

## Wohn- und Geschäftshaus «Renggli» in Sursee



## Schlussbericht Planung/Ausführung/Qualitätskontrolle

|                                                                                     |                                                              |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------|
|  | <b>Objektbeschreibung, Autoren, am Bau beteiligte Firmen</b> | <b>2</b>  |
|  | <b>Architektonischer Entwurf</b>                             | <b>3</b>  |
|  | <b>Baukonstruktion</b>                                       | <b>6</b>  |
|  | <b>Wärmeschutz/Energie</b>                                   | <b>7</b>  |
|  | <b>Schallschutz</b>                                          | <b>10</b> |
|  | <b>Brandschutz</b>                                           | <b>18</b> |
|  | <b>Ingenieurholzbau</b>                                      | <b>20</b> |
|  | <b>Bauablauf</b>                                             | <b>24</b> |
|  | <b>Qualitätssicherung</b>                                    | <b>26</b> |
|  | <b>Qualitätskontrolle (mit Nachträgen 2004)</b>              | <b>27</b> |

## 1. Objektbeschreibung, Autoren



Die Renggli AG hat sich in Sursee ein neues Wohn- und Bürogebäude gebaut, das Anfangs 2003 bezogen wurde. Das neue MINERGIE-Gebäude ist ein viergeschossiger Holzsystembau, der die Resultate eines Architekturwettbewerbes von 1991 in überarbeiteter Form umsetzt. Der quadratische Bau hat einen Innenhof und wird in seinem hinteren Teil vom Flusslauf der Sure durchbrochen. Nebst den Büroräumlichkeiten für den Eigenbedarf der Renggli AG und für diverse Drittunternehmen sind in den Obergeschossen exklusive Wohnungen sowie auf der Sure-Insel zwei einzigartige Ateliers realisiert worden. Drei Erschliessungskerne stellen die optimale Zugänglichkeit der verschiedenen Nutzungszonen sicher. Nach den geltenden Gesetzesvorschriften erstellt würde dieser Bau für Heizung und Warmwasser jährlich 41'500 Liter Heizöl verbrauchen. Das optimierte Gebäude liegt mit seinen Energiekennwerten aber um 85 % unter den SIA-Vorschriften und es weist eine Energiekennzahl auf, die noch etwa 40 % besser ist als der MINERGIE-Standard. Auf den Energieträger Heizöl umgerechnet würde das Gebäude nur noch 5'600 Liter benötigen.



### **Eckdaten Bau**

Bauherrschaft:

St. Georg-Immobilien AG, Sursee

Architektur:

Scheitlin Syfrig & Partner AG, Luzern

Generalunternehmer:

Renggli AG, Schötz

Bauphysik:

Ragonesi Strobel & Partner AG, Luzern

Statik Tiefbau:

Bucher und Dillier AG, Luzern

Statik Holzbau:

Makiol & Wiederkehr, Beinwil a. See

Bauzeit: 8 Monate

Bezug: Januar 2003

### **Autoren Bericht**

Max Renggli

Andi Scheitlin

Reinhard Wiederkehr

Marco Ragonesi

### **Produktion/Gestaltung Bericht**

Marco Ragonesi, Ragonesi Strobel & Partner AG, Luzern

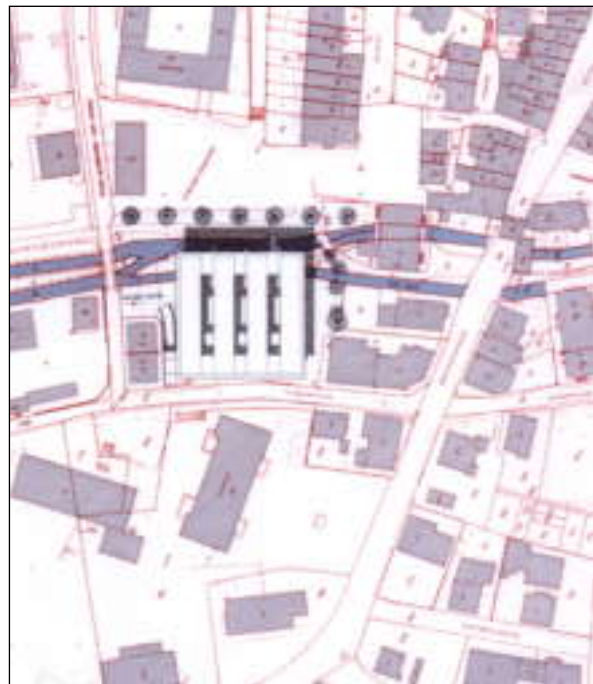
## 2. Architektonischer Entwurf

Die lange Geschichte des Projektes begann 1991 mit einem von der damaligen Besitzerfamilie Meier durchgeführten Projektwettbewerb, welchen unser Büro gewonnen hat.

Die Jury war damals der Meinung, dass die Verfasser die Eigenarten des Ortes und die Aufgabe auf überzeugende Art thematisieren: «Das Projekt beinhaltet eine qualitätsvolle Grundkonzeption, die betrieblich und organisatorisch sorgfältig, ja fast perfekt durchstrukturiert ist. Das Äussere ist konsequenter Ausdruck der inneren Funktionen. Holz als Aussenhaut ist eine interessante Analogie zur historischen Situation der gewerblichen Vorstadt am Wasser und zum Basismaterial dieser qualitätsbewussten Handwerkerfirma».

Das Projekt gelangte leider nicht zur Ausführung und wurde in der Folge in mehreren Schritten überarbeitet, ohne dass dabei die drei wichtigsten Themen des ursprünglichen Entwurfes verlorengegangen sind. Das erste Anliegen war, die Gebäudeabfolge, welche an der Ecke Bahnhofstrasse-St.Georgstrasse beginnt, städtebaulich zu schliessen. Zweitens sollte der partiell zugedeckte, innere Lauf der Sure freigelegt und die poetische Situation der beiden Flussläufe und dem dazwischenliegenden Ufer thematisiert und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Und drittens sollte die Stimmung des Ortes, mit den vorstädtischen, kleinen Industrieschuppen, mit entsprechender Materialisierung erhalten bleiben.

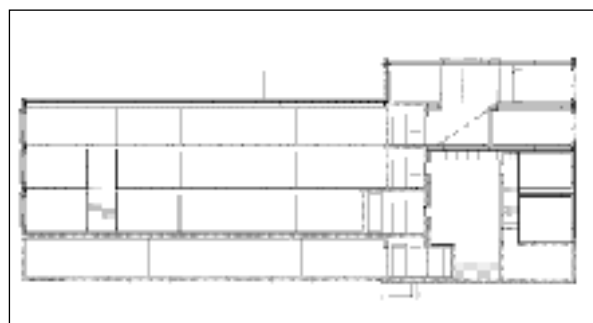
Das heutige Projekt besteht aus einem dreigeschossigen Teil gegen die Strasse, welcher einen grossen Innenhof U-förmig umschliesst und ausschliesslich Büroräume enthält. Auf der Insel stehen zwei zweigeschossige Körper mit Atelierwohnungen, welche ein ebenfalls zweigeschossiges Volumen tragen, welches an den Hauptbau anschliesst und mit ihm zusammen den ungefähr quadratischen Bau bildet. In diesem Volumen befinden



1991 im Rahmen eines Wettbewerbes vorgeschlagenes Projekt, das nicht realisiert werden konnte.



Überarbeitetes Projekt für das Wohn- und Geschäftshaus «Renggli AG».



Gebäudeschnitt.

sich vier grosszügige Geschosswohnungen. Im Gegensatz zur geschlossenen Front gegen die Strasse demonstriert das Gebäude gegen die Flüssläufe eine überraschende Offenheit.

Eine wesentliche Änderung erfuhr das alle Überarbeitungen gutmütig ertragende Projekt in bezug auf die Materialisierung. Nach den diversen Überarbeitungen und der vergeblichen Suche nach Investoren war es natürlich ein freudiger Moment, als die Firma Renggli beschloss, ihren Firmensitz nach Sursee zu verlegen, das Grundstück der Firma Meier zu erwerben und unser Projekt zu realisieren.

Ein weiterer Glücksfall war auch, dass es für die Firma Renggli klar war, das Gebäude als Holzsystembau zu erstellen, was unserer Intention bezüglich Materialisierung und damit verbundener Stimmung des Baues vollkommen entgegenkam. Wir dachten zwar schon 1991 an eine Holzfas-sade, konnten uns aber sowohl aus technischen wie auch feuerpolizeilichen Gründen schwer vorstellen, einen reinen, bis zu vier Geschoss hohen Holzbau auszuführen.

Ein Elementbau macht dann Sinn, wenn eine möglichst grosse Zahl gleicher Elemente produziert werden können. Deshalb wurden im Bürobereich alle Raumtiefen gleich dimensioniert und ein Raster von etwa 2,90 x 4,75 Meter gewählt, welcher sich auch für die angestrebten Raumgrößen als flexibel erwies. Das gleiche gilt natürlich auch für die Fassaden, mit Ausnahme der Wohnungen gegen die Surenläufe wurde im Büroteil immer das gleiche Fenster verwendet.

Die Ansprüche der Bauherrschaft an die Fassadendetails und unsere architektonischen Vorstellungen, dass die Glasebene beim Fenster soweit vorne wie möglich sein sollte, führten zur Entwicklung des Fensterelementes. Kein horizontaler Balken als Verkleidung der Storen, sondern eine entsprechend proportionierte «Brille», welche an die Fenstereinfassungen der klassischen Holzhäuser erinnert.



Die Sure fließt beidseitig den Atelierbauten entlang.



Die zwei Wohngeschosse sind über den zweigeschossigen Atelierbauten bzw. dem offenen Zugang zum Innenhof angeordnet.



Zur Sure hin offener Innenhof, der von den zwei Wohngeschossen überspannt wird.

An der städtebaulichen Nahtstelle von Neu- und Altstadt, von neuzeitlichen Geschäftshäusern und der verschlafenen, romantischen Surelandschaft mit der dahinterliegenden Altstadt, suchten wir einen zwischen den beiden Gebieten vermittelnden Ausdruck des Gebäudes. So stammt die dunkle, aus sägerohren und deckend gestrichenen Latten fabrizierte Holzhaut aus der einen, die superglatte, technisch aufwändig konstruierte Fenster-einfassung aus der anderen Welt. Zusammen erzeugen sie ein spannendes Spiel von sich je nach Licht verändernden Oberflächen und Stimmungen.

Mit welcher Geschwindigkeit und Präzision dieser doch recht voluminöse Bau produziert und montiert wurde, war für uns ein starkes und spannendes Erlebnis.

### 3. Baukonstruktion

Im Bereich des nicht beheizten Untergeschosses, das teilweise durch Grundwasser beansprucht wird, ist die Gebäudehülle in Stahlbeton ausgeführt. Vom Konzept her wurde eine Ausführung mit wasserdichtem Beton gewählt, mit folgenden Optionen:

- Nachdichtung möglich mittels Injektionen oder wasserdichter, flächiger Beschichtung.
- Evtl. Innenwärmedämmung nachträglich möglich, falls die raumklimatischen Bedingungen zu Oberflächenkondensat im durch Grundwasser beeinflussten Bereich führen.

Auch die Erschliessungsbereiche sind, primär aus brandschutztechnischen Überlegungen, in Massivbauweise konzipiert. Über der Stahlbetondecke UG/EG sind ansonsten sämtliche Aussen- und Innenwände, Geschossdecken und Flachdächer mit industriell vorgefertigten Holzelementen ausgeführt worden. Als Konstruktionsprinzip für den Schichtaufbau der Aussenwände wurde die Holzrahmenbauweise gewählt, welche in der Schweiz am verbreitetsten ist.

Als Randbedingung für die konstruktive Ausbildung der Gebäudehülle und der Innenbauteile galt es neben der Statik und dem Brandschutz vor allem den Schall- und den Wärmeschutz zu beachten:

- Einhalten der erhöhten Anforderungen gemäss Norm SIA 181.
- Erreichen des MINERGIE-Standards.

In Räumen mit Anforderungen an die Raumakustik (Besprechung, Ausstellung, Schulung) wurde im Deckenbereich, zusätzlich zur schalltechnisch wirksamen Vorsatzschale, eine schallabsorbierende Decke realisiert.

Gebäudeschnitt mit den Konstruktionsaufbauten der wesentlichen Bauteile.

#### Flachdach:

- Nutzschicht:  
Teilfläche begehbar mit Holzrost bzw. Extensivbegrünung
- Abdichtung/Schutzlagen
- PUR-Platte 140 mm
- Dampfbremse/Luftdichtung
- Dreischichtplatte 27 mm
- Balkenlage 100/220 mm, Lufthohlraum
- Mineralwollplatte 60 mm
- Dreischichtplatte 27 mm
- Mineralwollplatte 30 mm
- Gipskartonplatte 12,5 mm bzw. Gipslochakustikdecke

#### Aussenwand:

- Gipskartonplatte 12,5 mm
- Luftdichtigkeitsschicht
- OSB 3 Pressplatte 15 mm
- Holzrahmen 80/240 mm, Mineralwollplatte 240 mm
- Fermacellplatte 15 mm
- Winddichtung wasserabweisend, diffusionsoffen
- Hinterlüftung 25 mm
- Holzschalung 27 mm, horizontal

#### Fenster:

- Holz/Metall-Fenster
- 2-fach-Isolierverglasung

#### Geschossdecke:

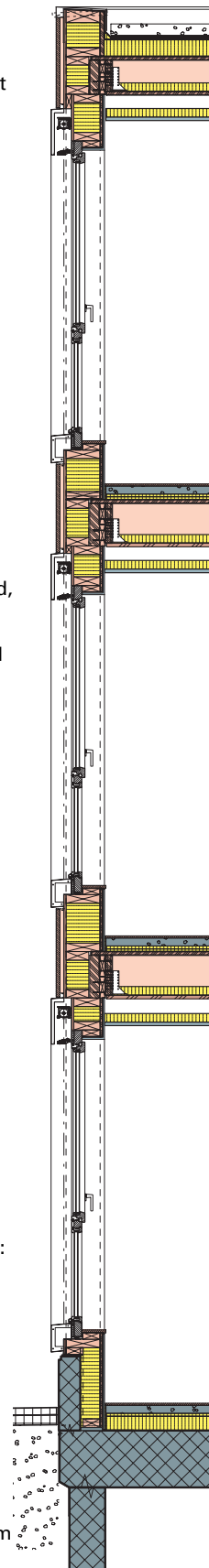
- Bodenbelag: Parkett
- Anhydrit-Fliessestrich 55 mm
- Trenn- und Gleitlage
- Trittschalldämmschicht 20 mm
- EPS-Platte F20, 50 mm
- Dreischichtplatte 27 mm
- Balkenlage 100/220 mm, Lufthohlraum
- Mineralwollplatte 60 mm
- Holzspanplatte 19 mm
- Abhängekonstruktion/Lufthohlraum
- Mineralwollplatte 60 mm
- Gipskartonplatte 15,0 mm bzw. 2 x 12,5 mm

Zusätzlich bei Akustikanforderung:

- Mineralwollplatte 30 mm
- Gipsloch-Akustikdecke 12,5 mm

#### Boden über Untergeschoss:

- Bodenbelag: Parkett
- Anhydrit-Fliessestrich 55 mm
- Trenn- und Gleitlage
- Trittschalldämmschicht 20 mm
- PUR-Platte mit Alukaschierung 100 mm
- Stahlbetondecke 250 bis 400 mm



## 4. Wärmeschutz/Energie

### 4.1 Zielvorstellung

Das Gebäude soll nicht hinsichtlich Erreichen der energiegesetzlichen Mindestanforderungen «optimiert» werden sondern es soll zukunftsorientiert gebaut werden. Weil in der Planungsphase der MINERGIE-P-Standard noch nicht definiert war, hat man sich entschieden, das Gebäude im MINERGIE-Standard zu erstellen.

