

.....  
**Bulletin Holzforschung Schweiz**

- Ein Abschied in Raten

.....  
**NFP66 Ressource Holz**

- Anpiff fürs Mitteldrittel

.....  
**Bauforschung Empa**

- «NEST» Experimente am Bau

.....  
**Energiestrategie**

- Energie aus Holz

.....  
**Holzbau**

- Deckensysteme mit Holz

.....  
**Anlässe**

- Empa: Nanostaub
- S-WIN FBK: Deckensysteme



Dezember 2013  
21. Jahrgang, Heft 2

.....  
Bulletin  
Swiss Wood Innovation Network S-WIN

# Inhalt

## Impressum

### Herausgeber

Swiss Wood Innovation Network  
S-WIN

### Geschäftsstelle

Evelyn Pöhler  
Thomas Näher  
S-WIN c/o Lignum  
Holzwirtschaft Schweiz  
Mühlebachstrasse 8  
CH-8008 Zürich  
Telefon +41 44 267 47 78  
info(at)s-win.ch  
[www.s-win.ch](http://www.s-win.ch)

### Redaktion / Satz / Layout

Charles von Büren  
Postfach 1107  
CH-3000 Bern 23  
Telefon +41 31 371 78 70  
bureau.cvb(at)bluewin.ch

### Lektorat

Sabine Voser Möbus  
Dübendorf

ISSN 1662-6168

### Titelbild

Mit dem wegweisenden Forschungs-  
vorhaben NEST (Next Evolution in  
Sustainable Building) will die Empa  
das Haus neu erfinden.  
Bericht auf Seite 6 dieses Bulletins.  
Bild: Empa

## In Zusammenarbeit mit der KTI



### WTT-Support

Nationale thematische Netzwerke



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Kommission für Technologie und Innovation KTI

## Editorial

Zum Bulletin Holzforschung Schweiz

### 3 Ein Abschied in Raten

## Forschungsförderung

NFP66 Ressource Holz

### 4 Anpiff fürs Mitteldrittel

## Bauforschung

Das Empa-Gebäudelabor

### 6 «NEST» für Experimente am Bau

## Energiestrategie

### 8 Energie aus Holz

## Holzbau

### 12 Deckensysteme mit Holz

## Anlässe

Sicherheitsforschung an Nanopartikeln

### 17 Fassadenfarben: Keine Nanostaubgefahr

S-WIN 45. Fortbildungskurs, 23./ 23. Oktober 2013 in Weinfelden

### 19 Deckensysteme: Lösungen mit Holz

## Holzforschung Schweiz

Das Bulletin Holzforschung Schweiz erscheint zweimal jährlich.

Es berichtet über Ergebnisse aus der Holzforschung in praxisorientierter Weise.

S-WIN ist für die Schweizer Wertschöpfungskette Forst und Holz im Bereich  
Forschung erster Ansprechpartner und bildet national wie international für  
Wirtschaft, Forschung und Lehre den Kontaktpunkt und die Informations-  
plattform. Durch Initiieren innovativer F+E Projekte werden Innovationen  
gefördert. So schafft S-WIN die Voraussetzungen für das Entwickeln zukunfts-  
orientierter, konkurrenzfähiger Produkte und Prozesse.

# Ein Abschied in Raten

cvb / Mitte der 1950er-Jahre wurde auf Anregung der «Technischen Kommission» der Lignum die Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung SAH mit dem Ziel gegründet, die Forschung zum Thema Holz im weitesten Sinne zu fördern und deren Ergebnisse auszutauschen, zu verbreiten und allgemein bekannt zu machen. Die SAH unternahm dies mit unterschiedlichen Mitteln und ist seit Beginn 2013 mit dem weit später entstandenen «netzwerkh Holz» fusioniert und seitdem unter dem Namen S-WIN «Swiss Wood Innovation Network» tätig.

### Wissensvermittlung

Vor allem der Wissensaustausch zwischen den deutschsprachigen Forschungsorganisationen lag nach den dunklen Jahren des 2. Weltkriegs im Vordergrund. Dazu dienten die alle drei Jahre stattfindenden Dreiländer-Holztagungen, die wechselweise in Deutschland, Österreich und der Schweiz stattfanden und von den Gesellschaften der jeweiligen Länder organisiert waren. Der Wissensvermittlung dienten in der Schweiz zudem die seit 1976 bestehenden jährlichen Fortbildungskurse in Weinfelden. Diese Zweitageskurse waren derart erfolgreich, dass sie auch von weiteren Organisationen im Land mehr oder weniger erfolgreich kopiert wurden. Sie werden durch die SAH und jetzt durch S-WIN nach wie vor jährlich im Herbst in Weinfelden durchgeführt und ab 2014 auch in der Westschweiz angeboten.

Die letzte Dreiländer-Holztagung (Deutschland, Österreich, Schweiz) fand am 18.–20. April 2000 unter dem Titel HOLZ ART 2000 im Kultur- und Kongresszentrum Luzern statt, ein recht gut besuchter Anlass, der aber derart aufwendig konzipiert war, dass er mit erheblichem finanziellem Verlust endete und damit auch das Ende dieser internationalen Kongresse einläutete. Ganz abgesehen davon hat mittlerweile auch der Wissensaustausch über Internet solche mit Reisen verbundene Veranstaltungen obsolet gemacht und weitgehend ersetzt.

### Das Bulletin der SAH

Ein weiteres Mittel zur Wissensvermittlung war das Bulletin der SAH, eine Drucksache, die „In der Absicht, die Fachwelt in der Holzwirtschaft über laufende Forschungsarbeiten zu orientieren und sie bei Gelegenheit auch auf im Ausland gewonnene Resultate aufmerksam zu machen...“ herausgegeben wurde. Das erste Bulletin der SAH von 1973 erschien in Grösse A5 als geheftete Drucksache. Ab dann informierte es in unregelmässigen Abständen zu den Forschungsarbeiten vor allem aus der Empa, aber auch aus den Fachbereichen der beiden ETH und seit kurzem auch aus den Fachhochschulen zum Thema Holzforschung.

Bis zum Jahr 1998 trat das Bulletin der SAH in diesem kleinen Format auf. Nun wagte die SAH den Sprung zu A4, mit unterschiedlichen Themen je Ausgabe und mit der Absicht, in regelmässigen Abständen zweimal jährlich zu Aktualitäten der Holzforschung zu berichten. Die aufgekommene neuen drucktechnischen Möglichkeiten liessen nun auch vermehrt den Abdruck von Illustrationen zu. Bis 2000 sind fünf Ausgaben schwarz/weiss in diesem Format und dieser inhaltlichen Form erschienen. Die Themen waren breit gefächert und umfassten Bereiche wie den SAH-Preis zur Förderung junger Holzforschenden, eine Untersuchung zu Entscheidungsmotiven und zu Kenntnissen über Holz bis hin zu den Themen Starkholz und Altholzverwertung.

### Von der Drucksache zum pdf

Die neuen Wege für die Beschaffung von Informationen und Bearbeitung von Illustrationen, für den Satz und auch den Druck erforderten bald einmal eine formale Neuorientierung. Ab 1993 erschien das Bulletin Holzforschung Schweiz mit farbigen Abbildungen regelmässig zweimal jährlich. Bis Ende 2007 wurde es gedruckt, anschliessend aus Kostengründen allein noch als pdf-Datei über E-Mail an die Mitglieder und Abonnenten versandt. Insgesamt 40 Ausgaben sind erschienen.

### Nischenprodukt mit hohem Aufwand

Die Auflage von Holzforschung Schweiz lag seit jeher bei nur einigen hundert Exemplaren, entsprechend der Mitgliederzahl der SAH und der kleinen Anzahl Abonnenten. Die Anlässe der SAH – Fortbildungskurs, Statusseminar und Dozententagung – waren zwar immer rege besucht, doch gelang es nicht, dieses Interesse auch in eine steigende Mitgliederzahl der SAH oder in wenigstens zusätzliche Abonnenten umzumünzen. Der Aufwand für Redaktion, Gestaltung und Umbruch liess sich auf diese Weise nicht decken und als rein elektronisch publiziertes Organ marginalisierte sich das Bulletin Holzforschung Schweiz letztlich selber. Dieses nun insgesamt seit gut 40 Jahren bestehende Informationsinstrument wird deshalb nach Erscheinen der vorliegenden Ausgabe eingestellt.

### Neue Informationskanäle

Holzforschung Schweiz war ein Nischenprodukt und als Instrument der allgemein verständlichen Information zum Thema Holzforschung im deutschsprachigen Raum einmalig. Auf welche Weise künftig die Aufgabe wahrgenommen wird, Ergebnisse der Holzforschung in der Schweiz praxisgerecht zu vermitteln, das ist derzeit noch offen und Gegenstand von Überlegungen der Verantwortlichen. Sicher ist, dass auch S-WIN ein Sprachrohr mit aktuellen Berichten zu Forschung und Praxis herausgegeben wird. Zur Diskussion steht derzeit ein inhaltlich stark ausgebauter «Jahresbericht», den die an Holz und Holzforschung Interessierte kostenlos beziehen können.

# Anpfiff fürs Mitteldrittel

### Thomas Bernhard

Leiter Wissens- und Technologietransfer  
NFP 66  
Bern

[www.nfp66.ch/](http://www.nfp66.ch/)

#### NFP 66 in Kürze

Das Nationale Forschungsprogramm Ressource Holz NFP 66 ([www.nfp66.ch](http://www.nfp66.ch)) erarbeitet wissenschaftliche Grundlagen und praxisorientierte Lösungsansätze für eine bessere Verfügbarkeit und breitere Nutzung der erneuerbaren Ressource Holz. Das mit der Kommission für Technologie und Innovation KTI koordinierte Programm hat einen Finanzrahmen von 18 Millionen Schweizer Franken. Die Forschungsarbeiten haben 2012 begonnen und dauern bis Ende 2016. Beteiligt sind zurzeit 30 Forschungsteams aus vielen Regionen der Schweiz.

#### Weitere Auskünfte

SNF, NFP 66  
Dr. Barbara Flückiger  
Programmkordinatorin  
PF 8232, CH-3001 Bern  
Tel.: +41 (0)31 308 22 22  
[nfp66@snf.ch](mailto:nfp66@snf.ch)

IC Infraconsult  
Dipl. pol. Thomas Bernhard  
Leiter WTT NFP 66  
Eigerstr. 60, CH-3007 Bern  
Tel.: +41 (0)31 359 24 24  
[thomas.bernhard\(at\)infraconsult.ch](mailto:thomas.bernhard(at)infraconsult.ch)  
Hier kann auch der Newsletter des NFP 66 abonniert und die Wanderausstellung «NFP 66 Ressource Holz – Rohstoff, Kunststoff, Zündstoff» angefordert werden.

Das Nationale Forschungsprogramm NFP 66 Ressource Holz (2012–2017) kommt mit der Berichtstagung für die 30 laufenden Forschungsprojekte und mit der Ausschreibung für die zweite Förderrunde ins mittlere Ausführungsdrittel. Darin soll nun auch der Dialog zwischen Forschenden, Wirtschaft, Verwaltung und Politik zu Schlüsselfragen der künftigen Holznutzung intensiviert werden.

«Dreissig Forschungsprojekte haben wir jetzt erfolgreich zum Laufen gebracht. Nun beginnt die Zeit, sich zu zentralen Holzthemen projektübergreifend Gedanken zu machen und diejenigen Leute zusammenzubringen, die im Hinblick auf die abschliessende Programmsynthese substantiell was zu sagen haben.» So eröffnete Martin Riediker, Präsident des NFP 66, das Treffen der Leitungsgruppe im November 2013 in Büsingen.

Der Rückblick auf das erste Programmtriertel war schnell erledigt: Nahezu drei Viertel der gut 15 Millionen Projektfördermittel hat die Programmleitung bislang für die 30 Forschungsvorhaben vergeben. Anlässlich von Site Visits im Spätherbst 2012 und einem ersten Berichtstreffen im April 2013 hatte die Leitungsgruppe Einblick in jedes Projekt genommen und letzte Inputs mit auf den Weg gegeben. Anfang September haben sich dann Doktorierende und Postdocs aus verschiedenen NFP-66-Projekten in der Kartause Ittingen zu einer «Summer School» getroffen, an der es neben dem persönlichen Austausch vor allem um die Energiewende und die künftige Bedeutung von Holz als erneuerbarem Energieträger ging.

