



GESAMTERNEUERUNG WOHN- UND SCHULHAUS KRUMMBACH

Schlussbericht 2012

Autor und Koautoren	Mark Zimmermann
beauftragte Institution	Alexander Ritz
Adresse	8807 Freienbach
Telefon, E-mail, Internetadresse	+41 55 420 22 50, ac.design@bluewin.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	SI/500648 / SI/500648-01
BFE-Projektleiter	Rolf Moser
Dauer des Projekts (von – bis)	1. September 2011 – 31. Dez. 2012
Datum	17.01.2013

ZUSAMMENFASSUNG

Die Gesamterneuerung des Wohn- und Schulhauses „Krummbach“ demonstriert die Anwendung der im Rahmen des CCEM-Retrofit Projekts entwickelten vorgefertigten Renovationselemente. Das Schulhaus Krummbach mit 3 Schulräumen und angegliederter Hauswartwohnung wurde von der Gemeinde Geuensee nicht mehr genutzt und deshalb einer neuen Nutzung als Weiterbildungsstätte überführt. Der neue Eigentümer hat das Gebäude gesamtheitlich erneuert, um es als Zentrum für Aus- und Weiterbildung zu nutzen. Die Renovation wurde im Sommer 2011 begonnen und Ende 2011 abgeschlossen.

Für die geplante kurze Renovationszeit eigneten sich speziell die vorgefertigten Fassadenelemente mit integrierter Lüftung. Die Energieeinsparung für Heizung, Lüftung und Warmwasser beträgt über 90%. Die restliche Energie wird in der Jahresbilanz vollständig mit Solarstrom gedeckt. Das renovierte Gebäude wurde Minergie®-P zertifiziert. Die Zertifizierung für Minergie®-P-Eco und Minergie®-A sind noch laufend.

Projektziele

Im Rahmen des vom BFE und der KTI unterstützten CCEM-Retrofit Projekts wurden neue Technologien entwickelt, welche eine effizientere und qualitativ bessere Erneuerung von Wohnbauten ermöglicht. Im Vordergrund standen standardisierte, vorgefertigte Renovationsmodule, mit welchen eine neue, moderne Gebäudehülle um ein bestehendes Gebäude gebaut werden kann. Dieses Konzept ermöglicht eine vereinfachte, effizientere Erneuerung, weil Anpassungsarbeiten weitgehend entfallen und praktisch sämtliche neuen Installationen ausserhalb des Gebäudes installiert werden können. Zudem gewährleistet die massgenaue Vorfabrikation in spezialisierten Betrieben eine hohe Ausführungsqualität.

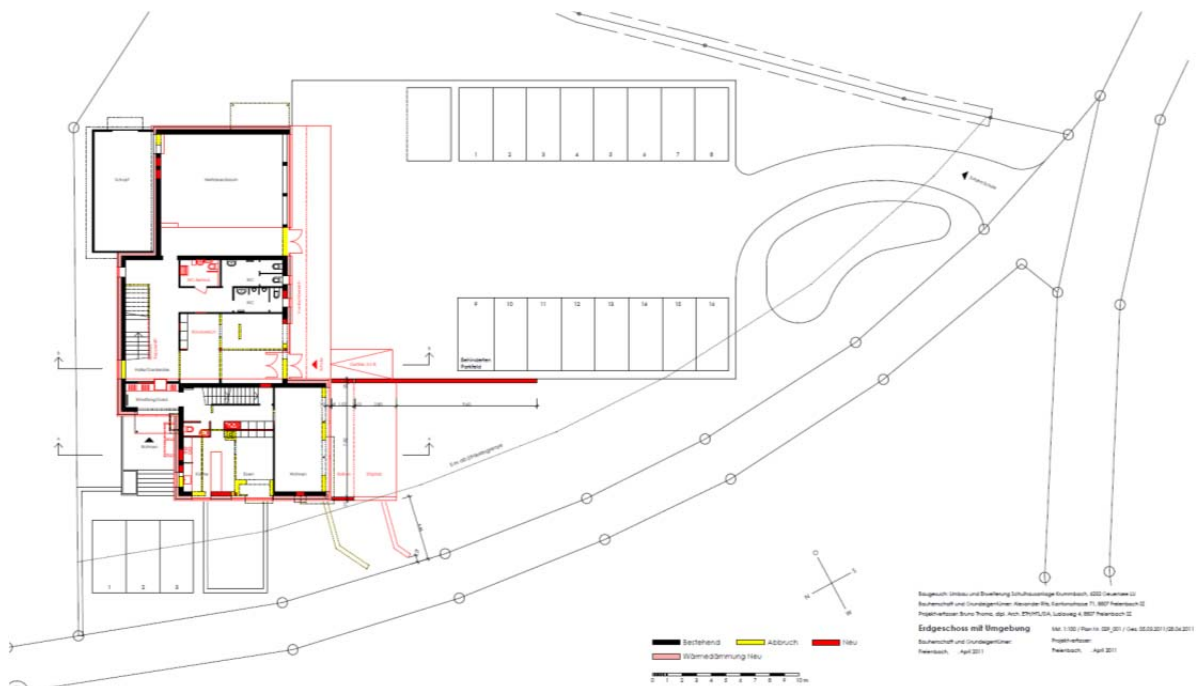
Das Projekt „Gesamterneuerung Schulhaus Krummbach“ bot eine ausgezeichnete Gelegenheit, um die im Rahmen des CCEM-Retrofit Projekts entwickelten Sanierungslösungen zu erproben und zu demonstrieren. Sowohl für das CCEM-Retrofit Projekt wie auch für den schweizerischen Beitrag an das internationale IEA Projekt (ECBCS Annex 50) war es wichtig, eine reale Umsetzung der entwickelten Renovationslösungen vorzeigen zu können.

