

Holzfassaden: Witterung und Schutzmassnahmen – Möglichkeiten und Grenzen im Überblick

Thomas Volkmer
Bernere Fachhochschule
Biel/Bienne, Schweiz



Holzfassaden: Witterung und Schutzmassnahmen – Möglichkeiten und Grenzen im Überblick

1. Einleitung

Der Werkstoff Holz gewinnt vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit immer mehr an Bedeutung im Bauwesen. Obwohl sich der Einsatz seit Jahrhunderten bewährt hat, steht das Holz heute in harter Konkurrenz zur verschiedenen anderen Baumaterialien und muss dabei in den entsprechenden Bereichen immer höheren Anforderungen genügen: Brandverhalten, mechanische Belastbarkeit, Isolationsverhalten und Ästhetik. Im Fassadenbereich spielt dabei neben dem Brandschutz die Dauerhaftigkeit und die ästhetische Erscheinung eine wesentliche Rolle. Aufgrund dessen, dass Holz beim Einsatz im Aussenbereich durch biologische und klimatische Einflüsse durch einen Abbau gefährdet ist, sind Schutzmassnahmen notwendig, die diesen Prozessen entgegenwirken. Fassaden werden nach DIN 68800/1 in die Gebrauchsklasse 3.1 eingeordnet, was bedeutet, dass die Holzelemente direkt bewittert werden und gelegentlich eine Feuchte von über 20% aufweisen können. Durch diese Exposition kommt es bei ungeschützten Holzoberflächen zu einem photochemischen Abbau des Holzes verbunden mit deutlichen Farbveränderungen (Derbyshire und Miller 1981, Hon 2000). Bei ungünstigen Einbausituationen ist eine intensivere und andauernde Durchfeuchtung möglich, was auch zu einem biologischen Abbau und Fäulnis führen kann (Erler 2002). Aufgrund dieser Rahmenbedingungen und infolge der hohen ästhetischen Ansprüche ist es notwendig, die Oberfläche und ggf. das Substrat von Holzbauteilen zu behandeln. Diese Oberflächenbehandlung kann auf sehr unterschiedliche Weise erfolgen (Sell 2001, Volkmer 2006) und ist auch stark durch Traditionen und regionale Gegebenheiten beeinflusst. In der Schweiz besteht dies bzgl. eine grosse Offenheit gegenüber dem Einsatz neuer und alternativer Verfahren für die Oberflächenbehandlung (Selter 2007).

2. Umwelteinflüsse auf Holzoberflächen im Aussenbereich

Als Fassadenmaterial ist Holz natürlicher Weise den verschiedenen Umwelteinflüssen ausgesetzt, welche je nach Exposition und geographischer Lage die Oberfläche und teilweise auch das Substrat deutlich schädigen können. In den folgenden Abschnitten sind die wichtigsten Einflüsse in ihrer Wirkung auf die Holzoberfläche genauer beschrieben.

Feuchtigkeit

Beim Werkstoff Holz handelt es sich um einen hygrokopischen Werkstoff mit einem ausgeprägten Verhalten gegenüber Feuchtigkeit, das sich unter anderem im Quellen und Schwinden des Holzes bemerkbar macht. Bei beschichteten Bauteilen führt diese Dimensionsänderung oft zu einem Reißen der Beschichtung und begünstigt eine verstärkte Durchfeuchtung. Wasser kann infolge der jeweiligen Klimabedingungen unterschiedlich vorliegen und entsprechend ist die Wirkung auf Holzbauteile differenziert zu betrachten. Formen des Wassers, welche den Abbau von Holz-(oberflächen) im Aussenbereich beeinflussen, können (Schlag-) Regen, Schnee, Hagel, hohe relative Luftfeuchte oder Spritzwasser sein. Generell führt eine hohe Umgebungsfeuchte zu einer erhöhten Holzgleichsfeuchte. Daraus resultieren ein vergrössertes Befallsrisiko durch Mikroorganismen (Sell et al. 1995, Schwarze 2003), ein verstärkter mechanischer Abtrag an der Oberfläche (Erler 2002) und eine vermehrte Auswaschung von Holzbestandteilen (Feist und Hon 2002). Weiterhin führt das Vorhandensein von Wasser in Kombination mit der Sonnenstrahlung zu einer chemischen Umwandlung bzw. einem Abbau der Oberfläche. Das trifft sowohl auf unbehandeltes als auch auf beschichtetes Holz zu.

Temperatur

Holz ist infolge seines strukturellen Aufbaus ein schlechter Wärmeleiter. Die thermische Wärmeausdehnung des Holzes spielt im Vergleich zum Quellen und Schwinden nur eine untergeordnete Rolle und ist ca. eine 10er Potenz kleiner als die Volumenänderung infolge des Feuchteinflusses.

Jedoch kann es speziell bei dunklen Oberflächen (vergraut oder beschichtet) nach intensiver Sonnenbestrahlung zu einer Aufheizung auf bis zu 65°C kommen (Sell 1981), entsprechend dem BFS Merkblatt 18 können sich derartige Flächen sogar auf 80°C aufheizen. Dieser Temperaturanstieg führt dann zwangsläufig zu einem beschleunigten Trocknen des Holzes oder allgemein zu einer niedrigen Ausgleichsfeuchte im Holz (Schulz et al. 1973, Meijer und Millitz 2001). Der Trocknungsvorgang kann bei Holz im Fassadenbereich mit Südexponierung zu einer starken Rissbildung führen, was dann wiederum zum Aufreißen der Beschichtung führt, weshalb dunkle Farbtöne bei Holzfassaden eher ungünstig sind.

Ebenfalls ungünstig auf das Erscheinungsbild des Holzes wirken sich grosse Temperaturschwankungen oder häufige Temperaturwechsel aus, wie sie z.B. bei halb beschatteten Bauteilen auftreten können (Sell 1981). Tiefe und grosse Risse beeinträchtigen die Ästhetik und stellen potentielle Eintrittspforten für Wasser und Mikroorganismen dar.

Wenn Holz im Verbund mit Werkstoffen mit relativ hoher Wärmedehnung eingesetzt wird (z.B. mit verschiedenen Kunststoffen oder Metallen), kann das zu Spannungen im System führen, verbunden mit Rissen in der Grenzschicht.

