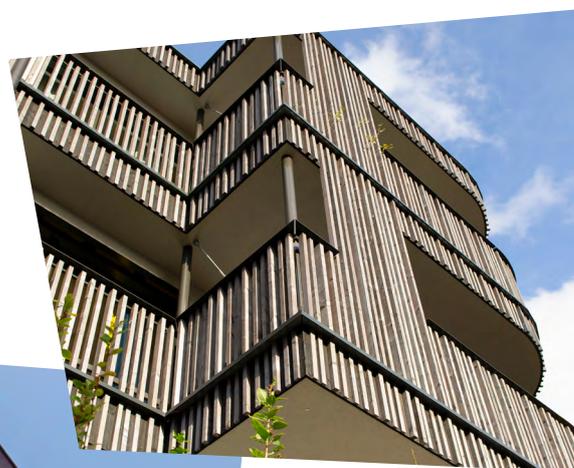


Tagungsband 54. Fortbildungskurs



Die Leistungen der Gebäudehülle für Stadt und Raum

Oktober 2023



Die Leistungen der Gebäudehülle für Stadt und Raum

54. Fortbildungskurs
S-WIN Swiss Wood Innovation Network
24./25. Oktober 2023 in Weinfelden

S-WIN-Kurs 2023

S-WIN

Swiss Wood Innovation Network

54. Fortbildungskurs

Die Leistungen der Gebäudehülle für Stadt und Raum

24./25. Oktober 2023 in Weinfelden

Autorinnen und Autoren

Heinz Beer
Ivan Brühwiler
Sina Büttner
Aude Chabrelie
Michael Eichenberger
Karim Ghazi Wakili
Richard Jussel
Beat Kämpfen
Hanspeter Kolb
Nicole Pfoser
Marion Sauter
Thomas Stöckli
Karl Viridén
Reinhard Wiederkehr
Ulrich Wilms

Kursleitung

Hanspeter Kolb
Andreas Müller

Organisation

Thomas Näher, S-WIN Geschäftsstelle

Umschlag

Gestaltung: HugoTotal Grafikbüro GmbH, Emmenbrücke

Bilder: BFH-AHB (Heidenhaus Muenster)

Kämpfen Zinke + Partner AG, Zürich (Neubau MFH Dübendorf und Neubau MFH Zürich-Höngg)

Copyright © 2023 by S-WIN und Autorinnen und Autoren

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und das der Übersetzung, sind vorbehalten

S-WIN Swiss Wood Innovation Network

c/o Lignum, Holzwirtschaft Schweiz, Mühlebachstrasse 8, CH-8008 Zürich

www.s-win.ch E-mail: info@s-win.ch

Inhaltsverzeichnis

Tagungsprogramm	5 - 6
Green PV – Potential Gebäudehülle	7 - 15
Sina Büttner	
Begrünte Fassaden und Dächer – Möglichkeiten und Potentiale	16 - 18
Nicole Pfoser	
Brandverhalten von Pflanzen – Eignung für begrünte Fassaden.....	19 - 23
Karim Ghazi Wakili	
Konzepte für sommerliches Komfortklima – Verschattungs- und Lüftungsstrategien, Speicherkapazität	24 - 31
Michael Eichenberger	
Die Holzfassade – Grundsätze und Trends.....	32 - 44
Hanspeter Kolb	
Brennbare (Bau-)Stoffe an der Fassade – Alte und neue Herausforderungen.....	45 - 58
Reinhard Wiederkehr	
Strukturierte Fassaden aus Holz – Herausforderungen und Lösungsansätze	59 - 62
Richard Jussel	
Aussenwandkonstruktionen in Holz – Ein Erfahrungsbericht.....	63 - 70
Ivan Brühwiler	
Die Holzfassaden: Konstruktion + Gestaltung = Baukultur?	71 - 72
Marion Sauter	
Energetischen Sanierungen – Dank Holzbau zu Netto Null.....	73 - 74
Karl Viridén	

Visionen in der Architektur – Die Häuser von morgen.....	75 - 78
Beat Kämpfen	
Herausforderungen für den Holzbau – Ein Erfahrungsbericht aus der Praxis.....	79 - 81
Heinz Beer	
Beschattungssysteme – Energiesparen und Komfort	82 - 90
Thomas Stöckli	
Die Umweltauswirkungen verschiedener Fassadensysteme	91 - 97
Aude Chabrelie	
Wärmedämmverbundsysteme im Holzbau – Bewährte Lösungen und Details....	98 - 101
Ulrich Wilms	
Referierendenverzeichnis	102 - 109
Sponsoren und Aussteller	110
Bisherige Themen der Fortbildungskurse	111 - 112

Tagungsprogramm

Dienstag, 24. Oktober 2023

09:00 Begrüssung
Andrea Frangi, Co-Präsident S-WIN

Block 1: Stadt- und Raumklima
Moderation: Andreas Müller, Holzbauexperten GmbH, Biel

09:05 Einführung und Moderation

09:10 Green PV - Potential Gebäudehülle
Sina Büttner, Hochschule Luzern, Technik & Architektur, Horw

09:40 Begrünte Fassaden und Dächer – Überblick über Möglichkeiten und Potentiale
Nicole Pfoser, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt, Nürtingen-Geislingen

10:20 Kaffeepause und Ausstellung

10:50 Begrünte Fassaden und Dächer – Ein Erfahrungsbericht der Stadt Zürich am Beispiel Stadtspital Zürich Triemli
Michael Hagenauer, Naturschutz und Stadtökologie, Grün Stadt Zürich

11:10 Brandverhalten von Pflanzen – Eignung für begrünte Fassaden
Karim Ghazi Wakili, Berner Fachhochschule AHB, Biel

11:30 Konzepte für sommerliches Komfortklima - Verschattungs- und Lüftungsstrategien, Speicherkapazität
Michael Eichenberger, PIRMIN JUNG Schweiz AG, Sursee

12:00 Diskussion und Zusammenfassung

12:15 Mittagspause und Ausstellung

Block 2: Baukonstruktion und Technik
Moderation: Hanspeter Kolb, Holzbauexperten GmbH, Biel

13:30 Die Holzfassade - Grundsätze und Trends
Hanspeter Kolb, Holzbauexperten GmbH, Biel

13:50 Brennbare (Bau-)Stoffe an der Fassade – Alte und neue Herausforderungen
Reinhard Wiederkehr, Makiol Wiederkehr AG, Beinwil am See

14:30 Strukturierte Fassaden aus Holz – Herausforderungen und Lösungsansätze
Richard Jussel, Blumer-Lehmann AG, Gossau

15:10 Kaffeepause und Ausstellung

15:40 Aussenwandkonstruktionen in Holz – Ein Erfahrungsbericht
Ivan Brühwiler, B3 Kolb AG, Romanshorn

16:20 Parametrische Fassaden – Mit der ersten Skizze in die Fertigung
Thomas Wehrle, ERNE AG Holzbau, Laufenburg

17:00 Diskussion und Zusammenfassung

17:15 Ende des ersten Kurstages

19:00 Apéro und gemeinsames Abendessen im Gasthaus Stelzenhof, Weinfelden

Abendprogramm – Kontravortrag

«Die Holzfassaden: Konstruktion + Gestaltung = Baukultur?»
Marion Sauter, Berner Fachhochschule AHB, Biel

Mittwoch, 25. Oktober 2023

Block 3: Integration der Gebäudetechnik

Moderation: Andreas Müller, Holzbauexperten GmbH, Biel

- 09:00 Einführung - Überblick und Möglichkeiten
Samuel Summermatter, BE Netz AG, Luzern
- 09:40 Energetischen Sanierungen – Dank Holzbau zu Netto Null
Karl Viridén, Viridén+Partner AG, Zürich
- 10:10 Kaffeepause und Ausstellung
- 10:40 Visionen in der Architektur – Die Häuser von morgen
Beat Kämpfen, Kämpfen Zinke+Partner AG, Zürich
- 11:10 Die Schnittstellen zur Konstruktion – Praktische Umsetzung im Holzbau
Christian Renken, CR Energie GmbH, Collombey
- 11:40 Herausforderungen für den Holzbau – Ein Erfahrungsbericht aus der Praxis
Heinz Beer, Beer Holzbau AG, Ostermundigen
- 12:10 Diskussion und Zusammenfassung
- 12:25 Mittagspause und Ausstellung

Block 4: Entwicklungen und Tendenzen

Moderation: Hanspeter Kolb, Holzbauexperten GmbH, Biel

- 13:50 Beschattungssysteme – Energiesparen und Komfort
Thomas Stöckli, Schenker Storen AG, Schönenwerd
- 14:20 Die Umweltauswirkungen verschiedener Fassadensysteme
Aude Chabrelie, Berner Fachhochschule AHB, Biel
- 14:50 Kaffeepause und Ausstellung
- 15:20 Wärmedämmverbundsysteme im Holzbau – Bewährte Lösungen und Details
Ulrich Wilms, Gutex Schweiz GmbH, Frauenfeld
- 15:50 Zurück ins Reich der Wurzeln – Untergeschosse in Holz
Christoph Renfer, Berner Fachhochschule AHB, Biel
- 16:20 Diskussion, Zusammenfassung und Verabschiedung
- 16:40 Ende der Veranstaltung

GreenPV - Potential Gebäudehülle - Lösungsansätze zur optimalen Fassadengestaltung mit PV und Begrünung im Hinblick auf den Klimawandel

Sina Büttner

Hochschule Luzern Technik & Architektur, Institut für Gebäudetechnik und Energie (IGE)

1 EINLEITUNG

Laut dem National Center for Climate Services NCCS könnte die Jahresmitteltemperatur in der Schweiz bei ungebremst steigenden Treibhausemissionen um 3,3 - 5,4 °C bis zum Ende des 21. Jahrhunderts ansteigen¹. Diese Entwicklung könnte künftig massive Auswirkungen auf den Energiebedarf (insbesondere die Kühlung) und die Behaglichkeit (Zunahme von Hitzetagen) von Gebäuden haben. Um weiterhin einen hohen Wohnkomfort sowie einen energieeffizienten Betrieb über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden zu garantieren, sind Minderungs- und Anpassungsmassnahmen (Adaption und Mitigation) notwendig.

Die Begrünung von Gebäuden und Arealen wird mit Blick auf den Klimawandel zunehmend an Bedeutung gewinnen, dies insbesondere in städtischen Gebieten. Die Vorteile sind dabei vielfältig, vor allem leisten sie aber einen Beitrag zur Abkühlung der Aussenluft.

PV-Systeme wandeln Sonnenenergie in Strom um. Ein grosser Vorteil einer PV-Fassade im Vergleich zu einer PV-Dachanlage ist der höhere Energieertrag im Winterhalbjahr aufgrund des jahreszeitlich bedingten tieferen Neigungswinkels der Sonne. PV-Fassaden ermöglichen somit eine Steigerung der bisher zu geringen inländischen Stromproduktion im Winter und können künftig einen wichtigen Beitrag im Hinblick auf die Energiestrategie 2050 leisten.

Während die Vorteile von Begrünungen und PV-Systemen im Dachbereich bereits vermehrt genutzt werden, bleibt das hohe Potential von Gebäudefassaden bisher weitestgehend ungenutzt. Hier setzt das Projekt an.

2 ZIEL DES PROJEKTS

In diesem Projekt wurden praxistaugliche Handlungsempfehlungen für die Bau- und Immobilienbranche erarbeitet. Dadurch wird den Akteuren der Praxis ein Hilfsmittel im Umgang mit PV und begrünten Flächen im Fassadenbereich zur Verfügung gestellt. Neben Hinweisen zur Planung sind ebenso die Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme sowie deren Kombination hinsichtlich ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte abgebildet. Durch die gesamtheitliche Betrachtung der Systeme soll eine hohe Akzeptanz sichergestellt und die Anwendung in Zukunft gefördert werden.

¹ Temperatur, National Center for Climate Services NCCS: <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien/zahlen-und-fakten/temperatur.html>, Die Werte zeigen den möglichen Bereich der Veränderungen gegenüber 1981 – 2010 ohne Klimaschutz (RCP8.5, Bandbreite der Simulationen). Schweizweit typische 30-Jahres-Mittelwerte.

3 VORGEHENSWEISE / METHODIK

Zur Ermittlung der Lösungsansätze wurde im partizipativen Diskurs und basierend auf bestehenden und laufenden Forschungsprojekten und -erkenntnissen sowie neuen Untersuchungen gearbeitet. Das Projekt baut deshalb auf einer Untersuchung auf drei Ebenen auf: theoretische Grundlagen und Berechnungen, dem Einbezug von relevanten Stakeholdern und Messungen an Prototypen:

(i) In einem Analyse-/ Simulationsteil wurde die optimale Aufteilung der Fassadenfläche unter Berücksichtigung verschiedener Parameter (thermischer Komfort, Betriebs- und graue Energie, Kosten u.a.) rechnerisch ermittelt. Dabei wurden typologisch repräsentative Referenzgebäude herangezogen und vier charakteristische Fassadensysteme analysiert (bodengebundene und wandgebundene Begrünung, opake und transparente PV-Module).

(ii) Der Wissensaustausch und -aufbau, bzw. das Zusammenführen von gegensätzlichen Interessen, wurde durch Workshops mit und zwischen den relevanten Playern sichergestellt. Dazu wurden Fachplaner/innen aus der Solarbranche, (Landschafts-) Architekten/innen, Stadtverwaltung, Städte- und Fassadenplaner/innen, Investoren/innen usw. eingeladen.

(iii) Mit der Auswertung von Messungen an realen Fassadenprototypen sowie Quartierklimamodellierungen (QKM) wurde der Einfluss der verschiedenen Fassadensysteme auf die Umgebungstemperatur überprüft und Berechnungsannahmen verifiziert.

4 KLIMADATEN, REFERENZGEBÄUDE UND FASSADENSYSTEME

Die Quantifizierung der Auswirkungen der Fassadenbegrünung auf das Aussen- und Innenklima sowie der Stromerzeugung von PV-Anlagen und deren Kosten- und Umweltauswirkungen hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab, wie z. B. dem Standort, der Geometrie des Gebäudes und der Umgebung sowie der Bauweise des Gebäudes und den Eigenschaften der analysierten Systeme.

Die Betrachtungen wurden mit Blick auf ein künftiges Klimaszenario durchgeführt. Als Referenz in dieser Studie wurden die Periode 2060 und das Szenario RCP 8.5 verwendet, was einem extremen Treibhausgaszenario entspricht. Dadurch konnte die Bedeutung und das Potential von Begrünungsmassnahmen und PV-Systemen verdeutlicht werden. Als Referenzstandort wurde die Stadt Zürich (Station Zürich Kaserne) verwendet, wobei auch der städtischen Wärmeinseleffekt in den Simulationen berücksichtigt wurde.

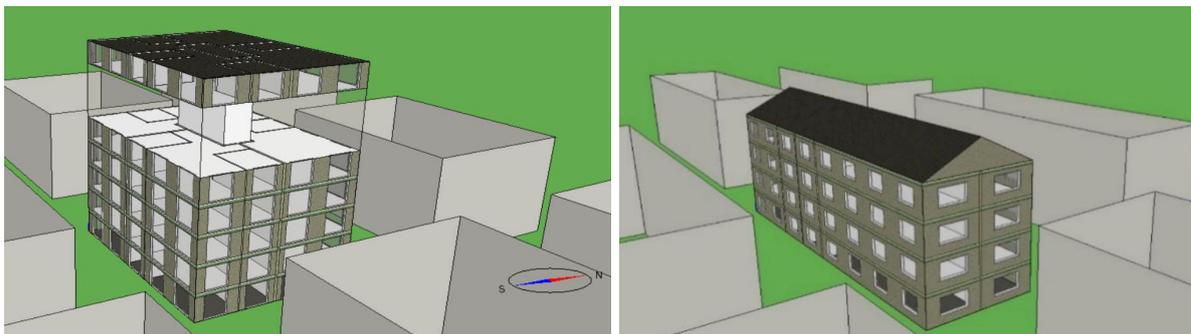


Abb. 1 Simulationenmodelle der Referenzgebäude im städtischen Kontext, links: Referenzgebäude «Neubau», rechts: Referenzgebäude «Altbau» und «sanierter Altbau» (gleiche Geometrie, gleicher Kontext)

In der Studie wurden insgesamt drei Referenzgebäude («Neubau», «Altbau», «sanierter Altbau») betrachtet, wobei sich der «Altbau» und der «sanierter Altbau» lediglich in den thermischen Eigenschaften der Gebäudehülle unterscheiden. Abbildung 1 zeigt den 8-geschossigen «Neubau» (links) sowie den 4-geschossigen «Altbau» / «sanierter Altbau» (rechts) im städtischen Kontext (fiktives Quartier,

Gebäudekubatur analog dem jeweiligen Referenzgebäude, Gebäudehöhe und -abstand analog dem Referenzgebäude «Altbau» / «sanierter Altbau»).

Im Rahmen der Studie wurden insgesamt zwei Fassadenbegrünungen (bodengebunden und wandgebunden) sowie zwei PV-Fassaden (transparente und opake Module) betrachtet.

5 BEWERTUNGSKRITERIEN

Die Beurteilung der verschiedenen Fassadensysteme erfolge anhand verschiedener qualitativer und quantitativer Aspekte.

Qualitative Aspekte

- Lärm in Städten
- Luftqualität
- Biodiversität
- Regenwasserrückhalt
- Attraktivität der Aussenräume

Quantitative Aspekte

- Thermisches Wohlbefinden in Innenräumen: Temperatur und Anzahl Überhitzungsstunden
- Betrieb des Gebäudes: Wärme, Kälte und Stromverbrauch
- Stromproduktion über die PV-Fassade
- Ökobilanz (LCA)
- Lebenszykluskosten (LCC)
- Mikroklima: Temperaturen an der Fassade und PET in der näheren Umgebung

6 ERGEBNISSE DER QUANTITATIVEN ANALYSE

Die verschiedenen Fassadensysteme wurden hinsichtlich ihres Einflusses auf die zuvor genannten qualitativen Aspekte im Vergleich zur Referenzfassade (hinterlüftete Fassade mit Faserzementplatten) analysiert und bewertet. Die Analyse hat gezeigt, dass bei der Bewertung der qualitativen Aspekte weniger die Orientierung (mit Ausnahme beim Regenwasserrückhalt über Fassadenbegrünungen, wo der Effekt an den Wetterseiten am grössten ist) sondern eher der umgebende Kontext eine wichtige Rolle spielt.

Insbesondere Begrünungen können hinsichtlich der untersuchten qualitativen Aspekte einen positiven Mehrwert leisten. Die grösste Wirkung erzielen Begrünungen vor allem in der Nähe zu Emissionsquellen (Lärm oder Schadstoffe) und zum Menschen (Attraktivität der Aussenräume) oder anderen Grünräumen (Funktion als «Grüngürtel», Biodiversität etc.). Im betrachteten städtischen Kontext ist somit der Effekt von Begrünungen vor allem in den unteren Geschossen am grössten.

Eine PV-Fassade verhält sich hinsichtlich der betrachteten qualitativen Aspekte meist ähnlich wie die Referenzfassade. Bei einigen Aspekten, wie bspw. Lärm in Städten oder Biodiversität, ist eine PV-Fassade im betrachteten Kontext sogar leicht negativ zu bewerten. Durch die harte Oberfläche der PV-Module können diese Systeme in den unteren Geschossen in Strassensituationen die Schallreflexion sogar erhöhen und den Lärm leicht verstärken. Ebenso ist die Gefahr von Blendung für Vögel bei dem Aspekt der Biodiversität zu berücksichtigen.

7 ERGEBNISSE DER QUANTITATIVEN ANALYSE

Bei den quantitativen Aspekten spielen die Orientierung und eine mögliche Verschattung der Fassade durch Nachbargebäude eine wesentliche Rolle.

Die Analyse hat gezeigt, dass Fassadenbegrünungen das thermische Wohlbefinden im Innenraum wie auch den Energiebedarf eines Gebäudes positiv beeinflussen können. Dieser Effekt ist bei einem gut gedämmten Gebäude, wie bspw. dem Referenzgebäude «Neubau», jedoch sehr gering. Bei Gebäuden mit einer schlecht gedämmten Hülle, wie bspw. dem Referenzgebäude «Altbau», ist der Effekt deutlicher spürbar.

PV-Fassaden können einen wichtigen Beitrag zur Stromproduktion an Gebäuden leisten. Das Potential zur Stromerzeugung hängt dabei jedoch stark von der Orientierung (höchstes Potential im Süden, dann Ost, West und Nord, in dieser Reihenfolge) und einer möglichen Beschattung der Module wie auch von deren Wirkungsgrad ab. Abbildung 2 zeigt das jährliche Stromerzeugungspotential einer PV-Fassade (Wirkungsgrad von 20 %) anhand des Referenzgebäudes «Neubau» im städtischen Kontext. Aus Vergleichszwecken wurde bei den Betrachtungen immer auch eine PV-Dachanlage (Südausrichtung, Winkel 5°) mit einbezogen.

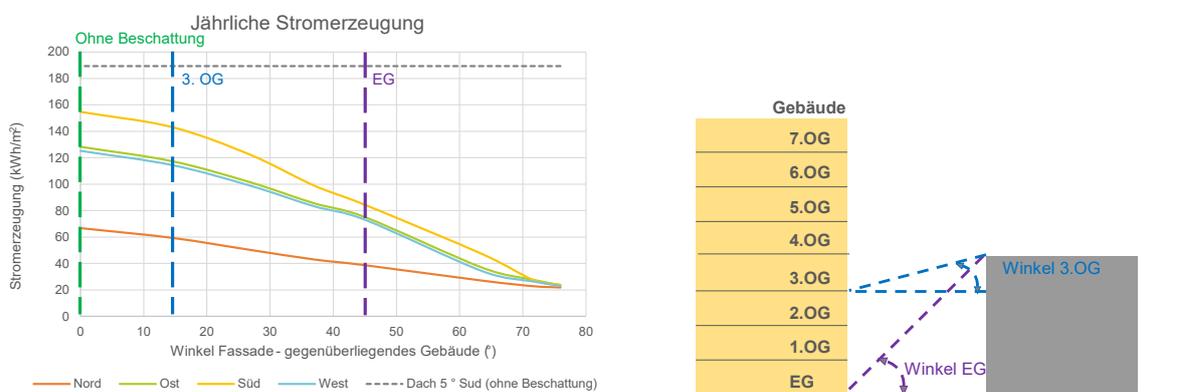


Abb.2 Jährliche Stromerzeugung in kWh/m² an einer Fassade (vertikale Fläche, 90°) in den vier Ausrichtungen Nord, Ost, Süd und West. Eine Verschattung durch Nachbargebäude wurde mitberücksichtigt und wurde durch den Winkel zwischen den beiden Gebäudefassaden dargestellt (die «blau-gestrichelte Linie» stellt die Stromerzeugung im 3. OG und die «lila-gestrichelte Linie» die im EG dar, Annahme: beide Fassaden sind parallel zueinander). Zum Vergleich wurde ebenso die jährliche Stromerzeugung über ein Flachdach mit nach Süden ausgerichteten Modulen mit einem Winkel von 5° dargestellt («grau-gestrichelte Linie»).

Neben der jährlichen Stromerzeugung wurde zudem auch eine saisonale Betrachtung und eine Betrachtung im Tagesverlauf durchgeführt. Die saisonale Betrachtung hat gezeigt, dass über eine Südfassade in den Wintermonaten (Oktober bis Februar, ab 3. OG) mehr Strom erzeugt werden kann als über die PV-Dachanlage (Südausrichtung, Winkel 5°). Wird der Stromertrag im Tagesverlauf betrachtet, liefert eine PV-Fassade ostexponiert am Morgen und westexponiert am Nachmittag am meisten Strom, eine Südfassade dagegen über den ganzen Tag hinweg, mit dem Peak am Mittag. Um im Verlauf des Tages einen gleichmässigen Ertrag zu erreichen, kann es empfehlenswert sein, die PV-Modulen in verschiedenen Ausrichtungen zu positionieren. Für einen hohen Ertrag sollten dabei auch hier mögliche Verschattungen vermieden werden.

Mit Blick auf die Ökobilanz (LCA) führen die bodengebundene und vor allem die wandgebundene Begrünung zu etwas höheren Umweltauswirkungen als die Referenzfassade. Dies liegt u.a. an dem Mehraufwand bei der Erstellung (mehr Material und allfällige technische Einrichtungen) und an den eher geringen Einsparungen im Betrieb des Gebäudes. PV-Fassaden führen zwar bei der Erstellung zu hohen Umweltbelastungen, im Betrieb können diese jedoch i.d.R. amortisieren werden. Um eine schnelle Amortisation der PV-Module zu erreichen, ist auf einen hohen Wirkungsgrad sowie eine effiziente

Ausrichtung der Module (hohes Stromerzeugungspotential) zu achten. Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse für das Referenzgebäude «Neubau».

Hinsichtlich der Lebenszykluskosten (LCC) führt eine bodengebundene Begrünung zu höheren Kosten als die Referenzfassade (Investitionskosten sind geringfügig höher, hinzu kommen jedoch laufende Kosten für die Pflege der Begrünung während der Betriebsphase). Die wandgebundene Begrünung ist, von den betrachteten Fassadensystemen über den Lebenszyklus gesehen, das mit Abstand kostenintensivste System. Die PV-Fassaden führen zu Beginn zu hohen Initialkosten, welche sich über den Lebenszyklus jedoch amortisieren und bei den opaken Modulen sogar zu Gewinnen führen können. Wie auch bei der Ökobilanz ist hier ebenso ein hoher Wirkungsgrad und eine gezielte Anordnung der Module entscheidend. Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse für das Referenzgebäude «Neubau».

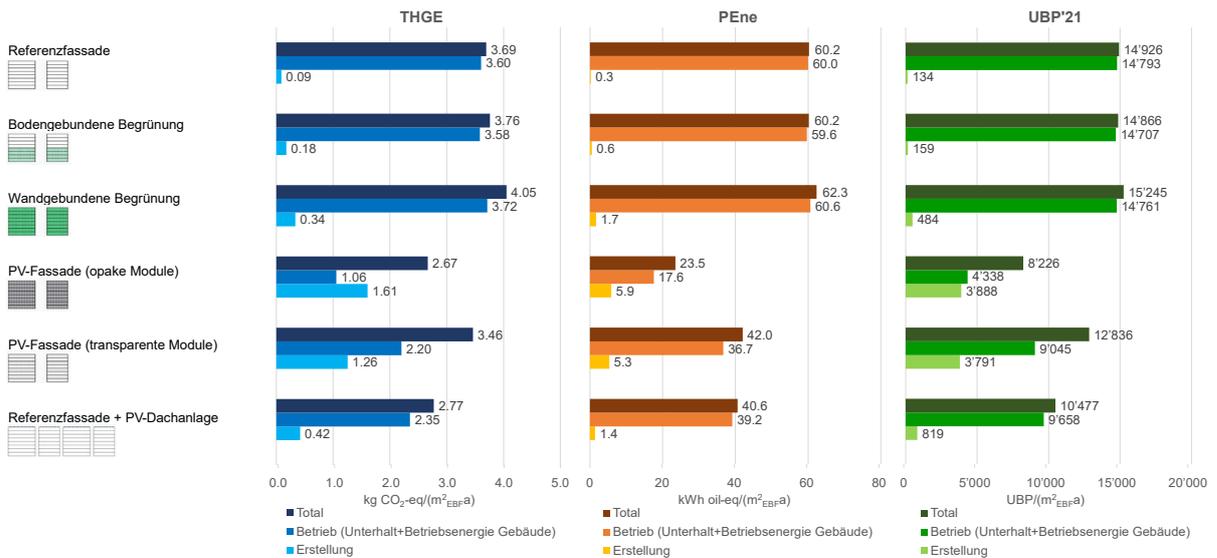


Abb. 3 Treibhausgasemissionen (links), nicht erneuerbare Primärenergie (Mitte) und Umweltbelastungspunkte (rechts) der Referenzfassade, der verschiedenen Fassadensysteme sowie der PV-Dachanlage (inkl. Referenzfassade). Dargestellt sind die Ergebnisse für das Referenzgebäude «Neubau».

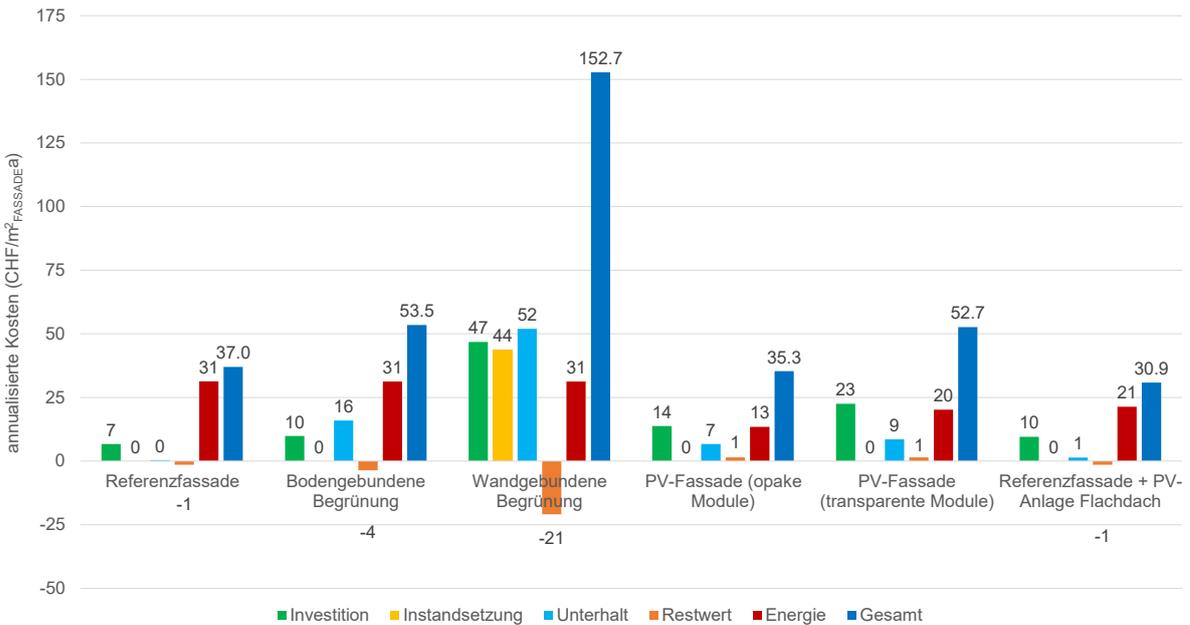


Abb. 4 Annualisierte Kosten (Barwert) der Referenzfassade, der verschiedenen Fassadensysteme und der PV-Dachanlage (inkl. Referenzfassade) über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren, dargestellt sind die Ergebnisse für das Referenzgebäude «Neubau».

8 MESSERGEBNISSE UND QUARTIERKLIMAMODELLIERUNG (QKM)

Mittels Messungen anhand eines am Campus in Horw errichteten Prüfstands wurde der Einfluss der verschiedenen Fassadensysteme auf die Temperatur an der Fassade untersucht. Die Messergebnisse zeigten, dass durch die Fassadenbegrünungen die Temperatur an der Fassade an einem milden, sonnigen Tag im Vergleich zur Messreferenzfassade (hinterlüftete Fassade mit einer Aussenwandbekleidung aus Aluminiumblechen, Dämmstärke ca. 40 cm.) deutlich gesenkt werden konnte: Die Oberflächentemperaturen der bodengebundenen Begrünung lagen bis zu 13.9 °C und die der wandgebundenen Begrünung bis zu 14.9 °C tiefer als die der Referenz. Die PV-Fassaden heizten sich hingegen mehr auf und erreichten bis zu 5 °C (opake Module) höhere Oberflächentemperaturen als die Messreferenzfassade (Abbildung 5). An heissen Sommertagen könnte sich dieser Effekt weiter verstärken.

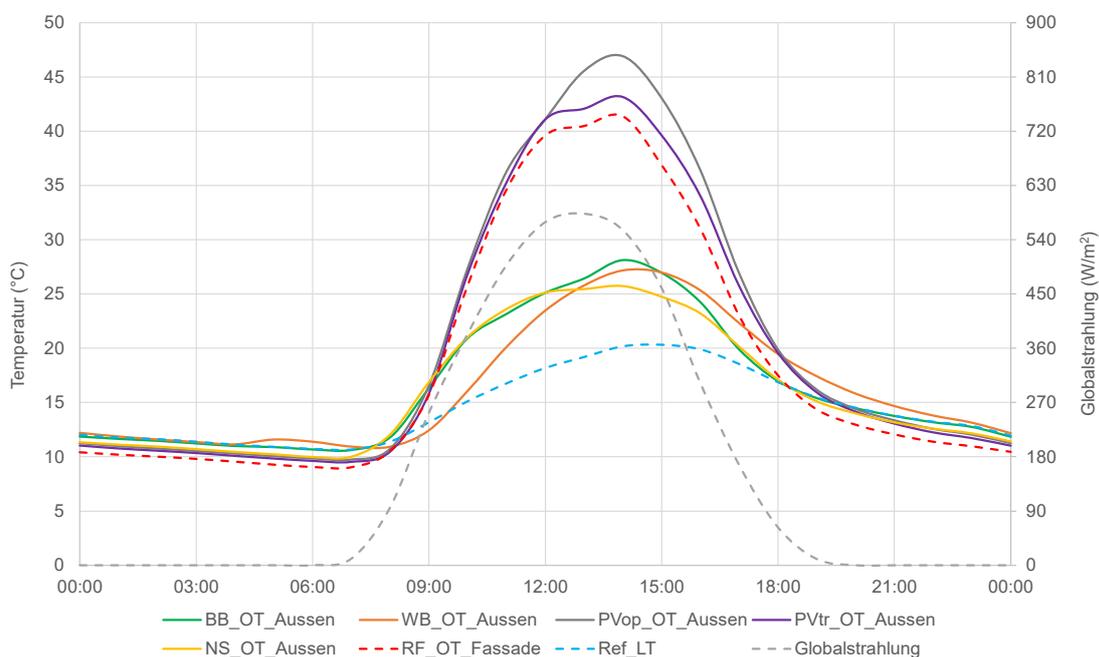


Abb. 5 Oberflächentemperaturen an der Messreferenzfassade und den Fassadenprototypen im Tagesverlauf. Die Messdaten zeigen die durchschnittlichen Werte aller Tage, welche als «milder, sonniger Tag» kategorisiert wurden. Dargestellt ist die bodengebundene Fassadenbegrünung (BB, «grün»), die wandgebundene Fassadenbegrünung (WB, «orange»), die opake PV-Fassade (PVop, «grau»), die transparente PV-Fassade (PVtr, «violette»), der Nasse Schwamm (NS, «gelb»), die Messreferenzfassade (RF, «rot gestrichelt»), die Lufttemperatur (LT, «blau gestrichelt») sowie die Globalstrahlung («grau gestrichelt»).

Mittels «Quartierklimamodellierung» (QKM) wurde der Einfluss der verschiedenen Fassadensysteme auf die nähere Umgebung untersucht. Anhand der PET (*physiologisch äquivalente Temperatur*) wurde analysiert, wie die empfundene Temperatur im Aussenraum in verschiedenen Abständen zur Fassade durch die Systeme beeinflusst wird. Dabei konnte festgestellt werden, dass PV-Module zwar an der Fassade zu höheren Oberflächentemperaturen führen, die Umgebung jedoch nicht negativ beeinflussen. Das liegt einerseits daran, dass die einfallende Strahlung in Strom umgewandelt wird, andererseits haben die Paneele eine geringe Albedo (geringe Reflexion der einfallenden Strahlung an die Umgebung). Bei den Fassadenbegrünungen konnte aufgezeigt werden, dass der kühlende Effekt am stärksten direkt an der Fassade spürbar ist und mit zunehmendem Abstand zur Fassade abnimmt. Abbildung 6 zeigt den Einfluss der wandgebundenen Begrünung auf die PET im Areal zu verschiedenen Tageszeiten.

Die Wirkung von Begrünungen kann dabei durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden: Bei direkter Sonneneinstrahlung ist der positive Effekt auf die PET am grössten, durch Wind kann der unmittelbare Effekt der Begrünung gemindert werden.

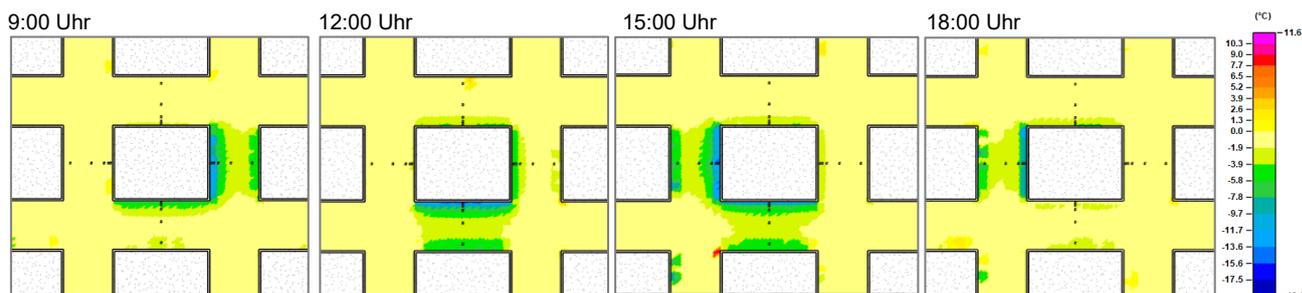


Abb. 6 Einfluss der wandgebundenen Begrünung auf die PET im Areal. Dargestellt ist die PET-Differenz im Vergleich zur Referenzfassade zu verschiedenen Tageszeiten an einem sonnigen Sommertag (Hitze-tag). Annahme: kein Wind, Abstand zwischen den Gebäuden: 11.60m.

Im Vergleich zu anderen Begrünungselementen, wie bspw. Bäumen, ist der Effekt einer Fassadenbegrünung jedoch geringer. Dies liegt insbesondere daran, dass ein Baum neben dem kühlenden Effekt (Verdunstungskühlung) ebenso Schatten spendet, wodurch die PET zusätzlich positiv beeinflusst wird. Ebenso wurde der Vergleich zu einer Rasenfläche (der asphaltierte Strassenraum wurde durch eine begrünte Fläche ersetzt) hergestellt. Auch hier konnte ein grösserer Effekt im Vergleich zur Fassadenbegrünung erreicht werden, dies ist insbesondere auf die höhere Substratschicht (Boden) und der deutlich grösseren Grünfläche (m²) zurückzuführen. Allgemein kann gesagt werden, dass Bäume von den drei betrachteten Grünelementen am effektivsten sind. In städtischen Gebieten ist jedoch häufig das Platzangebot begrenzt, weshalb Fassadenbegrünungen eine gute Option darstellen.

9 LCA UND LCC KOMBINIRTER SZENARIEN

Um herauszufinden, ob eine Kombination von begrünten und PV Flächen an der Fassade auch ökologische und ökonomische Vorteile bieten kann, wurden die bisherigen Betrachtungen erweitert. Dabei wurde dargelegt, inwieweit eine kombinierte Verteilung von Begrünung und PV an der Fassade (Szenario 1 bis 3) oder eine optimierte Anordnung von PV-Modulen an der Fassade (Szenario 4) einen Einfluss auf die Ökobilanz (LCA) sowie die Lebenszykluskosten (LCC) haben kann. Bei der Fassadenbegrünung wurde dabei jeweils ein bodengebundenes System angenommen, da dieses geringere Umweltbelastungen aufweist und kostengünstiger ist als ein wandgebundenes System. Bei der PV-Fassade wurden die opaken Module gewählt, da diese aufgrund des höheren Wirkungsgrads ebenso ökologische und ökonomische Vorteile bieten. Abbildung 7 zeigt die vier Szenarien.

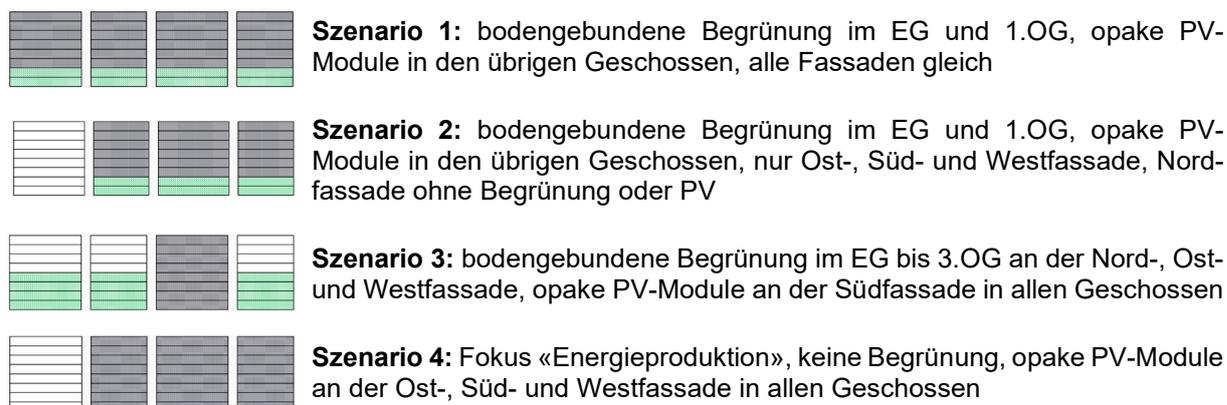


Abb. 7 Die vier Szenarien im Überblick. Szenario 1 bis 3 zeigen Kombinationen von einer bodengebundenen Begrünung mit einer PV-Fassade (opake Module). Szenario 4 zeigt eine optimierte Anordnung der PV-Module an der Fassade. Die Grafiken zeigen die Fassaden in Nord, Ost, Süd und West (in dieser Reihenfolge). «Grün» markiert sind die Geschosse mit einer bodengebundenen Begrünung, «grau» die mit opaken PV-Modulen. «Weiss» zeigt die Referenzfassade (hinterlüftete Fassade mit Faserzementplatten, ohne zusätzliches System).

Abbildung 8 zeigt die THGE und die annualisierten Kosten (LCC) der Referenzfassade (hinterlüftete Fassade mit Faserzementplatten), der vier Fassadensysteme, der PV-Dachanlage (inkl. Referenzfassade) sowie der vier untersuchten Szenarien.

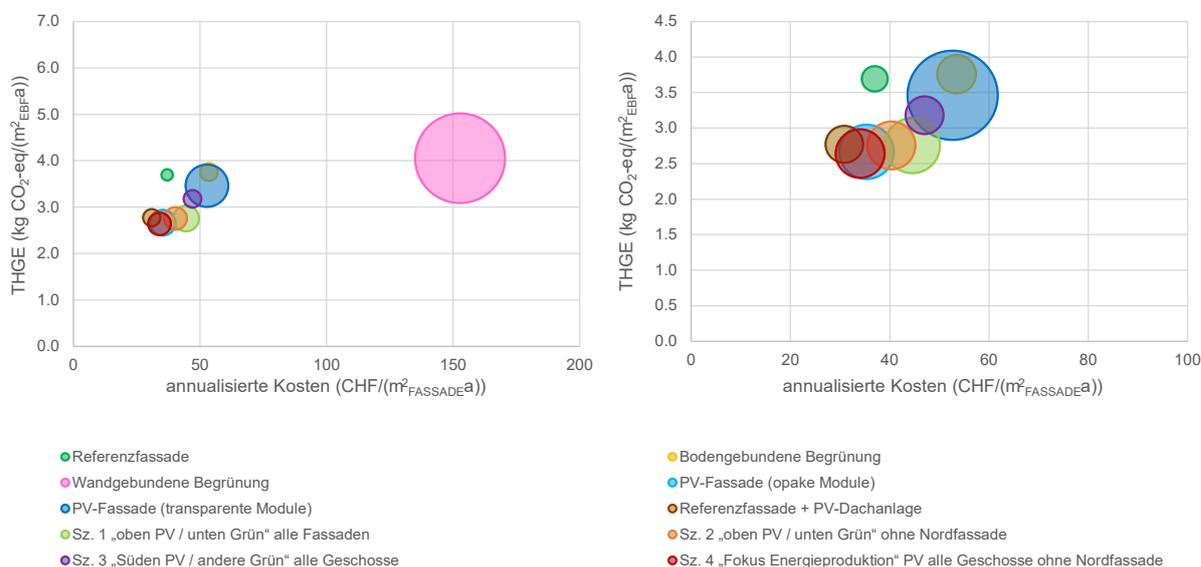


Abb. 8 THGE und annualisierte Kosten während der 30-jährigen Betrachtungsperiode (links: alle Varianten; rechts: vergrösserte Darstellung ohne die wandgebundene Begrünung). Die Grösse des Kreises zeigt die Investitionskosten. Dargestellt sind die Ergebnisse für das Referenzgebäude «Neubau».