### 4.2 Guter Wärmeschutz bei Einzelbauteilen

Die einzelnen Bauteile wurden so weit optimiert, dass sie auch die MINERGIE-Anforderung von  $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  für opake Bauteile erfüllen.

Die wesentlichen Bauteile weisen folgende U-Werte auf:

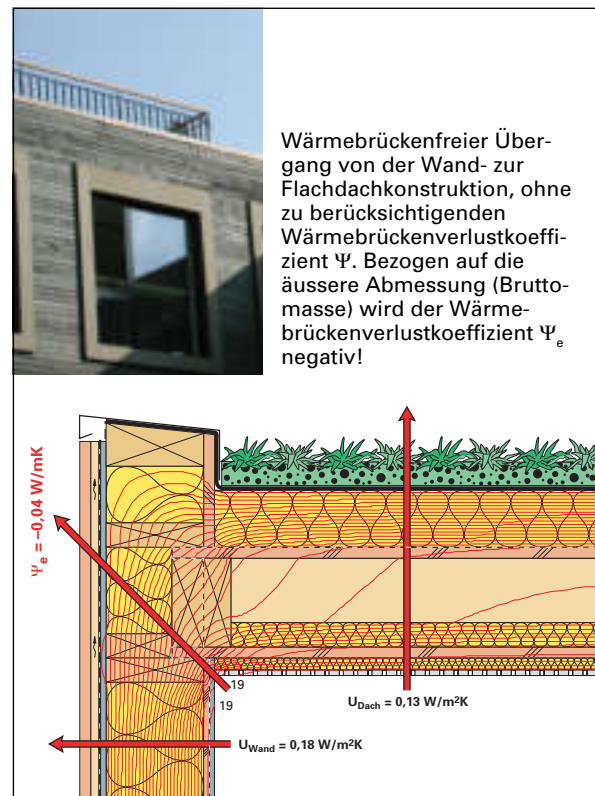
|                         |                              |
|-------------------------|------------------------------|
| – Aussenwand            | $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ |
| – Flachdach             | $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ |
| – Boden über UG         | $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ |
| – Boden über Aussenluft | $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ |
| – Fenster               | $1,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ |

### 4.3 Optimierung von Bauteilübergängen

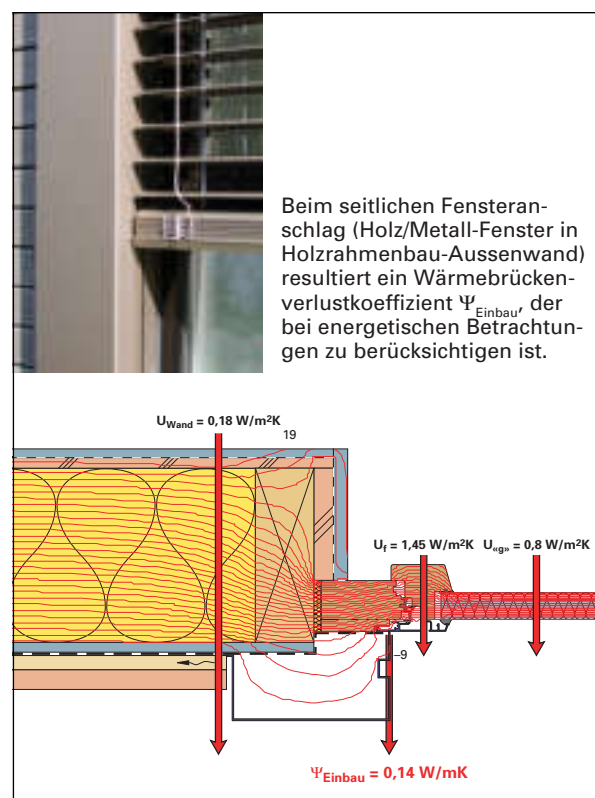
Weil bei hochwärmegedämmten Gebäudehüllen der Einfluss von Wärmebrücken gross ist, wurden die relevanten Bauteilübergänge diesbezüglich näher untersucht.

Dabei hat sich gezeigt, dass bei den Detaillösungen innerhalb des Holzsystembaus, bezogen auf die äussere Abmessung, generell eine «wärmebrückenfreie» Lösung vorliegt: Es ist kein zusätzlicher Wärmebrückenverlustkoeffizient  $\Psi$  zu berücksichtigen.

Zusätzliche Wärmeverluste treten jedoch beim Einbau der Fenster in den Holzrahmenbau auf, es ist beim gewählten Holz/Metall-Fenster ein Wärmebrückenverlustkoeffizient  $\Psi_{\text{Einbau}}$  von  $0,14 \text{ W/mK}$  zu berücksichtigen.



Wärmebrückenfreie Dachrandausbildung.



Wärmebrücke beim Fensteranschlag.

#### 4.4 Massnahmen und Kennwerte

##### Gebäudehülle

Durch das Reduzieren der Transmissionswärmeverlust und durch möglichst hohe passiv-solare Energiegewinne wird mit einem Heizwärmebedarf  $Q_h$  von 182 MJ/m<sup>2</sup> ein Kennwert erreicht, der 25 % besser ist als der SIA 380/1-Grenzwert  $h_g$ .

##### Energieverbrauch «Wärme»

Gegenüber einem analogen Gebäude, das nur gerade den Grenzwert  $h_g$  erreicht, wird unter Berücksichtigung eines identischen Warmwasserverbrauchs ein um etwa 20 % kleinerer Energieverbrauch «Wärme» erreicht, dies bei einer Ölheizung mit Wirkungsgrad  $\eta = 0,9$ .

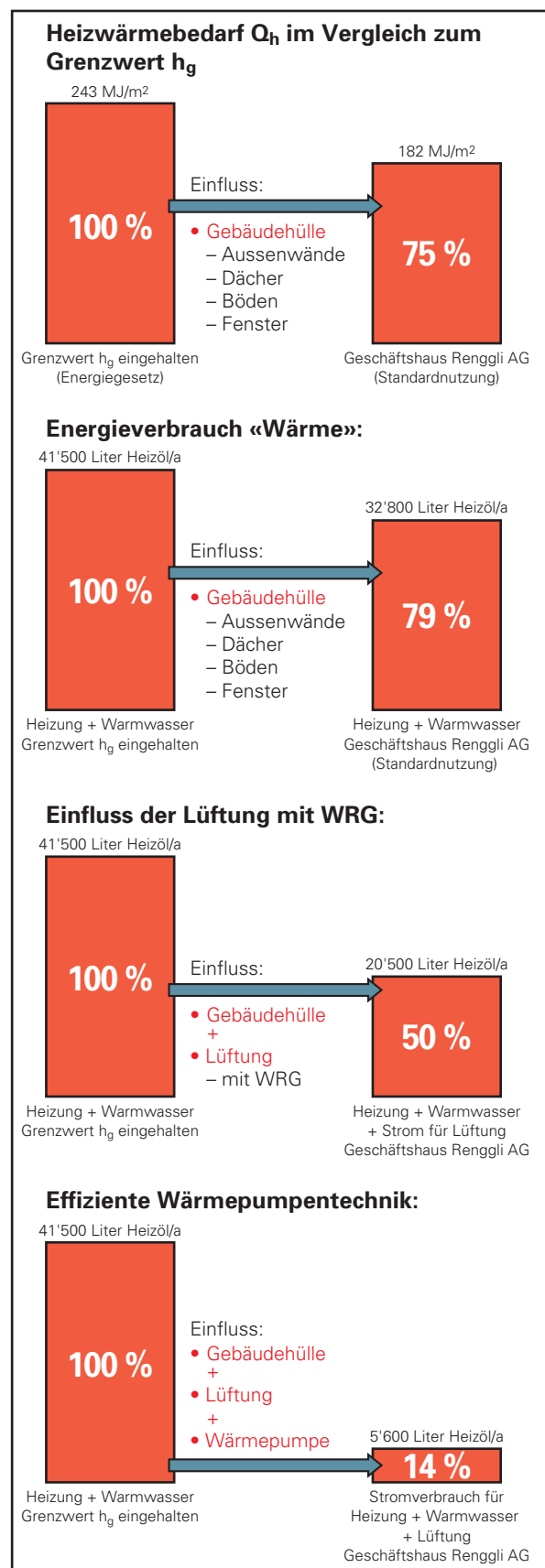
##### Einfluss der Lüftung mit WRG

Durch die eingebaute Lüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG) kann gegenüber einer konventionellen Lösung mit Fensterlüftung der Lüftungswärmeverlust und somit auch der Heizwärmebedarf wesentlich reduziert werden. Beim vorliegenden Objekt resultiert dadurch ein Energieverbrauch «Wärme», der gegenüber dem analogen Gebäude, das nur gerade den Grenzwert  $h_g$  erreicht, noch etwa 50 % beträgt. Bei dieser Betrachtung wurde der Strom für die Lüftung mitberücksichtigt.

##### Effiziente Wärmepumpentechnik

Der Energiebedarf für Heizung und Warmwasser wird mit zwei Grundwasser-Wärmepumpen abgedeckt, die eine Jahresarbeitszahl von etwa 4 aufweisen. Im Vergleich zu einer Ölheizung beim «Standardbau mit  $Q_h = h_g$ » kann damit der Energieverbrauch auf 14 % reduziert werden. Statt 41'500 Liter Heizöl würde das optimierte Gebäude für Heizung und Warmwasser umgerechnet nur noch 5'600 Liter Heizöl verbrauchen.

Selbst unter Berücksichtigung eines Gewichtungsfaktors für den Strom von 2,72 zeigt sich das wärmetechnisch-energetisch optimierte Gebäude gegenüber dem «Standardbau» mit Ölheizung um einen Faktor 3 ökologischer.



Energetische Kennwerte.

### MINERGIE-Standard

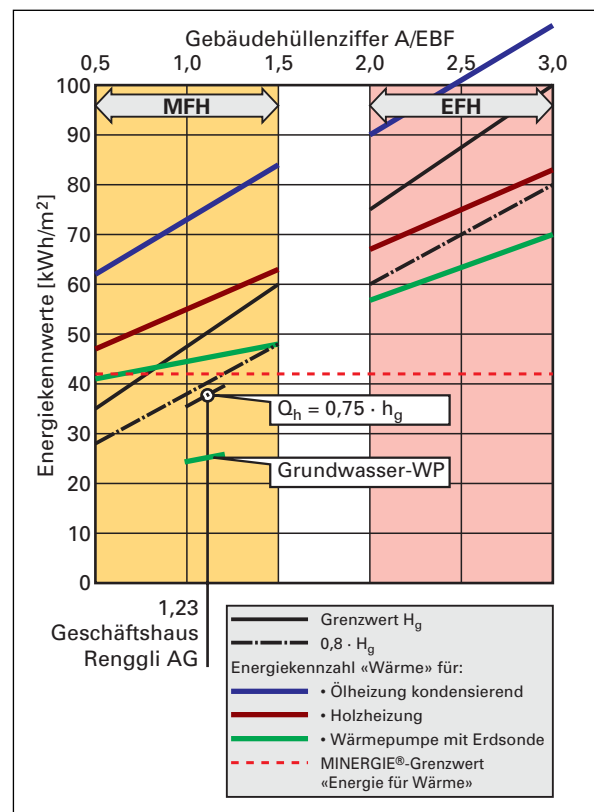
An MINERGIE-Bauten werden generell sehr hohe Ansprüche gestellt. Dies mit dem Ziel, behagliche Bauten bei möglichst geringem Einsatz von nicht erneuerbarer Energie zu erhalten und unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit und von Ästhetik/Architektur.

Der MINERGIE-Standard ist für Neubauten und Bauten vor 1990 (Sanierung), für 12 Gebäudekategorien, von Wohnbauten bis zu Sportbauten und Hallenbädern, definiert ([www.minergie.ch](http://www.minergie.ch)).

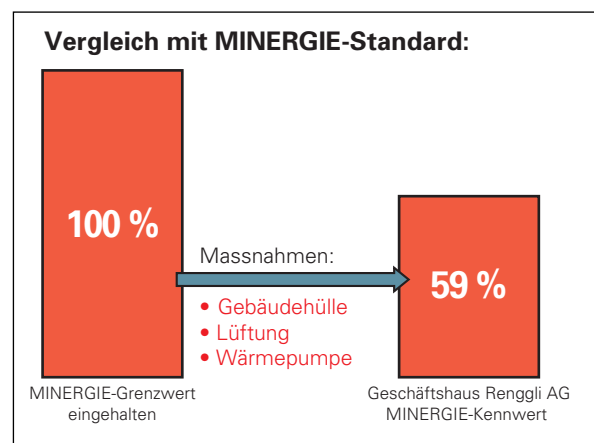
Die an die Gebäudehülle gestellte Anforderung des Heizwärmebedarfs  $Q_h$  von maximal 80 % des Grenzwertes  $H_g$ , bei Standardnutzung gemäss Norm SIA 380/1, ist meistens relativ leicht einzuhalten. Die an die gewichtete Energiekennzahl «Wärme» (Heizung, Warmwasser, Strom für Lüftung) gestellte Anforderung ist hingegen viel schwieriger zu erreichen, sie kann in der Regel nur durch den Einsatz von erneuerbarer Energie erreicht werden, wie z.B. mit:

- Sonnenkollektoren für Warmwasser
- Photovoltaik für Stromerzeugung
- Wärmepumpentechnik u.ä.

Für das Geschäftshaus Renggli AG galt als Berechnungsbasis die Empfehlung SIA 380/1, Ausgabe 1988 und die MINERGIE-Anforderung Stand 2001. Für die gemischte Nutzung «Geschäftshaus/Wohnen» musste ein Anforderungswert von 41,6 kWh/m<sup>2</sup> eingehalten werden. Mit einer gewichteten Energiekennzahl «Wärme» von 24,4 kWh/m<sup>2</sup> wurde der einzuhaltende Grenzwert um 41 % unterschritten.



MINERGIE-Standard am Beispiel Mehr- und Einfamilienhaus.



Das Wohn- und Geschäftshaus «Renggli» erfüllt den MINERGIE-Standard sehr gut.

## 5. Schallschutz

### 5.1 Anforderungen an Luftschallschutz

Die Anforderungen aus Norm SIA 181 resultieren aus der Beurteilung der Lärmempfindlichkeit des «Empfangsraumes» und vom Grad der Störung des «Senderraumes».

Zwischen unterschiedlichen Nutzungseinheiten im Bereiche Wohnen/Schlafen und bei den Büros muss als Mindestanforde-

rung eine bewertete Standard-Schallpegeldifferenz  $D_{nT,w}$  von  $\geq 52$  dB erreicht werden.

