

## Titel

„Entwicklung von Fassadenelementen mit pyrolysierte Oberfläche mit verbesserten Brandschutzeigenschaften“

## Anlass/ Ausgangslage

Holz findet seit Jahrhunderten Anwendung als nachhaltiges Material für Fassadenbekleidungen. Die Zuordnung zu *normalentflammbar* Baustoff lässt die Verwendung von Holz als Fassadenmaterial jedoch nur für Gebäude bis einschließlich Gebäudeklasse 3 zu. Mit der Oberflächenpyrolyse wird ein Verfahren aufgezeigt, den Feuerwiderstand von Fassadenhölzern ohne weitere chemische Behandlung soweit zu erhöhen, dass eine Klassifizierung als *schwerentflammbarer* Baustoff möglich wird.

## Gegenstand des Forschungsvorhabens

Der höhere Feuerwiderstand pyrolysierte Hölzer basiert auf der niedrigen Wärmeleitfähigkeit der oberflächlichen Kohleschicht. Diese bewirkt, dass bei erneuter Brandeinwirkung die innenliegenden nativen Holzteile nur verlangsamt bis auf die zur Entzündung der Holzgase erforderlichen Temperaturen erhitzt werden. Shou Sugi Ban nennt sich die handwerkliche Methode, bei der in Japan seit dem Mittelalter gezielt Pyrolyseschichten auf Fassadenhölzern zum Zwecke des Brandschutzes aufgebracht werden. Mit dem Forschungsprojekt Projekt PyroForCE werden technische Methoden aufgezeigt, um durch das gezielte Aufbringen von Kohleschichten auf Fassadenbrettern deren Feuerwiderstand so zu erhöhen, dass die pyrolysierten Hölzer als *schwerentflammbarer* Baustoff klassifiziert werden können.

Mit der Entwicklung einer autarken Pyrolyseanlage auf der Basis eines Bandbrenners zur Direktbeflammung, dem aus einer Gasmischanlage ein Brenngas-Luft-Gemisch zugeführt wird, wurde die Grundlage für die Erstellung definierter und wiederholbarer Pyrolyseschichten auf unterschiedlichen Holzarten und Fassadenprofilen gelegt. Dieses Verfahren ermöglicht es, eine etwa 3mm dicke Pyrolyseschicht in einem Durchgang mit relativ hoher Geschwindigkeit auf den Fassadenhölzern zu erzeugen. Damit ist das Verfahren einerseits wirtschaftlich in Hinblick auf eine spätere industrielle Verwertung, andererseits kommt es so nur zu geringfügigen Verformungen der Fassadenbretter während der einseitigen Oberflächenbehandlung.

Mittels Abriebtests nach DIN ISO 9352 und Gitterschnitt-Tests nach DIN EN ISO 2409 wurden zunächst die Oberflächeneigenschaften der Pyrolyseschichten je nach Holzart und in Abhängigkeit zu ihrer Stärke ermittelt. Im Ergebnis zeigte sich erwartungsgemäß ein nur sehr geringer Widerstand gegen mechanischen Abrieb.

In einem weiteren Arbeitsschwerpunkt wurden unterschiedliche Materialien zur Vergütung der pyrolysierten Oberflächen getestet, um deren Widerstand gegen witterungsbedingten Abrieb zu erhöhen. Die eingrenzenden Bedingungen bei der Wahl der Materialien waren ihre ökologische Unbedenklichkeit einerseits und die Anforderung, keine weitere Brandlast in das System einzubringen. Neben Zementschlämmen wurden insbesondere Wassergläser - Natrium- und Kaliumwasserglas - in unterschiedlichen Konzentrationen getestet. Mit den Wassergläsern konnte eine Stoffgruppe aufgezeigt werden, die selbst bereits als Brandschutzmittel eingesetzt wird und sich insbesondere dadurch auszeichnet, dass sie rein mineralisch und damit ökologisch unbedenklich ist.

Zur Verbesserung der Oberflächeneigenschaften wurden unterschiedliche Auftragsverfahren getestet: Der Auftrag der Wassergläser erfolgte immer vergleichend im Unterdruckverfahren und als Pinselauftrag. So konnten Rückschlüsse gezogen werden zwischen der jeweiligen Auftragsmenge und der entsprechenden Erhöhung der Abriebfestigkeit, beziehungsweise der Auswirkung auf die Erhöhung des Feuerwiderstandes.

Einen Schwerpunkt der Forschungsarbeit bildete die Untersuchung von Fassadensystemen aus pyrolysierten Hölzern. Dabei lag der Fokus einerseits auf gestalterischen Prinzipien, welche gezielt die besondere visuelle Erscheinung der glänzend schwarzen Oberflächen berücksichtigten. Andererseits wurden alle Systeme in Hinblick auf ihre Baubarkeit nach den entsprechenden Fachregeln, beziehungsweise baupraktischen Kriterien während des Aufbaus bewertet.