Die Abbildung zeigt, dass durch eine gezielte Anordnung von PV bzw. durch die Kombination von PV und Begrünung an der Fassade die THGE über den Lebenszyklus im Vergleich zur Referenzfassade gesenkt werden können. Gleichzeitig führt eine Kombination von PV und Begrünung über den Lebenszyklus nur zu geringen Mehrkosten (im Vergleich zur Referenzfassade).

10 FAZIT

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass PV und Begrünungen an der Fassade unterschiedliche Vorteile bieten. Begrünungen können insbesondere einen qualitativen Mehrwert im Aussenraum leisten, dazu gehören u.a. eine bessere Aufenthaltsqualität (Lärminderung, Verbesserung der Luftqualität und höhere Attraktivität der Aussenräume), eine höhere Biodiversität und ein besseres Regenwassermanagement. Hinzu kommt das Potential zur Hitzeminderung, welches insbesondere in Städten mit Blick auf den Klimawandel immer mehr an Bedeutung gewinnen wird (Adaption). Aber auch die Stromerzeugung über PV-Fassaden wird in Zukunft immer wichtiger werden und eine wichtige Massnahme zur nachhaltigen Energieversorgung der Schweiz darstellen (Mitigation). Durch eine Kombination von PV und Begrünung an der Fassade können die Vorteile beider Systeme miteinander vereint werden. Die Ergebnisse der qualitativen und quantitativen Analyse haben gezeigt, dass sich die Systeme dabei i.d.R. nicht konkurrenzieren: Fassadenbegrünungen erzielen nahe am Menschen angeordnet den grössten Effekt, d.h. in den meisten Fällen sind das die unteren Bereiche/ Geschosse des Gebäudes. PV-Module sollten hingegen an Fassadenflächen mit hohem Stromerzeugungspotential angeordnet werden, d.h. also an Süd-, Ost- und Westfassaden ohne Verschattung. Dies betrifft i.d.R. vor allen die oberen Geschosse des Gebäudes, da insbesondere in städtischen Gebieten meist die unteren Geschosse durch Nachbargebäude verschattet werden. Die Betrachtung kombinierter Szenarien hat zudem gezeigt, dass eine gezielte Kombination von Begrünungen und PV an der Fassade ebenso mit Blick auf die Ökobilanz (LCA) und die Lebenszykluskosten (LCC) Vorteile bieten und durchaus empfehlenswert sein kann.

Bei der Planung von Gebäuden und Arealen sollte - neben der Fassadengestaltung - eine gesamtheitliche Betrachtung stattfinden, denn PV und Begrünungen können nicht nur an der Fassade, sondern auch auf Dachflächen und im Aussenraum eingesetzt werden. Um eine effiziente Stromproduktion über das ganze Jahr zu erzielen, sollten PV-Module sowohl auf dem Dach als auch an der Fassade angeordnet werden oder sogar arealübergreifende Lösungen in Betracht gezogen werden. Auch die Kombination verschiedener Grünelemente, d.h. von Fassadenbegrünungen, Dachbegrünungen, Bäumen und Rasenflächen kann verschiedene Vorteile miteinander verbinden und das Potential steigern.

Begrünte Fassaden und Dächer – Überblick über Möglichkeiten und Potentiale

Prof. Dr.-Ing. Nicole Pfoser

Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Schelmenwasen 4–8, 72622 Nürtingen

• VORBEMERKUNG

Das nachfolgende Vorwort und die Einleitung sind dem interdisziplinären Leitfaden «Gebäude Begrünung Energie - Potenziale und Wechselwirkungen» entnommen. Dieser dient als Planungshilfe zur Nutzung energetischer, klimatischer und gestalterischer Potenziale sowie zu den Wechselwirkungen von Gebäude, Bauwerksbegrünung und Gebäudeumfeld.

Der umfassende Bericht kann unter dem Link heruntergeladen werden:

<https://www.irbnet.de/daten/rswb/13109006683.pdf>

• VORWORT

Der Leitfaden „Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen“ entstand in interdisziplinärer Teamarbeit von Architekten, Landschaftsplanern, Ökologen und Klimatologen.

Er richtet sich an alle in den Entscheidungs- und Bauablauf des Hochbaus eingebundenen Planer und Techniker sowie an staatliche, kommunale, gewerbliche und private Bauherren. Er bietet Motivation, Planungshilfe, Forschungsergebnisse und Praxiserfahrung, um Gebäudebegrünung in Verbindung mit der Nutzung von Umweltenergie als eine reale Option in der Breite des Baugeschehens zu verankern.

Der Leitfaden trifft auf überhitzte, laute und staubige Innenstädte und vielfach bedrängtes Stadtgrün. Neben den gestalterischen, stadtklimatischen, ökologischen und energetischen Potenzialen wird mit der Gebäudebegrünung ein ausgedehntes städtisches Grünflächenpotenzial nahezu ohne Bodenverbrauch erschlossen.

Die Motivierung und Beratung der Entscheider und Planer zur einer dualen Anwendung von Energiegewinnung und Gebäudebegrünung bedarf der fachübergreifenden Information: Interesse und Anwendungswille können durch beispielhafte Vorbilder, durch Informationen zum Leistungsspektrum der Gebäudebegrünung, der energetischen Flächenaktivierung und der synergetischen Verknüpfung beider Potenziale unterstützt werden.

• EINLEITUNG

An der Zielsetzung, unsere Gebäude zur Sicherung einer lebenswerten Zukunft grundlegend auf eine Minimierung des Gesamtenergiebedarfes und Langlebigkeit auszurichten, bestehen keine ernsthaften Zweifel. Die Umsetzung findet bereits großflächig statt, sie ist umfassend begründet, gesetzlich quantifiziert und terminiert. Sowohl auf städtischer Ebene als auch in der Ausführung von Neubauten und Sanierungen mangelt es jedoch an innovativen Alternativen zum gesichtslosen und fast immer gleichen Wärmedämmverbundsystem der Fassaden.

Die strategische Integration von Vegetation erscheint als eine bereits im grundsätzlichen Verständnis geeignete Möglichkeit, hier intelligente Alternativen zu schaffen. Wichtige Kenntnisse sind zu den vielen

Optionen der Gebäudebegrünung bisher nicht zugänglich, Optimierungsmöglichkeiten weithin unbekannt. Als „grüne Architektur“ oder noch beliebter „Green Building“ werden Gebäude geplant, veröffentlicht, verkauft und preisgekrönt, die in irgendeiner Art ökologisch oder energieeffizient, aber alles andere als wirklich „grün“ sind. Vielmehr reicht die Spannweite von hochgedämmten und hochtechnologischen Niedrigenergiegebäuden bis hin zu Low-Tech-Gebäuden nach kybernetischen Prinzipien.

„Grüne Architektur“ schließt im architektonischen Verständnis bisher nur selten eine strategische Anwendung von Pflanzen ein. In der Vergangenheit sind zwar immer wieder Beispiele für einen architektonisch ansprechenden Umgang mit Gebäudebegrünung entstanden, es mangelt den Projekten allerdings überwiegend an der integrativen Auseinandersetzung mit klimatischen, energetischen und technischen Chancen dieser Maßnahmen. Mit diesem Projekt sollen die weitreichenden Potenziale von Vegetation auf unterschiedlichen Ebenen (Stadttraum, Grundstück, Gebäude) in Bezug auf die notwendigen Infrastrukturen näher untersucht werden. Dabei werden sowohl wirtschaftliche als auch planerische Aufwendungen, gestalterische Möglichkeiten, klimatische und energetische Wirkungen sowie konstruktive wie auch rechtliche Restriktionen betrachtet. Es geht darum, zu unterscheiden, welche Arten der Bepflanzung sich für welche Ebene der Betrachtung eignen. Der Fokus der Betrachtung wird auf den deutschen Klimaraum gelegt. Selbst kleinklimatische Unterschiede bewirken große Änderungen; bislang gebaute Projekte sind überwiegend Prototypen mit experimentellem Charakter, Begrünungskonzepte speziell auf die sehr unterschiedlichen Bauobjekte ausgerichtet und somit ohne Möglichkeiten zur einfachen Adaption auf neue langfristige und entsprechend nachhaltige Projekte. Für alle Ebenen sollen Auswahlmöglichkeiten festgelegt werden, wie Materialien und Pflanzen ein optimales Zusammenspiel aufweisen können und welche Konsequenzen durch die gewählten Kombinationen zu erwarten sind.

Schwerpunkt der Forschungsarbeit sind Techniken, Konkurrenzen und Synergien von Gebäudebegrünung und energieeffizientem Bauen. Zielgruppen dieses Leitfadens sind Architekten, Landschaftsarchitekten, Stadtplaner und Gebäudetechniker aber auch Kommunen und private Bauherren.

Zielsetzung: Begrünung und Energiegewinnung

Die dringliche klimatische und energetische Korrektur des Komplexes „Stadttraum“ lässt sich in zwei städtischen Oberzielen erfassen:

- Die Zufriedenheit der Einwohner, ihrer Gäste und Kunden. Neben der infrastrukturellen Qualität der Stadt ist dies wesentlich eine Frage der städtischen Lebens- und Aufenthaltsqualität. Diese wird maßgeblich von den visuellen und psychologischmedizinischen Wirkungen einer natürlichen Vegetation mitgeprägt. Dazu gehört eine künftig bessere Beherrschung der mangelhaften stadtklimatischen Verhältnisse bezüglich der Aufheizung, der schlechten Luftqualität und der fehlenden Feuchtigkeitsbindung durch die Aktivierung von Dächern und Fassaden als kühlende und filternde Vegetationsflächen im Bestand und bei Neubauten.
- Die mittelfristige Umstrukturierung der „fossilen Stadt“ zu einem sauberen, intelligent vernetzten gesamtstädtischen Kraftwerk aus dezentralen emissionsfreien Nutzungsverbänden der energetisch aktivierbaren Gebäudefassaden und -dächer sowie der Rückgewinnung von Energieüberschüssen.

Beide Oberziele sind miteinander vernetzt - beide sind entscheidende Parameter für die Attraktivität der Stadt und für ihre Zukunftsfähigkeit im Sinne einer nachhaltigen, ökologischen Entwicklung und Erneuerung. Diesen Themenfeldern bieten sich die Begrünung und die energetische Aktivierung der jeweils geeigneten Fassaden- und Dachflächen in einer möglichst synergetischen Wirkungsweise als ein in großem Stil ausbaufähiges Hilfsmittel an. Ein Gebäude entnimmt dem Stadtboden seine Grundfläche als Standort, stellt aber zugleich bis zu fünf Außenflächen zur Begrünung und zur Nutzung von Umweltenergie zur Verfügung. Das Anwendungspotenzial solcher Flächen - die Haut der Stadt - übersteigt die überbaubare städtische Bodenfläche um ein Vielfaches.

Beide Oberziele berühren Leitbilder für den Anspruch an unser zukünftiges Handeln:

- das Leitbild der Ästhetik einer architektonischen Gestaltung von Einzelbauten und Stadträumen mit dem Naturelement der Begrünung im Wechsel der Jahreszeiten
- das Leitbild der Ethik eines umweltgerechten Handelns bezüglich einer energetischen Stadtsanierung und des Angebotes an Flora und Fauna.

Im besten Fall nutzen Städte soweit möglich die inhaltliche Verknüpfung der Ziele „Grüne Stadt“ und „Solarstadt“, um den Sachverhalt eines epochalen Wandels klarer in den Fokus ihrer Entwicklungspläne zu rücken. Sie gewinnen mit dieser Parallelität Argumentationsvorteile sowie planerische, rechtliche und umsetzungstechnische Synergieeffekte.

Brandverhalten verschiedener Pflanzen und deren Eignung für begrünte Fassaden

Dr. Karim Ghazi Wakili
 Berner Fachhochschule BFH, Institut für Holz, Tragwerke und Architektur

1 EINLEITUNG

Nicht nur in Südostasien, sondern immer mehr auch in kälteren Regionen wie West- und Mitteleuropa breiten sich vertikale Begrünungen bzw. grüne Wände rasant aus. Das gleichzeitige Wachstum und die Verdichtung größerer Städte und deren Bedarf an Grünflächen haben diesen Trend in den letzten Jahren beschleunigt. Die Begrünung von Gebäudefassaden und vertikalen Flächen im urbanen, gewerblichen und privaten Bereich bietet gestalterische und klimatisch relevante Vorteile für Bestands- und Neubauten.

Ein großes Problem, das sich direkt auf Sicherheitsaspekte auswirkt, ist die Frage über das Verhalten von begrünten Fassaden im Brandfall. Es wird erwartet, dass insbesondere der Feuchtigkeitszustand der Pflanzen Einfluss auf deren Reaktion auf das Feuer hat. Für die vorliegende Studie wurden vier verschiedene Pflanzen aufgrund ihrer Winterhärte aus einer Vielzahl anderer Pflanzen ausgewählt, um den klimatischen Bedingungen Mitteleuropas Rechnung zu tragen.

2 DIE AUSGESUCHTEN PFLANZEN

Für die vorliegende Untersuchung wurden in einem ersten Schritt 5 verschiedene Pflanzenarten ausgewählt, die als Arten mit geringerem Wasser- und Pflegebedarf sowie Winterhärte den jährlichen klimatischen Bedingungen des Schweizer Flachlandes angepasst sind. Tabelle 1 zeigt eine Zusammenfassung der Merkmale dieser Pflanzen:

Tab.1 Die 5 Pflanzenarten, die für den ersten Schritt der Untersuchungen ausgewählt wurden.

Pflanze	Besonnung	Erde	Winterhärte	Wuchshöhe	Aussehen
Sagina Subulata SS	Voll sonnig	Sandig durchlässig	4 -34.5 to -28.9	3-5 cm	
Scleranthus Uniflorus SU	sonnig	Trocken durchlässig	7 -17.8 to -12.3	5-10 cm	
Festuca Cinerea FC	Voll sonnig	Trocken durchlässig	6 -23.4 to -17.8	20 cm	
Carex Oshimensis CO	Halbschatten	Feucht durchlässig	7 -17.8 to -12.3	20-30 cm	
Festuca Gautieri FG	Voll sonnig	Trocken durchlässig	5 -28.8 to -23.4	15-20 cm	

3 DIE MESSMETHODEN

Drei unterschiedliche, sich jedoch ergänzende Untersuchungsmethoden wurden eingesetzt, um einen Gesamtüberblick über das Verhalten der untersuchten Pflanzenarten bei Brandtemperaturen zu ermöglichen. Bei allen drei Methoden wurde der Einfluss des Feuchtigkeitsgehalts der Pflanzen als entscheidender Parameter berücksichtigt. Zunächst wurde eine bombenkalorimetrische Untersuchung durchgeführt, um die Verbrennungswärme jeder Probe zu bestimmen. In einem zweiten Schritt wurde eine Kegelkalorimetrie angewendet, um den entsprechenden Zündzeitpunkt und die Wärme-freisetzungsrates zu messen. Schließlich wurde der Einzelflammentest für in thermisch inerte Mineralwolle eingebettete Pflanzen eingesetzt, um Erkenntnisse über deren Verhalten bei direkter Flammenbeaufschlagung zu gewinnen. Da die genannten Methoden nicht spezifisch zur Untersuchung von Pflanzen entwickelt wurden, muss vorab erwähnt werden, dass für alle drei eine maximale Übereinstimmung, aber keine vollständige Einhaltung der Vorgaben der entsprechenden Standards gewährleistet werden konnte.

3.1 Wassergehalt der Pflanzen

Wie bereits erwähnt, ist der Pflanzenfeuchtigkeitsgehalt (Feuchtmass/Trockenmasse in %) der verschiedenen Pflanzenarten ein wichtiger Faktor für die Reaktion auf Brandtemperaturen. Insbesondere wie sich dieser Parameter im Laufe der Zeit ändert, nachdem die Bewässerung gestoppt wurde. Mit anderen Worten: Für die Bewertung der untersuchten Pflanzenarten ist das Brandverhalten in verschiedenen „Trocknungsstadien“ wichtig. Zu diesem Zweck wurden in regelmäßigen Abständen nach Beendigung der Bewässerung Pflanzenproben entnommen, gewogen und 72 Stunden lang bei 80 °C getrocknet. Die Differenz zwischen der anfänglichen (nassen) und der endgültigen (trockenen) Masse wurde als Feuchtigkeitsgehaltsverlust angenommen und als Prozentsatz der Trockenmasse ausgedrückt.

3.2 Bombenkalorimetrie

In einem Bombenkalorimeter findet die Verbrennung unter definierten Bedingungen statt. Dazu wird der Probehälter mit einer eingewogenen Brennstoffprobe und Brennhilfsmitteln gefüllt, die Brennstoffprobe gezündet und der Temperaturanstieg des Kalorimeters (Gesamtsystem) gemessen.

3.3 Kegelkalorimetrie

Die zeitliche Wärmefreisetzung sowie die Wärmefreisetzungsrates des zu prüfenden Produkts wird im „Kegelkalorimeter“ nach ISO 5660-1 ermittelt (ISO 5660-1: Prüfungen zum Brandverhalten von Baustoffen - Wärmefreisetzungs-, Rauchentwicklungs- und Masseverlustrate - Teil 1: Wärmefreisetzungsrates und Rauchentwicklungsrate). Die Prüfung erfolgt an genormten Prüfkörpern, die in horizontaler Ausrichtung durch einen darüber angeordneten Wärmestrahler mit konstanter Strahlungsintensität thermisch beansprucht werden. Es kommt auch ein Funkenzünder zum Einsatz. Bei den folgenden Untersuchungen wurde eine Bestrahlungsstärke von 50 kW/m² verwendet. Das Prinzip der Kegelkalorimetrie basiert auf der Messung der abnehmenden Sauerstoffkonzentration in den Verbrennungsgasen einer Probe, die einem spezifischen Wärmefluss ausgesetzt ist.

3.4 Einzelflammentest

Die Proben für diesen Test bestanden aus einem thermisch inerten Substrat (Mineralwolle) mit einer darin eingesetzten Pflanze. Die Pflanzen wurden sowohl unter normalen als auch unter reduzierten Nässebedingungen getestet, um sicherzustellen, dass das Brandverhalten der Probe im Verhältnis zur maximalen Pflanzentrockenheit (Worst Case) beurteilt wird. Insgesamt wurden 18 Proben hergestellt und untersucht. Gemäß den vorgeschriebenen Testbedingungen der ISO 11925-2:2020 wurde jede Probe 30 Sekunden lang einer Kantenzündung in einem kleinen Ofen unterzogen. Nach 30 Sekunden direkter Einwirkung der Flamme wird der Brenner entfernt und die Probe weitere 30 Sekunden lang beobachtet; danach gilt der Versuch als abgeschlossen (ISO 11925-2: Prüfungen zum Brandverhalten - Entzündbarkeit von Produkten bei direkter Flammeneinwirkung - Teil 2: Einzelflammentest).

4 DIE RESULTATE

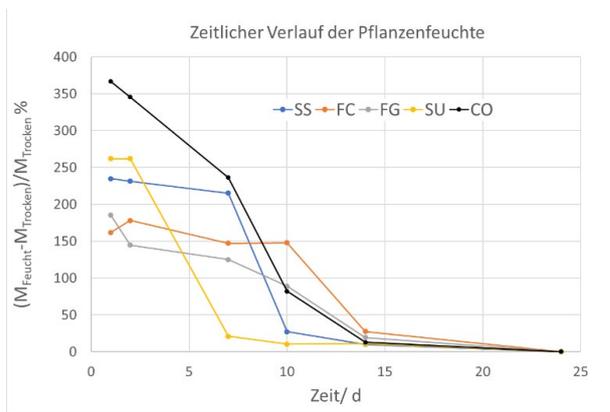


Abb. 1 Zeitlicher Verlauf der Pflanzenfeuchte nach dem Ausschalten der Bewässerung

Abbildung 1 zeigt den Verlauf des Feuchtigkeitsgehaltes jeder der fünf Pflanzenarten als Funktion der Zeit nach dem Bewässerungsstopp. Die Pflanzenarten zeigen deutliche Unterschiede in ihrem zeitlichen Verhalten. Ihr anfänglicher Feuchtigkeitsgehalt ist unterschiedlich und sie trocknen unterschiedlich schnell aus. Die beiden Arten FC und FG können ihren Feuchtigkeitsgehalt über 10 Tage hinweg relativ stabil halten. SU reagiert schneller und trocknet bereits nach 7 Tagen fast vollständig aus. Nach zwei Wochen nähern sich die Feuchtigkeitsgehalte der Pflanzen jedoch allmählich an. Es ist klar, dass diejenigen Pflanzen, die ihren Feuchtigkeitsgehalt auch nach einer Bewässerungsunterbrechung so lange wie möglich aufrechterhalten können, als widerstandsfähiger gelten und daher besser für begrünte Fassaden geeignet sind.

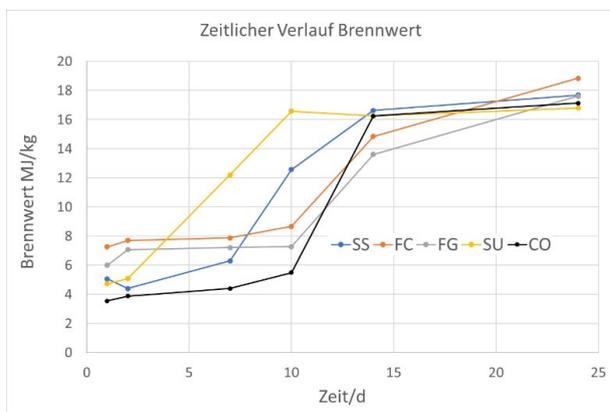


Abb. 2 Zeitlicher Verlauf des Brennwertes der Pflanzen nach dem Ausschalten der Bewässerung

Wie erwartet entwickelte sich der Brennwert der fünf Pflanzenarten unterschiedlich, nachdem die Bewässerung gestoppt wurde. Dies ist in Abbildung 2 dargestellt. Dabei zeigt sich, dass Pflanzen mit einer längeren Feuchtespeicherfähigkeit über einen längeren Zeitraum einen geringeren Heizwert haben und sich daher im Brandfall günstiger verhalten. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurden nur drei der Pflanzenarten, nämlich CO, FG und SS, ausgewählt, um weiter in den folgenden Untersuchungen berücksichtigt zu werden.

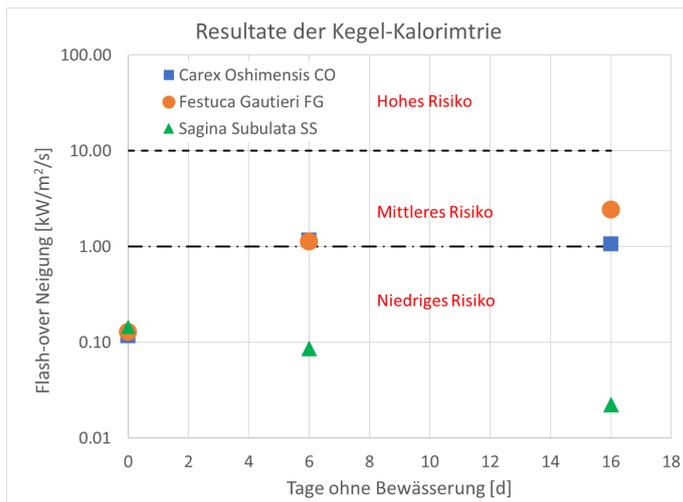


Abb. 3 Flash-over Neigung unter Verwendung der Ergebnisse der Kegelkalorimetrie

Ein wichtiger Parameter zur Quantifizierung des Brandrisiko ist die „Flash-Over-Neigung“

Flash Over Propensity = FOP = PHRR/TTI [kW/m²/s]

wobei PHRR = Spitzenwärmeabsetzungsrate [kW/m²] und TTI = Zeit bis zur Zündung [s]

Abbildung 3 zeigt diesen Parameter für die drei verschiedenen Pflanzenarten zu drei verschiedenen Zeitpunkten nach dem Ausschalten der Bewässerung, basierend auf den Ergebnissen der entsprechenden kegelkalorimetrischen Untersuchungen. Alle Messwerte liegen überwiegend im Bereich „Niedriges Risiko“- und im unteren Teil des Bereiches „Mittleres Risiko“.

Der Einzelflammentest für die drei Pflanzenarten im getrockneten Zustand lief wie folgt ab: Carex Oshimensis - Während des Tests wurde eine leichte Raumentwicklung beobachtet. Durch die direkte Einwirkung der Flamme auf die Pflanze fallen die Blätter ab. Das durch die Flammeneinwirkung herunterfallende Material bildet für eine gewisse Zeit eine Glut. Die durch das Feuer abfallende Blätter werden nicht vollständig verbrannt und können eine neue Verbrennungsquelle darstellen. Herabfallende Blätter, die nicht vollständig verbrannt sind, brennen noch etwa 6 Sekunden lang auf der Unterseite des Messgeräts weiter (Abb. 4).



Abb. 4 Verschiedene Entzündungsstadien von getrocknetem Carex Oshimensis CO eingebettet in Mineralwolle.

Festuca Gautieri - Die Proben (normale und getrocknete Pflanzen) sind instabil, wenn sie einer indirekten Flamme ausgesetzt werden. Sie entzünden sich, wenn sich eine Flamme in der Nähe befindet. Die brennenden Abfälle wurden bei beiden Feuchtigkeitsbedingungen vollständig und schnell vom Feuer vernichtet. Die Pflanzen mit reduzierter Luftfeuchtigkeit verbrannten fast vollständig und entwickelten Flammen von mehr als 150 mm Höhe und einer Dauer von mindestens 4 Sekunden, begleitet von starker Raumentwicklung (Abb. 5).

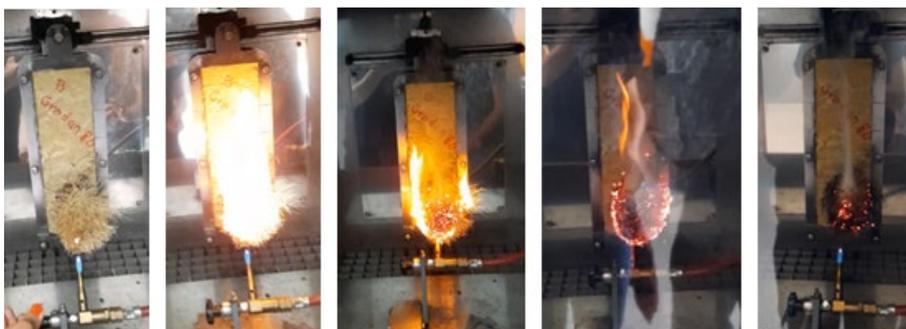


Abb. 5 *Verschiedene Entzündungsstadien von getrocknetem Festuca Gautieri FG eingebettet in Mineralwolle*

Sagina Subulata - Die Proben (normale und getrocknete Pflanzen) bildeten unter dem Einfluss einer direkten Flamme keine Flammenfront und erzeugten wenig Glut, da die Flamme nur direkt die Steinwolle erreichte und sich nicht die Pflanzen selbst schnell, sondern eine kurze (einige Sekunden) Flammenfront entwickelte. Außerdem wurde eine verstärkte Rauchentwicklung beobachtet. Es wurde auch beobachtet, dass sich die Flamme nicht in der Anlage ausbreitet, die Flammen und Glut bleiben auch bei dauerhafter äußerer Flamme lokal bestehen (Abb. 6).



Abb. 6 *Verschiedene Entzündungsstadien von getrocknetem Sagina Subulata SS, eingebettet in Mineralwolle. Nur die direkte Flamme lässt die Pflanze brennen. Nachdem die Flamme erloschen ist, brennt die Pflanze nicht weiter.*

5 DISKUSSION UND AUSSICHT

Die Brandreaktion verschiedener Pflanzen, die in begrünter Fassaden eingebaut werden sollen, wurde mit verschiedenen kalorischen und direkten Flammenmethoden untersucht und zeigte ein recht unterschiedliches Verhalten. Dies wurde für den nassen und trockenen Zustand der Pflanzenart durchgeführt. Das Risiko einer Flash-Over-Neigung ist gering bis mittel. Einige der Pflanzen weisen ein höheres Feuchtigkeitsspeichervermögen auf, was sie sowohl im Hinblick auf die Brandausbreitung als auch auf die Instandhaltung zu besseren Kandidaten für den Einsatz in lebenden Wänden macht. Dies legt eine besondere Positionierung in der Wand nahe, sodass Flächen mit leicht brennenden Pflanzen in regelmäßigen Abständen durch Bereiche mit solchen unterbrochen werden müssen, die nicht weiterbrennen, sobald die Flamme erloschen ist. Dies wird der Inhalt unserer künftigen Untersuchungen an Fassadenelementen sein.

DANKSAGUNG

An dieser Stelle ist der Innosuisse für die Finanzierung des Projektes «IN FiAMME» und der Firma Flumroc (vertreten durch Herrn Christoph Egli) als Industriepartner gedankt.

Konzepte für sommerliches Komfortklima – Verschattungs- und Lüftungsstrategien, Speicherkapazität

Michael Eichenberger
PIRMIN JUNG Schweiz AG

1 EINLEITUNG

Aufgrund der Klimaerwärmung weltweit muss davon ausgegangen werden, dass im Laufe der nächsten Jahrzehnte die Aussenlufttemperaturen in der Schweiz und Europa in den Sommermonaten weiter ansteigen werden. Gemäss den schweizerischen Klimaszenarien CH 2018 des Bundes [1] werden nicht nur die Durchschnittstemperaturen, sondern auch die Höchsttemperaturen in den Sommermonaten weiter ansteigen. Man geht heute in der Schweiz davon aus, dass die heissesten Sommertage im Jahre 2060 in einem durchschnittlichen Sommer bis zu 5.5° Grad Celsius wärmer sein könnten als heute.

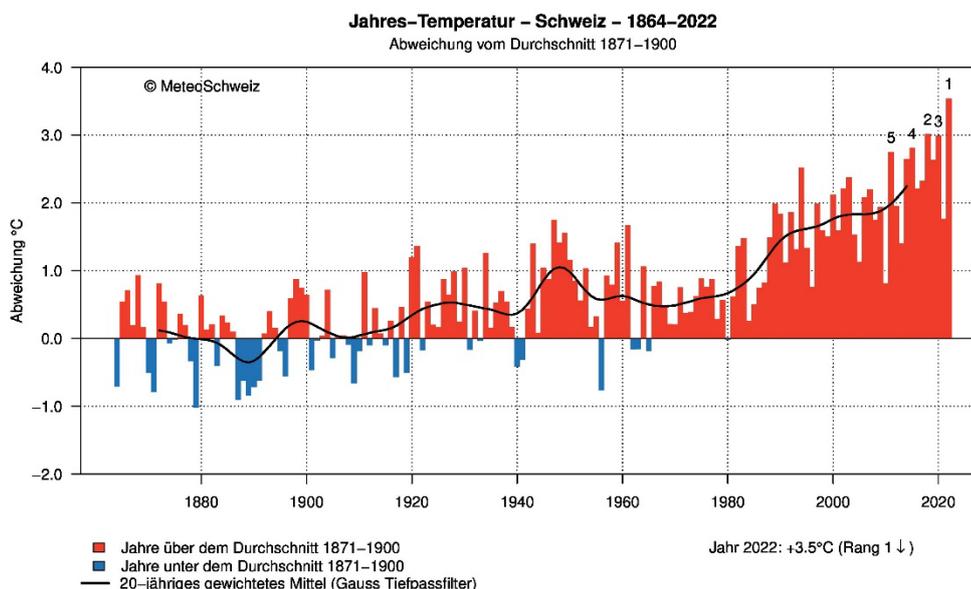


Abb. 9 Jahresmitteltemperatur der Schweiz seit 1864. Dargestellt sind die Abweichungen zum vorindustriellen Durchschnitt 1871–1900 in °C (Jahre über dem Durchschnitt in Rot, darunter in Blau). Der geglättete Verlauf wird in schwarz gezeigt. Die fünf wärmsten Jahre sind mit Zahlen markiert [2].

In der Planung von Gebäuden wird, sofern nichts anders mit dem Bauherrn definiert wird, davon ausgegangen, dass diese für eine Lebensdauer von 50–100 Jahren erbaut werden. Dies bedeutet, dass in heute erstellten Bauten auch bei den zukünftigen klimatischen Bedingungen einen ausreichenden Hitzeschutz erreicht werden kann. Bei der Planung muss dementsprechend das Ziel von behaglichen Raumlufttemperaturen im Sommer über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes verstärkt in den Fokus gerückt werden.

Um geeignete und wirksame Lösungen für die thermische Behaglichkeit von Gebäuden zu finden, gilt es die entsprechenden Massnahmen gesamtheitlich mit diversen weiteren Einflussfaktoren auf das Gebäude zu betrachten. Entgegen der weit verbreiteten Meinung, dass hauptsächlich die Wärmespeicherkapazität eines Gebäudes das Hauptkriterium für einen guten sommerlichen Wärmeschutz darstellt, sind zwingend weitere Einflussfaktoren zu berücksichtigen.

2 EINFLUSSFAKTOREN SOMMERLICHEN WÄRMESCHUTZ

2.1 Übersicht

Einen entscheidenden Einfluss auf die thermische Behaglichkeit im Sommer und damit direkt verbunden auf die Nutzbarkeit unserer Gebäude haben unter anderem die nachfolgenden Parameter:

- Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes und der einzelnen Räume
- Interne Wärmelasten durch Personen und elektronische Geräte sowie Beleuchtung
- Solare Wärmegewinne über Glasflächen an Fassade und Dach
- Bewegliche Beschattungssysteme und fixe bauliche Verschattungen
- Möglichkeit einer ausreichenden Nachtauskühlung
- Gut gedämmte thermische Gebäudehülle
- Gebäudetechnikkonzept
- Verhalten der Gebäudenutzenden

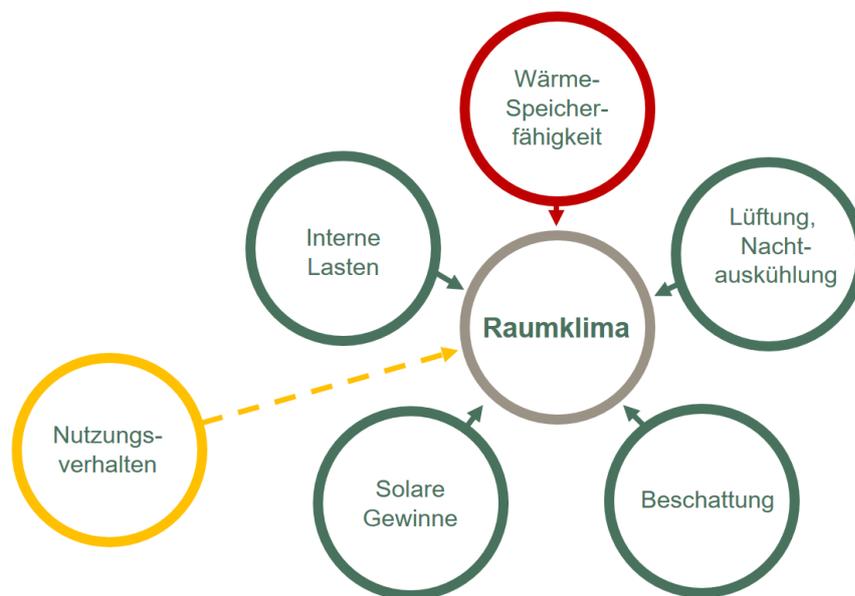


Abb. 10 Übersicht Einflussfaktoren auf das Raumklima (eigene Darstellung)

2.2 Wärmespeicherfähigkeit

Was ist die Wärmespeicherfähigkeit CR?

Vereinfacht beschrieben ist die Wärmespeicherfähigkeit die Fähigkeit eines Raumes Energie in Form von Wärme aufzunehmen und diese zeitverzögert wieder in den Raum abzugeben. Die Wärmespeicherfähigkeit eines Raumes ist abhängig von der Bauteilmaterialisierung und deren Flächen sowie dem Raumvolumen.

- Geringe Wärmespeicherfähigkeit CR: schnelleres Aufheizen des Raums, jedoch kühlt der Raum auch schneller wieder aus
- Hohe Wärmespeicherfähigkeit CR: langsames Aufheizen des Raums, jedoch kühlt der Raum auch langsamer aus

Bei der Planung von Gebäuden ist darauf zu achten, dass die Materialisierung der Räume entsprechend gewählt wird, dass diese die im Sommer anfallende Wärme speichern und zeitverzögert zum richtigen Zeitpunkt wieder an die Umgebung abgeben können.

Dazu gibt es einige Untersuchungen und Studien zur Konstruktionsart von Gebäuden zu diesem Thema. Insbesondere sind die Parameteruntersuchung des sommerlichen Raumklimas von Wohngebäuden der Berner Fachhochschule [3], die Untersuchung der EMPA [4] und der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes von Holzbauten von PIRMIN JUNG Schweiz AG [5] zu erwähnen.

In allen drei Studien wurde der Einfluss verschiedenster Parameter auf den sommerlichen Wärmeschutz untersucht und ermittelt. Dabei wird insbesondere auch die thermische Speichermasse mit einbezogen. Die thermische Speichermasse ist bei Holzbauten oft kleiner als bei Massivbauten. Deshalb ist dieser Vergleich besonders spannend.

Die nachfolgenden Grafiken zeigen den operativen (auf der Haut gefühlten) Temperaturverlauf eines typischen Massivbaus ($CR = 75 \text{ Wh/m}^2\text{K}$) und eines Holzbaus ($CR = 45 \text{ Wh/m}^2\text{K}$) im Vergleich.

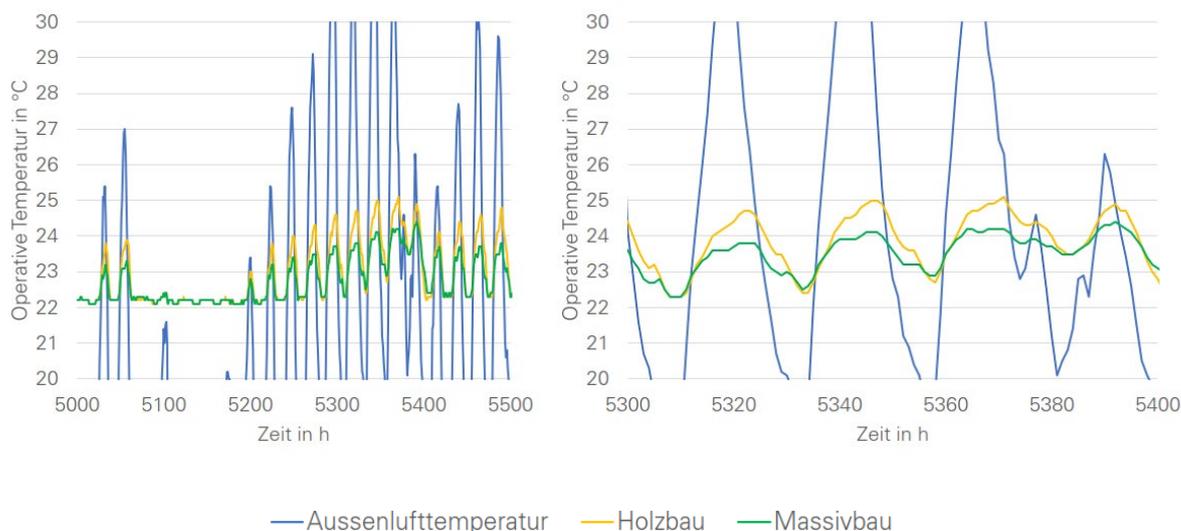


Abb. 11 Temperaturverlauf während 500h [6]

Abb. 12 Temperaturverlauf während 100h [6]

Die Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigen, dass im untersuchten Holzbaugebäude in den Sommertagen leicht höhere, max. operative Temperaturen (auf der Haut gefühlte Temperatur) erreicht wird, diese während der Nacht jedoch gegenüber dem verglichenen Massivbaugebäude schneller und tiefer absinken.

Eine geringere Raumwärmespeicherfähigkeit muss dementsprechend nicht zwingend nachteilig sein, sondern kann bei einer entsprechenden Architektur im Zusammenspiel mit den oben erwähnten Einflussparametern auf den sommerlichen Wärmeschutz auch vorteilig genutzt werden.

2.3 Interne Wärmelasten

Wie ein Raum genutzt und betrieben wird, hat einen sehr grossen Einfluss auf die thermische Behaglichkeit in den Sommermonaten. Die internen Wärmelasten durch Personen, Beleuchtung und elektrische Geräte, welche Abwärme erzeugen, sind je nach Nutzung unterschiedlich gross und sind in der Beurteilung der thermischen Behaglichkeit unter der Berücksichtigung der Belegungszeit des Raums mitzubedenken. In einem Schulzimmer ist beispielsweise die Wärmeeintragsleistung von Personen um ein Vielfaches höher als in einem Wohnzimmer, wie folgender Vergleich mit Angaben gem. dem SIA-Merkblatt 2024:2015 [7] zeigt.

Wärmeeintragsleistung gem. SIA 2024:2015

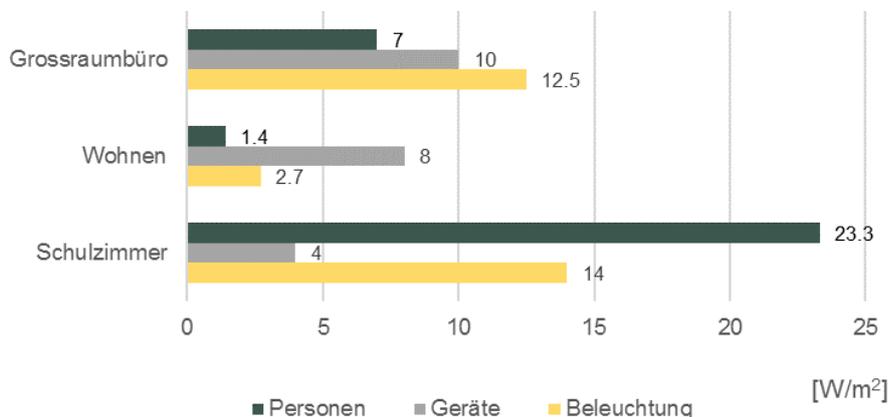


Abb. 13 Vergleich interne Wärmelasten nach SIA 2024:2015 (eigene Darstellung)

2.4 Solare Wärmegewinne

Solare Wärmegewinne werden primär über Glasflächen in der Gebäudehülle erzielt und können je nach Glasflächenanteil und Fassadenausrichtung stark variieren. Bereits sehr früh in der Planungsphase eines Gebäudes ist das optimale Verhältnis zum solaren Wärmeeintrag, mit möglichst geringem Wärmegewinn im Sommer bei gleichzeitig einem grossen passiven Solarwärmeertrag im Winter, zu finden.