#### Bewerbung für Follow-up-Projekte

Im Rahmen der ersten Programmphase sind nun über 100 Forschende aus etwa 25 Ländern intensiv an der Arbeit. Erste Resultate werden am nächsten Berichtstreffen vom 9. bis 11. April 2014 in Murten präsentiert werden. Ihren Abschluss finden die Projekte der ersten Phase Ende 2014, bei verzögertem Projektstart jedoch spätestens bis Mitte 2016.

Plangemäss findet nächstes Jahr eine zusätzliche Vergaberunde statt. Jedes der 30 Forschungsprojekte kann neue Fördermittel für weiterführende Arbeiten beantragen, zuerst mit einem «Letter of intent», später nach einer Vorauswahl mit einem ausführlicheren Antrag.

Rund drei Millionen Schweizer Franken stehen für diese «Follow-up-Projekte» zur Verfügung. Die Leitungsgruppe beabsichtigt, wenn möglich etwa die Hälfte der Projekte mit einem Betrag von maximal 200 000 Schweizer Franken zu unterstützen. Voraussetzung dafür ist, dass das betreffende Projekt über ein hohes Umsetzungspotenzial verfügt und es inhaltlich zu den zentralen Themen der Dialogplattformen beiträgt.

Die zweite Programmphase der Follow-up-Projekte dauert von Anfang 2015 bis Ende 2016, der Abschluss des Gesamtprogramms und die Veröffentlichung der Programmsynthesen sind für Sommer/Herbst 2017 vorgesehen. «Das wird ein anspruchsvolles Finale», meinte ein Mitglied der Leitungsgruppe im Hinblick auf die abschliessende Synthese der Forschungsergebnisse.

#### Projektübergreifende Dialogplattformen

Im beginnenden Mitteldrittel des NFP 66 will die Leitung des NFP 66 das Augenmerk stärker auf die grossen Themen unter dem Motto «Intelligente Holznutzung» richten. Die Leitungsgruppe hat deshalb an ihrem Büsinger Treffen die zentralen Themenfelder festgelegt, die im Rahmen von vier moderierten Dialogplattformen (DP) parallel zu den Arbeiten in den Forschungsprojekten diskutiert werden sollen.

**DP 1** Weiterentwicklungen im Holzbau (Neuartige Materialien und Verbindungen im Holzbau, industrielle Prozesse)

**DP 2** Neue Wege zur holzbasierten Bio-raffinerie (ganzheitliche und hochwertige Nutzung der Biomasse Holz durch industrielle Zerlegung in Materialien/Fasern, Chemikalien, Treibstoffe und Energie)



**DP 3** Innovative holzbasierte Materialien für neue Anwendungen (Modifikation und Umwandlung von Holz [u.a. Altholz/Restholz] in verlässliche industrielle Produkte für neue Verwendungszwecke)

**DP 4** Holzbeschaffung und nachhaltige Holznutzung (Holznutzung, Marktkräfte und Marktregulierung, Waldeignerstrategien)

«Das NFP 66 ist auf Ebene der Forschungsprojekte derart diversifiziert, dass wir um solch verbindende Fragestellungen gar nicht herkommen», fasste ein Mitglied der Leitungsgruppe die Stimmung in der Runde zusammen. Nun soll für jede Plattform ein Kernteam mit je zwei Persönlichkeiten aus NFP-66-Projekten und der Leitungsgruppe den jeweils geeigneten Kreis der Einzuladenden bestimmen und das weitere Vorgehen festlegen. Die WTT-Leitung des NFP 66 zeichnet für das Prozessmanagement und die Administration der Plattformen, eine redaktionell versierte Fachperson wird die Berichterstattung der Ergebnisse übernehmen. Die Plattformen sollen vor allem folgenden Zielsetzungen dienen (in Stichworten):

- Austausch zwischen Forschung, Wirtschaft/Industrie und Verwaltung/Politik
- Eruiieren des Innovations- und Technologietransferpotenzials, Aufbau neuer Geschäftsbeziehungen
- Formulieren von Ideen und Anstößen für die jeweils wichtigen Zielgruppen («Umdenken»)
- Formulieren wichtiger Erkenntnisse und Schlussfolgerungen für die Programmsynthese

Die Dialogplattformen dienen der Leitungsgruppe als wichtiges Instrument für den projektübergreifenden Wissens- und Technologietransfer und für das schrittweise Erarbeiten der Programmsyn-

these. Bereits das Berichtstreffen im April 2014 und die zweite «Summer School» im September 2014 sollen ganz im Zeichen der vier grossen Plattformenthemen stehen.

### Flankierende WTT-Aktivitäten

Neben Aufbau und Begleitung der Dialogplattformen, der nächsten «Summer School» und der inhaltlichen Betreuung von Programmwebsite und Newsletter stehen weitere Aktivitäten auf dem WTT-Spielplan für das kommende Mitteldrittel des NFP 66.

Die Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW) widmet – auf Anregung des NFP 66 und in Zusammenarbeit mit S-WIN – ihr Transferkolleg 2014 thematisch ganz den «Advanced Wood Technologies».

Damit erhalten Forschende im Umfeld holzbasierter Technologien die Möglichkeit, Fragen des Technologietransfers und der industriellen Anwendung mit unabhängigen Innovationsfachleuten und Produkteentwicklern zu diskutieren.

Überdies gewährleistet die Kommission für Technologie und Innovation (KTI) als Kollegpartnerin bei Bedarf den Zugang zum Start-up-Coaching und zu ihren Innovationsmentoren.

Eingabefrist für das SATW-Kolleg ist Mitte Februar 2014. Der Workshop für positiv vorgeprüfte Projekte findet am 22. bis 23. Mai 2014 statt.

[www.satw.ch/projekte/transferkolleg/2014](http://www.satw.ch/projekte/transferkolleg/2014)

Des Weiteren bleibt die in Deutsch und Französisch verfügbare Wanderausstellung «NFP 66 Ressource Holz – Rohstoff, Kunststoff, Zündstoff» auf Tournee und wird in nächster Zeit an diversen Instituten und Anlässen zu sehen sein. Auch die Zusammenarbeit mit S-WIN und anderen Netzwerken bleibt auf dem Spielplan des NFP 66, dies mit dem Ziel, neue Errungenschaften wenn immer möglich über die Dauer des Forschungsprogramms hinaus zu verstetigen.



Die Wanderausstellung «NFP 66 Ressource Holz - Rohstoff, Kunststoff, Zündstoff» ist in den Sprachen Deutsch und Französisch verfügbar. Gestaltung: Frey&Frey AG, Bern.

Bild: IC Infraconsult

# «NEST» für Experimente am Bau

### NEST

Projekt-Website: [www.nest.empa.ch](http://www.nest.empa.ch)

Gebäude stehen für lange Zeit und sind kaum für Experimente gemacht. Die Empa plant mit dem Forschungsprojekt «NEST» einen neuen Ansatz für die Bauforschung. Allein das tragende Rückgrat dieses geplanten Forschungsgebäudes ist von Dauer – alle Räume, samt ihrer Fassaden, bleiben dagegen austauschbar. In den einzelnen Forschungsmodulen lassen sich Raumkonzepte, Energiemanagement und Materialien der Zukunft ausprobieren.

empa/cvb «NEST» ist das Kürzel für den englischen Begriff «Next Evolution in Sustainable Building Technology». Es handelt sich um ein modulares Gebäude mit festem Kern (Backbone) und austauschbaren Wohn- und Arbeitsbereichen – so genannten Units. Es wird deutlich raschere Forschung und Entwicklung an Baustoffen, Dämmstoffen, Wohneinrichtungen und Energiemanagement erlauben, als dies an herkömmlichen Gebäuden bisher möglich war. Im NEST werden internationale Forscherteams aus Universitäten und Fachhochschulen, renommierte Architekturbüros und innovative Firmen aus der Baubranche zusammentreffen, um Wohnkonzepte der Zukunft zu erstellen, ihr Forschungsmodul ins NEST einzubauen und die Ergebnisse gemeinsam auszuwerten.

### Umfassende Bauforschung

Nicht nur Wohn- und Arbeitsformen sollen im NEST erforscht werden, sondern auch Energieflüsse und Versorgungstechnik der Häuser von morgen. Die Versorgung der Forschungsmodule mit Wasser, Wärme, Elektrizität und Informationsmedien (Internet) erfolgt vom Backbone aus. Dort werden auch die Nutzungsdaten der einzelnen Module aufgezeichnet und ausgewertet.

Das NEST soll als Wohnhaus und Büro-/Konferenzgebäude dienen – alle Module werden also im Alltag getestet und von echten Nutzern evaluiert. Der Energiebedarf jedes Moduls lässt sich einzeln erfassen und auswerten. Nach Abschluss eines Forschungsprojekts wird das entsprechende Modul entfernt und durch ein neues Objekt ersetzt.

**Vision Holz nennt sich ein Gästehaus, das in NEST eingefügt wird. Im funktionalen Grundriss verbergen sich zahlreiche holzbasierte Innovationen. Beim abgebildeten Grundriss handelt es sich um eine erste konzeptionelle Ideenskizze.**

### Das Baukonzept

Der Bau des Backbone, des tragenden Rückgrats also, wird auf dem Gelände der Empa in Dübendorf bei Zürich errichtet und soll voraussichtlich im Frühjahr 2015 in Betrieb gehen.

Das architektonische Konzept stammt von Gramazio & Kohler Architekten, Zürich. Sie umschreiben den Bau wie folgt: «NEST ist als vertikale Stapelung von Bauparzellen konzipiert, die um einen zentralen Atrium- und Erschliessungskern angeordnet sind. Auf ihnen können voneinander unabhängige, ein- bis zweigeschossige, experimentelle Bauten errichtet werden. Diese Wohn- und Büroflächen werden über das zentrale Atrium erschlossen, das auch als Begegnungsraum für die Bewohner dient.

Zum permanenten Teil des Bauwerkes gehört neben dem Atrium auch das Erdgeschoss. Hier befinden sich Foyer-, Lounge- und Ausstellungsflächen sowie Sitzungs- und Vortragsräume. Im Untergeschoss liegen grosszügig dimensionierte Technikräume und auf dem Dach können die für bautechnologische Experimente nötigen technischen Apparate sowie Sonnenkollektoren installiert werden. Einen wesentlichen konzeptionellen Bestandteil des Entwurfes bilden die grosszügig ausgelegten Schächte zur vertikalen und horizontalen Medienerschliessung. Diese führen die konventionellen Medien (Frischwasser, Abwasser, Luft, Strom usw.) zu den Parzellen und von diesen wieder weg. Zusätzlich werden sie aus strategischen Gründen überdimensioniert und garantieren somit längerfristig eine unkomplizierte Nachrüstung mit später benötigten Medienleitungen.

Strukturell besteht das Gebäude aus zwei statisch unabhängigen Teilsystemen, die sich im Erdbebenfall gegenseitig aussteifen. Die äussere Stahlbetonstruktur, die die auskragenden Decken trägt, ist von der inneren Atrium- und Treppenstruktur entkoppelt und von dieser durch eine durchgehende Dämmschicht getrennt.»

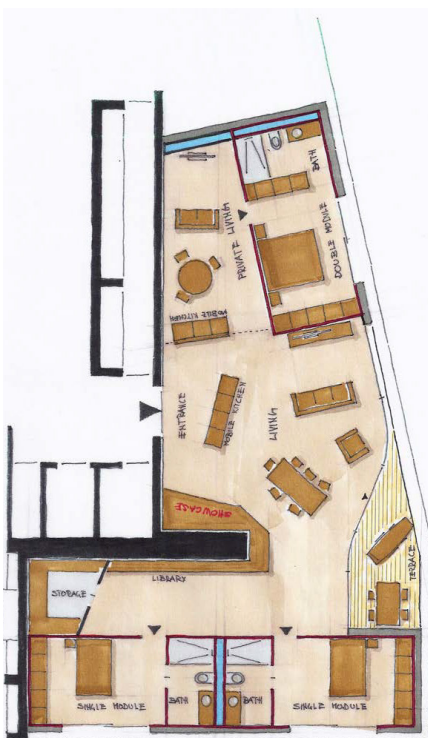


Bild: Empa, Abt. Angewandte Holzforschung

## NEST beschleunigt Innovationsprozesse

Die experimentellen Wohn- und Arbeitsmodule im NEST sind thematisch ausgerichtet, um gezielt Entwicklungsschwerpunkte zu setzen und Ideenwettbewerbe zu lancieren. Derzeit vorgesehen sind folgende Themenschwerpunkte, die jeweils den aktuellen Problemstellungen angepasst werden können:

- Leichtbauweise – Flexibilität und Ressourcenschonung
- Modulares Bauen – Kompaktes Bauen für urbane Verdichtung
- Glasarchitektur – Glas als Zukunftsbaustoff, intelligent eingesetzt
- Natürliches Bauen – Nachhaltige Lebensqualität mit natürlichen Ressourcen
- Digitales Wohnen – Intelligente Technik für zukünftige Generationen
- Büro der Zukunft – Zukünftiges Arbeitsumfeld für kreatives und vernetztes Arbeiten
- Solare Fitness / Wellness – Gesundheit und Erholung ohne Energieverbrauch

Die Themen werden international ausgeschrieben und mit innovativen Design-Teams realisiert. Vier Forschungs- und Innovationsunits sind bereits in Planung:

- City Lifting – Konzept zur modularen Aufstockung bestehender Bauten
- HiLo – Zweigeschossige Wohneinheit in Leichtbauweise
- Meet2Create – Konzept für neuartige Büroräume
- Vision Holz – Wohneinheit in natürlicher Bauweise
- 

## Innovationsunit Vision Holz: plug&stay

Die erste NEST-Wohneinheit in natürlicher Bauweise wird durch die Abteilung Angewandte Holzforschung der Empa entwickelt. Das NEST-Holzmodul steht für ein visionäres und nachhaltiges Wohnkonzept, das vorab von der innovativen Anwendung der nachwachsenden Ressource Holz getragen wird und dank Entwicklung, Produktion und Nutzung holzba-

siert Materialien ökologisches Wohnen mit zukunftsweisender Funktionalität und ansprechendem Design verbindet.

