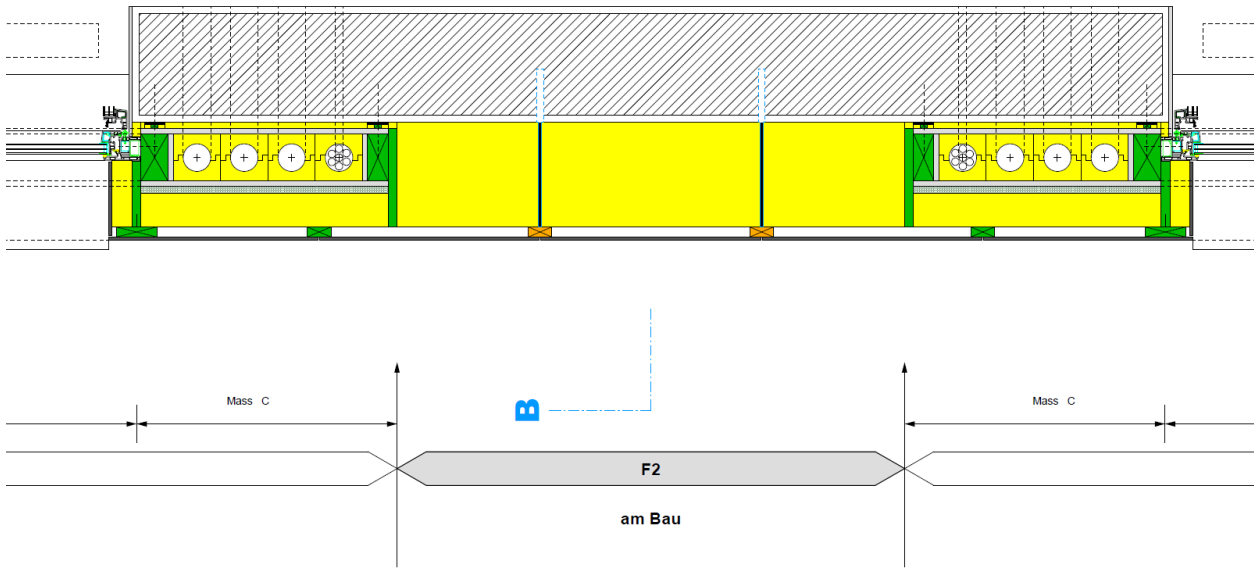



Abbildung 48: Das Modul F2, zwischen den vorgefertigten Modulen F4.1, hier die hinterlüftete Fassade z.B. mit Rogger Fastener System montiert. Als Verkleidung sind hier Fassaden-Faserzementplatten der Firma Eternit genommen worden.

### Wärmedämmung

Die folgenden Wärmedämmprodukte eignen sich zum Einbau in das F2 Modul. Die technischen Werte basieren auf den Grundlagen Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_D$  und den erhältliche Dicken.

Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	erhältliche Dicken [mm]	
Aussendämmung Fassade hinterlüftet	Flumroc-Dämmplatte 3	0.034	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120	
	Flumroc-Dämmplatte DUO	0.034	60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220	





Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	erhältliche Dicken [mm]	
Aussendämmung Fassade hinterlüftet	PB F 032	0.032	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200	
	PHOENIX 032	0.032	100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240	
	PB F EXTRA	0.034	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200	
	<p>Als Fassadenunterkonstruktion können alle handelsüblichen Metallunterkonstruktionen (Alu oder Stahl) verwendet werden. Genauso kann aber auch einen Holzlattung kreuzweise aufgebracht werden.</p> <p>Als energetisch besser sind Distanzschrauben wie z. B. MinTop der Firma Wagner Systeme AG oder RSD von Rogger Fastener zu erachten.</p> <p>Energetisch am besten, da wärmebrückenfrei ist das System PHOENIX FACADE welches von Wagner Systeme AG in Kooperation mit ISOVER SA entwickelt worden ist.</p>			
Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	Normformate 1000X600, 600X500 Spezialformate möglich erhältliche Dicken [mm]	
Überdämmung Lüftungsleitungen, reduzieren der Dämmdicke	Vakutherm	0.008	15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45	
Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	erhältliche Dicken [mm]	
hinterlüftete Fassade	swissporLAMBDA Vento	0.031	60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240 - 260 - 280	
	swissporLAMBDA Vento Premium	0.029	60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240 - 260 - 280	
Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	Normformate 1000X600, 600X500 Spezialformate möglich erhältliche Dicken [mm]	
Überdämmung Lüftungsleitungen, reduzieren der Dämmdicke	Vacucomp S	0.008	15 - 25	
	Vacucomp S	0.008	30 - 40	
	Vacucomp P1	0.008	18 - 28	
	Vacucomp P1	0.007	33 - 43	
	Vacucomp P2	0.008	21 - 31	
	Vacucomp P2	0.007	36 - 46	

Tabelle 7: Produkte Wärmedämmung für das F2 Modul

## Fassade

Beschrieb/ Situation	Produkt	Dicken [mm]	Formate [mm]
Bekleidung, Farben nach Lieferprogramm	SWISSPEARL	8 + 12	max. Nutzformat 3040x1220
	MODULA C	8	2500x610, 2000x610 und 1500x610
	MODULA	8	2500x300, 2000x300 und 1500x300
	CLINAR CLIP	6	1200x600, 1200x460 und 1200x360
	CLINAR Stülpdeckungen	6	300x900, 300x600, 200x900 und 200x600
	CLINAR Rechteckstreifen	6	1200x300 und 1200x200
	CLINAR Rechteckstreifen	4	300x900, 300x600, 900x200 und 200x600
	FASSADEN SCHIEFER	4	3x300x300, 3x300x200, 3x200x200, 5x150x120, 6x150x100 10x60x150, 10x75x60 und 900x300 und 900x200 mit individuellen Einschnitten
	Es können mehrheitliche alle handelsüblichen Fassadendämmungen und Fassadenkonstruktionen verwendet werden		
Solarmodule (noch in Projektphase)	zu SWISSPEARL	8	max. Nutzformat 2500x1220
	zu CLINAR CLIP	-	1200x600, 1200x460, 1200x360



Tabelle 8: Produkte für das F2 Modul

## 2.6 Das Modul F3

Das F3 Modul ist dasjenige, bei dem die opaken Teile mit hintenliegender Schüttdämmung versehen werden. Die "neuen Hohlräume" zwischen den F4.1 Basismodulen können mit einer Abdeckung frontseitig geschlossen werden und bilden so Einblasräume für Schüttdämmung. Die Wärmedämmstärken sind nicht mehr an 2 cm Schritte gebunden. Korrekte Verarbeitung der Schüttdämmung durch geschulte Fachbetriebe garantieren hohlraumfreie Wärmedämmschichten, egal wie uneben die bestehenden Mauerwerke sind. Die Fassadenhaut kann verschieden ausgeführt werden (verputzt, hinterlüftet). Sie muss diffusionsoffen sein. Zur Zeit (Aug. 2010) sind bei der Firma Isofloc Neuentwicklungen bald abgeschlossen, die industrielles Einblasen von vorfabrizierten Elementen ermöglichen. Wie bei am Bau gedämmten Elementen, gibt der Hersteller von isofloc Zellulosedämmung auch für vorgefertigte Holzelemente eine konstruktionsbezogene Systemgarantie ab.

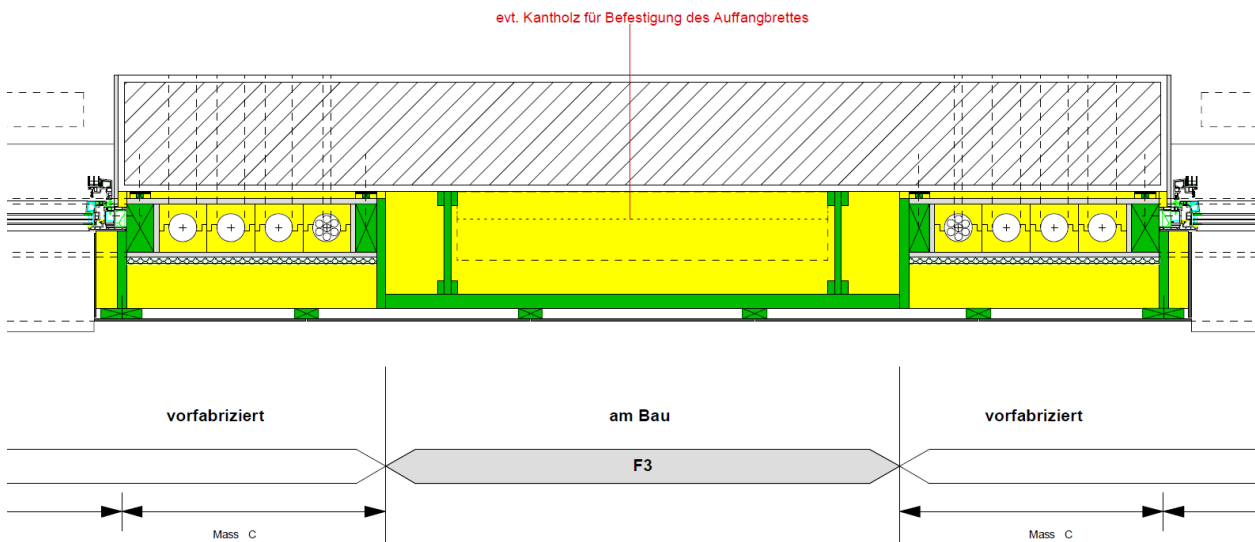
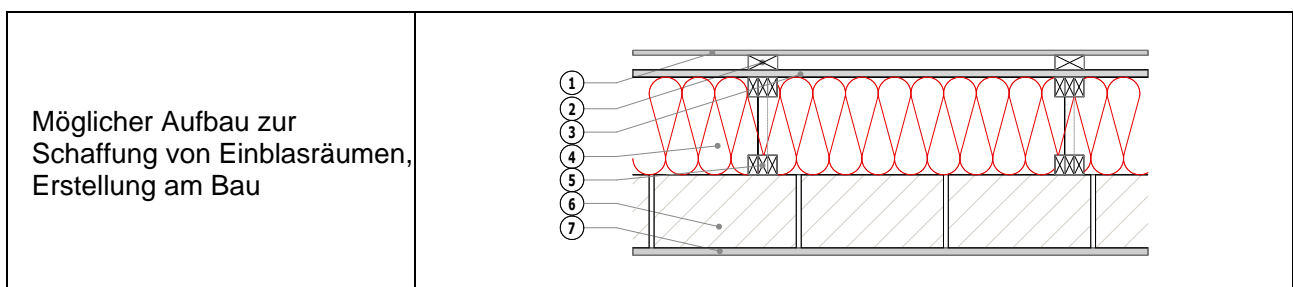


Abbildung 49: Das F3 Modul, zwischen den vorfabrizierten Modulen F4.1, hier als hinterlüftete Version



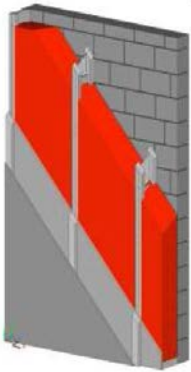
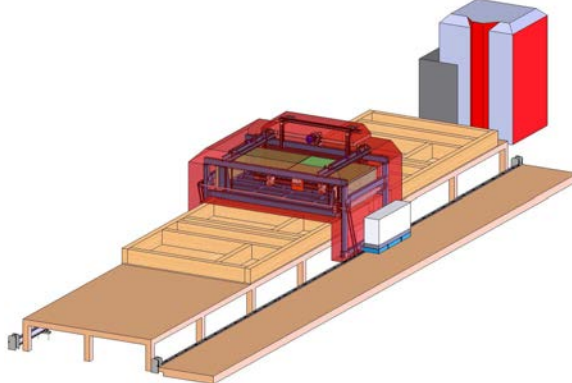
	<p>Konstruktionsaufbau von aussen nach innen</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① Decor - Fassadenplatte</li> <li>② Hinterlüftungslatte</li> <li>③ Gipsfaserplatte</li> <li>④ isofloc Zellulose Dämmung (eingebblasen)</li> <li>⑤ U*psi-Träger vertikal, e= 625 mm (auf Mauerwerk geschraubt)</li> <li>⑥ Mauerwerk</li> <li>⑦ Innenputz</li> </ol>
<p>Der Robofloc ist ein von der Firma isofloc entwickelter Roboter, dessen Einsatz bei Firmen zur Herstellung vorfabrizierter Elemente mit industrieller Befüllung vorgesehen ist.</p>	

Abbildung 50: Optionen mit Schüttdämmung (Grafiken isofloc)



<h2 style="margin: 0;">Wärmedämmung</h2>				
<p>Die folgenden Wärmedämmprodukte eignen sich zum Einbau in das F3 Modul. Die technischen Werte basieren auf den Grundlagen Wärmeleitfähigkeit <math>\lambda_D</math>.</p>				
Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	erhältliche Dicken [mm]	
Gefachdämmung in Element	isofloc	0.039	Flocken, alle Dicken	
Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	erhältliche Dicken [mm]	
Gefachdämmung in Element	FIOCKEN TRIV	0.035	Flocken, alle Dicken	

Tabelle 9: Produkte Wärmedämmung für das F3 Modul

### 3 Dachmodule

Wie bei den Fassaden geht es bei den folgenden Angaben zu den Dächern um ein Verständnis auf Konzeptebene, so dass die Akteure Architekt, Planer und Unternehmer von einem gemeinsamen Überbau ausgehen können. Das Fachwissen für Dachkonstruktionen des Zimmermanns/Holzbauers ist auch hier Voraussetzung und wird hier nicht erklärt. Details und Vorgänge können wie gezeigt sein, aber durchwegs auch auf dieser Basis an situationsbedingte Anforderungen angepasst, ergänzt oder weiter entwickelt werden.

Die folgenden Dachsituationen sind mit den aufgeführten Modulen ausführbar:

- bestehende Tragkonstruktion (Pfetten, Sparren) soll erhalten bleiben (R1 Modul)
- neues Flachdachelement (R8 Modul)
- Wandelement für Aufstockung (R9 Modul), meistens mit R8 kombiniert
- komplettes Schrägdachraummodul (R3 Modul)
- Eindeckung bestehender Betondecken (N-Modul)

Weitere Varianten sind denkbar, wie z.B. das R1.1 Modul. Dies ist das R1 Modul, jedoch mit einer Luke ergänzt. Solche Möglichkeiten werden aber hier nicht weiter behandelt, da dies vorwiegend Standardwissen aus dem Zimmermannsfachgewerbe betrifft.

Bei den Dachmodulen sind auch hier wegen des neueingebrachten Bauelementes Lüftungsleitung folgende Aspekte besonders zu beachten:

- Masse und Führung der Lüftungsleitungen inkl. Halbschalen und Fermacellplatten (kritischer Weg)
- Brandschutz (gem. Kapitel 2.2.4.a)
- Auswirkungen wegen Durchdringungen
- Zusammenfügbarkeit der Module am Bau

#### 3.1 Übernahme von Details der Fassaden in die Dächer

Im Basismodul F4.1 sind die Details des Daches bereits angedacht. Mit dem Verstehen dessen Konzeptes und deren Optionen sind Details in den Dächern vorgespurt. Die Idee dahinter ist, dass die Notwendigkeit von unnötigen Einzelerfindungen weitgehend vermieden werden soll, so dass man immer mit dem möglichst gleichen Detailkoffer durch die ganze umschließende Gebäudehülle kommen kann. Natürlich sind Fassaden und Dächer konstruktiv nicht gleich, aber auch bei Dächern ist z.B. eine der Schwierigkeiten diejenige des kritischen Weges der Lüftungsleitung. Auch hier unterstützt ein "Schichtendenken", dass kein unstrukturiertes "Spazierenfahren" von Lüftungsleitungen zu unnötigen als auch unlösbaren Durchdringungen und auch zu unübersichtlichen statischen als auch wärmebrückentechnischen Problemen führt. Die unter Kapitel 2.2.4 aufgeführten Details sind hier auch anwendbar.

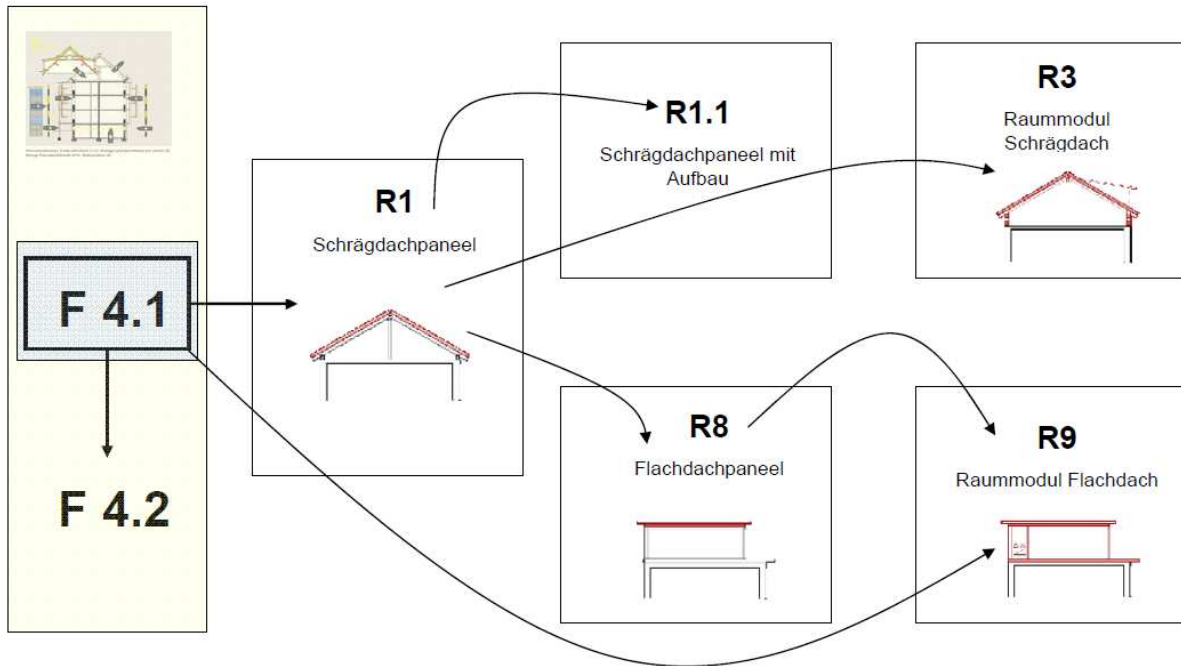


Abbildung 51: Übernahme der relevanten Detailkonzepte vom F4.1 Basismodul in die Dachmodule

### 3.2 Schichtenfestlegung und Schnittstellen

Die Schnittstellen zwischen Fassaden und Dächern sind bedeutend. Dort werden unter anderem die Lüftungsleitungen verbunden. Lüftungsleitungen sollen bei vorgefertigten Elementen am Bau einfach zusammenfügbar sein, z.B. wenn am Bau ein Flachdachelement auf ein Wandelement aufgelegt wird.