Untersuchungen bei PIRMIN JUNG Schweiz AG [5] zeigen, dass die Vergrösserung des Glasanteils in der Fassade einen entscheidenden Einfluss auf die zu erwartenden Raumlufttemperaturen und Überhitzungsstunden eines Raumes bewirken. Die folgende Grafik zeigt diesen Unterschied mit zunehmendem Glasanteil bei einem übereckverglasten Wohnzimmer auf.

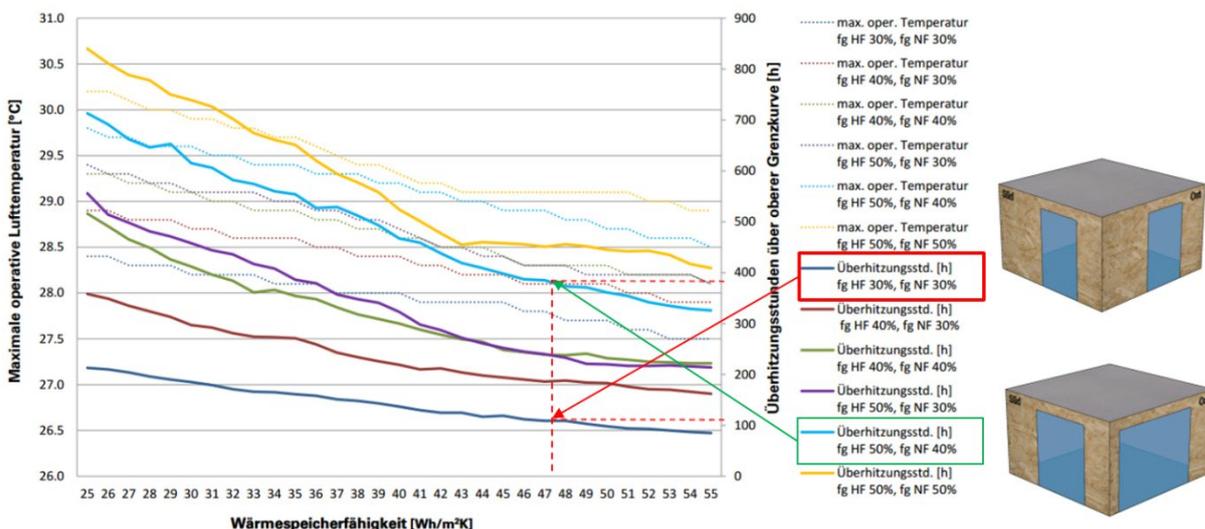


Abbildung 14: Parameterstudie bez. Einfluss Überhitzungsstunden [5]

2.5 Beschattung

Die Beschattung der Glasflächen ist ein wichtiger Faktor, um die solaren Wärmegewinne zu reduzieren. Fixe Verschattungselemente wie Vordächer, Loggias und Balkone verschatten die transparenten Bauteile ständig. Entsprechend ist bei diesen fest verbauten Verschattungsmassnahmen eine optimale Auskrugungstiefe zu wählen, damit im Sommer der solare Wärmegewinn minimiert, im Winter jedoch nicht zu stark reduziert wird. Mit beweglichen Beschattungssystemen wie Rafflamellenstoren, Markisen,

Rollladen, etc. kann der Nutzer die solaren Wärmegevinne individuell steuern. Die Planung der beweglichen Beschattungsmassnahmen sind in Abhängigkeit des Glasanteils und der Raumnutzung der jeweiligen Räume vorzunehmen. Das bedeutet, dass mit zunehmender Fenstergrösse eines Raums der bewegliche Sonnenschutz einen niedrigeren Energiedurchlassgrad aufweisen muss.

Im Weiteren kann der solare Wärmegevinne nicht nur über fixe Verschattungselemente und einen beweglichen Sonnenschutz reduziert werden, sondern bis zu einem gewissen Masse auch über die Verglasung selbst, indem Gläser mit niedrigerem Energiedurchlassgrad (g-Wert) vorgesehen werden. Oft werden bei Gebäuden mit einem höheren Glasanteil in der Fassade oder mit höheren internen Wärmelasten wie bei Schulgebäuden neutrale Wärmeschutzgläser mit einem geringeren Energiedurchlassgrad in Kombination mit einem aussenliegenden Sonnenschutz umgesetzt.

Bei der Planung der Beschattung von Gebäuden gilt es die architektonischen und energetischen Ansprüche in Einklang zu bringen. So ist beispielsweise die Minimierung des solaren Wärmeeintrags durch ein flexibles aussenliegendes Beschattungssystem oder durch fix auskragende Verschattungen und die Ansprüche an den Tageslichtbedarf im Rauminnern oder den solaren Wärmegevinne im Winter aufeinander abzustimmen. In der Planung der Gebäude sind diese Themen bereits sehr früh aufeinander abzustimmen.



Abb. 15 Beschattung durch Loggia und Stoffmarkise (Fotografie: PIRMIN JUNG Schweiz AG)



Abb. 16 Beschattung durch bauliche Massnahmen wie Balkone und Vordach (Fotografie: S+M Architekten AG)

2.6 Lüftung, Nachtauskühlung

Der solare wie auch der interne Wärmegevinne, welcher während dem Tag in den Bauteilaufbauten eingespeichert wird, muss wieder aus dem Gebäude abgeführt werden können. Diese Abführung der eingespeicherten Wärme und die Absenkung der Raumlufttemperatur erfolgt in der Regel während der Nacht und den frühen Morgenstunden, wenn die Aussenlufttemperaturen tiefer als die Raumlufttemperaturen im Gebäude sind.

Für die Abführung der eingespeicherten Wärme gibt es unterschiedliche Konzepte. Eine natürliche Nachtauskühlung über offenbare Fenster mit der Möglichkeit zum Querlüften des Raums zählt zu den effizientesten Massnahmen. Je nach Nutzung des Gebäudes und der Präsenzzeit der Nutzer können dazu manuell oder auch automatisch angesteuerte Fensterflügel eingesetzt werden.

Die Möglichkeit einer effizienten Nachtauskühlung über die Fenster und Oblichter ist bereits in der Entwurfsphase eines Gebäudes anzudenken, da die natürlichen Fensterlüftungskonzepte einen grossen Einfluss auf das gesamte Gebäude und deren Grundrisseinteilung einnehmen.

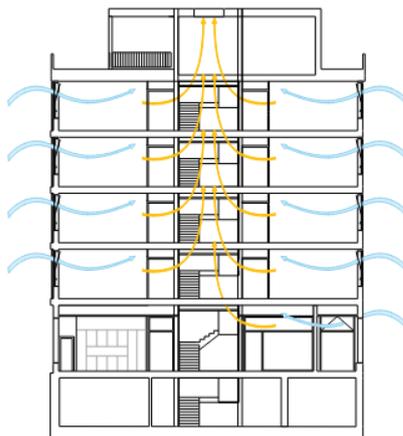


Abb. 17 Beispiele einer effizienten Nachtauskühlung mittels Querlüftung [8]

Eine Nachtauskühlung kann auch über eine mechanische Lüftungsanlage oder mit einer Kombination von Gebäudetechnik und Fensterlüftung sichergestellt werden. Der Einsatz von mechanischen Lüftungsgeräten für eine wirksame Nachtauskühlung ohne Unterstützung über eine natürliche Lüftung über die Fenster kann den Energieverbrauch von einem Gebäude je nach Lüftungsstrategie beträchtlich erhöhen und ist bei der Energiebilanzierung des Gebäudes entsprechend mit zu berücksichtigen.

2.7 Nutzungsverhalten

Der Mensch als wichtigster Einflussfaktor auf den sommerlichen Wärmeschutz, welcher mit seinem Nutzerverhalten die thermische Behaglichkeit in den Räumen steuern kann, geht in der Planung von Gebäuden oftmals vergessen. Je nach Gebäude und dessen Nutzung ist es sinnvoll, die Massnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz so auszulegen, dass diese möglichst auch ohne manuellen Einfluss der Gebäudenutzenden funktionieren können z.B. mittels automatisch gesteuertem beweglichen Beschattungssystemen. Um den Nutzer auf die Thematik der thermischen Behaglichkeit im Sommer zu sensibilisieren, ist es empfehlenswert, die Gebäudenutzenden über ihre Verantwortung sowie das Nutzerverhalten zu informieren und ihnen allfällige Hilfestellungen in Form von Merkblättern o.ä. zur Verfügung zu stellen.



Abb. 10 Sommerzeit... [9]

3 ZIELKONFLIKTE MASSNAHMEN SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

Bei der Planung von wirksamen Massnahmen zur Sicherstellung des sommerlichen Wärmeschutzes sind die daraus folgenden Auswirkungen auf den Raum mitzuberücksichtigen. Einige effiziente Massnahmen zur Erhöhung des thermischen Komforts im Sommer stehen in einem Zielkonflikt mit weiteren Nachhaltigkeitsthemen im Gebäude. Daher ist es sehr wichtig, dass die Massnahmen zur Sicherstellung des sommerlichen Wärmeschutzes bereits ab Beginn der Planung eines Gebäudes interdisziplinär im Planungsteam berücksichtigt werden.

Ausgewählte Zielkonflikte, welche es in der Planung eines guten sommerlichen Wärmeschutzes zu lösen gilt, sind nachfolgend beschrieben.

3.1 Tageslichtnutzung

Einen ausreichenden Tageslichtanteil ist für das Wohlbefinden der Raumnutzenden von wichtiger Bedeutung. Zudem wird in diversen Nachhaltigkeitslabels ein Nachweis gefordert, dass die einzelnen Räume über ausreichend Tageslicht verfügen.

Grosse, fixe Verschattungselemente reduzieren nebst dem solaren Wärmegewinn permanent auch den Tageslichtgewinn. Je tiefer die bauliche Verschattung über die Glasfläche auskragt, desto geringer ist der Tageslichtanteil im Raum.

Bei einem beweglichen aussenliegenden Sonnenschutz ist darauf zu achten, dass insbesondere bei grossen Glasflächen Markisen oder Rafflamellen mit einem hohen Lichttransmissionsgrad bei gleichzeitig tiefem Energiedurchlassgrad eingesetzt werden. Da nur eine reduzierte Anzahl Produkte diese Eigenschaften aufweisen, kann die Auswahl eines für das Gebäude passenden aussenliegenden Sonnenschutzes eingeschränkt sein.

Werden Rollläden oder Jalousien als aussenliegender Sonnenschutz vorgesehen, reduzieren diese im geschlossenen Zustand den solaren Wärmegewinn sehr effizient. Gleichzeitig wird jedoch der Tageslichtgewinn so stark minimiert, dass während der gesenkten Position des aussenliegenden Sonnenschutzes die Beleuchtung im Raum angeschaltet werden muss, welche wiederum zusätzliche interne Wärmelasten verursacht.

Der solare Wärmegewinn kann auch über kleine Fensterflächen merklich reduziert werden. Dabei ist zu beachten, dass nebst dem Tageslichtgewinn auch das Raumgefühl und die Sicht ins Freie stark beeinträchtigt werden.

3.2 Winterlicher Wärmeschutz

Im Winter ist ein möglichst hoher Anteil an passivem solarem Wärmegewinn erwünscht. An nebelarmen Gebäudestandorten kann der solare Wärmegewinn den Heizwärmebedarf eines Gebäudes merklich senken. Dazu sind grössere Fensterflächen geeignet, welche nach Osten, Süden und Westen ausgerichtet sind.

Grössere Glasflächen auf diesen Fassadenausrichtungen erzielen jedoch auch höhere solare Wärmegewinne im Sommer, welche die Raumlufttemperaturen im Gebäude während dieser Jahreszeit unerwünscht erhöhen.

3.3 Graue Energie / Treibhausgasemissionen

Bei Gebäuden mit einer hohen Speichermasse werden sehr oft grossflächig schwere Materialien wie Beton, Backstein, etc. eingesetzt. Diese Baumaterialien weisen in den meisten Fällen einen hohen Einfluss an Treibhausgasemissionen und Graue Energie auf.

Bei fast allen Nachhaltigkeitsstandards und -labels wird ein Nachweis der Grauen Energie und der Treibhausgasemissionen für die Erstellung des Gebäudes gefordert. Bei diesen Nachweisen wirken sich die schweren und CO₂ intensive Baustoffen negativ auf die Ökobilanz der Erstellung des Gebäudes aus. Daher ist es empfehlenswert, die schweren Materialien mit hohen Speichermassen und grossem CO₂-Fussabdruck nur dort zu verbauen, wo diese auch wirklich für das gesamte Gebäude sinnvoll eingesetzt sind.

4 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] NCCS, «Klimaszenarien für die Schweiz,» NCCS - National Centre for Climate Services, Zürich, 2018.
- [2] Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz [Online]. Available: <https://www.meteoschweiz.admin.ch/klima/klimawandel.html> [Zugriff am 06.10.2023]
- [3] A. S. u. A. M. D. Kehl, „Parameteruntersuchung des sommerlichen Raumklimas von Wohngebäuden,“ BFE, Biel, 2011.
- [4] T. Frank, „Sommerlicher Wärmeschutz von Dachräumen, Bericht-Nr. 444'383d,“ Empa, Dübendorf, 2008.
- [5] D. Müller und M. Eichenberger, „Nachweisverfahren des sommerlichen Wärmeschutzes von Holzbauten,“ BFE, Rain, 2015.
- [6] D. Müller, „Dynamische Gebäudesimulation von Holzbauten,“ Hochschule Luzern, Rotkreuz, 2013.
- [7] SIA Zürich, SIA Merkblatt 2024 - Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik, Zürich, 2015.
- [8] Minergie Schweiz, „Sommerlicher Wärmeschutz - Klimakomfort im Minergie-Gebäude,“ Minergie Schweiz, Basel, 2022.
- [9] M. Hütter, „DGUV Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung - Arbeiten bei Hitze,“ 07 2016. [Online]. Available: <https://www.dguv-lug.de/berufsbildende-schulen/gesundheitsschutz/arbeiten-bei-hitze/>. [Zugriff am 03.2022].

Die Holzfassade - Grundsätze und Trends

Hanspeter Kolb

Holzbauexperten GmbH, Biel; Berner Fachhochschule BFH-AHB, Biel

1 EINLEITUNG

Die Fassade (ursprünglich von lat.: facies: Angesicht) ist ein repräsentativer Teil eines Gebäudes und vermittelt den Betrachtern einen ersten Eindruck. Je nach Zustand kann das Urteil über das Gebäude unterschiedlich ausfallen. Holz spielt bei der Gestaltung der Fassade (in Fachjargon auch Aussenwandbekleidung) eine wichtige Rolle und erlebt zurzeit eine Art Renaissance, vor allem bei großvolumigen und mehrgeschossigen Bauten. Die Erwartungen an Holzfassaden sind dabei hoch. Gebäude werden immer mehr zu großen Möbelstücken, die mit viel Kreativität gestaltet werden (Abb. 1). Dabei gerät manchmal etwas in Vergessenheit, dass der natürliche Baustoff Holz im Außenbereich ein anspruchsvolles, ja herausforderndes Material ist.



Abb. 1 Möbelstück Gebäude: Hybridbau mit Aussenwandelementen und Fassade in Holz Generationenhaus Bad Zurzach: Liechti Graf Zumsteg Architekten, Brugg; (Bildquelle)(Behandlung: Kesseldruckimprägniert mit Farbton braun; 2 x Lasur impra®lan)

2 GESTALTUNG ALS HERAUSFORDERUNG

Die Gestaltung von Holzfassaden und die zu berücksichtigenden Anforderungen (Bauphysik, Holschutz, Brandschutz) stehen für kreative Gestalter oft im Widerspruch. Gestalten hat mit Kreativität zu tun und Normen und Richtlinien sollten nur zu wenigen oder am besten zu gar keinen Einschränkungen führen.

Im Zusammenhang mit Holz im Aussenbereich wird „gestalten“ besonders anspruchsvoll, weil einerseits eine grosse Auswahl an Ausführungsmöglichkeiten in Bezug auf Material, Form, Struktur und Farbe zur Verfügung steht (Abb. 2), andererseits aber Holz aufgrund seiner natürlichen Eigenschaften Grenzen setzt, welche im Außenbereich nicht gefahrlos überschritten werden können. Bei grossvolumigen, hohen Bauten ist die Herausforderung besonders gross, da die Witterungseinflüsse (z.B. Winddruck) extremer werden und die „klassische“ Schutzmassnahme "grosses Vordach" nicht mehr ausreicht.

Bei Holzbauten werden immer mehr auch holzfremden Materialien eingesetzt (Abbildung 3). Dies kann die Lebensdauer einer Fassade positiv beeinflussen, kann aber zu anderen Herausforderungen führen (Abb. 3). Noch relativ neu ist die Anforderung, dass die Aussenwand zum Energielieferanten werden soll. Der Einsatz von Fotovoltaik-Modulen an der Aussenwand führt insbesondere bei hohen Bauten zu Herausforderungen (Brandschutz), welche erst wissenschaftlich untersucht werden und weil aktuell noch kein Stand der Technik vorliegt.

Eigentümer und Nutzer wollen auf ein Gebäude stolz sein können. Ihr Stolz beruht dabei oft auch auf Äußerlichkeiten (dauerhaft schöne Fassade). Eine erfolgreiche Gestaltung von Holzfassaden bedingt deshalb eine intensive und frühe Zusammenarbeit zwischen der Bauherrschaft (Zielsetzung, Entscheidung), den Architekten (Gestaltung, Konstruktion) und den Holzbauern (Ausführung, Detailkonstruktion, Verantwortung).

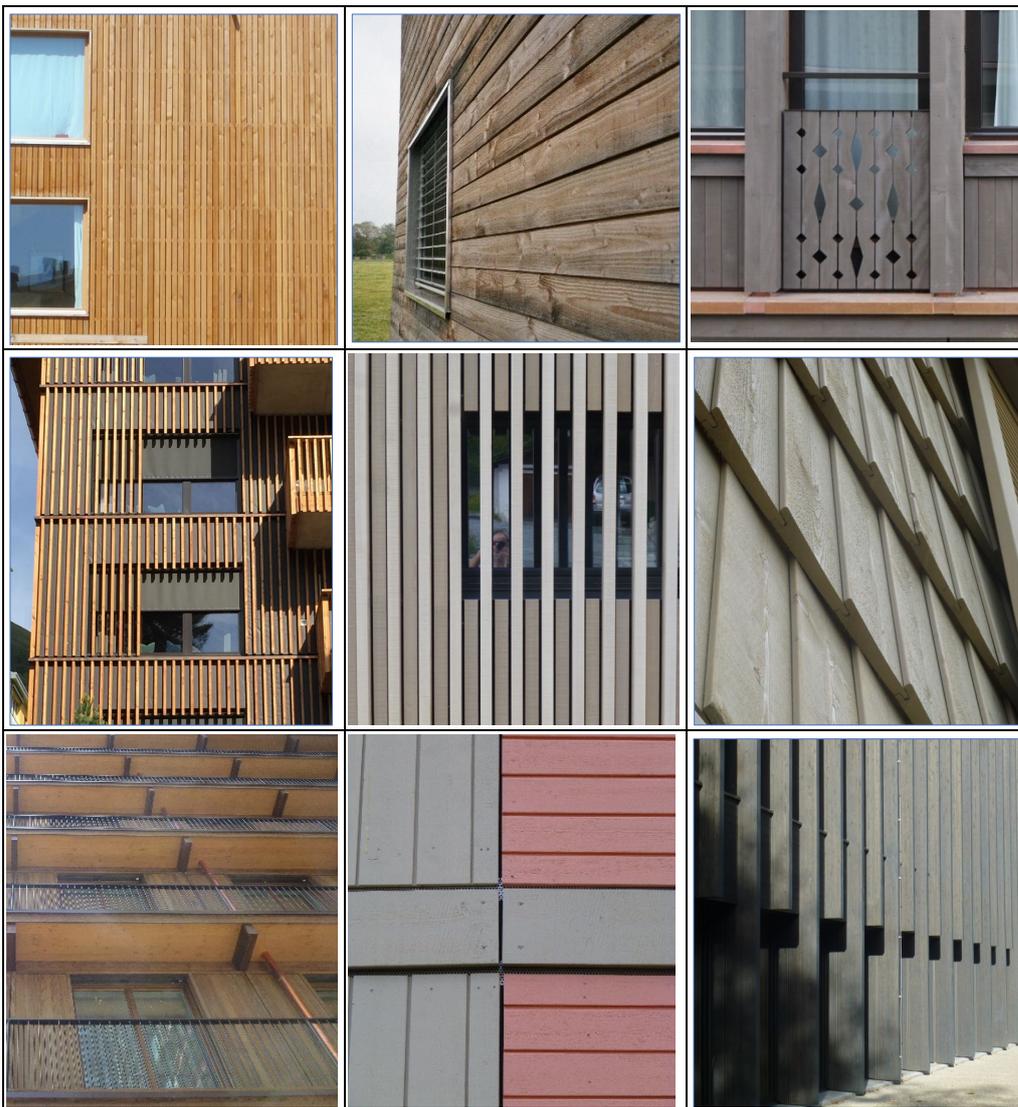


Abb. 2 Die grosse Auswahl an Gestaltungsmöglichkeiten mit Holz ist zwar eine Chance, Materialeigenschaften und Schutzmassnahmen sind aber zu berücksichtigen und können zu Einschränkungen führen.



Abb. 3 Hybridbau mit Holzaussenwandelementen (Minergie-P): Fassade aus Jura-Kalk-Platten ($d = 40 \text{ mm}$; Gewicht: 120 kg/m^2); Raiffeisenbank Bad Zurzach; Metron Architekten.

3 ANFORDERUNGEN UND HERAUSFORDERUNGEN

Die technischen und bauphysikalischen Anforderungen werden durch Normen mehr oder weniger klar definiert (SIA, DIN, ÖNORM). Oft beschränken sich diese jedoch auf die Vermittlung von Grundsätzen und gehen in detailkonstruktiven Bereichen wenig in die Tiefe.

Als Planungshilfen existieren jedoch diverse gute Dokumente, welche die „Regeln der Baukunde“ vermitteln (siehe Literaturverzeichnis [1], [2], [3], [4]), [5]). Als Beispiele sind 3 solcher „Regeletails“ im Anhang aufgeführt (Quelle [2]).

3.1 Schutzfunktion

Die Fassade hat neben ihrer Gestaltungsfunktion die primäre Aufgabe, die dahinter liegenden Schichten der Außenwand vor Witterung und mechanischen Einwirkungen zu schützen. Übernimmt sie diese Schutzfunktion nur teilweise, zum Beispiel bei Holzfassaden mit offenen Fugen (Abb. 4), sind entsprechende Unterkonstruktionen einzusetzen (Dämmschutzschichten, Fassadenbahnen, usw.). Dem Wasserabfluss ist besondere Beachtung zu schenken.

Geschlossene Fassadensysteme wie stehende und liegende Schalungen sind ebenfalls nicht "wasserdicht". Insbesondere bei Anschlüssen in Bereichen von Fenstern, Türen, Sockeln, Brandschutzmassnahmen im Geschoss, Gesimsen usw. ist besonders auf eine gute Wasserableitung zu achten. Eine wasserführende Schicht hinter der Durchlüftungsschicht macht auch in diesem Fall Sinn (z.B. Fassadenbahn).

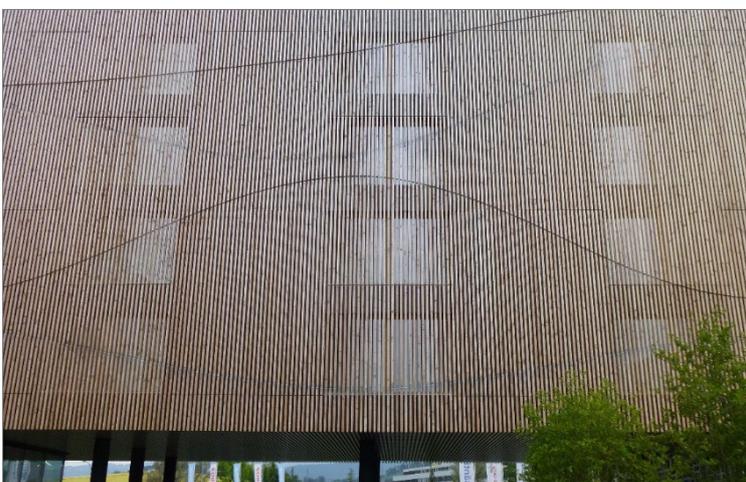


Abb. 4 Fassaden mit «offener» Holz-Aussenwandbekleidung. Der Witterungsschutz muss durch die darunterliegende, wasserführende Schicht gewährleistet werden; Hotel Sântispark Abtwil; Carlos Martinez Architekten, Berneck

3.2 Holzschutz

Grundsätzlich geht es darum, eine Holzfassade ausreichend vor Witterung zu schützen. Die Fassade ist jedoch ein Aussenbauteil, welche sich nur begrenzt schützen lässt - je höher ein Gebäude ist, umso weniger. Die „Antworten“ auf die Witterungseinflüsse müssen somit vorwiegend in der Detailkonstruktion liegen. Unterstützend wirken eine entsprechende Holzartenauswahl, eine situationsgerechte Holzqualität, chemische Schutzmassnahmen und/oder Oberflächenbehandlungen. Unabhängig von diesen unterstützenden Massnahmen lauten die wichtigsten Grundsätze für Holzfassaden:

- Auftretendes Wasser muss ungehindert abfließen können
- Nass gewordenes Holz muss rasch wieder austrocknen können
- Schwind- und Quellungsbewegungen dürfen nicht eingeschränkt werden

Wie bereits erwähnt, können auch (sehr) große Vordächer eine Holzfassade nicht mehr ausreichend schützen (Abb. 5). Dadurch wird einerseits die Freiheit bei der Materialwahl und der Ausführungsart eingeschränkt und andererseits steigen die Herausforderungen bei detailkonstruktiven Massnahmen. Dieser unzureichende Schutz durch große Vordächer kann durch gestalterische Massnahmen in der Fassade kompensiert werden (Abb. 6).



Abb. 5 Trotz grossem Vordach ist die Holzfassade in Eiche nicht vor Witterung, insbesondere Schlagregen, geschützt;
Lehrgebäude Berner Fachhochschule Biel; Meili, Peter & Partner Architekten, Zürich



Abb. 6 Gebäude mit kleinem Vordach aber mit Schutzmassnahmen in der Fassade (in Kombination mit den Brandschutzmassnahmen pro Geschoss)
Katholisches Kompetenzzentrum Süd, Salzburg; Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH, Schwarzach (A); (Bildquelle)

Gemäss SN EN 335 „Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten“ [6] könnten Holzfassaden bei gutem Witterungsschutz in die Gebrauchsklasse 2 eingestuft werden. Diese Klasse betrifft Holz unter Dach, das nicht direkt der Bewitterung ausgesetzt ist. Die Holzfeuchte dürfte trotz gelegentlicher Befeuchtung praktisch nie über 20% liegen.

Hohe Bauten und solche ohne Vordach verlangen jedoch eine Einteilung in die Gebrauchsklasse 3.1. Hier wird Holz zwar bewittert, ist aber nicht ständig nass. Eine Anreicherung von Wasser im Holz, auch räumlich begrenzt, ist bei rascher Austrocknung nicht zu erwarten (Holzfeuchte gelegentlich über 20%).

Wird kein chemischer Schutz oder kein Oberflächenschutz angewendet, sollten für die Gebrauchsklasse 3.1 Hölzer der Dauerhaftigkeitsklasse (DC) 1 – 3 gemäss SN EN 350 [7] eingesetzt werden. Von den einheimischen bzw. europäischen Hölzern sind dies Eiche (2 - 4), Edelkastanie (2), Robine (1-2), sowie ev. Lärche (3-4) und Douglasie (3-4), wobei sich die Dauerhaftigkeitsklasse bei allen Hölzern immer nur auf das Kernholz bezieht.

3.3 Brandschutz

Werden bei Bauten mittlerer Höhe ($H_G \geq 11 \text{ m}$, $\leq 30 \text{ m}$) brennbare Bauprodukte als Aussenwandbekleidungen eingesetzt, muss eine Brandausbreitung über mehr als 2 Geschosse über der Brandetage über die Fassade verhindert werden. Zudem ist der Einsatz von Holz auf Fassaden begrenzt, bei welchen der Zugänglichkeit der Feuerwehr gewährleistet ist. Es sind grundsätzlich VKF anerkannte Systeme einzusetzen [VKF Brandschutzrichtlinie 2017 [8]; Lignum-Dokumentation Brandschutz - Publikation 7.1 [9]. Brandschutzmassnahmen in der Fassade lassen sich sehr gut mit konstruktiven Schutzmassnahmen kombinieren (Abb. 6).

3.4 Unbehandelte Holzfassaden

Holzfassaden ohne Oberflächenbehandlungen sind möglich. Die natürliche Dauerhaftigkeit bestimmter Holzarten ermöglicht den Einsatz ohne Schädigungsrisiko. Unbehandelte Fassaden weisen jedoch (in den Augen der Bauherrschaft) oft ästhetische Mängel auf, da im Aussenbereich die originale Holzfarbe langfristig nicht erhalten bleibt. UV-Strahlung verursacht beim Auftreffen auf die Holzoberfläche photooxidative Prozesse, wodurch vor allem Lignin abgebaut wird. Durch die braunen Abbauprodukte des Lignins dunkelt die Holzoberfläche in der Folge deutlich nach. Wird die Oberfläche direkt bewittert (Regen), können diese braunen Abbauprodukte des Lignins leicht ausgewaschen werden, und es entsteht eine silbergraue Oberfläche. In den meisten Gebieten wird die bewitterte Oberfläche gleichzeitig von Mikroorganismen besiedelt, damit kommt es zur bekannten, dunklen Vergrauung der Holzoberfläche. Die Funktionalität der Bauteile wird dadurch nicht beeinflusst.

In Bezug auf das Vergrauen verhalten sich alle Holzarten in etwa gleich. Eine wichtige Einflussgrösse beim Vergrauen ist das Mikro- oder regionale Klima. Eine Holzfassade im (oft nebligen) Mittelland wird sich anders verhalten als eine im alpinen und meist nebelfreien Raum (Engadin, Wallis, usw.). Im Mittelland sind die Bedingungen für die Mikroorganismen deutlich besser als in den «trockenen» Alpenregionen. In ausgesprochen starken Nebelregionen ist sogar ein Befall durch Schimmelpilze möglich.

Unregelmässiges Vergrauen könnte durch eine gleichmässige Bewitterung verhindert werden. Diese ist jedoch eine theoretische Option, da jeder Überstand (zum Beispiel bei Fensterbänken oder Brandschürzen; Abb. 7) zu unregelmässiger Bewitterung führt. Zudem können besonders bei hohen Gebäuden auch lokal Windwirbel dazu führen, dass Teile einer Fassade ungleichmässig nass werden und somit unregelmässig vergrauen.

Imprägnierungen (farblos) und hydrophobierende (wasserabstoßende) Anstriche können das Vergrauen wohl etwas verzögern, lösen das Problem aber langfristig nicht (fehlende Pigmentierung bei farblosen Behandlungssystemen).



Abb. 7 Einfluss der (unregelmässigen) Bewitterung auf das Vergrauen bei Holzfassaden; Mehrfamilienhaus Steinhausen; Scheitlin Syfrig Architekten, Luzern (Baujahr 2006; Fotos 2012; HP. Kolb; links: Süd-West-Fassade, rechts: Nord-Ost-Fassade)

3.5 Behandelte Holzfassaden

Ist das erwähnte unregelmässige Vergrauen unerwünscht, können verschiedene Schutzmassnahmen ergriffen werden. Einige Möglichkeiten werden nachfolgend kurz erläutert. Vertiefende Informationen sind in der entsprechenden Fachliteratur zu finden [1], [2], [3].

3.5.1 Vorvergrauen

Eine mögliche Methode, um eine farblich homogenere Fassade zu erhalten, ist das Vorvergrauen. Unter Vorvergrauen werden Anstriche oder Methoden verstanden, die einer Fassaden-Holzoberflächen eine mehr oder weniger einheitliche, graue verwitterungsähnliche Verfärbungen geben. Damit kann der natürliche Veränderungsprozess der Fassade vorweggenommen werden. Auch ermöglicht eine Vorvergrauung auf allen vier Fassadenseiten/Himmelsrichtungen eine einheitliche Verfärbung der Holzoberfläche. Diese Aussage bezieht sich vor allem auf die ersten Jahre nach der Montage, bevor dann im Laufe der Jahre die natürliche Verfärbung und Patinierung der Holzoberflächen überwiegen soll.

Natürliche Vorverwitterung und Verwitterungslasuren haben keine Schutzfunktion und müssen aus technischer Sicht nicht instandgehalten werden. Filmbildende Farbsysteme wie Dünnschichtlasuren in grauer Farbe haben hingegen auch eine Schutzfunktion und müssen entsprechend unterhalten werden.

3.5.2 Oberflächenbehandlungen

Die Oberflächenbehandlung (Abb. 8) schützt die Bauteiloberfläche gegen Beanspruchungen der Witterung (Feuchte, Sonneneinstrahlung) sowie gegen grosse Feuchtigkeitsverlagerungen (Dampfdiffusion). Guter baulicher Schutz und eine fachgerechte Detailkonstruktion erhöhen die Lebensdauer der Oberflächenbehandlung und senken damit den Unterhaltsaufwand. Diese Schutzaufgabe wird umso wichtiger, je masshaltiger ein Bauteil sein muss. Fassadenverkleidungen sind je nach Anstrichsystem diesbezüglich weniger empfindlich. Oberflächenbehandlungen von Fassadenschalungen, insbesondere filmbildende Beschichtungen, sollten nur durch erfahrene Unternehmer wie z.B. durch Hobelwerke gemäss Angaben des Farbherstellers werkseitig auftragen werden. Die Oberflächenbehandlungen sind zur Gewährleistung der Funktion und Dauerhaftigkeit regelmässig zu kontrollieren und instand zu halten.

Oberflächenbehandlung werden idealerweise im Werk des Schalungslieferanten auf allen 6 Seiten (also inklusive Stirnseite) appliziert. Dies betrifft insbesondere die Grundierung und mindestens ein Anstrich mit der entsprechenden Lasur. Bearbeitungen (sägen, hobeln usw.) auf der Baustelle sind nach Möglichkeit zu vermeiden oder nach Angaben der Farbsystemlieferanten nachbehandelt werden. Eine letzte Schicht und allenfalls ein hydrophobierender Anstrich (z.B. Aquastop) kann auf der Baustelle appliziert werden. Damit in allen Bereichen eine ausreichende Schichtdicke aufgetragen werden kann, sind scharfe Kanten zu vermeiden (Abrundung der Kante mit einem Radius von ca. 2 mm).



Abb. 8 *Holzfassade mit Oberflächenbehandlung (komplette Applizierung im Werk)
Überbauung Grünmatt, Zürich; Graber Pulver Architekten AG; Zürich*

3.5.3 Druckimprägnierung mit Farbgebung

Soll eine Holzfassade auch nach Jahren der Bewitterung ein möglichst einheitliches Farbbild abgeben kann eine chemische Behandlung (Druckimprägnierung mit wasserbasierten Salzlösungen) und eine nachträglich aufgebracht Farbbehandlung mit einer nichtfilmbildenden Beschichtung eine mögliche Strategie sein (Abb.9).

Die Druckimprägnierung steigert zudem die Dauerhaftigkeit von Holz gegen Insekten- und Pilzbefall. Dem Imprägnierprozess kann eine Farbgebung beigegeben werden. Aufgrund von unterschiedlichem Saugverhalten des Holzes kann jedoch die Farbintensität von Brett zu Brett variieren. Eine Druckimprägnierung lässt sich auch mit anderen Farbsystemen kombinieren (z.B. nicht filmbildende Öllasuren). Allfällige Schnittflächen auf der Baustelle sollten vermieden oder nach Angaben des Farbsystemlieferanten nachbehandelt werden.

Druckimprägnierungen sind nicht filmbildend und gelten als unterhaltsarm (aber nicht unterhaltsfrei). Es ist zu beachten, dass die zusätzlich aufgebracht Farbbehandlung nach einer gewissen Zeit eine Auffrischung braucht (je nach Exposition 15 - 12 Jahre).



Abb. 9 *Holzfassade mit Druckimprägnierung und verschiedenen Farben (Öllasuren); Wohnüberbauung Weidmatt, Lausen; Diener & Diener Architekten, Basel (Behandlung: Kesseldruckimprägniert mit Farbton braun bzw. farblos; 2 x Lasur impra®lan; Bildquelle: Makiol Wiederkehr AG)*

4 KONSTRUKTIVE SCHUTZMASSNAHMEN

Mit konstruktiven Schutzmaßnahmen kann eine länger anhaltende Durchfeuchtung verhindert und eine rasche Austrocknung gewährleistet werden. Der Schutz vor Befeuchtung (Bewitterung) kann durch architektonische bzw. konzeptionelle Maßnahmen erfolgen. Detailkonstruktiven Maßnahmen können die negativen Folgen der Bewitterung reduzieren (rascher Wasserabfluss, schnelles Austrocknen) und sollten unabhängig von unterstützenden Schutzmassnahmen bei der Planung von Holzfassaden berücksichtigt werden.

4.1 Gestalterische oder konzeptionelle Schutzmaßnahmen

Zu diesen Maßnahmen gehören:

- Berücksichtigen der Hauptwetterrichtung bei der Wahl der Bauweise und der baulichen Gestaltung (Wahl einer sinnvollen Art der Aussenwandbekleidung)
- Schutz von Holzbauteilen im Aussenbereich mit gestalterischem Element (z.B. Vor- und Klebdächer, permanente Verschattungen, Brandschutzmassnahmen usw., Abb. 10)
- Abstimmung des Fassadentyps (Richtung, Profil) auf die möglichen Maßnahmen des Witterungsschutzes
- Vermeiden von direktem Kontakt mit feuchten Bauteilen und mit dem Erdboden (insbesondere Rückprallwasser) durch situationsgerechte Massnahmen (z.B.: Bodenabstand, Gitterroste; Abb. 10, 11 und 13)
- Besondere Schutzmassnahmen für empfindliche Bauteile (wie Fenster und Türen) an wetterbeanspruchten Fassaden
- Bewusstes Einbauen von Verschleisschichten in feuchtekritischen Bereichen



Abb. 10 Sockelausbildung mit genügend Abstand im Spritzwasserbereich; Brandschutzmassnahme als Witterungsschutz

Abb. 11 Sockelausbildung mit Gitterrost im Spritzwasserbereich

4.2 Detailkonstruktive Maßnahmen

Zu diesen Maßnahmen gehören:

- Klare Definition der wasserführenden Schichten (Abb. 12 - 14)
- Niederschlagswasser durch geeignete Detailausbildung in der Fassade sofort abzuführen
- Eindringen von Wasser in Konstruktionsfugen und Hirnholz verhindern (Abb. 10)
- Grössere horizontale Flächen vermeiden oder im Gefälle anordnen (Abb. 10)
- Frei bewitterte, grosse Holzquerschnitte vermeiden (Rissbildung)
- Ecken, Winkel, Nuten und Stösse, die schlecht austrocknen können, vermeiden
- Ausreichende Abstände zwischen liegenden Bauteilen (z.B. Fensterbänke; Brandschutzmassnahmen im Geschoss) und Hirnholz (mind. 20 mm)
- Erhöhte Feuchteempfindlichkeit von Holzwerkstoffen, insbesondere den Kanten, beachten.
- Holzbauteile an den Kontaktstellen zu Bauteilen mit erhöhter Feuchtigkeit schützen; Sperrschichten einbauen, besonders bei aufsteigender Feuchtigkeit
- Die bauphysikalische Eignung der wasserführenden Schicht überprüfen (Kondensat zwischen Wärmedämmung bzw. Konstruktion und wasserführender Schicht).
- Systematische Kontrollen zur Sicherstellung der einwandfreien Ausführung durchführen, insbesondere jener Arbeiten, die später nicht mehr zugänglich sind (Dämmungen, Dichtungen)
- Bei Holzfassaden mit hohem Fugenteil (Abb. 2, 4, 10 und 14) sind folgende Punkte speziell zu beachten:
- Die wasserführende Schicht (Fassadenbahn; Dämmschutzschicht) muss bei allen Anschlüssen, insbesondere bei Fensterbänken, Sockelanschlüssen und anderen horizontalen Übergängen dicht angeschlossen werden, um das eindringende Wasser restlos abzuführen (idealerweise erfolgt dies durch eine „Überlappung“ der An- bzw. Abschlussbleche durch die wasserführende Schicht (Abb. 14)

- Die Unterkonstruktion (Hinterlüftungslattung) muss so ausgebildet werden, dass der Wasserabfluss nicht behindert wird (z.B. durch horizontale Lattungen) und keine dauerhafte Anreicherung von Wasser möglich ist.
- Der Hinterlüftungshohlraum muss mindestens 40 mm tief sein (Vorgabe Norm SIA 232-2 [10])
- Die Fassadenbahn muss dauerhaft UV-beständig sein und je nach Größe der Fugen mechanischen Einflüssen standhalten können.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Bei (Holz)Bauten werden neben den technischen und bauphysikalischen Aufgaben (Energieeffizienz, sommerlicher Wärmeschutz, Witterungs- und Brandschutz) sehr hohe Anforderungen an die Gestaltung und die Ausführungsqualität an die Aussenwandbekleidung gestellt. Die Tendenzen in der Holzarchitektur (geradlinige Strukturen, wenig oder gar keine Vordächer) verstärken die Herausforderung, da die Fassaden vermehrt der Witterung ausgesetzt werden.

Die Holzbaubranche argumentiert gerne damit, besonders ökologisch und nachhaltig zu bauen. Gerade bei der Verwendung von Holz für Fassaden ist dieses Argument oft zu hören. Holz ist aber ein natürlicher Baustoff, der ungeschützt (vor Feuchte) eine beschränkte Lebensdauer aufweist. Erst mit einem dauerhaft wirksamen Schutz vor Witterung und den daraus resultierenden biologischen Folgeerscheinungen, werden Holz-Aussenwandbekleidungen wirklich nachhaltig.

Qualitätssicherung während des ganzen Bauprozesses ist ein wesentlicher Schritt auf dem Weg zu guten Holzfassaden. Säulen der Qualitätssicherung sind:

- Einsatz von gut ausgebildetem Personal für die Planung und die Ausführung
- Ausführliche und kompetente Beratung der Bauherrschaft bereits in der Entwurfsphase
- Sorgfältige Planung von konzeptionellen, architektonischen und detailkonstruktiven Schutzmaßnahmen (bei grossen Objekten lohnt sich das Erstellen eines Mockups)
- Fachgerechte Materialauswahl (Holzart und Holzqualität abgestimmt auf die jeweilige Gefährdungssituation bzw. Gebrauchsklasse)
- Korrekte Ausschreibung und Materialbestellung
- Durchführen von Kontrollen (Materiallieferung: Holzfeuchte, Holzqualität) und Schlussabnahmen
- Ausarbeitung und Abgabe einer Anleitung zuhanden der Bauherrschaft für Unterhalt und Pflege (Unterhaltskonzept)
- Periodische Kontrolle durch Fachpersonen (Wartungsvertrag)

6 LITERATURHINWEISE

- [1] Lignatec 8/1999: Fassadenverkleidungen aus Holz (1999), Lignum Zürich
- [2] Lignatec 35/2023: Holzschutz im Bauwesen (2023), Lignum Zürich
- [3] K. P. Schober et al: Fassaden aus Holz, Wien (2018), proHolz Austria
- [4] Informationsdienst Holz: Fachregeln des Zimmererhandwerks - Aussenwandbekleidungen aus Holz (2023); Fördergesellschaft Holzbau und Ausbau MBH Berlin
- [5] Informationsdienst Holz: Regeldetailkatalog - Planungshilfe Aussenwandbekleidungen (2020); Fördergesellschaft Holzbau und Ausbau MBH Berlin
- [6] SN EN 335:2013 (SIA 265.131). Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten - Gebrauchsklassen: Definition, Anwendung bei Vollholz und Holzprodukten (2013), SIA Zürich
- [7] SN EN 350:2016 (SUA 265.230). Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten (2016), SIA Zürich
- [8] Vereinigung kantonaler Gebäudeversicherer (VKF): Brandschutzrichtlinie 14-15, Verwendung von Baustoffen (2017), VKF Bern
- [9] Lignum-Dokumentation Brandschutz: Publikation 7.1 Aussenwände - Konstruktion und Bekleidung (2017), Lignum Zürich
- [10] Norm SIA 232: Hinterlüftete Bekleidungen von Aussenwänden (2011), SIA Zürich

7 ANHANG

Beispiele Regeldetails (Lignatec 35/2023; Holzschutz im Bauwesen [2])

Abbildung 20

Beispiel Fassade.