Um den Nachweis zu erbringen, dass durch die Oberflächenpyrolyse von Fassadenhölzern ein Bauprodukt erzeugt werden kann, welches den Anforderungen der normativen Vorgaben entspricht, wurden diese zunächst ermittelt und die entsprechenden Prüfverfahren durchgeführt. Auf europäischer Ebene wird das Brandverhalten von Bauprodukten nach DIN EN 13501 eingeordnet. Hier wird das unbehandelte Holz der Kategorie "D" *normalentflammbar* zugeordnet. Demgegenüber müssen Bauprodukte, die für Fassaden bis Gebäudeklasse 5 Verwendung finden, die Kategorie "B" *schwerentflammbar* erfüllen. Mit Brandtests nach DIN EN 13823 (SBI-Test) erfolgte eine qualifizierende Einordnung des Brandverhaltens einzelner Fassadensysteme. Für eine vertikale Leisten-Deckel-Fassade aus mit Natrium-Wasserglas tauchimprägnierten Fichtenbrettern konnte die Klassifikation "B" *schwerentflammbar* erreicht werden.

## **Fazit**

Zur Herstellung definierter und reproduzierbarer Pyrolyseschichten auf unterschiedlichen Fassadenhölzern konnte der Prototyp einer Pyrolyseanlage entwickelt werden. Durch das Heranziehen unterschiedlicher Prüfverfahren und Normierungen konnten die pyrolysierten Hölzer in das System der Qualifizierungen eingeordnet werden und damit auch die erforderliche Stärke der Pyrolyseschicht ermittelt werden, um den Feuerwiderstand entsprechend erhöhen zu können.

Mit Natrium- bzw. Kaliumwasserglas wurden mineralische Lösungen zur Stabilisierung der Oberfläche gefunden und deren Eignung in abschließenden qualifizierenden Brandtests aufgezeigt. Damit ist das Ziel erreicht, durch Oberflächenpyrolyse in Verbindung mit einer Stabilisierung durch Wassergläser für Fassadenhölzer eine Zuordnung zu den schwerentflammbaren Baustoffen zu erreichen und diese damit als Fassadenmaterial im städtischen Kontext einsetzen zu dürfen.

Die Stabilität der so vergüteten Oberfläche zeigte sich jedoch in ersten Versuchsreihen zur Langzeitbewitterung als nicht ausreichend. Hier ergeben sich weitere Forschungsfragen, inwieweit auf Basis von Wassergläsern und möglichen zweistufigen Beschichtungsmethoden die Dauerhaftigkeit der Oberflächen erhöht werden kann.

## **Eckdaten**

Kurztitel: PyroForCE 2.0

Forscher / Projektleitung:

Prof. Dr.-Ing. Christoph Gengnagel; Jan Friedrich M.Sc.; Universität der Künste Berlin

Prof. Dr.-Ing. Alexander Pfriem; Tom Brodhagen M.Sc.; Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde

Gesamtkosten: 435.664,28 € €

Anteil Bundeszuschuss: 303.787,37 €

Projektlaufzeit: 24 Monate

## **BILDER/ ABBILDUNGEN:**

Bild 1: 01\_Brenner.jpg

Pyrolyse eines Fassadenbretts in der Pyrolyseanlage: Auch die Schnittkanten und Schmalseiten können in einem Durchgang mit pyrolysiert werden

Bild 2: 02\_Pyrolyseanlage.jpg

Pyrolyseanlage mit steuerbarem Vorschub, Brenner und Abluftanlage: Das Bild zeigt die Anlage vor der Installation der Gasmischanlage.

Bild 3: 03\_Pyrolyseschicht.jpg

Mikroskopische Untersuchung der Pyrolyseschicht: Schnitt und Aufsicht auf einen Probekörper aus Lärche, der mit Kalium-Wasserglas tauchimprägniert wurde vor der Bewitterung.

Bild 4: 04\_B2-Test.jpg

B2-Test: Bei der Beflammung des Probekörpers kommt es zu einem Aufschäumen des imprägnierten Wasserglases

Bild 5: 05\_Fassadentypen\_SBI-Test.jpg

Für die qualifizierenden SBI-Tests wurden unterschiedliche Fassadentypen getestet, um neben den unterschiedlichen Holzarten und Beschichtungen auch den Einfluss der Fassadestruktur ermitteln zu können. Getestet wurden vertikale Leisten-Deckel-Schalungen und horizontale Stülpchalungen. Für den qualifizierenden Nachweis müssen die Probekörper auch horizontale Fugen aufweisen.

Bild 6: 06\_SBI-Test\_Fichte.jpg

Probekörper einer vertikalen Leisten-Deckel-Schalung, deren Bretter nach der Pyrolyse im Unterdruckverfahren mit Natrium-Wasserglas imprägniert wurden vor und nach dem SBI-Test

Bild 7: 07\_Musterfassade\_Langzeitbewitterung.jpg

Musterfassaden am Pyrolysecontainer - Entwurf und während der Ausführung: Um auch den Aufbauprozess mit pyrolysierten Fassadenbrettern beurteilen zu können, wurde der Container der Pyrolyseanlage mit einer Musterfassade versehen. An den unterschiedlichen Bekleidungs-systemen erfolgt gleichzeitig der Test zur Langzeitbewitterung.