Beim Wohn- und Geschäftshaus der Renggli AG hat die Bauherrschaft die erhöhten Anforderungen verlangt: Es musste somit eine bewertete Standard-Schallpegeldifferenz  $D_{nT,w}$  von  $\geq 57$  dB erreicht werden.

| Lärmart:<br>Luftschall, Innenlärm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Grad der Störung                                                                                                 |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mindestanforderung [dB]<br>in Abhängigkeit vom«Grad<br>der Störung» und von der<br>«Lärmempfindlichkeit»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>klein</b><br><br>Geräuscharme Nutzung:<br><br>Lese-, Warteraum,<br>Patienten-, Sanitätszimmer,<br>Archiv usw. | <b>mässig</b><br><br>Normale Nutzung:<br><br>Wohn-, Schlafraum, Küche,<br>Bad, WC, Treppenhaus,<br>Korridor, Büroraum,<br>Konferenz-, Schulzimmer,<br>Labor usw. | <b>stark</b><br><br>Lärmige Nutzung:<br><br>Bastelraum, Musikzimmer,<br>Versammlungsraum,<br>Kantine, Heizung, Einstell-<br>garagen, Aufzugschäch-<br>te, Maschinenräume usw. | <b>sehr stark</b><br><br>Lärmintensive Nutzung:<br><br>Gewerbebetriebe, Werkstatt,<br>Turnhalle, Restaurations-<br>betrieb, Vergnügungslokal,<br>dazugehörige Treppen-<br>häuser usw. |
| Lärmempfindlichkeit:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                  |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                       |
| <b>gering:</b><br><br>Räume für vorwiegend manuelle<br>Tätigkeit. Beispiel: Werkstatt,<br>Handarbeitsraum, Korridor usw.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>42</b>                                                                                                        | <b>47</b>                                                                                                                                                        | <b>52</b>                                                                                                                                                                     | <b>57</b>                                                                                                                                                                             |
| <b>mittel:</b><br><br>Räume für geistiges Arbeiten, Wohnen<br>und Schlafen. Beispiel: Wohn- und<br>Schlafzimmer, Büroräume usw.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>47</b>                                                                                                        | <b>52</b>                                                                                                                                                        | <b>57</b>                                                                                                                                                                     | <b>62</b>                                                                                                                                                                             |
| <b>hoch:</b><br><br>Räume für Benutzer mit besonders<br>hohem Ruhebedürfnis. Beispiel:<br>Ruheräume, Lese-, Studierzimmer usw.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>52</b>                                                                                                        | <b>57</b>                                                                                                                                                        | <b>62</b>                                                                                                                                                                     | <b>67</b>                                                                                                                                                                             |
| <b>Erhöhte Anforderung [dB]:</b><br>(vertraglich vereinbaren, wenn<br>höhere Ansprüche gestellt werden)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>+ 5</b>                                                                                                       |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                       |
| Anforderungswerte:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | bewertete Standard-Schallpegeldifferenz: $D_{nT,w}$                                                              |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                       |
| Dämmwert des<br>Bauteils/Trennelementes:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | bewertetes Schalldämmmass: $R'_{w,res}$<br>geforderte, resultierende Dämmung: $R'_{w,res} = D_{nT,w} + C$        |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                       |
| <p>Pegelkorrektur C als Funktion von<br/>gemeinsamer Trennfläche (A) und<br/>Volumen (V) des Empfangsraumes:</p> <ul style="list-style-type: none"><li><math>V \leq 100 \text{ m}^3</math>:<br/><math>C = -10 \log(V) + 10 \log(A) + 4,9 \quad [\text{dB}]</math></li><li><math>V &gt; 100 \text{ m}^3</math> und <math>\leq 2500 \text{ m}^3</math>:<br/><math>C = -5 \log(V) + 10 \log(A) - 5,1 \quad [\text{dB}]</math></li><li><math>V &gt; 2500 \text{ m}^3</math>:<br/><math>C = -10 \log(V) + 10 \log(A) + 11,9 \quad [\text{dB}]</math></li></ul> |                                                                                                                  |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                       |

## 5.2 Anforderungen an Trittschallschutz

Analog wie beim Luftschallschutz sind in Norm SIA 181 die Anforderungen von der Beurteilung der Lärmempfindlichkeit des «Empfangsraumes» und vom Grad der Störung des «Senderraumes» abhängig. Zwischen unterschiedlichen Nutzungseinheiten im Bereiche Wohnen/Schlafen und bei den Büros ist die Mindestanforderung beim Trittschallschutz dann eingehalten, wenn ein bewerteter Standard-Trittschall-

pegel  $L_{nT,w}$  von  $\leq 55$  dB erreicht wird. Zur Erreichung der erhöhten Anforderungen musste ein bewerteter Standard-Trittschallpegel  $L_{nT,w}$  von  $\leq 50$  dB zu erreicht werden.

| Lärmart:<br>Körperschall, Trittschall                                                                | Grad der Störung                                                                                    |                                                                                                                     |                                                                         |                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                      | klein                                                                                               | mässig                                                                                                              | stark                                                                   | sehr stark                                                                                                              |
| Mindestanforderung [dB] in Abhängigkeit vom«Grad der Störung» und von der «Lärmempfindlichkeit»      | Lese-, Warteraum, Archiv usw.                                                                       | Wohn-, Schlafräum, Küche, Bad, WC, Korridore, Treppe, Laubengänge, Büro-, Heiz- und Klimaraum, Einstellgaragen usw. | Restaurant, Saal, Korridore, Turnhalle, Werkstatt, Musikübungsraum usw. | Die in der Stufe «stark» festgehaltenen Nutzungen, wenn diese auch in der Nacht zwischen 22.00 und 06.00 Uhr vorkommen. |
| Lärmempfindlichkeit:                                                                                 |                                                                                                     |                                                                                                                     |                                                                         |                                                                                                                         |
| gering:                                                                                              |                                                                                                     |                                                                                                                     |                                                                         |                                                                                                                         |
| Räume für vorwiegend manuelle Tätigkeit. Beispiel: Werkstatt, Handarbeitsraum, Korridor usw.         | 65                                                                                                  | 60                                                                                                                  | 55                                                                      | 50                                                                                                                      |
| mittel:                                                                                              |                                                                                                     |                                                                                                                     |                                                                         |                                                                                                                         |
| Räume für geistiges Arbeiten, Wohnen und Schlafen. Beispiel: Wohn- und Schlafzimmer, Büroräume usw.  | 60                                                                                                  | 55                                                                                                                  | 50                                                                      | 45                                                                                                                      |
| hoch:                                                                                                |                                                                                                     |                                                                                                                     |                                                                         |                                                                                                                         |
| Räume für Benutzer mit besonders hohem Ruhebedürfnis. Beispiel: Ruheräume, Lese-, Studierzimmer usw. | 55                                                                                                  | 50                                                                                                                  | 45                                                                      | 40                                                                                                                      |
| Erhöhte Anforderung [dB]:<br>(vertraglich vereinbaren, wenn höhere Ansprüche gestellt werden)        | - 5                                                                                                 |                                                                                                                     |                                                                         |                                                                                                                         |
| Anforderungswerte:                                                                                   | bewerteter Standard-Trittschallpegel: L' nT,w                                                       |                                                                                                                     |                                                                         |                                                                                                                         |
| Dämmwert des Bauteils/Trennelementes:                                                                | bewerteter Norm-Trittschallpegel: L' n,w<br>geforderter Norm-Trittschallpegel: L' n,w = L' nT,w + B |                                                                                                                     |                                                                         |                                                                                                                         |

Pegelkorrektur B als Funktion des Volumens (V) des Empfangsraumes:

- V ≤ 100 m³:  
B = 10 log(V) – 14,9 [dB]
- V > 100 m³ und ≤ 2500 m³:  
B = 5 log(V) – 4,9 [dB]
- V > 2500 m³:  
B = 10 log(V) – 21,9 [dB]

| Volumen V [m³] | Pegelkorrektur B [dB] |
|----------------|-----------------------|
| 10             | -5.9                  |
| 20             | -2.9                  |
| 50             | 2.1                   |
| 100            | 5.1                   |
| 200            | 6.1                   |
| 500            | 7.6                   |
| 1000           | 8.6                   |
| 2000           | 10.1                  |
| 2500           | 12.1                  |
| 5000           | 15.1                  |

### 5.3 Dimensionierung der Bauteile

#### 1. Schritt: Anforderung an Bauteil

In Abhängigkeit von der gemeinsamen Trennfläche (Luftschallschutz) und dem Volumen des Empfangsraumes (Luft- und Trittschallschutz) werden unter Berücksichtigung der Pegelkorrekturen C (Luftschall) und B (Trittschall) aus den Schallschutzanforderungen die zu erreichenden Bauteilkennwerte errechnet.

Am Beispiel einer Geschossdecke zwischen Büros unterschiedlicher Nutzungseinheiten ergeben sich folgende Kennwerte:

- Bauteilfläche = 24,5 m<sup>2</sup>
- Raumhöhe = 2,52 m
- Raumvolumen = 61,8 m<sup>3</sup>
- Pegelkorrektur C = 1 dB
- Pegelkorrektur B = 3 dB

Luftschalldämmvermögen der Decke:

$$- R'_w = D_{nT,w} + C = 57 + 1 = 58 \text{ dB}$$

Trittschalldämmvermögen der Decke:

$$- L'_{n,w} = L'_{nT,w} + B = 50 + 3 = 53 \text{ dB}$$

#### 2. Schritt: Wahl der Baukonstruktion

Es gilt nun die Baukonstruktion so zu konzipieren, dass die an das Bauteil gestellten Anforderungen und somit auch der Schallschutz zwischen den relevanten Räumen gewährleistet werden kann.

Dabei gilt es neben den physikalischen Randbedingungen wie Flächengewicht (Massegesetz), Schalenabstand und Güte der Trennung bei mehrschaligen Konstruktionen, Wellenkoinzidenz, Doppelschalenresonanz, Dickenresonanz usw. insbesondere auch die Nebenwegübertragungen über flankierende Bauteile und allfällige «Schallundichtigkeiten» infolge Installationen u.ä. zu beachten.

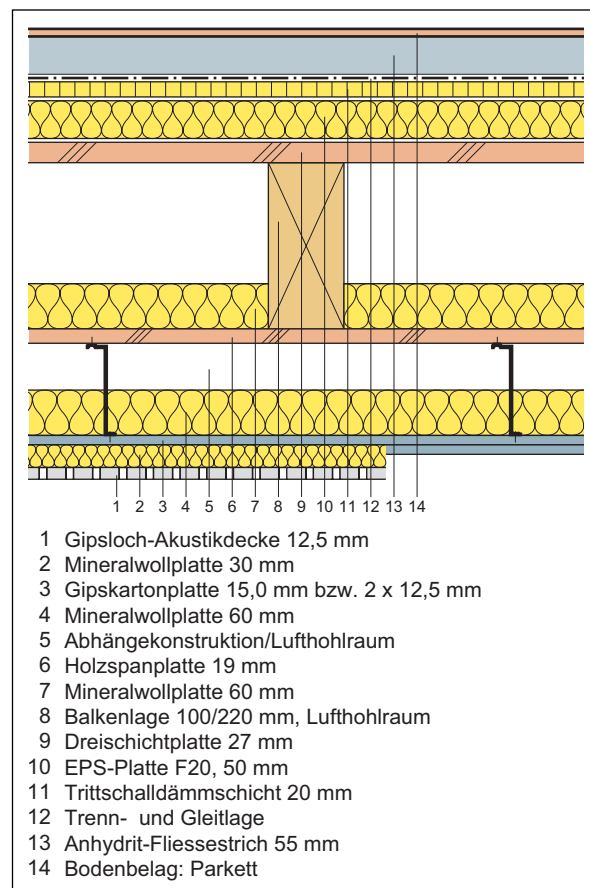
Rechenmodelle, welche sämtliche schalltechnischen Einflüsse im Holzbau korrekt erfassen, fehlen noch weitgehend. Für die Auslegung von Konstruktionen muss deshalb neben vereinfachten Berechnungsverfahren auf Bau- und Labormes-

sungen von vergleichbaren Konstruktionen zurückgegriffen werden.

Beim industriell vorgefertigten Holzbau ist es von Vorteil, wenn auf eigene Baumesungen zurückgegriffen werden kann. Dies ist z. B. dann möglich, wenn im Rahmen der VGQ-Zertifizierung charakteristische Bauteile bezüglich Luft- und Trittschalldämmvermögen periodisch messtechnisch überprüft werden.

#### Konstruktionsbeispiel Geschossdecke

Gestützt auf physikalische Funktionsprinzipien und Erkenntnisse aus Schallmessungen wurde die Geschossdecke wie folgt konzipiert:



Geschossdecke beim Wohn- und Geschäftshaus «Renggli».

Für diese Geschossdecke wurden folgende Schalldämmwerte prognostiziert:

- Luftschalldämmvermögen  $R'_w \approx 60 \text{ dB}$
- Trittschalldämmvermögen  $L'_{n,w} \approx 50 \text{ dB}$

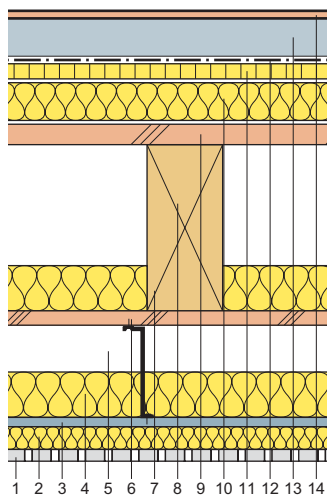
## 4.4 Erfolgskontrolle mit Schallmessungen

### Geschossdecke: Luft- und Trittschalldämmvermögen

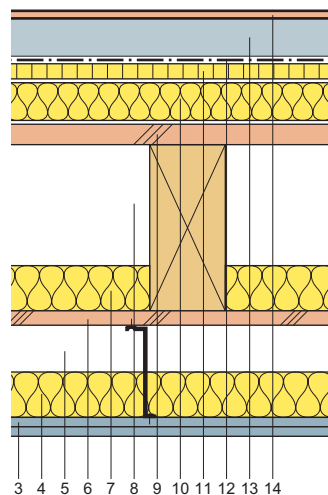
#### Konstruktionsaufbau:

- 1 Gipsloch-Akustikdecke 12,5 mm
- 2 Mineralwollplatte 30 mm
- 3 Gipskartonplatte 15,0 mm  
bzw. 2 x 12,5 mm
- 4 Mineralwollplatte 60 mm
- 5 Abhängekonstruktion/Lufthohlraum
- 6 Holzspanplatte 19 mm
- 7 Mineralwollplatte 60 mm
- 8 Balkenlage 100/220 mm,  
Lufthohlraum
- 9 Dreischichtplatte 27 mm
- 10 EPS-Platte F20, 50 mm
- 11 Trittschalldämmschicht 20 mm
- 12 Trenn- und Gleitlage
- 13 Anhydrit-Fliesestrich 55 mm
- 14 Bodenbelag: Parkett

V.1

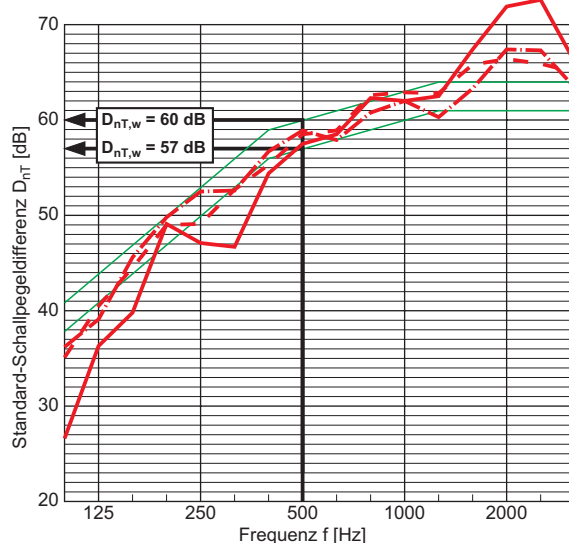


V.2



#### Luftschalldämmvermögen

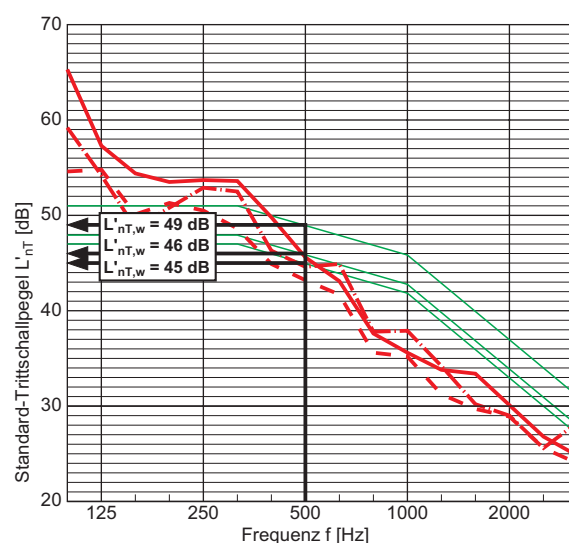
##### Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT}$



$R'_w = 58 \text{ dB (V.1) bzw. } 61 \text{ dB (V.2)}$

#### Trittschalldämmvermögen

##### Standard-Trittschallpegel $L'_{nT}$



$L'_{n,w} = 52 \text{ dB (V.1) bzw. } 48 \text{ und } 49 \text{ dB (V.2)}$

Die erhöhten Anforderungen an den Schallschutz können bei Nutzungen wie Wohnen, Büros, Schule u.ä. mit beiden Deckenvarianten erfüllt werden.