Globalstrahlung

Sonnenlicht stellt einen der bedeutendsten Einflussfaktoren hinsichtlich des Holzabbaus und der Holzalterung dar. Speziell die energiereiche kurzwellige Ultraviolette-Strahlung (UV-Strahlung) hat einen signifikanten Einfluss auf die Holzoberfläche. In Abhängigkeit der Wellenlänge ist die Eindringung der Strahlung in das Holz unterschiedlich. UV-Licht dringt maximal 75 µm ein, sichtbares Licht bis zu 200 µm (Emmler 2003).

Die Absorption von Licht ist die Voraussetzung für den photochemischen Abbau eines Werkstoffes. Diese Absorptionsfähigkeit ist im Fall von Holz gegeben, wobei sich die einzelnen Komponenten (Lignin, Zellulose, Hemizellulose und Holzinhaltstoffe) in ihren Absorptionseigenschaften unterscheiden.

Lignin absorbiert UV-Strahlung am effektivsten und weist ein ausgeprägtes autooxidatives Verhalten auf, deshalb wird es deutlich stärker als Zellulose oder Hemizellulose abgebaut. Bei Zellulose kommt es infolge der Lichtstrahlung zu einer Abnahme des Polymerisationsgrades, verbunden mit der Abnahme der Zugfestigkeit (Desai 1968, Turkulin und Sell 2002, Volkmer et al. 2013). Holzinhaltstoffe bilden neben Lignin weitere wichtige Absorptionzentren im Holz, ihr photochemischer Abbau erfolgt dementsprechend ähnlich schnell wie derjenige von Lignin (Feist und Hon 1984).

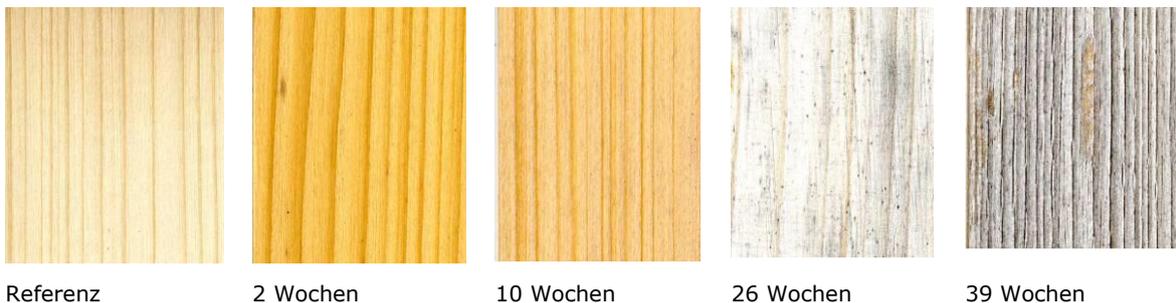


Abbildung 1: Zeitabhängige Verwitterung bei Fichte (45° geneigt, südexponiert)

Eigene Untersuchungen haben deutlich gemacht, dass es im Verlaufe des Verwitterungs- und Vergrauungsprozesses (Abbildung), welcher in der jüngeren Vergangenheit auch industriell genutzt wird, zu einer Erodierung der Frühholzzonen kommt, was bei Nadelhölzern zu der typischen Riffelstruktur der Oberfläche führt. In diesem Zusammenhang wurde weiter festgestellt, dass die Holzart hinsichtlich einer makroskopischen visuellen Bewertung der Oberflächen eine untergeordnete Rolle spielt. Nach ca. 40 Wochen Freilandbewitterung (45° Neigung, südexponiert) von Fichte, Lärche und Eiche waren die Farbänderungen

weitestgehend abgeschlossen und subjektiv nur geringfügige Farbunterschiede zwischen den Holzarten festzustellen.

Der photochemische Abbau von Holz spielt auch in Hinblick auf beschichtete Aussenbauteile eine entscheidende Rolle. Wenn die Beschichtung keinen ausreichenden Schutz gegenüber der energiereichen UV-Strahlung darstellt, was bei schwach pigmentierten Systemen der Fall ist, kommt es einerseits zum Abbau der Beschichtung selber, und andererseits wird das Holz (speziell das Lignin) unter der Beschichtung abgebaut. Risse zwischen Beschichtung und Holzoberfläche sind schliesslich die Folge dieses Prozesses, wodurch eine Delaminierung der Beschichtung und ein Abbau der Oberfläche eingeleitet werden. Wie bereits erwähnt bezieht sich der photochemische Abbau der Oberflächen nicht nur auf Holz sondern auch auf Lacke und sämtliche organische Beschichtungssysteme. Eine hohe Resistenz gegenüber der Sonnenstrahlung weisen mineralische Oberflächen auf, welche teilweise auch im Holzbereich zum Einsatz kommen.

Wind

Belastungen der Holzoberfläche (beschichtet oder unbehandelt) durch Wind in Verbindung mit Regen führen zu höheren Niederschlagsmengen an senkrechten Bauteilen. Nach Frank (1973) sind Windkräfte die wichtigste Ursache für das Eindringen von Regenfeuchtigkeit in die Oberfläche von Fassaden. Durch Windeinfluss erhöht sich die Wassermenge auf der Oberfläche des Bauteils und die Eindringtiefe der Feuchtigkeit in das Holz.

Darüber hinaus wirken mitgeführte Staubpartikel in der Luft abrasiv auf die Oberfläche und verursachen einen beschleunigten mechanischen Abtrag des Materials im Frühholz. Die Belastung der Oberfläche ist stark von der Exposition abhängig.

Für Mitteldeutschland liegt die höchste Schlagregenbelastung für westlich ausgerichtete Bauteile vor (Erlor 2002). Geiser (2005) konnte für verschiedene Regionen in der Schweiz nachweisen, dass ein direkter Zusammenhang zwischen Farbveränderung / Alterung der Holzoberfläche und der Hauptwindrichtung besteht. In nebelfreien Regionen mit hoher Anzahl an Sonnenstunden verfärben sich unbehandelte Holzoberflächen braun bis dunkelbraun. In Regionen mit einer häufigen Kombination aus Regen und Wind verfärben sich die Holzoberflächen grau bis schwarz.

