



Entwicklung von Folgeschäden nach Hagelschlag

Gegenstrategien mit Beschichtungssystemen

Gerhard Grüll, Thomas Pastler

1. Einleitung

Die Witterungsbeständigkeit von Holzbeschichtungen wird durch Hagelschlag und die dabei auftretenden mechanischen Verletzungen stark beeinträchtigt. Die Holzforschung Austria arbeitet gemeinsam mit namhaften Lackherstellern, dem IBS Linz und der BOKU - Institut für Holztechnologie in einem Forschungsprojekt an der Verbesserung der Hagelbeständigkeit von Holzbeschichtungen. Als Grundlage für Verbesserungsansätze wurden in einem ersten Schritt die Vorgänge bei der Bildung von Folgeschäden an hagelgeschädigten beschichteten Holzteilen detailliert untersucht, um zielgerichtet diesen Vorgängen entgegenwirken zu können. Dies erfolgte mit mehreren deckenden und lasierenden Beschichtungssystemen auf Proben aus Fichten-, Lärchen- und Eichenholz. Diese Proben wurden mit simulierten Hagelschlägen versehen und im Freiland und im Labor bewittert. In Intervallen wurden die Proben beurteilt und die beschossenen Stellen mikroskopisch untersucht.

2. Hagelschäden und Veränderungen im Bewitterungsverlauf

Als übereinstimmende Merkmale von Beschüssen auf beschichteten Holzproben zeigten die mikroskopischen Untersuchungen Eindrücke der Holzoberflächen, verbunden mit Stauchungen der Holzstruktur und im Randbereich dieser Eindrücke Risse in den Holzuntergrund bis zu etwa 1,5 mm Tiefe. Charakteristisch waren Längsrisse vom Rand der Einschlussstellen nach außen verlaufend und in der Beschichtung waren in deren Umkreis ein oder mehrere Risse vorhanden, die sich in der Aufsicht als mehr oder weniger konzentrische Rissverläufe abzeichneten (Abbildung 1). Je nach Beschussintensität traten im Holzuntergrund ein oder mehrere dieser Längsrisse am Rand der Einschussdellen auf. Bei starker Beschussintensität wurde auch häufig ein Versatz der Beschichtung an diesen Rissen im Randbereich der Dellen beobachtet, sodass der Beschichtungsfilm aufgrund der Stauchungen häufig um mehr als die Trockenschichtdicke nach unten versetzt wurde und dementsprechend Holzflächen frei lagen (Abbildung 2).

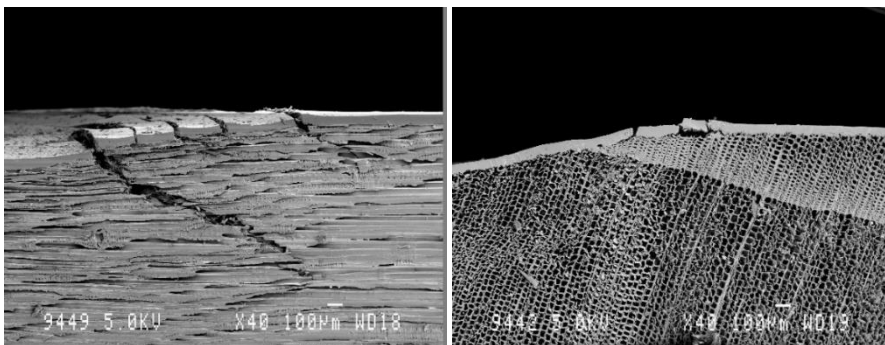


Abbildung 1: Hageleinschuss auf Fichtenholz, Längsriss nach außen verlaufend bis ca. 1,5 mm Tiefe, Stauchungen vor allem im Frühholz