Das Projekt stützt sich auf die neuesten Entwicklungen der Holzforschung und auf das Know-how des modernen modularen Holzbaus. Es umfasst holzbasierte Materialien mit verbesserten Eigenschaften im Vergleich zum State-of-the-Art und neuartige Funktionsmaterialien für ein erweitertes Anwendungsspektrum von Holz.

Vision Holz will zeigen, dass sich ökologisches Bauen und modernes Wohnen nicht ausschliessen. Mit Holz lassen sich zukunftsweisende Technik und Materialnutzung umsetzen. Das Holzmodul verbindet Wohnkomfort mit Nachhaltigkeit, Energieeffizienz sowie mit ansprechendem Design und soll so zu einer Quelle der Inspiration in einer sich wandelnden Gesellschaft werden. Vision Holz arbeitet u. a. an folgenden holzbasierten Materialien:

- Bio-Panels für optimierte Geräuschunterdrückung
- Enzym-behandelte Boards für Isolationen
- Zellulose Aerogele für Isolation und CO<sub>2</sub>-Bindung
- Verbessertes Wetterschutz
- Wasser abstossende Oberflächen
- Feuerfeste Möbel und Beschichtungen

Das Modul soll gemäss Planung im Herbst 2015 fertiggestellt werden. Zuständig für dieses Projekt sind Dr. Tanja Zimmermann und Walter Risi, beide Empa, Abteilung Angewandte Holzforschung in Dübendorf.

## Das Projekt Vision Holz: plug&stay

Es handelt sich bei Vision Holz um ein Gästehaus mit drei Wohneinheiten für Doktorierende. Verwendet wird Schweizer Holz, für die Konstruktion wenn möglich in Buche. Das Modul wird in Minergie P Bauweise erstellt.

Das Projekt wird modular von der Hülle bis zu den Möbeln angegangen. Dabei stehen die holzbasierten Innovationen aus der Empa Abteilung Angewandte Holzforschung im Vordergrund. Dazu gehören auch innovative Ansätze für die Holzkonstruktion. Das Modul befindet sich im 2. Obergeschoss von NEST, deshalb kann nicht wie bei modularer Bauweise üblich von oben gebaut werden, die Module werden seitlich eingefahren.

Im Vordergrund der Untersuchungen stehen Materialinnovationen wie hydrophobes Holz, magnetisches Holz, elektrisch leitfähiges Holz, pilzmodifizierte Schallabsorptionsplatten, neuartige zellulose- oder faserbasierte Isolationsmaterialien, neuartige Dichtstoffe, feuchtregulierte bewegliche Holzstrukturen, neuartige Anstrichsysteme für Holz, biologisch abbaubare Matratzen die gleichzeitig dem Brandschutz dienen, usw.

## Am Projekt Beteiligte

Renggli AG Modulbau (Max Renggli),  
Sursee [www.renggli-haus.ch](http://www.renggli-haus.ch)

ruum GmbH Architekturbüro  
(Simone Petrelli), Langendorf

Glaeser Wogg AG, Innendesign,  
Baden-Dättwil [www.glaeser.ch](http://www.glaeser.ch)



# Energie aus Holz

**Thomas Nussbaumer**  
Hochschule Luzern  
Technik & Architektur, Horw

[www.hslu.ch](http://www.hslu.ch)

**Verenum**  
Ingenieurbüro für Verfahrens-,  
Energie- und Umwelttechnik, Zürich

[www.verenum.ch](http://www.verenum.ch)

Für Anwendungen zur Wärme- und Stromerzeugung ist Holz als direkt lagerbarer Energieträger zur Ergänzung von Sonne und Wind ideal. Energieholz deckt in der Schweiz heute rund 4% der Energieversorgung ab. Dieser Anteil kann bis 2020 auf 6% erhöht werden. Weil das Potenzial begrenzt ist, ist Holz so zu nutzen, dass die Effizienz zur Substitution fossiler Ressourcen maximal wird. Wie der Energie-Erntefaktor zeigt, können mit Wärme, Strom und Wärmekraftkopplung aus Holz bis zu 90% an fossiler Energie und fossilem CO<sub>2</sub> ersetzt werden. Damit wird mehr fossile Energie substituiert, als wenn Holz zuerst zu Treibstoff umgewandelt wird, um anschliessend fossile Energieträger zu ersetzen. Der Beitrag beschreibt deshalb Techniken und Nutzen von Energieholz und er ist eine Kurzfassung der Publikation in der Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen [1], auf die für ausführliche Informationen und Literaturangaben verwiesen wird.

Unsere Energieversorgung hängt heute von nicht erneuerbaren Ressourcen ab. Zugleich dienen Produkte aus Erdöl und Erdgas auch für Dünger, Kunststoffe, Textilien, Farben und Medikamente. Die fossilen Ressourcen sind begrenzt, und ihr Verbrauch führt lange bevor sie erschöpft sind zu Klimaänderungen. Deshalb sind Massnahmen für einen sanfteren, aber effektiven Wandel notwendig. Prioritär ist die Energieeffizienz zu erhöhen. Im Gebäudebereich ist dies mit Niedrig-, Null- und Plusenergiegebäuden möglich. Beim Verkehr sind ebenfalls technische Fortschritte möglich, jedoch nicht im selben Umfang. So kann Elektromobilität noch keine nachhaltige Mobilität erzielen. Das Gleiche gilt für Biotreibstoffe, die den Verbrauch nicht decken und zudem Nahrungskonkurrenz und Umweltschäden bewirken können.

### Fossile Energien substituieren

Trotz dieser Unterschiede gilt für Wohnen und Mobilität, dass zur Effizienzsteigerung oft elektrische Aggregate eingesetzt werden. Beispiele sind die kontrollierte Lüftung oder Elektroantriebe im Verkehr. Ein Fortschritt ist dies nur, wenn die Einsparung ein Mehrfaches des Zusatzverbrauchs an Strom ausmacht. Ein Ziel ist es deshalb auch, erneuerbare Energien direkt zur Substitution fossiler Energien im Gebäude zu nutzen und zur Stromproduktion einzusetzen. Für beide Fälle kann Solarenergie einen grossen

Beitrag leisten und ist ideal durch das speicherbare Energieholz zu ergänzen. Weil Holz begrenzt ist, sind zu dessen Nutzung jedoch hohe Wirkungsgrade und eine maximale Substitutionswirkung sicherzustellen. Der Wandel zu einer nachhaltigen Energieversorgung gelingt deshalb am ehesten, wenn nicht nur spektakuläre neue Technologien mit Jahrzehnten Entwicklungszeit verfolgt, sondern ab sofort diejenigen Techniken genutzt werden, die bereits verfügbar sind und in den nächsten Jahrzehnten eine maximale Substitution fossiler Energien erzielen. Dieses Vorgehen nach dem Grundsatz «pick the low hanging fruit first» ist aus ökonomischer Sicht vernünftig und aus ökologischer Sicht effektiv. Die beschränkten Mittel werden so mit maximaler Wirkung eingesetzt.

### Potenzial an Biomasse

Global ist Biomasse heute mit rund 11% Anteil am Primärenergieverbrauch der wichtigste erneuerbare Energieträger und ihr Anteil kann noch verdoppelt bis verdreifacht werden [2]. Auch in der Schweiz kann Biomasse einen wichtigen Beitrag zur Energieversorgung leisten. So wurden im Jahr 2008 rund 4.3 Mio. m<sup>3</sup> Holz für Energie verwendet und rund 4% des Energieverbrauchs gedeckt. Dieser Anteil kann bis 2020 auf rund 6% des heutigen Energieverbrauchs [3] oder noch um rund 1 Mio. m<sup>3</sup> pro Jahr mehr [4] gesteigert werden.

Sortiment	2008			2020		
	Mio m <sup>3</sup> /a	PJ/a	% GEV	Mio m <sup>3</sup> /a	PJ/a	% GEV
Energieholz aus dem Wald <sup>1)</sup>	2.1	18.1	2.0	3.1	26.8	3.0
Flurholz	0.9	7.8	0.9	1.2	10.4	1.2
Restholz aus der Holzverarbeitung	0.7	6.0	0.7	1.1	9.5	1.1
Altholz	0.3	2.6	0.3	0.6	5.2	0.6
Altpapier	0.3	2.6	0.3	0.3	2.6	0.3
<b>Total</b>	<b>4.3</b>	<b>37.2</b>	<b>4.1</b>	<b>6.3</b>	<b>54.4</b>	<b>6.0</b>

Tabelle 1, [3] Energieholzverbrauch 2008 und Potenzial bis 2020 in Mio. m<sup>3</sup>/a nach [3]. Werte in PJ/a berechnet mit 1 Mio. m<sup>3</sup> = 2400 GWh = 8.64 PJ. GEV = Gesamtenergieverbrauch im Jahr 2008.





## Energieholz-Sortimente

Um die Nutzung zu optimieren ist es wichtig, die Holzsortimente zu unterscheiden. Vorab gilt, Holz stofflich zu nutzen, um endliche Ressourcen direkt zu substituieren. Diese Kaskadennutzung erzielt höhere CO<sub>2</sub>-Einsparungen und eine höhere ökonomische Wertschöpfung [3]. Bei Zunahme der Holzenergie wird das Schliessen der Stoffkreisläufe bedeutend, während gleichzeitig die Anforderungen an die Entsorgung der Asche steigen. Sofern die Aschen aufbereitet und die Schadstoffe entsorgt werden, kann die Energieholznutzung zu einer Dekontamination der Umwelt beitragen, indem durch Verkehr und Landwirtschaft freigesetzte Schwermetalle über die Asche der Umwelt wieder entzogen werden. Gleichzeitig ist anzustreben, Rostasche von nicht belasteten Standorten in den Kreislauf zurückzuführen.

## Wärme und Strom aus Holz

Neben der Produktion von Wärme dient Holz auch zunehmend zur Wärmekraftkopplung. Dazu kommen Dampfkraftanlagen von 1 MWe bis über 50 MWe sowie bis 5 MWe auch Anlagen mit Organic Rankine Cycle (ORC) zum Einsatz. Für

die in der Schweiz angestrebte Energieausnutzung ist dabei ein weitgehend wärmegeführter Betrieb erforderlich. So verlangt die kostendeckende Einspeisevergütung [5] eine Gesamtnutzung als Wärme in Funktion der Stromnutzung, die über der Verbindungslinie von 70% Wärme und 40% Strom liegt. Dies entspricht einem Wert von 70%, berechnet aus 1-facher Wärme- plus 1.75-facher Stromnutzung. Zum reinen Erzeugen von Strom wäre ein elektrischer Wirkungsgrad von 40% erforderlich, während heutige Dampfkraftanlagen je nach Grösse 10% bis 25% erreichen.