Biologischer Befall

Neben den oben genannten umweltbedingten Einflussfaktoren können Holzfassaden auch durch holzerstörende Pilze oder Insekten geschädigt werden. Ein Befall ist aber nur dann wahrscheinlich, wenn die Holzfeuchte längerfristig im Bereich der Fasersättigung liegt. Jedoch können Fassaden bei einer fachgerechten Ausführung immer wieder austrocknen, weshalb derartig hohe Feuchten nicht zu erwarten sind. Je nach Exposition der Fassade kann es aber direkt auf der Oberfläche immer wieder zu kurzzeitig hohen Wassergehalten kommen, was dann zu einer Besiedlung durch Bläue- und Schimmelpilze führen kann. Hierbei handelt es sich dann um ein ästhetisches Problem und die Bauteilsicherheit ist nicht gefährdet. Bei einem Befall von beschichteten Holzbauteilen können aber unter Umständen Schädigungen im Oberflächenbereich auftreten. Es kann zu einer Zerstörung der Beschichtung und in der Folge zu einer vermehrten Feuchteaufnahme im Substrat kommen, was im ungünstigsten Fall zu einem Befall des Bauteils durch holzerstörende Pilze führen kann. Die heutzutage sehr gute thermische Dämmung von Gebäuden führt auch zu längeren Kondensationsphasen auf der Oberfläche der Fassaden, was ebenfalls eine Besiedlung durch Schimmel- und Bläuepilze unterstützt.

3. Möglichkeiten des Holz- und Oberflächenschutzes im Fassadenbereich

Holzschutz allgemein dient dem Werterhalt von Holzbauteilen und der Gewährleistung der Sicherheit von Holzkonstruktionen. Es gibt verschiedene Ansätze, um eine möglichst lange Lebensdauer von Holzbauteilen zu garantieren.

- Organisatorischer Holzschutz (Fällzeitpunkt, Lagerung, Transport, Trocknung, Verarbeitung)
- Natürlicher Holzschutz (Auswahl geeigneter Holzarten)
- Baulicher Holzschutz (konzeptionell, konstruktiv)

- Physikalischer Holzschutz (Oberflächenbehandlung)
- Holzmodifikation
- Chemischer Holzschutz (vorbeugend, bekämpfend)

Die folgenden Ausführungen beziehen sich in erster Linie auf den physikalischen Holzschutz und somit auf die Beschichtung von Holz. Teilweise werden Fassadenelemente auch mit entsprechenden Salzlösungen druckimprägniert und noch zusätzlich beschichtet, was dann einer Kombination aus chemischem und physikalischem Holzschutz entspricht. Aufgrund dessen, dass Fassadenbekleidungen keine tragenden Bauteile darstellen und keinen Erdkontakt haben sollten, besteht auch die Möglichkeit vollständig auf Schutzmassnahmen zu verzichten. In vielen Anwendungsfällen ist aber eine Behandlung der Oberfläche auch aus ästhetischen Gründen gewünscht. Auf die verschiedenen Substrate und mögliche Oberflächenvorbehandlung wird an dieser Stelle ebenfalls nicht eingegangen.

Die folgende Graphik (Abbildung) fasst die Möglichkeiten des Oberflächenschutzes von Holzfassaden zusammen und bezieht sich dabei aber nur auf die materialbezogenen Möglichkeiten. Konstruktive Aspekte werden nicht berücksichtigt.

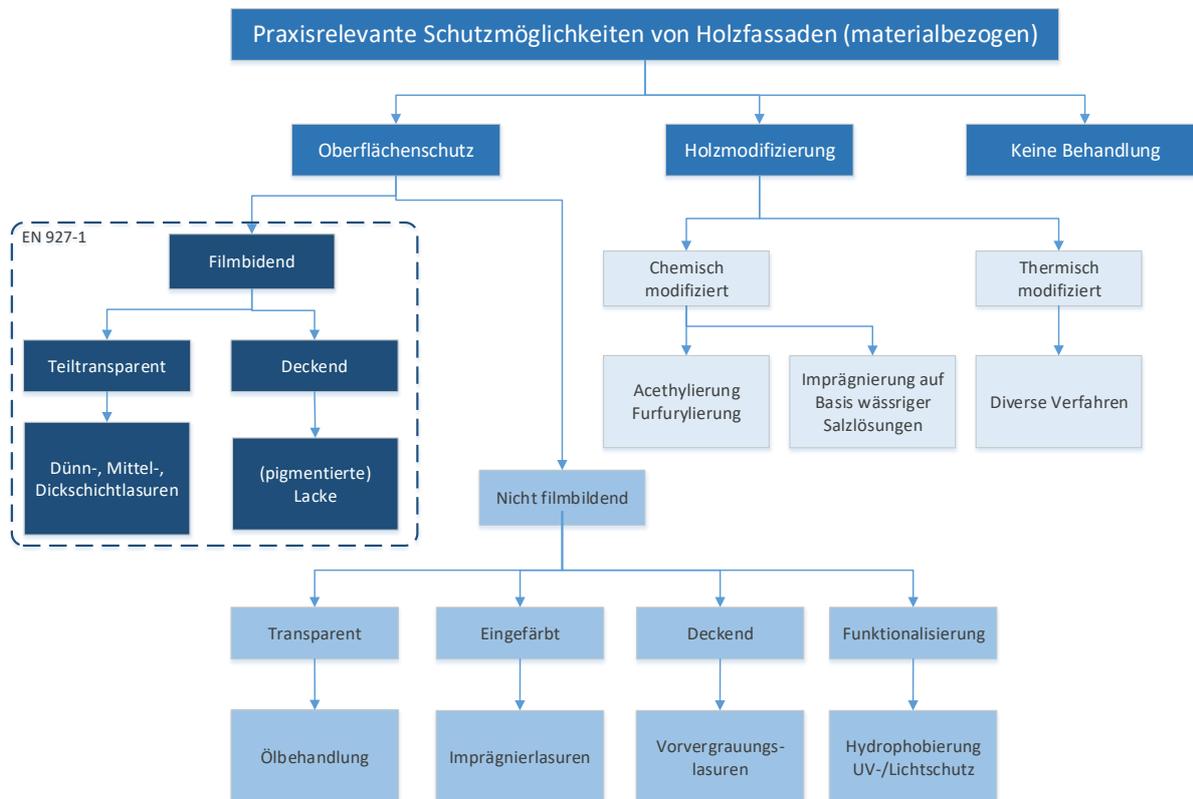


Abbildung 2: Überblick über die Möglichkeiten des Oberflächenschutzes von Holzfassaden