Planung

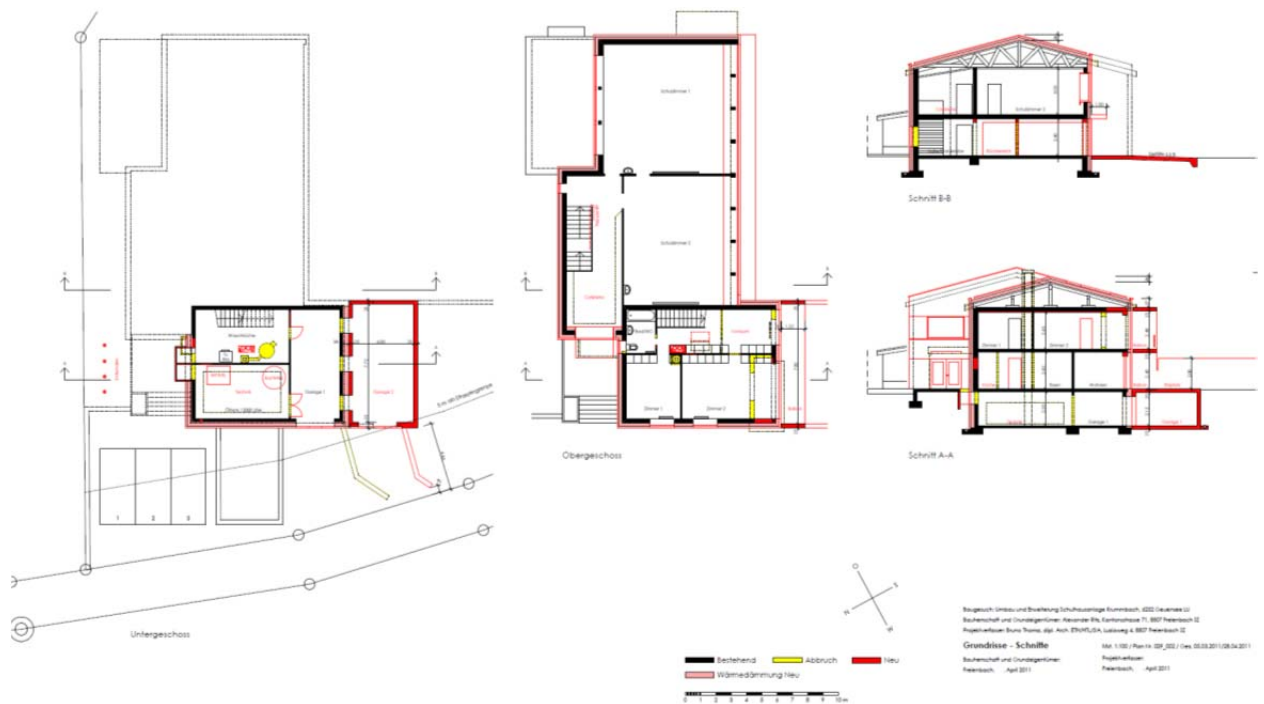
Das Schulhaus Krummbach oberhalb Geuensee stellt als Kleinschulhaus mit 3 Schulräumen und angegliederter Hauswartwohnung ein sehr geeignetes Demonstrationsobjekt bezüglich Grösse und technischen Anforderungen dar. Das Schulhaus wurde von der Gemeinde Geuensee nicht mehr benutzt und deshalb an einen privaten Eigentümer verkauft; mit der grundbuchamtlichen Auflage, die schulische Nutzung weiter zu führen. Der neue Eigentümer hat nun das Gebäude gesamtheitlich erneuert (Figuren 1+2), um es als Ausbildungszentrum zu nutzen. Die Energieeinsparung für Heizung, Lüftung und Warmwasser beträgt über 90 % und wird erst noch durch Solarstrom erzeugt.