1 Aussenwand mit hinterlüfteter Fassadenbekleidung und Fassadenbahn als zweite wasserführende Ebene.
Horizontale Unterteilung der Fassade mit einer Schürze aus Holz.



Abb. 12: Detail Fassade (horizontale Unterteilung als konstruktive Schutzmassnahme und Brandschutzmassnahme pro Geschoss [2])

Abbildung 21

Beispiel Fenster.

1 Seitenschnitt der Brüstung mit Anschluss der Fassadenbahn an das Fenster zum Schutz der Aussenwand gegen eindringendes Wasser aus der ersten wasserführenden Ebene.

2 Aussenwand mit Fensterbrüstung und -laibung. Anschluss der Fassadenbahn an das Fenster als zweite wasserführende Ebene.

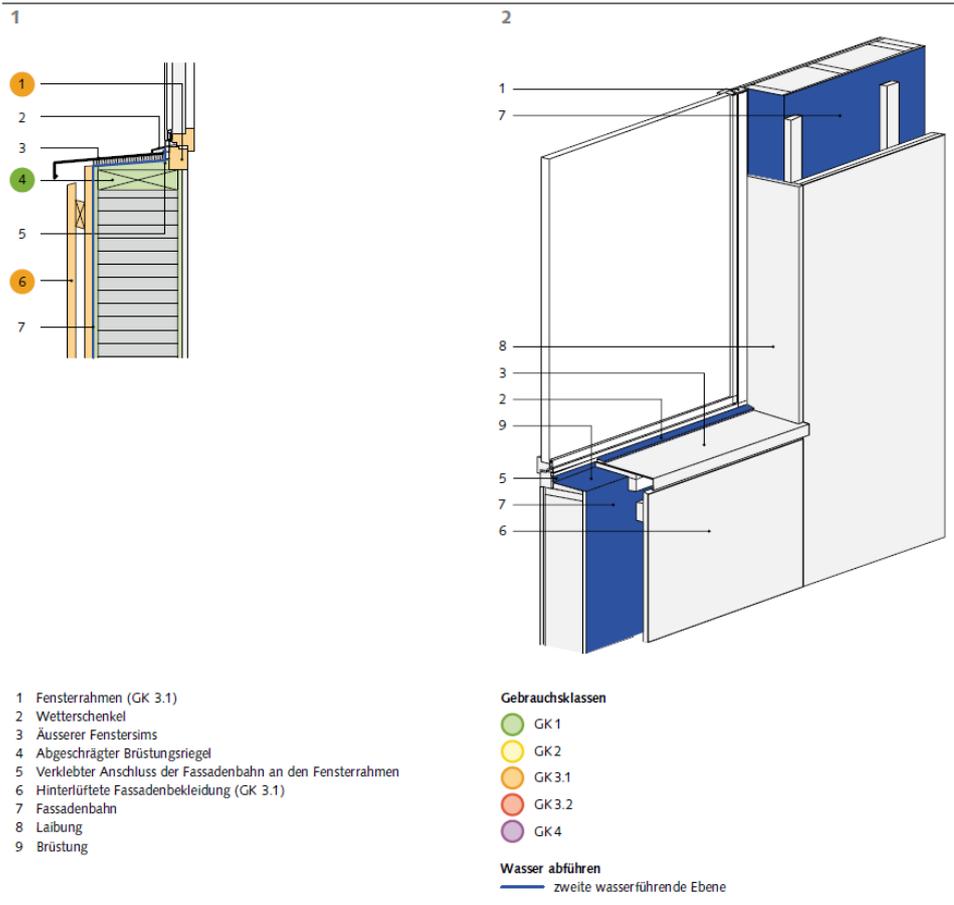


Abb. 12 Anschlussdetail bewittertes Fenster [2]

Abbildung 22
 Beispiel bewitterter Sockelbereich.
 1 Bewitterter Sockelbereich mit Rundkies auf der Aufprallfläche.
 2 Bewitterter Sockelbereich mit Gitterrost und Hohlraum.

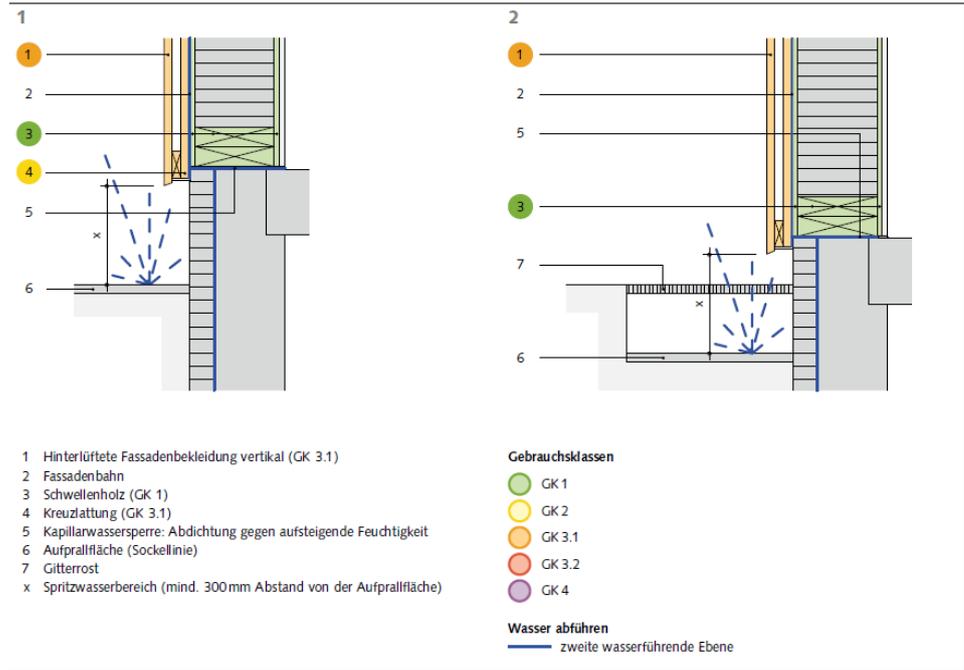


Abb. 13 Anschlussdetail bewitterter Sockelbereich [2]

Brennbare (Bau-)Stoffe an der Fassade – Alte und neue Herausforderungen

Reinhard Wiederkehr

Makiol Wiederkehr AG | Ingenieure Holzbau Brandschutz | Beinwil am See



Wohnen am Schaffhauser Rheinweg, Basel, jessenvollenweider

1 EINLEITUNG

Die Holz-Aussenbekleidungen erleben in den vergangenen 20 bis 30 Jahren eine Renaissance und werden vermehrt angewendet. Die brandschutztechnische Bewilligungspraxis hat sich in den letzten Jahrzehnten in der Schweiz und in Europa als Folge von intensiver Forschungs- und Entwicklungsarbeit verändert bzw. Vorschriften wurden angepasst und Fachliteratur weiterentwickelt.

Die Schweizerischen VKF-Brandschutzvorschriften [1] halten heute fest, dass Holzfassaden bei Gebäuden mittlerer Höhe (maximale Gebäudehöhe 30 m) mit entsprechenden konstruktiven Massnahmen und unter Einhaltung der vorgegebenen Schutzziele möglich sind.

Die Erkenntnisse für die Holz-Aussenwandbekleidungen sind das Resultat einer Hauptschwerpunktes zu Fassaden als Teil des *holz21/Lignum* Projektes «Brandsicherheit und Holzbau» während den Jahren 2000 bis 2005.

Die Erkenntnisse dieses F+E-Projektes sind in der Lignum-Dokumentation Brandschutz, Publikation «7.1 Aussenwände Konstruktion und Bekleidungen» [7] für die praktische Anwendung aufgearbeitet und gelten als von der Brandschutzbehörde anerkannter Stand-der-Technik.

Heute stellt sich die Frage, welche Erkenntnisse aus diesem F+E Projekt sich auf andere brennbare Materialien an der Gebäudehülle (z.B. Begrünung, Photovoltaik, Beschattungseinrichtungen, Bekleidungen, welche nicht aus Holz sind) und/oder auf Hochhäuser übertragen lassen.

2 BRANDSCHUTZVORSCHRIFTEN FÜR DIE AUSSENWAND

Die brandschutztechnischen Anforderungen an Aussenwandkonstruktionen sind in der VKF-Brandschutzrichtlinie «Verwendung von Baustoffen» [1] folgendermassen festgehalten und in der Lignum-Dokumentation Brandschutz [5,6 und 7] entsprechend zitiert und ergänzt (Abb. 1 und Kapitel 2.1.1 bis 2.1.3):

231-1		Gebäude geringer Höhe				Gebäude mittlerer Höhe				Hochhäuser			
Gebäudehöhenkategorie		Klassifiziertes System ⁴⁾	Aussenwandbekleidung	Wärmedämmschicht, Zwischenschicht ³⁾	Lichtbänder	Klassifiziertes System ⁴⁾	Aussenwandbekleidung	Wärmedämmschicht, Zwischenschicht ³⁾	Lichtbänder	Klassifiziertes System ⁴⁾	Aussenwandbekleidung	Wärmedämmschicht, Zwischenschicht ³⁾	Lichtbänder
Nutzung	Konzept												
Beherbergungsbetriebe [a]	Baulich		cr				cr ²⁾						
	Löschanlage		cr				cr						
Übrige Nutzungen	Baulich	cr ¹⁾	cr	cr		cr ¹⁾²⁾	cr ²⁾	cr					
	Löschanlage	cr ¹⁾	cr	cr		cr ¹⁾	cr	cr					

1) Raumseitige Abdeckung gemäss Kapitel 2.4

2) In VKF-anerkannten oder gleichwertigen Konstruktionen sind Baustoffe der RF3 (cr) zulässig.

3) Fassadenbahnen, Perimeterdämmungen gegenüber Erdreich und Sockeldämmungen bis 1,0m über fertigem Terrain dürfen aus Baustoffen der RF3 (cr) bestehen. Sockeldämmungen aus Baustoffen RF3 (cr) sind auf Balkonen und Terrassen im Spritzwasserbereich zulässig (max. Höhe ab Schutz- oder Nutzsicht 0,25m). Fassadenbahnen, Perimeter- und Sockeldämmungen müssen für die Festlegung der Anforderungen aufgrund Kapitel 2.3.2 und 2.4 nicht berücksichtigt werden.

4) Hinweise zu «Klassifiziertes System» im Kapitel 10, Glossar

RF1
Brandverhaltensgruppe der Baustoffe ohne Brandbeitrag

RF2
Brandverhaltensgruppe der Baustoffe mit geringem Brandbeitrag

RF3
Brandverhaltensgruppe der Baustoffe mit zulässigem Brandbeitrag

cr
Baustoffe mit «kritischem Verhalten» sind anwendbar.

Abb. 1 Anforderungen an das Brandverhalten von Aussenwandbekleidungssystemen (Lignum Dokumentation Brandschutz, 7.1 Aussenwände – Konstruktion und Bekleidung)

2.1 Aussenwandbekleidungssysteme aus Holz

In der Abbildung 1 ist die Anwendung von Holz bei Aussenwandbekleidungssystemen im Rahmen eines Standardkonzeptes geregelt. Unter Voraussetzung der Einhaltung der notwendigen Schutzabstände ergeben sich in Abhängigkeit von der Gebäudehöhe folgende Einsatzgebiete für Aussenwandbekleidungssysteme aus Holz.

2.1.1 Gebäude geringer Höhe

Bei Gebäuden geringer Höhe ist der Einsatz von Holz-Aussenwandbekleidungssystemen möglich. Nutzungsbedingte Einschränkungen gelten einzig bei Beherbergungsbetrieben [a] (z.B. Krankenhäuser, Alters- und Pflegeheime) für den Einbau von brennbaren Dämmungen und Zwischenschichten im Bereich des Aussenwandbekleidungssystems (Abb. 1).

2.1.2 Gebäude mittlerer Höhe

Bei Gebäuden mittlerer Höhe ist der Einsatz von Holz-Aussenwandbekleidungssystemen unter Einhaltung der Angaben in der vorliegenden Publikation als VKF-anerkannte Konstruktion möglich. Nutzungsbedingte Einschränkungen gelten einzig bei Beherbergungsbetrieben [a] (z.B. Krankenhäuser, Alters- und Pflegeheime) für den Einbau von brennbaren Dämmungen und Zwischenschichten im Bereich des Aussenwandbekleidungssystems (Abb. 1).

In der VKF-Brandschutzrichtlinie «Verwendung von Baustoffen» [1] wird bei der Verwendung von brennbaren Bauprodukten das Schutzziel folgendermassen definiert:

Brennbare Aussenwandbekleidungen und/oder Wärmedämmungen sind konstruktiv so zu unterteilen, dass sich ein Brand an der Aussenwand vor dem Löschangriff durch die Feuerwehr um nicht mehr als zwei Geschosse oberhalb des Brandgeschosses ausbreiten kann.

Hinterlüftete Fassaden an Gebäuden mittlerer Höhe müssen mit einer von der VKF anerkannten oder gleichwertigen Konstruktion ausgeführt werden, wenn die Aussenwandbekleidungen und/oder im Hinterlüftungsbereich Dämmstoffe bzw. flächige Schichten aus brennbaren Baustoffen bestehen.

Wärmedämm-Verbundsysteme von Gebäuden mittlerer Höhe, deren Dämmstoffe aus brennbaren Materialien bestehen, müssen mit einer von der VKF anerkannten oder gleichwertigen Konstruktion ausgeführt werden oder in jedem Geschoss einen umlaufenden Brandriegel aus Baustoffen der RF1 (Schmelztemperatur $\geq 1000^{\circ}\text{C}$) mit einer minimalen Höhe von 0,2m aufweisen.

In der VKF-Brandschutzrichtlinie «Verwendung von Baustoffen» [1] wird bei der Verwendung von brennbaren Bauprodukten die Zugänglichkeit der Feuerwehr für den Löscheinsatz folgendermassen gefordert:

Werden für Aussenwandbekleidungen und/oder Wärmedämmungen brennbare Bauprodukte verwendet, muss die Zugänglichkeit für die Feuerwehr für den Löscheinsatz (z.B. Druckleitungen, mobiler Wasserwerfer) an die jeweiligen Fassadenflächen gewährleistet sein.

Im Anhang der VKF-Brandschutzrichtlinie «Verwendung von Baustoffen» [1] wird diese Zugänglichkeit für die Feuerwehr mit Möglichkeiten präzisiert.

Die Zugänglichkeit der Feuerwehr für den Löscheinsatz an der jeweiligen Fassade gilt als gewährleistet, wenn:

- a) die jeweilige Fassade mittels Druckleitungen und/oder mobilen Wasserwerfern vollständig bestriichen werden kann oder
- b) die jeweilige Fassade mit Hubrettungsfahrzeugen von der Aufstellfläche von aussen aus erreicht werden kann oder
- c) die Aussenwand der jeweiligen Fassade mit Feuerwiderstand EI30 ausgebildet ist, so dass ein Brand im Innern des Gebäudes nicht auf die Fassade übergreifen kann.

Die umfangreichen Brandversuche zur Grundlagenermittlung der Lignum Dokumentation Brandschutz, «Publikation 7.1 Aussenwände – Konstruktion und Bekleidung» [7] (Kap. 1.3) zeigten, dass bei Aussenwandbekleidungssystemen in Holz beim Löscheinsatz keine Probleme auftraten. Im Einvernehmen mit der Brandschutzbehörde kann ein Einsatzkonzept der Feuerwehr festgelegt werden, bei dem der Löscheinsatz für die Holz-Aussenwandbekleidung als Folge eines Innenangriffes der Feuerwehr gewährleistet wird. Der Löscheinsatz kann z.B. von einem Balkon oder aus einem Fenster in der Nähe des Brandraumes erfolgen. Eine Zugänglichkeit nur von aussen ist somit für die Feuerwehr nicht zwingend für jede Fassadenfläche notwendig.

2.1.3 Hochhäuser

Aussenwand und Aussenwandbekleidungssystem von Hochhäusern müssen aus Baustoffen der RF1 bestehen. Ausgenommen sind Kunststoffdübel und punktuelle Rückverankerungen von Wärmedämmungen sowie die gemäss VKF-BSR 14-15 Ziffer 2 Absatz 7 [1] definierten flächenmässig nicht relevanten Bauteile.

Aussenwände aus Einzelschichten, welche brennbare Baustoffe enthalten, werden als Ganzes der RF1 zugeordnet, sofern sie allseitig K60-RF1 gekapselt sind. Zwischenräume sind mit Baustoffen der RF1 hohlraumfrei zu füllen.

Die Anforderungen an den Konstruktionsaufbau von Bauteilen RF1 mit Holzanteilen und Brandschutzbekleidungen (Klassifizierung K60-RF1) sind in der Lignum-Dokumentation Brandschutz, Publikation «Bauteile in Holz – Decken, Wände und Bekleidungen mit Feuerwiderstand» definiert. Anschlüsse und Fugenausbildungen für Bauteile RF1 mit Holzanteilen sind in der Lignum- Dokumentation Brandschutz, Publikation «Bauteile in Holz – Anschlüsse bei Bauteilen mit Feuerwiderstand» dargestellt.

Bei Hochhäusern ist der Einsatz von Holz-Aussenwandbekleidungen im Rahmen von Standardkonzepten nicht möglich, da für die Aussenwand und das Aussenwandbekleidungs-system Baustoffe der RF1 gefordert werden (Abb. 1).

3 NACHWEIS FÜR BRENNBARE AUSSENWANDBEKLEIDUNGSSYSTEME

Die VKF-Brandschutzvorschriften [1] regeln in der VKF-Brandschutzrichtlinie «Verwendung von Baustoffen» die Brandsicherheit von Aussenwandkonstruktionen basierend auf dem Brandverhalten einzelner Schichten. In der Abbildung 1 sind die Anforderungen an das Brandverhalten (Brandverhaltensgruppen) für die bei Aussenwandbekleidungs-systemen zur Anwendung zulässigen Baustoffe festgehalten.

3.1 Gebäude mittlerer Höhe

In Kapitel 2.1.2 sind Rahmenbedingungen beschrieben, die den Einsatz von brennbaren Aussenwandbekleidungs-systemen bei Gebäuden mittlerer Höhe ermöglichen. Die erwähnten Brandschutzmassnahmen sind aber nicht detailliert definiert.

Das Brandverhalten von Aussenwandbekleidungs-systemen kann ebenfalls mit der Prüfung des Gesamtsystems einer Aussenwand im Rahmen von Originalbrandversuchen [3] erfolgen (Systemnachweis, Abb. 2).

233-1

Brandsichere Fassaden

Nachweis über Brandverhalten einzelner Schichten
Tabelle 231-1

Gebäudehöhenkategorie		Gebäude geringer Höhe			Gebäude mittlerer Höhe			Hochhäuser					
		Massifiziertes System ^o	Aussenwandbekleidung	Wärmedämm-schicht, Zwischenschicht ^o	Leichtbinder	Massifiziertes System ^o	Aussenwandbekleidung	Wärmedämm-schicht, Zwischenschicht ^o	Leichtbinder	Massifiziertes System ^o	Aussenwandbekleidung	Wärmedämm-schicht, Zwischenschicht ^o	Leichtbinder
Nutzung	Konzept												
	Baulich												
Beherbergungsbetriebe [a]	Löschanlage		cr	cr			cr ¹⁾						
	Baulich	cr ¹⁾	cr	cr		cr ¹⁾	cr ¹⁾	cr					
Übrige Nutzungen	Löschanlage	cr ¹⁾	cr	cr		cr ¹⁾	cr	cr					

Systemnachweis
Originalbrandversuche

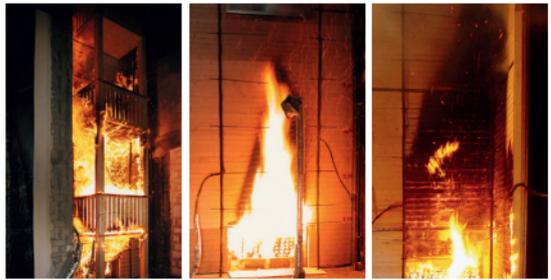


Abb. 2 Brandschutztechnische Nachweisverfahren für Aussenwände (Lignum Dokumentation Brandschutz, 7.1 Aussenwände – Konstruktion und Bekleidung)

Die VKF erteilt für geprüfte Aussenwandbekleidungssysteme Anerkennungen und publiziert diese im VKF-Brandschutzregister, Registergruppe 162 [2]. VKF-anerkannte Aussenwandbekleidungssysteme können auch in einem Stand-der-Technik-Papier [7, 11] festgehalten werden.

Prüfungen mit Originalbrandversuchen [3] haben den Vorteil, dass der Einfluss von brennbaren Baustoffen auf das Brandverhalten der Gesamtkonstruktion realitätsnah untersucht wird. Die Wirksamkeit von Brandschutzmassnahmen kann demzufolge ebenfalls mit Originalbrandversuchen nachgewiesen werden.

Im Rahmen eines umfassenden Versuchsprogrammes wurden der Einsatz von Holz bei Aussenwandbekleidungen und die Wirksamkeit von konstruktiven Brandschutzmassnahmen untersucht. Die Erkenntnisse, Grundlagen und Ausführungsgrundsätze für die anwendungstechnische Umsetzung eines Systemnachweises aufgrund von Originalbrandversuchen nach Abbildung 3 sind in der vorliegenden Lignum Dokumentation Brandschutz, «7.1 Aussenwände – Konstruktion und Bekleidung» [7] festgehalten.

3.2 Hochhäuser

Photovoltaikanlagen und Gebäudebegrünungen rücken insbesondere im urbanen Ballungsraum immer mehr in den Fokus der Architektur. Neben den Hausdächern werden diese aus brennbaren Baustoffen/Materialien bestehenden Systeme zukünftig vermehrt an Fassaden verbaut, mit dem Ziel einer Anwendung auch an Hochhausfassaden.

Die heutigen VKF-Brandschutzvorschriften 2015 [1] sind sehr stark massnahmenorientiert. In der VKF-BSN 1-15 sind zwar die grundlegenden Schutzziele definiert, für die einzelnen Massnahmen fehlen die Schutzziele aber beinahe vollständig. So auch für die Aussenwandkonstruktion bei Hochhäusern. Gemäss Kapitel 2.1.3 müssen Aussenwand und Aussenwandbekleidungssysteme von Hochhäusern aus Baustoffen der RF1 bestehen.

Die Technische Kommission Brandschutz der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (TKB-VKF) hat am 12.09.2023 als Grundlage für die Rahmenbedingungen von Nachweisverfahren zur Anwendung von brennbaren Bestandteilen von Aussenwandbekleidungen (z.B. Begrünungen, Photovoltaik, Beschattungseinrichtungen) nachstehendes Schutzziel definiert [4]. Die Brandschutzbehörde kann basierend auf den Vorgaben von Art. 11 oder 12 der VKF-Brandschutznorm somit objektbezogen im Einzelfall an Hochhäusern, ergänzend zu den in Kapitel 2.1.3 festgehaltenen präskriptiven Vorgaben, Aussenwandbekleidungen mit brennbaren Anteilen bewilligen unter der Voraussetzung, dass die Schutzzielvorgaben eingehalten (nachgewiesen) werden.

3.2.1 Schutzziel Brandüberschlag

Bei einem Brand darf es vor dem Löschangriff der Feuerwehr nicht zu einer Brandübertragung über die Aussenwand über mehr als zwei Geschosse oberhalb der Brandetage kommen (Schutzgut: Personenschutz).

3.2.2 Schutzziel Aussenwandbekleidungssystem

Ein Brand im Bereich des Aussenwandbekleidungssystems darf sich nach der Entzündung des Aussenwandbekleidungssystems in vertikaler Richtung nur bis zur nächsten Geschossebene selbstständig ausbreiten (Schutzgut: Gebäudeschutz und Personenschutz).

Die Funktion des vertikalen Fluchtwegs darf nicht beeinträchtigt werden (Schutzgut: Personenschutz). Das Aussenwandbekleidungssystem ist so zu konstruieren, dass die Feuerwehr keine Intervention von aussen vornehmen muss (Schutzgut: Gebäudeschutz).

4 BRANDSZENARIEN

Grundsätzlich kann eine Fassade durch folgende vier Brandszenarien beansprucht werden:

- Brandübertrag von einem benachbarten Gebäude;
- Brand ausserhalb des Gebäudes an einer Fassade, z.B. Brand eines Autos, Müll-Containers oder auf einem Balkon;
- Brand durch Aktivierung in oder an der Fassade, z.B. Leuchtreklame oder PV-Anlage;
- Brand innerhalb des Gebäudes in einem an die Aussenwand grenzenden Raum mit mindestens einer Öffnung in der Aussenwand.

Die Eintretenswahrscheinlichkeit der einzelnen Szenarien kann heute nur abgeschätzt werden. Für eine verlässliche Aussage fehlen Schadensdaten und Erfahrung. Das Schadensausmass für die Fassade ist bei einem Brand aus einem Raum mit geöffneten oder zerstörten Fenstern am grössten. Das vierte Szenario ergibt somit die höchste thermische Belastung für die Fassade und wird deshalb als Grundlage verwendet und in Kapitel 5 ausführlicher beschrieben.

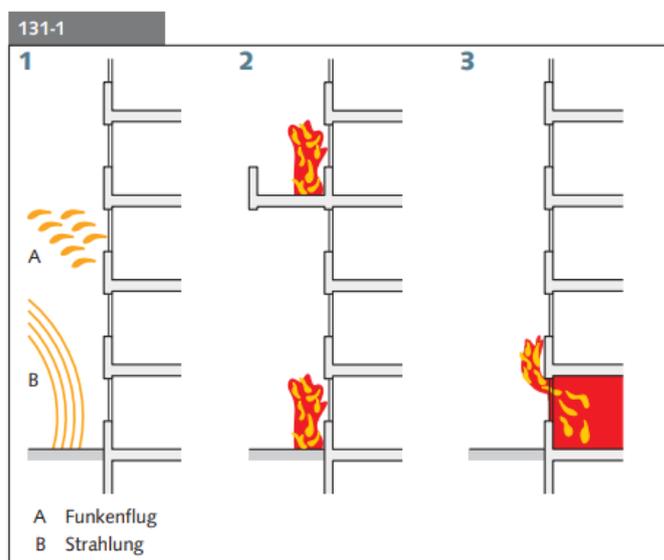


Abb. 3 Brandszenarien an der Aussenwand
 1 Brand eines benachbarten Gebäudes
 2 Brand ausserhalb des Gebäudes
 3 Brand innerhalb des Gebäudes in einem an die Aussenwand angrenzenden Raum
 (Lignum Dokumentation Brandschutz, 7.1 Aussenwände – Konstruktion und Bekleidung)

5 BRANDAUSBREITUNG

Der fachliche Inhalt dieses Kapitels 5 stammt aus den Grundlegendokumenten [4, 8 und 9] und wurde für diesen Tagungsbeitrag auszugsweise zusammengefasst.

Die Brandausbreitung ist ein physikalischer Vorgang und somit unabhängig davon, ob sich der Raum in einem Gebäude geringer Höhe, mittlerer Höhe oder in einem Hochhaus befindet. Die thermische Beanspruchung der Fassade wird hinsichtlich Dauer und Intensität vergleichbar sein.

5.1 Erkenntnisse aus realen Bränden und Brandversuchen

Die Punkte beziehen sich auf das Brandszenario mit einem Brand innerhalb des Gebäudes in einem an die Aussenwand grenzenden Raum mit mindestens einer Öffnung (Abb. 3). Es sind nur die wichtigsten Erkenntnisse aus verschiedenen Brandversuchen und realen Bränden aufgeführt.

1. Ein Flammenaustritt durch eine Aussenwandöffnung auf die Fassade findet erst nach der Durchzündung des Raumes („flash-over“) mit dem Übergang zum Vollbrand statt. Teilweise unverbrannte Pyrolysegase treten aus dem Brandraum aus, mischen sich mit Frischluft (Sauerstoff) und verbrennen vor der Fassade. Vor der Durchzündung austretende Heissgase führen lediglich zu einer Erwärmung der Fassade.
2. Der Zeitpunkt des „flash-over“ und damit der Beginn des Vollbrandes ist wesentlich von der Art der Brandbelastung (mobile und/oder immobile Brandbelastung) sowie den Ventilationsbedingungen abhängig. Der „flash-over“ kann nur bei hinreichender Ventilation (offene Innentür oder Fenster) innert 7 bis 20 Minuten nach der Brandentstehung im Rauminnern eintreten. Bei grösserer Raumgeometrie verzögert sich dieser Zeitpunkt.
3. Die thermische Beanspruchung durch Flammen (Temperatur $\geq 540^{\circ}\text{C}$) an der Fassade nach dem „flash-over“ dauert bei einem Raum mit mittlerer Brandbelastung ($500 - 1000 \text{ MJ/m}^2$) 10 bis 15 Minuten. Danach kommt es zum Rückgang der Brandintensität und aus dem Fenster treten keine Flammen mehr aus. Nach dieser Zeit ist die im Raum befindliche Brandlast weitgehend verbrannt (Gesamtbranddauer 20 bis 35 Minuten). Die Intensität der Brandbeanspruchung auf die Fassade hängt weitgehend von der Sauerstoffzufuhr ab (ventilationsgesteuerter Brand). Eine höhere Brandbelastung (mobil und/oder immobil) führt nicht zu einem intensiveren Brand oder einer höheren Flammenlänge, sondern zu einer längeren Branddauer.
4. Die Längen der sichtbaren Flammen vor der Fassade betragen in der Vollbrandphase zwischen 2 m und 4 m (gemessen vom Fenstersturz). Durchschnittlich stellt sich bei einem Flammenaustritt aus einem normalen Fenster eine Flammenlänge von 3 m ein. Kurzzeitig sind Flammenlängen bis zu 6 m möglich.
5. Eine Brandweiterleitung von der Brandetage in das darüber liegende Geschoss kann infolge der Flammenlänge bei übereinanderliegenden Aussenwandöffnungen in endlicher Zeit (15 – 20 Minuten) auch bei vollständiger nichtbrennbarer Aussenwand erfolgen, da der Feuerüberschlagsweg, das heisst die Entfernung bis zur nächsten Fensteröffnung, in der Regel nur 1.0 m bis 1.5 m beträgt.
6. Die bauliche Massnahme bei einem Hochhaus gemäss VKF-BSR 15-15 Anhang zu Ziffer 3.7.13 mit einer mindestens 0.9 m hohen Brüstung mit 30 Minuten Feuerwiderstand, wird eine Brandweiterleitung in das obenliegende Geschoss nicht verhindern, sondern höchstens verzögern.
7. Als vorbeugende Massnahmen zur Verhinderung des Flammensprungs von Etage zu Etage sind nur geeignet:
 - a. Feuerwiderstandsfähige Aussenwände ohne oder mit feuerwiderstandsfähigen Öffnungen;
 - b. Horizontale Auskragungen mit Feuerwiderstand zwischen allen Geschossen mit mindestens 1 m Tiefe;
 - c. Um mindestens 1 m zurückgesetzte, pyramidale Bebauung;
 - d. Vertikale Brüstungen mit Feuerwiderstand und mindestens 4 m Höhe (nur Fenster alle zwei Etagen);
 - e. Partieller Sprinklerschutz im Fassadenbereich oder Sprinklervollschutz im Gebäude.
8. Aus experimentellen Ergebnissen ist bekannt, dass sich die seitliche Ausbreitung des Brandes (links und rechts der Brandausbruchsstelle) langsamer vollzieht als in vertikaler Richtung (Faktor ca. 1:10). Für die weitere Betrachtung spielt deshalb die horizontale Brandausbreitung eine untergeordnete Rolle.

5.2 Brandausbreitung bei einem Aussenwandbekleidungssystem RF1

Aus den in Kapitel 5.1 getroffenen Aussagen ergibt sich, dass eine «Lochfassade» mit übereinanderliegenden Öffnungen am kritischsten ist. Aus den Erkenntnissen lassen sich die im Folgenden beschriebenen Fälle mit geschlossenen und offenen Fenstern als Referenzszenario für den Brandverlauf an der Aussenwand ableiten. Die angegebenen Zeiten sind dabei als durchschnittliche Richtwerte zu verstehen. Bedingung ist eine hinreichende Ventilation. Erfahrungen aus realen Brandfällen belegen, dass sich die angesetzten Zeiten je länger der Brand dauert eher verkürzen. Ohne Eingriff der Feuerwehr und ohne automatische Löschanlage wiederholt sich die Brandweiterleitung in beiden Fällen von Geschoss zu Geschoss bis zum obersten Geschoss.

5.2.1 Brandverlauf mit geschlossenen Fenstern

Beim Fall mit geschlossenen Fenstern ist mit der Zerstörung der Glasfensterscheiben frühestens nach einer Branddauer von 7 bis 15 Minuten zu rechnen. Nach weiteren 10 Minuten werden die Glasflächen des darüber liegenden Fensters zerstört, sodass Flammen in den dahinter liegenden Raum im ersten Geschoss über dem Brandraum eindringen. Der Brand breitet sich somit über die Aussenwand (ab dem ersten Geschoss über dem Brandraum) von Etage zu Etage bei geschlossenen Fenstern mit einer Verzögerung von rund 25 Minuten aus.

5.2.2 Brandverlauf mit offenen Fenstern

Bei offenen Fenstern treten nach einer Branddauer von 7 bis 15 Minuten die Flammen aus dem Fenster. Bereits nach weiteren 2 Minuten dringen die Flammen durch das offene Fenster in den Raum im ersten Geschoss über dem Brandraum ein. Der Brand breitet sich somit (ab dem ersten Geschoss über dem Brandraum) von Etage zu Etage bei offenstehenden Fenstern mit einer Verzögerung von rund 17 Minuten aus. Diese Brandsituation kann sich verschärfen, da bei Flammenlängen bis zu 6 m ein direkter Flammenübersprung in das zweite, darüber liegende Geschoss möglich ist.

6 BRANDVERSUCHE MIT HOLZ-AUSSENWANDBEKLEIDUNGSSYSTEMEN

Das Versuchsprogramm der Originalbrandversuche an der MFPA in Leipzig und der Naturbrandversuche in Merkers wurde so festgelegt, dass möglichst viele der konstruktiven und gestalterischen Varianten der Fassadentypen sowie der Holzbaumöglichkeiten abgedeckt sind.

Eine Serie von B2-Prüfungen gemäss DIN 4102-1 (Kleinbrennertest) dient als Ergänzung zu den Original- und Naturbrandversuchen, für die Abklärung des Einflusses eines unterschiedlichen Brandverhaltens von Holzarten und Beschichtungssystemen.

6.1 Originalbrandversuche an der MFPA in Leipzig (D)

Auf der Basis der Ergebnisse der Kalibrierungsversuche wurde an der MFPA Leipzig ein Fassadenprüfstand errichtet. Die Wand des Versuchsstandes besteht aus Kalksandstein. Auf diesem Untergrund wurde zur Erleichterung der Montage der Holzschalungen und zur Simulation einer Holz aussenwandkonstruktion eine massive Holzplatte mit 60 mm Dicke befestigt, die wiederum mit einer 15 mm dicken, nichtbrennbaren Fermacell HD-Platte beplankt wurde. Der Versuchsstand hat eine Gesamthöhe von 8,30 m und erlaubt damit die Bewertung der Brandausbreitung über 4 Geschosse. Insgesamt wurden im Programm 33 Originalbrandversuche durchgeführt.

Auf den Grundlagen dieser Versuchsreihe wurden die Prüfbestimmung für Aussenwandbekleidungs-systeme der VKF [3] entwickelt. Diese Prüfbestimmung gilt heute als eine Voraussetzung für ein VKF- anerkanntes Aussenwandbekleidungs-system mit brennbaren Anteilen.

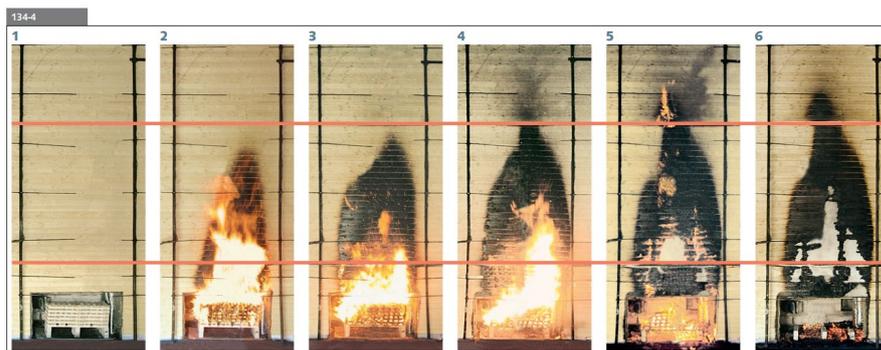


Abb. 4 Brandverlauf von Versuch V4

1 vor Versuch

2 Prüfminute 5

3 Prüfminute 10

4 Prüfminute 15

5 Prüfminute 20 (Löschen)

6 nach Versuch

— horizontale Brandschutzmassnahme

(Lignum Dokumentation Brandschutz, 7.1 Aussenwände – Konstruktion und Bekleidung)

6.2 Naturbrandversuche («Full Scale») in Merkers (D)

Die Naturbrandversuche wurden in einem, zum Abriss bestimmten Wohngebäude in Beton-Plattenbauweise in Merkers (Thüringen) durchgeführt. Das viergeschossige, 14,5 m hohe Gebäude hat eine Länge von 40,2 m und eine Breite von 10,0 m.

Die Versuche hatten das Ziel, die Ergebnisse der originalmassstäblichen Brandversuche in der Prüfhalle der MFPA Leipzig bei Anwendung praxisüblicher Brandlasten und Brandszenarien unter natürlichen Witterungsbedingungen an einem realen Gebäude zu validieren. Untersucht wurde das Brandverhalten mehrgeschossiger, vollflächig applizierter Holzschalungen bei einer Brandbeanspruchung von aussen am Fassadensockel und einer Brandbeanspruchung von innen durch einen Raumbrand (Raum mit geöffnetem Fenster angrenzend an die Fassade). In einem weiteren Versuch wurde die mögliche Beeinflussung des Brandverhaltens einer Holzschalung durch Holzbalkone untersucht.

Die Längsfassade wurde in drei gleichgrosse Bereiche mit einer Länge von jeweils 13,4 m geteilt und vom Boden bis zum Dachrand (4 ½ Geschosse) über eine Höhe von 13,7 m mit unterschiedlichen Holzschalungen bekleidet. Zusätzlich erfolgte die vollständige Bekleidung eines Giebels, vor den fünf übereinander liegende Holzbalkone montiert werden.



Abb. 5 Naturbrandversuche an einem Gebäude

134-5 Holzaussenwandbekleidung vor der Durchführung der Naturbrandversuche

134-6 Schadenbild nach der Durchführung der Naturbrandversuche

(Lignum Dokumentation Brandschutz, 7.1 Aussenwände – Konstruktion und Bekleidung)

7 BEURTEILUNG DER EINFLUSSPARAMETER

Die vertieften Grundlagenstudien und die Erkenntnisse aus den Brandversuchen mit Holz-Aussenwandbekleidungen ergeben die wichtigsten Einflussparameter wie Fassadentyp, Art der Bekleidung, Anordnung der Schalung, Unterkonstruktion, Balkone.

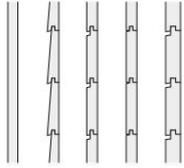
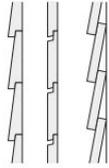
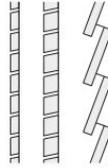
Einflussparameter	Beurteilung des Brandverhaltens		
	Optimal	Gut	Kritisch
Fassadentyp	<p>Fensterbandfassade</p>  <p>Durchlaufende Bekleidung aus Baustoffen der RF1</p> 	<p>Lochfassade</p>  	<p>Verwinkelte Geometrien</p>  <p>Brennbare Doppelebenen – z. B. Holzschiebeläden</p> 
Art der Bekleidung	<p>Flächige Holzwerkstoffe – Platten</p> <p>Formschlüssige Bekleidung – Nut/Feder-Schalung</p>   	<p>Kraftschlüssige Bekleidung – Profil mit Winkelfalz – Überfälzte Schalung – Deckelschalung</p>   	<p>Offene Bekleidung – Leistenschalung – Offene Stülpchalung</p>   

Abb. 6 Beurteilung des Brandverhaltens für die Einflussparameter Fassadentyp und Art der Bekleidung
(Lignum Dokumentation Brandschutz, 7.1 Aussenwände – Konstruktion und Bekleidung)

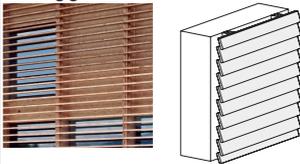
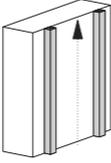
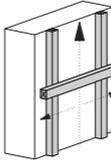
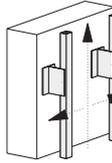
Einflussparameter	Beurteilung des Brandverhaltens		
	Optimal	Gut	Kritisch
Anordnung der Bekleidung	Horizontal 	Vertikal 	Mehrlagig oder kreuzweise 
Unterkonstruktion, Hinterlüftungshohlraum	Einlagig vertikal - Geringer Hinterlüftungshohlraum - Gute Parzellierung der Hinterlüftung - Flammenausdehnung in der Breite gering 	Kreuzlattung - Grosser Hinterlüftungshohlraum - Keine Parzellierung der Hinterlüftung - Erhöhte Flammenausbreitung in Hinterlüftung 	Konsole oder punktuelle Befestigung - Grosser Hinterlüftungshohlraum - Keine Parzellierung der Hinterlüftung - Freie Flammenausbreitung in Hinterlüftung 
Balkon	Geländer und Untersicht aus Baustoffen der RF1 	Geländer aus Baustoffen der RF1, Untersicht brennbar 	Alle Oberflächen in Holz - z. B. Boden, Geländer, Rückwand 
		Geländer brennbar, Untersicht aus Baustoffen der RF1 	

Abb. 7 Beurteilung des Brandverhaltens für die Einflussparameter Anordnung der Beplankung, Unterkonstruktion, Balkon (Lignum Dokumentation Brandschutz, 7.1 Aussenwände – Konstruktion und Bekleidung)

Die Umsetzung für die praktische Anwendung der Versuchsergebnisse sind für Holz-Aussenwandbekleidungen in der Lignum Dokumentation Brandschutz, «Publikation 7.1 Aussenwände – Konstruktion und Bekleidung» [7] festgehalten. In der Schweiz gilt diese Publikation als von der VKF brandschutztechnisch anerkanntes Stand-der-Technik-Papier.