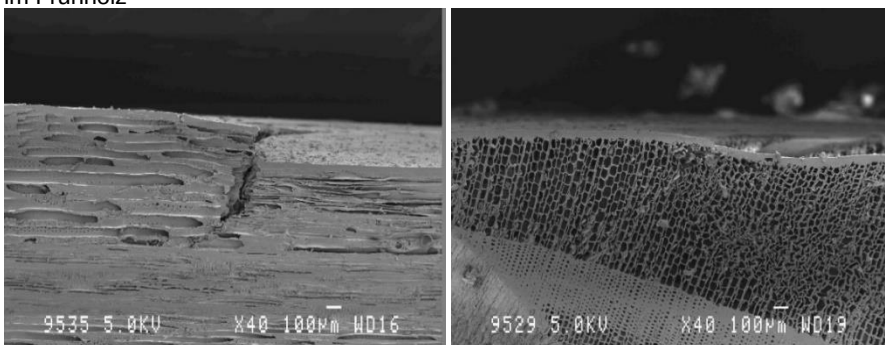


Abbildung 2: Hageleinschuss auf Lärchenholz, senkrechter Holzriss mit Versatz am Abriss der Beschichtung, Stauchungen vor allem im Frühholz

Bei Bewitterung kommt es durch die Risse in der Beschichtung zum Eindringen von Regenwasser und Durchfeuchtung des Holzuntergrundes. Dadurch werden im Umkreis der Hageleinschläge Verfärbungen des Holzes verursacht, die auf die Auswaschung von wasserlöslichen Extraktstoffen zurückzuführen sind. Aufgrund der Verteilung des Wassers bevorzugt in Faserlängsrichtung des Holzes ergibt sich eine stärkere Ausdehnung der Verfärbung in Längsrichtung (Abbildung 3). Dieser Feuchteeintrag hat bei den Bewitterungsproben nicht dazu geführt, dass die Stauchungen im Holzgefüge im Bereich der Dellen angequollen sind und sich die Verformungen zurückgebildet haben.

Nach mehreren Monaten Bewitterung der verletzten Proben haben sich die Verfärbungen verstärkt und zusätzlich ist ausgehend von den Rissen im Beschichtungsfilm und in der Holzstruktur ein Befall durch holzverfärbende Bläuepilze aufgetreten. Diese Verfärbungen wurden bis neun Monate Bewitterung in einer Tiefe vorgefunden, die etwa der Tiefe der Holzrisse im Randbereich der Dellen entsprach, also bis ca. 1,5 mm Tiefe (Abbildung 4). Bei den Rissen in Beschichtungsfilmen im Randbereich der Dellen wurden nach mehreren Monaten Bewitterung auch zunehmende Haftungsstörungen und Abblätterung festgestellt. Bei einer Probe kam es auch aufgrund eines in der Nähe der Schadstelle liegenden Harzkanals zu einer verstärkten Durchtränkung der Holzstruktur mit Harz in diesem Bereich (Abbildung 4 Mitte).

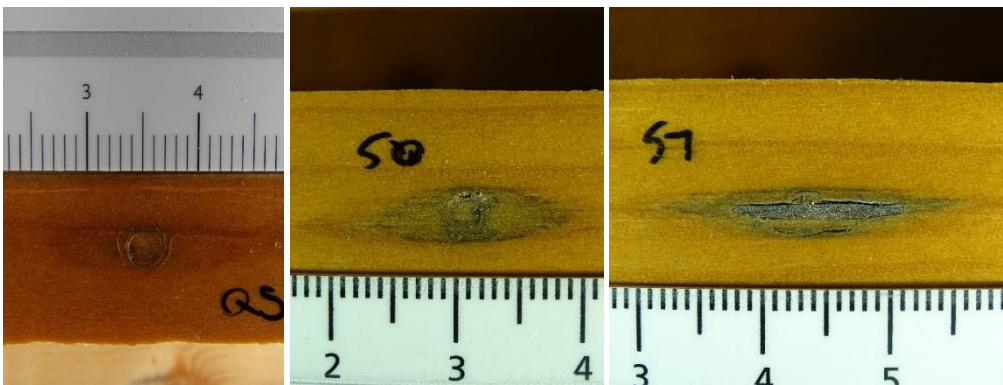


Abbildung 3: Entwicklung von Verfärbungen aufgrund von Wassereintritt und Auswaschung von wasserlöslichen Extraktstoffen, Fichtenholz 3, 6 und 9 Monate Freiladbewitterung