Für die geplante kurze Renovationszeit eignete sich speziell eine Renovation mit vorgefertigten Fassaden- und Dachelementen. Sowohl die Fassadenerneuerung mit integrierter Lüftung im Wohnbereich sowie die rasche Erneuerung des Schulteils mit separater Lüftung konnte demonstriert werden. Die demonstrierten Technologien sind:

- vorgefertigte Fassadenmodule mit integrierter Lüftung gemäss CCEM-Retrofit
- Wohnraumerweiterung im Bereich auskragender Balkone, Ersatz durch thermisch getrennten Balkon
- Lüftungsanlagen und -verteilung im Dachbereich integriert
- hochisolierte Dacherneuerung mit integrierter PV-Anlage
- Erdsonden-Wärmepumpe als Ersatz für die bestehende Ölheizung
- Deckung des Restenergieverbrauchs mit selbst produziertem Solarstrom



Figur 1: Gesamtübersicht mit Umbaumassnahmen: Grundriss Erdgeschoss, gelb Abbruch, rot Neubau



Figur 2: Grundrisse Keller und Obergeschoss, Schnitte: gelb Abbruch, rot Neubau

	Altbau	Renovation (Planungswerte)
Baujahr	1969	2011
Energiebezugsfläche	568 m ²	576 m ²
Heizwärme	97 kWh/(m ² ·a) (ohne Warmwasser)	9.1 kWh/(m ² ·a) (inkl. Warmwasser, Hilfsenergie)
Solarstrom	-	10.5 kWh/(m ² ·a)

Tabelle 1: Energiekennwerte vor und nach der Erneuerung

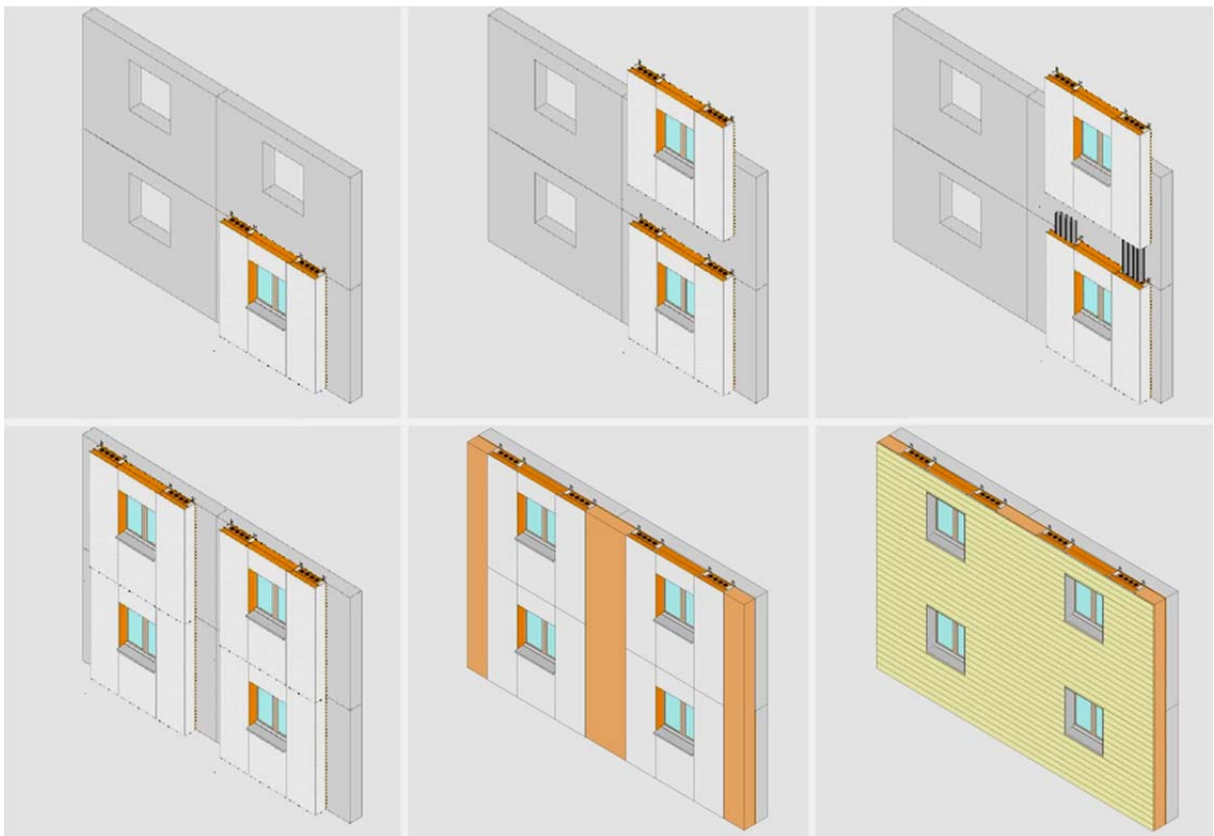
Die Übernahme des Renovationskonzepts mit vorgefertigten Fassadenelementen, in welche die Lüftungsleitungen bereits integriert sind, verlief problemlos. Wie erwartet adaptierte der Holzbauer die im Rahmen des CCEM-Projekts entwickelte Konstruktion gemäss seinen eigenen Herstellungsmöglichkeiten und -erfahrungen. Im Wesentlichen hat er zwei Vereinfachungen realisiert, welche es ermöglichen seine Kosten zu senken und seine Arbeitsprozesse zu optimieren.