Abb. 8 Lignum Dokumentation Brandschutz, Publikation 7.1 Aussenwände – Konstruktion und Bekleidung [7]

8 ÜBERTRAGBARKEIT DER ERKENNTNISSE

Die Auslegeordnung in den Kapiteln 3, 4 und 5 des vorliegenden Tagungsbeitrages ist grundsätzlich materialneutral und gilt für die meisten brennbaren Baustoffe.

Die Erkenntnisse aus den umfassenden Brandversuchen mit Aussenwandbekleidungen aus Holz und Holzwerkstoffen (Kapitel 6 und 7) lassen sich nicht ohne weiteres auf andere brennbare Materialien übertragen.

Originalbrandversuche sind immer gesamtheitliche Systemnachweise (Abb. 2) mit entsprechenden Systemgrenzen. Systemnachweise beurteilen nicht nur die Brennbarkeit eines Materials, sondern die gesamte Konstruktion des Aussenwandbekleidungs-systems.

In der Schweiz liegen heute umfassende Brandschutz-Kenntnisse für Aussenwandbekleidungs-systeme aus Holz [7] und verputzte Aussenwärmmedämmungen [11] vor. Für diese Konstruktionsweisen gibt es entsprechende von der VKF-anerkannte Stand-der-Technik-Papiere. Einzelne, konstruktive Brandschutzmassnahmen aus diesen beiden Systemen können auch bei anderen Materialien die Brandsicherheit verbessern (z.B. horizontale Schürze mit einer Wärmebeständigkeit über 1'000° C bei jedem Geschoss).

Ob mit einer einzelnen Massnahme innerhalb eines Systems, welches aus diversen anderen Materialien besteht, die definierten Schutzziele (Kapitel 2.1.2 und 3.2) jedoch erreicht werden, lässt sich ohne fundierte Auseinandersetzung mit der Thematik und ohne experimentelle Nachweise kaum nachweisen.

Für die heute aktuellen Diskussionen in Bezug auf das Brandverhalten an der Fassade von Photovoltaik, Begrünung, Beschattung, hinterlüftete Fassaden mit anderen, brennbaren Bekleidungs-materialien als Holz können die Erkenntnisse aus den Versuchen mit den Holz-Aussenwandbekleidungen hilfreich sein. Es lassen sich aber keine «einfachen Patentrezepte» übertragen.

Da einzelne Fassadenmaterialien unterschiedliche Konstruktionsweisen erfordern (eine Photovoltaik-Anlage ist kaum vergleichbar mit einer Fassadenbegrünung), sind die brandschutztechnische korrekten Antworten je nach Situation unterschiedlich.

Interessant werden Fragestellungen, wenn mehrere, unterschiedliche brennbare Fassadenmaterialien mit- und/oder nebeneinander an einer Fassade montiert werden sollen. Es ist ja vorstellbar, dass vor eine Holz-Aussenwandbekleidung eine Photovoltaikanlage und/oder eine Begrünung montiert wird. Wie sich solche mehrschichtige, brennbare Konstruktionselemente in der Fassade brandschutztechnisch beeinflussen, wurde bis heute noch kaum untersucht bzw. publiziert.

8.1 Holzschindeln

Das Brandverhalten von Holzschindeln wurde als Grundlage für die Lignum-Dokumentation Brandschutz weder in Original- noch in Naturbrandversuchen geprüft. Erforderliche Brandschutzmassnahmen für Aussenwandbekleidungen aus Holzschindeln bei Gebäuden mittlerer Höhe sind in der Publikation «7.1 Aussenwände – Konstruktion und Bekleidung» [7] nicht dokumentiert.

Entsprechen die minimalen Querschnittsabmessungen und Fugenausbildungen von schindelartigen Aussenwandbekleidungen nicht den Vorgaben der Tabellen 721-3 oder 721-4 in der Publikation «7.1 Aussenwände – Konstruktion und Bekleidung» [7], sind die Brandschutzmassnahmen objektbezogen mit der Brandschutzbehörde festzulegen.

Es gibt heute diverse gebaute Beispiele, bei denen im Einvernehmen mit der Brandschutzbehörde objektbezogen Brandversuche durchgeführt wurden. Basierend auf solchen Versuchen wurden auf der Grundlage von Artikel 11 der VKF-Brandschutznorm [1] eine Brandschutzbewilligung erteilt.

9 ZUSAMMENFASSUNG

In der Schweiz liegen heute umfassende Brandschutz-Kenntnisse für Aussenwandbekleidungs-systeme aus Holz und verputzte Aussenwärmeeämmungen vor. Für diese Konstruktionsweisen gibt es entsprechende von der VKF-anerkannte «Stand-der-Technik-Papiere» [7, 11]. Einzelne, konstruktive Brand-schutzmassnahmen aus diesen beiden Systemen können auch bei anderen Materialien die Brandsi-cherheit verbessern (z.B. horizontale Schürze mit einer Wärmebeständigkeit über 1'000° C bei jedem Geschoss).

Die durchgeführten Versuche zeigten eindeutig, dass einzig die Brennbarkeit (Entflammbarkeit) als eine Baustoffeigenschaft einer Holz-Aussenwandbekleidung nicht das massgebende Kriterium bezüglich des Brandverhaltens von Holz an der Aussenwand ist. Der grösste Einfluss bezüglich einer möglichen Brandweiterleitung an der Aussenwand resultiert aus der Konstruktion des Aussenwand-bekleidungs-systems.

Ob mit einer einzelnen Massnahme innerhalb eines Systems, welches aus diversen anderen Materialien besteht, die definierten Schutzziele jedoch erreicht werden, lässt sich ohne fundierte Auseinanderset-zung mit der Thematik und ohne experimentelle Nachweise kaum nachweisen.

Interessant werden Fragestellungen, wenn mehrere, unterschiedliche brennbare Fassadenmaterialien mit- und/oder nebeneinander an einer Fassade montiert werden. Es ist vorstellbar, dass vor eine Holz-Aussenwandbekleidung eine Photovoltaikanlage und/oder eine Begrünung montiert wird. Wie sich sol-che mehrschichtige, brennbare Konstruktionselemente in der Fassade brandschutztechnisch beeinflus-sen, wurde bis heute noch kaum untersucht bzw. publiziert.

Mit der Definition von klaren Angaben zum Schutzziel bei der Montage von brennbaren Bestandteilen an Fassaden von Hochhäusern [4] entstehen interessante Möglichkeiten und Herausforderungen für die zukünftige Anwendung. Engagierte und innovative F+E-Projekte aufbauend auf dem bekannten Fachwissen sind in diesem Zusammenhang gefragt.

10 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Schweizerische VKF-Brandschutzvorschriften, 2015, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF, Bern. Online: www.bsvonline.ch
- [2] Schweizerisches VKF-Brandschutzregister, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen, Bern. Online: www.bsvonline.ch
- [3] Prüfbestimmung für Aussenwandbekleidungssysteme, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF, Bern. Online: www.bsvonline.ch
- [4] Aussenwandbekleidungssysteme - Schutzziele und Rahmenbedingungen für Hochhäuser, und zugehöriges Grundlagendokument, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF, Bern. Online: www.bsvonline.ch
- [5] Lignum-Dokumentation Brandschutz, 1.1 Bauten in Holz – Brandschutzanforderungen, Lignum, Zürich
- [6] Lignum-Dokumentation Brandschutz, 1.2 Bauten in Holz – Verwendung von Baustoffen, Lignum, Zürich
- [7] Lignum-Dokumentation Brandschutz, 7.1 Aussenwände – Konstruktion und Bekleidungen, Lignum, Zürich
- [8] Grundsatzpapier für Rahmenbedingungen von Originalbrandversuchen, Projektgruppe Brandschutz bei Holzfassaden, interner Bericht zuhanden der VKF, Lignum, 2003 (unveröffentlicht), Zürich
- [9] Kotthoff I.: Prinzipien zur Überprüfung des Brandverhaltens von Holzaussenwandverkleidungen im originalmassstäblichen Versuchsaufbau, interner Bericht zuhanden der VKF, Lignum, 2003 (unveröffentlicht), Zürich
- [10] Kotthoff I.: Endbericht des Forschungsvorhabens (F 1998-30 DGfH) (4.117 DIBt), Brandverhalten und Brandweiterleitung unterschiedlicher Balkonkonstruktionen aus Holz und Holzwerkstoffen bei mehrgeschossigen Fassaden, 2003, MFPA, Leipzig
- [11] Brandschutzmassnahmen für verputzte Aussenwärmedämmungen (VAWD), EPS-Verband Schweiz, 2018, Küssnacht. Online: www.epsschweiz.ch

Strukturierte Fassaden aus Holz – Herausforderungen und Lösungsansätze

Richard Jussel
Blumer-Lehmann AG

1 EINLEITUNG

In der Entstehungsgeschichte von strukturierten 3D-Fassaden liegt oft die Einzigartigkeit, die Architektur des Gebäudes und die Wiedererkennung des Ortes oder des Firmensitzes zugrunde. Im Fall des Säntisparks sollte die Rückseite des Hotels jedoch zu einer Frontansicht des Innenhofs sowie des bestehenden Hotels werden, um einen spannenden Blickwinkel zu schaffen. Beim Urbachturm bilden die Gestaltung des Turms und der Fassade eine Einheit. Er wurde zum Leuchtturm der Remstal-Gartenschau.

2 BILAYER-HOLZ / URBACHTURM

Der Turm Urbach ist weltweit die erste bauliche Anwendung einer tragenden Holzkonstruktion aus selbstformend hergestellten Holzbauteilen. Er ist als Station der Gemeinde Urbach im Rahmen der Remstal Gartenschau 2019 zu besichtigen.

Das Tragwerk des Urbachturms besteht aus einer schalenförmig gebogenen mehrlagigen Platte. Um den Schutz dieser Platte sicherzustellen, wurde eine ca. 20 mm dicke Lärchenschalung direkt aufgebracht. Im Stossbereich wurde eine Hinterlage eingelegt. Eine Hinterlüftung der Aussenhaut hätte zu starken Abzeichnungen der Latten geführt und die Kontrolle von Luft und Wasser erschwert. Die dünne Verschalung trocknet immer wieder schnell ab.



Abb. *Der Urbachturm mit seiner 20mm dicken Lärchenschalung. / www.blumer-lehmann.com/urbach-tower*

3 DIVERSE FASSADENPROJEKTE

Der Campingplatz Seehorn befindet sich am Bodensee, am Wiedehorn in Egnach. Bei der Entwicklung der Anlage mit dem neuen Restaurant Seehuus und der Suche nach Erkennungsmerkmalen entstand die Idee, die Fassadengestaltung mit dem Ort Wiedehorn zu verbinden. So wurde die erste Weidenfassade in der Schweiz geschaffen. Das Material wurde aus vier Ländern zusammengetragen, um die zweigeschossige Fassade zu flechten.

Bee-Family, das Schweizer Bienenschutzprojekt, erhielt an seinem Standort in Frasnacht am Bodensee ein neues Wahrzeichen: ein aussergewöhnliches Bienenhaus ganz aus Holz. Bei einem Bienenhaus bedarf die Sechseckform keine Erklärung. Auch die extra angefertigten Holzschindeln der Fassade und die Eingänge für die Bienen widerspiegeln die sechseckige Wabenform.



Abb. Die sechseckige Wabenform des Bienenhauses wiederholt sich in den Holzschindeln der Fassade. / www.blumer-lehmann.com/bienenhaus

Es gibt grossartige Ideen und hervorragende Bilder bei den Lattenfassaden. Ehrliche und gute Beispiele, aber leider auch andere, bei denen Gebäude mit erheblichen Emissionen gebaut wurden und dann einfach eine Holzfassade hinzugefügt wird, um von den guten Eigenschaften und dem Image des Holzes zu profitieren.

Schindelfassaden sind hoch im Kurs und bewähren sich weiterhin. Um die Fassade noch interessanter zu gestalten, wird mit der Verlegeanordnung gespielt, was interessante Formen entstehen lässt. Die Grundregeln müssen jedoch trotzdem eingehalten werden.



Abb. *Mit Schindeln können interessante Fassadengestaltungen vorgenommen werden.*

Nach den Plänen von Stauer & Hasler Architekten entsteht am Schwendisee oberhalb von Unterwasser das Klanghaus, ein musikalisches und architektonisches Zentrum für Naturtonmusik.

Es weist eine spezielle Grundrissform und eine gerundete Untersicht auf. Die Dreidimensionalität der Fassade erfordert eine Verlegemethode für die Schindeln, die derzeit noch in Arbeit ist. Es wird eines der spannendsten Gebäude mit einer Schindelfassade werden. Den Alterungsprozess dieser Fassade zu begleiten, wird spannend und wird Eindrücke hinterlassen.



Abb. *Der Holzbau mit Schindelschirm besteht aus Toggenburger Holz. / www.blumer-lehmann.com/klanghaus*

Der Heilbronner Zukunftspark Wohlgelegen erhält einen kubischen Neubau in Holzbauweise für Startups und andere hochinnovative Nutzer. Aussergewöhnlich an der Innovationsfabrik 2.0 ist insbesondere die Aussenfassade aus auffälligen V-Streben. Sie verleihen dem Gebäude einerseits die geforderte ikonografische Gestalt und machen die ressourcenschonende Bauweise weithin sichtbar. Andererseits entsteht durch die locker wirkende Fassadengestaltung eine Offenheit, die zum Charakter der Innovationsfabrik passt. Beim Neubau für die Innovationsfabrik 2.0 in Heilbronn hat es die Architektur verstanden, das Holz, und damit die Fassade, zu schützen. Nicht bei jedem Entwurf wird dem Holzschutz genügend Gewicht beigemessen. Tragende Holzkonstruktionen als Fassaden müssen konsequent geschützt werden.



Abb. *Heilbronn mit sichtbarem Tragwerk hinter Glas. / www.blumer-lehmann.com/innovationsfabrik-heilbronn*

Aussenwandkonstruktionen in Holz – Ein Erfahrungsbericht

Ivan Brühwiler
B3 Kolb AG, Romanshorn

1 EINLEITUNG

Das Bauteil «Aussenwand» als Teil der Gebäudehülle ist wohl eines der Bauteile mit den vielfältigsten Einflüssen und Anforderungen. Dies führt zu vielen Schnittstellen zwischen verschiedenen beteiligten Parteien, die es zu koordinieren gilt, damit optimale und wirtschaftliche Aussenwandkonstruktionen entworfen und realisiert werden können.

Die Praxis zeigt, dass die Auslegung und Beurteilung von Aussenwandkonstruktionen stark von den beteiligten Parteien abhängig ist, obwohl die Anforderungen dieselben sind. Hier ist künftig eine einheitlichere Beurteilung und Auslegung bzw. eine gewisse Standardisierung in der Praxis anzu-streben.

Nachfolgend werden die Anforderungen an Aussenwandkonstruktionen aufgezeigt. Es erfolgt eine Einordnung und Bewertung in die Bau- und Bauteilsysteme sowie die Bauteilgliederung, ergänzt mit erläuternden Beispielen. Abschliessend werden die aktuellen Herausforderungen aus Sicht des Verfassers aufgezeigt und daraus ein Fazit gezogen.

2 ANFORDERUNGEN

Der Entwurf einer Aussenwandkonstruktion ist eine komplexe Aufgabe, welche nicht Einzelwissen, sondern das Erkennen von Zusammenhängen in einem Feld wechselnder Beziehungen zwischen verschiedenen Anforderungen verlangt (Abb. 1). Bereits in der Entwurfsphase gilt es ein Konstruktions-konzept zu entwickeln, welches die verschiedenen Anforderungen optimal erfüllt.



Abb. 18 Anforderungen an Aussenwandkonstruktionen ([1] modifiziert)

3 BAU- UND BAUTEILSYSTEME

3.1 Bausysteme

Für die gegenwärtig verwendeten Bausysteme im Holzbau wie Rahmenbau, Skelettbau, Massivholzbau und Raummodulbau stehen unterschiedliche Bauteilsysteme der Aussenwandkonstruktion zur Auswahl. In der Praxis werden die Bausysteme häufig so kombiniert, dass die Anforderungen an die Bauteile mit den spezifischen Eigenschaften des jeweiligen Bauteilsystems optimal erfüllt werden können.

Ergänzend zu den reinen Holzbausystemen ist in Bezug auf die Aussenwandkonstruktionen die Hybridbauweise von Bedeutung. Dabei werden unter Hybridbauten Gebäude in Massivbauweise mit Decken aus Stahlbeton verstanden, welche durch eine Gebäudehülle in Holzbauweise ergänzt werden. Sowohl bei reinen Holzbauten als auch bei Hybridbauten können die Aussenwände tragend oder nicht tragend ausgebildet werden, wobei tragende Aussenwände bei Hybridbauten eher von untergeordneter Bedeutung sind (Abb. 2).



Abb. 19 Einordnung Aussenwandkonstruktionen nach Bausystemen

Durch den Einsatz von Aussenwandkonstruktionen bei Hybridbauten ergab sich die Möglichkeit, Holzbauteile auch bei Gebäuden zu verwenden, für welche gemäss früheren Brandschutzvorschriften keine Holzanwendung bei tragenden und brandabschnittsbildenden Bauteilen möglich war. Damit konnte der Holzbau durch die energetischen und ökologischen Vorteile von Aussenwänden in Holzbauweise Einzug in weitere Gebäudetypologien finden und das Holzbauvolumen vergrössert werden. Dieses Bausystem wurde und wird in unterschiedlichen Ausprägungen umgesetzt, z.B. in Bezug auf den Bauablauf (Aussenwände nachträglich oder vorgängig montiert) oder der Art der Elementierung und Auflagerung (Elemente geschosshoch oder über mehrere Geschosse durchlaufend). Abb. 3 zeigt ein Beispiel einer vorgängig montierten, nicht tragenden Aussenwandkonstruktion, welche als seitliche Abschalung für die Ortbetondecke genutzt wurde. Die Entwicklung dieser Vorgehensweise erfolgte aufgrund einer anspruchsvollen Fassadengeometrie, bei welcher eine nachträgliche Montage den Rückbau und Wiederaufbau des Fassadengerüsts zur Folge gehabt hätte. Aufgrund der langen freien Bewitterung ist ein erhöhter Aufwand für den Elementschutz erforderlich, weshalb sich dieser Bauablauf für standardmässige Fassaden nicht durchsetzen konnte.



Abb. 20 Vorgängig montierte, nicht tragende Aussenwandkonstruktion (anspruchsvolle Fassadengeometrie)

Eher nachteilig wirkt sich die Hybridbauweise in Bezug auf Toleranzen, den Bauablauf sowie die vielen Anschlüsse infolge zweier verschiedener Bauweisen aus. Mit den heutigen Anwendungsmöglichkeiten des Holzbau über fast alle Nutzungen und Gebäudegeometrien hinweg hat dieses Bausystem an Attraktivität verloren und wird aus Sicht des Verfassers in Frage gestellt.

3.2 Bauteilsysteme

Für den heutigen Holzbau sind für Aussenwandkonstruktionen die Bauteilsysteme «Beplankte Systeme» und «Massivholzsysteme» von Bedeutung (Abb. 4). Beide Systeme werden in der Praxis in einer grossen Vielfalt an Aufbauten umgesetzt.

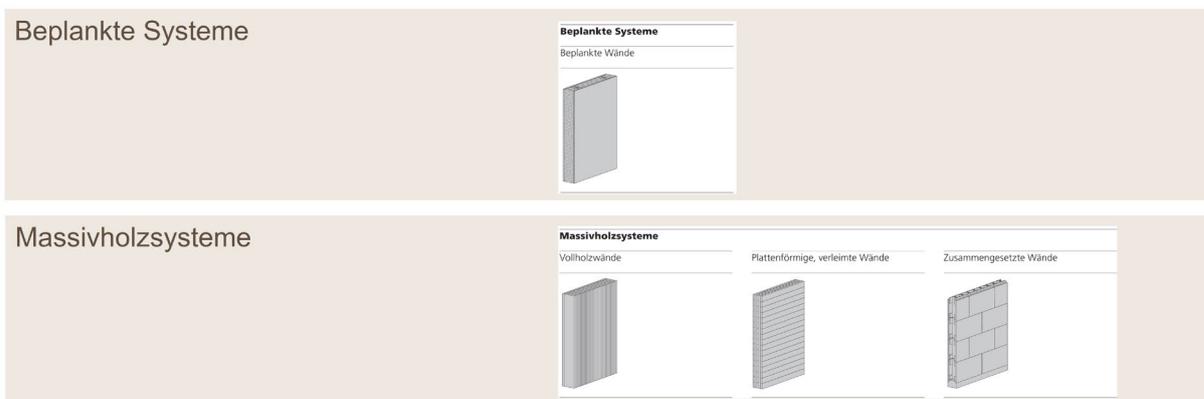


Abb. 21 Einordnung Aussenwandkonstruktionen nach Bauteilsystemen [2]

Für Aussenwandkonstruktionen findet die Holzrahmenbauweise in der Schweiz mit Abstand die breiteste Anwendung, gefolgt von der Brettsperrholzbauweise. Vollholzwände und zusammengesetzte Wände bzw. produktspezifische Wände sind gemessen am gesamten Holzbauvolumen eher von untergeordneter Bedeutung. Die beiden Systeme weisen unterschiedliche Eigenschaften auf, deren Vor- und Nachteile in Abb. 5 beschrieben sind.

	Vorteile	Nachteile
Bepunktete Systeme (Holzrahmenbauweise)	<ul style="list-style-type: none"> Mit einer Wandstärke kann optimal auf unterschiedliche Anforderungen reagiert werden Optimierter/minimierter Holzeinsatz Variantevielfalt bez. Dämmung, Bepunktung, Aufbau Wertschöpfung Holzbaubetrieb 	<ul style="list-style-type: none"> Systemtrennung/Rückbaubarkeit
Massivholzsysteme (Brettsperrholz)	<ul style="list-style-type: none"> Einfaches System, Philosophie wie bei Massivbau möglich (Tragwerk/aussenliegende Dämmung) Systemtrennung/Rückbaubarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> Viel Materialeinsatz (Auslegung auf massgebendes Element) Wenig Wertschöpfung im Holzbaubetrieb Tendenziell mehr Bauarbeit

Abb. 22 Vor- und Nachteile von Aussenwandkonstruktionen in Holzrahmen- und Brettsperrholzbauweise

Bei der Holzrahmenbauweise haben sich im Laufe der Zeit bewährte Aufbauten und Anschlussdetails herauskristallisiert. Optimal und wirtschaftlich sind Aufbauten mit nur einer äusseren Bepunktung, welche in Abhängigkeit des Brandschutzes als brennbare oder nicht brennbare Schicht ausgeführt wird. Als innere Bepunktung wird häufig eine Grobspanplatte als Luftdichtigkeitsschicht verwendet, auf welche eine weitere Bepunktung aufgebracht wird. Sofern viele Installationen in den Aussenwänden erforderlich sind, empfiehlt sich eine zusätzliche Installationsebene. Im Bereich der Geschossdecken haben sich bei Holzbauten mit mehr als drei oder vier Geschossen ausgeklinkte Ständer in Kombination mit Vollholz- oder Furnierschichtholzeinbindern bewährt, um einen Lastabtrag über Stirnholz zu ermöglichen (Querdruck, Setzungen). Abb. 6 zeigt zwei mögliche Beispiele von Aussenwandaufbauten und Anschlussdetails.

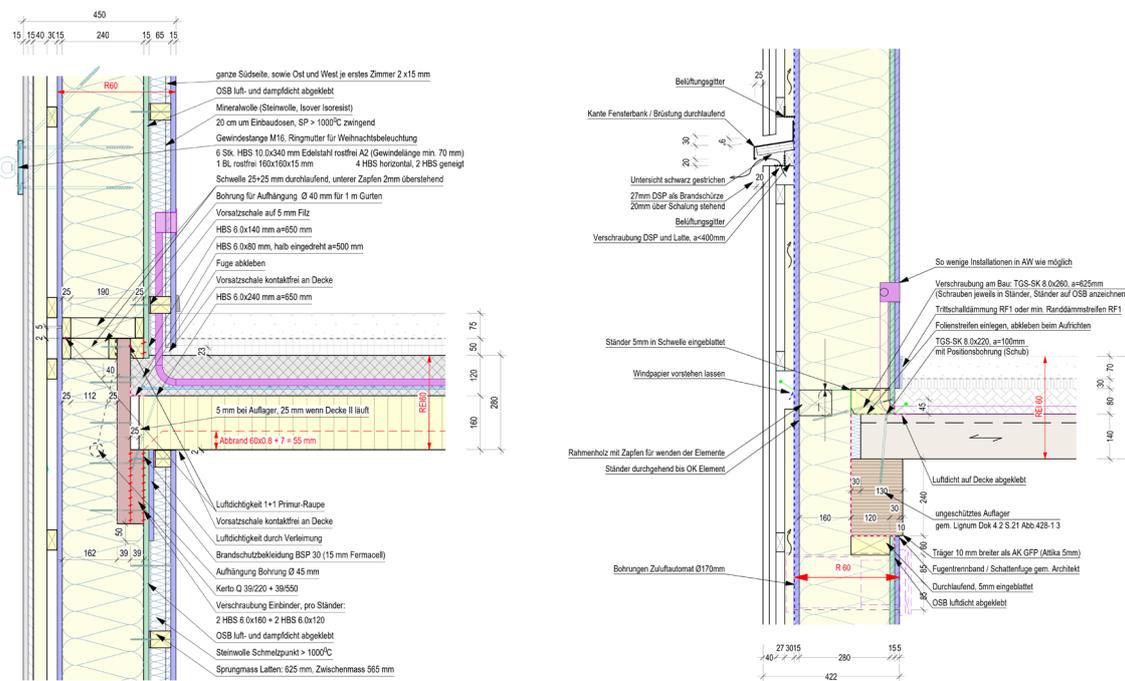


Abb. 23: Aussenwandaufbauten und Anschlussdetails Holzrahmenbauweise (links: mit Vorsatzschale, Furnierschichtholzeinbinder; rechts: ohne Vorsatzschale, Brettchichtholzeinbinder)

Bei der Brettsperrholzbauweise wird die Dämmebene häufig aussen aufgebracht, innen bleiben die Platten sichtbar oder es wird eine Bekleidung montiert, allenfalls mit zusätzlicher Installationsebene. Die Luftdichtigkeit wird durch die Brettsperrholzplatten selbst oder über eine zusätzliche Folie gewährleistet. Die Geschossdecken liegen direkt auf den Wänden auf oder auf Ausklinkungen, um bei mehrgeschossigen Bauten die Lasten über Stirnholz übertragen zu können (Querdruck, Setzungen).

Durch die Vielfalt an Möglichkeiten von verschiedenen Bauteilsystemen und Konstruktionsaufbauten ist es nicht unüblich, dass im Holzbau anforderungsspezifisch Spezialsysteme entwickelt werden. Das Beispiel in Abb. 7 zeigt eine Kombination eines Holzrahmenbaus mit einer dünnen Brettsperrholzplatte. Hintergrund für diese Entwicklung war die Idee, das Aussenwandsystem mit den horizontalen Elementen (Brüstungen) und schmalen vertikalen Elementen zwischen den Fenstern zur Abtragung von Horizontallasten (Wind/Erdbeben) als Vierendeelsystem auszubilden. Damit konnte eine gleichmässige Lastenleitung auf den Bestand erreicht werden.

Ein weiteres Beispiel einer Kombination von modifizierter Holzrahmenbauweise und Brettsperrholzbauweise geht aus Abb. 8 hervor. Der Wunsch nach einer sehr gut gedämmten Gebäudehülle aus Stroh forderte die Entwicklung dieses Systems. Durch die innenliegende Brettsperrholzplatte werden die Lasten der viergeschossigen Gebäude setzungsfrei abgetragen. Die Rahmenkonstruktion aus dünnen Brettsperrholzplatten bildet die Gefache für die Strohdämmung bzw. den Elementabschluss und dient der Stabilisierung der tragenden Platten.

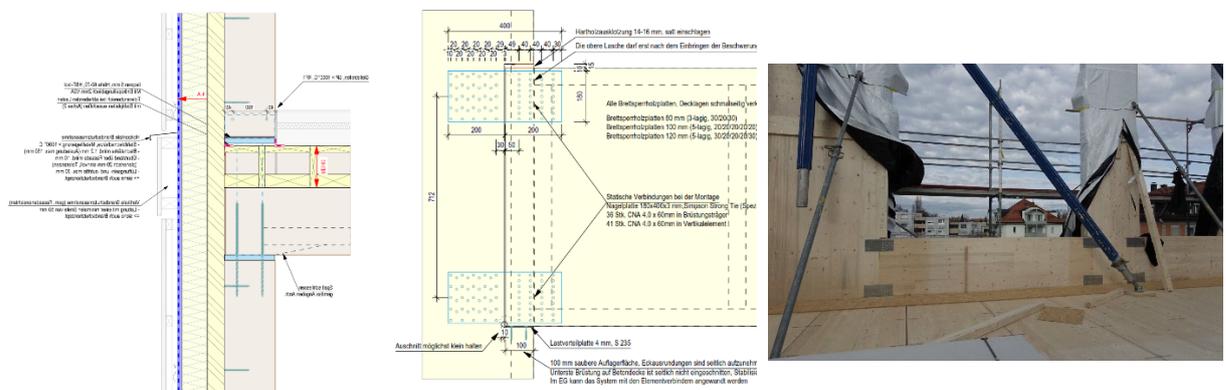


Abb. 24 Aussenwandkonstruktion als Kombination von Holzrahmen- und Brettsperrholzbauweise (Vierendeelsystem)

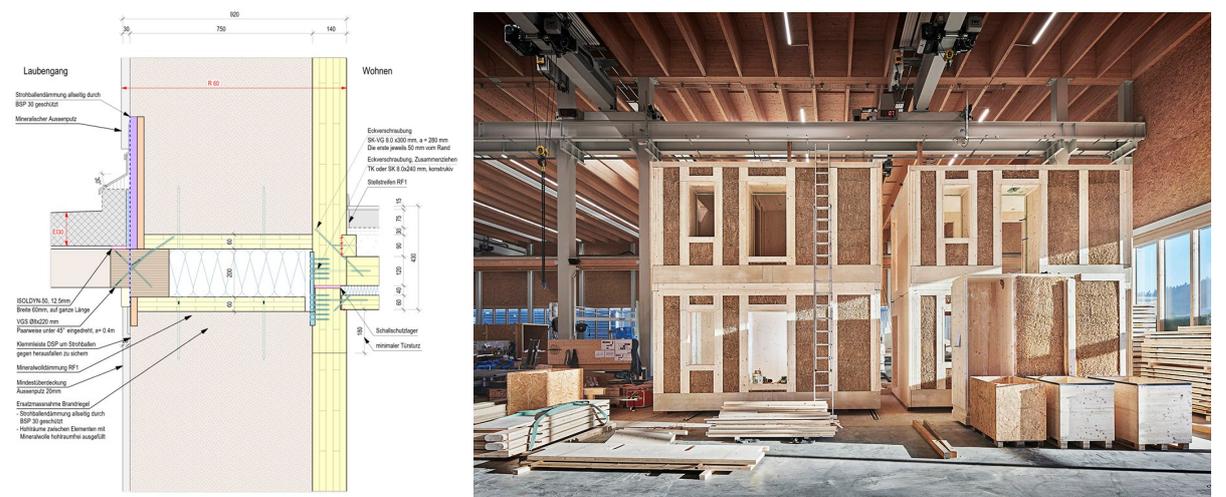


Abb. 25: Aussenwandkonstruktion als Kombination von Holzrahmen- und Brettsperrholzbauweise (Strohdämmung)

3.3 Bauprinzipien und Fertigungsstufen

In Bezug auf die Bauprinzipien lassen sich Aussenwandkonstruktionen in Holz in folgende vier Bereiche einordnen [2]:

- Kleinmodule im Rastermass
- Elemente im Rastermass
- Elemente im Raum- oder Grundrissmass
- Raumsysteme

In der Praxis zeigt sich eine klare Tendenz hin zu Elementen im Raum- oder Grundrissmass sowie zu Raumsystemen. Kleinmodule oder Elemente im Rastermass sind im modernen Holzbau eher von untergeordneter Bedeutung. Hinsichtlich Fertigungsstufen wird bei flächigen Aussenwandelementen häufig das Tragwerk/Holzsystembau inklusive der Fenster im Werk vorgefertigt. Eine werksseitige Montage der inneren und äusseren Bekleidung hängt von objektspezifischen Gegebenheiten ab und ist fallweise zu entscheiden. Bei Raumsystemen ist mindestens die innere Bekleidung meist werksseitig montiert.

3.4 Bauteilgliederung/Schichten

Bauteilaufbauten in Holzbauweise charakterisieren sich durch ihre Mehrschichtigkeit. Entsprechend ist es in Abhängigkeit der Planungsphase sinnvoll, das Bauteil Aussenwand in einer frühen Planungsphase in die Schichttypen «Tragwerk/Holzsystembau», «Innere Bekleidung» und «Äussere Bekleidung» einzuordnen (Abb. 9). Mit zunehmender Planungstiefe werden die einzelnen Schichttypen detailliert und spezifischen Schichten zugeordnet. Diese Vorgehensweise hat sich sowohl für die phasengerechte Bearbeitung/Modellbildung, die Verantwortlichkeitsregelung zu den Leistungsbereichen eines Holzbauingenieurs (Abb. 10) wie auch der Gliederung in der Holzbausubmission bewährt.

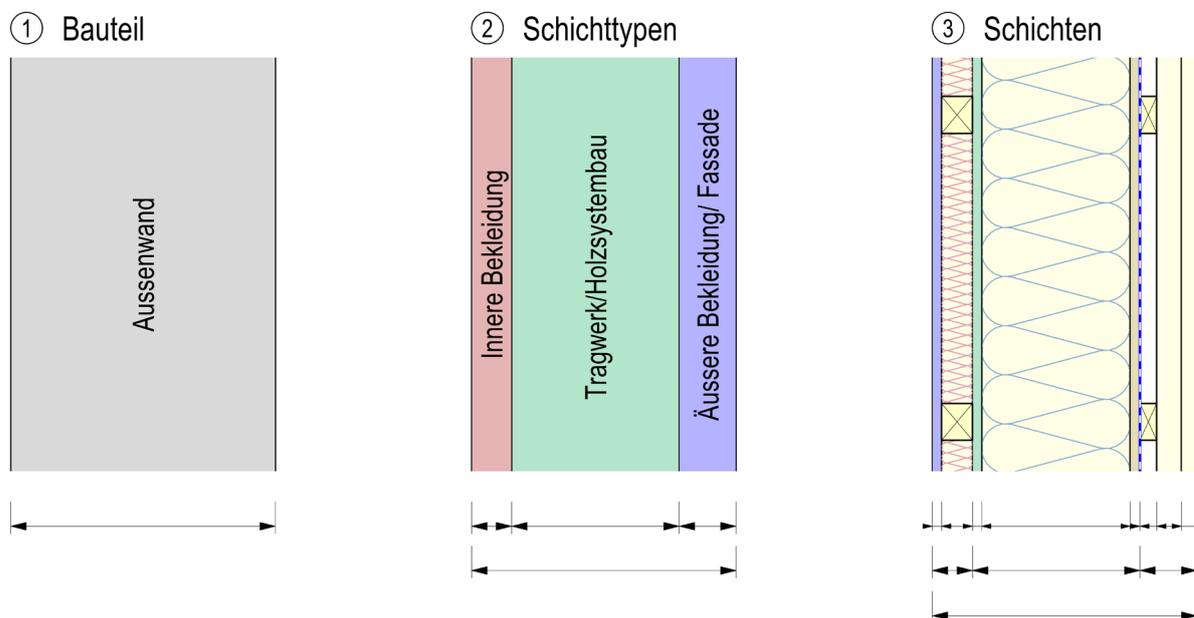


Abb. 26 Schichtenmodell Aussenwandkonstruktion [1]

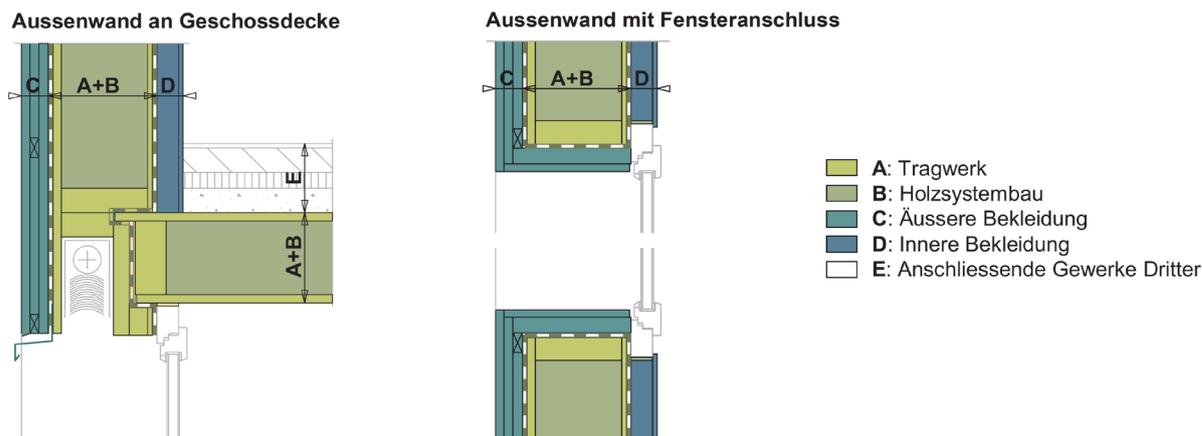


Abb. 27 Einteilung Aussenwand gemäss Leistungsbereiche des Holzbauingenieurs [3]

4 HERAUSFORDERUNGEN

In der Praxis lässt sich feststellen, dass Aussenwandkonstruktionen hinsichtlich Bauphysik sehr unterschiedlich beurteilt werden. Häufig werden in einer frühen Planungsphase unter Nennung unterschiedlicher Beweggründe vielschichtige Bauteile gefordert. Auch gegenüber dem Massivbau mit seiner naturgemäss höheren Masse sind deutlich hochwertigere und damit aufwendigere Detailausbildungen nicht unüblich. Dies treibt die Kosten von Holzbauten in die Höhe und führt nach einer ersten Kostenermittlung zu unnötigen Optimierungsschleifen. Nach Ansicht des Verfassers resultiert dies aus Unsicherheiten oder mangelnder Erfahrung bei den beteiligten Bauphysikern, insbesondere in den Bereichen des sommerlichen Wärmeschutzes sowie dem Schallschutz. Die Kosten von Aussenwänden aus Holz müssen zudem stets aus übergeordneter Sicht beurteilt werden. So werden reduzierte Kosten bei Folgegewerken wie Elektroinstallateur, Storen- und Fensterbauer häufig nicht eingerechnet oder auch noch gar nicht von den beteiligten Unternehmen als Effizienzgewinn kalkuliert.

Eine weitere Thematik stellt die zeitliche Koordination zwischen verschiedenen beteiligten Gewerken dar. Beispielsweise ist darauf zu achten, dass die Definition/Vergabe der Fenster, welche optimalerweise im Werk eingebaut werden, rechtzeitig erfolgt. Dies stellt sicher, dass die Fensterdetails rechtzeitig geplant und im Werk eingebaut werden können. Damit kann eine höhere Prozess- und Kostensicherheit sowie Qualität erreicht werden.

5 FAZIT

Für wirtschaftliche Aussenwandkonstruktionen ist die Schichtenanzahl möglichst gering zu halten: «so viel wie nötig, so wenig wie möglich». Mit den heutigen hochgedämmten Aussenwandkonstruktionen ist fraglich, ob durch die Erhöhung der Schichtenanzahl (z.B. zusätzliche Dämmschicht aussen, Überdämmung von Ständern/Fensterrahmen) das Kosten-Nutzen-Verhältnis gegeben ist.

An Bedeutung gewinnt künftig die Nachhaltigkeitsbetrachtung, Holzbauaussenwände oder generell Holzbauten sind nicht (mehr) per se nachhaltig. Themen wie Systemtrennung, die Rückbaubarkeit und Wiederverwendung sowie die Verwendung von nachhaltigen Baustoffen wie Dämmungen und Plattenwerkstoffe oder beispielsweise Lehm sind bzw. werden relevanter. Es gilt den Holzanteil im Hinblick auf die endliche Ressource Holz sorgfältig und optimiert einzusetzen. Zudem hat sich die Branche künftig damit auseinanderzusetzen, wie bereits gebaute Konstruktionen nach Erreichen der Nutzungsdauer im Optimalfall wiederverwendet oder unsere «Bauabfälle» weitergenutzt werden können.

Von grosser Bedeutung sind eine vernetzte Zusammenarbeit sowie einheitliche Branchenunterlagen zur Beurteilung (z.B. sommerlicher Wärmeschutz). Jede der beteiligten Parteien (Bauherrschaft, Architektur, Holzbau, Bauphysik) hat eine eigene Sichtweise zur Erfüllung ihrer/seiner Anforderungen und Wünsche. Durch gegenseitiges Verständnis und Mitdenken für die weiteren Projektpartner gelingt es deutlich besser, optimierte und wirtschaftliche Lösungen gemeinsam zu erarbeiten und Zielkonflikte zu vermeiden.

6 LITERATUR

- [1] Masterthesis Digitales Bauen: Vom Entwurf zum VDC-Anforderungsmodell im Holzbau, Stefan Signer, B3 Kolb AG, 2021
- [2] Holzbau mit System, Josef Kolb, 2020, Birkhäuser Verlag
- [2] STE Compact 01: Leistungen der Holzbauingenieure, 2020, Swiss Timber Engineers

Kontrapunkt

Holzfassaden: Konstruktion + Gestaltung = Baukultur?

Marion Sauter
Bernere Fachhochschule – Architektur, Holz, Bau

1 EINLEITUNG

Die Schweiz ist von einer langen Holzbautradition geprägt. Die historischen Holzbauten haben im Laubsäglstil-Chalet und schliesslich im banalen Ferienhausbau Fortsetzung gefunden. Der alpine Holzfassadencharme stiftet Identität, erfüllt Sehnsüchte und ist damit auch ein relevanter Wirtschaftsfaktor. Ich denke, es besteht ein breiter Konsens: Dies ist Schweizer Baukultur. In den letzten drei Dekaden hat sich der Schweizer Holzbau konstruktiv und technisch völlig neu aufgestellt. Wie müssen diese neuen Holzbauten aussehen, damit sie als Holzbau erkannt werden, ebenso identitätsstiftend sind und eine neue (Holz-)Baukultur initiieren?

2 AUSGANGSSITUATION

Die ländliche Holzbautradition der Schweiz lässt sich regional differenzieren. Die Konstruktion entwickelte sich abhängig vom lokalen Holzvorkommen, die Bautypologie bildete die jeweilige (Land-) Wirtschaftsweise ab. Dies brachte im Alpenraum den Blockbau und im Mittelland den Hochstud- oder Bohlen-Ständerbau. Dies jedoch zeitversetzt: Während die ältesten erhaltenen Blockbauten ins 12. Jahrhundert datieren, brachte die Fokussierung auf den Ackerbau im Mittelalter in der frühen Neuzeit eine Neubauwelle. Beiden historischen Konstruktionsweisen – in Nadel- resp. in Laubholz – gemein ist, dass Konstruktion und Fassade eine Einheit bilden und Ergänzungen wie etwa ein konstruktiver Holzschutz in der Regel ebenfalls in Holz ausgeführt wurden.

Der ländliche Holzbau entwickelte sich weitgehend ausserhalb der epochalen Stilgefässe. Der grosse Umbruch in die architektonische Moderne im 20. Jahrhundert fand weitestgehend ohne Holz statt. Mit der zunehmenden Verbreitung des Flachdachs im urbanen Raum verschwand auch die letzte hölzerne Bastion: das Dachwerk. Der moderne Skelettbau nahm den Fassaden ihre tragende Funktion. Geschossübergreifende oder weit spannende Öffnungen, kubische Volumen oder reduzierte Dachränder kennzeichnen seither den Massiv- und den Stahlbau. Die Fassade mutierte zu einer beliebig gestalt- resp. materialisierbaren Verkleidung.