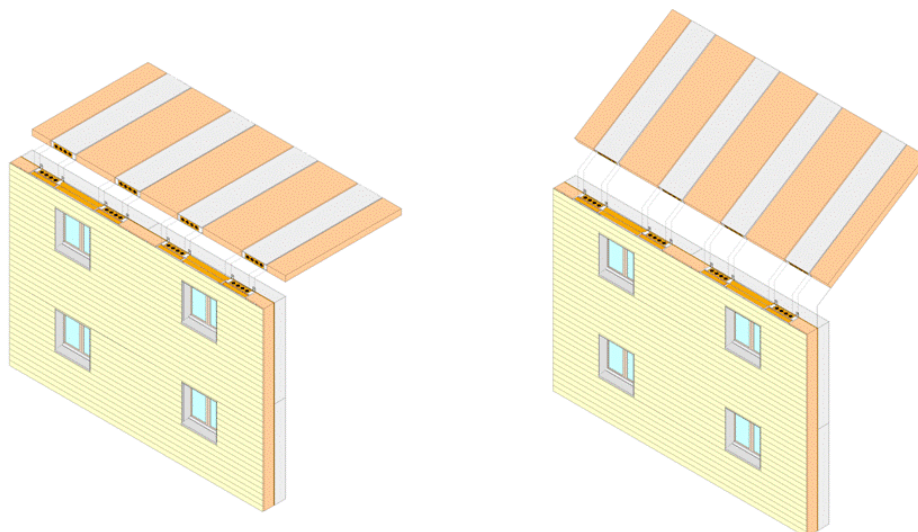


Abbildung 52: Richtungswechsel und Schichtenprinzip von Lüftungsleitungen Wand-Dach

## Schichten in den Dächern

Sich wiederholende Fragen tauchen auf wegen des neuen eingeführten Bauteils der Lüftungsleitung. Wo sollte diese bestenfalls zu liegen kommen, damit eine Ausgangsbasis für Detailplanung entsteht und sich darauf eine Systematik von sich wiederholenden Details aufbauen lässt? Dies betrifft:

- *Querdurchdringungen von statisch relevanten Bauteilen*  
Weder Pfetten noch Sparren, als auch andere Träger bei Flachdächern wie z.B. Stegträger können beliebig durchdrungen werden, da sie sehr schnell ihre statische Funktion einbüßen. Die vertikalen Scherkräfte können nicht mehr von Trägern übernommen werden, wenn sie von einer Vielzahl von rund 140 mm X 140 mm Bohrungen durchdrungen sind (AK Halbschalen, bei einem Rohr-Innendurchmesser von 80 mm, bei 100er Rohren wären es 160mm). Dies ist relevant, weil bei der Lüftungszentrale immer eine Massierung der Lüftungsleitungen entsteht.
- *Wärmeverluste gegenüber der Aussentemperatur*  
Ist die Schicht der Lüftungsleitung zu nahe beim Aussenklima, treten unnötige Wärmeverluste/Erwärmungen ein.
- *Aussenlärm*  
Die in der neuen, äusseren Gebäudehülle liegenden Lüftungsleitungen könnten Lärm aus der Umgebung ins Rauminnere tragen.
- *Kreuzungen von Lüftungsleitungen* führen zu Querschnittshöhen von minimal 280 mm (2 X 140 mm) und sind daher zu vermeiden, da dies zu überhöhten Gesamtdicken der Dächer führen kann.

Aus diesen Gründen kann die Lüftungsschicht nicht innerhalb der statischen Schicht zu liegen kommen (Ausnahmefall später bei bestehenden Sparren bei einem Schrägdach), darf nicht nahe am Aussenklima liegen und muss weitgehend in einer eigenen Schicht zu liegen kommen. Daher bietet sich eine Festlegung der Schichten an, ähnlich wie bei der Fassade:

- die obere ist somit die statische Schicht
- unten ist die Lüftungsleitungsschicht.

statisch tragende Schicht  
statisch nicht-tragende Schicht

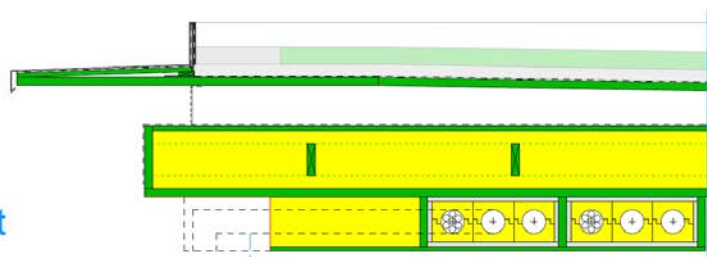


Abbildung 53: Festlegung der Schichten im Dach am Beispiel Flachdach, (R8 Modul)

Diese Festlegung schafft eine Ausgangsbasis, auch zur Handhabung weiterer Details wie im folgenden Kapitel betreffend Schnittstellen Wand-Dach. Dieses Schichtendenken ist nicht stur anzuwenden, denn

es gibt Einzelsituationen, wo eine Abweichung sinnvoll ist. Das Schichtendenken jedoch hilft Details zu systematisieren und so mit der Erfahrung einen Multiplikatoreneffekt durch sich wiederholende Details zu erhalten, was wieder einer effizienten Planung und Ausführung dient.

### Schnittstellen Wand - Dach

Die folgende Grafik zeigt von aussen her gesehen ein Beispiel der Lüftungsführung von der Fassade in ein Flachdach. Es sind vorwiegend nur die relevanten Holzteile dargestellt, so dass die Führung der Lüftungsleitungen deutlicher erscheint. Die vertikalen Lüftungsleitungen kommen vom F4.1 Modul, in diesem Fall den oben liegenden Holzbalken einer Ständerkonstruktion durchdringend, zwischen UK statische Schicht und UK Zimmer Decke zu liegen. Der Durchdringungspunkt durch den Holzbalken geht hier durch den Nodalpunkt<sup>3</sup>. Der Nodalpunkt ist derjenige, vor dem die Richtungsänderung der Lüftungsleitung bei der Schnittstelle Fassade Dach stattfindet (siehe Abbildung 64). Dieser Bereich ist relevant und wiederholt sich bei Flach- als auch Schrägdächern. Vielmals werden dort die vertikalen Kräfte der statischen Schicht der Dächer in die Wände eingeleitet (siehe Abbildung 57 und Abbildung 58). Kräfte von den Dächern kommend dürfen nicht ausserhalb AK bestehender Wand in die hängenden F4.1 Module eingeleitet werden.

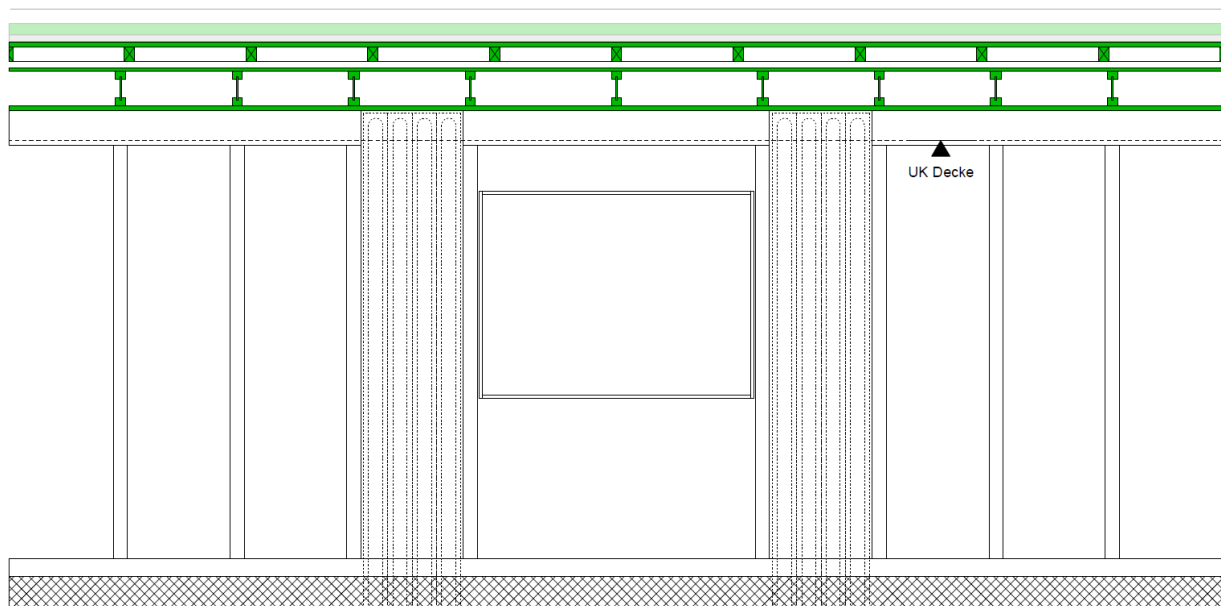


Abbildung 54: "Ansicht" Verlauf der Lüftungsrohre von der Fassade in ein Flachdach bei UK statische Schicht

### Schnittstellen Dach - Dach

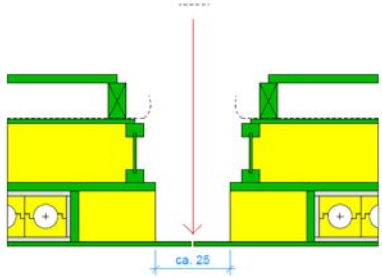
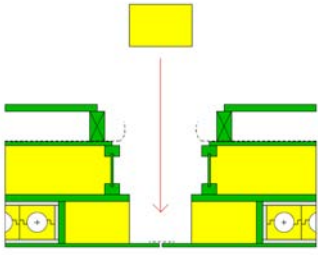
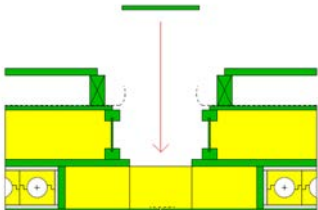
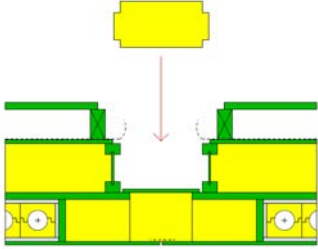
#### Flachdach

Vorfabrizierte Flachdachelemente können z.B. die Grössen von 3.5 m X 10 m haben (logistische Kriterien). Zur Eindeckung der gesamten Dachfläche müssen mehrere Elemente an ihren Schnittstellen

<sup>3</sup> Der Begriff Nodalpunkt ist aus der Fotografie entlehnt und stellt einen Punkt dar, um den sich alles dreht.

am Bau miteinander verbunden werden. Da die Dachelemente in der Regel nicht durch opake Teile trennbar sind wie in den Fassaden (F4.1 Elemente durch F1, F2, F3 Elemente), sind die Schnittstellen selber so zu gestalten, dass sie bezüglich Toleranzen, Luftdichtigkeit und Möglichkeit von Leitungsführungen ausserhalb der Halbschalen auch funktionieren. Denkbar wären solche Schnittstellenlösungen auch bei den F4.2 Modulen für die Total-Vorfabrikation bei der Fassade.

Die untere Grafik stellt den Ablauf des Zusammenbringens am Bau anhand eines unterlüfteten Flachdaches dar (etwa wie auch für Schrägdächer, siehe Abbildung 67). Ähnliches gilt auch für ein Warmdach. Die unterste Schicht ist statisch nicht tragend und enthält die Lüftungsleitungen. Darüber ist die statisch tragende Schicht. Zuoberst folgt noch die Abschlusschicht des unterlüfteten Daches.

	<p>Fuge luftdicht abschliessen</p>
	<p>eventuelle Querverbindung von Lüftungsleitungen (Teleskopsystem genau gleich wie in der Fassade), Hohlraum mit Wärmedämmung ausfüllen (optional weitere Leitungsführungen einlegen)</p>
	<p>Anbringen eines Holzbrettes für die Aussteifung</p>
	<p>Hohlraum mit Wärmedämmung ausfüllen (optional weitere Leitungen, Lüftung nur in Verbindung mit VIP wegen ausreichenden Wärmedämmschutz gegenüber Aussentemperaturen)</p>

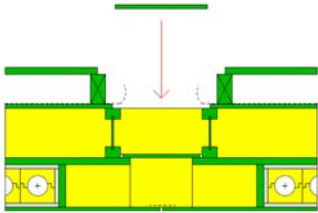
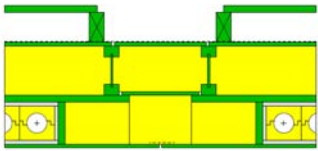
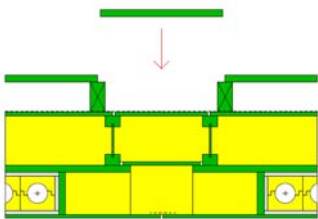
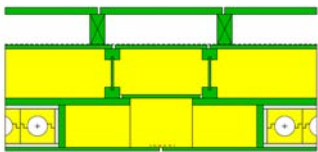
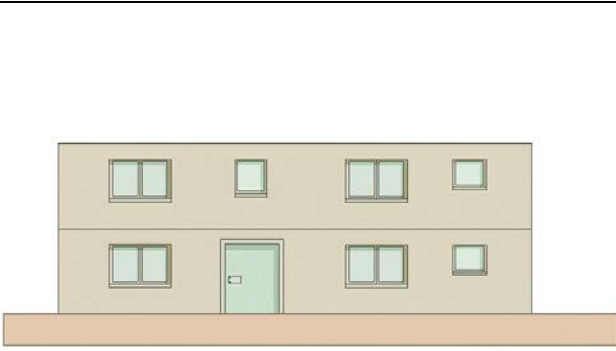
	<p>Holzbrett anbringen</p>
	<p>Abdichtung verkleben</p>
	<p>Ergänzung z.B. mit OSB Platte</p>
	<p>Fertiger Zusammenschluss, Abschlussarbeiten oberste Schicht</p>

Abbildung 55: Ablauf Zusammensetzen bei Schnittstelle Dachelement- Dachelement Flachdach

### 3.3 konkrete Beispiele zum Verständnis, R8 und F4.1 Module

Aufstockungen sind interessant, weil sie auch eine (ökonomische) Wertvermehrung des Gebäudes erzielen können oder/und Mehrkosten für die gesamte Erneuerung eines Gebäudes zumindest teilweise kompensieren. Andere Vorteile sind aus Sicht der Wärmeverluste eine verbesserte Gebäudehüllzahl und aus Sicht der Raumentwicklung der Beitrag an einen haushälterischen Umgang mit Land durch die Nachverdichtung am Ort. Aufstockungen oder auch Attika können mit dem Basismodul F4.1 und den vorfabrizierten R8 Dachmodulen realisiert werden.



Ein bestehendes 2-stöckiges Mehrfamilienhaus soll eine Aufstockung erhalten. Die oberen Schichten der Dachkonstruktionen werden bis auf OK Beton entfernt, ebenfalls eventuelle Dachränder.



Das dazukommende Stockwerk kann konventionell gemauert, oder in Leichtbauweise erstellt werden. Auch eine Attika mit Terrasse ist möglich. Hier wird als Beispiel vorerst die Variante mit Aufmauerung eines vollständigen Geschosses aufgezeigt. AK neues Mauerwerk ist bündig zu AK bestehendes Mauerwerk resp. genau genommen AK Verputz.



Der Dachabschluss wird mit vorfabrizierten Flachdachelementen (R8 Module) erstellt. Die Flachdachelemente können auch erst nach der Fassade angebracht werden (besser aus Sicht Lüftungsleitungen verbinden zwischen Fassade und Dach)



In gleicher Weise können nun die Basismodule F4.1 bei den bestehenden Öffnungen montiert werden.

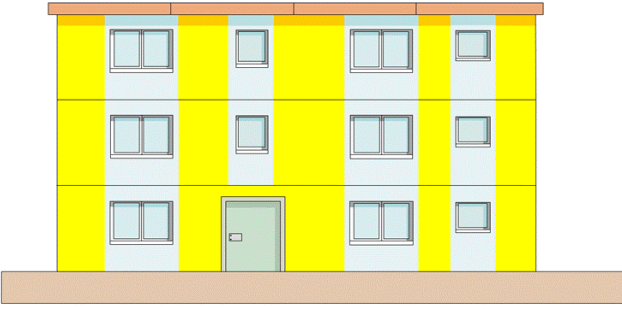
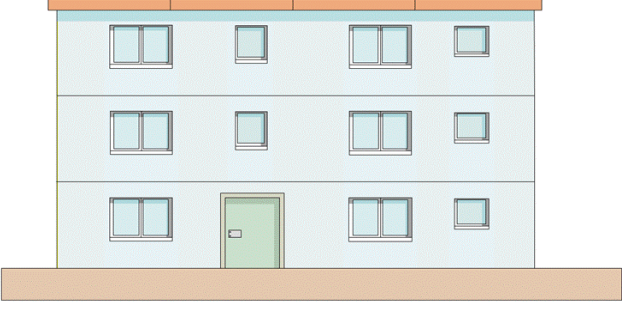
	<p>Die verbleibenden opaken Bereiche werden mit etablierten Fassadensystemen wie herkömmlich vervollständigt. Denkbar sind auch vofabrizierte Elemente. Vom System her ist dies optional, und lässt die Möglichkeit offen, Objektspezifisch zu reagieren.</p> <p>Die opaken Teile sind die Module  F1: verputzte Fassaden  F2: Hinterlüftete Fassaden  F3: Fassaden mit hinterliegender Schüttdämmung</p>
	<p>Schlussarbeiten der äussersten Fassadenschicht und innere Abschlussarbeiten.</p>

Abbildung 56: Ablauf Dachaufstockung mit Mauerwerk

Der folgende Schnitt liegt im Bereich der Lüftungsleitung. Die schwarz dargestellten Rohre sind so im System platziert, dass kurz vor dem Aufsetzen des vofabrizierten Dachmoduls das Teleskop in der Lüftungsleitung im F4.1 Modul (gestrichelt eingezeichnet) rausgezogen und in das Rohr des R8 Moduls geschoben wird. Dann kann das vofabrizierte Flachdachelement endgültig aufgelegt werden.

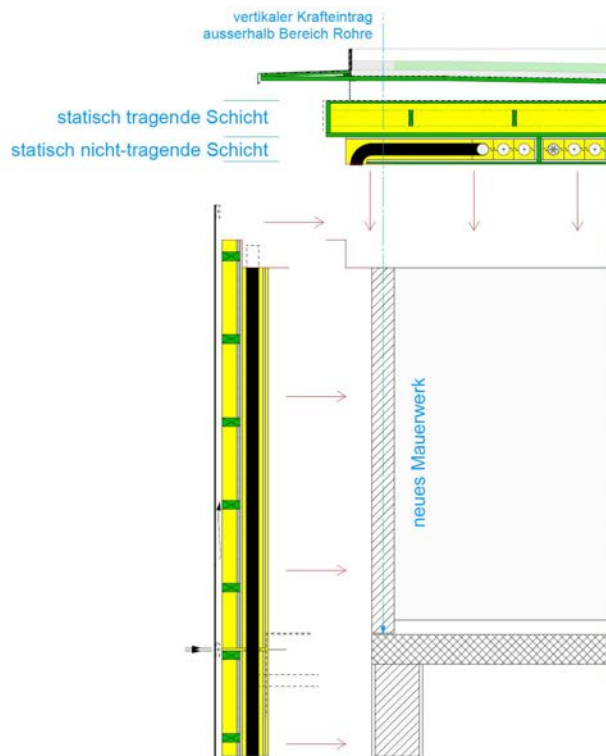


Abbildung 57: Montage der vorfabrizierten Modle F4.1 und R8, im Bereich der Verbindung von Lüftungsleitungen

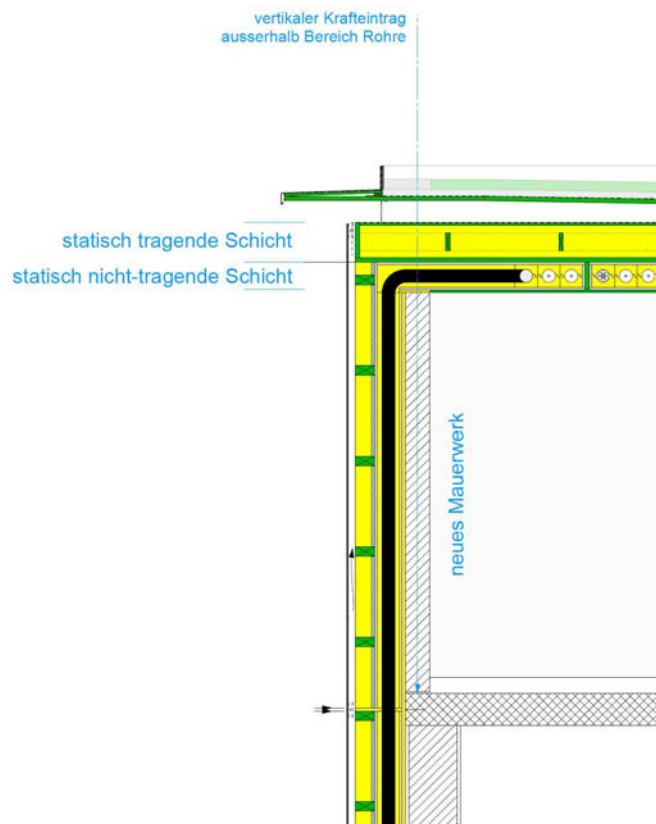


Abbildung 58: Montage der vorfabrizierten Module F4.1 und R8, im Bereich der Verbindung von Lüftungsleitungen

## Beispiel Aufstockung in Leichtbauweise, Ablauf mit R9 und R8 Modulen

Sollte die Aufstockung in Leichtbauweise erfolgen müssen, (z.B. wegen Überbelastung der bestehenden Fundation, schnellerer Bauablauf, Baufeuchte, Verhinderung Mischbauweisen schwer/leicht usw.) kann hier der Ansatz der Total-Vorfabrikation genommen werden. Das F4.1 Basismodul ist mit leichten Anpassungen zu einer tragenden Wand für die Aufstockung mutierbar. Als Wand kommt so das R9 Modul zur Anwendung, was eigentlich wieder das F4.1 Basismodul in lediglich leicht geänderter Form ist. Es müssen vornehmlich nur die "Kanthölzer vertikal Schicht 1" (siehe Explosionszeichnung Bauteil Nr. 5) angepasst werden. Für die Materialisierung können die gleichen Produkte der Industriepartner genommen werden, wie beim Basismodul F4.1.