Keine Schutzmassnahmen: Bei diesem Ansatz werden die Fassadenelemente nicht modifiziert oder behandelt. Es ist aufgrund der klimatischen Einflüsse mit einer starken Vergrauung der Oberfläche zu rechnen (Abbildung), wobei die Verfärbungen je nach Exposition und Einbausituation sehr ungleichmässig sein können. Ein wesentlicher Vorteil dieser Variante sind die geringen Kosten bzgl. Anschaffung und Unterhalt, jedoch wirken derartige Fassaden im feuchten Zustand oft dunkelgrau/schwarz und es bestehen praktische keine ästhetischen Variationsmöglichkeiten (Volkmer und Höltschi 2008, Ganne-Chédeville et al. 2010). Der Abbau der Holzoberfläche ist dadurch gekennzeichnet, dass es zu einem Abbau des Lignins in der Mittellamelle (Abbildung) kommt und somit die mechanische Stabilität der Oberfläche stark reduziert wird. Das hat wiederum eine ausgeprägte Erosion zur Folge verbunden mit den genannten Vergrauungseffekten (Williams et al. 2001a,b).



Abbildung 3: Unbehandelte Stülpchalung – Fichte (westexponiert), nach 5 Jahren Bewitterungszeit, die erwartete Vergrauung ist relativ gleichmässig abgesehen vom Einfluss des Vordaches (Volkmer und Höltschi 2008)

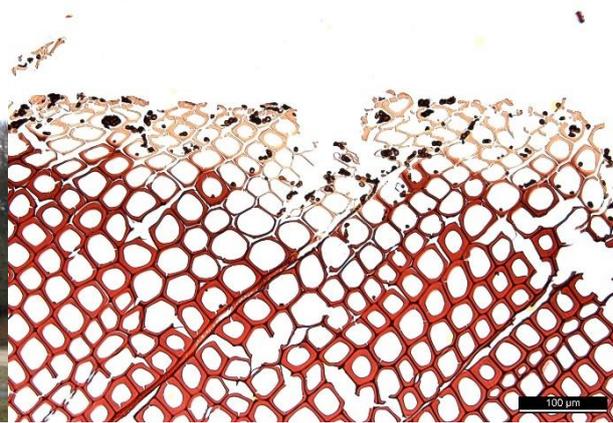


Abbildung 4: Fichtenoberfläche nach 12 Monaten Freibewitterung (südexponiert), die Mittellamelle ist stark abgebaut, der Zellverbund ist delaminiert und es hat eine Besiedlung durch Schimmelpilze eingesetzt, die Tiefe der Degradation ist gut durch die Farbunterschiede sichtbar (Barbotin 2014)



Abbildung 5: Eiche, Südfassade der Fachhochschule in Biel/Bienne nach 9 Jahren Bewitterungszeit



Abbildung 6: Südfassade der Fachhochschule in Biel/Bienne nach 9 Jahren Bewitterung und anschließender Reinigung

Ein wesentlicher Vorteil, den unbehandelte Fassaden bieten, ist ihre leichte Renovierbarkeit. Die Oberfläche kann sehr kostengünstig mit handelsüblichen Systemen gereinigt und nahezu in den farblichen Ausgangszustand versetzt werden, was eine Alternative zu den herkömmlichen Beschichtungsvarianten darstellt.

Druckimprägnierung mit wasserbasierten Salzlösungen: Bei den wässrigen Systemen handelt es sich um Lösungen oder Emulsionen ohne Bindemittel. Sie basieren auf reinen Wirkstoffen wie Borsalzen, Kupfer-, Chrom-, oder Arsenverbindungen (Sutter 1997). Wobei beispielsweise Kupfer und Bor als effektive biozide Stoffe wirken und Chrom

zur Fixierung der entsprechenden Wirkstoffe dient. Je nach Produkt können diese Lösungen durch entsprechende Pigmentpasten eingefärbt sein. In den meisten Fällen werden grün oder braun pigmentierte Produkte verwendet. Es gibt auch transparente Systeme auf der Basis von Boraten, welche oftmals in Verbindung mit Oberflächenbeschichtungen verwendet werden.



Abbildung 7: Druckimprägnierte Fassade nach 6 Jahren Nutzungsdauer (ostexponiert), das Erscheinungsbild ist sehr gleichmässig (Volkmer und Höltschi 2008)

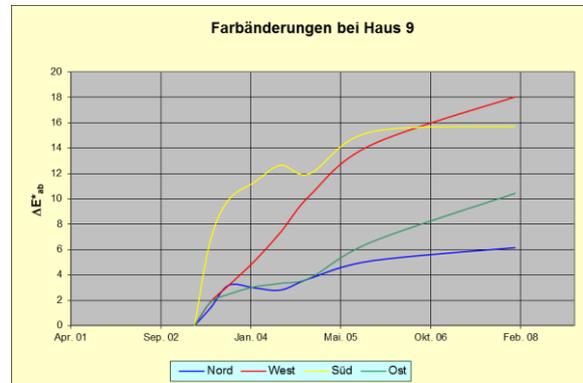


Abbildung 8: Farbveränderung einer druckimprägnierten Holzfassade im Verlauf von ca. 6 Jahren in Abhängigkeit der Exposition (bei unbehandelten Fassaden ist unter gleichen Bedingungen mit Farbänderungen von $\Delta E > 45$ zu rechnen) (Volkmer und Höltschi 2008)

Die Einbringung der Substanzen erfolgt über das Vakuum-Druck oder das Die Einbringung der Substanzen erfolgt über das Vakuum-Druck oder das Wecheldruckverfahren. Dabei werden Eindringtiefen je nach Holzart von mehreren Zentimetern erreicht. Diese Varianten finden in erster Linie Anwendung für den Einsatz von Bauteilen in Gebrauchsklasse 4 (siehe EN 335), werden aber auch häufig für Fassaden eingesetzt (Abbildung 7). Bei diesen Behandlungsvarianten handelt es sich um einen sehr effektiven Schutz des Holzes mit begrenzten ästhetischen Möglichkeiten. Es ist praktisch kein Unterhalt notwendig und die ästhetische Erscheinung verändert sich über die Jahre nur relativ gering (Abbildung 8). Jedoch kommen teilweise umweltbelastende Stoffe zum Einsatz, welche teilweise in den Untergrund ausgewaschen werden. Detaillierte Ausführungen zum Einsatz von druckimprägnierten Bauteilen im Fassadenbereich finden sich bei Volkmer und Höltschi (2009).