- Herstellung von möglichst grosser Fassadenelemente
- Vereinfachung der Rahmenkonstruktion

Herstellung grosser Fassadenelemente

Im Rahmen des CCEM-Retrofit Projekts wurde die Verwendung von kleinen Fassadenelementen vorgeschlagen, welche nicht vollständig vorgefertigt werden. Vorgefertigt werden Elemente, welche die kritischen Bereiche um die Fenster abdecken (Figur 3), denn hier müssen die meisten Schnittstellen erfolgen (Fenster, Sonnenschutz, Lüftung). Nach deren Montage werden die meist unproblematischen Wandbereiche gedämmt und erst anschliessen wird die Fassadenbekleidung angebracht. Die wichtigen Vorteile dieses Konzepts sind:

- Hohe Standardisierung der Elemente
- Weniger Transportprobleme und einfachere Montage
- Lokale Unternehmungen können mit den spezialisierten Herstellern der Elemente zusammenarbeiten



Figur 3: Montagevorgang für kleinflächige Fassadenmodule: 1-4 Setzen und Verbinden der Module, 5 Dämmen der Zwischenbereiche, 6 Anbringen der Fassadenbekleidung

Die praktische Umsetzung dieses Konzepts mit kleinformatischen, standardisierten Fassadenelementen hat jedoch gezeigt, dass spezialisierte Holzbauer – welche die anspruchsvolle Vorfertigung der Elemente ausführen können – es vorziehen, mit grossen Elementen zu arbeiten (Figur 4). Die Vorteile, die sie dabei haben sind:

- Hoher Vorfertigungsgrad, welcher auch die Fassadenbekleidung weitgehend mit einschliesst,
- Alle Arbeiten durch die eigene Firma (Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten geklärt)
- Rasche Montage, weniger Arbeiten auf der Baustelle.



Figur 4: 3D Darstellung der grossflächigen Fassadenelemente (Rahmenkonstruktion)

Vereinfachung der Rahmenkonstruktion

Die CCEM-Retrofit Fassadenelemente wurden für beliebige Anwendungen bis zur Hochhausgrenze entwickelt. Entsprechend mussten besondere brandschutztechnische Massnahmen getroffen werden, welche eine weitere Unterteilung der Kastenelemente und Abschottung der Lüftungsinstallationen z.Bsp. mit einer Schicht Fermacell erforderte (Figur 5).



Figur 5: Vorgefertigtes Fassadenelement mit zwei Kammern. Hinten sind die Teleskopverbindungen der Lüftungsleitungen erkennbar.



Figur 6: Einfaches Rahmensystem in der Vorfabrikation (liegend). Die Lüftungsrohre werden durch spezielle Mineralwollschalen im Brandfall geschützt.

Diese erhöhten brandschutztechnischen Anforderung waren für den 2-geschossigen Bau in Krummbach nicht massgebend, weshalb sich der Holzbauer für ein einfaches Rahmensystem entschied (Figur 6). Zusätzlich wurde auf Wunsch des Bauherrn Schafwolle als Wärmedämmung eingesetzt. Für die Verarbeitung in der Fabrikationshalle war dieser natürliche, äusserst angenehme, jedoch etwas lose Dämmstoff geradezu ideal.

Vorfertigung

Die Herstellung der Fassadenmodule erfolgte anfangs September in den Werkstätten eines Holzbauers, welcher nicht an der Entwicklung des Renovationssystems beteiligt war (Figuren 7+8). Dadurch konnte aufgezeigt werden, wie gut dieses Konzept durch Dritte übernommen, adaptiert und realisiert werden kann.

Sämtliche Fassadenelemente wurden innerhalb einer Woche in der Fabrikationshalle des Holzbauers fertiggestellt. Die Arbeitsbedingungen in der Halle und die Möglichkeiten der technischen Hilfsmittel sind ideal, was eine hohe Arbeitsqualität garantiert. Das computergesteuerte Zuschneiden der Holzbauteile gewährleistete die massgenaue Herstellung der Elemente, welche Toleranzen von weniger als $\pm 2\text{mm}$ aufweisen sollten. Nur diese hohe Genauigkeit garantiert ein problemloses Zusammenfügen auf der Baustelle.