## Substitutionseffekt von Holz

Wärme und wärmegeführte Wärmekraftkopplung aus Holz substituieren fossile Energieträger sehr effektiv. Heizen mit Holzpellets (ohne fossile Trocknung) oder Fernwärme aus Holz spart gegenüber Heizöl um 92% ein. Diese Substitution ergibt sich aus den Erntefaktoren der über den Lebenszyklus verbrauchten nicht erneuerbaren Energie, die für Holzenergie Werte zwischen 8.3 und 14 aufweisen. So erzielt Fernwärme aus Holz einen Erntefaktor von 9.0 im Vergleich zu 0.70 für Wärme aus Heizöl. Für 1 MJ Wärme aus

Heizöl werden somit  $1/0.70 = 1.43$  MJ fossile Primärenergie benötigt im Vergleich zu  $1/9.0 = 0.111$  MJ für Holz. Dies entspricht der Einsparung um 92% (Tab. 2).

Wärme aus Stückholz oder automatischen Feuerungen erzielt eine Substitution von bis zu 95% und Wärmekraftkopplung von rund 93%. Demgegenüber erzielt Treibstoff aus Holz einen deutlich niedrigeren Substitutionseffekt, da die initiale Umwandlung von Holz zu Treibstoff einen Wirkungsgrad von unter oder kaum deutlich über 50% aufweist und am Ende ebenfalls Erdöl oder Erdgas ersetzt wird. Die Umwandlung von Holz zu Treibstoff wird deshalb erst dann interessant, wenn die Wärme- und die Stromversorgung 100% erneuerbar gedeckt werden.

## Entwicklungstrends

Um das Potenzial von Holz zur Energieversorgung auszuschöpfen, sind Entwicklungen zur Anlagenoptimierung und Schadstoffminderung, insbesondere Feinstaub, zu unterstützen. Für handbeschickte Anlagen sind Feuerungen mit tiefen Emissionen, langer Abbranddauer und Verhinderung von Fehlbetrieb prioritär (Bild 1, [7]). Für grössere Leistungen kommen automatische Feuerungen zum

	EF	EF <sub>NE</sub>	PEV <sub>NE</sub>	ΔPEV <sub>NE</sub>
	[-]	[-]	[%]	[%]
Stückholzheizung	0.76	14	5%	95%
Automatische Holzheizung	0.73	13	5%	95%
Automatische Holzheizung mit Fernwärme	0.66	9.0	8%	92%
Holzpellets aus ohne fossiler Energie getrocknetem Holz	0.65	8.3	8%	92%
Holzpellets aus mit Heizöl getrocknetem nassem Holz	0.64	3.3	21%	79%
Ölheizung mit Brennwertkessel	0.70	0.70	100%	0%
WKK mit Holz mit Eta <sub>e</sub> = 25% und Strom 2.5-fach bewertet	0.55 – 1.0	10	5%	93%
WKK mit Holz mit Eta <sub>e</sub> = 45% und Strom 2.5-fach bewertet	1.0	15	7%	95%
Treibstoff aus Holz	0.36 – 0.52			
Heizen mit Gas- oder Flüssig-Brennstoff aus Holz	0.29 – 0.42			

**Tabelle 2.** Energie-Erntefaktoren EF und EF<sub>NE</sub> nach [6]. EF bewertet erneuerbare und nicht erneuerbare Ressourcen, EF<sub>NE</sub> nur die nicht erneuerbaren. Für Wärme und Strom sind der relative Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie PEV<sub>NE</sub> im Vergleich zu einer Ölheizung sowie die Einsparung ΔPEV<sub>NE</sub> angegeben. Eta<sub>e</sub> = elektrischer Wirkungsgrad.



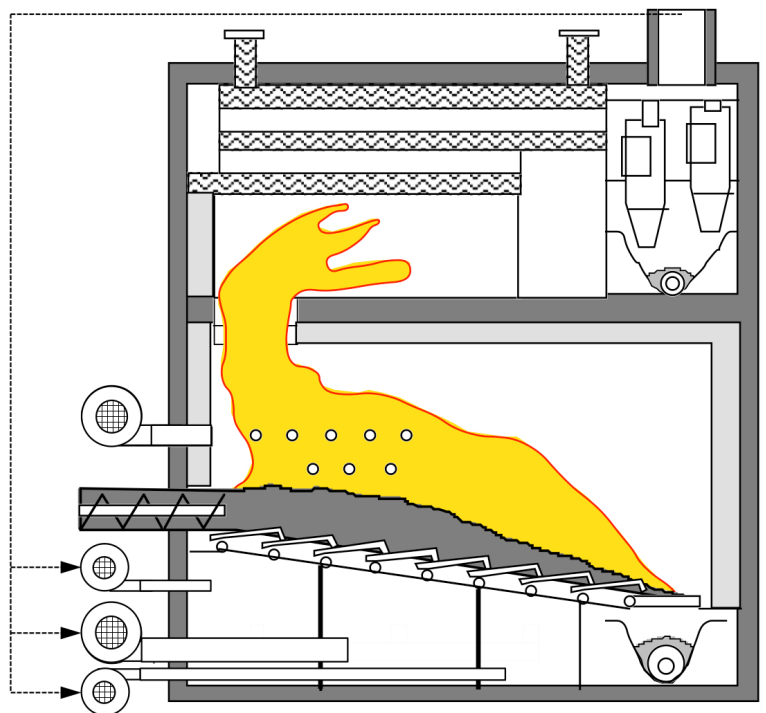
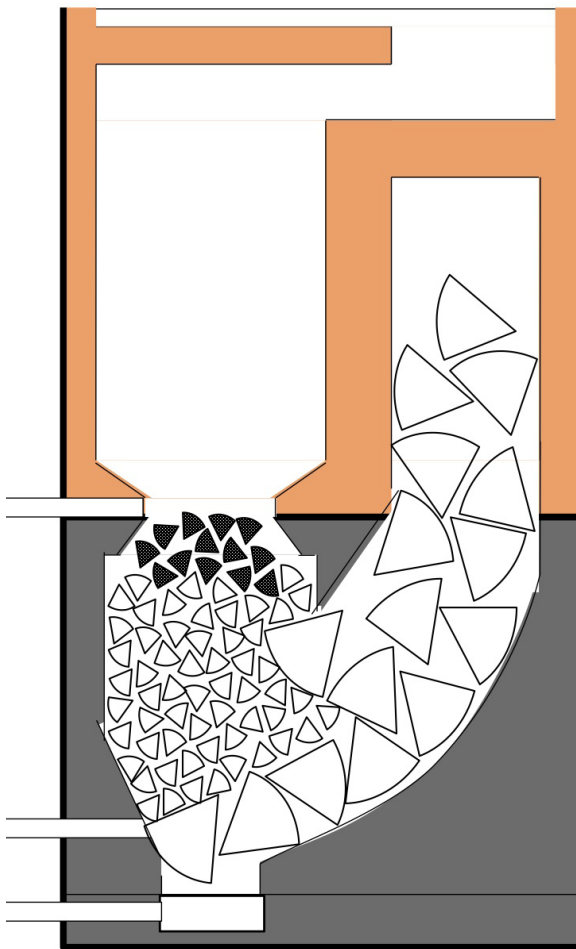
Einsatz, die dank kontinuierlicher Brennstoffzufuhr und Regelung eine schadstoffarme Verbrennung erzielen können. Für Brennstoffe mit geringem Aschegehalt sind Unterschubfeuerungen geeignet, während in Vorschubfeuerungen auch Holz mit hohem Asche- und Wassergehalt genutzt werden kann (Bild 3, [8]).

Eine Herausforderung ist der Betrieb bei Teillast und variierendem Wassergehalt, weshalb der Einsatzbereich erweitert werden soll. Bei Rostfeuerungen dienen dazu eine sektorielle Brennstoffumwandlung auf dem Rost und aerodynamische Massnahmen zur Optimierung des Teillastbetriebs [9]. Weiter kommen numerische Strömungsberechnungen (CFD) sowie experimentelle Untersuchungen mit Laser-Messverfahren

zum Einsatz. In Zukunft gewinnen auch die Stickoxide an Bedeutung, weshalb die gestufte Verbrennung zur Stickoxidminderung in die Praxis einzuführen ist [6]. Daneben gilt es, die Verfügbarkeit von Feinstaubabscheidern durch regeltechnische Massnahmen zu erhöhen. Für automatische Holzfeuerungen kommen Elektroabscheider und für trockene Brennstoffe auch Gewebefilter zum Einsatz. Für nasse Brennstoffe kann der Wirkungsgrad durch Abgaskondensation erhöht und mit einer Nass-Elektroabscheidung kombiniert werden. Um einen guten Anlagenbetrieb zu erzielen, kommt die Qualitätssicherung nach QM Holzheizwerke® zum Einsatz.

Bei der Stromerzeugung aus Holz sind die elektrischen Wirkungsgrade be-

grenzt und es besteht ein deutlicher Skaleneffekt (Economies of scale), weshalb neue Technologien auf Basis der Holzvergasung von Interesse sind [10]. Damit können die elektrischen Wirkungsgrade nahezu verdoppelt werden. In kleineren Anlagen kann Holzgas in Motoren von 50 kWe bis 1 MWe genutzt werden. Dazu existieren Entwicklungen, die wegen hoher Kosten und hohem Betriebsaufwand bis anhin nicht kommerziell etabliert sind. Erst in den letzten Jahren konnten in Europa über 200 Holzvergasungsanlagen mit 50 kWe bis 200 kWe installiert werden, die trockenen und homogenen Brennstoff verlangen; es wird sich nun zeigen, ob der Durchbruch damit gelingt. Für Anlagen über 10 MWe gilt es, die Kombikraftwerkstechnik durch Wirbel-



Links:  
Holzofen mit zweistufiger Verbrennung [7][6].

Oben:  
Vorschubrostfeuerung mit drei Sektoren und Abgasrezirkulation [8].

schichtvergasung mit Gas- und Dampfturbine mit elektrischen Wirkungsgraden von bis zu über 40% in die Praxis umzusetzen (Bild 3, [11]). Mit diesen Techniken kann Holz rasch und kostengünstig mobilisiert werden und einen maximalen Beitrag zur Energiewende leisten.

## Energiestrategie 2050 und Holz

Seit dem Beschluss zum Ausstieg aus der Kernenergie im Mai 2011 entwickelt der Bund die Energiestrategie 2050. Sie verfolgt auch eine Reduktion der fossilen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Dazu wurden die Energieperspektiven verfasst [12]. Im Szenario «Neue Energiepolitik» werden für Energieholz folgende Trends erwartet:

1. Die Stromproduktion aus Holz zur Wärmekraftkopplung soll von heute 0.5 PJ/a auf 4.5 PJ/a im Jahr 2050 gesteigert werden (Tab. 8-62 in [12]).
2. Die mit Holz beheizte Wohnfläche soll bis 2030 zunehmen, danach bis 2050 jedoch auf die Hälfte der heutigen sinken, so dass ihr Anteil bei zunehmender Wohnfläche von 8.5% auf 3.1% sinkt (Tab. 8-4 in [12]). Entsprechend wird für die Endenergienachfrage an Holz zur Wärmeversorgung bis 2050 eine Abnahme um knapp 60% von 37.4 PJ/a auf 15.6 PJ/a erwartet (Tab. 8-37 in [12]).

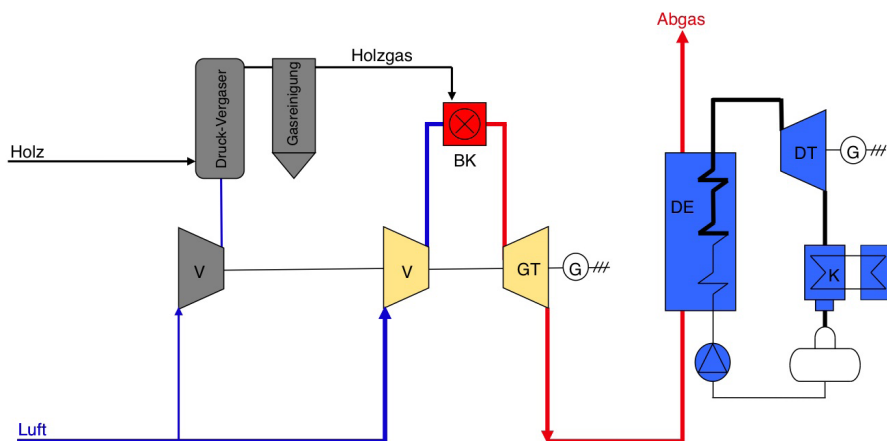
3. Gleichzeitig wird für flüssige Biotreibstoffe ein Anstieg vorausgesagt, der bis 2050 mit 37.2 PJ/a etwa dem Heizwert des heutigen Energieholzverbrauchs entspricht (Tab. 8-37 in [12]). Wenn für 1 MJ Biotreibstoff 2 MJ an Biomasse benötigt werden, entspricht der Bedarf für Biotreibstoffe dem doppelten des heutigen und dem fünffachen des prognostizierten Holzverbrauchs für Wärme.