Vorvergrauungs-/Verwitterungslasuren: Bei diesen Systemen handelt es sich in aller Regel um Einschichtsysteme. Die Bindemittelbasis kann dabei sehr unterschiedlich sein. Bei den momentan am Markt erhältlichen Produkten kommen dabei reine oder modifizierte Naturöle oder Bindemittelkombinationen auf synthetischer Basis (z.B. Alkydharze) zum Einsatz. Der Festkörperanteil kann dabei bis zu 50% betragen, was bei einer Holzbehandlung zu einer Filmbildung führt. Die Anwendungs idee für derartige Lasuren besteht darin, dass diese einmalig aufgetragen werden und die behandelten Holzteile anschliessend nicht mehr gepflegt oder unterhalten werden müssen. Durch die Vergrauungslasuren wird die natürliche Vergrauung des Holzes simuliert, wobei ein teilweises Abwittern der Beschichtung sogar gewünscht ist. Dabei kommt es zur Überschneidung von verschiedenen Abwitterungsmechanismen (Beschichtung baut sich ab, freigelegtes Holz vergraut), mit dem Ergebnis, dass die Fassade vom Zeitpunkt der Erstellung über den gesamten Nutzungszeitraum einen einheitlichen grauen Farbton aufweist (Abbildung). Die Praxis hat gezeigt, dass diese Systeme dauerhaft sind und aufgrund der oben beschriebenen Effekte die ästhetischen Anforderungen eines Grossteils der heutigen Kunden erfüllen. Aufgrund der schwierigen Kantenbearbeitung im Profilbereich kann es vorkommen, dass die Schmalflächen nicht ausreichend beschichtet sind und sich dann farblich stark abzeichnen, was teilweise zu Reklamationen geführt hat (Abbildung).

Als Nachteil sind auch die wenigen gestalterischen Möglichkeiten zu nennen, da entsprechend nur Grautöne zum Einsatz kommen, obwohl diese von grün-grau über rot-grau bis blau-grau variieren können. Bei verschiedenen Objekten, welche bereits mehrere Jahre in

Gebrauch sind, wurden teilweise auch deutliche Degradationen und speziell auch Verfärbungen festgestellt. In diesem Zusammenhang ist es oftmals zu einem Farbumschlag der Vorvergrauung in Richtung rot gekommen.



Abbildung 9: Fassade – behandelt mit einer Vorvergrauungslasur, Die Oberfläche wirkt sehr natürlich und ist kaum von einer unbeschichteten, bewitterten Fassade zu unterscheiden.



Abbildung 10: Fasadenschalung mit einer Vorvergrauungslasur behandelt, speziell die Kantenbereiche erscheinen relativ ungleichmässig und die Lasur wird flächig abgebaut.

Öle: Diese Systeme werden teilweise auch als Imprägnierlasuren bezeichnet. Als Bindemittel kommen natürliche Öle und Kombinationen aus Ölen und Alkydharzen zum Einsatz. Sie werden entweder als eigenständige Produkte verwendet, was einen 2-maligen Auftrag erfordert. Sie werden aber auch teilweise als Erstbehandlung für deckende Anstriche eingesetzt. Der Festkörperanteil kann je nach Hersteller stark schwanken und liegt ca. zwischen 15-50%. In der Regel ist die Eindringung sehr gut, weshalb diese Systeme teilweise mit Wirkstoffen zum Bläueschutz ausgerüstet werden. Die Öle kommen in transparenter und pigmentierter Form zum Einsatz, wobei speziell bei den transparenten Varianten je nach Exposition mit kurzen Pflegeintervallen von weniger als 2-3 Jahren gerechnet werden muss.

Funktionalisierte Systeme (Feuchteschutz und/oder UV-Schutz):



Abbildung 11: Hydrophobierte Holzproben auf dem Bewitterungsstand, ein Abperleffekt ist erkennbar, welche jedoch zeitlich begrenzt ist (Volkmer 2008)

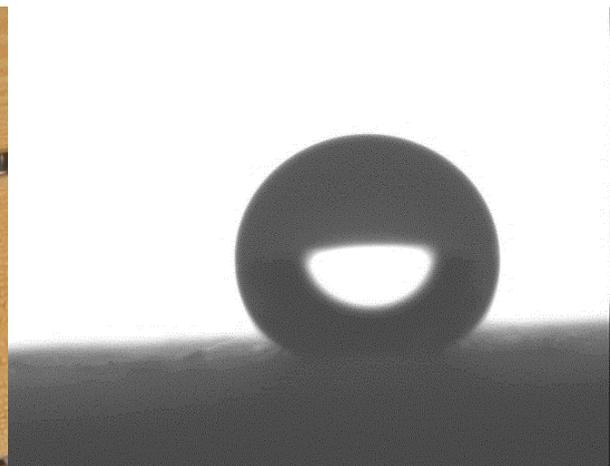


Abbildung 12: Hydrophobierte Holzoberfläche im Ausgangszustand vor der Bewitterung mit ausgeprägtem Abperleffekt (Volkmer 2008)

Bei dieser Produktgruppe werden Systeme eingesetzt welche in erster Linie Wirkstoffe enthalten, welche eine spezifische Funktion auf der Oberfläche ausführen sollen. Dabei soll einerseits flüssiges Wasser durch einen entsprechenden Abperleffekt (Abbildung 11 und 12) von der Oberfläche ferngehalten werden und andererseits der photochemische Abbau der Holzoberfläche verlangsamt werden.

Für den Schutz vor flüssigem Wasser kommen Hydrophobierungsmittel auf der Basis von spezifischen Ölen, Wachsen oder Silikonen zum Einsatz. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Nanostrukturierung der Oberfläche durch den Einsatz von SiO_2 -Nanopartikeln. Durch die Verwendung von UV-Absorbern oder HALS wird der Schutz der Oberfläche vor der energiereichen Globalstrahlung gesteuert. Dadurch wird der Abbau der Oberfläche durch zwei unterschiedliche Mechanismen gesteuert. Einerseits wird die UV-Strahlung in Wärme umgewandelt oder über Strukturänderungen in der chemischen Zusammensetzung abgebaut. Vorteilhaft bei diesen Systemen ist, dass diese teilweise auch auf bestehenden Beschichtungssystemen aufgebracht werden können. Jedoch sind diese Behandlungsvarianten aufgrund des geringen Festkörpergehaltes und des fehlenden Bindemittels nicht dauerhaft und müssen entweder durch schichtbildende Systeme geschützt oder kontinuierlich gepflegt und erneuert werden.