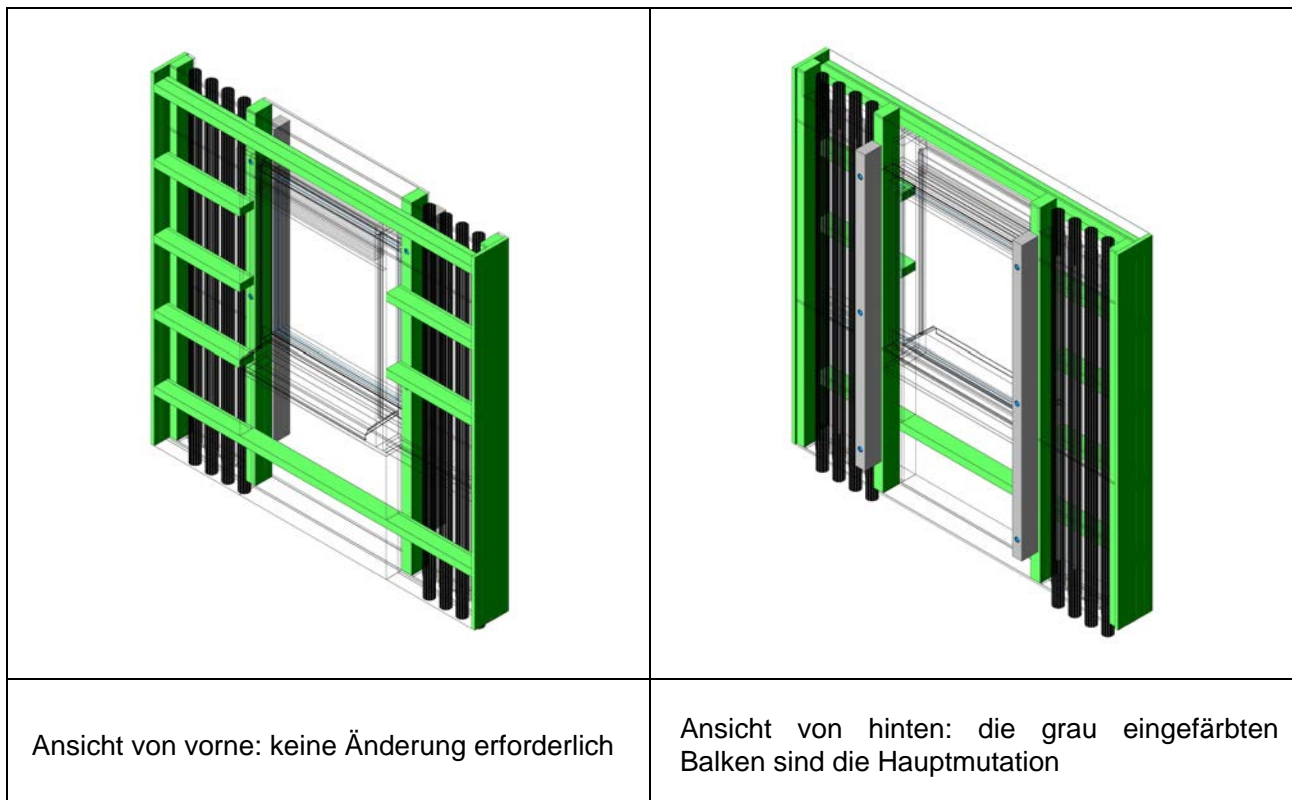
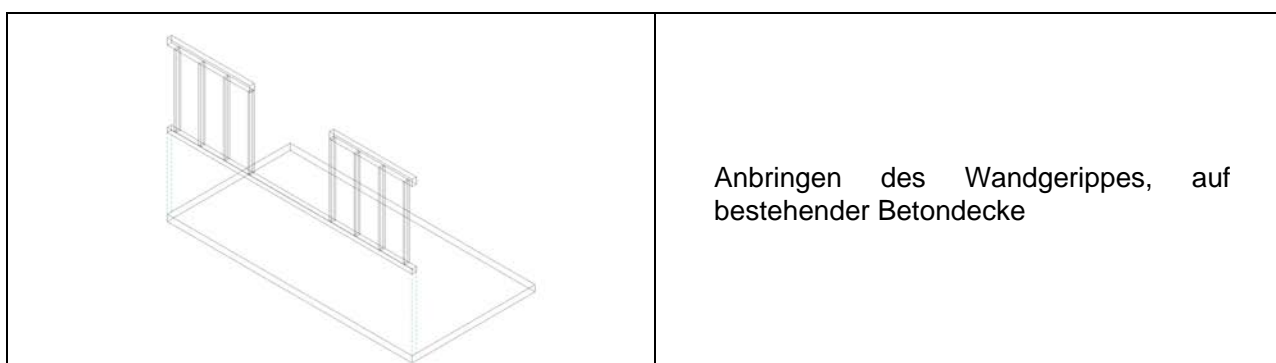
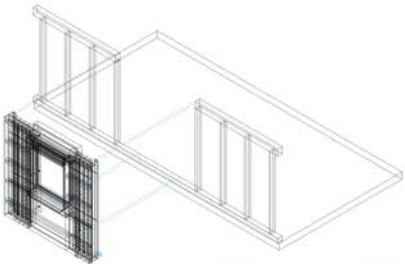
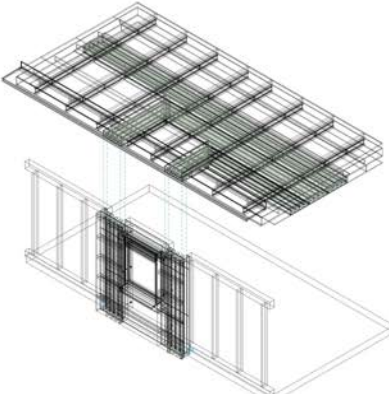
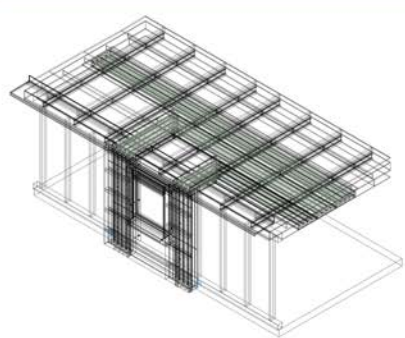


Abbildung 59: weiter entwickeltes F4.1 Basismodul zu einen R9 Modul

Folgender schematisch aufgezeigter Ablauf wäre dann denkbar:



	<p>Anbringen des R9 Moduls (mögliche Option eines mutierten F4.1 Basismoduls)</p>
	<p>Anbringen des vorfabrizierten Flachdachelementes, R8 Modul. Vor Aufsetzen des Daches Verbindung der Lüftungsrohre mit Teleskopsystem erstellen (siehe auch Abbildung 61).</p>
	<p>Fertig aufgerichtet, opake Wandteile bei Wandgerippe fertigstellen (ausdämmen, beplanken innenseitig), wenn nicht auch vorfabriziert.</p>

**Abbildung 60: Ablauf einer Aufstockung in Leichtbauweise auf einem bestehendem Betonflachdach**

Der Ablauf stellt sich wie Abbildung 61 und Abbildung 62 dar. Die F4.1 Basismodule des unteren Geschosses sind angeschlagen. Danach erfolgt die Montage des vorfabrizierten R9 Moduls, dann des R8 Moduls.

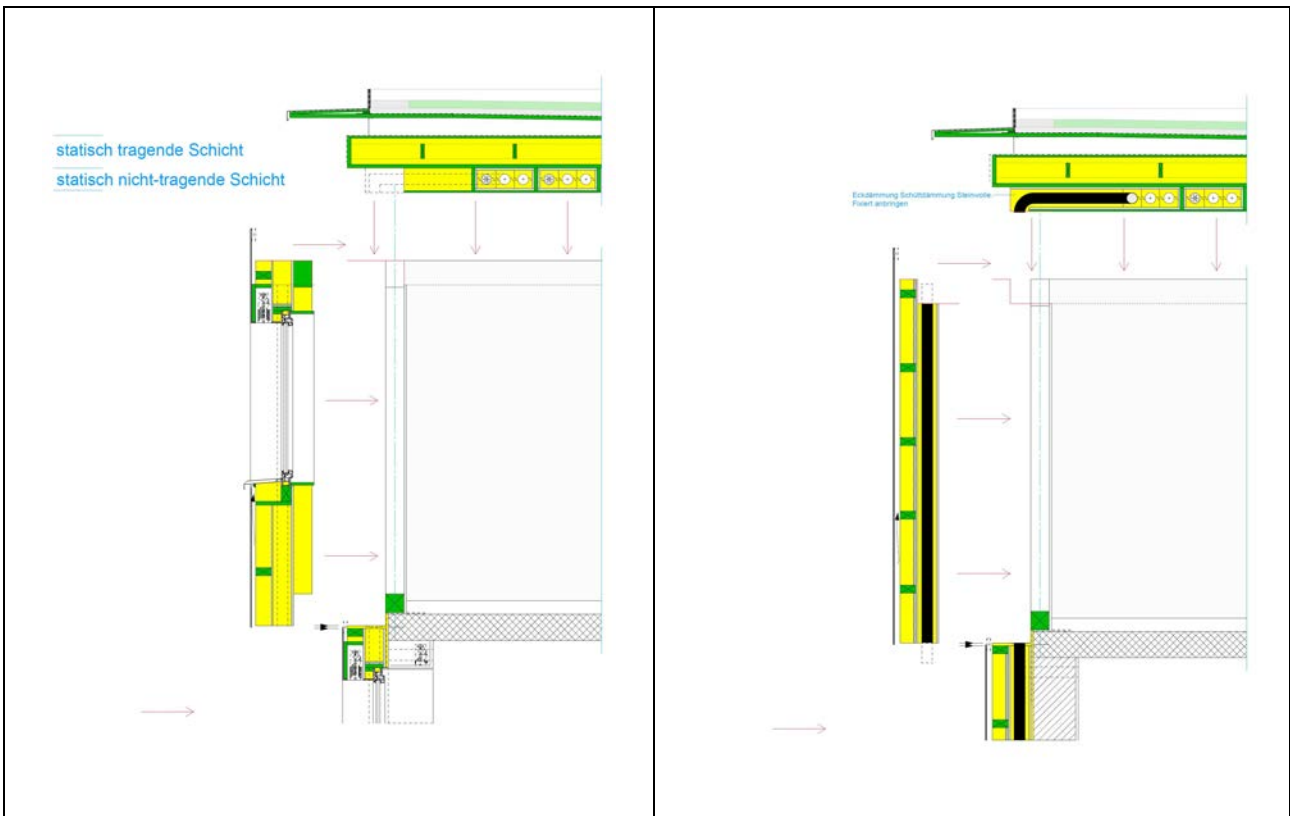


Abbildung 61: Schnitte Zusammenbau Fassade- und Flachdachelement bei Aufstockung in Leichtbauweise, Bereich Fenster und Bereich Lüftungsleitungen, Abfolge Montage: Ständerkonstruktion, R9, R8

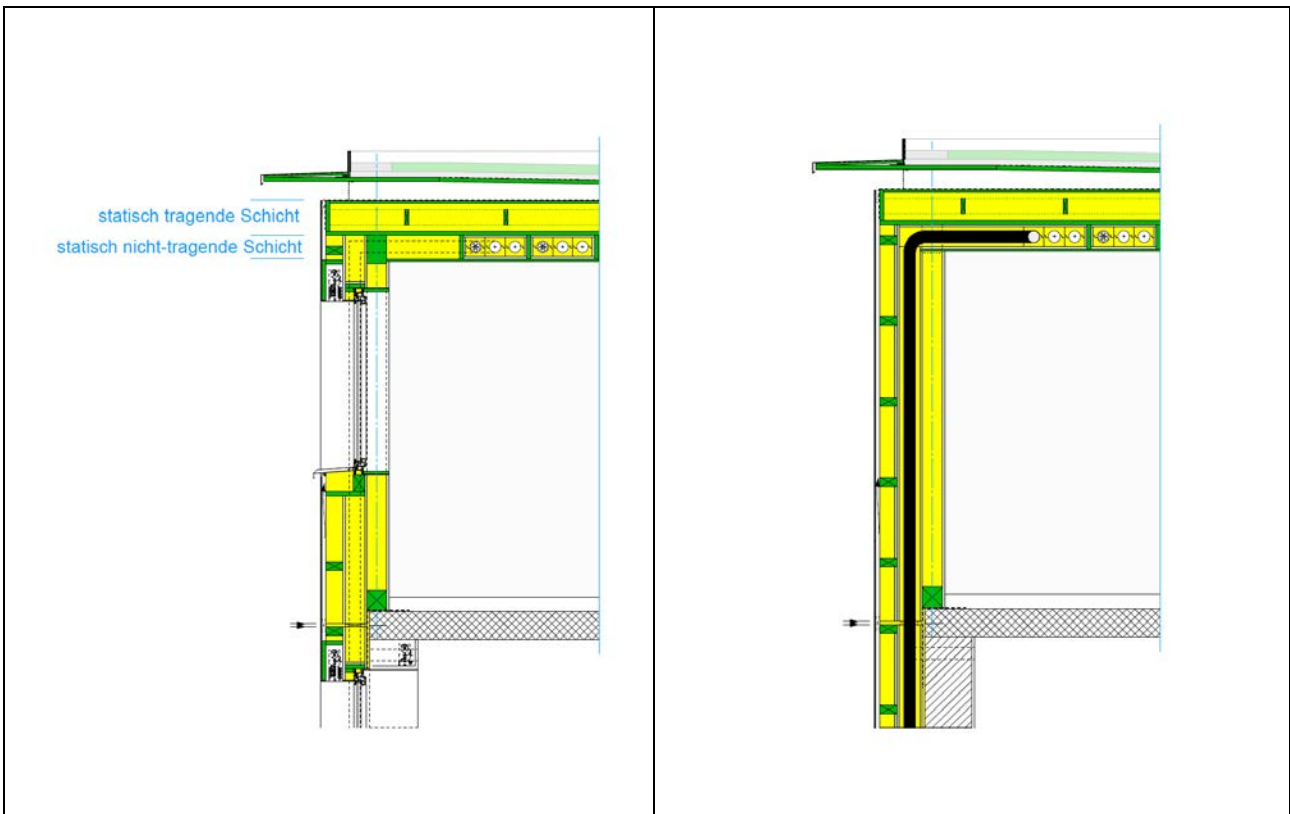


Abbildung 62: Schnitte R9 und R8 Modul und fertig gestelltem Wandgerippe

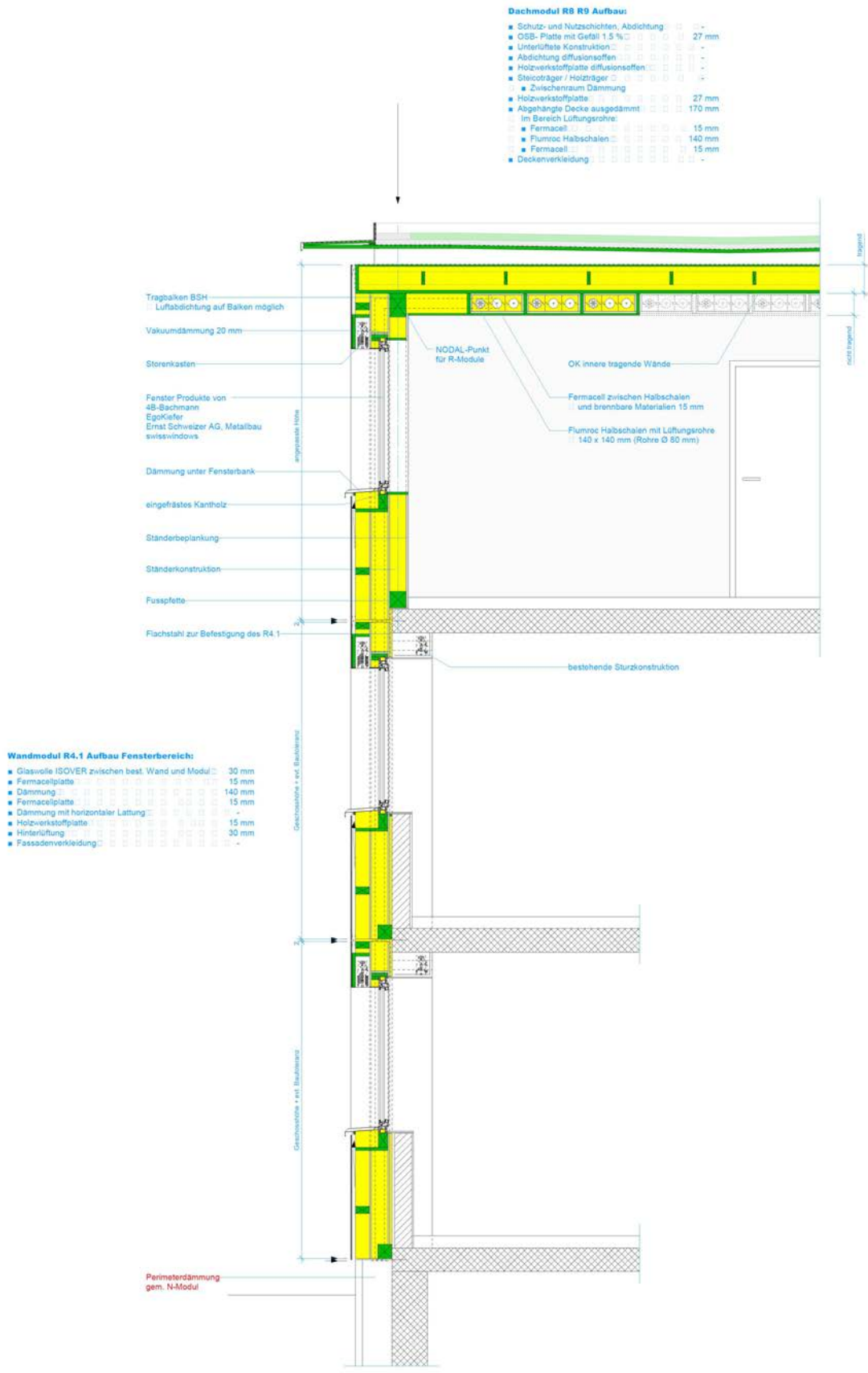


Abbildung 63: Schnitt eines bestehenden zwei-stöckigen Gebäudes, Fassaden mit Basismodul F4.1, Aufstockung mit leicht geänderten Basismodul F4.1 (R9) und vorgefertigtem Flachdach (R8) in Leichtbauweise

## Optionen des R9 Moduls

Das F4.1 Basismodul kann zu verschiedenen R9 Modulen weiterentwickelt werden. So können z.B. neue Wände vor einer Terrasse einer neu aufgestockten Attikawohnung nahezu identisch sein. Anstatt Fenster sind die empfohlenen Balkontüren für den Zugang zur Terrasse einbaubar (gem. Tabelle 3). Eventuelle Leitungsführungen auf der Terrasse erfolgen nach dem Prinzip wie unter den N-Modulen "Abbildung Lüftungsführung auf Betondecke" erklärt. Mit zusätzlichen VIP könnten die Lüftungsleitungen noch besser vor Wärmeverlusten/-erwärmungen geschützt werden, falls dies dort erforderlich wäre.