Die Vorfertigung der Fassadenelemente umfasst:

- Rahmkonstruktion mit seitlicher Beplankung
- Lüftungsleitungen mit Brandschutzschalen
- Elektrische Leerrohr-Installationen

- Wärmedämmung 28 cm
- Duktile Dämmung auf Rückseite der Elemente (ebenfalls Schafwolle), zur Dämmung des Montagefuge zwischen Gebäude und Fassadenelement
- Luftdichtung und Fassadenbekleidung aus imprägnierten Holzstäben
- Fenstermontage mit Scheiben und Beschlägen

Der Sonnenschutz wurde auf der Baustelle montiert. Ebenso wurde die Dachisolation konventionell auf der Baustelle ausgeführt.



Figur 7: Fertigung der Fassadenelemente: die vorbereiteten Rahmen werden mit wärmedämmmt, die äussere Beplankung wird aufgebracht, die rückseitige duktile Dämmschicht wird befestigt, Fenster und Fassadenbekleidung werde montiert.



Figur 8: Die Fassadenelemente wurden Millimeter-genau vorgefertigt und mit Schafwolle gedämmt. Lüftungsrohre, elektrische Leitungen und Fenster werden fabrikseitig installiert.

Montage

Die Montage der Elemente erfolgte Mitte September innerhalb zweier Tage. Die rasche Bauzeit reduziert die Risiken der Witterungseinflüsse. Die Montage erfolgt mit Kran und Gerüst. Ohne Gerüst ist es wesentlich schwieriger so grosse Fassadenelemente passgenau zu versetzen. Am Abend des zweiten Tages ist die Fassade vollständig dicht und isoliert (Figur 16, nach Entfernung des Gerüsts).

Eine wichtige Vorbereitung der Montage besteht in der Versetzung der Auflager zur Aufnahme der Fassadenelemente. Zu diesem Zweck wurden vorgängig im Sockelbereich exakt ausnivellierte Stahlwinkel montiert, auf welche die Fassadenelemente abgesetzt werden können (Bild 9). Diese bieten Gewähr, dass auch noch im 2. Geschoss, alle Elemente wie geplant zusammen passen.

Ebenfalls vorbereitet wurden die Bohrungen für die Durchführung der Lüftungsrohre (Bild 10). Die alten Fenster wurden entfernt und wo nötig wurden die Fensteröffnungen der zukünftigen Grösse angepasst. All dies geschieht wenige Tage vor der Montage.

Für die Montage selber spielt der Wetterbericht eine wichtige Rolle. Weil die Montage so kurz dauert, kann auf günstige Witterungsbedingungen geachtet werden. Dadurch ist sicher gestellt, dass ungehindert gearbeitet werden kann und dass die ungeschützten Fassadenelemente nicht unnötig nasser Witterung ausgesetzt sind.

Die Montage der Elemente erfolgt mit Kran und Gerüst. Die Elemente werden senkrecht hängend zwischen Gebäude und Gerüst abgesenkt. Vor dem endgültigen Absenken werden die Lüftungsleitungen mit Teleskoprohren verbunden und auf die Elementstösse ein Dichtungsstreifen aufgebracht (Figur 14). Nach dem vollständigen Setzen werden die Elemente mit Haltewinkeln an der Hauswand verankert (Figur 13) und an den Gebäudeecken mit den Nachbar-elementen verschraubt. Die Positionierung muss stets millimetergenau erfolgen, um sicher zu sein, dass auch das letzte Element noch passt.



Figur 9: Stahlkonsole zur Aufnahme der Fassadenelemente



Figur 10: Wandbohrungen zur Durchführung der Lüftungsrohre



Figur 11: Die Fassadenelemente stehen auf der Baustelle zur Montage bereit.



Figur 12: Ein Fassadenelement wird mit dem Kran in Position gebracht. Die fehlende Fassadenbekleidung dient zur Verschraubung der Elemente.



Figur 13: Die Elemente werden mit Metallwinkeln an der Fassade verankert.



Figur 14: Vor dem Absenken der oberen Elemente werden die eingelegten Lüftungsleitungen mit Teleskoprohren verbunden



Figur 15: Die vergrößerten Fenster wurden kurz vor der Fassadenmontage herausgebrochen (links) und sind nach der Montage bereits wieder verschlossen (rechts)



Figur 16: Das Schulhaus Krumbach vor und kurz nach der Montage der Fassadenelemente. Das Gerüst wurde bereits entfernt.

Die Abschlussarbeiten (Innenrenovation, Gebäudehülle und Umgebung) dauerten wie bei üblichen Baustellen etwa 3 Monate, allerdings mit gewissen Unterbrüchen.