Lasuren (wenig pigmentiert): Lasuren bilden je nach Zusammensetzung einen Film auf der Oberfläche, wobei die Schichtdicke bei Dünnschichtlasuren zwischen 20-30 μm und bei Dickschichtlasuren zwischen 40-80 μm variieren kann. (siehe Böttcher 2003) Die Pigmentierung liegt in der Regel zwischen 0-3% und wird oftmals über die Grundierung in das Holz eingebracht (Abbildung). Deshalb kann durch Lasuren die farbliche Erscheinung von Oberflächen geändert werden, die Textur (Jahrringverlauf) des Holzes bleibt aber weiterhin sichtbar. Aufgrund dieser Eigenschaften gewähren Lasuren einen guten Schutz vor flüssigem Wasser, jedoch kann nur ein Teil der energiereichen UV-Strahlung abgehalten werden. Das hat zur Folge, dass das Holz unter der Lasur modifiziert und abgebaut wird und derartige Systeme je nach Exposition nach 3-4 Jahren renoviert werden müssen, ansonsten ist mit grösseren Schäden zu rechnen und die Instandsetzung wird deutlich aufwendiger (Schmid 1998 a,b). Die Beschichtung wird je nach Anbieter durch 2-3 Anstriche appliziert. Als Bindemittelbasis kommen verschiedene Polymere zum Einsatz wie z.B. Acrylate, Acetate, mod. Alkyde oder Hybride. Aufgrund des Abbaumechanismus der Acrylate (physikalisch trocknend teilweise selbstvernetzend) bleibt im Vergleich zu reinen Alkydsystemen die Elastizität über den Bewitterungszeitraum relativ konstant und die Systeme verspröden nicht. Das wirkt sich positiv auf das Haftungsverhalten und ein verringertes Abplatzen der Beschichtung aus. Im Gegensatz zu den Alkydsystemen erfolgt bei den acrylatbasierten Beschichtungen ein wetterbedingter Abbau mit abnehmender Schichtdicke bei gleichbleibend guter Haftung, Alkydsysteme reißen im Bewitterungsverlauf deutlich schneller und platzen dann grossflächig ab.

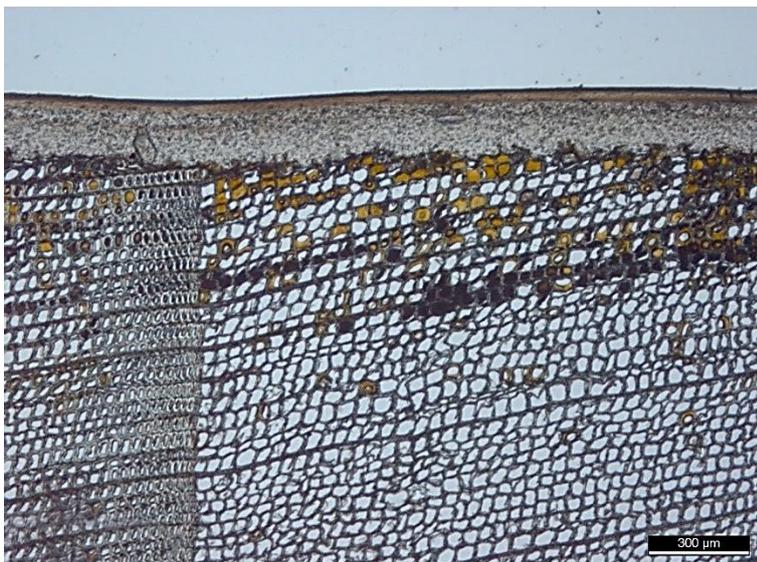


Abbildung 13: Lasierendes System mit transparenter Deckschicht und pigmentierter Grundierung, welche relativ weit in das Holz eindringt (Volkmer 2008)

Lacke pigmentiert: Deckend pigmentierte Systeme sind dadurch charakterisiert, dass sie sowohl die Holzfarbe als auch die Holzstruktur abdecken (Abbildung 14). Daher bieten diese Systeme den besten UV-Schutz, da keine Strahlung bis auf die Holzoberfläche durchdringt und diese abbauen kann. Die Farbstabilität (Abbildung 15) und Witterungsbeständigkeit ist je nach System (Farbton) und Exposition sehr hoch, was zu Renovationsintervallen von deutlich mehr als 6 Jahren führen kann. Hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung sind sie den lasierenden Systemen ähnlich abgesehen vom Pigmentanteil, welcher bei bis zu 10-12% liegen kann. Deckend pigmentierte Systeme werden heute je nach Hersteller mit sehr unterschiedlichem Festkörpergehalt von 25-45% angeboten (Prieto und Keine 2007), was wiederum zu einer breiten Spanne der Schichtdicke für diese Varianten führt (40-120 μm). Wie bei allen bis jetzt genannten Systemen ist eine ausgeprägte Diffusionsoffenheit angestrebt. Aufgrund der polymeren Grundstruktur ist dabei für deckende Beschichtungen system- und feuchteabhängig mit μ -Werten zwischen 2500-3000 zu rechnen ($\mu_{\text{Holz}} \cong 50-100$), was zu s_d -Werten von 1-1.5m führt. Neue Beschichtungssysteme auf mineralischer Basis sind demgegenüber deutlich diffusionsoffener bei μ -Werten von ca. 1000. Derartige Systeme sind eigentlich für mineralische Untergründe konzipiert, da sie die Quell- und Schwindbewegungen von Holz nicht ausgleichen können. Bei neuen Ansätzen ist es unter Verwendung spezieller Grundierungen (organische Bindemittel) möglich, mineralische Farben auch bei Holzfassaden einzusetzen. Dadurch ergibt sich eine sehr widerstandsfähige Oberfläche mit hohem UV- und Feuchteschutz. Derartige Systeme zeigen eine sehr offene Mikrostruktur, wodurch sich die hohe Dampfdurchlässigkeit ergibt, was aber auch eine Verschmutzung und den Befall durch Schimmelpilze unterstützt. Lasierende Systeme auf mineralischer Basis sind nicht im Einsatz.