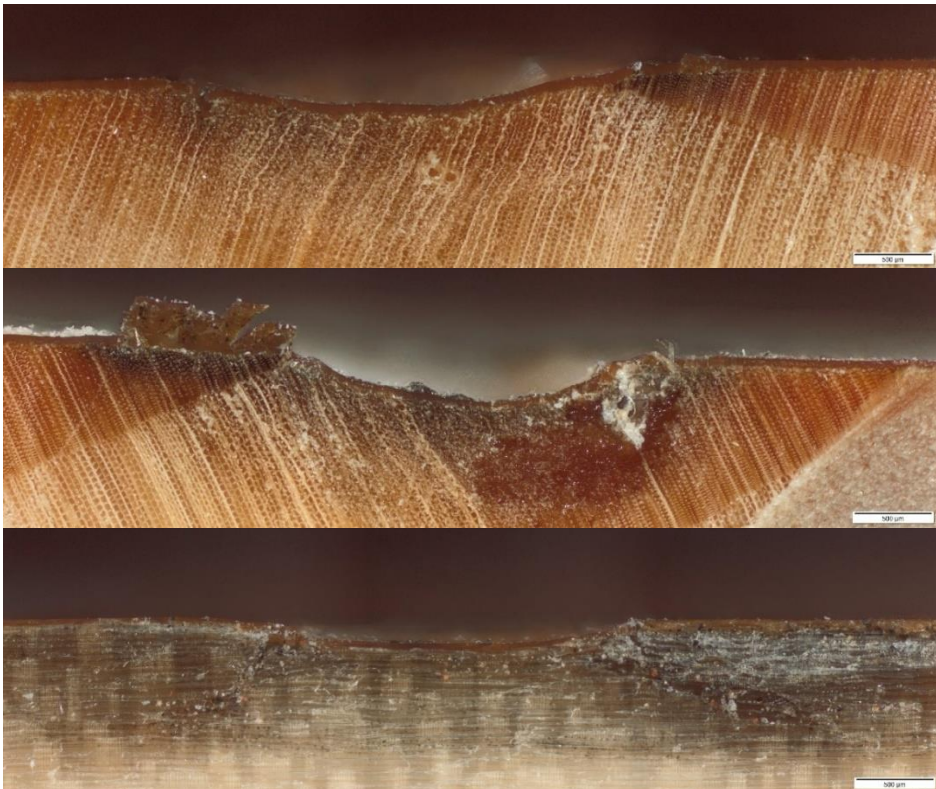


Abbildung 4: Verfärbungen und Befall durch Bläuepilze bis zur Tiefe der Holzrisse nach 6 Monaten und 9 Monaten Freiladbewitterung

3. Einfluss des Beschichtungsaufbaus

Im Vergleich von Beschichtungsaufbauten mit und ohne Grundierung konnte beobachtet werden, dass durch Anwendung der Grundierung eine deutlich geringere Ausbildung der oben beschriebenen Verfärbungen erreicht werden konnte (Abbildung 5). Dies war sowohl bei visueller Betrachtung der Probenoberflächen als auch bei den mikroskopischen Untersuchungen erkennbar. Durch die Anwendung der biozidhaltigen Grundierung wurde ein Befall des Holzes durch holzverfärbende Pilze verhindert (Abbildung 6). Zudem wurde offensichtlich die Aufnahme von flüssigem Wasser im Holzuntergrund reduziert, wodurch die Auswaschung von wasserlöslichen Extraktstoffen und damit verbundene Verfärbungen vermieden wurden. Es zeigten sich beim direkten Vergleich eines Beschichtungssystems mit und ohne Grundierung bei dem Aufbau mit Grundierung wesentlich geringere Verfärbungen des Holzuntergrundes und diese nur in der unmittelbaren Umgebung der Risse im Randbereich der Dellen.