Denkbar wäre auch, dass eine Aufstockung als ganzes Raummodul (Wände (R9) + Dach (R8) + Innenwände) vorgefertigt würde. Die "Kanthölzer vertikal Schicht 1" (siehe Bauteil Nr. 5, Abbildung 9) sind mit 60 mm und 80 mm nur als Minimalmasse aus Sicht des Brandschutzes so vorgegeben. Eine statische Anpassung könnte über die Verbreiterung stattfinden, falls überhaupt erforderlich. Wie sich die Kosten eines solchen Ganzraummoduls verhalten hängt von verschiedenen Faktoren, wie Logistik auf Strasse und Bauplatz, als auch der Geometrie des Objektes und den Möglichkeiten im Werk ab. Aus Sicht möglicher zusätzlicher Wärmeverluste ist aber wichtig zu bedenken, dass möglichst wenig zusätzliche Wärmebrücken durch Aussteifungen entstehen, die nur für den Transport notwendig wären.

## 3.4 Die Schrägdach Module

Vorgefertigte Schrägdachelemente können auf bestehende Pfetten-Sparren Konstruktionen oder mit selbst tragender Konstruktion montiert werden. Lüftungsleitungen müssen sich am Bau zusammenfügen lassen, und zwar an der Schnittstelle Fassade-Dach, als auch an den Schnittstellen Dachelement-Dachelement.

### *Ausgangsbasis bei Detailentwicklungen Schnittstelle Wand-Dach*

Bei bestehenden Sparren/Pfettenkonstruktionen und neuen Wand-Dachkonstruktionen (Aufstockung mit Schrägdach), als auch Aufstockungen mit Flachdächern (Module R8 und R9) sind zuerst immer die statischen Rahmenbedingungen festzulegen. Je nach Lage der Mauerpfette ergeben sich Nodalpunkte, um die die Gesamtkonstruktion sich abwickeln muss.

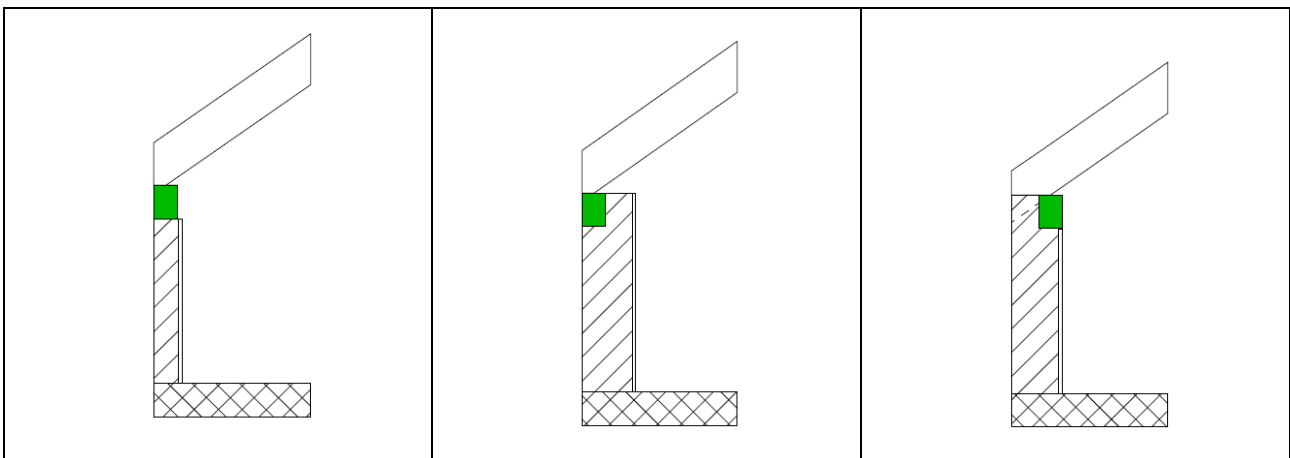


Abbildung 64: Statische Rahmenbedingungen, Krafteinleitung bei Mauerpfette

Bei Schrägdachelementen, die auf bestehende Sparren zu liegen kommen sollen, können die Lüftungsleitungen je nach Variante auch zwischen den Sparren zu liegen kommen und bilden so mit der bestehenden statischen Schicht eine Mischschicht. Das folgende zeigt, was für Auswirkungen das Einbringen der Lüftungsleitungen in bestehende Dachkonstruktionen haben kann und Aufteilungen in zwei Schichten sinnvoll sind. Bei Lüftungsleitungen zwischen den Sparren, können diese nur parallel zu diesen geführt werden, weil auch hier ein mehrmaliges Durchdringen der Sparren die Aufgabe des Tragwerkes nahezu aufhebt. Die Gesamthöhe, zusammengesetzt aus Durchmesser Lüftungsleitung, Halbschalen und ev. Fermacell-Platten, muss zudem kleiner als die Sparrenhöhe sein, wenn noch ein Teil des bestehenden Sparrens sichtbar bleiben soll. Das Verlegen in die Zwischenräume der Sparren hat auch Konsequenzen auf die Lage der Lüftungsleitungen in den Fassaden. Da die Lage und Zwischenabstände der Sparren schon vorgegeben sind muss schon bei der Planung des F4.1 Basismoduls dies berücksichtigt sein. Ansonsten könnten im schlechtesten Fall Lüftungsleitungen in die Sparren führen.

<p>Variante 1: Mischung bestehende Sparrenschicht mit Lüftungsleitungsschicht. Sparren teilweise sichtbar verbleibend haben statische und Sichtfunktion. Die Lüftungsleitungen können parallel zu den Sparren geführt werden. Die Anzahl möglichen Leitungen ergibt sich aus dem Zwischenraum zwischen den Sparren.</p>	<p>Variante 2: Mischung bestehende Sparrenschicht mit Lüftungsleitungsschicht und abgedeckter Untersicht. Sparren werden UK vollständig verkleidet, haben nur statische Funktion.</p>	<p>Variante 3: Trennung bestehender Sparrenschicht und Lüftungsleitungsschicht. Ganze Schrägdachelemente werden auf bestehende Sparren aufgesetzt. Sparren haben statische und volle Sichtfunktion. Deutlich weniger Auswirkung auf Planung betreffend Anzahl Rohre, Lage und Planungszwang in der Fassade.</p>
	<p>Bemerkung Wärmeverluste Lüftungsleitung: Sollte die thermische Überdämmschicht bei den Lüftungsleitungen zu gering sein, können mit VIP Wärmeverluste von der Leitung gegenüber der Aussenluft deutlich verringert werden, ohne die Gesamtdicke der Dachkonstruktion vergrößern zu müssen. Wahrscheinlich ist dies eher ein seltener Fall. In der Regel sind die VIP Paneele bei Dachkonstruktion nicht mehr notwendig, da die oben liegende statische Schicht ausreichend wärmegeämmt ist.</p>	

Abbildung 65: Varianten R1 Module

### Weiterführen der Lüftungsleitung zur Lüftungszentrale

Das rechtwinklige Abzweigen der Lüftungsrohre und die Sammlung Richtung Lüftungszentrale kann wie folgt geplant werden:

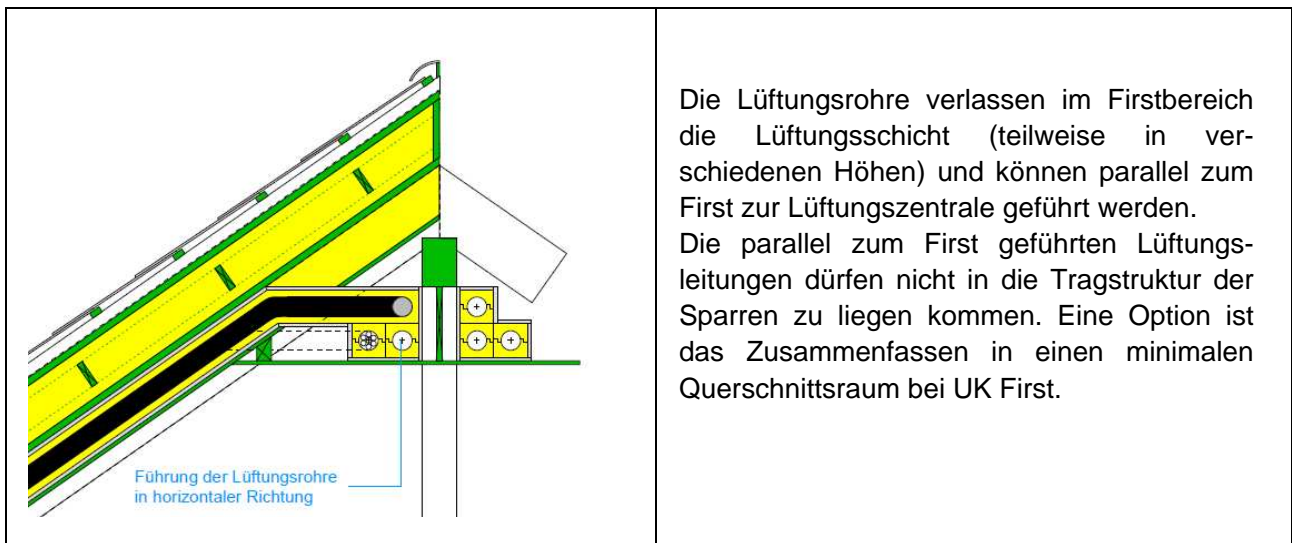
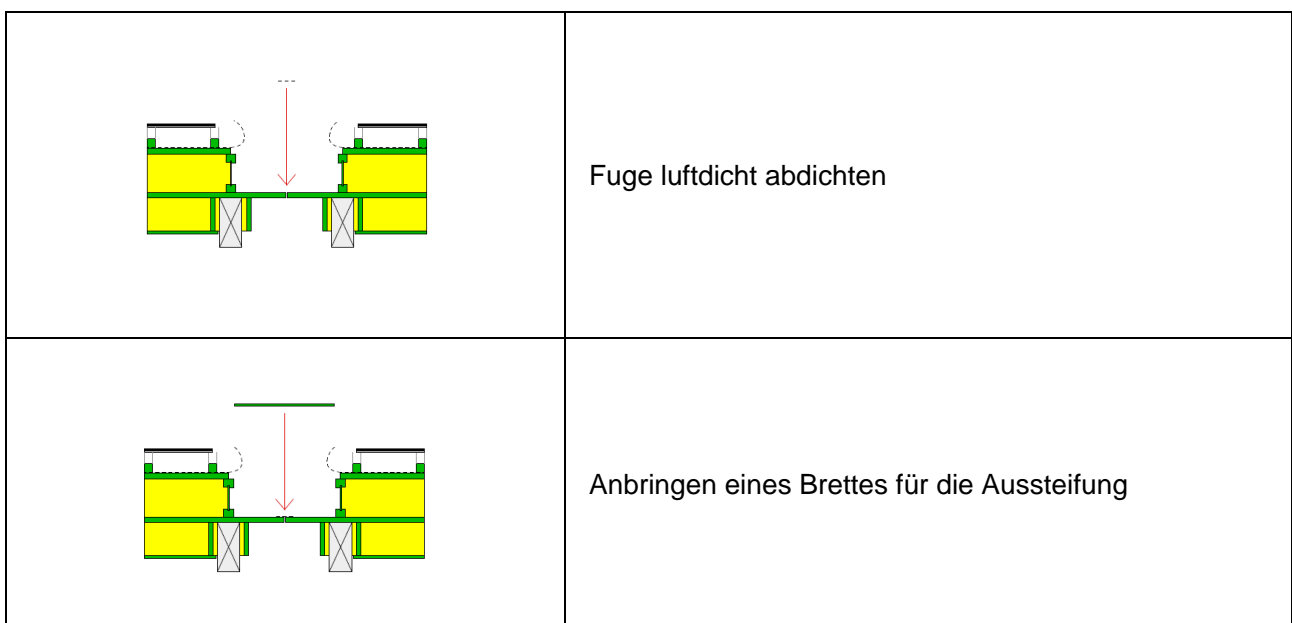


Abbildung 66: Führung von Lüftungsleitung parallel zum First

### Schnittstelle Schrägdachelement zu Schrägdachelement mit bestehender Sparrenkonstruktion

Vom Prinzip her ist der Ablauf ähnlich wie bei einem Flachdach.



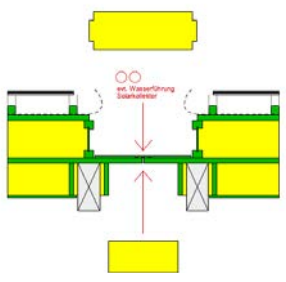
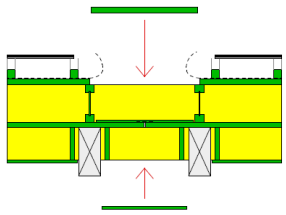
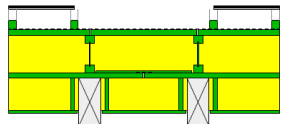
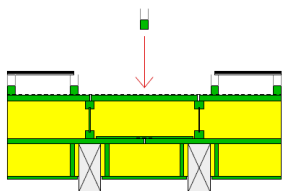
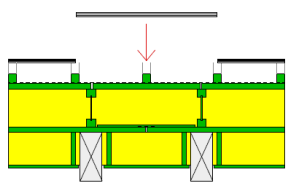
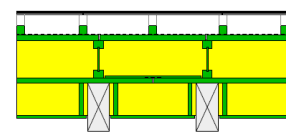
	<p>Hohlraum mit Dämmung ausfüllen, optional weitere Leitungsführungen möglich</p>
	<p>OSB Platte, Untersicht Decke ergänzen</p>
	<p>Abdichtung verkleben</p>
	<p>Anbringen der Konterlattung</p>
	<p>Anbringen der Dacheindeckung oder Elemente für Solarenergiegewinnung</p>
	<p>Fertiger Zusammenschluss</p>

Abbildung 67: Ablauf bei Schnittstelle Dachelement- Dachelement Schrägdach

Ablauf der Aufstockung oder Erneuerung des Dachgeschosses:

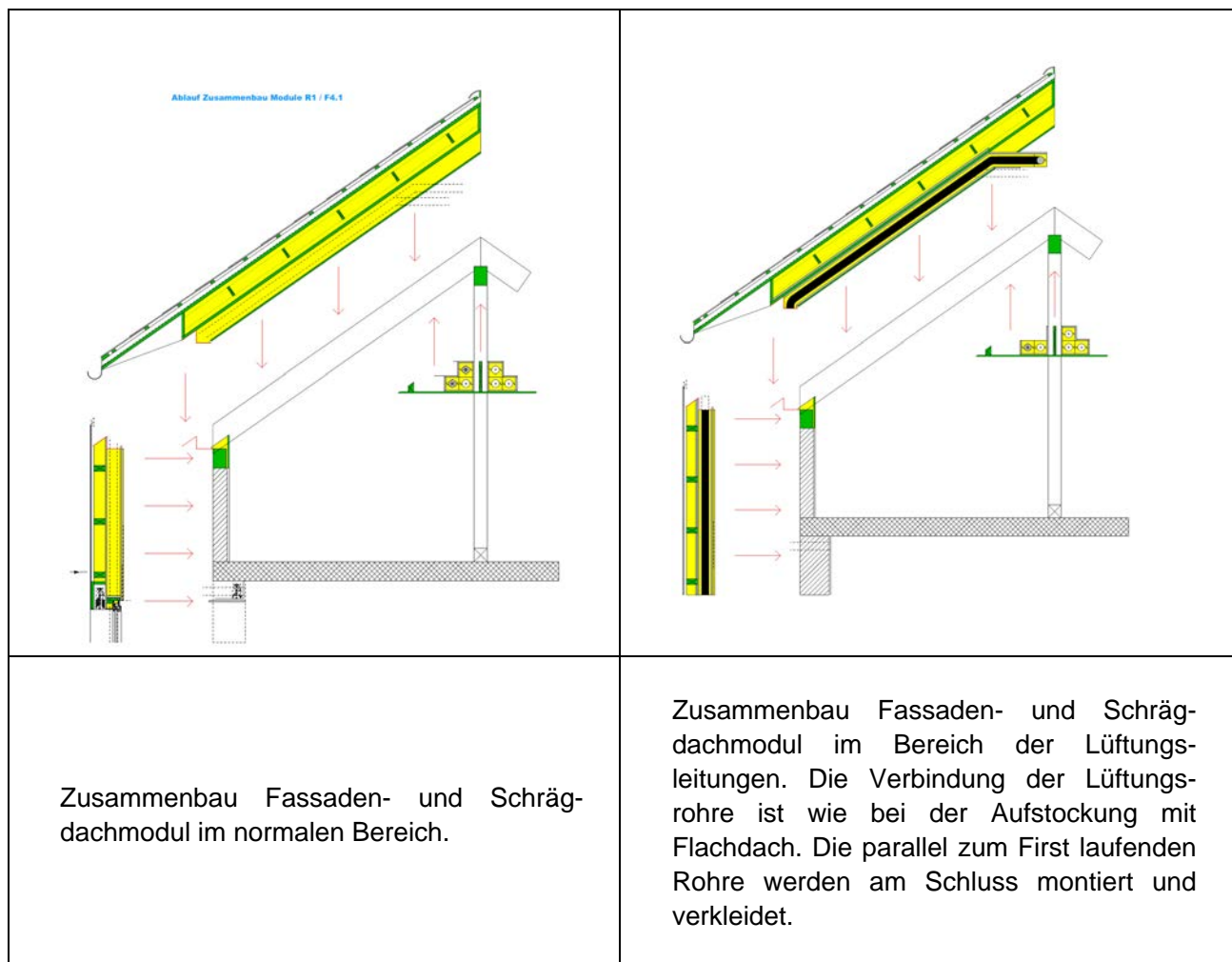


Abbildung 68: Zusammenbau Fassaden und Dachmodul, bei wiederverwendeter Pfetten-Sparrenkonstruktion