Abbildung 14: Fassade mit Dickschichtlasur ostexponiert nach 5 Jahren Nutzungsdauer, die Erscheinung ist sehr gleichmässig (Volkmer und Höltschi 2008)

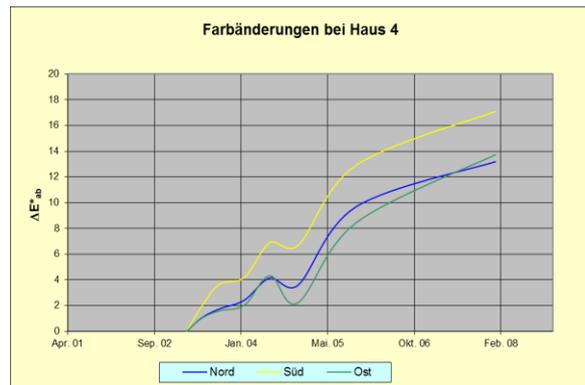
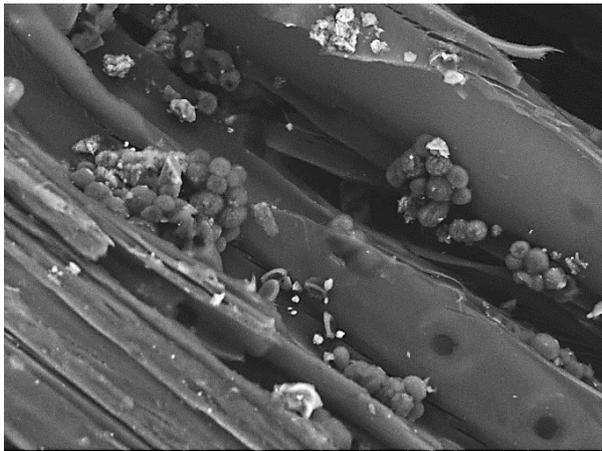


Abbildung 15: Farbveränderung einer Fassade beschichtet mit Dickschichtlasur (gelb) in Abhängigkeit der Exposition und Zeit (bei unbehandelten Fassaden ist unter gleichen Bedingungen mit Farbänderungen von $\Delta E > 45$ zu rechnen) (Volkmer und Höltschi 2008)

Neben den oben beschriebenen Varianten gibt es eine Reihe an Behandlungssystemen, welche nicht klar euzuordnend sind, da es Überschneidungen zwischen den einzelnen Produkten hinsichtlich Pigmentierung, Bindemittelbasis oder Schichtdicke gibt.

Darüber hinaus ist an dieser Stelle noch eine weitere Behandlungsvariante zu nennen, welche momentan von 2 Firmen (in der Schweiz) angewendet wird, dabei handelt es sich um **eine natürliche Vorvergrauung** (Abbildung). Dazu werden die Fassadenelemente mehrere Monate dem Wetter exponiert ausgesetzt, um den Alterungsprozess zu beschleunigen. Der Vorgang wird dabei je nach Verfahren durch eine Behandlung mit einer Sporensuspension unterstützt, was zu einer schnelleren Kolonialisierung der Oberfläche durch ausgewählte Schimmel-/Bläuepilze führt (Abbildung). Entsprechende Produkte sind unter der Bezeichnung «ecogris» oder «Biod» am Markt erhältlich.



TM-1000_0391 2010.11.02 10:16 L x1.5k 50 um

Abbildung 16: Elektronenmikroskopische Aufnahme einer natürlich vorvergrauten Holzoberfläche, bekannt unter dem Namen Bioood, es sind deutliche Ablagerungen von Pilzsporen zu sehen, sowie eine leichte Degradation (Längs- und Querrisse) des Holzverbundes (Volkmer 2008)



Abbildung 17: Vorvergraute Fassade (westexpiert) nach 5 Jahren Nutzungsdauer, das Erscheinungsbild ist relativ gleichmässig und vermittelt den natürlichen Holzcharakter (Volkmer und Höltschi 2008)

4. Zusammenfassung

Holzoberflächen bei Anwendungen im Aussenbereich sind ähnlich wie andere Bauteiloberflächen (von Beton, Glass, Kunststoff u.a.) einer Vielzahl an Einflussfaktoren ausgesetzt. Diese können zu einer starken Erosion und einer Zerstörung der Oberflächen und des gesamten Bauteils führen. Sonnenstrahlung, und Feuchtigkeit sind die wichtigsten Faktoren. Wenn diese in Kombination auftreten, laufen verschiedene Mechanismen ab, welche zu einem photo-chemischen Abbau der Oberfläche führen. Eine traditionelle Methode Holzoberflächen vor einem solchen Abbau zu schützen ist der Einsatz von diversen Beschichtungen. Die wesentlichen Anforderungen an solche Systeme sind:

- Abhalten von flüssigem Wasser bei gleichzeitiger Diffusionsoffenheit
- Schutz vor UV-Strahlung
- Gewährleistung einer guten Haftung auf dem Substrat
- Vielfältige optische Gestaltungsmöglichkeiten
- Lange Renovationsintervalle

Neben klassischen Beschichtungssystemen gibt es noch chemische und thermische Modifizierungsvarianten durch welche das Holz und die Holzoberflächen ebenfalls geschützt werden.

Nutzungsbedingt stehen Fassaden nicht in direktem Erdkontakt und bei fachgerechter Konstruktion ist ein kontinuierliches Austrocknen auch immer wieder gewährleistet. Von daher ist ein chemischer Schutz vor holzerstörenden Pilzen und Insekten nicht notwendig, obwohl teilweise derartige Systeme im Fassadenbereich angewendet werden. Die filmbildenden Beschichtungssysteme, Lasuren und stark pigmentierte Lacke, sind durch europäische Normen hinsichtlich der zu erfüllenden Anforderungen spezifiziert, wodurch auch eine Qualitätskontrolle möglich ist. Der gesamte Bereich der nichtfilmbildenden Systeme umfasst ein sehr breites Spektrum und ist nicht durch Normen erfasst, weshalb eine qualitative Bewertung sehr schwierig ist. Das liegt auch darin begründet, dass derartige Systeme sehr spezifisch sind und oftmals nur einen Aspekt des Oberflächenschutzes abdecken (Feuchteschutz oder UV-Schutz oder farbliche Gestaltung). Gerade bei den nichtfilmbildenden Systemen finden sich eine Reihe an transparenten Varianten. Diese Art der Oberflächenbehandlung ist aus Sicht der Bauherrschaft oft gewünscht, bedarf aber eines regelmässigen Unterhalts in kurzen Zeitintervallen, was für mehrgeschossige Objekte nicht realistisch ist.