## Fazit

Der für die Energiestrategie 2050 prognostizierte Trend zur vermehrten Wärmekraftkopplung mit Holz ist sinnvoll. Damit wird eine hohe Wertschöpfung erzielt. Demgegenüber ist aus ressourcenökonomischer Sicht die Prognose des um knapp 60% abnehmenden Holzverbrauchs für Wärme nicht gerechtfertigt. Soweit der abnehmende Holzverbrauch dabei zu einer Verschiebung zu Biotreibstoffen führt, wird die Substitution fossiler Energien gegenüber der Wärme- und Stromproduktion aus Holz dadurch verringert. Damit Holz einen maximalen Beitrag zur Energiewende leisten kann und dieser rasch erschlossen wird, sind neben seiner hochwertigen Verwendung als Roh- und Werkstoff effiziente Anwendungen zur Wärme- und Stromproduktion aus Holz zu fördern.

## Literatur

- [1] Nussbaumer, T., Schweiz Z Forstwes, 164, Nov 2013 (im Druck)
- [2] Kaltschmitt, M., Thrän, D., Energie aus Biomasse, Springer 2009, 7–35
- [3] Manser, R., 11. Holzenergie-Symp, Zürich 2010, 23–35
- [4] Thees, O., Kaufmann, E., Schweiz Z Forstwes, 164, Nov 2013 (im Druck)
- [5] KEV, Artikel 7a EnG, Biomasse Anh. 1. 5 EnV, BfE, 2011 Bern
- [6] Nussbaumer, T., BWK 57 (2005) 12 59–61
- [7] Odermatt, P., Nussbaumer, T., 12. Holzenergie-Symp, Zürich 2012, 31–52
- [8] Nussbaumer, T., Energy & Fuels, Vol. 17, No 6 (2003) 1510–1521
- [9] Kiener, M., Nussbaumer, T., 12. Holzenergie-Symp, Zürich 2012, 53–70
- [10] Hofbauer, H., Kaltschmitt, M., Energie aus Biomasse, Springer 2001, 427–505
- [11] Nussbaumer, T., BWK 5 (2006) 58–62
- [12] Prognos: Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050, BfE, Basel 12.9.2012



Aufbau eines Holzgas-Kombikraftwerks [11].

- V = Verdichter
- BK = Brennkammer
- GT = Gasturbine, G = Generator
- DE = Dampferzeuger
- DT = Dampfturbine
- K = Kondensator

## Deckensysteme mit Holz

### Andreas Müller

Professor für Holz- und Baukonstruktion  
Leiter F&E Holz- und Verbundbau  
Bernere Fachhochschule – Architektur,  
Holz und Bau

[www.bfh.ch](http://www.bfh.ch)

Dem mehrgeschossigen Holzbau stehen heute zahlreiche leistungsfähige Deckensysteme zur Verfügung. Das Spektrum reicht vom «reinen», sehr leichten Holzbauelement über die Verbundkonstruktionen bis hin zur vorgespannten Stahlbeton-Hohlplattendecke. Mit den weiter entwickelten Fertigungsprozessen und durch Mehrfertigungen dank erhöhter Nachfrage wird die Wirtschaftlichkeit der Holzbauweise weiter erhöht. Die Innovationsbereitschaft und Leistungsfähigkeit der Schweizer Holzwirtschaft und die hohe Qualität ihrer Architektur mit Holz schaffen beste Voraussetzungen dafür, dass die Schweiz auch künftig eine der führenden Nationen im Bereich des Holzbaus und auch des mehrgeschossigen Holzbaus sein wird.

Die Schweiz ist heute im Bereich des mehrgeschossigen Holzbaus eine der führenden Nationen. Die Vielzahl der in den vergangenen Jahren gebauten Projekte sorgt weltweit für Aufmerksamkeit und zeigt eindrucksvoll die Innovationsbereitschaft und Leistungsfähigkeit der Schweizer Holzwirtschaft. Die Nachfrage nach in Holz gebauten Wohnungen und Gebäuden steigt aufgrund der hohen baulichen Qualität ständig. Grossprojekte mit mehreren hundert Wohneinheiten werden mittlerweile wie selbstverständlich realisiert. Der Holzbau hat nun die einzigartige Chance, seine innovativen Bausysteme ständig weiterzuentwickeln und zu optimieren.

### Anforderungen an Holz-Deckensysteme

Die Anforderungen an die Deckensysteme im mehrgeschossigen Holzbau sind hoch. Neben einer hohen Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit sind erhöhte Anforderungen an den Schallschutz, besonders auch im Tieftonbereich und beim Brandschutz zu erfüllen. Die Aspekte des Feuchte- und Wärmeschutzes (z. B. Luftdichtheit und Wärmebrücken)

sind meist nicht relevant. Aber auch formale Aspekte sind zu berücksichtigen.

Dem mehrgeschossigen Holzbau stehen heute zahlreiche leistungsfähige Deckensysteme zur Verfügung. Das Spektrum ist breit: von den «reinen» und sehr leichten Holzbauelementen über die Verbundkonstruktionen bis hin zu den vorgespannten Stahlbeton-Hohlplattendecken. Mit den zunehmend realisierten Bauten zeigt sich immer mehr, dass drei Hauptgruppen an Deckensystemen relevant sind:

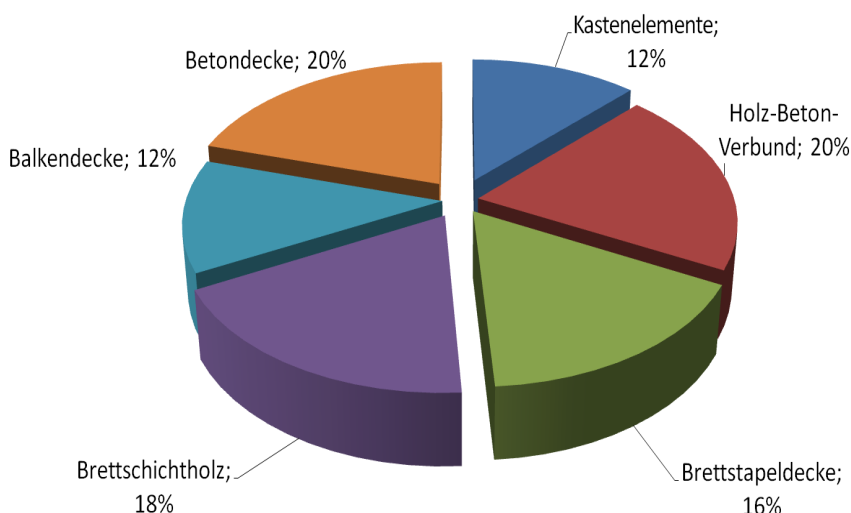
- Hohlkastensysteme
- Holz-Beton-Verbundsysteme
- Massivholzsysteme

Die Relevanz der Holzdeckensysteme hat sich gegenüber den Anfangsjahren des mehrgeschossigen Holzbaus deutlich geändert, wie die Verteilung bis 2006 in Abbildung 1 anschaulich zeigt.

### Übersicht der Deckensysteme

Hohlkastensysteme, sowohl als industriell vorgefertigte (Standard-) Vollholzelemente namhafter Hersteller als auch individuell werkseitig vorgefertigte Kasten-elemente in den unterschiedlich-

### Deckensysteme im mehrgeschossigen Holzbau Anwendungen in der Schweiz ab 3 Geschosse im Wohnungsbau



Verteilung der verwendeten Deckensysteme im Jahr 2006



ten Abmessungen, Längen und Materialkombinationen, sind mit ca. 50% Anteil gegenwärtig am häufigsten in Bauprojekten vertreten. Für eine möglichst hohe Steifigkeit werden dabei die Beplankungen standardmässig aufgeleimt respektive aufgeklebt. Sie bestehen in der Regel aus Holzwerkstoffen wie Sperrholz-, Brettspertholz-, Flachpress- oder OSB-Platten. Rippen- und Hohlkastendecken übernehmen oft auch Aufgaben der Gebäudeaussteifung. In diesem Fall sind die einzelnen Elemente untereinander schubfest zu verbinden. Auf dem Markt sind heute auch diverse Halbfabrikate erhältlich. Diese oft mehrschichtig verleimten Fabrikate weisen in der Regel eine geschlossene Untersicht und im Kern Hohlräume auf, die je nach Bedarf mit wärme- oder schalldämmenden Materialien gefüllt werden können. Zudem lassen sich in den Hohlräumen Installationen führen.

Holz-Beton-Verbundbauweisen sind mit ca. 30 % als zweites wichtiges Deckensystem des mehrgeschossigen Holzbaus zu nennen. Dabei werden die unterschiedlichsten Schubverbindingssysteme bzw. -bauweisen eingesetzt. Eine Holz-Beton-Verbundkonstruktion weist im Vergleich zu einer reinen Holzdecke die grössere Steifigkeit und Tragfähigkeit auf und ergibt gute Schall-

und Brandschutzeigenschaften. Ausschlaggebend für das Verbundverhalten einer Konstruktion ist die Wahl des Verbindungsmittels. Je steifer die Schubverbinding und je weniger Schlupf diese aufweist, desto wirkungsvoller ist das Gesamtsystem.

Die Verbundsysteme sind in zwei Gruppen eingeteilt. Zum einen findet die Schubverbinding über Formschluss statt (holzbaumässig mit Kerfen und Vertiefungen), zum anderen mit Systemen ohne Formschluss, bei denen die Schubkräfte über Verbindungsmittel übertragen werden müssen. Die Systeme ohne Formschluss waren in früheren Jahren vor allem mechanische Verbindungen, die sich oft auch schon im Stahl-Beton-Verbundbau bewährt haben, wie Kopfbolzen oder damals neu axial beanspruchte Schraubverbindungen. Heute werden wegen der deutlich höheren Steifigkeit der Verbindungen häufig geklebte Verbindungen eingesetzt. Ob dabei weiterhin auf der Baustelle der Beton aufgebracht wird oder die Holzbeton-Verbund-Elemente bereits vollflächig und vollständig im Werk hergestellt werden, wird derzeit noch sehr unterschiedlich gehandhabt und diskutiert. Die Wahl hängt von der individuellen Grundfläche und der Betriebsausstattung ab. Sicher ist jedoch, dass die komplette Vorfertigung, und vor allem das Ein-

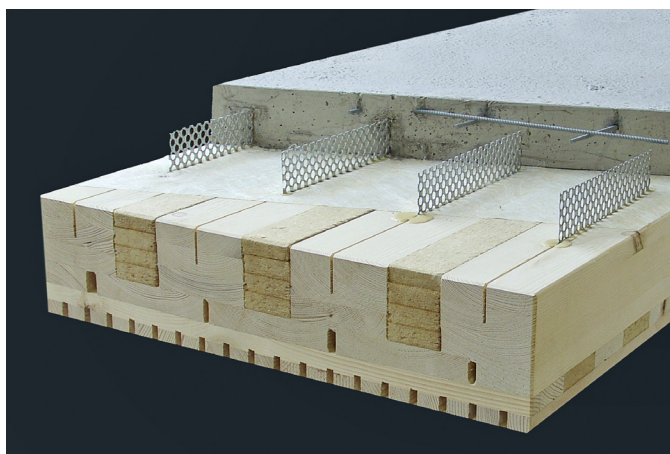
bringen des Betons, im Holzbaubetrieb stattfinden müssen. Erste Versuche und Ansätze, bei denen Stahlbeton-Fertigteilwerke Holzbeton-Verbund-Elemente herstellen sollten, sind gescheitert.

Viele sehen in der Vorfertigung im Werk, verbunden mit einer trockenen und schnellen Montage auf der Baustelle, die Zukunft. Derzeit ist die Herstellung auf der Baustelle aber in der Regel günstiger.

Massivholzsysteme sind die dritte Gruppe der im mehrgeschossigen Holzbau vertretenen Deckensysteme. Diese Systeme kommen oft dann zum Zug, wenn eine geringe statische Höhe erforderlich ist. Waren es in den Anfangsjahren noch überwiegend Brettstapel- oder Dübelholzsysteme, sind es heute immer mehr auch mehrschichtige Massivholzplatten unterschiedlichster Ausprägung. Von den kreuzweise verklebten Brettlagen bis zur gedübelten Verbindung ist ein breites Spektrum an Entwicklungen mit unterschiedlicher Marktreife verfügbar.