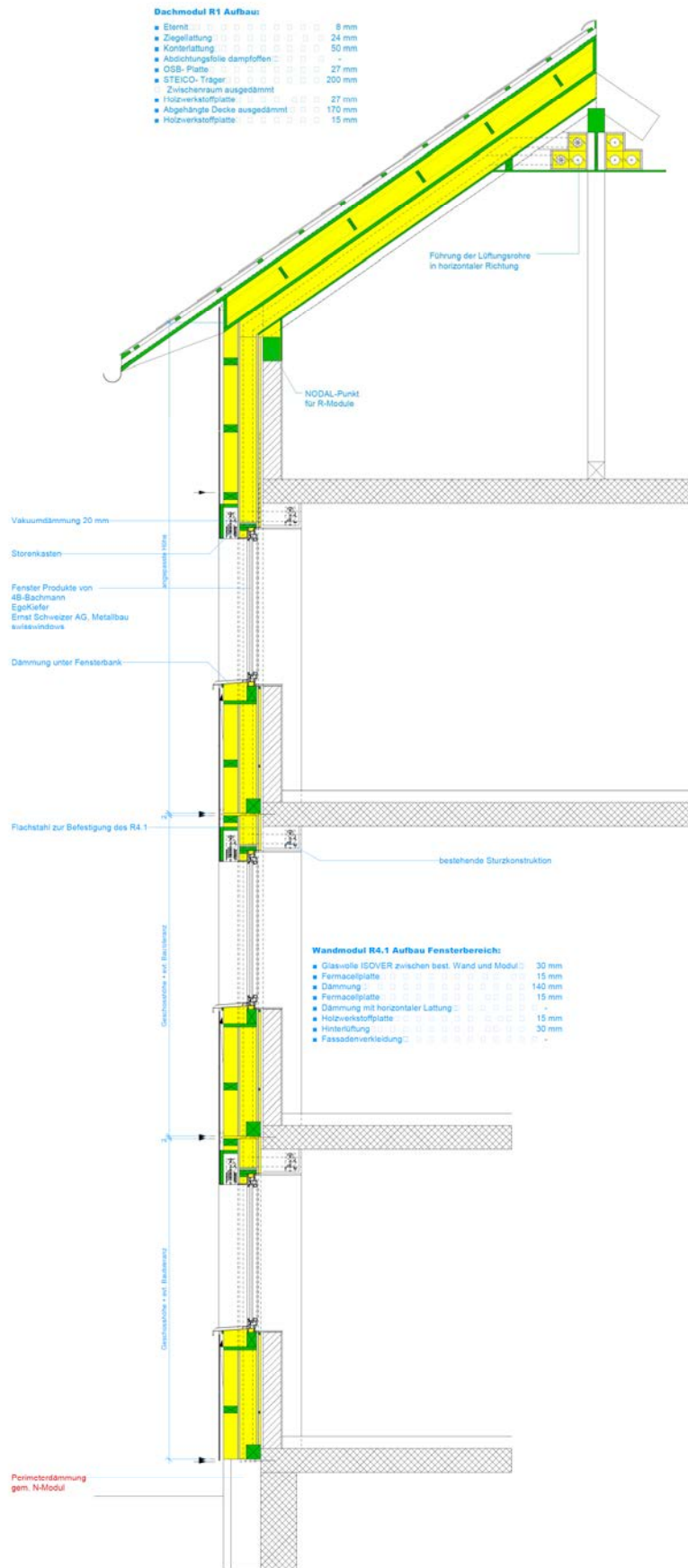


Abbildung 69: Schnitt durch Fensterebenen Schrägdachmodule

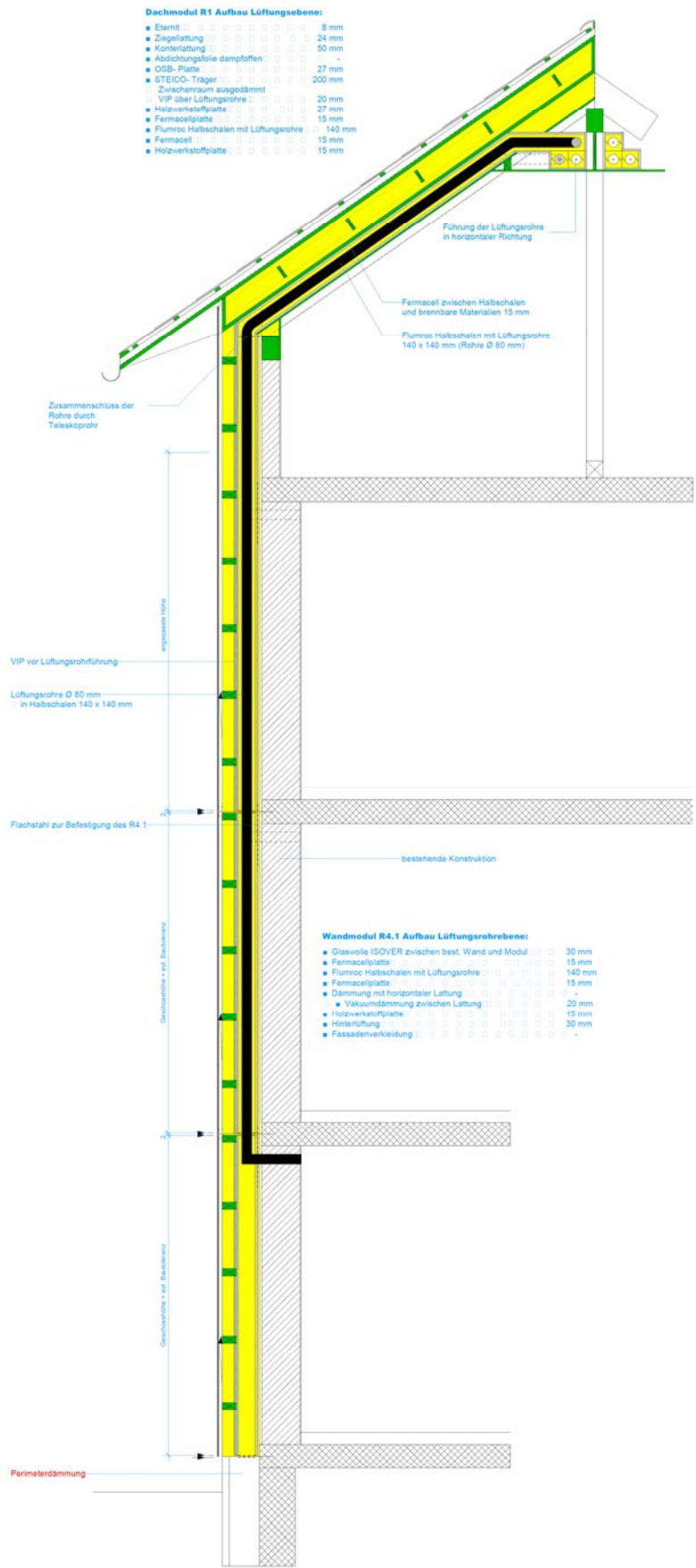





Abbildung 70: Schnitt Schrägdachmodule im Bereich Lüftungsleitungen

## Wärmedämmung

Die folgenden Wärmedämmprodukte eignen sich zum Einbau in die Dachmodule.

Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	erhältliche Dicken [mm]	
Zwischensparren- dämmung	Flumroc-Dämmplatte 1	0.036	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220	
	Flumroc-Dämmplatte SOLO	0.036	100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200	
Aufsparren- dämmung mit Stützschauben (Flumserdach)	Flumroc-Dämmplatte PARA	0.035	60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220	
Aufsparren- dämmung mit Kreuzlattung (Walliserdach)	Flumroc-Dämmplatte PARA	0.035	60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220	
Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	erhältliche Dicken [mm]	
Einblasdämmung	isofloc	0.039	Flocken, alle Dicken	
Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	erhältliche Dicken [mm]	
Zwischensparren- dämmung	ISOTWIN	0.032	40 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160	
	SPARRENPLATTEN 032 PR	0.032	120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240	
	UNIROLL 035	0.035	60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240	
	ISOCONFORT	0.035	80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240	
Aufsparren- dämmung mit Distanzschrauben oder TAFIXE	ISOTHERM GD	0.035	40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200	
Aufsparren- dämmung mit	PB F 032	0.032	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200	




Kreuzlattung (Walliserdach)	SPARRENPLATTEN 032 PR	0.032	120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240	
<b>Beschrieb/ Situation</b>	<b>Produkt</b>	<b>Wärmeleit- fähigkeit <math>\lambda_D</math> [W/(m·K)]</b>	<b>Normformate 1000X600, 600X500 Spezialformate möglich erhältliche Dicken [mm]</b>	
Überdämmung Lüftungsleitungen, reduzieren der Dämmdicke	Vakutherm	0.008	15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45	
<b>Beschrieb/ Situation</b>	<b>Produkt</b>	<b>Wärmeleit- fähigkeit <math>\lambda_D</math> [W/(m·K)]</b>	<b>erhältliche Dicken [mm]</b>	
Aufsparren- dämmung Steildach	swissporTETTO Alu	0.024 0.023	20 - 30 - 40 50 - 60 - 70 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 240	
	swissporTETTO Vlies	0.028 0.027 0.026	20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 80 - 100 120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 240	
	swissporROC Typ1	0.038	30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 - 200	
<b>Beschrieb/ Situation</b>	<b>Produkt</b>	<b>Wärmeleit- fähigkeit <math>\lambda_D</math> [W/(m·K)]</b>	<b>Normformate 1000X600, 600X500 Spezialformate möglich erhältliche Dicken [mm]</b>	
Überdämmung Lüftungsleitungen, reduzieren der Dämmdicke	Vacucomp S	0.008	15 - 25	
	Vacucomp S	0.008	30 - 40	
	Vacucomp P1	0.008	18 - 28	
	Vacucomp P1	0.007	33 - 43	
	Vacucomp P2	0.008	21 - 31	
	Vacucomp P2	0.007	36 - 46	

Tabelle 10: Produkte Wärmedämmung für Schrägdachmodule

## Dacheindeckung und solare Energienutzung

Beschrieb/ Situation	Produkt	Dicken [mm]	Formate [mm]
Dacheindeckung auf Lattung (horizontal)	INTEGRAL PLAN	8	2500x1220, 2500x920 und 2500x460
	INTEGRAL CREA	8	max. Nutzmass 3040x1220
	DACHSCHIEFER	5	720x400, 600x400, 400x400, 400x300
	ONDAPRESS-36	6	2500x927
	ONDAPRESS-57	6.4	2500x920, 2000x920, 1500x920, 1250x920, 1000x920
Solarmodule	zu INTEGRAL PLAN 2500x1220 mm	-	Modul; 2500x1220 mm
	zu DACHSCHIEFER 720x400 mm	-	Modul; Triple 7/4
Beschrieb/ Situation	Produkt	Dicken [mm]	Formate [mm]
Photovoltaik- systeme	Solrif™	17	Modulmass inkl. Rahmen: 1602x824 Rastermass 1584x792 Solrif mit SunPower black. Indachsystem, vollintegriert schwarze Rahmen und Module, hohe Leistungsfähigkeit
Sonnenkollektoren	Kollektorfelder Indach	108	2092x1234
	Kollektorfelder Flachdach	99	2070x1212
	Kollektorfelder Aufdach	99	2070x1212
	Dachfenster-Module	108	2092x1234
Systemzubehör	Trinkwasser- erwärmer		280-1000 Liter mit 1-2 Wärmetauschern
	Kombispeicher		Bis 3000 Liter
	Elektro-Einschraub- heizkörper		2.0-9.0 KW
	Pumpen und Pumpengruppen		
	Regler		
	Fühler		
	Mischventile		
	Expansionsgefässe		18-600 Liter mit max. Betriebsdruck 4 oder 10 bar
	Verbindungsleitung Aeroline		div. Längen
	Visualisierungs- Komponenten Wärmeträger		



Beschrieb/ Situation	Produkt	Dicken [mm]	Formate [mm]	
Dienstleistungen	Inbetriebnahmen und Garantie			
	Montageunter- stützung			
	Service			
	Kurse für Planer und Installateure			

**Tabelle 11: Produkte für Dacheindeckung und solare Energienutzung**

## 4 Ergänzungen

### 4.1 N-Module

Es gibt Bereiche bei der Gebäudehülle, die wenig praktikabel für die Vorfabrikation bleiben. Das Verhältnis von Planungsaufwand und notwendige Adaptierung am Bau stehen in einem ungeeigneten Verhältnis. Z.B. die Wärmedämmung von UK Kellerdecke (oder auch IK Kellerwände) eignet sich in diesem Sinne nicht zur Vorfabrikation. Dennoch lassen sich Bauteile und Konzepte aus dem F4.1 Basismodul in solchen Bereichen anwenden, und zwar mit den angedachten Lösungen zu ähnlichen Problemstellungen, z.B. des Brandschutzes.

#### *Beispiel Wärmedämmung der Kellerdecke*

Wenn Kellerräume gegenüber oben liegenden beheizten Räumen wärmedämmt werden müssen und *gleichzeitig* Lüftungsleitungen bei UK Kellerdecke eingeplant sind, kann eine denkbare Konstruktion wie folgt aussehen. Die Konstruktion entspricht EI30 nbb, diejenige rechts hat zusätzlich eine 15 mm Fermacell-Platte zur besseren Schalltrennung zweier Wohnungen oder wegen EI60 nbb. (Eine zusätzliche Überdämmung der Lüftungsleitungen mit VIP hängt von der Kellertemperatur ab).

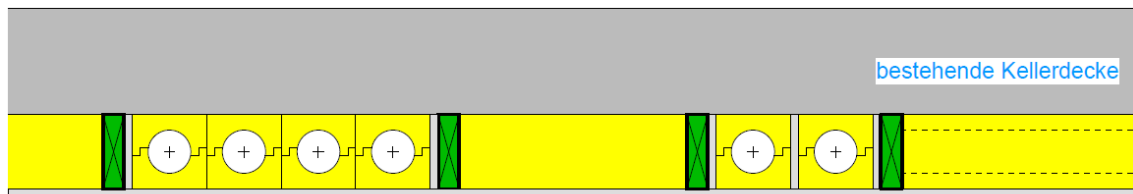


Abbildung 71: Führung der Lüftungsleitungen bei UK Kellerdecke

#### *Bestehende Betondecken*

Steht die Zentrale auf einem bestehenden Flachdach, deren Deckenkonstruktion aus Beton ist, kann das System der Lüftungsleitungen auf diesem weitergeführt werden und zwar nach dem gleichen Prinzip (Multiplikatoreneffekt der Details auf N-Module). Die untere Halbschale wird auf dem Boden verlegt (vorher Dampfsperre, wenn erforderlich), danach die Lüftungsleitung und dann anschliessend die obere Halbschale aufgelegt. Diese Verlegungsart ist effizient, da weder für das Rohr selbst noch deren Verbindungen zueinander mechanische Befestigungen erforderlich sind. Zudem entstehen weniger Undichtigkeitsprobleme bei Dampfsperren, weil diese nicht mehr durch mechanische Befestigungen der Rohre durchdrungen werden müssen. Die Halbschalen sollten hier aus  $100 \text{ kg/m}^3$  bestehen.

Die Schicht oberhalb der Lüftungsleitungen muss je nach Situation EI30 nbb oder EI60 nbb erreichen. EI60 nbb wird mit 60 mm Steinwolle  $60 \text{ kg/m}^3$  erreicht. Eine Dampfsperre (mittelbrennbar) zwischen Betondecke und Flumroc-Halbschale sollte auch aus Sicht des Brandschutzes in der Regel kein Problem sein.

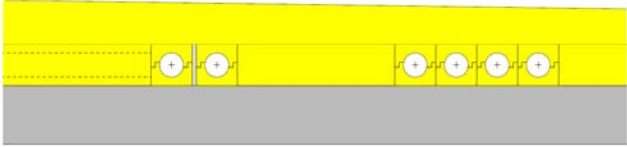

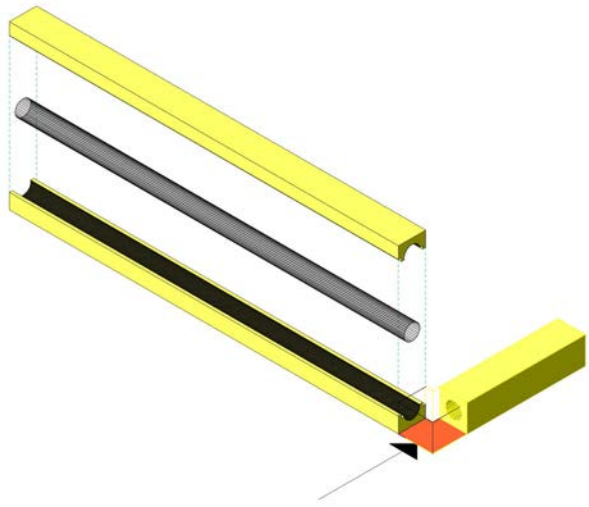
	<p>Eine bestehende Betondecke soll neu eingedeckt werden. Ist die Betondecke nicht im Gefälle, kann die oberste Schicht im Gefälle vorfabriziert bestellt werden.</p>
	<p>Ist die Decke schon im Gefälle, ist keine "Wärmedämmung im Gefälle" erforderlich.</p>
	<p>Flumroc-Halbschalen sollten für diese Situation (wegen Druckspannung auf Lüftungsleitungen) eine Dichte von <math>100 \text{ kg/m}^3</math> aufweisen (im F4.1 Basismodul reichen <math>60 \text{ kg/m}^3</math>). Hohlräume in Ecken, die durch Richtungsänderungen entstehen, können mit der Schüttdämmung von Flumroc aufgefüllt werden. Dies ist auch aus Sicht des Brandschutzes ausreichend. Die Ausstopfung muss gut ausgeführt werden, so dass auch keine Luftschallübertragungen möglichen sind.</p>




Abbildung 72: Lüftungsführung auf Betondecke

### Perimeterdämmung im Sockelbereich

Diese richtet sich nach der notwendigen Tiefe ins Erdreich, den neuen oder ev. der Versetzung alter Sickerleitungen, Fundationsverstärkungen und der örtlichen Wasserverhältnisse und wird wie üblich erstellt. Sollten Lüftungsleitungen AK bestehende Erdreichwand in den Boden und dort UK Kellerdecke eingeführt werden (wenn z.B. Lüftungszentrale im Keller), ist auf die Wasserdichtigkeit ab mindestens Flumroc-Halbschale zu achten.

## Wärmedämmung für bestehende Decken, UK Kellerdecken, Perimeter

Die folgenden Wärmedämmprodukte eignen für N-Module. Die technischen Werte basieren auf den Grundlagen Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_D$  und den erhältliche Dicken.

Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	erhältliche Dicken [mm]		
mit/ohne Gefälle	Flumroc Dämmplatte PRIMA	0.038	60 – 80 – 100 – 120 – 140 – 160 – 180 – 200 - 220		
	Flumroc-Dämmplatte MEGA	0.045	60 – 80 – 100 - 120		
Lüftungsleitungen	Flumroc HALBSCHALEN 100kg/m <sup>3</sup>	0.038	140 x 140 160 x 160		
UK Kellerdecke	Flumroc-Dämmplatte 1	0.036	30 – 40 – 50 - 60 – 80 – 100 – 120 – 140 – 160 – 180 – 200 - 220		
	Flumroc-Dämmplatte 3	0.034	30 – 40 – 50 - 60 – 80 – 100 - 120		
Kellerdecken	Flumroc-Dämmplatte TOPA	0.037	50 – 60 – 80 – 100 – 120 - 140		
Lüftungsleitungen	Flumroc HALBSCHALEN 60kg/m <sup>3</sup>	0.034	140 x 140 160 x 160		
Ausstopfen Ecken Lüftungsleitungen	Flumroc Feingranulat	0.04	alle Masse		
Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	erhältliche Dicken [mm]		
Kellerdecken	ISO-SWISS	0.031	20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160		
	THERMO-Plus	0.031	20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160		
Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	Normformate 1000X600, 600X500 Spezialformate möglich erhältliche Dicken [mm]		
Überdämmung Lüftungsleitungen, reduzieren der Dämmdicke	Vakutherm	0.008	15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45		



	Produkt	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	erhältliche Dicken [mm]	
Kellerdecken	swissporEPS 15	0.039	10 - 500	
	swissporLAMBDA Roof	0.029	50 - 300	
	Jackodur KF 300 gefiniert	0.034 0.035 0.036	10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 70 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160 - 180 200 - 220 - 240	
Beschrieb/ Situation	Produkt	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_D$ [W/(m·K)]	Normformate 1000X600, 600X500 Spezialformate möglich erhältliche Dicken [mm]	
Überdämmung Lüftungsleitungen, reduzieren der Dämmdicke	Vacucomp S	0.008	15 - 25	
	Vacucomp S	0.008	30 - 40	
	Vacucomp P1	0.008	18 - 28	
	Vacucomp P1	0.007	33 - 43	
	Vacucomp P2	0.008	21 - 31	
	Vacucomp P2	0.007	36 - 46	

Tabelle 12: Wärmedämmung für bestehende Decken, N-Modul

## 4.2 Integration Solarenergienutzung

Die Integration Solarenergienutzung beruht wieder auf dem Schichtendenken. Logischerweise betrifft dies die äusserste Schicht bei Fassade und Dach. Die Situation ist so beschaffen, dass die Fassaden und Dachelemente *aufnahmebereit* für Bauteile der Solarenergienutzung sind. Die Warmwasserflach-/röhren Kollektoren und Photovoltaikmodule sind grundsätzlich als Indachsysteme vorgesehen. Dasselbe gilt auch für die Fassaden. Dazu gehörende Leitungen können auch in den Flumroc-Halbschalen geführt werden, wenn diese nicht aussen geführt werden sollen. Empfehlenswert sind auch die vorausschauende Leitungsplanung und die schon vorgängige Erstellung von freien Kanälen dazu. So können Leitungen von später angebrachten Elementen zur solaren Energienutzung nachträglich eingeführt werden.