3 ÄSTHETIK, REGIONALITÄT ODER AUFBRUCH?

In unserem Forschungsprojekt www.holzbaukultur.ch, einem neuen Schweizer Holzbaulexikon, das Ende November 2023 online gehen wird, stellt sich oftmals die Frage, wieviel Holz ein Gebäude aufweisen muss, um in unser Lexikon aufgenommen zu werden. Und wir brauchten eine Gliederung in ein «historisch» und ein «zeitgenössisch» jenseits von Gefässen wie Nachkriegs- oder Postmoderne, Brutalismus oder Strukturalismus. Unser Vorschlag für diese Zeitenwende ist die 1989 eingeweihte Kapelle Sogn Benedetg in Sumvitg. Peter Zumthor knüpfte dabei an eine feine Holz-Ästhetik an, die sich in den Jahren zuvor im Vorarlberg vor allem im Kleinmassstäblichen entwickelt hatte. Eine weitere, wichtige Spur ist die Regionalität. Hier ist neben Gion A. Caminada etwa das Luzerner Architekturbüro Seiler Linhart zu erwähnen, das den Blockbau in der Innerschweiz in eine zeitgemässe Form gebracht hat. Diese Holzbauten haben einen Ortsbezug, der sich auf die regionale Baukultur bezieht. Sie sind in anderen Regionen in dieser Form kaum vorstellbar. «Aufbruch» ist schliesslich das grosse Gefäss, das alle aktuellen innovativen Konstruktionen und Holzprodukte zusammenfasst, für deren gestalterische Aussage oder epochale Bedeutung – zumindest ich – derzeit noch keine geeignete Spezifikation gefunden habe.

4 FAZIT

Im Jahr 1921 wurde an unserem Hochschulstandort das «Neue Biel» ausgerufen, ganze Stadtquartiere modern gedacht und neu errichtet. Dabei ging es nicht nur um den Städtebau, die Gestaltung und die Materialisierung der Massivbauten, deren Prämisse eine überzeugende Dauerhaftigkeit war. Es ging auch um gesellschaftliche Relevanz. Nur um die Innovationskraft der inzwischen etablierten Moderne zu verdeutlichen: Es handelte sich um eine vergleichbar kühne, gänzlich neue und eventuell auch polarisierende Idee, wie sie derzeit etwa die re-use-Gruppe aus Basel in die Welt trägt.

Die Weiterentwicklung regionaler Bautraditionen mit regionalem Holz im ländlichen Raum überzeugt in Zeiten der Nachhaltigkeit und trägt den gewachsenen Siedlungsbildern hervorragend Rechnung. Aber erstmals seit dem frühen Mittelalter ist auch der urbane Raum wieder bereit für den Holzbau. Dies ist eine einzigartige Chance, eine gänzlich neue Schweizer Holzbaukultur zu etablieren. Es reicht entsprechend nicht aus, Alternativen zum Massivbau zu entwickeln. Der neue Holzbau benötigt eine gänzlich eigenständige Identität – wie seine historischen Vorgänger. Wichtig ist auch, dass sich die Öffentlichkeit mit diesen Holzbauten identifizieren kann. Hierbei sind sicherlich Holzfassaden hilfreich. Sie alle stehen für innovative Konstruktion und nachhaltige Produktion. Helfen sie mit, die Schweizer (Holz-)Baukultur der Zukunft zu gestalten!



Abb. Für die Vergangenheit scheint die Formel «Holzfassade: Konstruktion + Gestaltung = Baukultur» zu funktionieren. Bauernhaus aus Ostermundigen, 1978 – 2020 (Fotos: FLM Ballenberg)



Abb. Wie muss gebaut werden, dass der heutige Holzbau ebenso identitätsstiftend wird? Zwei Holzbauten aus dem Jahr 2009: City Garden Hotel, Zug (Foto Joshua Schifferle Alva) – Schulhaus Eichmatt, Hünenberg (Foto Remo Schnüriger)

Energetische Sanierungen – Dank Holzbau zu Netto Null

Karl Viridén
Viridén + Partner AG, Zürich

1 EINLEITUNG

Für die zwei zusammengebauten Mehrfamilienhäuser aus den 1980er Jahren an der Hofwiesenstrasse 22 und Rothstrasse 48 in Zürich wurde ein gesamtheitliches Sanierungskonzept mit einer optimalen Gebäudehülle und intelligenter Haustechnik erstellt. Auf der bestehenden Gebäudefläche wurde eine Verdichtung (räumliche Erweiterung) um zwei Geschosse vorgenommen.

Die Planung begann im Jahr 2014 und im September 2016 wurde die Renovierung der 22 Wohnungen sowie die Erweiterung um acht weitere Wohnungen auf dem Dach abgeschlossen und die Mieter konnten in ihre Wohnungen einziehen. Das Gebäude hat eine hinterlüftete „aktive Glasfassade“ und fügt sich in den urbanen Kontext mitten in Zürich ein. Diese dynamische Glasfassade produziert mit einer Leistung von 110 W/m² Photovoltaikstrom und verwandelt das Gebäude nach der Renovierung fast zum PlusEnergieBau.

Das Projekt animiert Architekten und Planern in Zukunft hinterlüftete Fassaden vor allem als „aktive Glasfassaden“ zu planen. Wenn dies bei einer Renovierung (mit einer komplizierten Fassadenhülle) möglich ist, ist dies bei jedem neuen Gebäude einfach möglich.

Gemäss den Berechnungen nach SIA 2040 „SIA Effizienzpfad Energie“ unterschreitet das Gebäude mit 48,0 kWh/m²a der nicht erneuerbaren Primärenergie den Zielwert um 60%. Bei der Treibhausgasemission wird der Zielwert um 39% mit 9,2 kg CO₂-Äquivalente/m²a unterschritten.

In der weiteren Entwicklung ist das nächste Bauprojekt zum Netto Null CO₂ Gebäude in Planung. D.h. das Gebäude produziert mehr Energie, als es verbraucht und „zahlt“ über die Jahre die Graue Energie für die Erstellung zurück.

Seit 2016 ist eine Verdichtung in Holzelement oder gar -modulbauweise von 10 auf 36 Wohnungen in Planung. Durch verschiedene Massnahmen, wie versuchte Unterschutzstellung nach ISOS (abgelehnt) und Rekurse gegen zwei bewilligte Bauprojekte, kämpfen ein paar wenige Nachbarigentümerinnen mit allen Mitteln gegen diese nachhaltige Verdichtung im Stadtzentrum von Zürich. Stand heute, im 2023, sind wir zuversichtlich das Projekt zehn Jahre nach dem Planungsbeginn realisieren zu können. In diesem Tempo kann in der Stadt Zürich an zentralen gut erschlossenen Zentrumslagen neuer Wohnraum geschaffen werden.

2 ENERGIEPOLITISCHE AUSGANGSLAGE

Vor dem Hintergrund der in der Gemeindeordnung der Stadt Zürich verankerten Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft sowie der Energiestrategie 2050 auf Bundesebene ist ein starker Ausbau der Stromproduktion aus neuen erneuerbaren Quellen wie Photovoltaik zu erwarten. Dadurch verändert sich die Energieerzeugungsstruktur in zweierlei Hinsicht: Zum einen wird Strom vermehrt in dezentralen Anlagen erzeugt, zum anderen produzieren diese Anlagen den Strom wetterabhängig und damit fluktuierend, was die Herausforderungen bei dem zu jedem Zeitpunkt erforderlichen Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch im Netz erhöht.

2.1 Ausgangslage Objekte

Beim Objekt Hofwiesenstrasse 22/ Rothstrasse 48 in Zürich handelt es sich um einen typischen Bau aus den frühen 80er Jahren, welcher bereits eine umfassende Sanierung benötigt. Das Gebäude liegt oberhalb des Schaffhauserplatzes und wird zweiseitig von einer stark befahrenen Strasse sowie von zwei Tramlinien umfahren. Der Hauptbahnhof Zürich befindet sich in der Nähe.

Beim rekursgeplagten Objekt wird auf weitere schriftliche Beschreibung verzichtet.

Die Eigentümerschaft stellte das Gebäude für ein Leuchtturmprojekt zur Verfügung. Für 30 Jahre übernimmt die EcoRenova die Fassaden- und die Dachkonstruktion im Contracting. Als Investorin für nachhaltige Pilotprojekte übernimmt sie damit das finanzielle Risiko.

Die EcoRenova AG hat bereits vor dem Umbau die Immobilienbewirtschaftung der Liegenschaft übernommen. Damit bestand die Möglichkeit durch eine im nachhaltigen Bauen erfahrene Verwaltung sowohl Vermietung als auch Betrieb über Jahre optimal zu gewährleisten.

2.1.1 Projektbeschreibung

Das Objekt mit 20 Wohnungen und 2 Büros musste vor allem innen umfassend saniert werden. Gemäss der Bauordnung und Abklärung in einer Vorstudie konnte ein Potential für eine Aufstockung um zwei Geschosse mit weiteren 8 Wohnungen realisiert werden.

Das 4-geschossige Wohngebäude aus den 80er Jahren wurde als 2-Schalenmauerwerk mit einer Zwischendämmung von 8 cm erstellt. Die äussere Schale konnte aus statischen Gründen die Anforderungen der neu hinterlüfteten Fassadenhaut nicht aufnehmen und musste abgebrochen werden.

Der Energieeffizienz wurde eine hohe Bedeutung beigemessen. Zuerst wurde der Bedarf an Wärmeenergie maximal gesenkt. Die Gebäudehülle ist optimal mit U-Werten um die 0.09 bis 0.12 W/m²K gedämmt. Der Heizwärmebedarf mit Wohnungslüftung beträgt 10,2 kWh/m² a Energiebezugsfläche (EBF).

Die Energieproduktion erfolgt an Fassade und Dach über Photovoltaik und teilweise mit thermischen Sonnenkollektoren mit einer Absorberfläche von 15.4 m².

Die Speicherung der Wärme und des elektrischen Stromes sowie der Bezug und Verbrauch werden aufeinander abgestimmt.

Für sämtliche Geräte mit Strom wurden die besten technischen Standards gewählt.

2.1.2 Referat

Im Referat wird vor allem mit Bildern / Fotos gearbeitet und auf die verschiedenen Aspekte und Herausforderungen in der Verdichtung Richtung Netto Null CO₂ eingegangen. Ein Schwerpunkt bildet dabei die aktive Glasfassade als Energielieferant.

Visionen in der Architektur – Die Häuser von morgen

Beat Kämpfen
Kämpfen Zinke + Partner AG, Architekten

1 HISTORISCHE ENTWICKLUNG

Die ersten Fassaden schützten nur vor Wind und Regen, Zelte oder Hütten zum Beispiel. Später kam Lehm als Baumaterial dazu, der guten Schutz vor Hitze bot, weniger guten vor Kälte. Vor allem aber blieben die Häuser feucht. Erst die Erfindung von guten Heizsystemen ermöglichte trockene und warme Räume für die Bewohner:innen. An diesen Komfort haben sich die Menschen in den vergangenen hundert Jahren gewöhnt. Wir möchten ihn nicht missen. Aber leider ist intensives Heizen von Gebäuden ohne Wärmedämmung für die Umwelt fatal.

Vor genau fünfzig Jahren wurde die westliche Welt von den erdölexportierenden Ländern politisch erpresst. Diese reduzierten die Menge der Erdölexporte, es entstand eine (Erdöl)-Mangellage, die Preise explodierten. Die erste Erdölkrise führte im Dezember 1973 zu vier autofreien Sonntagen in der Schweiz. Paradiesische Zustände für Velofahrer und Fussgänger. Aufgrund dieses Ereignisses realisierte die Bauwirtschaft, dass Wärmedämmung sinnvoll sein könnte.

Die Wärmedämmstärken wurden kontinuierlich vergrössert, die Passivhausbewegung in Deutschland erfand superisolierte Häuser, die praktisch keine Energie mehr benötigten. Oft ging aber die architektonische Gestaltung etwas vergessen.

Parallel dazu entstand die Solarbewegung in den siebziger Jahren im Westen der USA. Experimentelle Gebäude, die sich zur Sonne öffneten, Fassaden, die versuchten die Solarenergie. Es ging um passive Solarenergie. Leider erkannten die Amerikaner den Wert der Wärmedämmung nicht und so wurden diese Solarhäuser zu Backöfen.

2 AKTUELLER STANDARD

Seit der Entwicklung des Minergie-P Standardes in der Schweiz, wurde erkannt, dass zwischen Wärmedämmung und solarer Einstrahlung ein Gleichgewicht erreicht werden muss. Dieses ist labil und von vielen Faktoren abhängig. So müssen Wärmedämmung, Fenstergrössen, Gebäudeorientierung und die Speichermasse im Innern genau aufeinander abgestimmt sein. Bei sorgfältiger Planung ist es seit nun zwanzig Jahren möglich, Gebäude zu erstellen, die praktisch keine zugeführte Energie mehr benötigen. Eine gut wärmegeämmte Gebäudehülle und richtig platzierte Fenster ergeben ein angenehmes Raumklima für die Bewohner:innen. Zugleich kann der Energiekonsum auf ein Minimum reduziert werden.



KZP, Zürich Stadelhofen, Minergie-P-Eco, 2012

3 BAUTEN DER ZUKUNFT

Die Fassaden beginnen sich von rein passiven zu aktiven Elementen zu verändern. Das Fenster liess bis jetzt das Sonnenlicht in die Räume eindringen, wo es in Wärmestrahlung umgewandelt wurde. Die Fassaden versuchten die Angleichung der Temperaturen von innen und aussen zu verhindern. Die Fassaden der Zukunft übernehmen eine aktive Rolle, je nach lokalem Klima, Himmelsrichtung, Sonneneinstrahlung oder Beschattung. Vereinfacht gesagt: Häuser werden zu «Organismen».

3.1.1 Fassaden als Kraftwerke

Solaranlagen (thermische oder photovoltaische) werden immer noch mehrheitlich auf Dächern verlegt. Bis vor kurzem war die Maximierung des solaren Ertrages das Argument. Dies stimmt in der Jahresbilanz, eine Betrachtung, die aber schon bald überhaupt nicht mehr sinnvoll ist. Sobald alle dazu geeigneten Gebäude solare Anlagen aufweisen, sind nur noch vertikale Installationen notwendig. Das heisst maximaler Ertrag im Winter, dafür weniger Ertrag im Sommer. Der Energieertrag wird verstetigt.

Häuser werden sich zu Kraftwerken entwickeln, die Gebäudehülle bietet viel Platz für Solarthermie und Photovoltaik. Kleine Windturbinen werden auf den Dächern installiert werden. Zudem wird die Effizienz von Photovoltaik noch gesteigert werden, in Zukunft braucht die somit weniger Fläche.

Der aktuelle Trend von Fernheizungen zielt in die falsche Richtung, die Häuser von morgen brauchen kaum Energie und werden diese selbst erzeugen. Autarkie des einzelnen Hauses ist aber nicht gefordert, der tatsächliche oder virtuelle Netzverbund wird quasi eine Autarkie von Hausgruppen oder Quartieren ermöglichen.



*PV-Dach und PV Fassade Dübendorf
KZP, Minergie-P-Eco, 2021*



*PV Fassade in Thalwil
KZP, Minergie-P-Eco, 2023*

3.1.2 Tiefe graue Energie der Struktur

Der Holzbau hat viele Vorteile, die das Bauen in den letzten zwanzig Jahren revolutioniert haben. Vorfabrikation, Präzision, kurze Bauzeit sind bekannte Parameter und Vorteile des Holzbaus. Heute entscheidend ist aber das eingelagerte CO₂, die CO₂-Senke. Wird mit Holz gebaut, wird das eingelagerte CO₂ je nach Bautyp und Dauerhaftigkeit des Baus erst viele Jahrzehnte oder im Idealfall Jahrhunderte später freigesetzt. Bauen mit Holz ist somit ganz direkter Klimaschutz.

Ausserdem fühlen sich Menschen in Holzhäusern wohl. Es ist warm, riecht angenehm und führt zu einer angenehmen Atmosphäre.

3.1.3 Beitrag zur Biodiversität

Die Häuser von morgen werden in den Städten zur Erhaltung der Biodiversität beitragen müssen. Nicht nur die begrenzte Gartenfläche zählt dazu, sondern der Dachgarten muss die auf dem Erdboden weggenommene Natur kompensieren. Der Dachgarten (le toit-jardin) war einer der fünf Punkte des

Manifestes «vers une architecture», das Le Corbusier vor genau 100 Jahren publizierte. Das Haus von morgen geht noch weiter. Wildblumenwiesen bieten auf dem Dach den Insekten Nahrung, für die Vögel werden Nistkästen in den Fassaden eingebaut.



KZP, Zürich Altstetten, Minergie-P-Eco, 2019

3.1.4 Beitrag zum Wasserkreislauf

Auf den Hausdächern wird selbstverständlich das Regenwasser gesammelt. Anstelle es in eine teure Kanalisation einzuleiten, wird es vor Ort gespeichert. Zusätzlich zur Gartenbewässerung kann es im Haus für Waschen, WC-Spülung oder mit entsprechenden Filtern sogar zum Duschen verwendet werden. Nur schon dank der Retention der begrünten Dachfläche wird die Kanalisation bei Starkregen entscheidend entlastet.

Die Anforderungen der Biodiversität und des Wasserhaushaltes lassen für die Zukunft eine Aufteilung der Gebäudehülle wahrscheinlich werden: Dach intensiv begrünt, Fassaden solare Kraftwerke.



KZP, Winterthur, Minergie-P-Eco, 2017

4 HOFFNUNG UND AUSBLICK

Die Angst vor einer Strommangellage im Winter hat einen Boom für alpine Photovoltaikanlagen ausgelöst. In den hintersten Bergtälern mit möglichst wenig Einblick, werden im Rahmen des «Solarexpresses» grosse PV-Anlagen vorgeschlagen. Das Argument ist der hohe Anteil Winterstrom. Die Erstellung benötigt massive Stahlkonstruktionen und leistungsfähige Stromleitungen ins Tal zu den Verbrauchern. Ist es wirklich nötig unberührte Naturlandschaften zu opfern?

Die einzige Alternative zu diesen massiven Eingriffen in die Natur ist die Nutzung des riesigen Gebäudeparks. Gleisen wir einen «Solarexpress Gebäude» auf. Für neun Millionen Einwohner:innen gibt es in der Schweiz zwei Millionen Gebäude eine Geschossfläche von 900 Millionen Quadratmetern. Es stehen riesige Dach- und Fassadenflächen zur Verfügung. Oberflächen, die wir als Kraftwerke nutzen oder um den verlorenen Naturraum zu kompensieren.

Unsere Gebäude werden nicht mehr einen Gegenpol zur Natur bilden, sondern ein integraler Teil der Umwelt werden. Es braucht nur Ideen, den Willen zur Umsetzung und letztlich die Vision, dass Gebäude vollständig umweltverträglich sein können.



KZP, PV Brüstungen, Zürich-Altstetten, Minergie-P-Eco, 2019

Herausforderungen für den Holzbau – Ein Erfahrungsbericht aus der Praxis

Heinz Beer
Beer Holzbau AG

1 EINLEITUNG

Die Fassade ist für die Architektur ein äusserst wichtiges Element. Die Umsetzung der gestalterischen Wünsche im Einklang mit dem Fachwissen über Ausführungsgrundsätze ist häufig eine grosse Herausforderung. Im Holzbau ist dem konstruktiven Holzschutz besonders Beachtung zu schenken. Es müssen diverse Faktoren und Grundsätze bereits in der Planung berücksichtigt werden, welche bei einer Glas-, Faserzement-, Blech- oder Kunststofffassade weniger eine Rolle spielen. Hinterlüftungen, horizontale oder nur leicht geneigte Flächen sowie Anschlüssen sind ein besonderes Augenmerk zu schenken. Insbesondere bei integrierten PV-Anlagen in der Fassade muss auf die erhöhten Anforderungen an die Hinterlüftung und den sommerlichen Wärmeschutz eingegangen werden.

2 PV – ANLAGEN IN FASSADEN

Das aktuelle Bestreben, ein maximum an Flächen eines Gebäudes für die Energiegewinnung nutzen zu können, bringt je länger, je mehr die Fassadenflächen für die Integration von Fotovoltaik ins Blickfeld. Dabei können Fassadenflächen aufgrund ihrer Ausrichtung und ihres daraus resultierenden Ertrag Profils, (Morgen und Abend Besonnung), oftmals Vorteile für die Eigennutzung des Solarstroms eines Gebäudes haben.

2.1 Praxisbeispiel Fachwerk

Beim Neubau der Produktionshalle der Firma Beer Holzbau können anhand eines Praxisbeispiels die Herausforderungen in der Umsetzung und dem Betrieb einer PV – Anlage in der Fassade aufgezeigt werden. Neben dem technischen Bereich der Stromproduktion, beschreibt die Anlage auch einen wichtigen gestalterischen Aspekt der Architektur, respektive in der äusseren Erscheinung des Gebäudes. Die Idee widerspiegelt den Holzbau im 21. Jahrhundert. Die Schwartenbretter, ein Neben- und Abfallprodukt beim Einschnitt des Rundholzes anfallend, repräsentiert das Naturprodukt Holz, einfach und mit geringster Energie zu bearbeiten, leistungsfähig und richtig angewendet, langlebig. Im Kontext dazu vermittelt die PV-Anlagen den High Tech Holzbau, annähernd grenzenlose Möglichkeiten in Form, Gestaltung und Erscheinung. 3-seitig gegen das Wohngebiet ist der Gewerbebau mit der geschlossenen Fassade aus Schwartenschalung und Fotovoltaik Elementen eingekleidet. Die Fassade gegen den Wald wurde in industrieller Erscheinungsform als Widerspiegelung der Arbeitswelt mit überfäzter Seitenware mit Fugen abgebildet. Das Holz kommt aus dem eigenen Wald im Emmental. Die Hälfte des Holzschlages wurde in der richtigen Mondphase geschlagen, die andere Hälfte ungeachtet des Mondkalenders im November. Die Fassade ist somit ein Langzeitversuch mit Mondholz in der Praxis. In einigen Jahren werden wir eine Aussage machen können, ob sich der richtige Zeitpunkt des Holzschlages positiv auf die Langlebigkeit von Holz unter Witterungseinflüssen auswirkt. Heute, nach 6 Jahren, sind kaum Unterschiede in den beiden Bereichen festzustellen. Jedoch verhalten sich die zum Teil recht massiven Bretter sehr ruhig, verformen sich nicht und sind äusserst formstabil.



Abb. 28 Fachwerk Beer Holzbau

Die im 3. OG liegenden Büroräumlichkeiten werden im Sommer, durch die über der Fotovoltaikanlage liegenden Bandfenster äusserst stark erwärmt. Der sonnenstandabhängigen Verdunklung mittels Storen und der Nachtauskühlung muss daher in der Nutzung grosse Beachtung geschenkt werden. Durch aufmerksamen Betrieb kann das Innenraum Klima massgeblich verbessert werden. Trotzdem sind Innentemperaturen bis 30 Grad bei mehreren aufeinander folgenden Hitzetagen nicht auszuschliessen.

Konstruktiv und gebäudetechnisch können folgende Aussagen zu der Fassade gemacht werden:

- Der Hinterlüftungshohlraum wurde aus baureglementarischen Gegebenheiten (Grenzabstand) zu geringgehalten. Ein grösserer Belüftungsquerschnitt hinter dem PV-Element lässt einen höheren Luftstrom zu und garantiert einen besseren Abtransport der Wärme. Unterstützt mit einem mechanischen Abluftsystem könnte dieser Punkt weiter optimiert werden.
- PV-Anlagen in der Fassade mit Bandfenster sind grundsätzlich etwas problematisch. Die aufsteigende Wärme heizt die Glasscheiben beim Überströmen unweigerlich auf. Bei einer Lochfassade kann die Luft seitlich vom Fenster durchgeführt werden.
- Der Fensterbank wurde gemäss Normdetails ausgeführt. Mit einer breiteren Fensterbank könnte die erwärmte Luft von der Fensteröffnung weiter nach aussen abgedrängt werden, was die Erwärmung der darüber liegenden Fenster reduzieren würde.
- Automatisierte Storen, welche auf den Sonnenstand und das vorherrschende Wetter reagieren sind ein Muss. Jedoch müssen die Storen ganz geschlossen und flach gestellt werden, die Aufwärmung erfolgt über die Luft und nicht über die Sonneneinstrahlung.
- Automatisierte Storen mit Programmierungen von Tages- und Nachtzeit, sowie Arbeitstagen oder Wochenenden, sind eher problematisch. Werden zum Beispiel am Wochenende die Lamellen automatisch flach gestellt, dass es im Innenraum nicht absolut dunkel ist, wenn jemand ins Büro kommt, wird der Raum über Samstag und Sonntag wesentlich stärker erwärmt.
- Automatisierte nächtliche Auskühlung über Lüftungssysteme mit Stosslüftung sind zweckmässig.
- Automatisierte nächtliche Auskühlung über Fenster müssen über einen Wetterfühler gesteuert sein, damit die Öffnungen bei Regen oder Wind schliessen. Die Fensterauskuhlung funktioniert jedoch nur bei horizontal gestellten Lamellen. Eine herkömmliche, handelsübliche Storen Steuerung hat nicht die Intelligenz zu wissen, wann sie in der Nacht die Lamellen horizontal stellen soll und wann sie diese vertikal stellt.

3 FENSTERANSCHLÜSSE

Das Thema der Fensteranschlüsse beschreibt innerhalb einer Fassade einen Bereich, welcher bei nicht fachgerechter Planung und Ausführung immer wieder zu Schäden führt. Eine Fensterbank sollte als «Bedachung» angesehen werden. Zur Risikominimierung ist bei einem Holzbau die zweite wasserführende Schicht unter dem Metallfensterbank eine Pflicht.

Folgende Punkte können als häufige Schadensursache definiert werden:

- Die Fensterentwässerung unter dem Wetterschenkel ist nicht mit einer 2. Abdichtungsebene abgebildet.
- Kondensatbildung hinter Metallabdeckung bei Holz-Metallfenster werden nicht abgeführt.
- Die Abdichtungsfuge zwischen Fenster und Metallfensterbank aus Silikon oder Kompriband ist meist unter dem Wetterschenkel, und ist somit kaum zugänglich. Eine Silikonfuge ist unterhaltspflichtig!
- Die Aufbordungshöhe sind nicht genug hoch ausgebildet → Merkblatt Gebäudehülle.
- Flachdachanschlüsse bei Betonbordüren können auf Grund des Bauprozesses nicht richtig ausgeführt werden.
- Anschlüsse bei verputzten Fassaden werden in der Schnittstelleproblematik unter den Gewerken nicht richtig ausgeführt.

Um solche Ursachen auszuschliessen, arbeitet die Firma Beer Holzbau mit einem «Internen Standard Bauteilkatalog» welcher für die unterschiedlichen Anschlüsse entsprechende Lösungen und Vorgehen definiert. Als Beispiel hierzu das «Standardfensteranschlussdetail»:

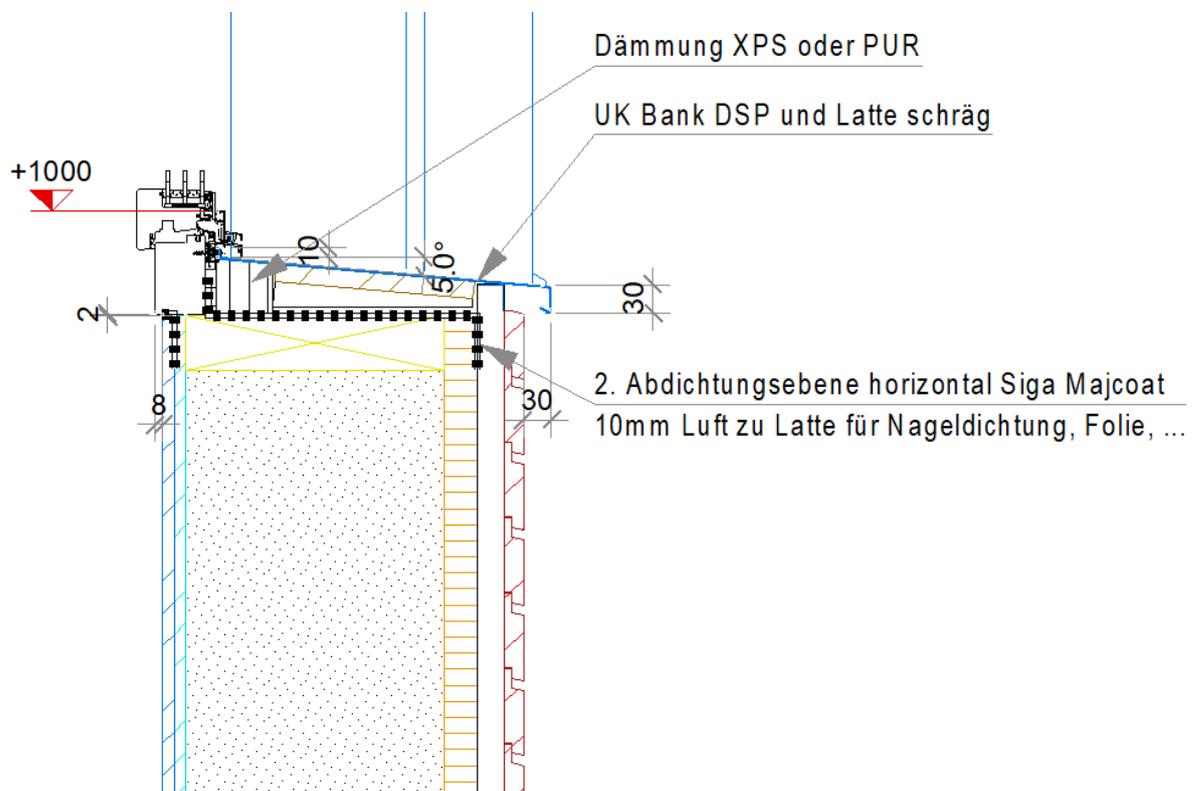


Abb. 29 Standardfensteranschluss BEER Holzbau

Beschattungssysteme – Energiesparen und Komfort

Dr. Thomas Stöckli

Schenker Storen AG, VSR – Verband Schweizerischer Anbieter von Sonnen- und Wetterschutzsystemen

1 EINLEITUNG

Sonnenschutz an äusseren Abschlüssen wird in der Schweiz seit Jahrhunderten eingesetzt. Verwendet wurden damals Klapp- oder Schiebeläden, teilweise bereits mit in die Fassade integrierten Bedienmechanismen (Abb. 1).

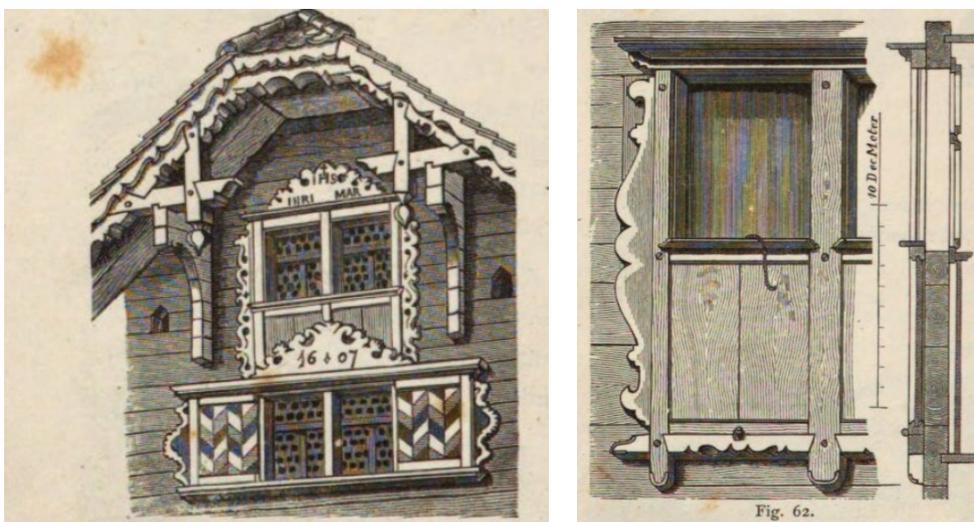


Abb. 1 Historische Beispiele von Sonnenschutz an Gebäuden in der Schweiz (1).

Vom Prinzip her haben sich Sonnenschutzprodukte seither wenig verändert. Mit einem mehr oder weniger opaken flächigen Element, welches vor einen Abschluss bewegt wird, wird der Durchlass von Energie in Form von Strahlung oder Wärme reguliert. Die Art und Weise, wie dies geschieht ist vielfältiger geworden, was aber, wie wir sehen werden, die Auswahl des Sonnenschutzes nicht einfacher macht.

Was sich jedoch stark verändert hat, sind die klimatischen Bedingungen. Mit den wärmeren Temperaturen, die wir aktuell von Jahr zu Jahr immer wieder neu beobachten können, ist der Sonnenschutz heute wichtiger denn je, vor allem auch in Anbetracht dessen, dass grosse, offene und helle Räume im Vergleich zu früher beliebter und verbreiteter sind und die Fläche der Abschlüsse grösser geworden ist.

Ein wichtiger konzeptioneller Unterschied im Vergleich zu früher ist, dass heute der Sonnenschutz hauptsächlich auf sommerlichen Wärmeschutz ausgelegt werden muss, und nicht mehr darauf, winterliche Wärmeverluste zu reduzieren (Abb. 2). Dieser Gedanke ist noch recht neu, ein Umdenken ist erst in den letzten paar Jahren feststellbar. Ein aktuelles Beispiel dafür ist, dass der Verein Minergie neu seit September 2023 die Klimadaten 2035 (2020-2049) und nicht mehr die Klimadaten 2010 (1980-2010) für die Auslegung des Sonnenschutzes vorschreibt.

Änderung Anzahl Hitzetage

Ohne Klimaschutz erwartete Änderungen der Anzahl Tage mit Temperaturen über 30 Grad Celsius um 2060 gegenüber 1981-2010 (30-jährige Mittel). Werte zeigen die Norm 1981-2010 und den möglichen Bereich um 2060.

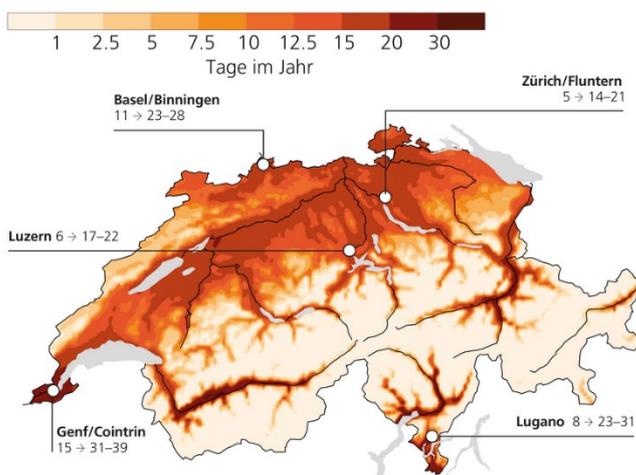


Abb. 2 Prognostizierte Änderung der Anzahl Hitzetage in der Schweiz (2)

Die Schweiz ist im Vergleich zu einigen anderen Europäischen Ländern bereits recht fortschrittlich bei der Installation von Sonnenschutzprodukten. Leider ist auch festzuhalten, dass ein Sonnenschutz, solange er nicht motorisiert ist, in der Praxis kaum genutzt wird. Eine umfassende Literaturübersicht zu dem Thema ist in der Solargap Studie des BFE (3) zu finden. Das Nutzerverhalten wird, obwohl die Wichtigkeit leicht jeder selbst feststellen kann, kaum in der Auslegung des Sonnenschutzes beachtet. Erwähnenswert diesbezüglich ist, dass die Schenker Storen AG nach wie vor mehr als 50% ihrer Produkte ohne Motorisierung verkauft. Grund dafür ist, dass bei der Kostenbetrachtung oft nur die Erstellung des Gebäudes betrachtet wird und nicht die Kosten der anschliessenden Bewirtschaftung des Gebäudes.



Abb. 3 Nutzungsverhalten Sonnenschutz aus der Solar-Gap Studie des BFE (3).

Unabhängig von der Wahl des Produkts sollte deshalb ein Sonnenschutz, wenn er Wirkung zeigen soll, motorisiert sein, und vor allem auch durch eine Sonnenschutzsteuerung automatisiert betrieben werden. Was es diesbezüglich bei der Planung zu beachten gibt, wird im Folgenden beschrieben.

2 ARTEN DES SONNENSCHUTZES

Beim Sonnenschutz wird zwischen innen- und aussenliegendem Sonnenschutz unterschieden. Der Fokus dieses Beitrags liegt auf dem aussenliegenden Sonnenschutz. Dazu ist zu bemerken, dass eine Kombination aus aussenliegendem Sonnenschutz und innenliegendem Blend- oder Sichtschutz wohl die energie- und komforttechnisch beste Lösung ist.

Beim aussenliegenden Sonnenschutz unterscheidet man zwischen Lamellenstoren, Stoffstoren, Rollläden und Fensterläden. Seitens Hersteller stellen wir fest, dass Sonnenschutzprodukte oft ausschliesslich aufgrund ihrer ästhetischen Merkmale (Farbe, Wirkung an der Fassade) ausgewählt werden.



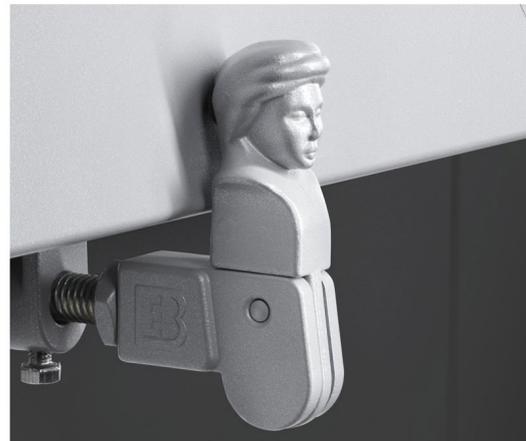
Lamellenstoren



Stoffstoren



Rollläden



Fensterläden

Abb. 4 Arten des aussenliegenden Sonnenschutzes: Lamellenstoren, Stoffstoren, Rollläden und Fensterläden.

Dies trägt den vielfältigen Schutz- und Nutzfunktionen der Sonnenschutzprodukte (Abb. 4) in keiner Weise Rechnung. Die Erfahrung zeigt, dass es aufgrund nicht erfüllter Erwartungen an den Sonnenschutz immer wieder unzufriedene Kunden gibt. Somit ist es wichtig, den Komfort des Nutzers in den Fokus zu setzen und je nach Verwendungszweck des Gebäudes dessen Sonnenschutz zu gestalten.

Produktegruppe	Schutz- und Nutzfunktionen														
	Tageslichtnutzung ^{*1}	Lichtregulierung*	Tageslichtlenkung*	Blendschutzfunktion	Sichtverbindung nach Aussen	Sichtschutz	Abdunkelung	Verdunkelung	Wärmeschutz/Hitzeschutz*	Kälteschutz/Isolation*	Einbruchschutz	Schallschutz	Hagelschutz ²	Regenschutz	Windschutz / Windwiderstandsklasse ³
Lamellenstoren	++	++	+	++	++	++	++	-	++	+	-	0	-	+	+
Rollladen	+	+	-	++	+	++	++	++	++	++	+	0	0	++	+
Senkrechtmarkisen	+	+	-	++	+	++	+	0	+	0	-	0	0	0	+
Fallarmmarkisen	++	+	-	++	++	+	0	-	+	-	-	-	0	0	0
Fensterläden	+	+	-	++	+	++	++	0	++	+	+	0	++	+	++
Innere Abschlüsse	+	+	0	++	+	++	++	-	0	-	-	-	-	-	-

Tabelle 1 Vergleichstabelle von Sonnenschutzsystemen an Fenstern

* Energieeinspar-Funktion

++ gut geeignet

+ geeignet

0 bedingt geeignet

- ungeeignet

1. Optimale Tageslichtnutzung meint: In der Beschattungsposition möglichst viel Tageslicht, möglichst wenig künstliches Licht ohne Blendung

2. ++ entspricht Hagelwiderstandsklasse 3 oder höher

3. Windwiderstandsklasse bei 3 Meter Behangbreite:

++ entspricht Windwiderstandsklasse 6 oder höher

+ entspricht Windwiderstandsklasse 3 – 5

0 entspricht Windwiderstandsklasse 1 – 2

- entspricht Windwiderstandsklasse 0

Abb. 5 Schutz- und Nutzfunktionen von Sonnenschutzprodukten (4).

Im Folgenden sind einige aus Sicht des Autors wesentliche Auswahlkriterien aus Sicht des Nutzers aufgeführt.

Sichtverbindung nach Aussen: Ein direkter Sichtkontakt wird von einer Mehrheit der Nutzer gewünscht. Herkömmliche Lamellenprodukte oder Fensterläden mit einstellbaren Lamellen bieten diesbezüglich Vorteile. Mit angewinkelten Lamellen kann ein signifikanter Anteil des Energieeintrags und des Blendens vermieden werden und eine zwar reduzierte, aber doch gute Sicht nach draussen nach wie vor erreicht werden. Eine ähnlich gute Sichtverbindung kann bei Stoffprodukten oder Rollladen nur erreicht werden, wenn das Produkt nicht komplett herabgesenkt wird. Je nach Sonnenposition kann so ein Blendens verhindert werden, jedoch bleibt der Energieeintrag durch direktes Sonnenlicht bestehen. Je nach Jahreszeit kann dies erwünscht sein, im Sommer jedoch kann dies schnell zu ungewünscht hohen Temperaturen im Innern führen.

Sichtschutz: In Wohnbauten ist der Sichtschutz ein wichtiges Auswahlkriterium für den Sonnenschutz. Bei Produkten mit einer gegebenen Transparenz (Stoffstoren) ist darauf zu achten, dass eine Durchsicht nach draussen am Tage eine Durchsicht nach drinnen in der Nacht nach sich zieht. Je nachdem wie wichtig der Sichtschutz ist, sollte eine Kombination mit einer innenliegenden Sichtschutzlösung ins Auge gefasst werden.

Lichtregulierung: Sonnenschutzprodukte bieten unterschiedliche Möglichkeiten, die Lichtmenge (Tageslichtnutzung, sommerlicher Wärmeeintrag) zu regulieren. Im einfachsten Fall (zum Beispiel bei einem Rollladen oder einer Stoffstore) wird die Transparenz des Materials bei der Auswahl des Produkts bestimmt. Sie kann von praktisch opak (e.g. Rollladen oder Blackout Stoffe) bis zu recht transparent (gewisse Stoffe) gehen. In jedem Fall die Transparenz des Behangs bei diesen Produkten im

Nachhinein nicht mehr geändert werden. Je nach gewählter Transparenz kann der Sonnenschutz zu einer beträchtlichen Verdunkelung des Raumes oder zu Blendeffekten führen. Die Helligkeit (oder ein-tretende Wärme) kann dann nur noch durch die vertikale Position des Behangs eingestellt werden. Da-bei ist zu beachten, dass bei Hitzeperioden ein kleinstmöglicher Wärmeeintrag erreicht werden soll und der Lichtspalt nicht zu gross werden sollte.