Figur 17: Das renovierte Gebäude präsentiert sich heute modern und energieeffizient (unten). Auf dem Dach sichtbar, die Photovoltaikanlage. Das Gebäude vor der Renovation (oben).



Figur 18: Einer der renovierten Schulräume



Figur 19: Der Bauherr im neuen Schulsekretariat

Energieeffizienz

Gebäudetechnik

Die bestehende Ölheizung wurde durch eine Sole-Wärmepumpe ersetzt, welche die Wärme für Heizung und Warmwasser liefert. Als Wärmequelle dienen zwei 95 m Erdsonden. Der erwartete COP liegt bei 4.35 für die Heizung und bei 3.13 für das Warmwasser. Ein 400 Liter Heizspeicher und ein 400 Liter Warmwasserspeicher dienen als Puffer. Die Heizverteilung mit Radiatoren wurde belassen.

Zur Gewährleistung einer guten Luftqualität wurden für die Wohnung und Schulräume drei Lüftungsgeräte im Dachraum installiert. Sie erreichen einen Wärmerückgewinnungsgrad von 86% (Herstellerangabe). Als Wärmetauscher wurde ein sogenannter Enthalpiewärmetauscher gewählt, welcher auch in der Lage ist, einen Teil der Luftfeuchtigkeit auszutausch. Damit wird das Austrocknen der Luft im Winter verhindert. Die Luftverteilung erfolgt zuerst über den Dachraum und anschliessen über das Erdgeschoss über die vorgefertigten Fassadenelemente.

Der gesamte Stromverbrauch für Heizung und Gebäudebetrieb wird im Jahresdurchschnitt mit der eigenen Photovoltaikanlage erzeugt. Dazu dienen 58.85 m² amorphe PV-Module mit einer max. Leistung von 6.24 kW. Der erwartete Jahresertrag beträgt 6'027 kWh.



Figur 20: Die neue Technikzentrale mit den Elektrozählern links, der Wärmepumpe rechts und den beiden Wärmespeichern (rechts)



Figur 21: Zwei der drei Lüftungsgeräte für Wohnung und Schulräume, mit Lüftungsverteilung und Schalldämpfern im Dachraum. Ebenso sichtbar die beiden Wechselrichter der Solaranlage.

Technische Daten (Planungswerte)			
Energiebezugsfläche	576 m ²	Sonnenenergiegewinne	20 kWh/(m ² ·a)
(1 Wohnung, 3 Klassenzimmer)		(ohne PV)	
U-Wert Wände	0.12 W/(m ² ·K)	Heizenergiebedarf	22 kWh/(m ² ·a)
U-Wert Fenster	0.88 W/(m ² ·K)	COP Wärmepumpe	4.2
g-Wert Fenster	60%	Heizenergie	5.3 kWh/(m ² ·a)
U-Wert Dach	0.16 W/(m ² ·K)	Warmwasserenergiebedarf	6.9 kWh/(m ² ·a)
U-Wert Boden	ca. 0.35 W/(m ² ·K)	COP Wärmepumpe	3.1
Energieverbrauch		Warmwasserenergie	2.2 kWh/(m ² ·a)
Transmissionswärmeverluste	50 kWh/(m ² ·a)	Stromverbrauch Lüftung	1.4 kWh/(m ² ·a)
Lüftung	5 kWh/(m ² ·a)	Stromverbrauch Pumpen	0.2 kWh/(m ² ·a)
Interne Gewinne	11 kWh/(m ² ·a)	Solarstrom	10.5 kWh/(m ² ·a)
		Netto Energieverbrauch	-1.4 kWh/(m ² ·a)

Tabelle 2: Energiekennwerte gemäss Minergie®-Antrag (Planungswerte)

Es wird erwartet, dass das Gebäude über das ganze Jahr gesehen mehr Energie produziert als es verbraucht (exkl. Büro- und Haushaltstrom).

Da im ersten Winter (11/12) noch verschiedene Bauarbeiten ausgeführt wurden und der Betrieb der Ausbildungsstätte erst anfangs 2012 aufgenommen wurde, liegen noch keine vollständigen Jahresmessungen vor. Trotzdem können erste Messresultate präsentiert werden.