Es besteht auch die Möglichkeit Holzfassaden nicht zusätzlich zu behandeln. Das führt zu einem natürlichen Vergrauungsprozess, welcher je nach Konstruktion der Fassade mehr oder weniger gleichmässig ausfällt. Bei einer entsprechenden Beratung der Bauherrschaft, handelt es sich hierbei um einer sehr kostengünstige Variante, bei welcher es jedoch keine optischen Gestaltungsspielraum gibt. Es besteht jedoch die Möglichkeit derartige Fassaden längerfristig zu reinigen. Dieser Prozess ist sehr einfach aber äusserst effektiv. Bei geringem Material- (Wasser) und Arbeitsaufwand lassen sich derartige Fassaden relativ leicht wieder in den Neuzustand versetzen.

5. Literatur

- [1] Barbotin S (2014): Micro-preparation of wooden samples to study the distribution of natural glue systems in wood, Master Thesis EPFL
- [2] Böttcher P (2003): Beschichtungen von Holz und Holzwerkstoffe im Aussenbereich, in: Lackhandbuch Holz (2003), DRW Verlag
- [3] Desai RL (1968): Photo degradation of Cellulosic Materials – A Review of the Literature, Pulp and Paper Magazine of Canada 16/8, 53-61
- [4] Derbyshire H and Miller ER (1981). The Photodegradation of Wood during Solar Irradiation, Holz als Roh- und Werkstoff 39, 341-350.
- [5] Emmler R (2003): Abschlussbericht zur Verschmutzungsneigung von Möbeloberflächen, ihd-Dresden
- [6] Erler K (2002): Holz im Aussenbereich, Birkhäuserverlag
- [7] Feist W, Hon D (1984): Chemistry of Weathering and Protection, aus «Chemistry of solid wood» Advances in Chemistry Series No. 207 by Rowell R.M, American chemical Society`s, 401-451
- [8] Frank W (1973): Einwirkung von Regen und Wind auf Gebäudefassaden, Wilhelm Ernst & Sohn, Sonderdruck aus: Berichte aus der Bauforschung 86
- [9] Ganne-Chédeville C, Volkmer T, Letsch B (2010). Nachhaltige Reinigung von un-behandelten Holzfassaden - Ergebnisse aus laufenden Forschungsprojekten, SAH Tagung 26.-27.10.2010 Weinfelden, Konferenzpapier
- [10] Geiser M (2005): Einfluss des Schlagregens auf die farbliche Veränderung von Holzoberflächen, unveröffentlichte Feldstudie, Hochschule für Architektur, Bau und Holz
- [11] Hon DN-S (2000). Photochemistry of wood, In: Hon D.N.-S., Shiraishi N. (Ed.): Wood and Cellulose Chemistry, Kap. 11, 525-555, New York, Mark Dekker.
- [12] Meijer dM, Millitz H (2001): Moisture Transport in coated Wood. Part 2: Influence of coating type, film thickness, wood species and moisture gradient on kinetics of sorption and dimensional change, Holz als Roh- und Werkstoff 58, 467-475
- [13] Schmid EV (1998a): Aussenbewitterung von Holzlasuren, Applica 3, 10-17
- [14] Schmid EV (1998b): Renovation von abgewitterten Holzlasuren, Applica 18, 2-6
- [15] Schulz H, Böttcher P, Neigenfind W (1973): Einfluss einiger Anstrichsysteme und Farbtönungen auf den Feuchtehaushalt natürlich bewitterter Holzproben, Holz als Roh- und Werkstoff 31, 132-137
- [16] Schwarze FWMR (2003): Vorlesungsskript Holzmodifikation, Universität Freiburg
- [17] Sell J (1981): Klimabedingungen und Wetterbeanspruchung von Aussenbauteilen, in Holz aussenverwendung im Hochbau (Willeitner H., Schwab E.), Verlagsanstalt A. Koch GmbH Stuttgart
- [18] Sell J (2001): Oberflächenschutz von Holzfassaden, Lignatec/ Die technischen Holzinformation der Lignum 13

- [19] Sell J, Graf E, Richter S und Fischer J (1995): Holzschutz im Bauwesen, Lignatec 1
- [20] Selter W (2007): Neue Entwicklungen in der Behandlung von Holzoberflächen, Applicia 8
- [21] Turkulin H, Sell J (2002): Investigations into photodegradation of wood using microtensile testing. Holz als Roh- und Werkstoff, 60(2), 96-105
- [22] Volkmer T (2006): Oberflächenbehandlung von Holz im Aussenbereich, Applicia 8, 2-5
- [23] Volkmer T (2008): Schimmelpilze auf beschichteten Holzfassaden – physikalische und chemische Einflussfaktoren, Dissertation Uni Freiburg i.Brsg.
- [24] Volkmer T, Höltzsch Ch (2008): Wirtschaftlichkeitsvergleich verschiedener Holzschutzmassnahmen im Aussenbereich, Forschungsbericht BFH NR. 6746-SB-01
- [25] Volkmer T, Höltzsch Ch (2009): Holzfassaden verändern ihre Farbe, Applicia 5, 12-16
- [26] Volkmer T, Arietano L, Plummer C, Strautmann J, Noël M (2013): Loss of tensile strength in cellulose tissue on the surface of spruce (*Picea abies*) caused by natural photodegradation and delignification, Polymerdegradation and Stability, 98 (6), pg. 1118–1125
- [27] Williams RS, Knaebe MT, Sotos PG, Feist WC (2001a). Erosion Rates of Wood during natural Weathering: Part 1 Effects of Grain Angle and Surface Texture, Wood and Fiber Science, 33(1) 31-42.
- [28] Williams RS, Knaebe MT, Sotos PG, Feist WC. (2001b). Erosion Rates of Wood during natural Weathering: Part 2 Early Wood and Late Wood Erosion Rates, Wood and Fiber Science, 33 (1) 43-49.
- [29] SN EN 927 Beschichtungsstoffe - Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für Holz im Aussenbereich: 1-6
- [30] EN 335 Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten - Gebrauchsklassen: Definitionen, Anwendung bei Vollholz und Holzprodukten; Deutsche Fassung EN 335:2013