Am Basismodul F4.1 ist mit den Kanthölzern quer, Schicht 2 (Bauteil Nr. 15, siehe Abbildung 9), die statische Vorbereitung für alle erdenklichen Elemente zur Solarenergienutzung vorgegeben. Die Halbschalen (Bauteil Nr. 9) sind die Vorbereitung zur Aufnahme von Leitungen, wenn diese innen geführt werden müssen. Ähnliches gilt für Schräg- und Flachdächer. Bei den opaken Fassadenbereichen von F1, F2, F3 sind herkömmlich angewandten Befestigungstechniken von Warmwasserflachkollektoren/Röhren oder Photovoltaikmodulen anzuwenden. Thermische Kollektoren können mit oder ohne Hinterlüftung, unter der Berücksichtigung der Auswirkungen, z.B. Ausgasung von Wärmedämmstoffen, angebracht werden. Sollten die Elemente zur Solarenergienutzung vorderseitig bündig zu den F1, F2, F3 Basismodulen sein, kann mit VIP eine Verkleinerung der Dicke der Wärmedämmung in Schicht 2 hinter diesen Elementen erfolgen, so dass der U-Wert ähnlich bleibt. Die VIP Paneele sollten nicht direkt hinter dem Kollektor zu liegen kommen.

### Beispiele Photovoltaik

Bei geeigneten Schrägdächern ist die oberste Schicht mit Fotovoltaikmodulen bestückbar. Die Unterkonstruktion bleibt nahezu unverändert, wenn direkt die dazu passenden Elemente der Firma Eternit genommen werden. Für eine freie Wahl von Fotovoltaikmodulen bietet das Montagesystem der Firma Ernst Schweizer AG, Metallbau die Möglichkeiten.

 <p>Photovoltaikmodul in Schrägdächern.</p> 	 <p>Montagesystem für verschiedene Photovoltaikanbieter der Firma Ernst Schweizer AG, Metallbau</p> 
---	---

Abbildung 73: Integration Photovoltaik

Elemente zur Solarenergienutzung				
Beschrieb/ Situation	Produkt	Dicken [mm]	Formate [mm]	
Solarmodule (noch in Projektphase)	zu SWISSPEARL	-	max. Nutzformat 2500x1220	
	zu CLINAR CLIP	-	1200x600, 1200x460, 1200x360	
Beschrieb/ Situation	Produkt	Dicken [mm]	Formate [mm]	
Sonnenkollektor- Systeme	Kollektorfelder Indach	108	2092x1234	
	Kollektorfelder Flachdach	99	2070x1212	

	Kollektorfelder Aufdach	99	2070x1212
	Dachfenster-Module	108	2092x1234
Photovoltaik- systeme	Solrif™	17	Modulmass inkl. Rahmen: 1602x824 Rastermass 1584x792 Solrif mit SunPower black. Indachsystem, vollintegriert schwarze Rahmen und Module, hohe Leistungsfähigkeit
Systemzubehör	Trinkwasser- erwärmer		280-1000 Liter mit 1-2 Wärmetauschern
	Kombispeicher		Bis 3000 Liter
	Elektro-Einschraub- heizkörper		2.0-9.0 KW
	Pumpen und Pumpengruppen		
	Regler		
	Fühler		
	Mischventile		
	Expansionsgefässe		18-600 Liter mit max. Betriebsdruck 4 oder 10 bar
	Verbindungsleitung Aeroline		div. Längen
	Visualisierungs- Komponenten		
	Wärmeträger		
Dienstleistungen	Inbetriebnahmen und Garantie		
	Montageunter- stützung		
	Service		
	Kurse für Planer und Installateure		

**Tabelle 13: Produkte zur Solarenergienutzung**

## 5 Hinweise zur Durchführung

Die Hinweise betreffen die zwei Hauptgruppen Planung und Ausführung. Sie sind als Hinweise spezifisch aus Sicht des in diesen Bericht vorgeschlagenen Konzeptes zu sehen und haben daher keinen Anspruch auf Vollständigkeit betreffend allgemeine Planung von Bauwerken. Sie dienen als Ergänzung oder Orientierung zu diesen innerhalb anderer Normen, die gültig für Beratung, Planung, Projektierung, Bauleitung, Ausführung und Bewirtschaftung von Bauwerken für zuständige Akteure sind. Das etablierte Zusammenwirken der Akteure wie Bauherr, Architekt, Planer und Unternehmer soll bewusst nicht verändert werden. Auch nicht deren Aufgabenteilungen, Kompetenzen, Rechte und Pflichten. In allen Phasen sind die Beteiligten an die allgemein gültigen Vorlagen gebunden, sei das Rahmenbedingungen aus Sicht von Bauordnungen, der SIA Normen oder andere in der Baubranche üblichen Vorgaben, die zu den Regeln der Baukunst gehören. Somit nimmt z.B. der Architekt die Aufgabe gemäss SIA 102 wahr.

Die Hinweise beschränken sich auf die Gebäudehülle. Mögliche Erneuerungen z.B. in Innenräumen als auch in der Umgebung sind nicht Bestandteil.

### 5.1 Vorabklärungen

Aufgrund der Verschiebung der Aussenhaut nach aussen sind die allgemeinen Rahmenbedingungen dafür bei den entsprechenden Instanzen abzuklären:

- zulässige Abstände aller Art (Gebäude, Wege, Wald, usw.)
- Formveränderungen (z.B. Veränderungen von Schrägdach zu Flachdach oder umgekehrt, Integration Elemente für solare Energiegewinnung, Aufstockungen)
- Auswirkung auf Ausnutzungsziffern
- Einwilligungen, Servituten, Konzessionen und ähnliches bei privaten/öffentlichen Nachbarn

Zusätzlich sind frühe Abklärungen und Anhaltspunkte nötig:

am Gebäude

- zulässige Lasten für bestehende Foundationen
- statische Qualität des bestehenden Mauerwerks bezüglich:  
Abtragung dazukommender Lasten, Auszugverhalten von Dübeln (Auswirkung auf Länge der Flachmetallschiene Bauteil Nr. 6 und ev. Montagebalken Bauteil Nr. 8 vom F4.1 Basismodul, Art der Ausführung von Fensterstürzen/-leibung im bestehenden Mauerwerk)
- Anforderungen wegen Erdbebensicherheit (z.B. bei Aufstockung)
- mögliche finanzielle Unterstützungen durch öffentliche Hand bei Massnahmen für bessere Wärmedämmung und Integration Solarenergienutzung und andere erneuerbare Energiequellen, auch ev. Zusätze für Gesamtsanierungen Gebäudehülle anstatt nur Einzelverbesserungen
- Abklärung bestehender Sickerleitungen (ev. Veränderungen durch Perimeterdämmung)
- Erstellung ev. Erdregister für Lüftung
- Balkonplattenentfernungen, Situation Vordächer

betreffend Ausführung

- logistische Rahmenbedingungen für Anlieferung, Ablad und Zwischenlagerung von vorfabrizierten Fassaden- und Dachmodulen
- Logistik Bauplatz
- Planung Gerüstung (während Montage entfernbare Gerüstauskragungen, Gerüsteverankerung und Ankerentfernung vor allem bei F4.1), ev. Teileinsätze Autokran
- Masskontrollen (Freisicht für z.B. Laser)
- ev. Anwenden und Planung des Montagebalkens (Bauteil Nr. 8)
- Dichtigkeitsprotokolle der Lüftungsleitungen (siehe Kapitel 2.2.4.c)

## 5.2 Vorprojekt

Im Vorprojekt müssen die Absichten des Bauherrn und die Wahl der Fassaden- und Dachmodule abgestimmt werden.

Aus Sicht des Bauherrn und des Architekten ist zu koordinieren:

1. *Bestimmung der definitiven Raumnutzungen und Gebäudegeometrien beim Objekt*  
Insbesondere zusätzliche Räume wie Aufstockungen oder Anbauten, Veränderung Nutzung Dach, ev. auch Kellerräume.
2. *Festlegung der thermischen Gebäudehülle*  
Betrifft alle Bauteile, welche beheizte und/oder gekühlte Räume allseitig und vollständig umschliessen (siehe SIA 380/1 und SIA 416/1).
3. *Wahl der F-Module, R-Module, N-Module, Arbeiten die nicht mit Modulen abdeckbar sind. Nutzung von regenerativen Energiequellen.*

Die Zusammensetzung der Module beeinflusst die Materialisierung der Gebäudehülle, die Schnittstellen der Fassaden- und Dachmodule zueinander, Planung der U-Werte und Luftdichtigkeit, Haustechnik, Bauabläufe und Kosten. Mit der Wahl der Module besteht eine Ausgangsbasis für die Werkplanung. Aus Sicht des Energieverbrauchs soll mindestens der Bereich zwischen MINERGIE und MINERGIE-P erreicht werden. Längerfristige Betrachtungen in Richtung Nullenergie- oder Plusenergiehäuser sind sinnvoll, wenn z.B. in Zukunft durch Photovoltaik die Elektrifizierung der Mobilität unterstützt werden kann.

Zusätzlich ist zu klären:

- *Fensteröffnungen*  
Die kostengünstige Variante für die F4.1 Basismodule ist, wenn die bestehenden Fensterleibungen und Fensterstürze nicht verändert werden (die Fensterbank und andere über die bestehende Fassadenflucht auskragende Teile müssen in der Regel immer vor Montage des F4.1 Basismoduls entfernt werden). Es fallen weniger Baumeisterarbeiten für Leibungsvergrößerungen und eventuelle Sturzanpassungen an, was bei älteren Bauten ohnehin kritisch sein könnte. Das lichte

Mass der Fensterflügel wird jedoch in der Regel etwas reduziert. Dies kann teilweise wieder kompensiert werden, wenn die Sprossung von z.B. ursprünglich 2-flügeligen Fenstern entfällt, indem sie mit einflügeligen Fenstern erneuert werden.

Es besteht die Möglichkeit eines ungekündigten, bewohnten Zustandes, da die inneren Abschlussarbeiten für nur das F4.1 Basismodul in weniger als einem Tag bewerkstelligbar sind. Fenstervergrößerungen sind aber technisch ohne weiteres möglich, teilweise auch erwünscht, z.B. wegen besserer Tageslichtnutzung oder Optimierung solarerer Energiegewinne. Für das F4.1 Basismodul selber ist die Grösse weitgehend irrelevant. Es sind aber die entsprechenden Vorarbeiten und die daraus entstehenden Auswirkungen zu beachten. Ähnliches gilt für den Erhalt oder die Entfernung alter Kunststeineinfassungen bei Fensterleibungen.

- *Balkone*

Die Balkone sind als dritter Ort in der Fassade zu betrachten (Neben Ort der Verdichtung von Details im F4.1 Basismodul und den opaken Wandbereichen). Auskragende Balkone bilden in der Regel lineare Wärmebrücken in der Fassade. Belassen im alten Zustand steht betreffend Wärmeenergieverluste schlecht im Verhältnis zur unentbehrlichen Ausreizung von Details bei Wärmebrücken. Balkone müssen somit entfernt und z.B. als neue vorgebaute Balkone (eigenes Tragwerk) von der Fassade thermisch weitgehend getrennt werden. Eine "Umhüllung" der Balkone, im Sinne einer Raumerweiterung ist auch denkbar.

Wegen Verschattung durch Balkone könnten solare Warmegewinne reduziert werden. Die Auswirkung durch Verschattungen von neuen Balkonen muss genau betrachtet werden. Gleiches gilt auch für Vordächer.

*Bemerkung zu Etappierungen:*

Der Idealfall eines zu erneuernden Mehrfamilienhauses ist (nur die Gebäudehülle betreffend), wenn die gesamte Gebäudehülle in einem Vorgang auf den neuesten Stand gebracht wird. Gesamtbauzeit, Gesamtkosten und Qualität sind hier optimal. Bei Etappierungen sind Abstriche zu erwarten. Ausgehend von einem Idealfall sind unten Beispiele von möglichen Szenarien mit zu beachtenden Auswirkungen beschrieben. Weitere Szenarien sind möglich. Es gilt hier, bei jeder Etappierung die Konsequenzen und die möglichen Lösungsansätze zu evaluieren und die strategische Planung mit den notwendigen Fachleuten zu klären.

<b>Fassade</b> (inkl. Balkone und Perimeterdämmung)	<b>Dach</b> (Erneuerung, Aufstockung)	<b>Kellerdecke</b> (UK Decke oder Perimeterdämmung)	<b>Bemerkungen</b>
neu	neu	neu	Idealfall, die Gebäudehülle ist konsistent und auf neuestem Stand. Ausreizungen bis zum Plus Energie Haus sind denkbar, was aus energetischer Sicht hohe Zukunftssicherheit bedeutet.
neu	später erneuert	neu oder später erneuert	Viele Vordächer bestehender Dächer sind beim Trauf als auch Ort zu schmal, um weiterhin die Wetterschutzfunktion gegenüber der neuen, dickeren Fassade zu übernehmen. Lüftungsleitungen in Fassaden sind nicht aktiviert bis Erstellung neues Dach (wenn Zentrale im Dach) Alle Lüftungsleitung müssen in der Fassade fertig erstellt sein.
neu	Dach schon erneuert	neu oder später erneuert	Wenn das Dach gut erneuert ist (gute U-Werte) Problem Leitungsführung Sammlung zur Zentrale, wenn diese im Dach. Lüftung UK Dachschalung planen, wenn Zentrale im Dach. Oder Zentrale in anderes Geschoss verlegen (z.B. Keller).  Vordächer verlängern, weil in der Regel zu schmal, siehe Beschrieb obere Zeile
Fenster schon ersetzt, noch keine zusätzliche Fassadenwärmedämmung	neu	neu oder später erneuert	Vielmals sind dann die Fenster immer noch innen angeschlagen. Werde diese belassen, sind das keine guten Voraussetzungen für das F4.1 Modul.
Fenster schon ersetzt und Fassade gedämmt	neu	neu oder später erneuert	Problem Lüftungsleitungen in Fassaden, Lüftungsleitung in innen liegenden Schächten führen, Sammelleitung im neuen Dach planen (wenn Zentrale im Dach).
weitere Szenarien und Auswirkungen sind denkbar			

**Tabelle 14: Szenarien und Auswirkungen bei Etappierung**

## 5.3 Beizug anderer Fachleute

Ein frühes Zusammenkommen beteiligter Fachleute ist hier für die effiziente Durchführung in Planung und Ausführung *unumgebar*, weil die Details in den weitgehend vofabrizierten Modulen zu Beginn geklärt sein müssen (Planungsansatz: vom Detail zum Ganzen). Ungeklärte Details können zu falsch vofabrizierten Elementen führen.

Dies betrifft neben dem Architekten: Bauingenieur, HLK-Ingenieur, Bauphysiker und Unternehmer. Der Beizug des ausführenden Unternehmers in einer frühen Phase ist empfehlenswert, weil dieser wichtige Hinweise liefern kann, welche Punkte aus seiner Sicht relevant sind (Mithilfe Werkplanung, Unterstützung Devisierung, Bauablauf). Bestenfalls kann er sogar verhindern, dass unnötig an nicht relevanten Details Zeit verloren geht, da nicht sämtliche Detailbearbeitungen in allen ausführenden Unternehmen identisch sind. Die Belange des Brandschutzes sollten vorerst mit in diesem Bericht vorhandenen Erläuterungen ausreichen. Eine Kontrolle durch die Brandschutzbehörde vor der definitiven Werkplanung ist dann vorzusehen. Der Sanitärplaner ist in dieser Phase betreffend Gebäudehülle nur dann erforderlich, falls wasserführende Leitungen in den vofabrizierten Modulen unerlässlich sind. Ähnliches gilt für den Elektroplaner.

### 5.3.1 Gemeinsames Wissen und Festlegungen

Die Kenntnis von allen Beteiligten des Systems "Ort der Verdichtung von Details" gemäss Kapitel 2 ist Voraussetzung für den gemeinsamen Wissensüberbau zur Erstellung dieser vofabrizierten Module. Die Kommunikation dieses Dokumentes als Einstieg zur ersten Koordinationssitzung kann viel zur Vorbereitung und Wissensvermittlung beitragen und auch später bei der Entwicklung der relevanten Details für die gewählten Module aus Schritt 3 beim Kapitel 5.2 Vorprojekt: "*Wahl der F-Module, R-Module, N-Module, Arbeiten die nicht mit Modulen abdeckbar sind. Nutzung von regenerativen Energiequellen*".

#### *Festlegung Referenzmasse*

Einige Referenzmasse wiederholen sich und müssen festgelegt werden. Die Bestimmung der Durchmesser der Lüftungsleitungen ergeben eindeutige Aussenmasse für die Halbschalen. Die Reaktionen auf den Brandschutz mit 15 mm Fermacellplatten ergeben eindeutige Masse für die Erfüllung von EI30 nbb und EI60 nbb. Damit sind die Querschnitte von Durchdringungen in Fassade, Dach und bestehenden Mauern masslich vorgegeben. Ein einfaches Arbeitsmodell (siehe Abbildung 27) kann Klarheit für die gemeinsame Planung und Werkplanung liefern.

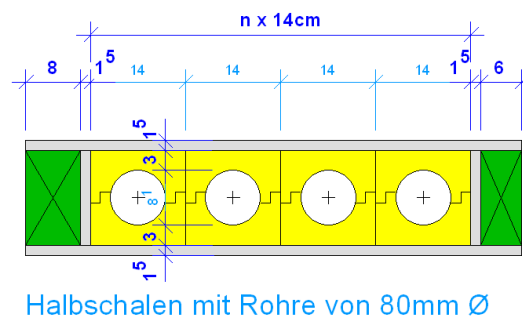


Abbildung 74: Eindeutige Abmessungen System Lüftungsbereich mit EI30 nbb, in diesen Fall mit 80 mm Rohren

### Referenzmass für F4.1 Module

Die Festlegung der Referenzmasse ist äusserst wichtig für die Planung und Ausführung von vorfabrizierten Elementen. Die Planung und Montage der F4.1 Basismodule gehen von der Leibungsecke AK bestehende Aussenwand aus (siehe schwarzer Pfeil in Abbildung 75). Toleranzen entlang dieser vertikalen Leibungskante sind zu berücksichtigen und zwar vor allem auch diejenigen von darüber oder darunter liegenden Geschossen. Da die Lüftungsleitungen in allen Geschossen in der Flucht sein müssen, stehen auch andere Bauteile des F4.1 Basismoduls (z.B. Bauteil Nr. 5, die beiden aussenseitigen Kanthölzer vertikal Schicht 1, siehe Abbildung 76) genau übereinander. Starke, geschossweise Versetzungen der Leibungskanten können so bei nicht beachten zu unöffnbaren Fenstern führen. Des weitern sind die Aufmasstoleranzen einzubeziehen.

Das bestehende Mauerlicht wird durch die Fermacellplatten um mindestens 2 x 10 mm verringert. Der kleine Abstand zwischen der Fermacellplatte und IK rechtwinklig geöffnetem Fensterflügel (in untenstehender Abbildung mit A bezeichnet) ist ein relevantes Mass für das Aufzeichnen der Bauteile des F4.1 Basismoduls im Grundriss. Es können noch Sicherheitstoleranzen eingebracht werden, jedoch zu hohe Sicherheitstoleranzen bewirken unnötige Verkleinerungen des Lichtmasses. Das Fenster (mit korrekt gezeichneten Drehangelpunkt) wird dann noch so in der Tiefe platziert, dass IK Fensterflügel geschlossen noch innerhalb des F4.1 Basismoduls zu liegen kommt (auch wegen Vermeidung von Transportschäden). Im Schnitt kann UK Sturz als ähnliche Kante genommen werden. Bei der Brüstung hängt das Referenzmass von der entfernten Fensterbank und den Anpassungen ab. Diese Kote muss in der Regel neu bestimmt werden.

Mit dieser Festlegung der Masse sind auch die Achsen für die Lüftungsein- /auslässe definiert (mit B als Beispiel bezeichnet). Bohrungen von innen her können so bei den inneren Abschlussarbeiten genau angesetzt werden. Der für das provisorische Aufsetzen des F4.1 Basismoduls notwendige Montagebalken (Bauteil Nr. 8, siehe Explosionszeichnung) lässt sich ebenso masslich festlegen.