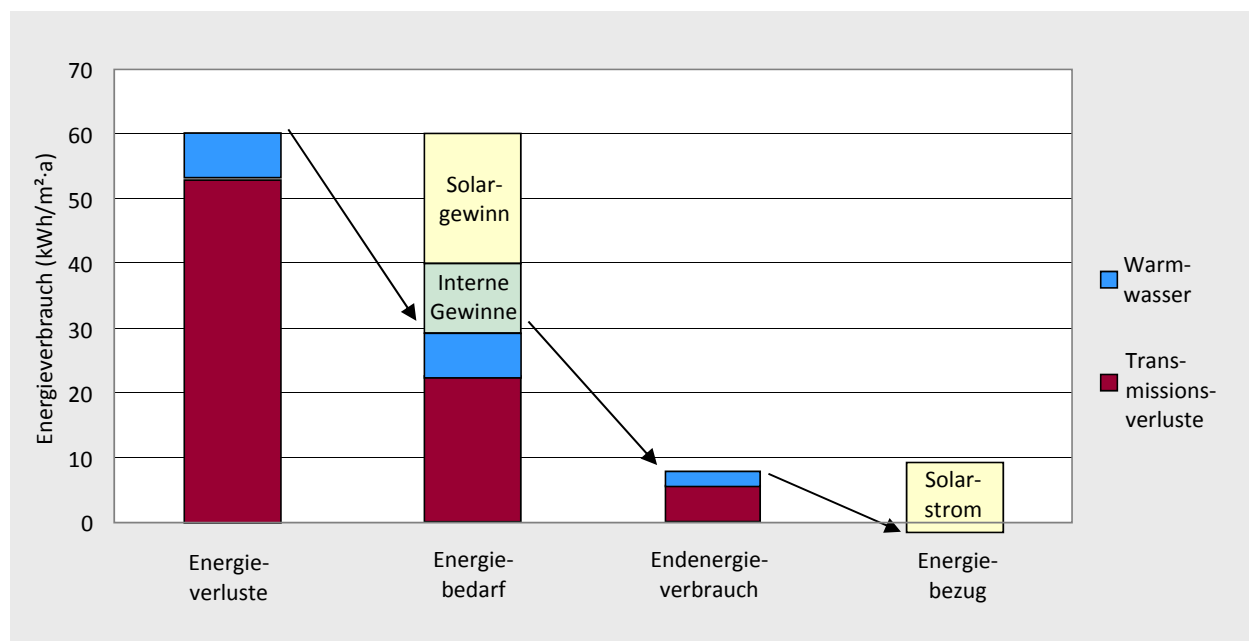
Gemessen werden:

- Stromertrag der Solaranlage
- Stromverbrauch allgemein und Wärmepumpe

Mit 6730 kWh gemessenem Jahresertrag 2012 übertrifft die photovoltaische Solaranlage den prognostizierten Wert von 6'027 kWh um 12%. Die Anlage wurde nicht für die Einspeisevergütung angemeldet. D.h. der gewonnene Solarstrom steht auch effektiv für das Gebäude zur Verfügung. Bisher konnte jedoch die Wärmepumpe damit noch nicht direkt betrieben werden. Eine Umstellung des Elektrizitätswerks soll dies nun ermöglichen.

Der vom 1. September 2012 bis 17. Januar 2013 verbrauchte Wärmepumpenstrom von 4'238 kWh ergibt über die Heizgradtage auf ein ganzes Jahr hochgerechnet 8'782 kWh oder 15.2 kWh/(m²·a) für Heizung und Warmwasser. Dies ist rund das Doppelte des prognostizierten Wertes 7.5 kWh/(m²·a).

Der Grund für diese Abweichung ist kaum in der Wärmedämmung zu suchen. Da das Gebäude und vor allem die Wohnung zwar beheizt aber noch wenig genutzt werden, sind auch die internen Wärmegevinne wesentlich geringer ausgefallen. So betrug beispielsweise der übrige Stromverbrauch für Wohnung und Schule nur 7.8 kWh/(m²·a). Dies bedeutet, dass die internen Gewinne während der Heizperiode kaum 4 kWh/(m²·a) betrugen. Die Personenabwärme ist praktisch vernachlässigbar. Hinzu kommt noch ein leicht erhöhter Verbrauch infolge Bauaustrocknung. Unter diesen Annahmen hätte der effektive Verbrauch rund 7 kWh/(m²·a) höher liegen dürfen. Dies erklärt den Mehrbedarf an Heizenergie weitgehend. Langfristige Messungen werden zeigen, ob die anvisierten Ziele effektiv erreicht werden.



Figur 22: Darstellung der Energieflüsse für Heizung und Warmwasser

Kosten

In der Tabelle 3 sind die effektiven Baukosten und die geschätzten Mehrkosten für die energieeffiziente Bauweise im Minergie®-P-Standard aufgeführt. Die wesentlichen Mehrkosten für energieeffizientes Bauen entstanden durch die vorgefertigten, hochisolierten Fassadenelemente, die Lüftungsanlage mit

WRG und die Realisierung der Photovoltaikanlage. Mittelfristig sollten vorgefertigte Fassadenmodule nicht mehr teuer sein mit konventioneller Bauweise im gleichen Dämmstandard.