## Flachdecken – ein Zukunftstraum

Die Idee, weitgespannte Flachdecken ähnlich dem Massivbau zukünftig auch im mehrgeschossigen Holzbau zu verwirklichen, ist der Traum vieler Holzbauingenieure. Die biegesteife Verbindung der vorgefertigten Deckenelemente



Holz-Beton-Verbund mit eingeklebten Lochblechen  
Quelle: Lignotrend



Holz-Beton-Verbund mit aufgeschraubten Beton-Fertigteilen  
Quelle: Häring Projekt AG



auf der Baustelle ist mit guten Ideen zu lösen. So wurden in den vergangenen Monaten Lösungsansätze für viele Problemstellen in der baulichen Umsetzung der Flachdecke aus Holz entwickelt.

Mit den hier aufgeführten, im mehrgeschossigen Holzbau üblichen Deckensystemen lassen sich problemlos die erhöhten Anforderungen sowohl an den Schallschutz als auch an den Brandschutz erfüllen. Für ein hohes Mass an Flexibilität in der freien Grundrissgestaltung, aber auch für weniger tragende Bauteile und dadurch für eine Reduktion der Kosten, sind grosse Spannweiten der Deckensysteme gefragt. Dies bedingt eine hohe Leistungsfähigkeit und Qualität.

Die Deckensysteme werden im Normalfall direkt auf in gleicher Ebene liegenden Randunterzügen gelagert. Unterzüge werden für einen ungehinderten Lichteinfall in der Regel vermieden. Als Randträger werden meist L-förmig zusammengesetzte, oft geklebte Holzträger verwendet. Für die Zwischenunterstützung der Decken werden wegen der höheren Lasten und der geringen zur Verfügung stehenden Bauhöhe oft Walzprofile aus Stahl eingesetzt. Die Stahlprofile werden, sofern es die erforderliche Bauhöhe zulässt, im tragenden Deckenaufbau integriert. So entstehen, dem architektonischen Wunsch entsprechend, grosszügige und flächige Deckenuntersichten.

Die reine Balkenlage in ihrer ursprünglichen Form wird kaum mehr eingesetzt. Je nach Bauaufgabe und insbesondere bei Sanierungen kann sie jedoch nach wie vor eine sinnvolle Alternative sein. Vorrangig bleibt sie aber dem Ein- und Zweifamilienhausbau vorbehalten.

## Kriterien zur Wahl der Deckensysteme

Die beiden Hauptkriterien bei der Auswahl geeigneter Deckensysteme für bestimmte Bauaufgaben sind deren Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit. Im mehrgeschossigen Holzbau ist aber auch die langfristige Rendite einer Investition entscheidend. Der Holzbau hat sich an

den Herstellungskosten des konventionellen Massivbaus zu messen. Dennoch gibt es Gesichtspunkte, die bei einer Entscheidung individuell zu berücksichtigen sind:

- Wirtschaftlichkeit
- Biegesteifigkeit / Scheibensteifigkeit
- Schwingungs- und Schallschutzeigenschaften (Masse, Steifigkeit in Querrichtung)
- Konstruktionshöhe des Gesamtsystems (Einfluss auf die Gesamtgebäudehöhe)
- Ästhetik (Untersicht)
- Brandwiderstandsdauer / -verhalten
- Eigengewicht
- Vorfertigungsgrad, Bauzeit, Toleranzen, trockene Bauweise
- Flexibilität, Raster, ein-/zweiachsiger Lastabtrag
- Robustheit, Planungssicherheit
- Möglichkeit, das Gesamtsystem zu überhöhen

Ein sehr wichtiger Gesichtspunkt ist die bauliche Überhöhung der weitgespannten Deckenflächen. Kann eine Bauart oder ein System dies nicht leisten, ist dies ab einer Spannweite von ca. 6 bis 7 Metern ein schwerwiegender Nachteil. Auch die Scheibensteifigkeit des gesamten Deckensystems ist ein wichtiges Auswahlkriterium. Brettstapel- bzw. Dübelholzdecken, die mit Holzwerkstoffplatten als Scheibe ausgebildet sind, können eine sehr effiziente Lösung darstellen. Eine deutlich höhere Scheibensteifigkeit besitzen auch hier wiederum die Holz-Beton-Verbundlösungen bzw. die Stahlbeton-Massivdecken, sofern sie ohne Stoss vor Ort betoniert werden.

In den reinen Holzlösungen wird die Steifigkeit durch die Art der Verbindungen untereinander beeinflusst. Mit grossformatigen Holzwerkstoffplatten beplankten und mit einer hohen Steifigkeit der Verbindungsmittel schubfest verbundenen Stössen lässt sich auch die Steifigkeit von Bausystemen aus Holz merklich steigern, [2]. Das geringere Eigengewicht der Holzbauweise und die Möglichkeit

, über die Verbindungen ein höheres Mass an Duktilität zu erreichen, kann besonders im Hinblick auf die Erdbebensicherheit von Vorteil sein. Bei dem «Gesamtrüst» Gebäude muss jedes Bauteil hierfür aufeinander abgestimmt werden.

## Neues vom Holz-Beton-Verbund

Neu gibt es einige marktreife Entwicklungen zur flächigen Verklebung oder auch zur nachträglich mechanischen Verbindung vorgefertigter Stahlbeton-Fertigteileplatten mit vorgefertigten Holzbauteilen. Dabei können sowohl die Vorteile der Vorfertigung der Holzbauteile im Holzbaubetrieb als auch die weitgehend automatisierte Produktion der (Stahl-) Beton-Fertigteileplatten genutzt werden. Dies ermöglicht ebenfalls beim Holz-Beton-Verbund eine sehr trockene und schnelle Bauweise. Gleichzeitig ist das Schwinden des Betons schon weitgehend abgeklungen. Die erste Formänderung im Verbundquerschnitt und die damit verbundenen «Eigenspannungen» lassen sich weitgehend vernachlässigen.

Die nachträgliche Verschraubung vorgefertigter Betonplatten mit den Holzbauteilen führt zu einer gewissen Renaissance der (rein) mechanischen Verbindungen im Holz-Beton-Verbundbau. Die mechanischen Verbindungen waren im Neubau durch die erforderliche hohe Anzahl der Verbindungsmittel oft nicht wirtschaftlich genug. Im Sanierungsbereich hingegen sind diese meist axial beanspruchten Schraubverbindungen auch heute noch eine sehr gute und meist optimale Systemlösung. Wurde bislang bei den Holz-Beton-Verbunddecken überwiegend der Beton mit Flächenelementen in Brettstapelbauweise oder mit mehrschichtigen Massivholzplatten kombiniert, so finden wir heute immer mehr auch wieder Gebäudekonzepte z. B. bei Produktions- und Verwaltungsbauten, bei denen die raumabschliessenden und in der Dicke optimierten Betonplatten mit Holzrippen bzw. -trägern verbunden sind.

Wird die derzeitige Grenze der

baurechtlichen Standardkonzepte von sechs Geschossen überschritten, sind die Holz-Beton-Verbundkonstruktionen oft wichtiger Teil der individuellen Brandschutzkonzepte. Dabei wird neben dem direkten Durchbrand über die Deckenflächen auch die Brandweiterleitung über die flankierenden Bauteile durch Randträger/-gurte aus Stahlbeton verhindert. Als wichtiger Nebeneffekt wird damit auch die Pressung senkrecht zur Faser (liegendes Holz) konsequent vermieden. Dieser Ansatz ergibt optimierte Konstruktionen in der vertikallastabtragenden Primärkonstruktion, da sich die volle Leistungsfähigkeit der Holzstützen ausnützen lässt. Die Druckfestigkeit von Holz parallel zur Faser ist etwa identisch mit der Pressung von handelsüblichen Normalbetonen.

## Holz-Untersichten bei Mehrgeschossern

Vielfach wird eine sichtbare Holzuntersicht auch bei fünf- und mehrgeschossigen Holzbauten gewünscht. Die Anforderung in REI 60/ EI 30 (nbb) für Standardkonzepte lässt dies jedoch nicht zu. In diesen Fällen wurde bislang meist Holz-Beton-Verbund für Flächenelemente eingesetzt. Neu gibt es jetzt die Alternative mit hierfür speziell entwickelten Vollholz-Kastenelementen, die durch brandschutztechnische Prüfungen ihre Gleichwertigkeit belegt haben. Diese Lignatur-Elemente eignen sich für fünf- und sechsgeschossige Gebäude und sind in Absprache mit der Brandschutzbehörde auch dort anwendbar, wo ein Feuerwiderstand von REI 60 / EI 30 (nbb) gefordert ist.

## Hybridbau mit Spannbeton-Hohlplattendecken

Werden bei mehrgeschossigen Holzbauten Stahlbeton-Deckensysteme in Erwägung gezogen, sollte bei diesen Systemen auf für den Holzbau angepasste Lösungen Wert gelegt werden. Hier haben sich vorgespannte Stahlbeton-Hohlplattendecken gut bewährt. Diese Systeme sind preiswert auf dem Markt erhältlich. Sie ermöglichen prob-



Beide Bilder oben: Life Cycle Tower in Dornbirn, A  
Bild unten: Lignatur-Brandschutzelement, Quelle: Lignatur AG

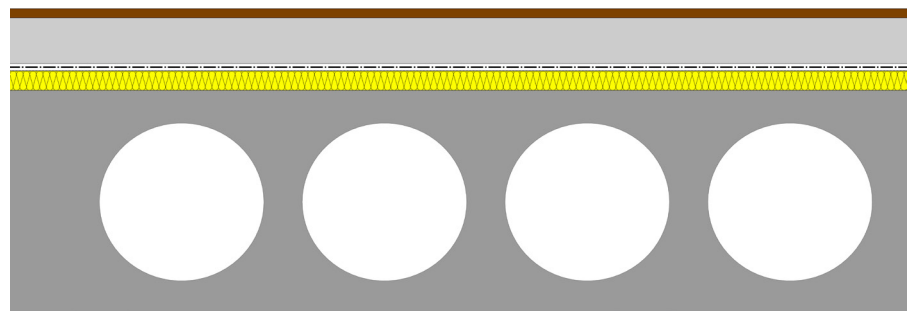


lemlos Spannweiten von 10 bis 12 (ggf. 16) Meter und haben, wie die Gegenüberstellung von Eigengewicht und Auflast vergleichbarer Deckensysteme in Tab. 1 zeigt, auch ein relativ günstiges Eigengewicht. Vorsicht ist bei diesen Systemen jedoch bezüglich der durch die Vorspannung bedingten, teilweise unterschiedlichen Vorkrümmung der Platten geboten. Denn diese kann zu Höhenversätzen in der Untersicht von nebeneinander liegenden Elementen führen. Trotz hoher Oberflächenqualität muss eine abgehängte Decke in Betracht gezogen werden. Vor allem bei Labor- und Produktionsbauten mit hohen Anforderungen sowohl an die

Tragfähigkeit als auch an das Verformungs- bzw. Schwingungsverhalten sind diese Systeme eine gute Alternative. Die trockene Bauweise ist auch hier durch die Vorfertigung gegeben.

## Weitere Hohlkastensysteme

Neben den Standard-Kastenelementen aus Vollholz werden auch industriell gefertigte Kastenelemente aus Holzwerkstoffplatten auf dem Markt angeboten. Bei dem Novatop-System werden speziell gefertigte Mehrschichtplatten zu Novatop-Elementen zusammengesetzt. Dabei werden als Besonderheit dieses Systems die Zwischenrippen kassetten-



Spannbeton-Hohlplattendecke

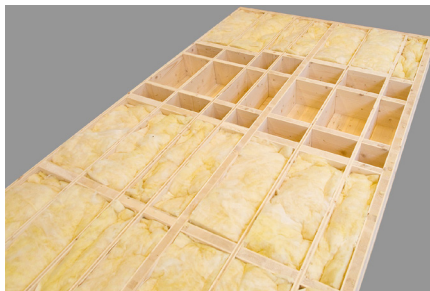


artig in Längs- und Querrichtung, also kreuzweise, angeordnet. Dies ergibt eine Erhöhung der Steifigkeit der Flächenelemente in Querrichtung. Die für die Decklagen hergestellten Mehrschichtmassivholzplatten aus Fichtenholz bestehen aus einer Mittelschicht und zweimal zwei gleichgerichteten Deckschichten in der statischen Haupttragachse. Die maximal 12,0 m langen und bis 2,45 m breiten Kastenelemente werden wie bei allen industriell gefertigten Kastenelementen bereits im Produktionsprozess auf Wunsch zur Erhöhung der Masse mit Splitt bzw. mit Schall- oder Wärmedämmung ausgefüllt. Neben den Standardhöhen von 160, 200, 240, 280 und 320 mm können auf Anfrage auch bis zu 600 mm hohe Flächenelemente als Sonderelemente gefertigt werden.