Bei deckenden Beschichtungsaufbauten sind im Gegensatz zu Lasuren in der Aufsicht auf die Oberflächen keine Verfärbungen um die Hagelschläge erkennbar, weil sich diese nur im Holzuntergrund ausbilden und aufgrund des Deckvermögens der Beschichtung verborgen sind. Bei einem Vergleich zeigten sich jedoch bei deckenden Systemen auf Fichtenholz gegenüber den oben beschriebenen Beobachtungen mit einer Lasur im gleichen Ausmaß Verfärbungen im Holzuntergrund (Abbildung 7). Es finden daher bei deckenden Beschichtungen die gleichen Vorgänge wie bei Lasuren statt. Der bessere Lichtschutz der deckenden Beschichtungen kann sich hierbei jedoch hemmend auf den fotochemischen Abbau des Lignins auswirken, wodurch die Auswaschung von Abbauprodukten des Lignins bei Feuchteeinwirkung geringer zu erwarten ist als bei Lasuren mit begrenztem UV-Schutz.

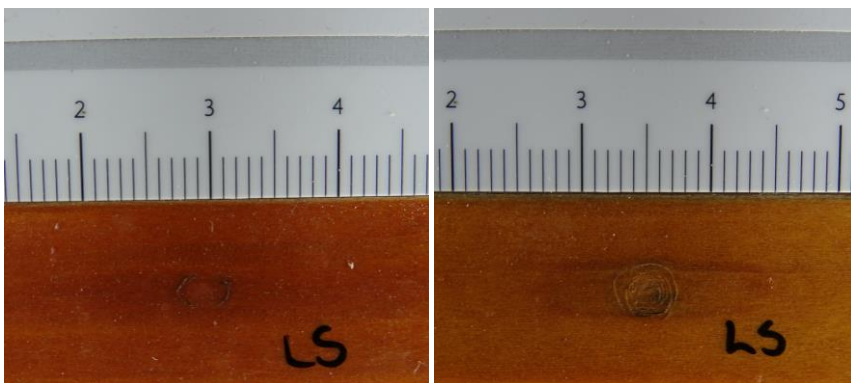


Abbildung 5: Lasur auf Fichtenholz mit (links) und ohne (rechts) Grundierung nach 6 Monaten Bewitterung