Die Messungen haben gezeigt, dass der Luftschall- und der Trittschallschutz mit einer zweilagigen Vorsatzschale aus Gipskartonplatten gegenüber der einschaligen Lösung um etwa 3 dB besser ist. Wenn die

erhöhten Anforderungen garantiert werden müssen, empfiehlt es sich die Variante 2, mit einer biegeweich abgehängten Decke aus zwei Lagen Gipskartonplatten auszuführen.

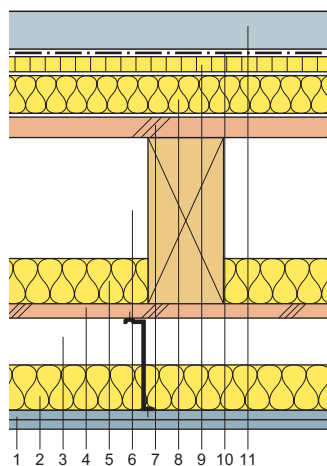
Auch die Deckenkonstruktion Variante 2 kann additiv mit einer Akustikdecke ergänzt werden, ohne das Schalldämmvermögen zu beeinflussen.

### Geschossdecke: Einfluss der biegeweich abgehängten Vorsatzschale

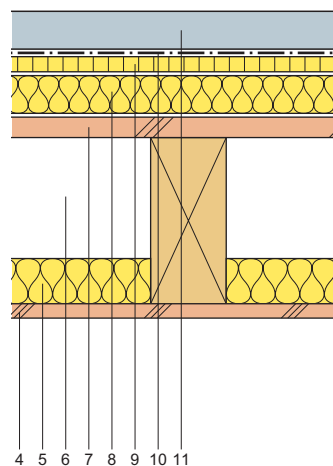
#### Konstruktionsaufbau:

- 1 Gipskartonplatten 2 x 12,5 mm
- 2 Mineralwollplatte 60 mm
- 3 Abhängekonstruktion/Lufthohlraum
- 4 Holzspanplatte 19 mm
- 5 Mineralwollplatte 60 mm
- 6 Balkenlage 100/220 mm, Lufthohlraum
- 7 Dreischichtplatte 27 mm
- 8 EPS-Platte F20, 50 mm
- 9 Trittschalldämmschicht 20 mm
- 10 Trenn- und Gleitlage
- 11 Anhydrit-Fliessestrich 55 mm

V.1

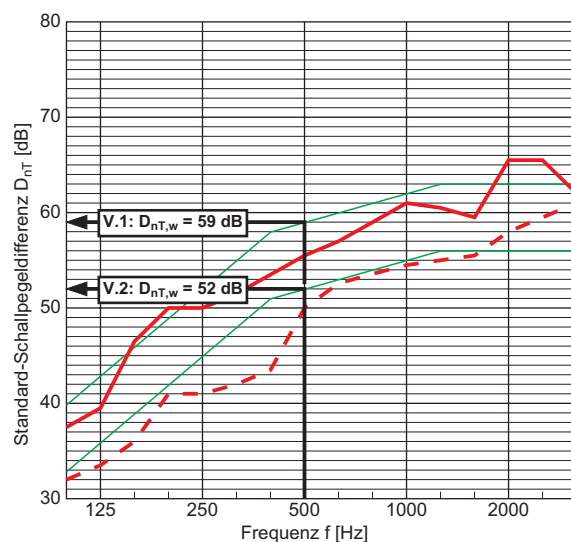


V.3



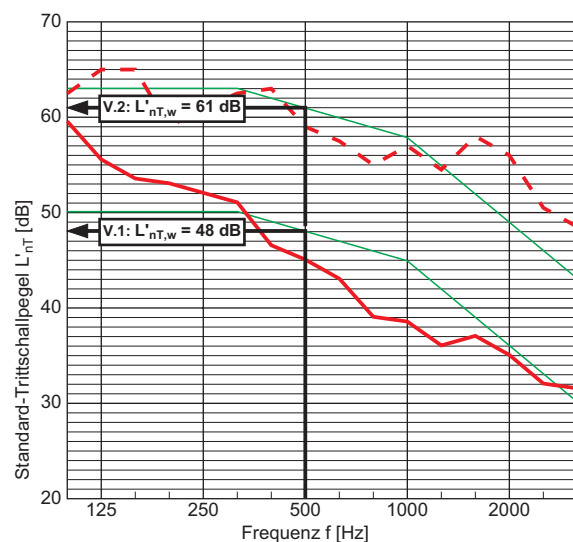
#### Luftschalldämmvermögen

##### Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT}$


 $R'_w = 60 \text{ dB (V.1) bzw. 53 dB (V.3)}$ 

#### Trittschalldämmvermögen

##### Standard-Trittschallpegel $L'_{nT}$


 $L'_{n,w} = 51 \text{ dB (V.1) bzw. 64 dB (V.3)}$ 

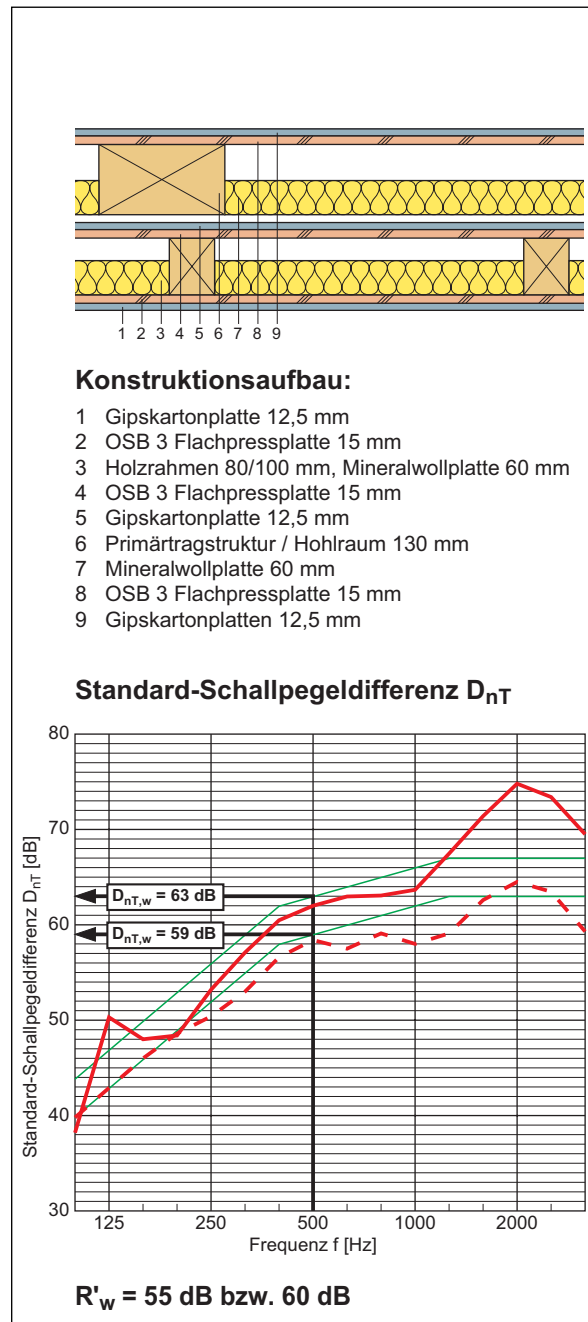
Während der Bauausführung bestand die Möglichkeit, je eine Decke mit bzw. ohne die biegeweich abgehängte Gipskartonplatte zu messen. Dadurch kann der schalltechnisch grosse Einfluss dieser biegeweichen Vorsatzschale gezeigt werden:

- Das Luftschalldämmvermögen der Konstruktion kann um 7 dB verbessert werden. Nur mit dieser Vorsatzschale kann das Erreichen der erhöhten Anforderungen im Nutzungsbereich Wohnen/Büros gewährleistet werden. Ohne diese Vor-

satzschale ist selbst das Erreichen der Mindestanforderungen mit zu grossen Unsicherheiten behaftet.

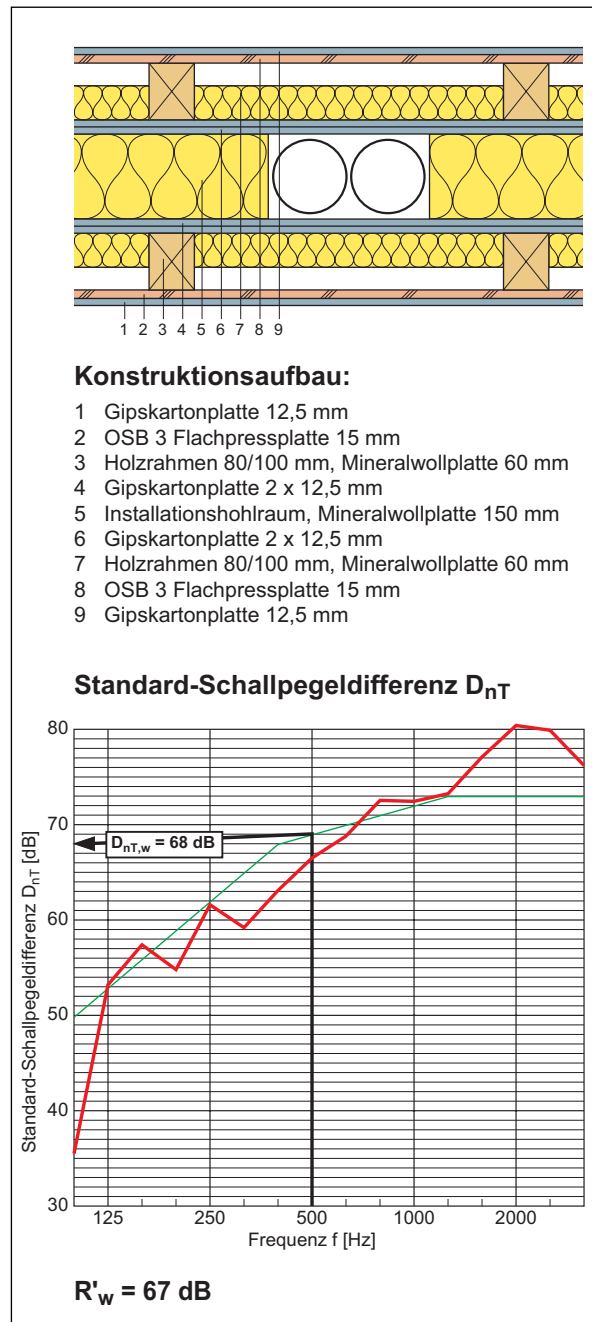
- Beim Trittschallschutz ist der Einfluss der Vorsatzschale noch grösser, die Differenz zwischen den beiden Konstruktionen beträgt 12 dB. Ohne die biegeweich abgehängte Vorsatzschale kann beim Trittschallschutz selbst die Mindestanforderung nicht erreicht werden.

### Bürotrennwand



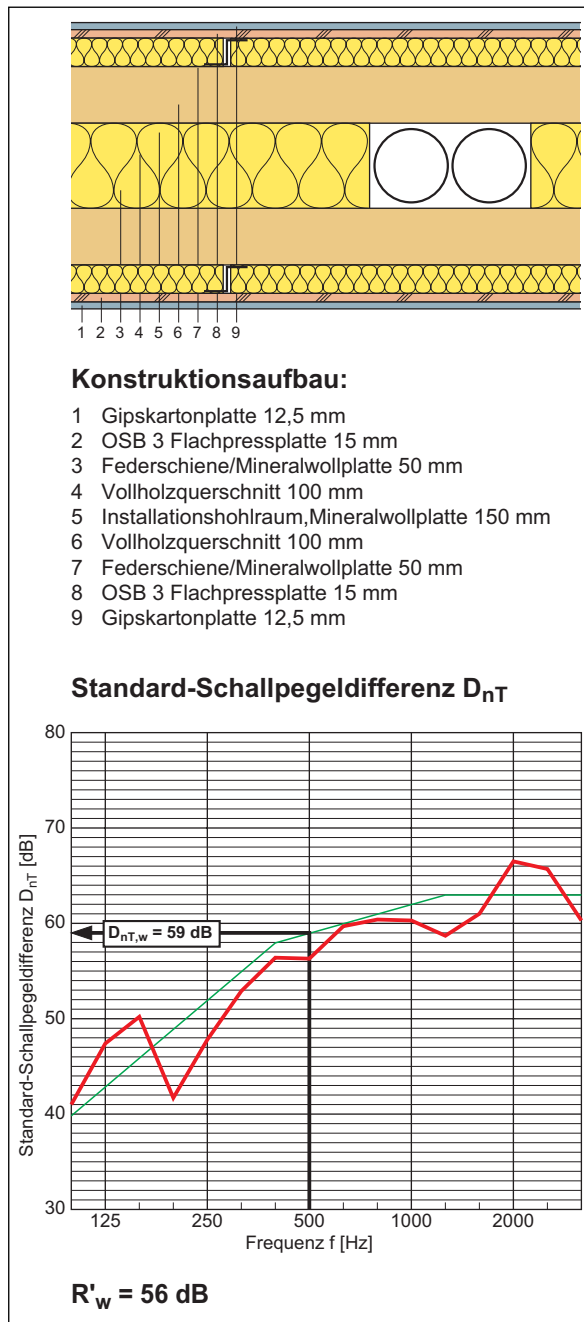
Vom Konstruktionsaufbau her hat diese Wand sicherlich das Potential ein bewertetes Schalldämmmass  $R'_w$  von 60 dB zu erreichen. Das wesentliche Unterschreiten dieses Wertes bei der einen Messung ist mit grosser Wahrscheinlichkeit auf starre Verbindungen zwischen den beiden Tragstrukturen zurückzuführen. Das Verbesserungsmass der Vorsatzschale wird dadurch wesentlich reduziert.