Kielstegelemente sind ebenfalls sehr wirtschaftliche und materialoptimierte Hohlkastensysteme. Diese einachsigen gespannten Flächentragsysteme sind flexibel mit Bauhöhen von 228 bis 800 mm in Längen bis zu 30 m herstellbar. Sie bestehen aus einem Ober- und Untergurt aus Schnittholz sowie Stegen aus Sperrholz oder OSB. Die charakteristische Krümmung der Stege in Form eines Bootskiels gibt dem Bauelement seinen Namen. Die Kielstegelemente sind durch die flexible Bauhöhe für grosse Spannweiten bei überwiegend durch Flächenlasten beanspruchten Gebäuden sehr gut geeignet.

## Leistungssteigerung mit Laubhölzern

Die Holzwirtschaft entwickelt in Zusammenarbeit mit den Forschungsinstitutionen reine Holzlösungen auch für weitgespannte Konstruktionen mit sehr hohen Anforderungen ständig weiter. Dabei wird zunehmend hochwertiges Laubholz als Lösungsansatz für die Verstärkung und Ertüchtigung von Vollholzsystemen genutzt. Als Beispiel steht hier die Verstärkung der hochbeanspruchten Zonen der punktgestützten Flachdecken aus Brettsperrholz oder die vorge-



**Novatop-Element**  
Quelle: [www.novatop-system.cz](http://www.novatop-system.cz)



**Kielstegträger**  
Quelle: [www.holzstuerm.ch](http://www.holzstuerm.ch)



**Punktgestützte Flachdecke**  
Quelle: [Timbatec GmbH](http://www.timbatec.com)

spannten Systeme, wie sie derzeit an der ETH Zürich im Zuge des Nationalen Forschungsprogramms NFP 66 «Resource Holz» entwickelt werden. Im Ingenieurholzbau wird die Möglichkeit, Nadelholzbauteile durch Laubholzeinleimer zu verstärken, fast schon standardmässig eingesetzt. Laubholz kommt aber auch im Einzelfall sehr individuell zur Verstärkung zur Anwendung, wie beispielsweise bei dem Tamedia-Gebäude in Zürich, bei dem konsequent Buchenholz für eine erhöhte Lochleibungsfestigkeit im Bereich der Anschlüsse genutzt wurde.

## Literatur

- [1] Müller, A.: Mehrgeschossiger Holzbau, Skriptum, Berner Fachhochschule, Biel 2011
- [2] LIGNATEC 23/2008: Erdbebengerechtes Entwerfen und Konstruieren von mehrgeschossigen Holzbauten, Lignum, Holzwirtschaft Schweiz, Zürich, 2008
- [3] Cheret, P., Grohe, G., Müller, A., Schwaner, K., Winter, S., Zeitter, H.: Holzbausysteme, Informationsdienst Holz, 2000



# Fassadenfarben: Keine Nanostaubgefahr

Ende 2013 ging das EU-Forschungsprojekt «NanoHouse» mit einer vorsichtigen Entwarnung zu Ende. Nach 42 Monaten Forschung zeigte sich: Nanopartikel in Fassadenfarben stellen keine aussergewöhnliche Gesundheitsgefahr dar.

### Internet-Links:

Empa\_Website des EU-Projekts «NanoHouse»  
 Informationsseite über Nanopartikel  
 Informationsbroschüre für die Textilbranche

Empa / Im Projekt «NanoHouse» forschten fünf Abteilungen der Empa gemeinsam mit vier europäischen Forschungsinstituten und vier Industriepartnern zum Thema «Chancen und Risiken von Nanomaterialien in Fassadenbeschichtungen». Erstmals wurden nicht nur frisch hergestellte, sondern auch gealterte und aus Produkten freigesetzte Nanopartikel untersucht.

Im Rahmen eines Technology Briefings diskutierten zu Jahresbeginn Fachleute der Empa mit Vertretern des Baugewerbes die Forschungsergebnisse. Harald Krug, Leiter des Forschungsschwerpunktes «Materials meet Life», informierte über die Nano-Sicherheitsforschung an der Empa. Das Forschungsinstitut war und ist an mehreren EU-Forschungsprojekten beteiligt und hat an diversen Informationsbroschüren zum Thema Nano mitgewirkt. So entstand etwa die Website Nanopartikel.info sowie eine Info-Broschüre für die Textilindustrie und ihre Zulieferer. Sie könnte beispielhaft für andere Branchen sein und ist als pdf verfügbar.

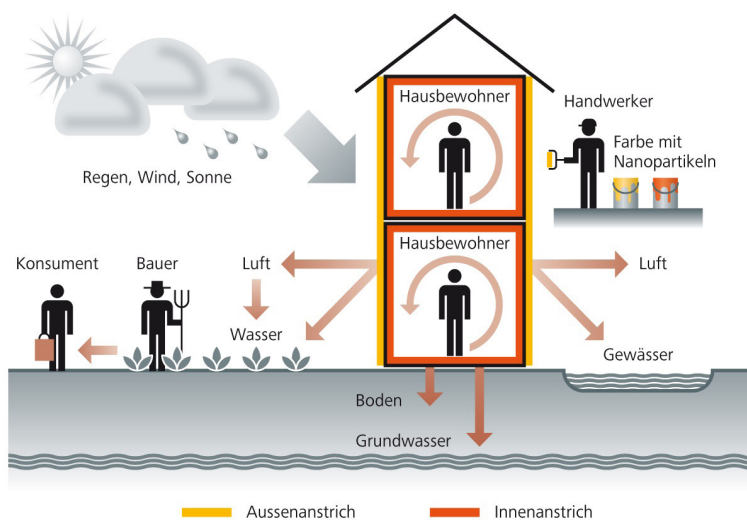
Claudia Som, die das Projekt an der Empa koordiniert hatte, stellte «NanoHouse» vor. Dieses mit EU-Mitteln aus dem 7. Forschungsrahmenprogramm geförderte Projekt startete 2010 mit dem Ziel, Nanopartikel in Baumaterialien und Häusern auf ihre Gesundheitsgefährdung zu untersuchen. Auf dem Programm standen unter anderem Reibversuche an Modellfassaden, Versuche zur Auswaschung von Nanopartikeln und eine Analyse der biologischen Wirkungen auf Mensch und Umwelt.

### Viele Laborstudien, wenige Produkte

Tina Künniger, Empa-Spezialistin für Witterungsschutz von Holzoberflächen, erläuterte die Wirkung von Nanopartikeln in Anstrichfarben: Manche Farben mit Siliziumdioxid sind Wasser abweisend, leicht zu reinigen und kratzfest; Nano-Titandioxid wirkt fotokatalytisch und baut Luftschadstoffe ab. Auch lassen sich Nano-Titandioxid, Nano-Zinkoxid und Nano-Eisenoxid als UV-Schutz einsetzen, je nach Grösse der Partikel ausserdem als Schutz vor Infrarotstrahlung. Ebenso sollen Nanopartikel vor Blaufäulepilzen und Algenbefall schützen. Viele Laborstudien belegen die Wirksamkeit der Nanopartikel, doch in der Praxis bleibt die Frage: Wie viel muss ich der Farbe beimischen, damit es auch wirkt? Aus diesem Grund sind bislang nur wenige Nanoprodukte für Aussenfassaden auf dem Markt. Die grössten Chancen der Nanopartikel liegen in der Kombination verschiedener Funktionalitäten, zum Beispiel UV-Schutz und leicht- oder selbstreinigend.

### Erstaunlich wenig freigesetzt

Bernd Nowack, Leiter der Gruppe «Environmental Risk Assessment and Management» an der Empa, informierte zu den Ergebnissen der Freisetzungversuche. Die Rate liegt generell sehr niedrig: Nur ein bis zwei Prozent der Nanopartikel gelangen in die Umwelt. Diese sind nicht etwa frei unterwegs, sondern meist



Nanopartikel im Haus: Woher sie kommen, wohin sie gehen  
 Grafik: Empa.

an grössere Farbpartikel gebunden, was ihre nanospezifische Wirkung deutlich mindert. Zum Erstaunen der Forscher, denn sie haben erwartet, dass katalytisch aktive Nanopartikel die Farbe um die Partikel herum angreifen und dadurch häufiger freigesetzt werden.

Jean-Pierre Kaiser (Materials-Biology Interactions, Empa) zeigte mit seinen toxikologischen Untersuchungen, dass Farben mit Nanopartikeln dieselben Effekte auf das Verhalten von Magen-Darm-Traktzellen und Immunzellen verursachen wie entsprechende Farben ohne Nanopartikel. Deshalb erwartet er, dass die Farben mit Nanopartikeln kein neues akutes Gesundheitsrisiko darstellen. Allerdings zeigten die Untersuchungen gleichzeitig, dass Nanopartikel von den Zellen aufgenommen werden. Ob diese Akkumulation in den Zellen zu Spätfolgen führt, lasse sich derzeit noch nicht abschliessend beurteilen.

In seiner Bewertung möglicher Umweltschäden plädierte Empa-Um-

weltwissenschaftler Roland Hischer fürs Abwägen: Bei einem Haus mit einer angenommenen Lebensdauer von 80 Jahren lohnt ein Anstrich mit Nanofarbe, wenn dieser um 30 Prozent länger hält. So würde ein ganzer Hausanstrich eingespart und alle Umweltbelastungen aus der Farbproduktion und beim Entsorgen von Farbresten entfielen. Diese These blieb allerdings umstritten: Oft werde eine Farbschicht aus ästhetischen Gründen erneuert und nicht weil sie defekt sei. Damit wäre der Lebensdauervorteil der Nanofarbe passé.

### Geringe Kenntnisse in der Industrie

Ingrid Hincapie, Risikoforscherin an der Empa, berichtete über ihre Umfrage in der Industrie. Viele Firmen erwarten eine höhere Lebensdauer von Farben mit Nanopartikeln, einige versprechen sich eine leichtere Handhabung, zum Beispiel ein schnelleres Trocknen der Farbe. Nur: Wie Nanopartikel zu entsorgen sind, etwa in Farbresten, wissen nur wenige.

Aus der Praxis berichtete Peter Seehafer vom Maler und Gipsverband. Kunden verlangen bisweilen nach der neuesten Technologie bei Anstrichfarben. Doch liegt gerade bei Malern der Frauenanteil bei rund 50 Prozent. Schutz vor schädlichen Chemikalien ist daher besonders wichtig. Er forderte deshalb mehr Information, um gegenüber Kunden und Beschäftigten klar Position beziehen können.

André Hauser vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) erläuterte schliesslich die aktuellen gesetzlichen Bestimmungen zu Entsorgung von Abfällen mit Nanomaterialien. Das BAFU gibt auf seiner Website Tipps zur Entsorgung. Die aktuellen Regelungen zum Arbeitsschutz erläuterte Kaspar Schmid vom Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO). Entscheidend sei, dass der Hersteller der Materialien ein Sicherheitsdatenblatt beilegen muss, so wie bei jeder anderen Chemikalie auch.



Freibewitterung verschiedener Beschichtungen mit und ohne Nanosilber

Bilder: Empa, Abt. Angewandte Holzforschung



Künstliche Bewitterung verschiedener Beschichtungen mit und ohne Nanosilber



Wirksamkeit der Beschichtungen gegenüber Bläuepilzen; getestet an unbewitterten Oberflächen

## Deckensysteme: Lösungen mit Holz

### Charles von Büren

Redaktor Holzforschung Schweiz  
Bern

bureau.cvb(at)bluewin.ch

Deckensysteme haben als raumabschliessende Bauteile unterschiedlichen Anforderungen und Ansprüchen zu genügen. Mit dem zunehmend aufgekommene mehrgeschossigen Holzbau stieg während der vergangenen Jahre das Interesse an effizienten und auch wirtschaftlichen Deckensystemen in Holz- und Hybridbauweise. Der erstmals durch das Swiss Wood Innovation Network S-WIN durchgeführte Fortbildungskurs in Weinfelden widmete sich eingehend diesem Thema.

Die Kursleiter Andrea Frangi (ETH Zürich/IBK) und Andrea Bernasconi (HES-SO, Yverdon-les-Bains) konnten den über 200 Teilnehmenden aus Planung und Unternehmen eine Auslegeordnung zum Thema präsentieren. Berücksichtigt waren vielfältige Aspekte wie Architektur, Wirtschaftlichkeit, Statik, Brandschutz und Schallschutz. Zudem wurden aktuelle neue Deckensysteme vorgestellt, die aus der Zusammenarbeit von Forschung und Entwicklung mit Unternehmen hervorgegangen sind.