Die Planität der bestehenden Fassade bestimmt die Dicke der duktilen Dämmung (Bauteil Nr. 4, siehe Abbildung 9) und den Abstand zwischen bestehendem Mauerwerk (AK Putz) und der ersten Fermacellplatte (mit C bezeichnet). Über die ganze Fassade können dies +/- mehrere Zentimeter sein. Nur im Bereich des F4.1 Basismoduls sollten 3 cm duktile Dämmung ausreichen.

In diesem Sinne entstehen "Massketten", die auf die Masse von Bauteilen des F4.1 Basismoduls und dem zu bestellenden Fenster, als auch auf die Masse für die opaken Fassadenmodule F1, F2, F3 einwirken.

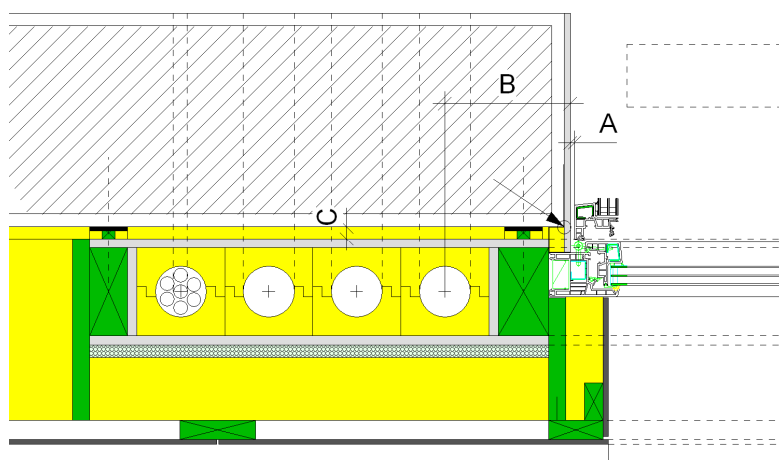


Abbildung 75: Referenzmass an der aussenseitigen Ecke der Fensterleibung des bestehenden Gebäudes

Bei zu starken Verkleinerungen der lichten Masse durch den kleinsten Nenner sind Reaktionen möglich. Wird gestalterisch akzeptiert, dass die neuen Öffnungen nicht wie die alten in einer Flucht sind, kann man mit der Verschiebung nicht fluchtende Öffnungen bedienen. Damit wird nur darauf hingewiesen, wie das System auf massliche Gegebenheiten angepasst werden könnte. Dies gilt natürlich nur, wenn bestehende Leibung nicht vergrößert werden sollen.

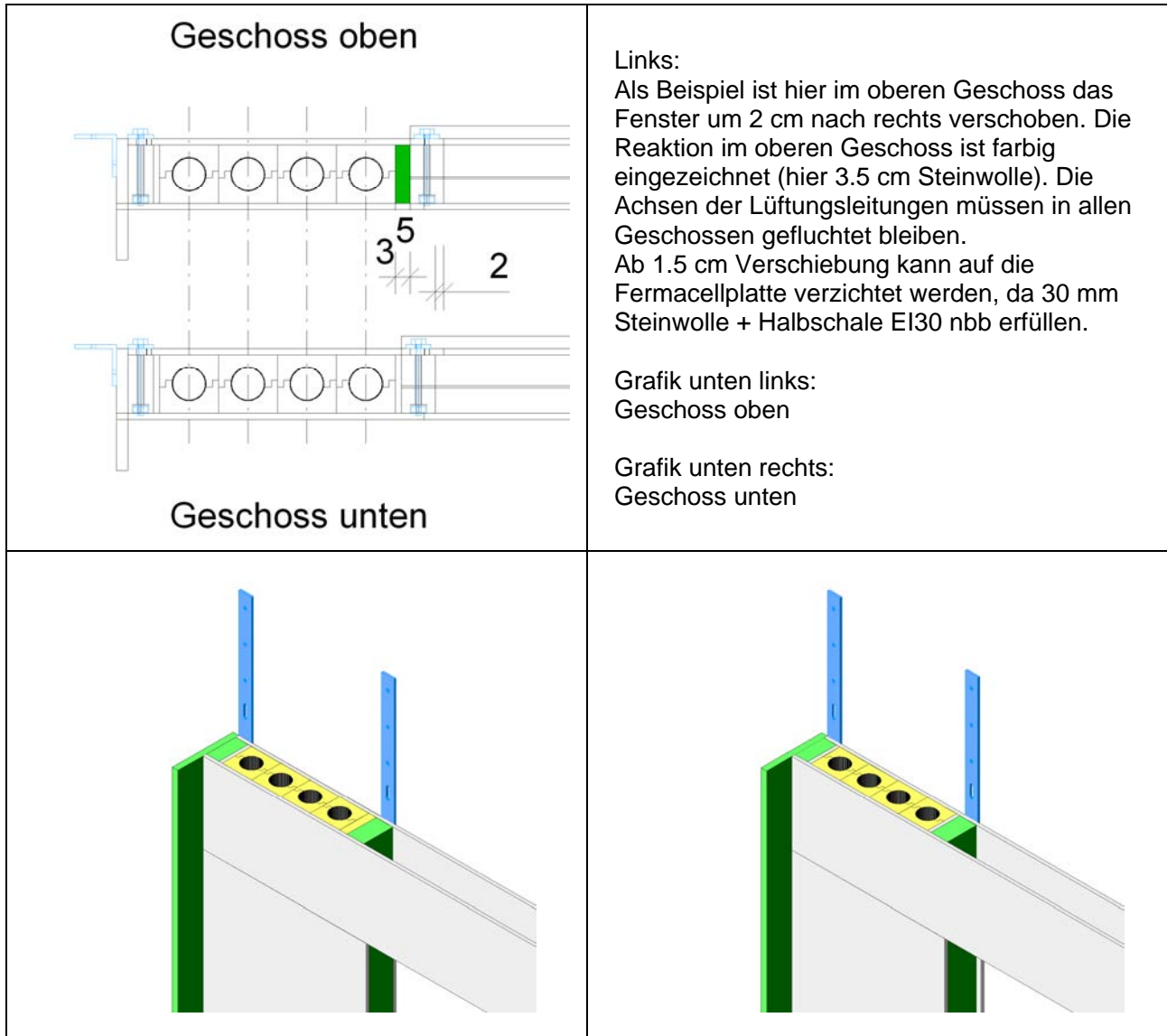


Abbildung 76: Versetzung Fenster innerhalb F4.1 Basismodul

### 5.3.2 Ein Beispiel zum Ablauf einer Besprechung über Module

Folgendes Abhandlungsmuster im Gespräch zwischen Architekt und dem ausführenden Unternehmen der Fassaden- und Dachmodule, kann die Planung der Module unterstützen (hier am Beispiel Aufstockung):

## Planen der R8, R9 Module

### 1) Lüftungskonzept

Lüftungsleitungen massstäblich aufzeichnen (nicht nur als Linien), mit Massen nach F4.1 System, gem. Leitungen und Detailsystem Modul 8, resp. kritischem Weg.

Wenn eine Zentrale im Dach geplant ist, gilt es z.B. die Breiten vor der Zentrale zu berücksichtigen. Bei z.B. 20 Rohren entsteht eine Breite von  $n \times 14 \text{ cm} = 20 \times 14 \text{ cm} = 280 \text{ cm}$ . Die 15 mm Fermcellplatten sind nur dann erforderlich, wenn ein EI30 Brandschutz notwendig zu umgebenden Materialien erforderlich ist.

### 2) Statik abklären

Wo können Dachelemente aufgelagert werden, was sind Auflagerbreiten, Spannweiten, Wandstellungen zur Aussteifung Torsion, Erdbebenverhalten (viele Stellen rückbinden oder System "erdbebensicheres Geschoss (Aufstockung) auf erdbebensicherem Haus (bestehendes Haus)", inkl. Grobplanung der Leitungsführung.

### 3) Elementierung

der R8 Module, aufgrund Statik, Durchdringungen durch Lüftungsleitungen/Halbschalen/Fermacellplatten, Schnittstellen F-R und R-R Module, mögliche Masse für Strassentransport der Module, Handhabung auf Bauplatz.

### 4) Feinplanung

Lüftungsleitungen inkl. Reinigungsstutzen und Schalldämmung, Anpassungen aufgrund der Elementierung der Elemente. Produktebestimmungen aufgrund der Angaben der Produkte der Industriepartner (siehe Tabellen zu entsprechenden Bereichen).

## 5.3.3 minimale Abklärungen aus Sicht der Planer

Für die Planer, aber auch für den Architekten als Koordinator, sind im kommenden Überblick die minimalen, denkbaren Fragestellungen pro Planer beschrieben:

### Lüftungsplaner

- Einzelbe-/Entlüftung pro Zimmer oder Kaskadenlüftung
- Platzierung der Zentrale
- Wegführung und Längen in Fassade und Dach
- Umluft in Küche dafür nicht EI60 nbb, (energetisch auch sinnvoll), Diskussion Filterwechsel
- Bestimmung Durchmesser Lüftungsleitungen  
Durchmesser mit 80 mm, je nach Ansprüchen kann der Lüftungsplaner auch grössere, z.B. mit  $D = 100 \text{ mm}$  wählen. Dies hat Auswirkungen auf die Referenzmasse
- Lufteinlässe und Auslässe an speziellen Orten, z.B. im Brüstungsbereich
- andere Medien vorhanden neben Lüftung, z.B. Strom, Sensoren, Wasser, Steuerung neuer Storen usw.
- Platzierungen Reinigungsstutzen
- Feuchtigkeiten in Rohren bei horizontaler und vertikaler Führungen
- und weitere wie im Zusammenhang mit Druckverlusten, Abwinkelungen, Schallschutz Zentrale, Telefonie usw.

### Unternehmer Ausführung Fassaden- Dachmodule

- Planung der Details gem. kritischem Weg der Lüftungsleitungen und deren Durchdringungen
- Elementierung Fassaden, Elementierung Dächer
- Schnittstellen, Fassade-Fassade, Fassade-Dach, Dach-Dach

- Logistik, Bauplatz
- Verantwortlichkeiten Lüftungsleitungsichtigkeit in den Modulen
- Prozess bis gesicherter Einbau VIP in abgeschlossenes Modul (Abnahme vor Schliessung), schadensfreie Lieferung, Einbau und Auslieferung garantiert.

#### *Bauphysiker*

- fachmännische Handhabung und Berechnungen von Wärmeverlusten
- Systembeobachtung zum Erreichen vorgegebener Standards
- Kostenoptimierungen
- Schallschutz
- Umgang mit Heizsystemen (Entfernung, Ersatz, Platzierung regenerativer Energiegewinnung)
- Feuchteschutz

#### *Statiker*

- Belastung bestehender Foundationen und Konsequenzen
- Belastung bestehendes Mauerwerk
- ev. Zugversuche für Dübel am bestehenden Mauerwerk (verbindliche Aussagen)
- Detailangaben für z.B. Montagebalken (Bauteil Nr. 8, siehe Explosionszeichnung)
- Erdbebensicherheit und Ausarbeitung kostengünstiger Lösung

#### *andere Ingenieure oder Fachleute*

- Elektro, Leitungen, Photovoltaik, Blitzableiter
- Fallrohre Dächer
- Storenansteuerung
- usw.

## 6 Erste Resultate aus der Praxis

### 6.1 Arbeitsmodelle

Das erste Modell des Basismoduls F4.1 wurde als Arbeitsmodell ausgeführt. Dabei wurde eine Wirkungsbeobachtung durchgeführt, ob die Abläufe in der Werkstatt praktikabel sind. Mit Bauteil Nr. 5 (siehe Abbildung 9) begann der Zusammenbau im Werk. Zusätzlich wurde die Montage der Lüftungsleitungen mit den Halbschalen getestet. Das Zusammenstecken der Lüftungsleitungen konnte auf Praktikabilität getestet werden.



**Abbildung 77:** Unterer Teil eines ersten Arbeitsmodells zur Beobachtung der Arbeitabläufe im Werk, erstellt durch Firma Bächli Holzbau AG

Ein zweites Modell konnte an der SWISSBAU 2010 im Woodstockgebäude präsentiert werden. Mit diesem und einer 28-seitigen Vorpublikation wurde einem sehr verschieden zusammengesetzten Publikum das Konzept des F4.1 Basismoduls näher gebracht. Das Modell stellte diejenige Bauphase dar, wo das obere F4.1 Modul (nur ein Teil im Modell gebaut) auf das untere zu liegen kommt und vorher noch die Lüftungsleitungen zusammengesteckt werden.



Teilstück eines oberen und unteren F4.1 Basismoduls, Situation am Bau vor dem Aufsetzen des oberen Moduls



Schnitt Ansicht im Storenbereich, hinterlüftete Fassade

Abbildung 78: F4.1 Modell an der SWISSBAU 2010

## 6.2 Pilot- und Demonstrationsobjekte

### 6.2.1 Umbau Mehrfamilienhaus Höngg

Ein Demonstrationsprojekt, geplant durch das Architekturbüro von Beat Kämpfen, wurde teilweise mit oben erwähnten Details realisiert. Gemäss Kämpfen konnte Dank der energetischen Renovation hier ein Mehrwert mit Attikawohnung, Anbauten und Balkonen geschaffen werden. Trotz alter Bausubstanz ist das Gebäude neuwertig und hat einen neuen architektonischen Ausdruck. Die Vorfabrikation führte zu hoher Bauqualität und zu einer kurzen Bauzeit. Durch die in den Fassaden platzierten Lüftungen entstanden keine Platzverluste in den Wohnungen.



Abbildung 79: Wohnbauerneuerung eines MFH vorher und nachher. Architekt und Foto: Kämpfen für Architektur, Zürich

### 6.2.2 Wohnbauerneuerung Siedlung Glatt 1

Ein sich in der Planung befindendes Demonstrationsprojekt ist die Siedlung Glatt 1, der Stadt Zürich. Die Siedlung befindet sich am äusseren Rand von Zürich-Schwamendingen und ist gut am öffentlichen Verkehr angeschlossen. Auf der anderen Seite sind Südanflüge, Kehrriechverbrennungsanlage und die Autobahn belastend. Das Baujahr war 1969/70. Für die Erneuerung der Siedlung ist das Architektur Büro BAUART zuständig.

Das Grundstück der Siedlung Glatt 1 erfüllt aufgrund seiner Grundstücksfläche die Kriterien für eine mögliche Arealüberbauung. Es liegt in einer Wohnzone W2 und das Grundstück darf hier mit bis zu 3 Vollgeschossen ausgenutzt werden. Die bestehende Siedlung mit zwei Vollgeschossen bietet also auch die Möglichkeit der Verdichtung im Sinne der Nachhaltigkeit betreffend haushälterischen Umgang mit Siedlungsland. Die Siedlung kann um 22 Wohnungen erweitert werden (vorher 44, nachher 66), ohne neues Bauland zu beanspruchen. Als Folge der Aufstockung ist die Erdbebensicherheit für die gesamte Siedlung nach heutigem Standard zu erfüllen.

Auch wegen der besseren Gebäudehüllzahl durch das neue, kompaktere Volumen der neuen Gebäude, könnten alle 66 Wohnungen den MINERGIE-P Standard erreichen. Die Wohnqualität der bestehenden Wohnungen wird auch durch Schallschutzmassnahmen gegenüber dem Trittschall verbessert. Das Wohnungslayout der neuen Wohnungen wird den heutigen Anforderungen modernen Wohnens gerecht.



Abbildung 80: Bestehende Siedlung Glatt 1. (Fotos, Grafik, BAUART)

Der Fassadenaufbau ist aus heutiger energetischer und bauphysikalischer Sicht ungenügend. Massvolle Erneuerung der Gebäudesubstanz (Hülle und Wohnungsinnere) sind notwendig. Die 5 zweistöckigen Gebäude sollen gemäss Zwischplanungsstand mit einer Konstruktion in Leichtbauweise aufgestockt, die Fassaden mit dem Basismodul F4.1, resp. F1 / F2 / F3 und das Flachdach mit den Dachmodulen R8 versehen werden. Die Integration solarer Energienutzung ist als Photovoltaik Anlage auf dem Dach geplant. Zudem sind auch Erneuerungen im Innenbereich als auch ausserhalb des Gebäudes vorgesehen (Ersatz Küchen und Bäder, feuerpolizeiliche Massnahmen, Erneuern der inneren Oberflächen, Tiefgarage, Erdbebensicherung usw.)

### *Vorhaben Gebäudehülle*

- die Gebäudehüllen sollen energetisch verbessert werden, mit weitgehend vorgefertigten Fassaden- und Dachelementen mit integrierter Komfortlüftung (im Sinne des F4.1, F2, R8, R9 Moduls).
- Die bestehende Fassadenverkleidung aus Eternitplatten wird entfernt. Eine hinterlüftete Holzverkleidung stellt gesamthaft die äussere Haut neu dar.
- Ersatz der Fenster und des Sonnenschutzes (integriert neu im Basismodul F4.1).
- neue Terrassen und Balkone werden vor die Gebäude gestellt, als statisch eigenständige Konstruktionen (Vermeidung Wärmebrücken, Raumerweiterung). Bestehende Loggien werden in den neuen Wärmedämmperimeter eingeschlossen und zu den Wohnzimmern genommen.

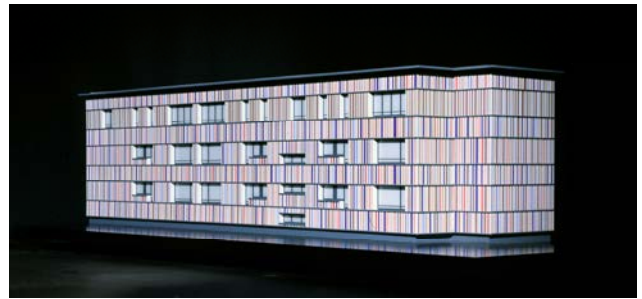
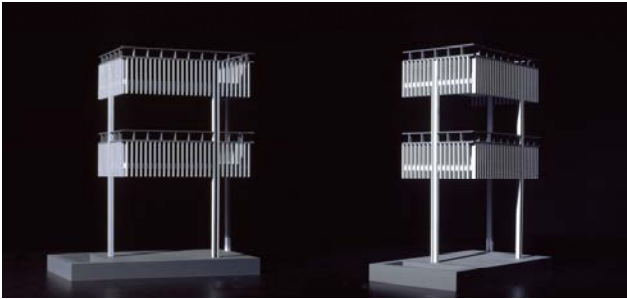


Abbildung 81: geplante Wohnbaurerneuerung der Siedlung Glatt 1 neu. (Fotos, Modelle, Grafiken: BAUART)

## 7 Ansprechpartner

Für die Produkte im Zusammenhang mit dem Fassaden- und Dachmodulen können folgende Anlaufstellen Auskünfte erteilen:

### Industriepartner im Forschungsprojekt

Produkte	Firma	Hauptadresse	Kontaktperson
Holzbau, Herstellung der Fassaden- und Dachelemente (F und R Module)	 Bächli Holzbau	<b>Bächli Holzbau AG</b> Rietweg 7 CH-8424 Embrach  Tel 044 270 80 80 Fax 044 270 80 81  <a href="http://www.baechli.ch">www.baechli.ch</a> <a href="mailto:info@baechli.ch">info@baechli.ch</a>	Fred Bächli
Fenster Balkontüren		<b>4B Gruppe</b> an der Ron 7 6281 Hochdorf  Tel. 041 914 50 50 Fax 041 914 55 55  <a href="http://www.4b-gruppe.ch">www.4b-gruppe.ch</a> <a href="mailto:info@4b-gruppe.ch">info@4b-gruppe.ch</a>	Otto Bachmann
Fenster Balkontüren		<b>EgoKiefer AG</b> Schöntalstrasse 2 CH-9450 Altstätten SG  Tel. 071 757 33 33 Fax 071 757 35 50  <a href="http://www.egokiefer.ch">www.egokiefer.ch</a> <a href="mailto:zentrale@egokiefer.ch">zentrale@egokiefer.ch</a>	Martin Kappel