### Wohnungstrennwand im 3. OG



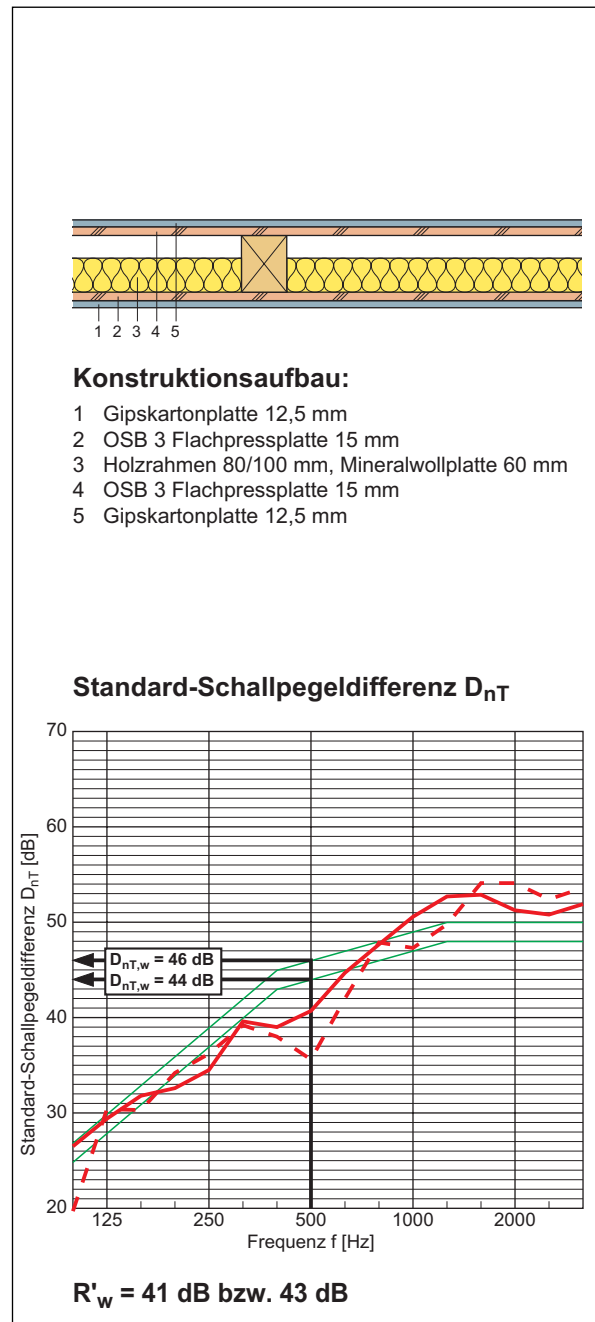
Durch die konsequente Trennung der beiden statisch unabhängigen Wandkonstruktionen und der angrenzenden Decken- bzw. Dachkonstruktionen wird mit diesem Konstruktionsaufbau ein sehr guter Luftschallschutz erreicht. Das bewertete Schalldämmmass  $R'_w$  beträgt 67 dB.

### Wohnungstrennwand im 2. OG



Mit einem bewerteten Schalldämmmass  $R'_w$  von 56 dB gewährleistet diese Wand bei eher grossem Empfangsraumvolumen im Vergleich zur Trennbauteilfläche die erhöhte Anforderung an den Luftschallschutz von  $D_{nT,w} \geq 57$  dB.

### Büro- und Zimmertrennwand intern

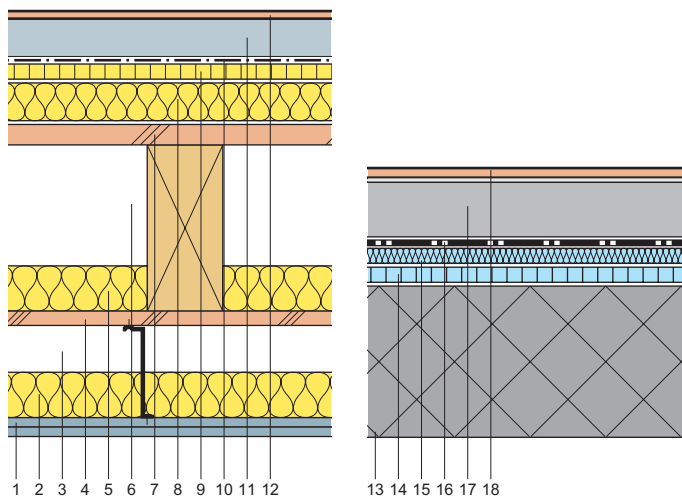


Mit einem bewerteten Schalldämmmass  $R'_w$  von etwa 42 dB gewährleistet diese Trennwand einen ähnlichen Schallschutz wie eine dünne, beidseitig verputzte Backsteinwand. Solche Trennwände genügen zwischen Räumen der gleichen Nutzungseinheit, wenn keine Anforderungen an die Vertraulichkeit gestellt werden.

### Quervergleiche: Holz-/Massivbau

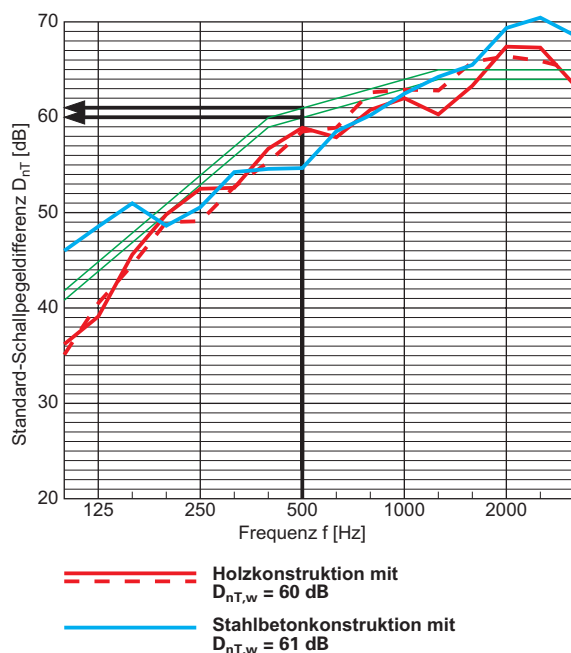
#### Konstruktionsaufbauten:

- 1 Gipskartonplatten 2 x 12,5 mm
- 2 Mineralwollplatte 60 mm
- 3 Abhängekonstruktion/Lufthohlraum
- 4 Holzspanplatte 19 mm
- 5 Mineralwollplatte 60 mm
- 6 Balkenlage 100/220 mm, Lufthohlraum
- 7 Dreischichtplatte 27 mm
- 8 EPS-Platte F20, 50 mm
- 9 Trittschalldämmschicht 20 mm
- 10 Trenn- und Gleitlage
- 11 Anhydrit-Fliessestrich 55 mm
- 12 Bodenbelag: Parkett
- 13 Stahlbeton 250 mm
- 14 Trittschalldämmschicht 20 mm
- 15 Polystyrolhartschaumplatte EPS 30, 20 mm
- 16 Trenn- und Gleitlage
- 17 Unterlagsboden 80 mm
- 18 Bodenbelag: Parkett



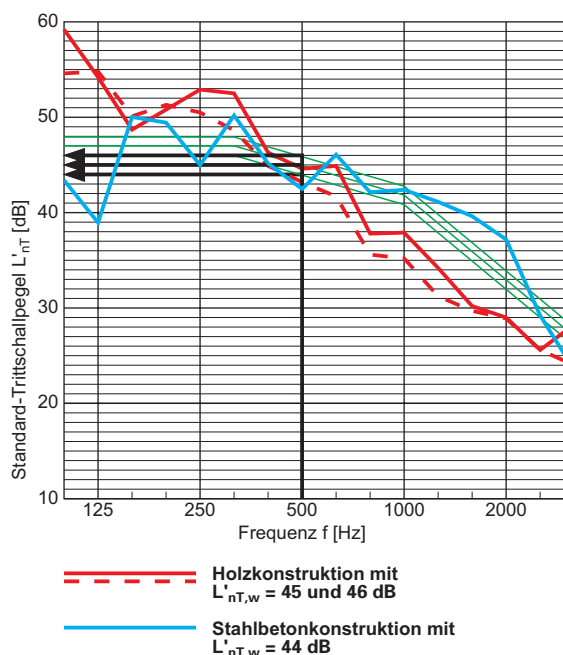
#### Luftschalldämmvermögen

##### Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT}$



#### Trittschalldämmvermögen

##### Standard-Trittschallpegel $L'_{nT}$



Beim Luftschallschutz erreichen die beiden Decken vergleichbare  $D_{nT,w}$ -Werte. Nur im Tieftonbereich weist die Stahlbetondecke auf Grund der hohen Flächenmasse bessere Werte auf als eine Holzbalkendecke. Durch die «Raum-in-Raum-Lösungen» der raumweisen Beplankungen treten beim Holzbau in der Regel geringere Schalllängsleitungen durch Wände auf, wie beim Massivbau.

Auch beim Trittschallschutz treten die wesentlichen Unterschiede im tieffrequenten Bereich auf, wobei diese im Tiefton reduzierte Schalldämmung bei Holzdecken auch subjektiv wahrgenommen wird. Eine schalltechnisch bessere Holzdecke würde eine Erhöhung der Flächenmasse im Bereich der Tragkonstruktion bedingen.

## 6. Brandschutzkonzept

In enger Zusammenarbeit mit der Brandschutzbehörde des Kantons Luzern wurde für dieses mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise ein objektbezogenes Brandschutzkonzept erarbeitet. Gestützt auf Artikel 11 der gültigen VKF-Brandschutznorm (Ausgabe 1993) ergeben sich folgende Brandschutzmassnahmen:

### 6.1 Objektgeometrie

#### Geschosse

- 1 Untergeschoss
- 3 Büro- und Wohngeschosse
- 1 Attikawohngeschoss

#### Gebäudehöhen

- Bürobereich: etwa 10 m
- Wohnbereich: etwa 13 m

#### Abmessungen

- Aussenmasse: 41,0 x 41,0 m
- Grundrissfläche: etwa 1'700 m<sup>2</sup> (inkl. Innenhof)

#### Aufteilung

- Bürobereich: 27,0 x 41,0 m
- Wohnbereich: 14,0 x 41,0 m
- Innenhof: 15,0 x 15,0 m

### 6.2 Nutzungen

#### Untergeschoss

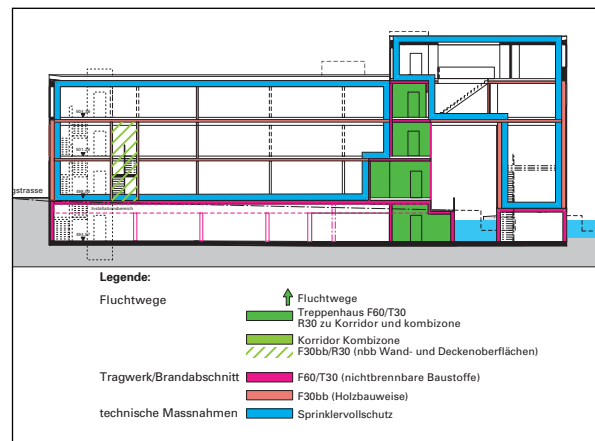
- Einstellhalle für Motorfahrzeuge 1'150 m<sup>2</sup>
- Kellerräume Wohnungen
- Lagerräume Büro
- Technikräume

#### Erdgeschoss

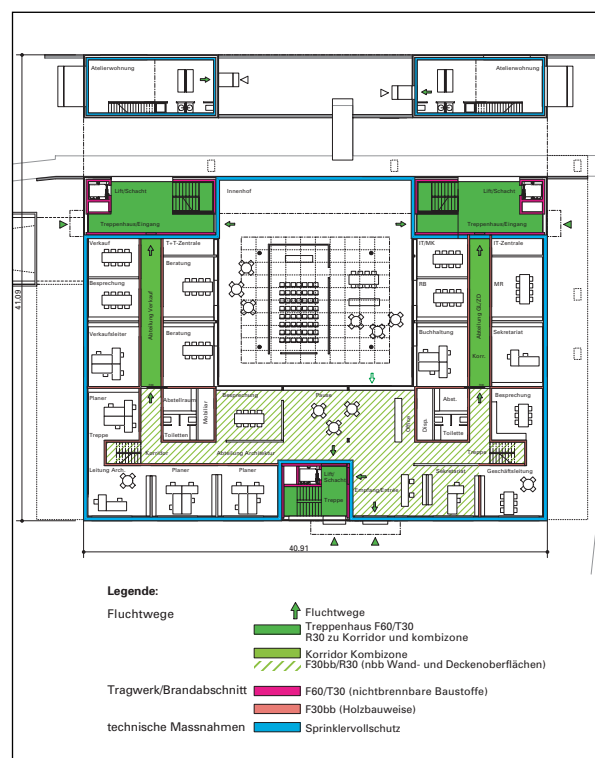
- Atelierwohnung auf Flussinsel
- Bürobereich
- Kombizone offen über interne Treppen mit 1. OG verbunden
- Innenhof

#### 1. Obergeschoss

- Galerie Atelierwohnung
- Bürobereich
- Kombizone offen über interne Treppen mit EG verbunden



Brandschutzkonzept (Baueingabe): Schnitt.



Brandschutzkonzept (Baueingabe): Grundriss EG.

#### 2. Obergeschoss

- 3 Geschosswohnungen
- 2 interne Treppen zu Wohnungen im Attika
- Bürobereich

#### 3. Obergeschoss (Attika)

- 2 Wohnungen (via interne Treppe aus 2. OG erschlossen)
- Dachterrassen

### 6.3 Fluchtwege

#### Anzahl Treppenanlagen

- 3 Fluchttreppenhäuser

#### Feuerwiderstand Treppenhäuser

- F60 (nichtbrennbare Massivbauweise)
- T30-Türen zu Wohnungen
- R30-Türen zu Büro-/Kombizone

#### Feuerwiderstand Korridore

- F30bb / R30

#### Feuerwiderstand Kombizone

- F30bb / R30

#### Ausbau

- Nichtbrennbare Wand- und Deckenoberflächen/-verkleidungen (BKZ 6q.3);
- Nichtbrennbare Treppenkonstruktion
- Brennbare Bodenbeläge (BKZ 4.2)

### 6.4 Tragwerk

#### UG

- F60 (nichtbrennbare Massivbauweise)

#### Wohnbereich EG, 1. und 2.OG

- F30bb

#### Bürobereich EG und 1. OG

- F30bb

#### Oberstes Geschoss

- Ohne Feuerwiderstand

### 6.5 Brandabschnitte

#### Treppenanlagen

- Siehe Fluchtwege

#### Liftschächte

- Kein Brandabschnitt zu Treppenhaus
- F60 / A30 zu Wohnungen im 3.OG

#### Korridore / Kombizone

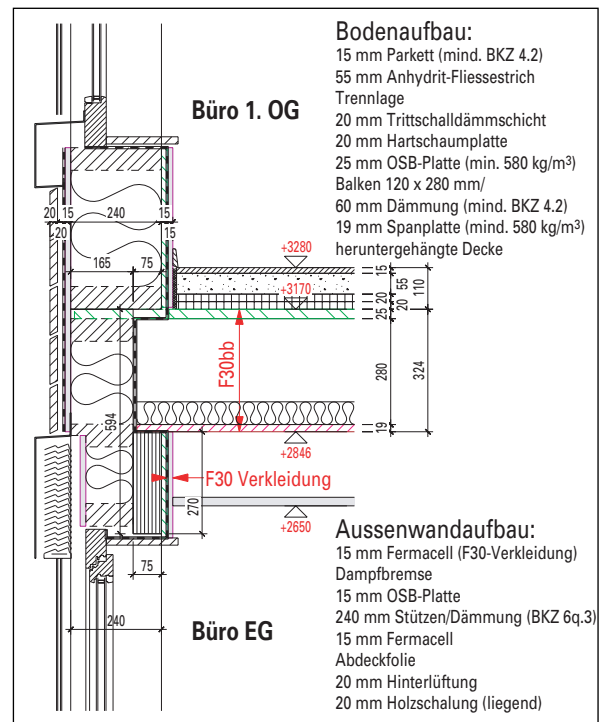
- Siehe Fluchtwege

#### UG

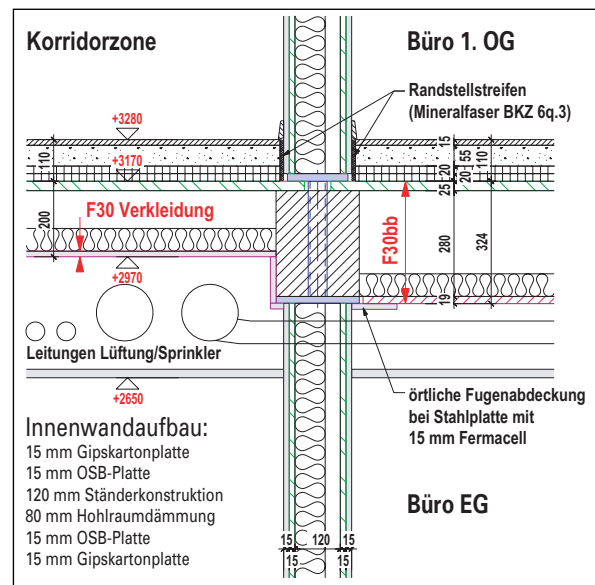
- F60 / T30

#### EG, 1. bis 3.OG

- F30bb / T30 (evtl. R30)



Detail: Aussenwand-Decke im Bürotrakt.