Aufwandsposition	Abrechnung	Mehraufwand Minergie®-P und Vorfertigung	Geschätzte Mehrkosten
Verträge, Gebühren, Bewilligungen, Ingenieurarbeiten, Vermessung, etc.	41'000.00		
Energienutzung CKW	7'800.00		
Baumeisterarbeiten: Garage und Balkonanbau, Trennmauer, Schächte, Gipserarbeiten. Tankentsorgung, Asbestsanierung, Belagssanierung	351'390.00	Mauerdurchbrüche, Perimeterdämmung	6'000.00
Holzbau: kompletter Holzbau (Fassaden, Dach, Anbau)	664'420.00		84'000.00
Wärmedämmung: Foamglas Perimeterdämmung, Schafwollämmung Holzbau und Dach	79'000.00		9'000.00
Lüftung: Lüftungsgeräte, Luftverteilung, Steuerung	51'000.00		51'000.00
Heizung, WW: Erdwärmesonden, Sole/Wasser-WP, Speicher, neue Heizkörper EFH, etc.	52'000.00		
Photovoltaik: 6.24 kW/Peak Photovoltaikanlage	33'500.00		33'500.00
Innenausbau: Sanitärarbeiten, Plattenbeläge, Malerarbeiten, Unterlagsböden, Bodenbeläge, Elektroinstallationen, Beleuchtung, Akustikdecken, Schreinerarbeiten, Türen, Schliessanlage, Treppenlift, etc.	472'175.00	Bedarfsabhängige Beleuchtungsteuerung, LED Leuchten, Steuerung für Minergie®-P, Anschluss Lüftung, PV	15'000.00
Garagentore und Fassade Talseite	22'800.00		
Umgebungsarbeiten	35'200.00		
Schulhauseinrichtung	35'000.00		
Honorare Architekt, Bauleitung, Koordination, Bauüberwachung, Administration	89'000.00		7'020.00
Zertifizierungen, Prüfungen: Minergie®-P Zertifizierung, Blower-Door Test (2x), Beleuchtungsnachweis für Minergie®-P	8'400.00		8'400.00
Total	1'942'685.00		213'920.00

Tabelle 3: Zusammenstellung der effektiven Baukosten und die geschätzten Mehrkosten für die energieeffiziente Bauweise im Minergie®-P resp. Minergie®-A-Eco-Standard.

Nationale Zusammenarbeit

Das Demonstrationsprojekt wurde in enger Zusammenarbeit mit dem CCEM-Retrofit-Team geplant und realisiert. Insbesondere das Institut für Energie am Bau der Fachhochschule Nordwestschweiz in Muttenz hat die Detailplanung eng begleitet. Verschiedene Wirtschaftspartner des CCEM-Projekt konnten ihre Komponenten im Projekt einsetzen.

Mit dem Holzbauer konnte zudem ein neuer, wichtiger Wirtschaftspartner in die Umsetzung der Ergebnisse einbezogen werden. Die Zusammenarbeit mit ihm hat nicht nur zu weiteren Vereinfachungen der Konstruktionsweise geführt sondern auch gezeigt, wie problemlos das Konzept von Dritten adaptiert und weiter entwickelt werden kann. Zudem wurde aufgezeigt, dass das Konzept auch mit grossflächigen Modulen funktioniert, was offen sichtlich eine rationellere Vorfertigung und Montage erlaubt.

Das CCEM-Retrofit Renovationskonzept mit vorgefertigten Fassadenelementen hat sich ausserordentlich gut bewährt. Durch die Vorfertigung ist die Sanierung planbar, zuverlässig und qualitativ hochwertig geworden. Das Projekt hat deshalb ein grosses Umsetzungspotential.

Internationale Zusammenarbeit

Für das **IEA ECBCS** Projekt „Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings“ (Annex 50) ist Krummbach ein besonders aktuelles und gut dokumentiertes Fallbeispiel. Im 7. **EU-Rahmenprogramm** wird auch das Folgeprojekt E2ReBuild (Industrialised energy efficient retrofitting of resident buildings in cold climates) von den gemachten Erfahrungen profitieren und für das **Eracobuild** Forschungsprojekt „School vent cool“ (Renovation von europäischen Schulbauten) stellt das Demonstrationsprojekt eine ideale Möglichkeit dar, um aktuelle Entwicklungen 1:1 zu demonstrieren.

Referenzen

- [1] M. Zimmermann: ***School building renovation for sustainable second life***, IEA ECBCS Annex 50, Building Renovation Case Studies 141, Heft 10, Seiten 25-32, Empa, 2011, ISBN 978-3-905594-61-4.

Holzbau: Renggli AG Holzbau, Schötz

Pläne: Bruno Thoma, Architekt, Freienbach

Photos: Mark Zimmermann, Empa