### Teil 1: Technische Grundlagen – Architektur, Statik, Brand- und Schallschutz

#### Präzisere Planung für bessere Bauqualität

Deckensysteme in Holz lohnen sich für Architekten, wenn die Systemwahl den Ansprüchen aus dem betreffenden Projekt entspricht. Das bedingt gute Kenntnis der Möglichkeiten und/oder fachkundige Beratung. Frühzeitige Planung und Koordination gemeinsam mit Ingenieur und Unternehmen sind unabdingbar für das Gelingen. Der Lohn dafür sind kurze

Bauzeiten, präzise Details und damit hohe Bauqualität.

Anhand von gebauten Beispielen erläuterten Raffael Graf von Bauart Architekten und Max Renggli (Renggli AG, Sursee), was es bei den Planungs- und Bauprozessen für Bauten mit bestimmten Deckensystemen aus Holz im Einzelnen zu beachten gibt. Renggli äusserte sich klar: «Die Zusammenarbeit von Netzwerkpartnern, Planern und Unternehmen ist besonders wichtig. Der Vorfertigungsgrad steigt so weiter, der Modulbauweise kommt vermehrt Bedeutung zu.» Zuversichtlich gab sich auch Andreas Müller (BFH-AHB Biel). Er stellte fest, dass dem mehrgeschossigen Holzbau heute zahlreiche leistungsfähige Deckensysteme zur Verfügung stünden. Der Spielraum reicht vom reinen, sehr leichten Holzbauelement über Verbundkonstruktionen bis hin zur vorgespannten Stahlbeton-Holzplattendecke. Fertigungsprozesse werden weiterentwickelt, erhöhte Nachfrage führt zu vermehrten Anwendungen, und dies zusammen genommen wird die Wirtschaftlichkeit von Holz-Deckensystemen steigern.



Furnierschichtholzplatten aus Buche mit wellenförmigen Vertiefungen für eine kontinuierliche Verbundwirkung zwischen Beton und Holz



## Die Sicht der Tragwerkplaner

Decken sind in modernen Tragwerken eine Komponente des gesamten Tragsystems, dies insbesondere dann, wenn die Anzahl Geschosse zunimmt. Deckenelemente haben zumeist sowohl eine Platten- als auch eine Scheibenwirkung aufzuweisen und zu gewährleisten. Andrea Bernasconi (HES-SO, Yverdon-les-Bains) erläuterte eingehend die Tragwirkung von Deckenelementen aus Holz und streifte auch deren Berechnung und Bemessung. Letztlich geht es darum, deren Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit zu gewährleisten und eine robuste Konstruktionsweise zu erzielen. Mögliche Verformungen und Schwingungen (und auch die Schalldämmung) müssen im Rahmen der geltenden Normen und anderer Vorschriften liegen.

In Bezug auf Brandschutz von Holzbauwerken wurden während der letzten Jahre bedeutende Entwicklungsschritte getan. Anhand von Laborversuchen wurden u.a. Hohlkasten-, Brettstapel- und Brettsperrholzdecken geprüft. Diese Versuche werden zudem durch Berechnungen gestützt. Andrea Frangi (ETH Zürich/IBK) betonte dabei, dass im Holzbau, und dort besonders bei mehrschichtigen Holzbauteilen, der sorgfältigen Bauausführung der gesamten Konstruktion mitsamt ihrer Verkapselung durch brandabweisende Materialien eine Schlüsselrolle zukomme.

## Schallschutz

Akustische Gestaltung für Bauten zielt darauf ab, geeignete Bedingungen für die Nutzer zu schaffen. Stichworte sind Luftschalldämmung gegen Innen- und Aussengeräusche, Trittschall- und Körperschalldämmung sowie Schallabsorption (Raumakustik). Die Norm SIA 181 «Schallschutz im Hochbau» regelt die technischen Anforderungen, der Tieffrequenzbereich (unter 100 Hz) ist aber praktisch nicht einbezogen. Doch wird in Bauten in Leichtbauweise vielfach gerade der Trittschall als störend empfunden.

Mit dem Forschungsprojekt «Acu-Wood» im Rahmen des gemeinsamen Forschungsvorhabens «Schallschutz im Holzbau» von Lignum und BFH-AHB wird die akustische Qualität von Holzbauten untersucht. Es geht vereinfacht gesagt darum, die subjektive Wahrnehmung von Schallimmissionen in Verbindung mit den bautechnischen Normen zu bringen. Schwerpunkt ist das Thema Trittschall. Die bisherigen Erhebungen haben ergeben, dass das eigene Wohnumfeld im Allgemeinen gut bewertet wird und Schallimmissionen nicht übermässig ins Gewicht fallen. Wenn etwas stört, dann ist es Trittschall aus Nachbarwohnungen – ein Hinweis, den Olin Bartlomé (Lignum), Moderator und Referent zum Thema Schallschutz, als klare Aufforderung sah, diesbezüglich nach Verbesserungen zu suchen.

Ein Leichtbauprüfstand, der von der Empa gemeinsam mit der BFH-AHB in Biel entwickelt und in Dübendorf aufgestellt wurde, erleichtert seit einiger Zeit die entsprechenden Untersuchungen. Christoph Geyer (AHB Biel) berichtete über die bisherigen Untersuchungsergebnisse. Bisher habe sich gezeigt, dass die derzeit in der Schweiz typischen Holzbaukonstruktionen bezüglich Schallschutz gut dastünden. Eine im Entstehen begriffene Datenbank mit Luft- und Trittschallwerten der gängigen Holzbaukonstruktionen soll künftig die Grundlage für eine zuverlässige Berechnung des Schallschutzes im mehrgeschossigen Holzbau liefern.

Was von Seite Planung und Ausführung zu unternehmen ist, um in Bezug auf Schallschutz Verbesserungen zu erreichen, erläuterten Bernhard Furrer (Lignum) und Jörg Ackermann (Gerevini Ingenieurbüro St. Gallen). Bei der Leichtbauweise mit Holz bewirkt ein entsprechender Schichtaufbau mit mehrschaligen Konstruktionen einen vergleichsweise guten Schallschutz. Wie auch beim Brandschutz sind hier die fachgerechte Planung und korrekte Ausführung der Bauteile entscheidend. Zentral ist dabei die frühzeitige und systematisch geführte Kommunikation zwischen Planenden und Ausführenden.

## Teil 2: Deckensysteme, Marktlösungen

### Forschung und Entwicklung

Nicht wenige Deckensysteme bewähren sich heute bereits auf dem Markt, sei es für gängige Bauwerke oder Grossbauten. Sie bieten Planungssicherheit für Architekten und Ingenieure sowie Klarheit für die Ausführung und Sicherheit für Bauträger und Benutzende. Aber auch neuartige Verbunddecken, z.B. mit hochfesten Holzarten, werden erprobt. Diese führen zu noch leistungsfähigeren Tragsystemen; sie befinden sich derzeit im Versuchsstadium im Massstab 1:1, erfahren aber in Kürze anhand eines Prototypen an der ETH Zürich einen Praxistest. Vorgestellt wurde zudem eine neue Technologie mit stirnseitiger Verklebung von Holz.

### Deckensysteme und Marktlösungen

Deckensysteme aus Holz sind immer in Zusammenhang mit dem gesamten Bauwerk zu sehen. Sie stehen in statischem Verbund zu den Tragwänden und haben darüber hinaus eine wichtige Funktion in Bezug auf die Haustechnik, auf Heizung, Lüftung, Wasser und Abwasser wie auch auf Elektroinstallationen. Bauphysikalisch bestehen Ansprüche an Schall- und Brandschutz, an das Schwingungsverhalten usw. Architektonisch stehen ihre Gebrauchstauglichkeit und Ästhetik im Vordergrund. Wesentlich aber ist vor allem, dass sie beim Bauen einfach zu handhaben sind und sich dauerhaft bewähren.

Am Fortbildungskurs von Swiss Wood Innovation Network S-WIN stellten fünf Spezialisten diverse Deckensysteme vor. Die Palette ist heute breit und reicht vom Holz-Beton-Verbund über Holzstapeldecken und Brettchichtholz-Rippendecken bis hin zu den vielfältig einsetzbaren Hohlalkensystemen. Der Ruf nach Standardisierungen ist daher verständlich. Ingenieur Pirmin Jung (Rain LU) plädierte in diesem Zusammenhang klar für etwas Abstand von zu viel Theorie zugunsten einer korrekten Ausführung, die für die Zufriedenheit der Bauherrschaften letztlich entscheidend sei.



## Die Suche nach dem idealen Holzbauelement

Sinkender Nadelholzvorrat und zunehmende Bestände an Buche legen ein Nachdenken über neuartig zusammengesetzte Deckensysteme aus Holz nahe. Andrea Frangi und Lorenzo Boccadoro (ETH Zürich/IBK) informierten über das Projekt einer Holz-Beton-Verbunddecke aus Buchenholz. Sie betonten, dass es sinnvoll sei, Buchenholz hochwertig zu nutzen und so vermehrt damit zu bauen. Das bedingt innovative Ideen und neuartige Anwendungen. Das erwähnte Projekt wird im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP66 «Ressource Holz» geführt.

Im Vordergrund steht Furnierschichtholz aus Buche, das sich durch einen hohen Grad an Homogenisierung – also wenig Strukturstörungen – auszeichnet. Durch Querlagen noch formstabiler gemacht, soll ein Bauteil geschaffen werden, das so stark und zuverlässig ist wie Stahl und so nachhaltig wie Holz.

An der ETH werden so Flachdecken aus Holz entwickelt, die die bisherige Beschränkung auf einen Stützenraster von 6 x 6 Meter auf 8 x 8 Meter ausweiten. Das klingt bescheiden, erweitert aber den Anwendungsbereich von Holz beträchtlich. Das Projekt wird mit Industriepartnern vorangetrieben (Timbatec Thun/Schilliger Holz, Küssnacht a. R./Purbond, Sempach). Das Tragsystem dieser Flachdecke besteht aus Feld- und Stützenkopfelementen. Für Feldelemente ist Brettschichtholz aus Fichte eingesetzt, die Stützenkopfelemente mit ihren beträchtlichen Beanspruchungen aus Biege- und Querkraft sowie Querdruck bestehen aus dem festeren Laubholz, erneut aus Buche.

Durchstanz- und Biegeversuche, Untersuchungen zum Trag- und Rissverhalten sowie zur Duktilität zeigten, dass auf diese Weise Flachdecken aus Holz mit grossen Spannweiten und hohen Lasten möglich werden. Elemente aus Buchenfurniersperrholz sind auch hier der Schlüssel zum Erfolg.

Stösse sind bei Holzkonstruktionen oft unumgänglich. Direkt geklebte Längsverbindungen als tragende Verklebung von Hirnholz auf Hirnholz galten bislang als unausführbar. Christian Lehringer (Purbond, Sempach) und Stefan Zöllig (Timbatec Thun) stellten ein Projekt vor, das mit stirnseitiger Verklebung von Holz zu ungeahnten Anwendungen von Holz führen soll: Timber Structures 3.0. Künftig sollen kontinuierliche Stäbe beliebiger Länge und kontinuierliche Scheiben beliebiger Grösse herstellbar werden. Die so hergestellten Klebstoffugen wurden bisher auf Zug geprüft, Biegeprüfungen stehen noch bevor. Ferner sind weitere Tests und Untersuchungen z.B. bezüglich dynamischer Beanspruchung und Langzeitverhalten notwendig. Doch sind die Autoren zuversichtlich, dass hier ein System entsteht, das mit Holz bisher nicht realisierbare Flächentragwerke möglich machen kann.

Geschossdecken, aussteifende Wände, Faltwerke, Kuppeln und Freiformen sind möglich, grundsätzlich alles, was sich auf einen Stab oder eine Platte reduzieren lässt.

## Grosses Potenzial für Holz

Der in jeder Hinsicht bemerkenswerte und mit gut 200 Teilnehmenden erfolgreiche 45. Fortbildungskurs S-WIN in Weinfelden machte klar, dass die Erfolgsgeschichte von Holz im baukonstruktiven Bereich noch längst nicht abgeschlossen ist. Selbst wenn Deckensysteme im Bereich Holzbau ein Spezialgebiet darstellen, hat der Anlass doch gezeigt, dass hier Raum ist für neue und vielversprechende Entwicklungen. «Die Holzbauweise wird derzeit so tiefgreifend und schnell weiterentwickelt wie kaum eine andere Bauweise», sagt darüber Stefan Zöllig (Timbatec Thun).



Visualisierung des ETH House of Natural Resources (mml Architekten, Zürich)