Detail: Korridortrennwand-Decke im Bürotrakt.

### 6.6 Aussenwände

#### Feuerwiderstand

- F30bb

#### Aussenwandverkleidung

- Holz oder Holzwerkstoffe BKZ 4.3

## 6.7 Technische Massnahmen

### *Sprinkleranlage*

- Sprinkleranlage als Vollschutz im Büro- und Wohnbereich

### *Haustechnische Anlagen*

- Ausführung gemäss Vorschrift

### *Nasslöschposten*

- Anzahl gemäss Vorschrift

## 6.8 Schlussfolgerung

Die Realisierung einer Holzbauweise für dieses 4-geschossige Gebäude ist in Kombination mit einem Sprinklervollschutz im Büro- und Wohnbereich möglich. Weil mit dem Sprinklervollschutz eine Brandausbreitung über die Fassade stark eingeschränkt wird, ist die Montage einer Aussenwandverkleidung in Holz ebenfalls ohne zusätzlichen Massnahmen möglich. Das klare und einfache Fluchtwegkonzept gewährleistet eine hohe Personensicherheit.

## 7. Ingenieurholzbau

Der Neubau der Renggli AG in Sursee besteht aus zwei verschiedenen Gebäudeteilen mit unterschiedlichen Tragsystemen.

### 7.1 Bürotrakt

Der dreigeschossige, U-förmige Bürotrakt enthält als statisches Haupttragwerk einen Skelettbau. Die Raumaufteilung mit der mittigen etwa 2 Meter breiten Erschliessungszone (Korridor) und den seitlichen Büroräumen (etwa 4,8 Meter breit) gliedert den ganzen Gebäudetrakt. Diese klare Struktur ergibt einen sinnvollen Stützenraster für den Holzbau. Neben dem Korridor stehen in einem Abstand von 2,9 Meter tragende Holzstützen.

Die Aussenwände mit den grossen Fensteröffnungen sind tragend ausgebildet. Die Lasten werden via integrierte Kerto-Unterzüge auf die, dem Raster entsprechend positionierten, tragenden Hauptstützen geleitet.



Auflage Decke bei Aussenwand auf Kerto Unterzug.

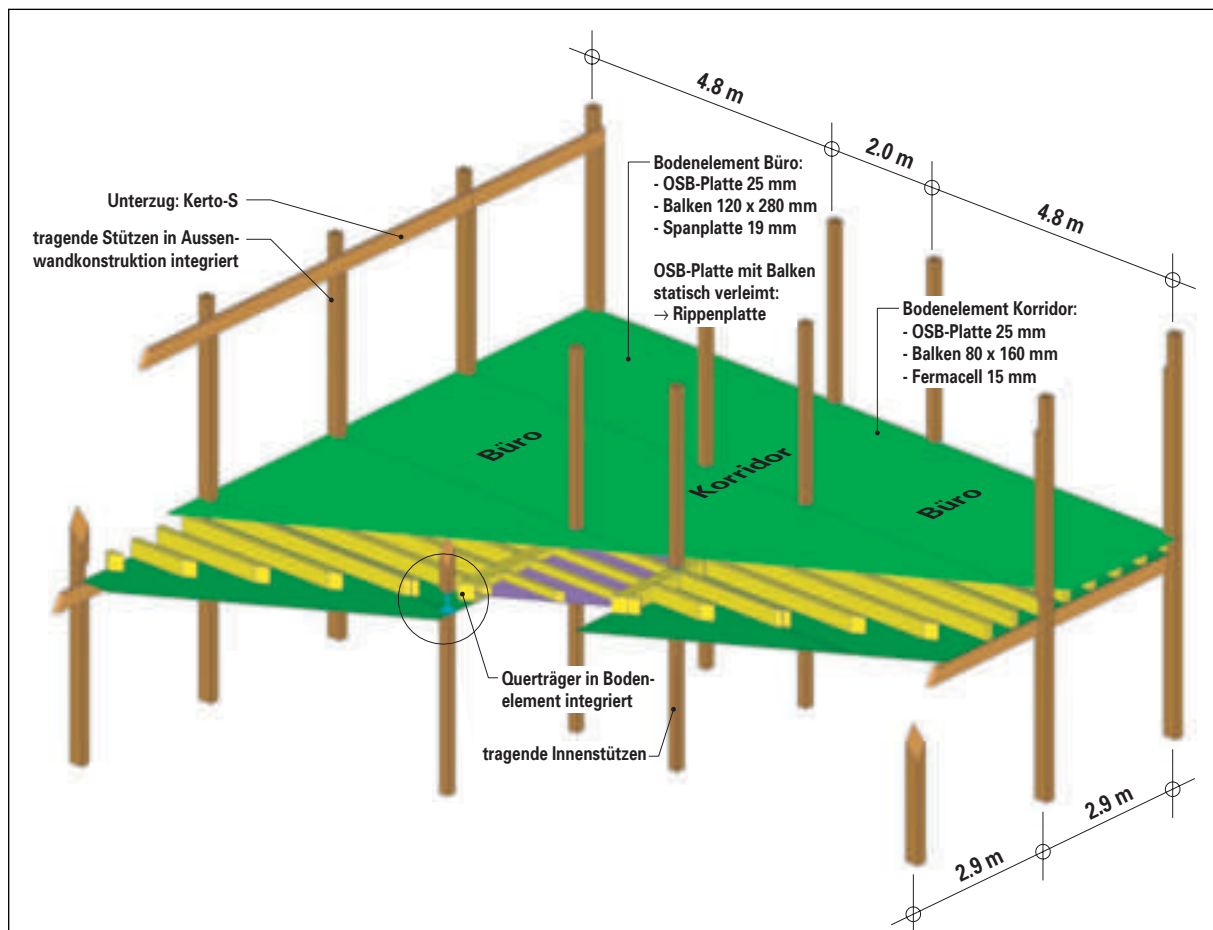
Die vertikale Lastabtragung durch die Geschossdecken erfolgt bei den Innenstützen mit Stahlteilen. Bei den Aussenwänden sind die tragenden Stützen oben ausgeklinkt. Zur Gewährleistung sehr geringer Setzmasse erfolgt die vertikale Lastabtra-



Stützenraster Korridorbereich.



Leitungsführung im Korridorbereich.



Bürotrakt: Haupttragwerk Holzbau.

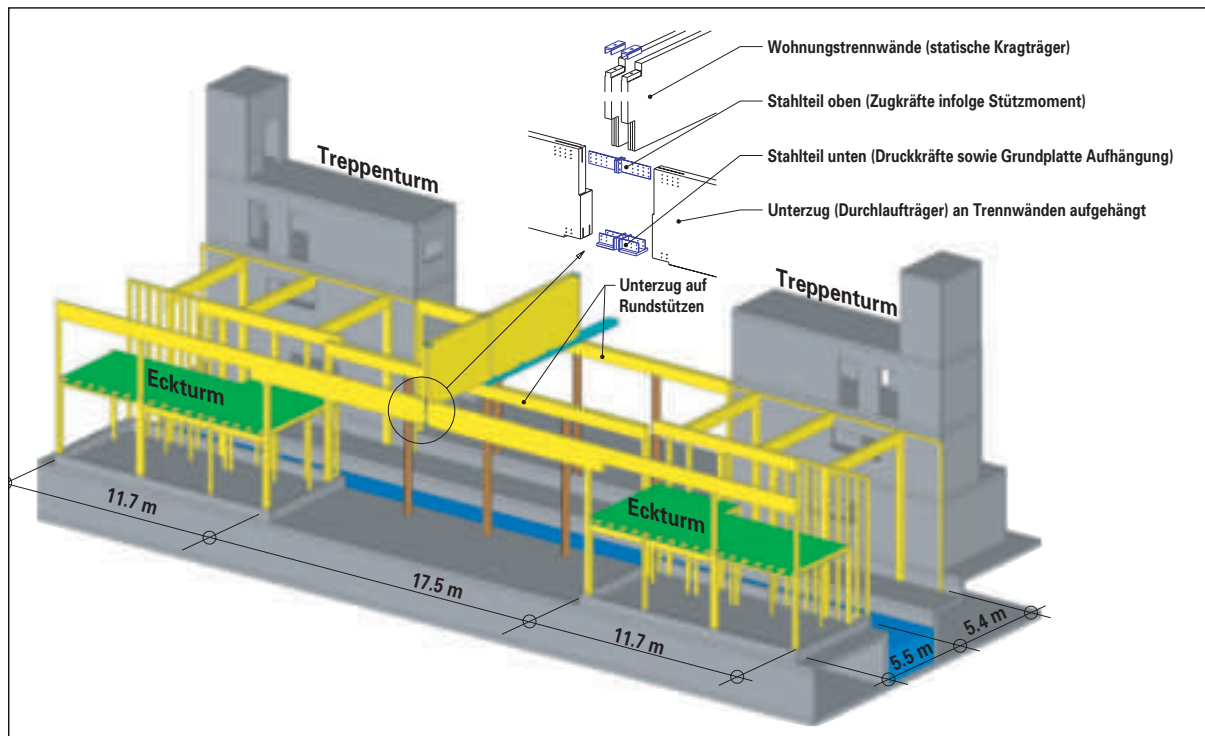
gung somit ausschliesslich durch stehende Hölzer. Die Decken über den Büroräumen sind als Rippenplatten ausgebildet. Diese sind auf dem Kerto-Träger (Aussenwand) und an einen integrierten Querträger (zwischen den Korridor-Stützen) auf-

gelagert. Über der Korridorzone sind entsprechend der Spannweite kleine Balkenquerschnitte eingesetzt worden. Diese Platzersparnis kann so optimal für die Führung der Hauptleitungen der Lüftungs- und Sprinkleranlage genutzt werden.

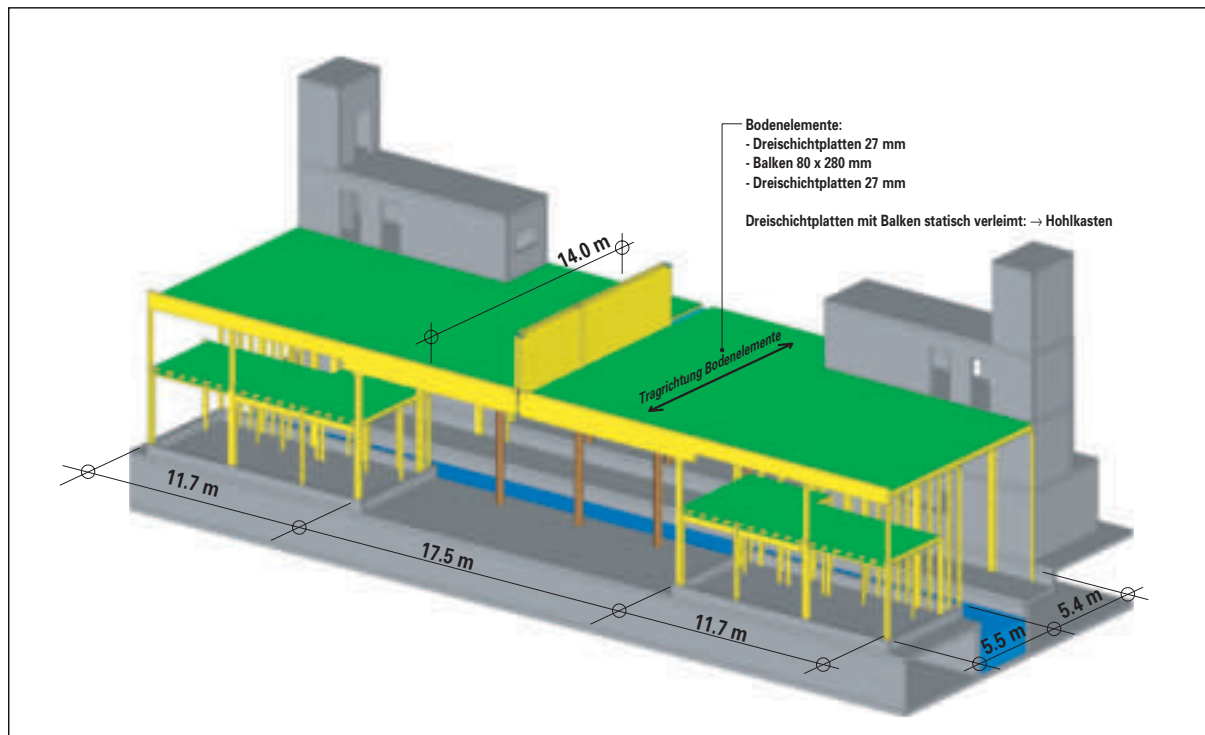
## 7.2 Wohntrakt

Der Gebäudeteil über dem Fluss besteht in den ersten zwei Geschossen aus zwei freistehenden Atelier-Wohnungen, welche als

Eck-Türme auf der künstlichen Sure-Insel positioniert sind. Die vier grosszügigen Wohnungen im 2. und 3. Obergeschoss überspannen den zum Gebäude liegenden



Wohntrakt: Haupttragwerk Holzbau über dem Fluss (EG und 1. OG).



Wohntrakt: Plattform als Unterkonstruktion für das 2. und 3. OG.

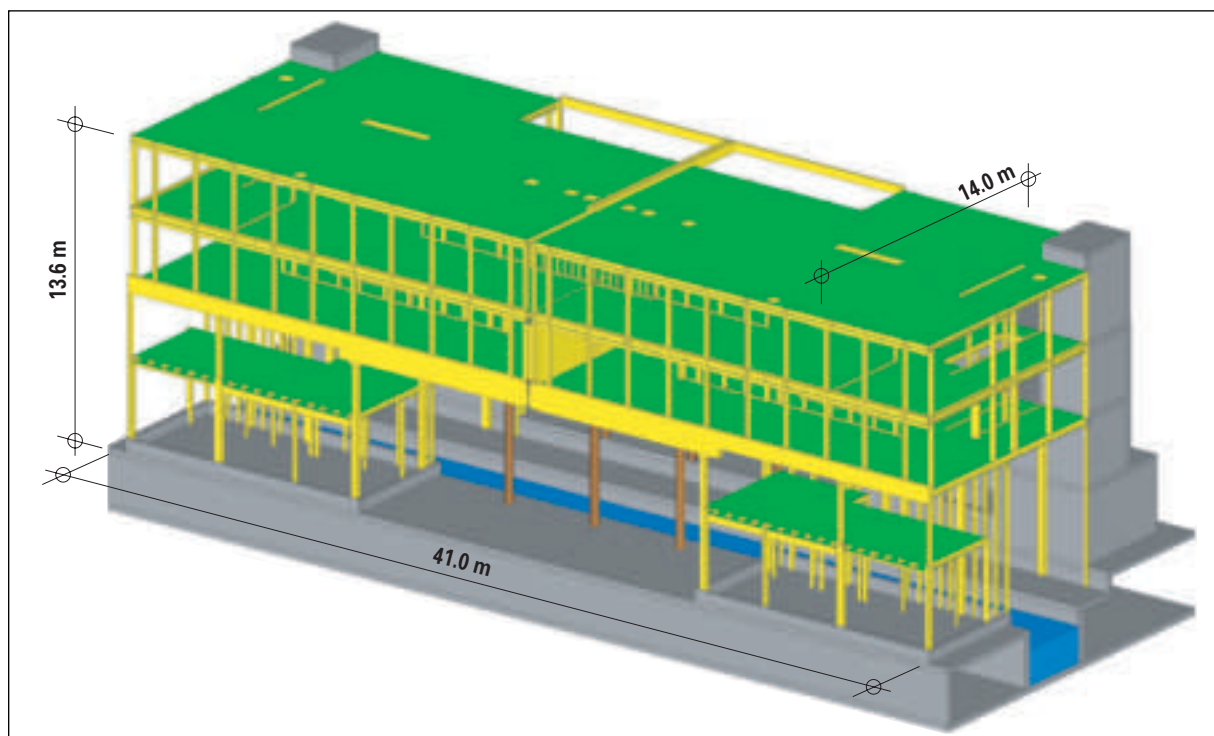
Flusslauf sowie die ganze Insel. Der offene Bereich unter den Wohnungen misst in der Breite etwa 17,5 Meter und in der Länge etwa 14,0 Meter (inklusive Balkonauskragung). Diese grosse Fläche ist möglichst transparent überdeckt.