Auskühlung in der Nacht: Ohne Auskühlung in der Nacht werden bereits heute viele Wohnungen und Häuser im Sommer unerträglich warm. Mit zunehmenden Temperaturen wird die Auskühlung in der Nacht eine noch wichtigere Rolle einnehmen. Wenn der Sonnenschutz nachts auch als Blickschutz eingesetzt wird, ist somit darauf zu achten, dass eine Lüftungsposition für die Nacht möglich ist. Bei Rollläden, Fensterläden und Stoffprodukten ist dies zum Beispiel mit einer Ausstelllösung mögliche. Falls dies nicht gewünscht wird, sollte eine Kombination mit einem Innenliegenden nächtlichen Sicht-schutz vorgesehen werden. Ein Teilweises herunterlassen des Sonnenschutzes kann eine Lösung sein, allerdings kann dies vom Sicherheitsgefühl her zu Kompromissen führen.

Energietechnische Eigenschaften: Die wichtigsten Eigenschaften eines Sonnenschutzes sind der zu-sätzliche Wärmedurchlassgrad und der Gesamtenergiedurchlassgrad. Dies sind nebst der Windklasse die einzigen der hier diskutierten Eigenschaften, welche durch produktbezogene Kennwerte angegeben werden können. Je nach Eigenschaft des Produkts (Produktart, Lamellenstellung, Farbe, Textilart) wer-den die Kennwerte nach einem normierten Verfahren berechnet. In Abb. 6 sind Werte für einige ausge-wählte Produkte und Farben, respektive Textilien, aufgeführt. Es ist klar ersichtlich, dass es deutliche Unterschiede gibt, welcher bei der Auswahl des Sonnenschutzes beachtet werden müssen.

	Lamellenstore		Vertikalstoffstore									
	geschlossen ausssen	45° offen ausssen	Soltis 92		Soltis 86		Mermet Satiné 5500		Mermet Satiné 21154		Acryl 314	
	RAL 9010 Reinweiss		2044 Weiss		2044 Weiss		0202 Weiss		0202 Weiss		910 Weiss	
	geschlossen ausssen	45° offen ausssen	aussen	innen	aussen	innen	aussen	innen	aussen	innen	aussen	innen
g_{tot}	0.04	0.15	0.14	0.35	0.20	0.38	0.15	0.36	0.03	0.35	0.19	0.36
t_v	0.04	0.21	0.17		0.28		0.21		0		0.25	
	RAL 7016 Anthrazitgrau		Soltis 92		Soltis 86		Mermet Satiné 5500		Mermet Satiné 21154		Acryl 314	
	geschloss-		2053 Schwarz		2053 Schwarz		3030 Dunkelgrau		3030 Dunkelgrau		154 Schwarz	
	geschlossen	45° offen	aussen	innen	aussen	innen	aussen	innen	aussen	innen	aussen	innen
g_{tot}	0.08	0.12	0.10	0.57	0.16	0.57	0.11	0.55	0.08	0.57	0.09	0.58
t_v	0.01	0.05	0.03		0.14		0.04		0		0	

Abb. 6 Energietechnische Kennzahlen für ausgewählte Produkte und Farben.

Bei diesen Werten ist wichtig, dass sie nur einen Effekt auf den Energiehaushalt oder den Komfort im Gebäude haben, wenn der Sonnenschutz bestimmungsgemäss eingesetzt wird. Wie eingangs erwähnt kommt der Sonnenschutz, wenn er nicht motorisiert und automatisiert ist, kaum zum Einsatz. Weiter ist zu beachten, dass die Kombination eines innenliegenden Sonnenschutzes mit einer innenliegenden Blend- oder Sichtschutzes vor allem im Winter und in den Übergangszeiten zusätzlichen Handlungsspielraum bietet. Idealerweise lässt man die Sonnenenergie in dieser Zeit in Haus und setzt, falls notwendig, einen innenliegenden Blendschutz ein, wenn die Sonne tief steht und blendet.

Optische Wirkung auf den Innenraum: Ein ausgefahrener Sonnenschutz hat immer auch eine Wirkung auf den dahinter liegenden Innenraum. Dies ist in Abb. 7 für Lamellenprodukte und in Abb. 8 für Stoffprodukte dargestellt. Es ist in beiden Fällen klar ersichtlich, dass je nach Ausführung ein und desselben Sonnenschutzproduktes signifikante Unterschiede im Innenraum festzustellen sind.



FIG. 15 Aussenansicht Rafflamelle weiss



FIG. 16 Innenansicht Rafflamelle weiss



FIG. 21 Aussenansicht Rafflamelle schwarz

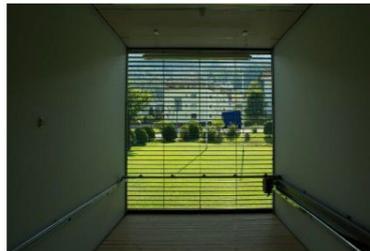


FIG. 22 Innenansicht Rafflamelle schwarz

Abb. 7 Wirkung unterschiedlicher Farben desselben Lamellenprodukts auf den Innenraum (5).

Der Autor kann nicht beurteilen, ob die Tageslichtnorm (SIA 380/4) bei der Planung von Gebäuden systematisch zum Einsatz kommt. Anhand der beliebtesten Farben und Stoffe bei den Schenker Storen AG kann jedoch festgestellt werden, dass aktuell dunkle anthrazitfarbene Lamellen und Stoffprodukte beliebt sind.



FIG. 28 Aussenansicht Stoffstoren weiss

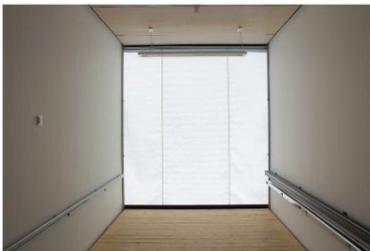


FIG. 29 Innenansicht Stoffstoren weiss



FIG. 34: Aussenansicht Stoffstoren dunkelgrau



FIG. 35: Innenansicht Stoffstoren dunkelgrau

Abb. 8 Wirkung unterschiedlicher Farben desselben Stoffprodukts auf den Innenraum (5).

Der Auswahl der Farbe des Sonnenschutzes sind praktisch keine Grenzen gesetzt und mitunter kommen auch leuchtende intensive Farben zum Einsatz. Wie in Abbildungen 5 und 6 festzustellen ist, hat Farben des Behangs eine Farbwirkung auf den Raum. Dies gilt es bei der Innenraumgestaltung zu berücksichtigen.

Windstabilität: Die Hersteller weisen die Windstabilität des Sonnenschutzes mit der Windklasse aus. Die Auswahlkriterien sind für unterschiedliche Gebäude und Umgebungen in der SIA 342 dokumentiert. Es ist zu beachten, dass die Windklassen mit einem statischen Verfahren bestimmt werden und somit keine Aussage zur Bedienbarkeit bei starkem Wind machen. Die meisten Hersteller geben deshalb zusammen mit der Windklasse eine Einsatzempfehlung bei Wind ab. Darin wird angegeben, bei welchen Windgeschwindigkeiten die Produkte in Sicherheit gebracht werden müssen. Dies ist vor allem bei seitlich geführten Stoffprodukten (ZIP) relevant, da diese bei starkem Wind nicht mehr in Sicherheit gebracht werden können. Weiter ist zu beachten, dass für Stoffprodukte die höchste von der Norm mögliche Windklasse die Klasse 3 ist (6). In der Praxis weisen die Hersteller nebst der normierten Windklasse eine Windklasse mit Stern aus, welche nach einem neueren Prüfverfahren ermittelt wird. Dieses wird auch in einer Norm beschrieben, die allerdings nicht harmonisiert ist. Zu Beachten ist hier auf jeden Fall die Windeinsatzempfehlung der Hersteller und nicht ausschliesslich die Windklasse.

3 ANSTEUERUNG DES SONNENSCHUTZES

An verschiedenen Stellen wurde in diesem Dokument bereits auf die Automatisierung des Sonnenschutzes hingewiesen. Im Folgenden sind die aus Sicht des Autors wichtigsten Merkmale einer Stand der Technik Sonnenschutzsteuerung beschrieben.

Winter- und Sommerbetrieb: Eine Stand der Technik Sonnenschutzsteuerung hat einen Winter und einen Sommerbetrieb und schaltet automatisch zwischen diesen um: Im Sommer sind die Storen tagsüber in der Beschattungsposition (minimaler Wärmeeintrag, maximaler Streulichteintrag) und nachts über offen oder, wenn gewünscht (Sichtschutz), abgesenkt in einer Lüftungsposition (maximale nächtliche Auskühlung). Im Winter ist der Sonnenschutz tagsüber oben (maximaler Wärmeeintrag) und in der Nacht geschlossen (minimaler Wärmeverlust). Um ein allfälliges Blenden bei hochgefahrenem Sonnenschutz zu vermeiden ist eine Kombination mit einem innenliegenden Blickschutz sinnvoll. Dieser hat im Winter den Vorteil, dass die Wärme aus der direkten Sonneneinstrahlung ins Gebäude eintritt und so auf unnötiges Heizen verzichtet werden kann.

Sonnenautomatik: Der Sonnenschutz wird idealerweise ausrichtungsabhängig beim Überschreiten eines Schwellenwerts der Globalstrahlung (W/m^2) aktiviert. Der maximale Wert der Globalstrahlung an einem Sommertag beträgt in Mitteleuropa mittags bei Sonnenschein um die $900 W/m^2$, an einem leicht bewölkten Tag ist sie mit $1000 W/m^2$ noch leicht höher. Bei einigen m^2 Fensterfläche kann so schnell die Heizleistung von einigen Elektroheizöfen erreicht werden. Sinnvoll ist zusätzlich die Berücksichtigung des Sonnenstands (berechnet nach Tages- und Jahreszeit), der bestimmt, welche Fenster von der Sonne angestrahlt werden, und allenfalls der Position von vorgelagerten schattenspendenden Objekten.

Manuelle Übersteuerung: Eine manuelle Übersteuerung der Automatik mittels Handsendern oder Wandtastern durch den Nutzer ist bei einer Stand der Technik Steuerung jederzeit möglich. Sinnvoll ist es, wenn die Steuerung nach einer manuellen Intervention wieder in den Automatikbetrieb zurückgesetzt wird, zum Beispiel einmal täglich. Dies verhindert, dass eine manuell angepasste Einstellung des Sonnenschutzes permanent eingestellt bleibt.

Schutzfunktionen: Speziell bei grösseren Bauobjekten sind sensorbasierte Schutzfunktionen sinnvoll. Sonnenschutzprodukte sind keine Wetterschutzprodukte. Bei starkem Wind, bei Hagel oder auch bei Frost müssen sie in eine sichere Position gebracht werden. Diese Verantwortung liegt den Nutzern des Sonnenschutzes. Durch Schutzfunktionen kann die Verantwortung nicht abgenommen werden. Sie können jedoch bei Unachtsamkeit oder bei Abwesenheiten unterstützen. Bei der Planung des Sonnenschutzes mit Schutzfunktion ist auf die Platzierung des Windwächters zu beachten. Wichtige Informationen dazu sind im Leitfaden für den Einsatz von Windwächtern des VSR zu finden (7).

Lüftungsfunktion: Unter Berücksichtigung der zunehmenden Hitzeperioden im Sommer kann eine nächtliche Auskühlungsposition beim Sommerbetrieb sinnvoll sein. Bei dieser werden nachts je nach Sonnenschutztyp die Lamellen nicht vollständig geschlossen oder der Behang wird nicht komplett abgesenkt. Unter der Voraussetzung, dass die Fenster geöffnet sind, kann so eine bestmögliche nächtliche Auskühlung des Gebäudes erreicht werden.

Berücksichtigung der Innentemperatur: Bei einigen Sonnenschutzsteuerungen ist eine Regelung des Sonnenschutzes in Abhängigkeit der Innentemperatur möglich. Dies kann in den Übergangszeiten zu Energieeinsparungen oder zu verbessertem Komfort führen. Ohne Einbezug der Innentemperatur geschieht die Umstellung zwischen Sommer- (Kühlung) oder Winterbetrieb (Wärmeeintrag) manuell oder datumsbasiert. Je nach Witterungsbedingungen kann dies im Frühjahr oder Herbst zu einer unerwünschten Auskühlung oder einer Erwärmung des Gebäudes führen.

Für die Implementierung einer Stand der Technik Sonnenschutzsteuerung wird empfohlen, einen Partner mit Erfahrung mit solchen Steuerungen auszusuchen. Bei der Planung und Ausführung kann auch der Stand der Technik Ansteuerungen Sonnenschutz des VSR (8) weiterhelfen, der viele vor allem technische Hinweise enthält. Seitens Hersteller von Sonnenschutzprodukten ist eine steigende Beliebtheit von Smart Home Steuerungslösungen zu beobachten. Eine Implementierung einer Sonnenschutzsteuerung mittels einer Smart Home Lösung ist zwar möglich, allerdings sind die Nutzer bei der Programmierung der obigen Steuerungsmerkmale oft auf sich alleine gestellt. Dem steht natürlich bei technisch versierten Eigentümern oder Mietern nichts entgegen, allerdings sind sich diese des Implementierungsaufwands oft nicht bewusst.

4 ÖKOLOGISCHE ASPEKTE

Ökologische Aspekte werden mit der Netto Null 2050 Klimapolitik in der Bauindustrie immer wichtiger. Durch den Einsatz eines clever gesteuerten Sonnenschutzes kann der CO₂ Ausstoss eines Gebäudes während des Betriebs optimiert werden. Mit zunehmender Wichtigkeit des Themas werden auch der Energie- und CO₂ Footprint bei der Erstellung des Gebäudes ein Thema. Verschiedene Hersteller schaffen mit Environmental Product Declarations (EPD) diesbezüglich Transparenz. EPD's sind in einigen Ländern in Europa bereits Pflicht, jedoch noch nicht in der Schweiz. Insbesondere bei Minergiegebäuden gibt es seit September 2023 allerdings auch in der Schweiz Grenzwerte, die eingehalten werden müssen. In Europa dürften in kürze auch die neuen Bauprodukte- und Gebäudevorschriften in Kraft treten. Darin werden digitale Produkte- und Gebäudepässe mit CO₂ und Energiekennzahlen gesetzlich vorgeschrieben. Wie weit die Schweiz diese Regelungen übernehmen wird, ist aktuell noch offen. Die Politik tendiert jedoch stark zu einer Übernahme der Europäischen Regelungen.

Bei den CO₂ und Energiekennzahlen der Sonnenschutzprodukte ist zu beachten, dass diese zu einem erheblichen Teil aus Aluminium und Stahlkomponenten bestehen. Diese erzeugen in der Herstellung CO₂, da sie viel Energie benötigt. Die Hersteller sind darauf bedacht, diesen Ausstoss zu reduzieren, indem sie in der Herstellung recycelte Rohmaterialien einsetzen und Lieferanten berücksichtigen, die in die Reduktion des CO₂ Ausstosses investieren. Seitens Implementierung im Gebäude kann der CO₂ Austausch minimiert werden, indem möglichst langlebige Produkte (Funktionalität und Beschichtungen) ausgewählt werden.

5 ABSCHLIESSENDE BEMERKUNGEN

Sonnenschutzprodukte sind in der Schweiz stark verbreitet und deren Nutzen unbestritten. Bei der Ausführung des Sonnenschutzes sind jedoch seitens Hersteller beträchtliche Unterschiede feststellbar. Die Ausführung des Sonnenschutzes ist nach wie vor keine Wissenschaft. Unter Berücksichtigung einiger Auswahlkriterien und der Auswahl einer Stand der Technik Sonnenschutzsteuerung ist es möglich bedeutende Verbesserungen bezüglich Energieverbrauch des Gebäudes und Komfort im Innenraum zu erzielen.

6 LITERATURVERZEICHNIS

[1.] Gladbach, Ernst. *Die Holzarchitektur der Schweiz*. Zürich : Orell Füssli, 1876.

[2.] Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie - Meteoschweiz. Schweizer Klimaszenarien - Kernaussagen - Hitzetage. [Online] 14. 10 2022. <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien/kernaussagen/mehr-hitzetage.html>.

[3.] Lara Carisch, Maratin Ménard, Martin Mühlebach, Mirjam Talattad. *SolarGap – Auswirkung von Sonnenschutzsystemen auf den Heizwärmebedarf von Gebäuden*. Zürich : Bundesamt für Energie BFE, 2018.

[4.] VSR - Verband Schweizerischer Anbieter von Sonnen- und Wetterschutzsystemen. *Fachbuchreihe: Grundlagen Sonnen- und Wetterschutz*. Zürich : s.n., 2022.

[5.] Bundesamt für Energie. Systemische Betrachtung von Beschattungssystemen mit dem Fokus Tageslicht zur Optimierung der sia – Norm 380/4. [Online] 28. August 2015. <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=33984>.

[6.] VSR - Verband Sonnenschutz und Storentechnik Schweiz. Merkblatt - Konformitätserklärung und Leistungserklärung. [Online] Juni 2023. <https://storen-vsr-ch.b-cdn.net/wp-content/uploads/2023/06/Merkblatt-Konformitaetserklaerung-und-Leistungserklaerung-Juni23.pdf>.

[7.] VSR - Verband Schweizerischer Anbieter von Sonnen- und Wetterschutzsystemen. Leitfaden für den Einsatz von Windwächtern. [Online] Oktober 2022. https://storen-vsr-ch.b-cdn.net/wp-content/uploads/2022/11/GZD-Leitfaden_Windwaechter-VSR-Version-10_2022_-de-1.pdf.

[8.] VSR - Verband Schweizerischer Anbieter von Sonnen- und Wetterschutzsystemen. Stand der Technik Ansteuerungen Sonnenschutz. [Online] September 2023. <https://storen-vsr-ch.b-cdn.net/wp-content/uploads/2023/09/STP-Ansteuerung-Sonnenschutzsysteme-2v4.pdf>.

Die Umweltauswirkungen verschiedener Fassadensysteme

Patrick Fuchs, Prof. Dr. Aude Chabrelie
BFH – AHB Institut Werkstoffe und Holztechnologie

1 EINLEITUNG

Wie hoch ist der Anteil der Fassade an den Umweltkosten eines Gebäudes? Welcher Fassadenbaustoff hat den geringsten ökologischen Fussabdruck? Wo entstehen CO₂-Emissionen bei der Herstellung einer Holz-Fassade? In diesem Artikel geht es um Fragen wie diese. Da generelle Aussagen dazu eher schwierig sind, werden diese Themen anhand eines laufenden Forschungsprojektes an der BFH und konkreten Berechnungen vorgestellt. Fokus wurde auf das Erderwärmungspotential gelegt, da der Bau-sektor der Globale Allianz für Gebäude und Bauwesen (2019) für rund 40% der weltweiten energie- und prozessbedingten Treibhausgasemissionen verantwortlich ist.

Anhand des Forschungsprojektes EcoCab wird der Einfluss der Lebenszyklusphasen und der Baustoffe auf das Erderwärmungspotential von Hotel-Pavillons gezeigt. Im Projekt EcoCab werden im Departement AHB modulare Hotel-Pavillons entwickelt, die für verschiedene Klimazonen konzipiert sind. Basierend auf der Methode der Lebenszyklusanalyse wird ein zirkulärer Eco-Design-Ansatz entwickelt, um den ökologischen Fussabdruck der Pavillons zu minimieren. Die gezeigten Resultate repräsentieren den heutigen Zwischenstand des Forschungsprojektes. Bis zum Ende des Projektes sollen die Umweltauswirkungen weiter gesenkt und das Design sowie die Materialwahl des Hotel-Pavillons angepasst werden. Abbildung 1 zeigt eine erste Visualisierung der Pavillons im Forschungsprojekt EcoCab.



Abb. 1 Visualisierung des Hotel-Pavillons im Forschungsprojekt EcoCab

2 HAUPTFAKTOREN DES ERDERWÄRMUNGSPOTENTIALS EINES HAUSES

2.1 Baustoffe und Berechnungsmethode

Als funktionelle Einheit wird in der Arbeit ein Hotel-Pavillon definiert, welcher für zwei Gäste und eine Nutzungsdauer von bis zu 80 Jahren konzipiert ist. Der entwickelte Hotel-Pavillon hat eine beheizte Grundfläche von 25.5 m². Die Tragstruktur besteht in ihrer heutigen Form aus unverleimtem Vollholz und Brettschichtholz (Nadelholz). Die Holzelemente sind mit Holzfaserdämmung ausgefacht und mit OSB-Platten beplankt. Im Innern sind Sperrholzverkleidung sowie ein Parkettboden eingerechnet. Die Dampfbremse liegt je nach Klimazone entweder innen oder aussen. Nach Aussen schliesst das Hotel-Pavillon mit einer angekohlten und geölten Holzfassade ab (Yakisugi, hinterlüftete Fassade). Die Fenster sind mit einer Zweifachverglasung und einem Aluminiumrahmen geplant. Ein verzinktes Stahlblech bildet den Dachabschluss. Als Fundamente wurden Schraubfundamente aus verzinktem Stahl

angenommen. Die Bodenplatte wird zusätzlich unter dem Gebäude mit Eternitplatten vor Feuchtigkeit und Schmutz geschützt.

Auf dem Dach des Hotel-Pavillons ist eine Photovoltaik-Anlage (PV) geplant, welche 80% des elektrischen Energiebedarfs während der Nutzungsphase abdeckt. Die restlichen 20% werden als elektrische Energie vom Netz in der Nutzungsphase eingerechnet.

Die Hotel-Pavillons sollen auf Wunsch des Umsetzungspartners in Indien produziert und in einem ersten Projekt in der Toskana (Italien) errichtet werden. Baustoffe werden mehrheitlich aus Indien beschafft, in einer Zimmerei in Indien zu Elementen verbaut und mit einem Container über See nach Italien verschifft. Alternative Produktionsstandorte werden ebenfalls evaluiert. Für die verschiedenen Gebäudeteile wurde eine unterschiedliche Lebensdauer möglichst realitätsnah abgeschätzt. So wird zum Beispiel die Tragstruktur aus Holz nie, die OSB-Platten einmal, Fenster zweimal und die PV-Anlage dreimal in 80 Jahren ersetzt.

Die Berechnung der Umweltauswirkungen beschränkt sich in diesem Artikel auf die Treibhausgasemissionen. Die Treibhausgasemissionen wurden mit der Software Simapro und der Datenbank Ecoinvent berechnet (Version Ecoinvent 3.9.1). Dabei wurde die Methodik IPCC 2021 GWP100-fossil angewandt. Gemäss der Norm EN 15804:2012+A2:2019 wurde im Forschungsprojekt eine Berechnung «von der Wiege bis zur Bahre» durchgeführt. In diesem Artikel zugrundeliegenden Projekt wird zusätzlich zu den Treibhausgasemissionen eine Vielzahl an Indikatoren ausgewertet.

2.2 Ergebnisse pro Lebenszyklusphasen und pro Baustoffgruppen

Die Ergebnisse zeigen, dass der Ersatz der Bauteile während der Nutzungsdauer von 80 Jahren mit 43 % den grössten Anteil der Treibhausgasemissionen ausmacht. Mit 26 % und 16 % haben auch die Herstellung der Baumaterialien sowie der Stromverbrauch während der Gebäude-Nutzung einen hohen Anteil (Abbildung 2).

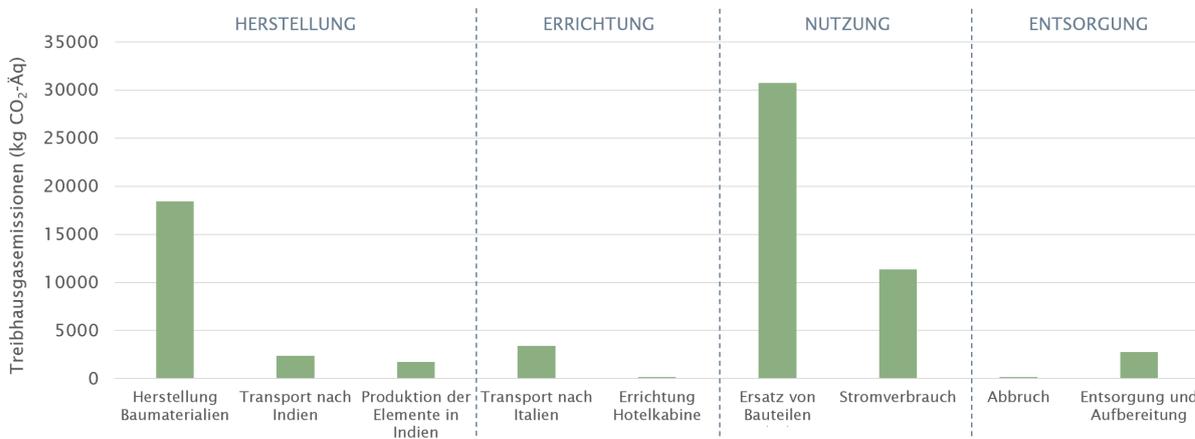


Abb. 2 Aufteilung der Treibhausgasemissionen in kg CO₂-Äq eines Hotel-Pavillons über 80 Jahre in Lebenszyklusphasen

Die Treibhausgasemissionen beim Ersatz von Bauteilen werden stark von den Annahmen der Lebensdauer der jeweiligen Bauteile geprägt. Je öfter ein Bauteil in den betrachteten 80 Jahren ersetzt werden muss, umso höher werden die entsprechenden Treibhausgasemissionen dieses Bauteils beim Ersatz. Im Ersatz eingerechnet ist die neue Produktion des Bauteils sowie deren Transport nach Italien.

Bei der Aufteilung der Treibhausgasemissionen in Baustoffgruppen und Elektrizitätsverbrauch ohne Gebäudetechnik, aber mit PV-Anlage, über alle Lebensabschnitte hinweg, macht die Herstellung und der Ersatz von Baustoffen den grössten Anteil mit 62% aus und die Herstellung der Elektrizität macht die weiteren 38% aus (Abbildung 3). Die Fassade stellt 3% der Treibhausgasemissionen dar, was 5% der Treibhausgasemissionen aller Baustoffen entspricht. Die PV-Anlage, welche 80 % des gesamten

Stromverbrauches abdeckt, hat einen Anteil von 22 % der gesamten Treibhausgasemissionen und der zusätzliche Strombedarf von 20 % aus dem italienischen Stromnetz einen Anteil von 16 %. Demnach verursacht die Produktion von 1 kWh mit der PV-Anlage deutlich weniger CO₂-Emissionen als 1 kWh im italienischen Stromnetz.

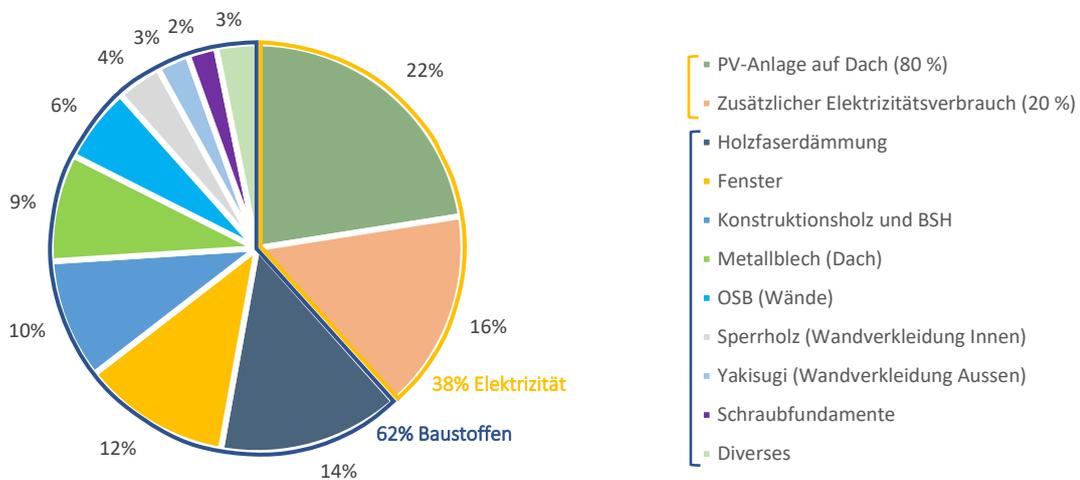


Abb. 3 Aufteilung der Treibhausgasemissionen in kg CO₂-Äq eines Hotel-Pavillons über 80 Jahre in Baustoffgruppen und Elektrizitätsverbrauch ohne Gebäudetechnik, aber mit PV-Anlage

3 VERGLEICH DES ERDERWÄRMUNGSPOTENTIALS VERSCHIEDENER FASSADEN-BAUSTOFFE

3.1 Fassaden-Baustoffe und Berechnungsmethode

In dieser Studie wird als Fassade nur die äusserste Wetterschicht bezeichnet (Wandverkleidung ausseren). Die hier kurz zusammengefasste Studie der Umweltauswirkungen von verschiedenen Fassaden-Baustoffen wurde im Rahmen des Forschungsprojektes EcoCab durchgeführt. Ziel war es, den Fassaden-Baustoff mit den niedrigsten Treibhausgasemissionen für das Hotel-Pavillon auszuwählen. Für diesen Vergleich wurden für die verschiedenen Baustoffe Daten aus Umweltproduktdeklarationen (EPDs), aus der Datenbank Ökobaudat sowie mit den KBOB-Ökobilanzdaten (2022) erhoben.

Als Funktionelle Einheit wurde 1 m² Fassade mit der handelsüblichen Baustoffstärke definiert. Aus den Datenquellen wurden die Treibhausgasemissionen (GWP100-fossil) sowie die energetisch genutzte Primärenergie (PERE, PENRE) erhoben und verglichen. Die Studie umfasst die Betrachtung der Herstellung der Baustoffe, einen Transport von 1'000 km mit einem Lastwagen in Europa sowie den Ersatz während einer Nutzungsdauer von 80 Jahren. Beim Ersatz wurde angenommen, dass die Fassaden aus Holz oder mit einem Holzanteil zweimal und alle restlichen Fassaden-Baustoffe einmal in 80 Jahren ersetzt werden. Der Lastwagen-Transport wurde mit 0.165 kg CO₂-Äq./tkm angenommen.

3.2 Ergebnisse für Treibhausgasemissionen und Primärenergie

Die Ergebnisse zeigen die zum Teil grosse Differenz der angegebenen Umweltauswirkungen zwischen den hier betrachteten Quellen. Profiliertes Nadelholz mit einem Anstrich, thermisch behandeltes Holz sowie die angekohlte Yakisugi Fassade zeigen im Vergleich aller Baustoffe die niedrigsten Treibhausgasemissionen bei der Herstellung. Eine chemische Behandlung (Accoya) sowie eine Imprägnierung (Kebony) von Holzprodukten führen bereits zu einer deutlichen Erhöhung der Treibhausgasemissionen unter der Annahme, dass die Ersatzintervalle durch die Imprägnierung nicht verkürzt werden. Von den Produkten aus oder mit Holz weist der Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoff die höchsten

Treibhausgasemissionen auf. Bei den «Nicht-Holzwerkstoffen» hat die Faserzementplatte die niedrigsten und die keramische Platte die höchsten Treibhausgasemissionen bei der Herstellung (Abbildung 4).

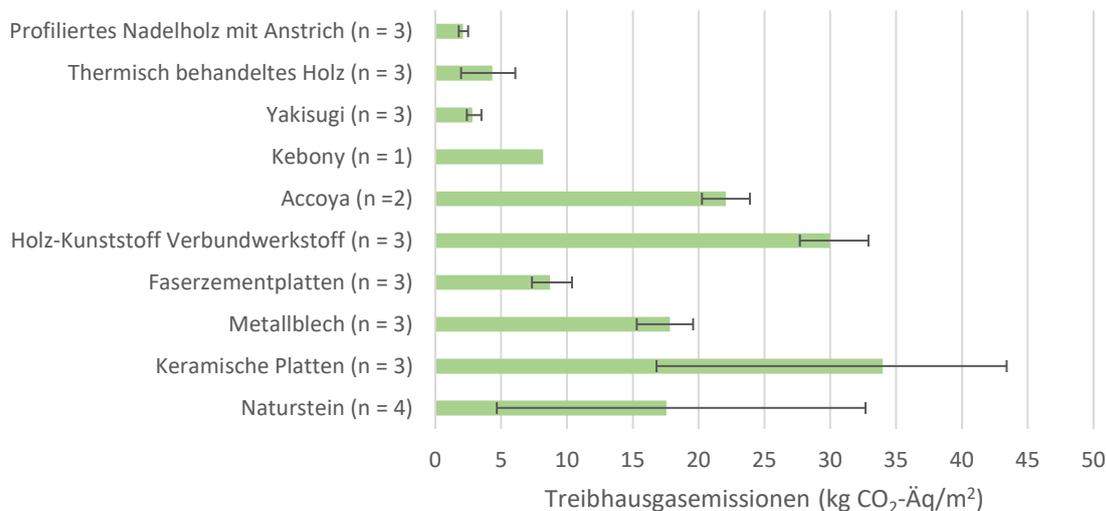


Abb. 4 Vergleich der Treibhausgasemissionen von 1 m² unterschiedlicher Fassaden-Baustoffe bei der Herstellung, Fehlerindikatoren zeigen min. und max. Werte der untersuchten Quellen

Beim Transport der Fassadenbaustoffe über die gleiche Distanz von 1'000 km mit einem Lastwagen in Europa ist das Gewicht der Varianten entscheidend. Die Naturstein-Fassade mit durchschnittlich 75 kg/m² weist dementsprechend die höchsten Treibhausgasemissionen beim Transport aus. Die Treibhausgasemissionen beim Ersatz der Baustoffe werden durch die Annahme der Lebensdauer der Fassaden-Baustoffe definiert.

Mit dem Mittelwert der untersuchten Datenquellen, unter Berücksichtigung von Herstellung, Transport und Austausch, weisen profiliertes Nadelholz mit Anstrich, Yakisugi-Fassade und wärmebehandeltes Holz die niedrigsten Treibhausgasemissionen auf (Abbildung 5).

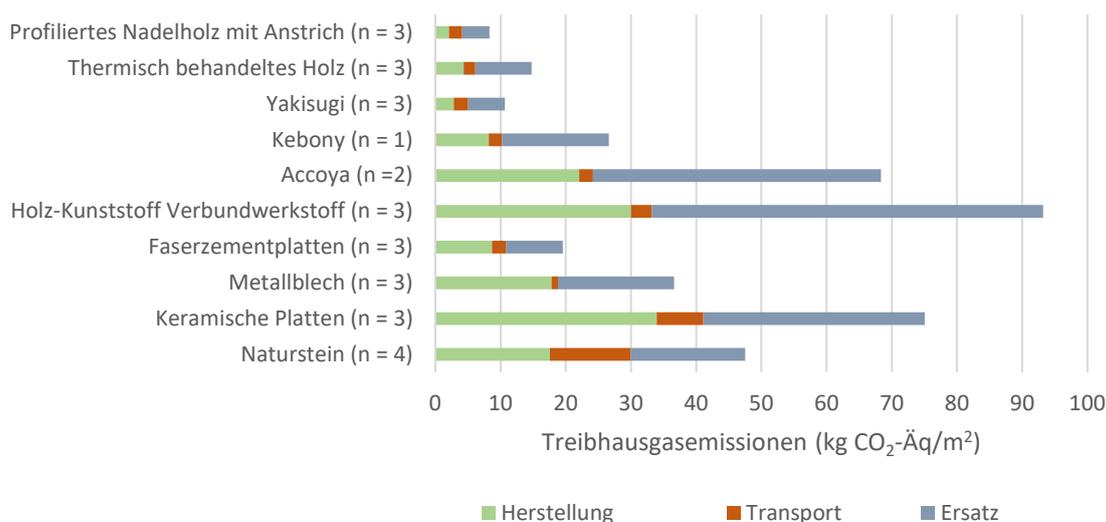


Abb. 5 Vergleich der Treibhausgasemissionen von 1 m² unterschiedlicher Fassaden-Baustoffe bei der Herstellung, dem Transport und dem Ersatz während einer Nutzungsdauer von 80 Jahren

Bei der Betrachtung der energetisch genutzten Primärenergie bei der Herstellung der Baustoffe für 1 m² Fassade zeigt sich ein vergleichbares Bild wie bei der vorherigen Betrachtung der Treibhausgasemissionen. Die Resultate zeigen eine grosse Abweichung der Primärenergieangaben in den untersuchten Quellen (Abbildung 6).

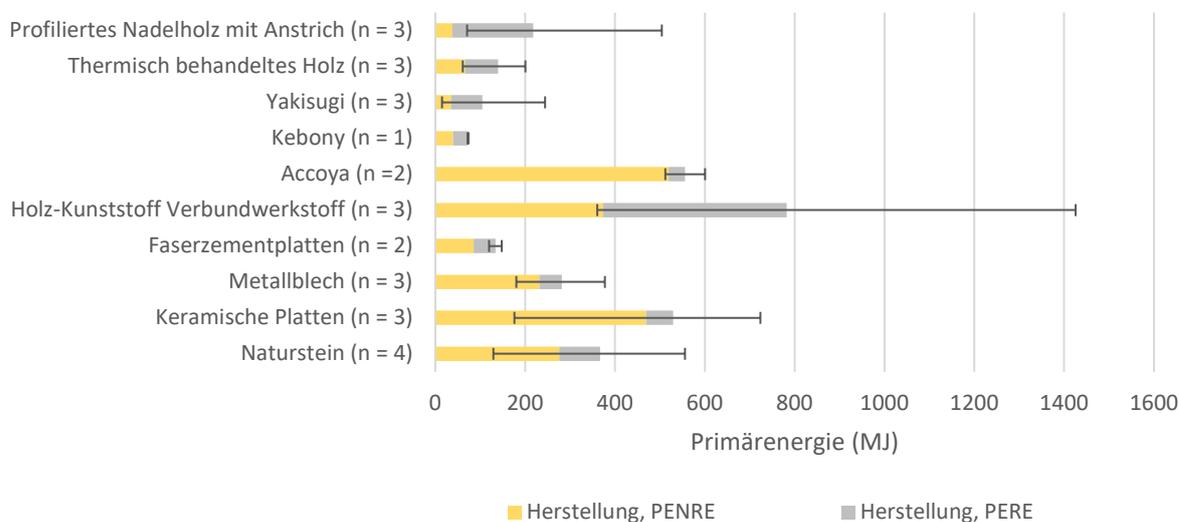


Abb. 6 Vergleich der energetisch genutzten Primärenergie bei der Herstellung von 1 m² unterschiedlicher Fassaden-Baustoffe, Fehlerindikatoren zeigen min. und max. Werte der totalen Primärenergie der untersuchten Quellen (PERE: energetisch genutzte erneuerbare Primärenergie, PENRE: energetisch genutzte nicht erneuerbare Primärenergie)

4 VOM WALD ZUR HOLZFASSADE – ENTSTEHUNG DER CO₂-EMISSIONEN BEI DER HERSTELLUNG VON HOLZPRODUKTEN

4.1 Holzprodukte und Berechnungsmethode

Um die Treibhausgasemissionen einer Holzfassade genauer zu untersuchen, wurde der Datensatz für ein Nadelholz-Brett aus Ecoinvent in die einzelnen Herstellungsschritte aufgeschlüsselt und für die Herstellung von 1 m³ lackierter Holzfassade präsentiert (Datensatz in Ecoinvent: Sawnwood, lath, softwood, dried (u=20%), planed {CH}| planing, lath, softwood, u=20% | Cut-off, U). Dabei wurden die Treibhausgasemissionen der Prozesse Fällen und Entasten, Rücken bis zur Waldstrasse, Transport zum Sägewerk, Entrinden und Sägen, technische Trocknung, Hobeln und Lackieren berechnet (Software Simapro und Methodik IPCC 2013 GWP100). Für die Herstellung von 1 m³ Holzfassade müssen gemäss den untersuchten Datensätzen aus Ecoinvent 1.7 m³ Holz eingesägt, 1.2 m³ technisch getrocknet und 1.1 m³ gehobelt werden. Bei der Lackierung wurde ein Sprühtunnel mit Wasser-basiertem Lack und einer Auftragsmenge von 250 g/m² angenommen (Abbildung 7).

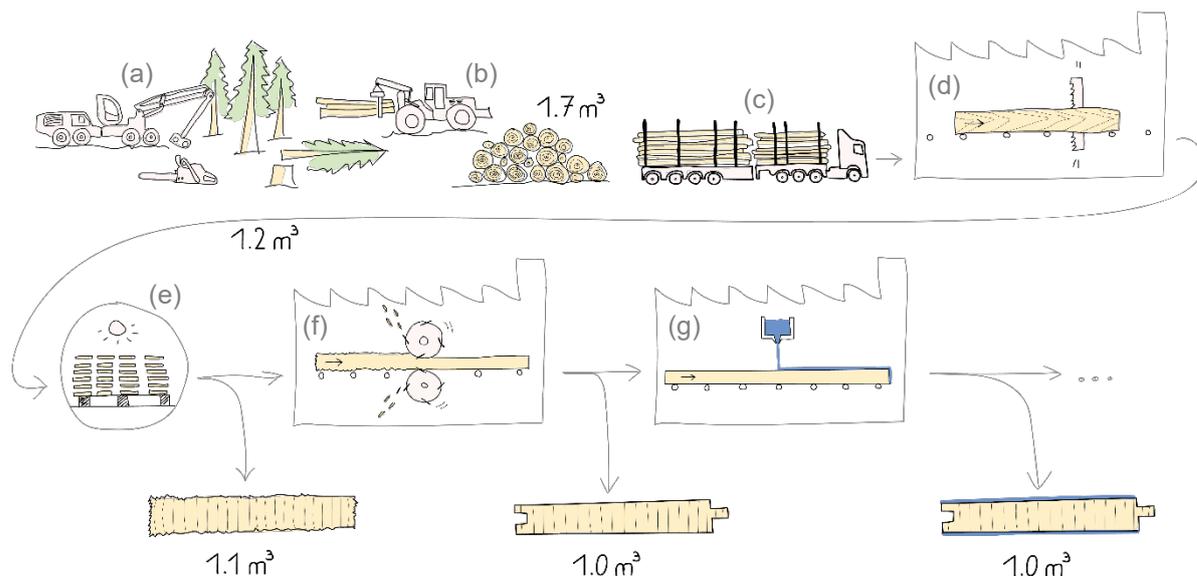


Abb. 7 Untersuchter Verarbeitungsweg vom Wald zu einem Kubikmeter lackierter Holzfassade mit den Prozessen Fällen und Entasten (a), Rücken bis zur Waldstrasse (b), Transport zum Sägewerk (c), Entrinden und Sägen (d), technische Trocknung (e), Hobeln (f) und Lackieren (g)

4.2 Ergebnisse für Treibhausgasemissionen und Primärenergie

Die Ergebnisse zeigen, dass die Lackierung mit 53 kg CO₂-Äq. den grössten Anteil an den Treibhausgasemissionen bei der Herstellung von 1 m³ Holzfassade hat. Ebenfalls grössere Anteile haben der Transport zum Sägewerk mit 13 kg CO₂-Äq, das Rücken der Stämme an die Waldstrasse und das Fällen und Entasten der Bäume mit je 10 kg CO₂-Äq. Die Prozesse Entrinden und Sägen, technische Trocknung und Hobeln weisen in diesem Vergleich niedrigen Treibhausgasemissionen auf (Abbildung 8).