<p>Sonnenkollektoren, Systemzubehör Photovoltaik Indach-System Solrif™</p>		<p><b>Ernst Schweizer Metallbau</b> Bahnhofplatz 11 8908 Hedingen</p> <p>Telefon 044 763 61 11 Telefax 044 763 61 19</p> <p><a href="http://www.schweizer-metallbau.ch">www.schweizer-metallbau.ch</a> <a href="mailto:info@schweizer-metallbau.ch">info@schweizer-metallbau.ch</a></p>	<p>Cristiano Covelli Verkaufsleiter Sonnenenergie- Systeme 044 763 63 81 <a href="mailto:cristiano.covelli@schweizer-metallbau.ch">cristiano.covelli@schweizer-metallbau.ch</a></p>
<p>Fenster</p>		<p><b>swisswindows AG</b> Haltelhusstrasse, Mörschwil 9016 St. Gallen</p> <p>Tel. 071 868 68 68 Fax 071 868 68 70</p> <p><a href="http://www.swisswindows.ch">www.swisswindows.ch</a> <a href="mailto:info@swisswindows.ch">info@swisswindows.ch</a></p>	<p>Adrian Schlumpf</p>
<p>Wärmedämmung</p>		<p><b>Flumroc AG</b> Postfach 8890 Flums</p> <p>Tel. 081 734 11 11 Fax 081 734 12 13</p> <p><a href="http://www.flumroc.ch">www.flumroc.ch</a> <a href="mailto:info@flumroc.ch">info@flumroc.ch</a></p>	<p>Abteilung Anwendungstechnik</p>
<p>Wärmedämmung</p>		<p><b>isofloc AG</b> Soorpark 9606 Bütschwil</p> <p>Telefon: 071 313 91 00 Telefax: 071 313 91 09</p> <p><a href="http://www.isofloc.ch">www.isofloc.ch</a> <a href="mailto:info@isofloc.ch">info@isofloc.ch</a></p>	<p>Willi Senn</p>

<p>Wärmedämmung</p>		<p><b>Saint-Gobain Isover SA</b> Route de Payerne 1 1522 Lucens</p> <p>Tel. 0848 890 601 Fax 0848 890 605</p> <p><a href="http://www.isover.ch">www.isover.ch</a> <a href="mailto:support.isoverch@saint-gobain.com">support.isoverch@saint-gobain.com</a></p>	<p>Technischer Dienst</p>
<p>Wärmedämmung</p>		<p><b>swisspor AG</b> Bahnhofstrasse 50 CH-6312 Steinhausen</p> <p><a href="http://www.swisspor.ch">www.swisspor.ch</a> <a href="mailto:info@swisspor.com">info@swisspor.com</a></p> <p>Tel. 056 678 98 00 Fax 056 678 98 01</p>	<p>Technischer Support</p>
<p>Hochleistungs- wärmedämmung und Befestigungs- technik</p>		<p><b>Neofas AG</b> Falkenstrasse 7 8317 Tagelswangen</p> <p>Tel 052 354 51 00 Nat 079 420 55 70 Fax 052 354 51 01</p> <p><a href="http://www.neofas.ch">www.neofas.ch</a> <a href="mailto:info@neofas.ch">info@neofas.ch</a></p>	<p>J.-Ph. Ramseyer</p>
<p>Vacucomp Hochleistungs- wärmedämmung</p>		<p><b>ZZ Wancor AG</b> Althardstrasse 5 8105 Regensdorf</p> <p>Tel 044 871 32 59 Fax 044 871 32 90</p> <p><a href="http://www.zzwancor.ch">www.zzwancor.ch</a> <a href="mailto:pierre.jelovcan@zzwancor.ch">pierre.jelovcan@zzwancor.ch</a></p>	<p>Pierre Jelovcan</p>

Fassaden und Dachhaut, Fotovoltaik-module		<b>Eternit</b> 8867 Niederurnen  Tel 055 617 13 16  <a href="http://www.eternit.ch">www.eternit.ch</a> <a href="mailto:christoph.helbling@eternit.ch">christoph.helbling@eternit.ch</a>	Christoph Helbling
---	---	---	--------------------

Tabelle 15: Industrieansprechpartner

### Komplementärprodukt

Produkte	Firma	Hauptadresse	Kontaktperson
Lüftungsleitungen		<b>Lindab AG</b> Hofstrasse 94 8620 Wetzikon  Tel 058 800 35 00 Fax 058 800 35 35  <a href="http://www.lindab.ch">www.lindab.ch</a> <a href="mailto:markus.hurschler@lindab.ch">markus.hurschler@lindab.ch</a>	Markus Hurschler

## Forschungsinstitute

Funktion		Hauptadresse	Kontaktperson
<p>Hauptprojektleiter CCEM- Nachhaltige Wohnbau- erneuerung</p>		<p><b>EMPPA Dübendorf</b> Überlandstrasse 129 8600 Dübendorf</p> <p>Telefon 044 823 55 11 Telefax 044 821 62 44</p> <p><a href="http://www.empa.ch">www.empa.ch</a> <a href="mailto:Mark.Zimmermann@empa.ch">Mark.Zimmermann@empa.ch</a></p>	<p>Mark Zimmermann</p>
<p>Projektleitung Fassaden- und Dachmodule (A3, A4)</p>		<p><b>FHNW</b> <i>Institut Energie am Bau</i> St. Jakobsstrasse 84 4132 Muttenz</p> <p>Telefon 061 467 45 87 Telefax 061 467 45 43</p> <p><a href="http://www.fhnw.ch/habg/iebau">www.fhnw.ch/habg/iebau</a> <a href="mailto:rene.kobler@fhnw.ch">rene.kobler@fhnw.ch</a></p>	<p>René L. Kobler</p>
<p>Projektleitung 3D- Geomatik (A1)</p>		<p><b>FHNW</b> <i>Institut Vermessung und Geoinformation</i> Gründenstrasse 40 4132 Muttenz</p> <p>Telefon 061 467 42 42 Telefax 061 467 44 60</p> <p><a href="http://www.fhnw.ch/habg/ivgi">www.fhnw.ch/habg/ivgi</a> <a href="mailto:reinhard.gottwald@fhnw.ch">reinhard.gottwald@fhnw.ch</a></p>	<p>Reinhard Gottwald</p>

Projektleitung Typologie (B1, B2)	<p style="text-align: center;"> <small>Lucerne University of Applied Sciences and Arts</small>  <b>HOCHSCHULE LUZERN</b> </p>	<p> <b>HSLU</b>  <i>Kompetenzzentrum Typologie und Planung in Architektur</i>            Technikumstrasse 21            6048 Horw             Telefon 041 349 33 48   <a href="mailto:peter.schwehr@hslu.ch">peter.schwehr@hslu.ch</a> </p>	Peter Schwehr
Projektleitung Gebäudetechnik (A5)	<p style="text-align: center;"> <small>Lucerne University of Applied Sciences and Arts</small>  <b>HOCHSCHULE LUZERN</b> </p>	<p> <b>HSLU</b>  <i>Gebäudetechnik</i>            Technikumstrasse 21            6048 Horw             Telefon 041 349 33 49  <a href="mailto:gerhard.zweifel@hslu.ch">gerhard.zweifel@hslu.ch</a> </p>	Gerhard Zweifel

## Architekturbüros

Funktion		Hauptadresse	Kontaktperson
Architekturbüro für Projektierung und Ausführung von Neubauten und Bauerneuerungen		<p> <b>Bauart</b>            Architekten und Planer AG            Hardturmstrasse 173            8005 Zürich             Telefon 043 366 65 65            Telefax 043 366 65 54   <a href="http://www.bauart.ch">www.bauart.ch</a>  <a href="mailto:zuerich@bauart.ch">zuerich@bauart.ch</a> </p>	Peter C. Jakob

<p>Architekturbüro für Projektierung und Ausführung von Neubauten und Bauerneuerungen</p>	<p><b>Kämpfen für Architektur</b></p>	<p><b>Kämpfen für Architektur</b> Badenerstrasse 571 8048 Zürich</p> <p>Telefon 044 344 46 20 Telefax 044 344 46 30</p> <p><a href="http://www.kaempfen.com">www.kaempfen.com</a> <a href="mailto:info@kaempfen.com">info@kaempfen.com</a></p>	<p>Beat Kämpfen</p>
---	---------------------------------------	--	---------------------

Tabelle 16: Ansprechpartner Architekturbüros

## 8 Abbildungsverzeichnis und Tabellenverzeichnis

### Abbildungen

Abbildung 1: Übersicht über das Gesamtforschungsprojekt, Platzierung des A3 und A4 Forschungsmoduls (Grafik: EMPA).....	6
Abbildung 2: Ansatz des Forschungsprojektes, weitgehendste Vorfabrikation von Fassaden- und Dachmodulen (Bild EMPA).....	7
Abbildung 3: Im KTI Projekt beteiligte Industriepartner.....	8
Abbildung 4: geballtes Wissen der Industriepartner. Bearbeitung von Details nach dem Bottom-Up Prinzip, Details werden vorwiegend in der Planung und nicht am Bau gelöst.....	9
Abbildung 5: Mögliche Einteilung einer Fassade mit Grosselementen, die kleiner als 10m X 3.5m sind. ....	11
Abbildung 6: Beispiel Vermaassungs-Ausgangslage eines einzelnen Grosselementes.....	12
Abbildung 7: Erläuterung "Ort der Verdichtung von Details" .....	14
Abbildung 8: Ablauf Fassadenerstellung .....	16
Abbildung 9: Explosionszeichnung der Einzelbauteile mit Bauteilnummern des Basismoduls F4.1 .....	17
Abbildung 10: duktile Dämmung zwischen Fermacellplatte und bestehender Wand.....	19
Abbildung 11: hintere Fermacellplatte, Flachmetall, vertikale Kanthölzer, Seitenbrett, innenseitige Fermacellplatten.....	21
Abbildung 12: Flachmetall am vertikalen Kantholz, mit versenktem Kopf.....	22
Abbildung 13: minimale Platzierungen Winkeleisen.....	22
Abbildung 14: spezialisierte Befestigungstechnik der Firma Neofas.....	23
Abbildung 15: Verhalten der Verdübelung im Mauerwerk .....	23
Abbildung 16: Montagebalken für das F4.1 Modul .....	24
Abbildung 17: Halbschalen für Lüftungsleitungen der Firma Flumroc .....	25
Abbildung 18: Einblick in das Innenleben, Lüftungsrohre mit Flumroc Halbschalen in einen Arbeitsmodell, erstellt durch Bächli Holzbau AG, Embrach .....	25
Abbildung 19: Ablauf verbinden Lüftungsleitungen zwischen zwei übereinanderliegenden F4.1 Modulen .....	25
Abbildung 20: Modell an der SWISSBAU 2010, Die Fassade wurde hier als hinterlüftete Holzfassade ausgeführt (erstellt durch Firma Bächli Holzbau) . ....	26
Abbildung 21: F4.1 Modul, mit eingesteckten Lüftungsleitungen.....	26
Abbildung 22: Isometrien Holzteile F4.1 Basismodul, links vorne, rechts hinten.....	29
Abbildung 23: Horizontalschnitt eines fertig montierten F4.1 Moduls.....	30
Abbildung 24: Vertikalschnitt des F4.1 Moduls .....	31
Abbildung 25: Grafische Darstellung der Temperaturverläufe .....	38
Abbildung 26: Veränderung der Wärmeverluste im Zusammenhang mit der Lage des Fensters.....	38
Abbildung 27: Lüftungsplanung sichtbar gemacht am Pilot- und Demonstrationsobjekt Glatt 1 der Stadt Zürich, durch das Architekturbüro BAUART in Zürich. (Foto: BAUART Zürich).....	39
Abbildung 28: EI30 nbb, Lüftungsleitung zu Lüftungsleitung verschiedener Wohnungen .....	40
Abbildung 29: EI30 nbb zu anderen Bauteilen.....	41
Abbildung 30: EI60 nbb, Lüftungsleitung zu Lüftungsleitung.....	41
Abbildung 31: EI60 nbb zu anderen Bauteilen.....	42
Abbildung 32: Handhabung des Brandschutzes EI30 nbb, beim F4.1 Basismodul.....	42
Abbildung 33: richtige Verlegung der Halbschalen.....	43
Abbildung 34: Temperaturverteilung im Modul (allein), ohne Einwirkung bestehendes Gebäude.....	44
Abbildung 35: Temperaturverteilung um Lüftungsleitungen .....	45
Abbildung 36: Dichtheitsprüfgerät LT 510 .....	47
Abbildung 37: Schallsituation zwischen parallel geführten Lüftungsleitungen.....	48
Abbildung 38: mögliche Schallübertragung von Wohnung zu Wohnung.....	48
Abbildung 39: Annahmen für Berechnungen.....	49

Abbildung 40: Temperaturverteilung im Basismodul F4.1.....	50
Abbildung 41: Anpassung Funktion F4.1 Basismodul .....	51
Abbildung 42: Variante F4.1 Module übereinander .....	51
Abbildung 43: F4.1 Modul als Grosselement.....	52
Abbildung 44: F4.1 als tragendes System .....	52
Abbildung 45: Anbringen des F4.1 Moduls.....	56
Abbildung 46: Ablauf Erstellung Luftdichtigkeit F4.1 .....	57
Abbildung 47: Das Modul F1, zwischen den vorfabrizierten Modulen F4.1, hier mit zu verputzender Holzfaserverplatte als Beispiel.....	59
Abbildung 48: Das Modul F2, zwischen den vorfabrizierten Modulen F4.1, hier die hintelüftete Fassade z.B. mit Rogger Fastener System montiert. Als Verkleidung sind hier Fassaden-Faserzementplatten der Firma Eternit genommen worden.....	61
Abbildung 49: Das F3 Modul, zwischen den vorfabrizierten Modulen F4.1, hier als hinterlüftete Version.....	64
Abbildung 50: Optionen mit Schüttdämmung (Grafiken isofloc).....	65
Abbildung 51: Übernahme der relevanten Detailkonzepte vom F4.1 Basismodul in die Dachmodule.....	67
Abbildung 52: Richtungswechsel und Schichtenprinzip von Lüftungsleitungen Wand-Dach.....	67
Abbildung 53: Festelegung der Schichten im Dach am Beispiel Flachdach, (R8 Modul).....	68
Abbildung 54: "Ansicht" Verlauf der Lüftungsrohre von der Fassade in ein Flachdach bei UK statische Schicht.....	69
Abbildung 55: Ablauf Zusammensetzen bei Schnittstelle Dachelement- Dachelement Flachdach .....	71
Abbildung 56: Ablauf Dachaufstockung mit Mauerwerk .....	73
Abbildung 57: Montage der vorfabrizierten Module F4.1 und R8, im Bereich der Verbindung von Lüftungsleitungen....	74
Abbildung 58: Montage der vorfabrizierten Module F4.1 und R8, im Bereich der Verbindung von Lüftungsleitungen..	74
Abbildung 59: weiter entwickeltes F4.1 Basismodul zu einen R9 Modul.....	75
Abbildung 60: Ablauf einer Aufstockung in Leichtbauweise auf einem bestehendem Betonflachdach.....	76
Abbildung 61: Schnitte Zusammenbau Fassade- und Flachdachelement bei Aufstockung in Leichtbauweise, Bereich Fenster und Bereich Lüftungsleitungen, Abfolge Montage: Ständerkonstruktion, R9, R8 .....	77
Abbildung 62: Schnitte R9 und R8 Modul und fertig gestelltem Wandgerippe.....	77
Abbildung 63: Schnitt eines bestehenden zwei-stöckigen Gebäudes, Fassaden mit Basismodul F4.1, Aufstockung mit leicht geänderten Basismodul F4.1 (R9) und vorfabriziertem Flachdach (R8) in Leichtbauweise .....	78
Abbildung 64: Statische Rahmenbedingungen, Krafteinleitung bei Mauerpfette .....	79
Abbildung 65: Varianten R1 Module.....	80
Abbildung 66: Führung von Lüftungsleitung parallel zum First.....	81
Abbildung 67: Ablauf bei Schnittstelle Dachelement- Dachelement Schrägdach .....	82
Abbildung 68: Zusammenbau Fassaden und Dachmodul, bei wiederverwendeter Pfetten-Sparrenkonstruktion.....	83
Abbildung 69: Schnitt durch Fensterebenen Schrägdachmodule .....	84
Abbildung 70: Schnitt Schrägdachmodule im Bereich Lüftungsleitungen.....	85
Abbildung 71: Führung der Lüftungsleitungen bei UK Kellerdecke.....	90
Abbildung 72: Lüftungsführung auf Betondecke .....	91
Abbildung 73: Integration Photovoltaik .....	94
Abbildung 74: Eindeutige Abmessungen System Lüftungsbereich mit EI30 nbb, in diesen Fall mit 80 mm Rohren .....	100
Abbildung 75: Referenzmass an der aussenseitigen Ecke der Fensterleibung des bestehenden Gebäudes .....	101
Abbildung 76: Versetzung Fenster innerhalb F4.1 Basismodul.....	102
Abbildung 77: Unterer Teil eines ersten Arbeitsmodells zur Beobachtung der Arbeitsabläufe im Werk, erstellt durch Firma Bächli Holzbau AG .....	105
Abbildung 78: F4.1 Modell an der SWISSBAU 2010.....	106
Abbildung 79: Wohnbauerneuerung eines MFH vorher und nacher. Architekt und Foto: Kämpfen für Architektur, Zürich.....	107
Abbildung 80: Bestehende Siedlung Glatt 1. (Fotos, Grafik, BAUART).....	108
Abbildung 81: geplante Wohnbauerneuerung der Siedlung Glatt 1 neu. (Fotos, Modelle, Grafiken: BAUART).....	109

## Tabellen

<i>Tabelle 1: Bauteilbeschriebe des F4.1 Basismoduls</i> .....	28
<i>Tabelle 2: Fensterprodukte</i> .....	33
<i>Tabelle 3: Balkontürenprodukte</i> .....	34
<i>Tabelle 4: Wärmedämmprodukte für F4.1 Basismodul</i> .....	36
<i>Tabelle 5: Produkte für Fassade F4.1</i> .....	37
<i>Tabelle 6: Produkte Wärmedämmung für das F1 Modul</i> .....	60
<i>Tabelle 7: Produkte Wärmedämmung für das F2 Modul</i> .....	62
<i>Tabelle 8: Produkte für das F2 Modul</i> .....	63
<i>Tabelle 9: Produkte Wärmedämmung für das F3 Modul</i> .....	65
<i>Tabelle 10: Produkte Wärmedämmung für Schrägdachmodule</i> .....	87
<i>Tabelle 11: Produkte für Dacheindeckung und solare Energienutzung</i> .....	89
<i>Tabelle 12: Wärmedämmung für bestehende Decken, N-Modul</i> .....	93
<i>Tabelle 13: Produkte zur Solarenergienutzung</i> .....	95
<i>Tabelle 14: Szenarien und Auswirkungen bei Etappierung</i> .....	99
<i>Tabelle 16: Industrieansprechpartner</i> .....	113
<i>Tabelle 17: Ansprechpartner Architekturbüros</i> .....	116

## 9 Literaturangaben

Angaben zu Arbeiten im gesamten Forschungs Projekt CCEM

- Fischer, Robert; Schwehr, Peter: Building Typology and Morphology. Of Swiss Multi-Family Homes 1919-1990, Hochschule Luzern - Technik und Architektur; 2010
- Gottwald, Reinhard, et al., CCEM-Retrofit: Teilprojekt A1 '3D-Messtechnik', Technischer Schlussbericht, Fachhochschule Nordwestschweiz, 2010
- Zimmermann, Mark; et al.: Retrovit Advisor: Ratgeber für Renovation und Ersatzbau von Mehrfamilienhäusern, 2010, EMPA, (Testversion: [www.empa-ren.ch/ccem-retrofit.htm](http://www.empa-ren.ch/ccem-retrofit.htm) )

Empfehlenswerte Bücher zu MINERGIE-P und Lüftung:

- Huber, Mosbacher; „Wohnungslüftung“; Faktor Verlag; 2006
- Ragonesi, Menti, Tschui, Humm; „Minergie-P“; Faktor Verlag; 2008

ergänzende Lektüre:

- Bundesamt für Energie, "Vakuum-Isolations-Paneele im Gebäudesektor", 2005
- Bundesamt für Energie, "Ökobilanz eines Vakuum-Isolations-Paneels im (VIP)", 2003
- Bundesamt für Energie, "Neubauen statt sanieren?", 2002