Sechs runde Holzstützen in zwei Stützreihen mit darüberliegenden Unterzügen bilden die tragende Substanz der Wohnungen. Weil die Stützen nicht in der Ebene der Aussenwand stehen, galt es die Aussenwand entsprechend abzufangen. Eine stützenfreie Spannweite von über 17 Meter ist nicht wirtschaftlich realisierbar, weil die vielen Fenster in der Aussenwand kaum einen Fachwerkträger über die gesamte Geschosshöhe zulassen. Zur Lösung werden die in der Gebäudemitte liegenden, querlaufenden Wohnungstrennwände beigezogen. Diese zweischalige Trennwand ist mit zwei fünfschichtigen Grossformatplatten (3 x 11 Meter, Plattendicke 100 mm) als Kragarmträger konstruiert. An diesen Kragträgern sind die in der Aussenwand integrierten Unterzüge als Durchlaufträger aufgehängt. Zwischen den Eck-Türmen und den Treppenhäusern

tragen je drei Unterzüge die grossen Einzellasten ab. Auf dieser Unterkonstruktion sind die Bodenelemente vollflächig verlegt. Dadurch entsteht eine Plattform, auf welcher der «zweigeschossige» Wohnungsbau (2. und 3. OG) konventionell konstruiert worden ist.

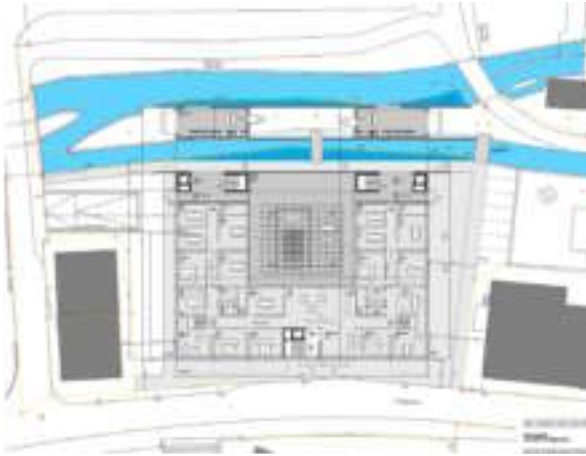
### 7.3 Aussteifung

Die auftretenden Wind- oder Erdbebenlasten werden durch die Geschossdecken, welche als Scheiben ausgebildet sind, bis zu den Treppenhäustürmen geleitet. Verbindungsteile aus Stahl leiten die Kräfte in die aussteifenden Betonbauteile.



Wohntrakt: Haupttragwerk Holzbau.

## 8. Bauablauf



Situationsplan.



Transport der Elemente vom Werk in Schötz direkt nach Sursee.



April 2002: Baugrube bereit für Beginn der Baumeisterarbeiten.



Montage der Wandelemente.



Parallel zu den Baumeisterarbeiten beginnt die Produktion der Holzelemente im Werk der Renggli AG in Schötz.



Montage der Bodenelemente.



Tradition und Innovation im Gegensatz.



Im Nordosten vom EG bis zum 2. OG offener Innenhof.



Innerhalb von nur 4 Wochen ist die Montage des Holzsystembaus abgeschlossen.



Büroraum der Renggli AG.



Nach Beendigung der Innenausbauarbeiten ist das Gebäude Ende 2002 bezugsbereit.

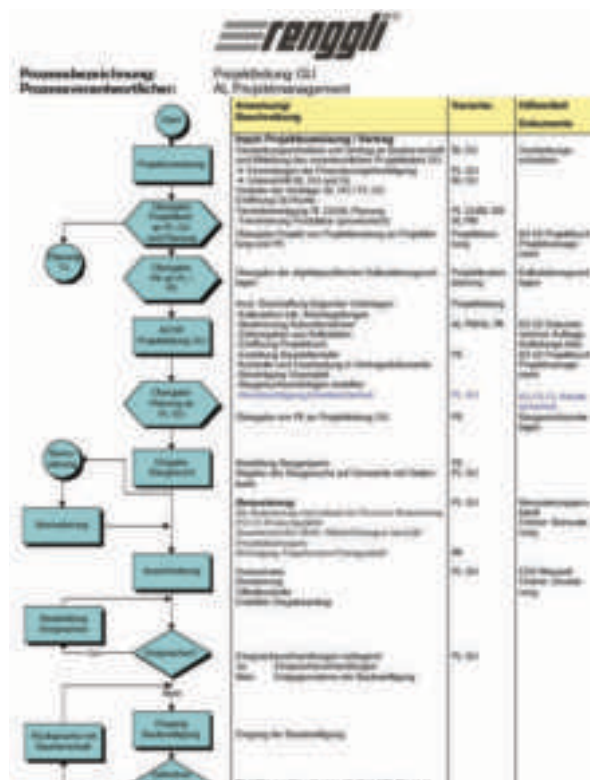


Bistro der Renggli AG.

## 9. Qualitätssicherung



Das Bausystem (Holzrahmenbauweise) der Firma Renggli AG wurde in den letzten Jahren konsequent weiterentwickelt und aufgrund von verschiedenen Messungen und Analysen immer wieder optimiert. Für den gesamten Prozessablauf, von der Produktion bis zur Montage, wurde die Renggli AG 1997 nach ISO 9000 zertifiziert. Die Zertifizierung hatte zur Folge, dass die Bau- und Prozessabläufe klar definiert und eine systematische Fehlererkennung und Fehlerbehebung implementiert wurde. Das Renggli-Bausystem ist auch nach den Vorgaben vom Verband geprüfter Qualitätshäuser (VGQ) geprüft und zertifiziert. Alle diese Zertifizierungen und die damit verbundenen Prüfungen haben zu einer kontinuierlichen Weiterentwicklung des Systems und der Prozessabläufe beigetragen.



Beispiel für die Festlegung von Anweisungen, Verantwortlichkeiten, Hilfsmitteln u.ä. im Prozessablauf.

### 9.1 Qualitätssicherung in der Praxis

Bei der Realisierung von Gebäuden beginnt die Qualitätssicherung bereits bei der Planung. Wichtig ist, dass die Fachplaner und Architekten das Bausystem kennen und auf die gegebenen Randbedingungen beim architektonischen Entwurf und bei der Planung der Haustechnik Rücksicht genommen wird.

Nach der Übergabe der Plandaten werden die einzelnen Projektschritte von der Planung bis und mit zur Montage durch die internen Projektleiter geplant und deren Einhaltung konsequent überwacht. Durch definierte Übergabeprotokolle wird der Verlust von Daten und Informationen im Planungs- und Bauablauf auf ein Minimum reduziert.

Bevor die grossflächigen Bauelemente die Produktionsstrasse verlassen, werden sie einer gesamtheitlichen Kontrolle unterzogen. Nach der Montage werden alle relevanten Bauteile und Bauteilübergänge überprüft, mit den Planvorlagen verglichen, und die Erkenntnisse werden protokollarisch festgehalten.

Einige Qualitätskriterien wie das Luft- und Trittschalldämmvermögen, die Luftdichtigkeit und der tatsächliche Energieverbrauch können nur durch Messungen am Objekt geprüft werden. Die periodische Messung solcher Bauteil- und Objektkennzahlen ist integrierender Bestandteil der VGQ-Zertifizierung. Als Basis für die zukunftsorientierte Qualitätssicherung und Weiterentwicklung des Bausystems sind die daraus resultierenden Erkenntnisse unabdingbar.

Neben all den technischen und wirtschaftlichen Aspekten entscheidet schlussendlich die subjektive Beurteilung des Kunden über die Qualität des Bauwerks. Die Kundenzufriedenheit ist es denn auch, die von der Renggli AG in erster Priorität angestrebt wird.

## 10. Qualitätskontrolle

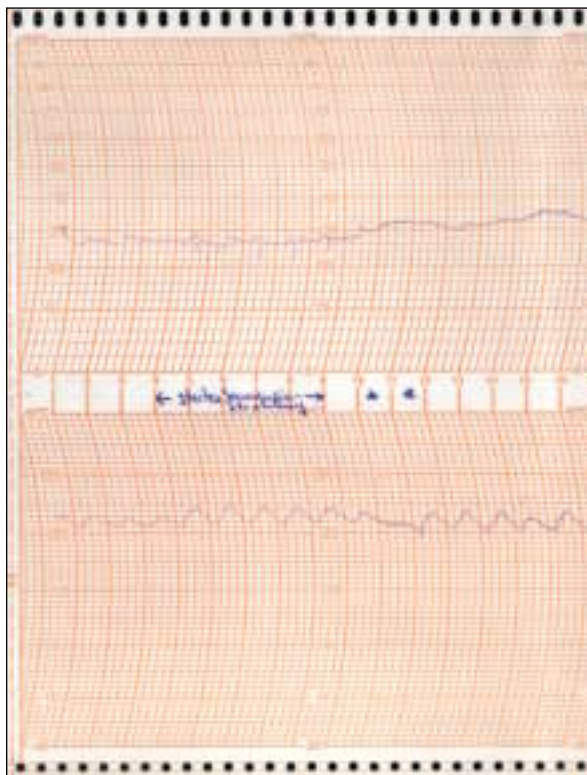
### 10.1 Konzept

Durch eine systematische Qualitätskontrolle über ein erstes Betriebsjahr sollen für den mehrgeschossigen Holzbau, bei differenter Nutzungen im Bereich Wohnen und Dienstleistung, wesentliche Erkenntnisse gewonnen werden. Insbesondere soll dadurch auch die Sicherheit gewonnen werden, dass mit der gewählten Bauweise, unter Verwendung von industriell vorgefertigten Holzelementen, die Anforderungen in den Bereichen Behaglichkeit, Wärme- und Schallschutz sowie Luftdichtigkeit eingehalten werden können.

### 10.2 Behaglichkeit

Die Messungen zur Prüfung der Behaglichkeit werden durch die Ragonesi · Strobel & Partner AG vorgenommen.

#### *Behaglichkeit im Winter*



Raumlufttemperatur und relative Raumluftfeuchtigkeit im gegen Süden und Westen orientierten EG-Eckbüro vom 20.2.2003 bis zum 8.3.2003  
(\* Wochenende, Storen unten)

Im gegen Süden und Westen orientierten EG-Eckbüro und in einem gegen Süden orientierten Büro im 1. OG wurden mit Thermohygrographen die Raumlufttemperatur und die relative Raumluftfeuchtigkeit vom 20. Februar 2003 bis zum 29. Mai 2003 aufgezeichnet.

Im EG-Eckbüro werden im Winterhalbjahr (Februar) Raumlufttemperaturen zwischen 21 °C (Morgen früh) bis etwa 25 °C (Abend) erreicht und die relative Raumluftfeuchtigkeit beträgt etwa 28 bis 35 %.

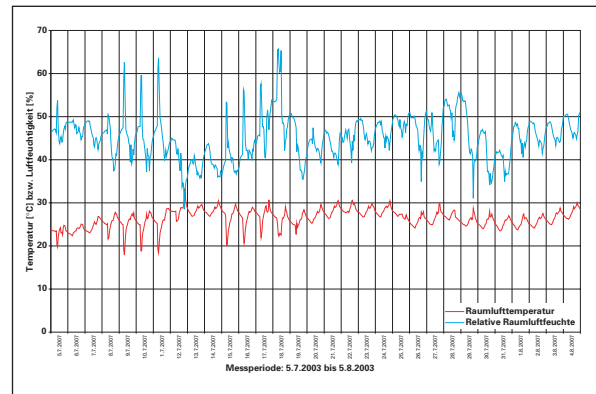
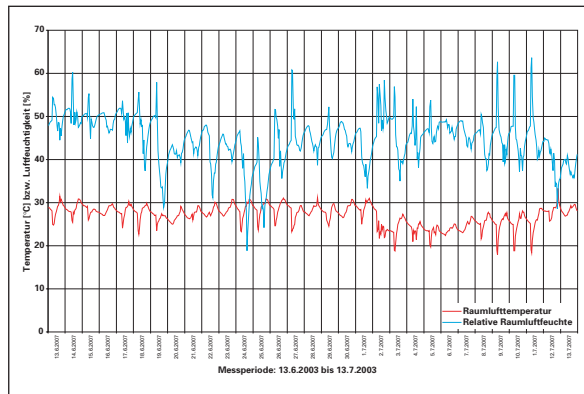
Auch an sonnigen Tagen steigt in dieser Messperiode vom 20.2.03 bis 29.5.03 die Raumlufttemperatur nicht über 26 °C an. Gegen Ende Mai steigt die relative Raumluftfeuchtigkeit auf Werte zwischen 40 und 50 % an.

Gestützt auf die messtechnischen Untersuchungen und die subjektiven Beurteilungen kann, mit Abstrichen bei der relativen Raumluftfeuchtigkeit, davon ausgegangen werden, dass im Winterhalbjahr gute raumklimatische Bedingungen erreicht werden, die mit den in SIA 180 erwähnten Anforderungen «Raumbedingungen im Winter (Heizbetrieb)» übereinstimmen.