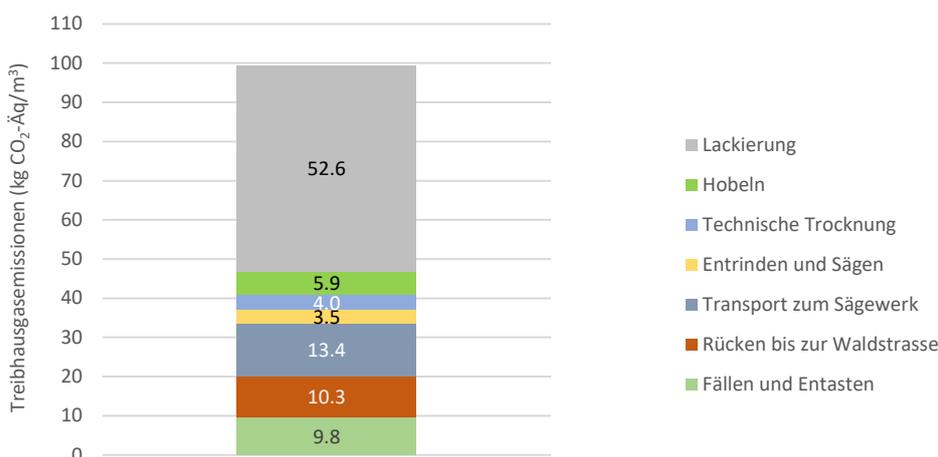


Abb. 8 Treibhausgasemissionen der Herstellungsprozesse von 1 m³ lackierter Holzfassade

5 SCHLUSSFOLGERUNG

Anhand des Beispiels eines Hotel-Pavillons wurden die Hauptfaktoren des Erderwärmungspotentials eines Gebäudes aufgezeichnet.

Bei den Lebenszyklusphasen hat der Ersatz von Bauteilen während der Nutzungsdauer des Hotel-Pavillons von 80 Jahren einen grossen Anteil an den totalen Treibhausgasemissionen. Durch eine Verlängerung der Lebensdauer der Bauteile können die Treibhausgasemissionen des Hotel-Pavillons gesenkt werden. Dies kann zum Beispiel durch das Verbauen von qualitativ hochwertigen Baustoffen, einer schützenden Gebäudearchitektur sowie Konstruktionsdetails und regelmässigen Wartungsarbeiten erreicht werden. Der zweitwichtigste Einflussfaktor auf die Treibhausgasemissionen bei der Herstellung der Baustoffe liegt, was die Wichtigkeit der Baustoffauswahl in der Konzeptphase unterstreicht. Der dritte Einflussfaktor ist der Stromverbrauch.

Im Verhältnis zum gesamten Gebäude verursacht die Herstellung einer Holz-Fassade nur einen sehr geringen Anteil (3%) des gesamten Erderwärmungspotentials des Pavillons, was nur 5% der Treibhausgasemissionen aller Baustoffen darstellt. Die Herstellung von Elektrizität (Herstellung der PV-Anlage und Stromverbrauch zusammen) macht den grössten Anteil aus (38 %). Die PV-Anlage erlaubt eine Reduktion des Stromverbrauchs vom italienischen Netz, was der Stromverbrauch nur in der Dritte Position der Emissionsfaktoren bei den Lebenszyklusphasen platziert.

Beim Vergleich der Fassaden-Baustoffe zeigen sich deutliche Unterschiede in den herangezogenen Quellen. Im Mittel weisen die Holzfassaden mit einem Anstrich, einer thermischen Behandlung oder einer verkohlten Oberfläche tieferen Treibhausgasemissionen als die anderen untersuchten Baustoffe auf. Bei einer lackierten Holzfassade macht der Lackierprozess rund 50 % der totalen Treibhausgasemissionen aus. Weiter zu untersuchen wäre hier, ob es vergleichbare Oberflächenbehandlungen gibt, welche weniger Primärenergie brauchen und damit die Treibhausgasemissionen von lackierten Holzfassaden senken könnten.

Wärmedämmverbundsysteme im Holzbau – Bewährte Lösungen und Details

Ulrich Wilms
GUTEX Holzfaserplattenwerk GmbH & Co. KG

1 WARUM HOLZFASER

Ein Wärmedämmverbundsystem im Holzbau umzusetzen war viele Jahre ein aufwändiges und bauphysikalisch nicht ganz einfaches Unterfangen. Um die verputzbaren Wärmedämmplatten aufzubringen, mussten zunächst geeignete Holzwerkstoffplatten aufgebracht werden, die in den frühen Jahren auch direkt verputzt wurden.

Mit der Einführung der Holzfaserdämmplatten als Putzträgerplatten im WDVS um die Jahrtausendwende vereinfacht sich die reine Montage der Dämmung erheblich, da die druckfesten Dämmplatten mit Nut und Federprofilierung ausgestattet direkt auf den Holzständer montiert werden können, um dann mit geeigneten Putzsysteme verputzt zu werden. Die mechanischen Eigenschaften der Holzfaserplatten machen sie zu einer deutlich besseren Putzträgerplatte als eine reine Holzwerkstoffplatte wie z.B. die Spanplatte. Der Spannungsabbau in der Platte sorgt für einen robusten Untergrund vom Putzsystem und trotzdem ist die Platte ausreichend stabil, um sie auf dem Holzständer zu montieren.

Auch aus Sicht der Nachhaltigkeit, finden Holzfaserplatten große Beliebtheit als Putzträgerplatte, egal auf welchem Untergrund. Die Nutzung von Holz aus regionaler nachhaltiger Forstwirtschaft welches ansonsten der thermischen Verwertung zugeführt werden würde, bindet langfristig Kohlenstoff und sorgt während der Bindung zusätzlich für weitere Einsparungen durch die dämmende Wirkung.

Ein weiterer Vorteil der Holzweichfaserplatten sind die bauphysikalischen Aspekte, wie z.B. die Diffusionsoffenheit. Der Holzbau kann mit diesen Systemen nach Außen hin diffusionsoffen gestaltet werden, was ein zusätzliches Bauschadenfreiheitspotential mit sich bringt. Aber auch für den Schall- und den Brandschutz tragen diese Materialien einiges bei.



Abb. 30 Klassischer Aufbau eines Holzfaser-WDVS im Holzbau

2 SYSTEMZULASSUNG

Die ersten baurechtlich relevanten Systemzulassungen wurden 2001 in Deutschland erteilt, weitere folgten in den Jahren danach. Mit der Einführung der Holzfaserdämmplatten aus dem Trockenverfahren wurde ein paar Jahre später nochmals ein neuer Qualitätsmaßstab insbesondere für das WDVS gesetzt.

Probleme z.B. mit Ligninausblühungen im Putzbild, welches sich verfahrensbedingt auf der Oberfläche angesammelt hatte, wurden weiter minimiert und sind heute kaum ein Thema mehr.

3 WORAUF MUSS MAN ACHTEN

Wärmedämmverbundsysteme im Holzbau müssen gut ausgeführt werden, da Wetterschale (das Putzsystem) und der Dämmstoff unmittelbar miteinander verbunden sind. Daher ist ein WDVS nicht so fehlertolerant wie eine hinterlüftete Fassade.

Anschlussdetails an angrenzende Bauteile sowie Durchdringungen müssen gut geplant und ausgeführt sein. Aber auch der systemkonformen Ausführung des WDVS in der Fläche muss Beachtung geschenkt werden.

Der wohl wichtigste Bereich in der Anschlussplanung ist der Fensteranschluss. Hat man viele Jahre rein mit seitlich in die Leibung einbindenden Fensterbänken gearbeitet ist heute die zweite Dichtungsebene, oder auch Sekundärabdichtung genannt, ein wichtiger Sicherheitsfaktor, um das System und die Konstruktion dahinter zu schützen.

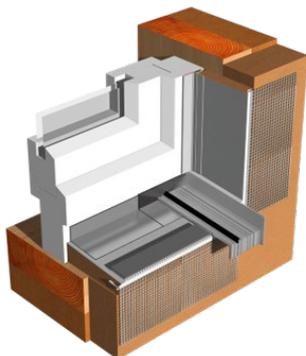


Abb. 32 GUTEX Implio P - Zweite Dichtebene mit Leibungsplatten

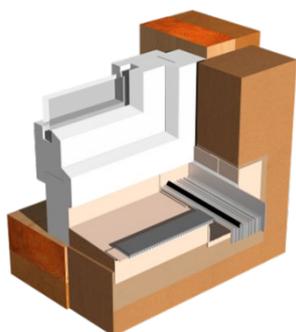


Abb. 31 GUTEX Implio F - Zweite Dichtebene mit Foliendämmkeil und Klebecken

Das in der Schweiz kürzlich eingeführte Merkblatt des Schweizerischen Maler- und Gipserunternehmer-Verband (SMGV) gibt mittlerweile auch vor, im Holzbau nur noch mit zweiter Dichtungsebene zu verfahren.

Die Industrie hat mittlerweile viele unterschiedliche Systeme wie diese Fachgerecht ausgeführt werden können, wie zum Beispiel mit vorkonfektionierten Klebecken, die ein hohes Maß an Dichtheit in der kritischen Bauteilecke gewährleisten. Bei der Ausführung der eigentlichen Fensterbank ist beim Einsatz der zweiten Dichtungsebene deutlich mehr Freiheit geboten. Wichtig ist dabei auf ausreichend Abstand zur Leibung zu achten. Die unterschiedlichen Materialien müssen sich bei Wärmeeinwirkung

ausreichend ausdehnen und danach auch wieder schrumpfen können, ohne den starren Putz zu beschädigen. Gerade bei Metallfensterbänken ist mit viel Materialbewegung zu rechnen.

Aber auch der Anschluss an andere Bauteile und Durchdringungen muss dauerhaft Wind- und Schlagregendicht sein. Hier hat sich der Einsatz von Kompribändern bewährt, welche mit der Vorderkante der Platte bündig montiert werden müssen. Aber auch der Einsatz von Manschetten wie z.B. für Elektroinstallationen funktionieren gut. Wichtig ist immer darauf zu achten, dass die Holzfaserplatten hinter der Putzschicht keine unvorhergesehenen Feuchten aufnehmen dürfen.



Abb. 33 Schlecht ausgeführte Bauteilfuge mit Quetschfalte

Die früher noch des Öfteren gesehenen Quetschfalten im Geschossstoß haben i.d.R. zwei wesentliche Ursachen. Zum einen wird im Geschossstoß viel liegendes Holz eingesetzt was in den früheren Jahren lange nicht so gut getrocknet und somit nicht so formstabil war, wie es heute der Fall ist. Zum anderen ist meist auch eine Plattenfuge im Bereich des Geschossstoß vorzusehen die nicht so exakt ausgeführt wird, wie es in der Fläche der Fall ist. Im ungünstigsten Fall gab es also Setzungen in der Konstruktion kombiniert mit Fugen in der Platte, welche den Putz zum Ausknicken gebracht haben. Auf eine ausreichende Setzungssicherheit hinter dem WDVS in der Konstruktion und das fachgerechte Schließen der Fugen ist daher immer zu achten.

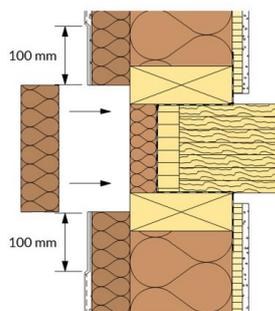


Abb. 34 Detail vom Geschossstoß mit Passestück aus Holzfasern und setzungssicherem Holz

Abzeichnungen von Plattenstößen und/oder Dübeltellern sieht man leider auch heute noch immer wieder. Meist begründet durch zu wenig Putzauftrag in der Fläche. Bei herkömmlichen mineralischen Armierungsmörteln ist eine minimale Putzdicke von 5 mm obligatorisch, bei Leicht-Armierungsmörteln 2-3 mm mehr. Leider setzen einige meist zu günstig anbietende Gipserunternehmen auf ihre Erfahrungen mit EPS-Fassaden, die auch teilweise mit weniger dicken Armierungsschichten auskommen, jedoch meist dann organische Systeme, was zu diesen Problemen führt. Aber auch zu tief eingebrachte Tellerdübel bürden das Risiko von Abzeichnungen welches durch sachgemäße Verarbeitung aber leicht zu verhindern ist.

Das Holzfasern-WDVS im Holzbau hat aber immer noch einen ganz wesentlichen Unterschied im Vergleich zu anderen Systemen. Es wird in der Regel von zwei unterschiedlichen Gewerken ausgeführt. Das ist grundsätzlich kein Problem, allerdings ist eine saubere Gewerkeübergabe dadurch umso

wichtiger! Dafür vorgearbeitete Checklisten und Protokollvorlage gibt es von den Herstellern mittlerweile zur genüge, um die Übergabe transparent und verbindlich für beide Seiten umzusetzen. Daher steht die dringende Empfehlung sich die Zeit zur gemeinsamen Übergabe zu nehmen, es erspart im Nachhinein oft viele langwierigere Diskussionen



Abb. 35 Zu tief eingebrachter Tellerdübel

4 FAZIT UND AUSBLICK

Werden die oben genannten Punkte ausreichend beachtet bzw. befolgt, steht einem langlebigen ökologischen WDVS mit ansprechender Putzfassade auf einem Holzhaus nichts im Wege.

Auch bei mineralischen Untergründen wird in den letzten Jahren immer mehr auf WDVS aus Holzfasern gesetzt. Eine nachhaltige Alternative zu herkömmlichen WDVS werden insbesondere von Bauherren immer mehr gefordert und hier bekommt die Holzfaser einen immer höheren Stellenwert.



Abb. 36 Vorgeständerte Holzkonstruktion für WDVS

Egal ob herkömmlich mit Klebemörtel geklebte Systeme, oder vorgeständerte Holzkonstruktionen mit mechanisch befestigten Platten finden hier Verwendung. Letztere bringen gerade auch dem Zimmermann neue Arbeitsgebiete. Wurde er bei energetischen Modernisierungen bisher nur zur Dachdämmung gerufen kann er ebenfalls die Fassadendämmung mit anbieten und das in Zeiten der geforderten sortenreinen Rückbaubarkeit in rein geschraubter Variante. Sogar die spätere Trennung des Putzes von Holzfasermatten ist einfach umzusetzen.

REFERIERENDENVERZEICHNIS

TAGUNGSLEITER

<p>Hanspeter Kolb Brandschutzexperte Holzbauexperten GmbH Biel hanspeter.kolb@holzbauexperten.ch</p>	<p>seit 2021 Gründer und Mitinhaber Holzbauexperten GmbH seit 2017 Studienleitung: CAS Brandschutz für Architekt*innen, BFH Biel seit 2013 Studienleitung: CAS Bauphysik im Holzbau, BFH Biel seit 2010 Studienleitung und Lehrtätigkeit: CAS Brandschutz im Holzbau / Lehrgang Brandschutz im Holzbau, BFH Biel seit 2010 Kommunaler Brandschutzexperte VKF seit 2002 Lehrtätigkeit Bachelor Holz, BFH Biel: Brandschutz im Holzbau seit 1986 Lehrtätigkeit Technikerschule HF Holz, Biel: Holzbau, Bauphysik, Brandschutz, Fokus „Gebäudehülle + Raumtrennung“ 2018-2021 Leiter Kompetenzbereich Brandsicherheit und Bauphysik; Institut Holzbau, Tragwerke und Architektur (HTA), BFH Biel 2017-2021 Professor für Brandschutz und Holzbau, BFH Biel 2014-2021 Professor für Holzbau, BFH Biel 2013-2021 Stv. Leiter Institut Holzbau, Tragwerk und Architektur (HTA), BFH Biel 2013-2018 Leiter Kompetenzbereich Holzbau, Institut HTA, BFH Biel</p>
<p>Andreas Müller Dipl. Ing. Holzbauexperten GmbH Biel andreas.mueller@holzbauexperten.ch</p>	<p>Seit 2021 Gründer und Mitinhaber Holzbauexperten GmbH, Langrickenbach und Biel Seit 2006 Bundesexperte für Denkmalpflege (Holzbau) Seit 2005 Berner Fachhochschule, Professor für Holzbau und Baukonstruktion 2014 - 2021 Berner Fachhochschule, Leiter Institut für Holzbau, Tragwerke und Architektur 2005 - 2013 Geschäftsführer u. Gesellschafter tragwerkeplus Ingenieurgesellschaft, Reutlingen 2004 - 2020 Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger (IHK), Fachgebiet Holzbau und Holzbrückenbau 2001 - 2005 Wissenschaftlicher Mitarbeiter/Institutskoordinator, Institut für Holzbau, Hochschule Biberach 1998 - 2005 Gesellschafter Ingenieurbüro Tragwerke + Baukonstruktionen, Ingenieure Prof. Dipl.-Ing. Nikolaus Nebgen, Dipl. Ing. Andreas Müller, Reutlingen 1985 - 1997 Dipl.-Bauingenieur u. Projektleiter, Ingenieurbüro für Holzbau, Nikolaus Mitgliedschaften Nebgen, Reutlingen</p>

REFERIERENDE

<p>Heinz Beer Eidg. Dipl. Zimmermeister / TS</p> <p>Beer Holzbau AG</p> <p>Ostermundigen</p> <p>Heinz.Beer@beer-holzbau.ch</p>	<p>2018 – heute Vorstand VGO (Schweizerischer Verband für geprüfte Qualitätshäuser)</p> <p>2009 Gründung Beer Holzhaus AG</p> <p>1999 - heute Geschäftsleiter und Inhaber BEER HOLZBAU AG</p> <p>2007 - heute Zentralleitung Holzbau Schweiz, Bereich Soziales, Förderung Schweizer Holz</p> <p>Vorstand Holzbau Schweiz Sektion Bern</p> <p>1994 - heute Bauphysik, Minergie-P-Eco, Solartechnik, Statik, Brandschutz, chemischer Holzschutz</p> <p>1999 Gründung Beer Holzbau AG</p> <p>1994 – 1999 Betriebsleitung Holzbau, Ostermundigen</p> <p>1994 Zimmermeisterprüfung</p>
<p>Ivan Brühwiler Holzbauingenieur BSc FH/SIA, Brandschutzexperte VKF</p> <p>B3 Kolb AG</p> <p>Romanshorn</p> <p>ivan.bruehwiler@b-3.ch</p>	<p>seit 2009 B3 Kolb AG, Romanshorn (ehemals Josef Kolb AG)</p> <p>Mitglied Führungsteam B3, Gruppenleitung, Präsident und Delegierter des Verwaltungsrates</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Unternehmensleitung, Projektleitung Holzbau und Brandschutz ▪ Anerkannter Fachingenieur und Fachspezialist «Brandschutz im Holzbau», Lignum ▪ Leitender Autor und Fachautor Lignum-Dokumentation Brandschutz, Lignum ▪ Vertrauensingenieur Holzbau des Kantons Aargau ▪ SBS-Experte CEN TC 127 «Fire Safety In Buildings», SBS Brüssel ▪ Dozent Lehrgang «Brandschutz im Holzbau» und Modulkurse «Brandsicherheit im Holzbau» und «Brandschutz für Bauingenieure» BFH AHB Biel ▪ Dozent Lehrgang «CAS Brandschutz für Architekt- innen und Architekten», BFH AHB Biel / SIA Zürich ▪ Dozent Lehrgang «Brandschutzfachmann VKF», VKF Bern <p>seit 2020 B3 Brühwiler AG, Gossau</p> <p>Mitglied des Verwaltungsrates</p> <p>seit 2019 B3 Gruppe AG, Gossau</p> <p>Geschäftsleitung, Mitglied des Verwaltungsrates</p> <p>seit 2017 B3 buildagil AG, Gossau</p> <p>Mitglied des Verwaltungsrates</p> <p>seit 2012 Brühwiler Ingenieure Holding AG, Gossau</p> <p>Mitglied des Verwaltungsrates</p>
<p>Sina Büttner</p> <p>Hochschule Luzern - Technik und Architektur, Institut für Ge- bäudetechnik und Energie</p> <p>Horw</p> <p>sina.buettner@hslu.ch</p>	<p>Sina Büttner (*1990) ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE.</p> <p>2011 schloss sie das Bachelorstudium in Architektur an der Bauhaus-Universität in Weimar ab. Anschliessend folgte das Masterstudium an der Fachhochschule in Magdeburg im Bereich "Energieeffizientes Bauen".</p> <p>Zuletzt tätig als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Fachhochschule in Salzburg am Studiengang "Smart Building - Energieeffiziente Gebäudetechnik und nachhaltiges Bauen", unterstützte sie in dieser Zeit das Forschungs- und Innovationsnetzwerk "Alpines Bauen" und wirkte an der Entwicklung eines Leitfadens für die schrittweise Sanierung mit.</p>

	Im Oktober 2018 wechselte Sina Büttner an die Hochschule Luzern, wo sie die Forschungsgruppe Nachhaltiges Bauen und Erneuern bis heute unterstützt.
Aude Chabrelie Prof. Dr. Berner Fachhochschule AHB Biel aude.chabrelie@bfh.ch	Seit 2023 Professorin für Nachhaltiges Bauen Berner Fachhochschule Seit 2023 Innenarchitektin mit eigener Firma, Konzeptentwicklung für Raumoptimierung und Nachhaltiges Wohnen Seit 2021 Dozentin Fernfachhochschule Schweiz, Technology Management für MSc. Sustainability & Circular Innovation 2021 –2023 Leiterin Technologie & Umwelt, Mitglied der GL Creabeton, Vigier Rail 2014 –2017 Projektleiterin Produktentwicklung Creabeton Produkteentwicklung für Design, Hochbau, Gartenbau und Infrastruktur 2010 –2013 Forschungsingenieurin Saint-Gobain Mörtel-Zusammensetzungen mit geringerer Umweltbelastung 2006 –2010 Forschungsassistentin (Doktorarbeit) EPFL Dauerhaftigkeit von Beton: Schädigungsmechanismen im Wasser
Michael Eichenberger BSc in Holztechnik MAS Energieingenieur Gebäude PIRMIN JUNG Schweiz AG Thun Michael.Eichenberger@pirminjung.ch	Lehre als Schreiner bei Ernst Riesen AG Berufsmaturitätsschule, Bern BSc in Holztechnik an der Berner Fachhochschule, Biel Praktikum im Architekturbüro aardeplan ag, Baar Diverse Weiterbildungen im Bereich des Nachhaltigen Bauens und der Raumsimulation mit IDA ICE und TecTool MAS Energieingenieur Gebäude an der Hochschule Luzern
Karim Ghazi Wakili Dr. Berner Fachhochschule AHB Biel karim.ghaziwakili@bfh.ch	Wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der AHB BFH mit Promotion in Experimentalphysik (ETHZ) und langjähriger Praxis in Bauphysik Schwerpunkt Wärme- und Stofftransport in Baustoffen bei Umgebungs- sowie Brandtemperaturen. Dazu verwendet er experimentelle und numerische Methoden im Vergleich und für Parameterstudien. Er verfügt über nationale & internationale Netzwerke in Forschungsinstituten, Industrie und Behörden. Sämtliche seiner wissenschaftlichen Publikationen bei «ResearchGate» aufgelistet.
Michael Hagenauer Grün Stadt Zürich Zürich Michael.Hagenauer@zuerich.ch	1998 –2010 In Österreich: Landschaftsgartenbau, Gartenplanung und Verkauf, Logistik 2010 –2013 In der Schweiz: Landschaftsgartenbau, Verkauf 2013 –2022 Firma Hydroplant AG Zürich Projektleiter/ Bauleiter vertikale Begrünung im Innen- und Aussenbereich, Gebäudebegrünung und Spezialprojekte (z.B. Circle Greenwall Flughafen Zürich.) seit 2022 Grün Stadt Zürich Naturschutz und Stadtökologie Projektleiter Förderprogramme Dach- und Fassadenbegrünung, Baugesuche Dachbegrünung, Beratung städtische und private Projekte Fassadenbegrünung

<p>Richard Jussel Dipl. Zimmermeister, ehem. Geschäftsleiter Blumer-Lehmann AG Blumer- Lehmann AG Gossau richard.jussel@blumer-lehmann.ch</p>	<p>Der eidg. diplomierte Zimmermeister und Holzbau-Fachmann ist bereits seit über 35 Jahren ein wichtiger Erfolgsfaktor der Blumer- Lehmann AG und ihrer Vorgängerfirmen. Nicht erst seit der Übernahme der Blumer- Elementtechnik vor 20 Jahren und der Gründung der jetzigen Firma im Jahr 2000 prägte Richard Jussel die Entwicklung des Unternehmens, der Produkte und des Holzbaus im Allgemeinen.</p> <p>Ihn begeistern innovative Ideen von Architekten und Planern, die er mit seiner Mannschaft umsetzen darf. Seine Offenheit gegenüber neuen Herausforderungen und das unerschütterliche Vertrauen in sein Team sind die Basis für sein Wirken. Sein Fachwissen und die Kreativität des Holzbaus zeigen sich in unzählig realisierten Projekten – von Gewerbe- und Industrie- bis zu atemberaubenden Free Form-Konstruktionen.</p> <p>Auch bei seinen Hobbies steht der Baum an erster Stelle. Er fotografiert weltweit Baumrinden. Holz fasziniert und inspiriert ihn schon sein ganzes Leben lang.</p>
<p>Beat Kämpfen Dipl. Architekt ETH/SIA, M. Arch. UCB Kämpfen Zinke + Partner AG Zürich beat@kaempfen.com</p>	<p>1980 Dipl. Architekt ETHZ 1982 M. Arch. University of California, Berkeley 1983/85 selbständiger Architekt und Assistent ETHZ 1986/95 Meister und Kämpfen Architekten, Zürich 1996/2019 kämpfen für architektur (seit 2010 ag), Zürich Architekturbüro mit 15 - 20 MitarbeiterInnen spezialisiert auf energieeffizientes, solares und ökologisches Bauen in Holz seit 2020 kämpfen zinke + partner ag, Co- Geschäftsführer / Partner 2016 Schweizer Solarpreis ad personam Gremientätigkeiten 2006 – 16 Präsident Forum Energie Zürich 2010 – 2014 Präsident SIA Kommission für Merkblatt und Dokumentation 2047 Energetische Gebäudeerneuerung seit 2010 Delegierter Lignum, technische Kommission Lignum 2005-2016 verschiedene Gremien swissolar</p>
<p>Hanspeter Kolb Brandschutzexperte Holzbauexperten GmbH Biel hanspeter.kolb@holzbauexperten.ch</p>	<p>seit 2021 Gründer und Mitinhaber Holzbauexperten GmbH seit 2017 Studienleitung: CAS Brandschutz für Architekt*innen, BFH Biel seit 2013 Studienleitung: CAS Bauphysik im Holzbau, BFH Biel seit 2010 Studienleitung und Lehrtätigkeit: CAS Brandschutz im Holzbau / Lehrgang Brandschutz im Holzbau, BFH Biel seit 2010 Kommunaler Brandschutzexperte VKF seit 2002 Lehrtätigkeit Bachelor Holz, BFH Biel: Brandschutz im Holzbau seit 1986 Lehrtätigkeit Technikerschule HF Holz, Biel: Holzbau, Bauphysik, Brandschutz, Fokus „Gebäudehülle + Raumentrennung“ 2018-2021 Leiter Kompetenzbereich Brandsicherheit und Bauphysik; Institut Holzbau, Tragwerke und Architektur (HTA), BFH Biel 2017-2021 Professor für Brandschutz und Holzbau, BFH Biel 2014-2021 Professor für Holzbau, BFH Biel 2013-2021 Stv. Leiter Institut Holzbau, Tragwerk und Architektur (HTA), BFH Biel 2013-2018 Leiter Kompetenzbereich Holzbau, Institut HTA, BFH Biel 2009-2012 Stv. Leiter der Einheit Holz und Verbundbau, BFH Biel</p>

	<p>1989-2007 Leiter Abteilung HF Holzbau, Technikerschulen HF Holz, Biel</p> <p>1984-1986 Co-Leitung Abteilung Holzbau: Künzli + Co AG, Davos</p> <p>1979-1984 Projektleiter Holzbau: Künzli + Co AG, Davos</p> <p>1977-1979 Praktische Tätigkeit als Zimmermann</p>
<p>Nicole Pfoser Prof. Dr.-Ing.</p> <p>Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen Nürtingen/Darmstadt Nicole.Pfoser@hfwu.de</p>	<p>Dr.-Ing. Nicole Pfoser, Architektin, Innenarchitektin, International Master of Landscape Architecture.</p> <p>Tätig in Planung, Forschung und Lehre der Architektur, Landschaftsarchitektur, Stadtentwicklung.</p> <p>Schwerpunkt nachhaltiges Entwerfen und Bauen, Gebäudebegrünung und ihre Auswirkung auf Stadt und Gebäude, Energieverbrauch, Klima und Lebensqualität.</p> <p>Studiengangsleiterin und Professorin des Studiengangs Landschaftsarchitektur der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU), Fakultät Umwelt Gestaltung Therapie.</p> <p>Langjährige stellv. Präsidentin der Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e. V. (FBB) (heute Bundesverband GebäudeGrün – BuGG) und Mitglied im Regelwerkausschuss „Fassadenbegrünung“ der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL). Geschäftsführerin Stadtnatur.de. Institutsleiterin der Akademie für Landschaftsbau und Vegetationsplanung (avela) der HfWU. Redakteurin des biotope-city.net, International Journal for City as Nature.</p> <p>Autorin der Fachbücher „Vertikale Begrünung“ (Ulmer Verlag) und „Grüne Fassaden“ (DETAIL) sowie des durch die Initiative Zukunft Bau des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz Bau und Reaktorsicherheit geförderten Leitfadens „Gebäude Begrünung Energie“.</p>
<p>Christoph Renfer Brandschutzexperte VKF</p> <p>Berner Fachhochschule AHB Biel christoph.renfer@bfh.ch</p>	<p>Professor für Brandschutz und Holzbau und Leiter Kompetenzbereich Brandsicherheit und Bauphysik</p> <p>Leitung verschiedener Forschungsprojekte im Bereich Konstruktion und Brandschutz</p> <p>Mehrjährige Erfahrung als Projektleiter Engineering für Holzbau bei Renggli AG, Schötz</p> <p>urban ltd, London (UK)</p> <p>Brandschutzexperte VKF</p>
<p>Christian Renken</p> <p>Dipl.-Ing. Elektrische Energietechnik (FH)</p> <p>CREnergie GmbH Collombey christian.renken@crenergie.ch</p>	<p>seit 2017 Geschäftsleiter und Gründer der CR Energie GmbH</p> <p>2014 –2022 Berner Fachhochschule, IEM, Labor für Photovoltaik, Burgdorf, Leiter der Kompetenzgruppe PVOB - Photovoltaic oriented buildings</p> <p>2013 –2014 Responsable du département solaire, Acomet SA, Collombey</p> <p>2010 –2013 Head of 3S Photovoltaics (Mitglied der Geschäftsleitung), 3S Swiss Solar Systems AG – A member of Meyer Burger Group, Lyss</p> <p>Leitung der Geschäftseinheit 3S Photovoltaics</p> <p>2008 – 2009 Bereichsleiter Solarsysteme (Prokura)</p> <p>3S Swiss Solar Systems AG, 3250 Lyss</p> <p>2004 –2008 Leiter Verkauf Photovoltaik, 3S Swiss Solar Systems AG, Lyss</p>

<p>Marion Sauter Prof. Dr.-Ing. Berner Fachhochschule AHB Biel marion.sauter@bfh.ch</p>	<p>seit 2020 Professur für Kulturtheorie, Berner Fachhochschule AHB seit 2019 Co-Leitung Forschungsprojekt «Mensch und Haus. Wohnen, Bauen und Wirtschaften in der ländlichen Schweiz (SNF)» Berner Fachhochschule AHB / Universität Basel – Seminar für Kulturwissenschaften und Europäische Ethnologie seit 2018 Leitung Onlinelexikon «Architekturbibliothek – Schweizer Architektur von 1920 bis heute», Hochschule Luzern – Technik & Architektur seit 2006 Dozentur für Architekturgeschichte, Hochschule Luzern – Technik & Architektur 2018–2020 Leitung Architektur und Hausforschung, Schweizerisches Freilichtmuseum Ballenberg 2008–2017 Denkmalinventarisierung im Kanton Uri, Forschungsprojekte zur alpinen Archäologie und zur Kultur- und Verkehrsgeschichte der Urschweiz 2007–2008 Öffentlichkeitsarbeit und Publikationen, Institut für Architektur und Raumentwicklung, Hochschule Liechtenstein 2004–2006 Ausstellungen, Öffentlichkeitsarbeit und Eventmanagement, Galerie Gmurzynska, Zug – St. Moritz – Zürich 2003–2004 Wissenschaftliche Mitarbeit, Deutsches Architekturmuseum, Frankfurt/Main 2003 Dissertation (Dr.-Ing.), Institut für Baugeschichte, Universität Stuttgart 1999 Magister Artium (MA) – Kunstgeschichte, Architekturgeschichte und Soziologie, Universität Karlsruhe 1994 Diplom (Dipl.-Ing. FH) – Architektur, Fachhochschule für Technik, Stuttgart</p>
<p>Thomas Stöckli Dr. Leiter Innovation Schenker Storen AG Schönenwerd Thomas.Stoekli@storen.ch</p>	<p>Physikstudium mit anschliessender Promotion in Experimentalphysik an der EPFL. Technologietransfer Hochschulen - Industrie im Bereich Robotik in Innovations- und Start-Up Umgebung (CSEM). Maschinenbau für die Halbleiterindustrie: Kundenbedürfnisse von Samsung, oder ASE auf der Maschine implementieren, Prozess- und Softwarequalifikation (Kulicke & Soffa). Seit sieben Jahren bei Schenker Storen AG als Leiter Innovation: Mehrwerte für Kunden beim Sonnenschutz schaffen. Seit 2018 Leiter der technischen Kommission des VSR (Verband Sonnenschutz und Storentechnik Schweiz).</p>
<p>Samuel Summermatter Elektroingenieur FH (BSc) Plan-E AG Luzern Samuel.Summermatter@be-netz.ch</p>	<p>Seit 2023 Co. Geschäftsleitung Plan-E AG Technische Verantwortung Ingenieurteam, Fachexperte PV- Planung, PV- Gutachter 2020 – 2023 Leiter Innovation und Entwicklung BE Netz AG Systementwicklungen, Unternehmensentwicklung, Fachexperte PV- Planung 2015 – 2019 Abteilungsleiter Ingenieur- Abteilung BE Netz AG Personelle Abteilungsleitung, Gesamtkoordination Ingenieurdienstleistungen, Mitglied der Fachkommission Technik bei Swissolar 2015 – 2016 Projektleiter Ingenieur- Abteilung BE Netz AG Leitung von Photovoltaikprojekten, u.a mehr als wohnen Zürich, Zwicky Areal Dübendorf, Steghof Luzern (Solarpreis 2015), BIPV Omega und Swatch Biel, Fassade Coop Basel, Erarbeiten und Durchführen von Fachschulungen (Swissolar, HSLU und Minergie Schweiz)</p>

	<p>Wissenschaftlicher Mitarbeiter (Teilzeit) Hochschule Luzern Mitarbeit an Forschungsprojekten im Bereich Building Integrated Photovoltaics (BIPV) 2008 – 2013 Entwicklungsingenieur Hardware Sputnik Engineering AG Teilprojektleitung Entwicklung Solarwechselrichter, Entwicklung von Solar- Leistungsumrichtern (DC-DC und DC-AC Konverter), Sicherheitszertifizierung von Solarwechselrichter</p>
<p>Karl Viridén Dipl. Architekt Viridén + Partner AG Zürich viriden@viriden-partner.ch</p>	<p>Karl Viridén führt seit 1990 das Architekturbüro Viridén + Partner AG und seit 2002 die Firma EcoRenova AG, Investorin und Verwalterin für nachhaltiges Bauen. Er studierte Architektur an der ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften und ergänzte sein Wissen mit Nachdiplomen in Bauökologie, Dienstleistungsmarketing, Führungs- und Finanzwirtschaft. Er ist aktiv in Beratung, Forschung, Aus- und Weiterbildung im In- und Ausland. Seine fachlichen Schwerpunkte sind Entwicklung von nachhaltigen Sanierungs- und Umbauprojekten zu Netto Null CO2 Gebäuden, Photovoltaikintegration in Fassaden, diverse Aspekte der Bauökologie, wie auch diverse Bereiche der Immobilienbewirtschaftung.</p>
<p>Thomas Wehrle CTO Leiter Technik Geschäftsleitung ERNE AG Holzbau, Laufenburg thomas.wehrle@erne.net</p>	<p>2021 - heute Leiter Technik Geschäftsleitung, ERNE AG Holzbau, Laufenburg 2016 - 2017 Researcher in Residence am dfab der NCCR für Digitale Fabrication (Gramazio Kohler Research), Zürich 2015 - heute CTO, ERNE AG Holzbau, Laufenburg 2014 - 2021 Vize-Direktor, ERNE AG Holzbau, Laufenburg 2008 - 2014 Leiter Engineering, ERNE AG Holzbau, Laufenburg 2004 - 2008 Produktionsleiter, ERNE AG Holzbau, Laufenburg 1996 - 2004 Ingenieur, Holzbau Ammann GmbH, Weilheim-Bannholz (DE) 1990 - 1996 Modellschreiner, ENA Emil Nägele, Albbruck (DE)</p>
<p>Reinhard Wiederkehr Dipl. Holzbauing. HTL, Brandschutzexperte VKF Makiol Wiederkehr AG Ingenieure Holzbau Brandschutz Beinwil am See wiederkehr@holzbauing.ch</p>	<p>1982 - 1985 Berufslehre und praktische Tätigkeit als Zimmermann 1987 - 1991 Studium als Holzbauingenieur an der Schweizerischen Ingenieur- und Fachschule für die Holzwirtschaft, Biel 1990 - 1991 Praktikum im technischen Dienst der Lignum, Zürich Diplomarbeit «Brandschutz im Holzbau» 1992 Diplom als Zimmermeister 2015 Auszeichnung mit dem «Cadre d'Or HolzBau» 2016 Brandschutzexperte VKF seit 1992 Mitinhaber Makiol Wiederkehr AG Ingenieure Holzbau Brandschutz</p> <p>Mitarbeit in Fachkommissionen 1992 - 1996 SIA 183 "Brandschutz im Hochbau", Zürich 1993 - 2002 Holzbau Schweiz, Kommission "Innovation", Zürich 1994 - 2008 Deutsche Gesellschaft für Holzforschung, Fachausschuss Brandschutz, München seit 1997 Schweizer Fachausschuss "Brandsicherheit Holz", Lignum, Zürich seit 2004 European Network "Fire Safe Use of Wood", Helsinki</p>

	<p>seit 2011 Fachkommission Bautechnik VKF, Bern 2011 - 2017 Arbeitsgruppe 2 zur VKF-BSV Revision 2015, Bern seit 2014 Kommission Brandschutz SIA, Zürich 2017 - 2020 Spurguppe zur VKF-BSV Revision 2026, Bern 2018 – 2022 Projektbegleitender Ausschuss, TIMpuls, München seit 2020 Steuerungsausschuss zur VKF-BSV Revision 2026, Bern</p>
<p>Ulrich Wilms Diplom-Ingenieur Holztechnik (FH) Gutex Schweiz GmbH Frauenfeld ulrich.wilms@gutex.de</p>	<p>Gelernter Schreiner Geselle Studium zum Diplomingenieur Holztechnik an der Hochschule in Rosenheim Seit 2010 bei der Firma GUTEX angestellt als Projektingenieur in der Anwendungstechnik und seit 2012 stellvertretender Leiter der Anwendungstechnik mit den Schwerpunkten Produktmanagement, Bauphysik und Qualitätsmanagement</p>

Sponsoren und Aussteller

Fehr Braunwalder AG, St. Gallen
Getzner Werkstoffe GmbH, Bürs
GUTEX Schweiz GmbH, Frauenfeld
Holz Stürm AG, Goldach
Hüsser Holzleimbau AG, Bremgarten
IMMER AG, Uetendorf
James Hardie Europe GmbH Schweiz, Münsingen
KEIMFARBEN AG, Thal
Knauf AG, Reinach BL
Lignatur AG, Waldstatt
PROFIX AG, Lausen
Rigips AG, Mägenwil
ROTHO BLAAS SCHWEIZ GMBH, Zug
Schilliger Holz AG, Küssnacht am Rigi
SFS Group Schweiz AG, Heerbrugg
Simpson Strong-Tie Switzerland AG, Seewen
TechnoWood AG, Alt St. Johann
Timbase Schweiz AG, Thun
Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG, Thun
Würth AG, Arlesheim

Bisherige Fortbildungskurse

- 2022 Ingenieure und Architekten zum gemeinsamen Erfolg - Holzbau heute und morgen
- 2021 Bau- und Raumakustik im Holzbau
- 2019 Hochleistungswerkstoffe im Holzbau
- 2018 Verbundkonstruktionen im Holzbau
- 2017 Holzbau heute – effizient, geschützt und dauerhaft
- 2016 Digitale Fertigung im Holzbau
- 2015 Moderner Massivbau aus Holz – vom Einfamilienhaus bis zum Hochhaus
- 2014 Holzverbindungen mit Klebstoffen für die Bauanwendung
- 2013 Deckensysteme: Aktuelle und zukünftige Lösungen mit Holz
- 2012 Mechanische Verbindungen im mehrgeschossigen Holzbau
- 2011 Haus- und Energietechnik im Holzhausbau
- 2010 Holzoberflächen in der Fassadengestaltung
- 2009 Werkstoffkombinationen – ein Mehrwert für Holz
- 2008 Wärme-, Sonnen- und Feuchteschutz im Holzhausbau
- 2007 Praktische Anwendung von Massivholzplatten
- 2006 Brücken und Stege in Holz
- 2005 Brandschutz im Holzbau – Grundlagen, Forschung und Umsetzung
- 2004 Gebäudehüllen in Holz: Holzfassaden - Aussenwände
- 2003 Spezielle Bemessungssituationen im mehrgeschossigen Holzbau
- 2002 Dächer - leistungsfähig und ausdrucksstark mit Holz
- 2001 Mehrgeschossiger Holzbau
- 2000 Verbindungstechnik im Holzbau
- 1999 Tragende Verbundkonstruktionen mit Holz
- 1998 Holzbau auf Zeit -Holzbau auf Reise
- 1997 Holzbau mit System
- 1996 Brettschichtholz
- 1995 Innenräume in Holz
- 1994 Deckensysteme aus Holz
- 1993 Schicht- und Sperrhölzer für den statischen Einsatz
- 1992 Holz- Farbe -Innenraumgestaltung
- 1991 Holzhausbau
- 1990 Innovation im Holzbau
- 1989 Brücken und Stege aus Holz
- 1988 Oekologisch Bauen mit Holz
- 1987 Holzwerkstoffe am Bau: Gestaltung, Eigenschaften, Anwendungen
- 1986 Verbindungen und Verbindungsmittel
- 1985 Holz in der Renovation
- 1984 Holzbau
- 1983 Oberflächenbehandlung von Holz

1982	Energiesparendes Bauen mit Holz
1981	Schnittholztrocknung heute
1980	Zeitgemässer Hausbau mit Holz
1979	Ingenieurholzbau: Entwurf, Bemessung Schnittholz-Konstruktionen mit neuzeitlichen Verbindungen
1978	Holz und Feuer
1977	Holzschutz im Hochbau
1976	Ingenieurholzbau -Bemessung und Ausführung von Brettschicht-Konstruktionen
1975	Bauen mit Holz
1974	Architektonisches Gestalten mit Holz
1973	Bauphysik
1972	Schnittholztrocknung
1971	Holzschutz im Hochbau
1970	Kurs 2: Holzspanplatten im Bauwesen
1970	Kurs 1: Holzleimbau in Theorie und Praxis

Noch lieferbare, gedruckte Tagungsbände (ab 1978) können bei Lignum Holzwirtschaft Schweiz bezogen werden. Sie sind auf der Website beschrieben.

E-mail: info@s-win.ch, online https://www.lignum.ch/shop/tagungsbaende_sahs_win/



Swiss • Wood • Innovation • Network

S-WIN
c/o Lignum
Mühlebachstrasse 8
CH-8008 Zürich

info@s-win.ch
www.s-win.ch

S-WIN
Tagungsbände
herunterladen