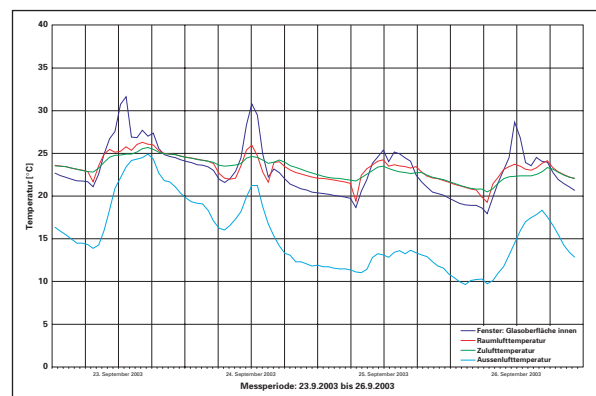
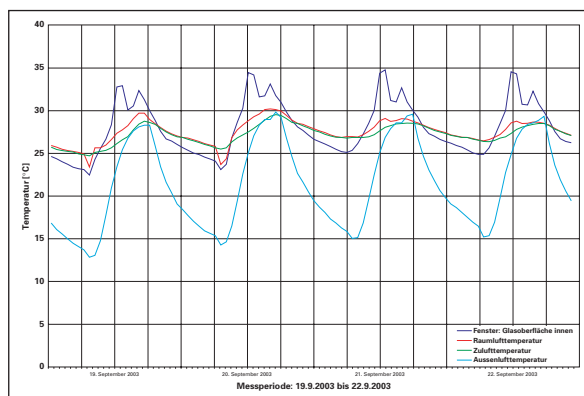
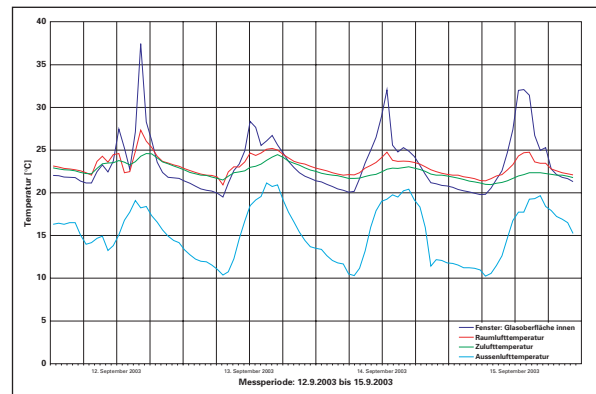
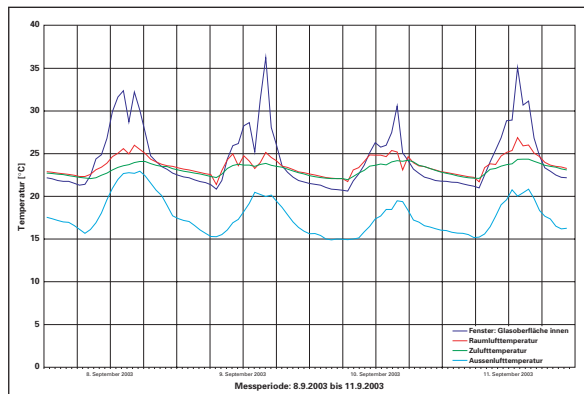
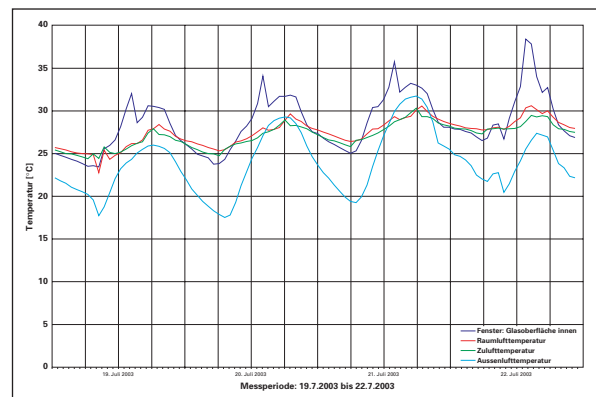
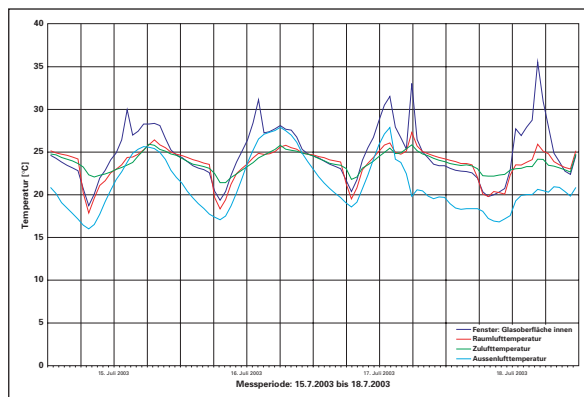
#### *Behaglichkeit im Sommer*

Über die Sommerperiode 2003 wurden im EG-Eckbüro, mit gegen Süden und Westen orientierten Fenstern, verschiedene Kenndaten wie Aussen- und Innenlufttemperaturen, Oberflächentemperaturen und Raumluftfeuchtigkeiten mit einem Datenlogger erfasst. Die Auswertung dieser Messungen geht aus den Diagrammen auf Seite 28 hervor, einige Erkenntnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Anforderung von Raumlufttemperaturen  $\leq 26,5$  °C, gemäss Norm SIA 180, kann nicht eingehalten werden. Dies ist insbesondere mit der eingeschränkten Lüftungsmöglichkeit (Nachtauskühlung) und dem nicht konsequenten Einsatz der Rafflamellenstoren (Verschattung) zu begründen.
- Dort, wo die innere Scheibenoberflächentemperatur wesentlich über der



Raumlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit im gegen Süden und Westen orientierten EG-Eckbüro .



Temperaturkennwerte im gegen Süden und Westen orientierten EG-Eckbüro während der Sommerperiode.

Raumlufttemperatur liegt, kann davon ausgegangen werden, dass das Fenster besonnt ist und der äussere Sonnenschutz nicht eingesetzt wird. Überhitzungen mit Raumlufttemperaturen von teilweise über 30 °C stehen quasi immer in Zusammenhang mit der fehlenden äusseren Verschattung.

- Die Zulufttemperatur entspricht in etwa derjenigen der Raumluft, mit der Komfortlüftung kann somit nicht gekühlt werden.
- Die Aussenluft ist während den Nachtstunden teilweise deutlich kühler als die Raumluft; durch einen grossen Luftwechsel könnte während den Nachtstunden ein wesentlicher Beitrag zur Gewährleistung eines behaglichen Raumklimas geleistet werden (Nachtauskühlung). Dies ist aber aus Sicherheitsgründen und wegen Wasserinfiltrationen bei Gewittern nicht möglich.

### 10.3 Schallschutz und Raumakustik

Die Schallmessungen wurden durch die Ragonesi · Strobel & Partner AG durchgeführt. Bereits während der Bauphase konnten erste Schallmessungen vorgenommen werden, damit der Einfluss der biegeweich abgehängten Vorsatzschale bei der Geschossdecke überprüft werden konnte.

Die effektiven Messungen des vorhandenen Schallschutzes wurden am 6. Januar 2003 durchgeführt. Dabei hat sich gezeigt, dass die erhöhten Anforderungen gemäss Norm SIA 181 eingehalten werden konnten (vgl. 5.4 «Erfolgskontrolle mit Schallmessungen»).

Mit den in grösseren Räumen ausgeführten Gipsloch-Akustikdecken sind sehr angenehme raumakustische Verhältnisse erzielt worden.

### 10.4 Luftdichtigkeit

Die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle wurde von der EMPA mittels Blower-Door-Messungen am 5. und 11. Februar 2003 geprüft.

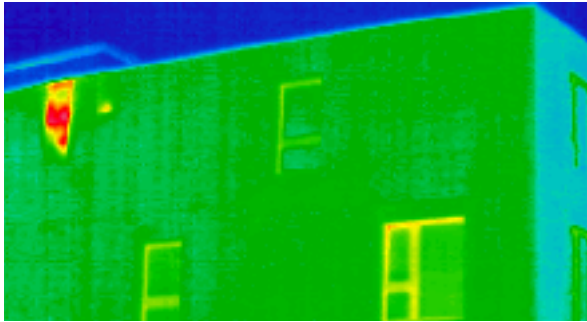
### Geprüfte Gebäudebereiche

Es wurden die beiden gegen Nordosten situierten Wohnungen im 2. und 3. Obergeschoss gemessen. Diese Wohnungen sind mit einer Holzdecke voneinander getrennt und sie weisen jeweils eine Trennwand gegen die im Nordwesten liegenden Wohnungen auf. Der Boden der 2.OG-Wohnung liegt teilweise über dem Atelier bzw. über Aussenklima.

Bei der Bauausführung wurde Wert auf eine gute Luftdichtigkeit der energetisch relevanten Gebäudehülle (Aussenbauteile) gelegt. Zwischen den einzelnen Nutzungszonen, die im Bürobereich veränderbar sind, wurden keine speziellen Massnahmen zur Gewährleistung der Luftdichtigkeit getroffen. Insbesondere Installationsdurchführungen führen somit bei künstlich erzeugtem Unter- oder Überdruck zu relativ grossen internen Luftvolumenströmen. Dies erschwert eine korrekte Bestimmung der Luftdurchlässigkeit über eine einzelne Nutzungszone, z. B. eine Wohnung innerhalb eines ganzen Gebäudes.

### Erkenntnisse/Ergebnisse

- Gegenüber der «Normalmessung» haben Einzelmessungen mit veränderten Anordnungen diverse Einflussfaktoren auf die Luftdurchlässigkeit aufgezeigt:
  - Cheminéeofen und Küchenventilator in 3.OG-Wohnung abgeklebt:  $-124 \text{ m}^3/\text{h}$ .
  - Tür bei einem Badezimmer in 3.OG-Wohnung geschlossen und abgedichtet (geringere «interne» Leckage über Installationen):  $-180 \text{ m}^3/\text{h}$ .
  - Fugen bei Hebeschiebetüre in 2.OG-Wohnung abgeklebt:  $-150 \text{ m}^3/\text{h}$ .
  - Luftein- und Auslässe der Lüftung abgeklebt; Drosselklappe geöffnet (Leckage über Lüftungsrohre):  $+180 \text{ m}^3/\text{h}$ .
- Der Einfluss der internen Leckage über gemeinsame Trennwände und Geschossdecken, bzw. verursacht durch Installationsleitungen wie Elektrorohre, die von einem in einen anderen Gebäudebereich führen, wurde nicht aufgezeigt.



Die Abluft wird nach Abkühlung im Wärmetauscher via Hinterlüftung nach Aussen geführt.



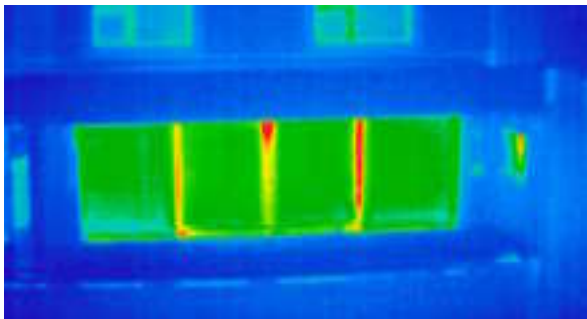
Gebäude von Südosten betrachtet: es sind keine signifikanten, wärmetechnischen Schwachstellen oder Luftundichtigkeiten sichtbar.



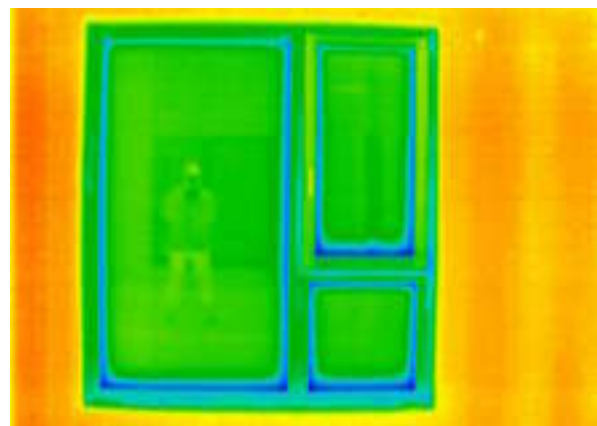
Ein in Kippstellung arretiertes Fenster führt zu einem grossen Lüftungswärmeverlust.



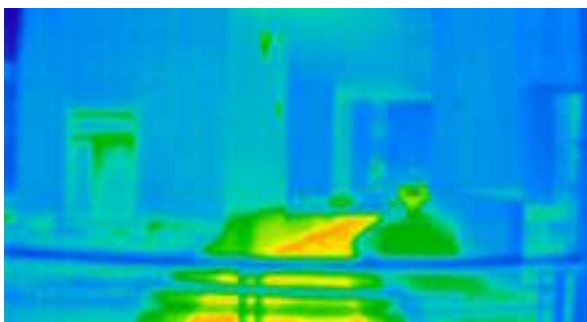
Auch bei den zum Hof hin orientierten Fassaden sind keine Einflussfaktoren von Wärmebrücken oder luftundichten Stellen feststellbar.



Bei den Hebeschiebetüren konnten erhebliche Luftundichtigkeiten nachgewiesen werden.



Die Detailaufnahme bei einem Fenster von innen zeigt Temperaturdifferenzen von der Wand zum Fensterrahmen von etwa 2 Kelvin und von Fensterrahmen zum Glasrandverbund von max. etwa 6,5 Kelvin.



Das Wasser der Sure ist um etwa 8 Kelvin wärmer als die äussere Schalung der Aussenwände.

- Nach  $n_{L,50}$  ausgewertet ergibt sich ein Kennwert für die beiden Wohnungen von  $n_{L,50} = 1,6 \text{ h}^{-1}$ , gemessen bei Überdruck. Gefordert wurde gemäss SIA 180 (Ausgabe 1988) ein unterer Grenzwert von  $n_{L,50} \leq 2,5 \text{ h}^{-1}$  für Gebäude mit Fensterlüftung, ein unterer Grenzwert von  $n_{L,50} \leq 2,0 \text{ h}^{-1}$  für Gebäude mit Abluftanlage und ein Grenzwert von  $n_{L,50} \leq 1,0 \text{ h}^{-1}$  für Gebäude mit Zu- und Abluftanlage.
- Bei einer Auswertung nach  $v_{a,4}$  ergibt sich, bezogen auf die Aussenflächen der Wohnungen, ein Kennwert  $v_{a,4}$  von  $0,20 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$  (2.OG-Wohnung) bzw. von  $0,64 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$  (3.OG-Wohnung). Der für Bauten mit mechanischer Zu-/Abluftanlage einzuhaltende Zielwert beträgt bei Neubauten  $v_{a,4} \leq 0,5 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ .
- Die Messungen zeigen, dass die in der gültigen Norm SIA 180 (Ausgabe 1999) verankerte Auswertung nach  $v_{a,4}$  bzw. der Vergleich mit den geltenden Anforderungen günstiger ausfällt als derjenige unter Berücksichtigung der Auswertung nach  $n_{L,50}$ . Die Anforderung von  $v_{a,4} \leq 0,5 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$  wurde in der 2.OG-Wohnung mit einem Kennwert von  $0,20 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$  gut eingehalten. Die in der 3.OG-Wohnung zum Zielwert vorhandene Abweichung von  $0,14 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$  ist neben internen Luftleckagen (innerhalb der beheizten Gebäudezone) auf einzelne Undichtigkeiten beim Cheminéeofen, dem Küchenventilator und der Hebeschiebetüre zurückzuführen.
- Bei Konzepten für solche Bauten ist zukünftig der Luftdichtigkeit zwischen den unterschiedlichen Gebäudezonen noch grössere Aufmerksamkeit zu schenken. Auf Hebeschiebefenster ist bei Standards wie «MINERGIE-P» und «Passivhaus» wegen der zu geringen Luftdichtigkeit nach Möglichkeit zu verzichten.

### 10.5 Leistungskenndaten Wärmepumpen

Die HTA Luzern prüft während eines Betriebsjahres (2003/04) die Leistungskennwerte der beiden Grundwasser-Wärmepumpen. Insbesondere soll die effektiv erreichte Jahresarbeitszahl ermittelt werden. Gemäss ersten Auswertungen von Messungen wird, unter Berücksichtigung des Stromverbrauchs für Umwälzpumpen und weitere Hilfsenergie, eine Jahresarbeitszahl von etwa 3,3 erreicht.

### 10.6 Energieverbrauch

Der Energieverbrauch der verschiedenen Nutzungseinheiten wird je Betriebsjahr erfasst und mit den rechnerisch ermittelten Energiekennwerten verglichen:

- Stromverbrauch «Haushalt» bzw. «Büro»,
- Stromverbrauch für Lüftungsgeräte,
- Stromverbrauch für Heizung und Warmwasser (Wärmepumpe),
- Wärmeenergie für Heizung und Warmwasser.