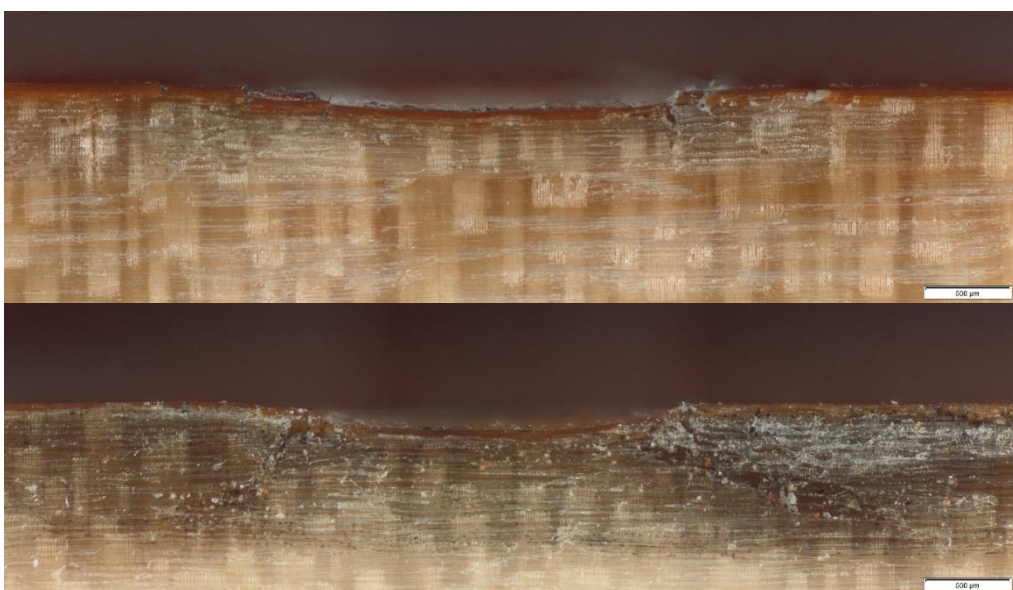


Abbildung 6: Lasur auf Fichtenholz mit (oben) und ohne (unten) Grundierung nach 9 Monaten Bewitterung, geringere Verfärbungen und kein Bläuebefall mit fungizider Grundierung

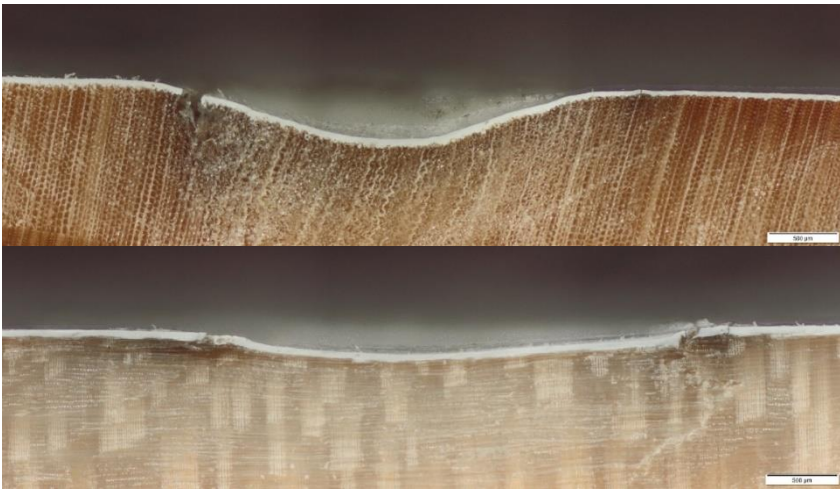


Abbildung 7: Deckende Beschichtung auf Fichtenholz mit ähnlichen Verfärbungen wie bei vergleichbaren Lasuraufbauten nach 9 Monaten Bewitterung

4. Einfluss der Holzart

Die Verfärbungen des Holzuntergrundes unter Hagelschäden bilden sich stärker aus, wenn der Extraktstoffgehalt des Holzes höher ist. So konnten bei Eichenholz die stärksten Verfärbungen im Umkreis der Hagelschläge beobachtet werden, gefolgt von Lärchenholz und bei Fichtenholz waren diese Verfärbungen am geringsten (Abbildung 8).

Die Verformungen und Rissbildungen im Holz waren zwischen Fichten- und Lärchenholz relativ ähnlich, mit dem kleinen Unterschied, dass das Lärchenholz die Risse im Randbereich der Dellen in mehreren Fällen fast senkrecht zur Oberfläche ins Holz verliefen (Abbildung 9, Abbildung 10). Ebenso wie beim Fichtenholz waren die Stauchungen stärker im Frühholz ausgeprägt und vor allem im Frühholz reichten die Stauchungen tief in den Holzuntergrund. Im Eichenholz ergaben sich hingegen aufgrund der völlig anderen anatomischen Struktur komplexere Rissbilder, wobei die Risse bevorzugt in den Gefäßen des Eichenholzes und hier bevorzugt im Frühholz verliefen (Abbildung 9). Besonders an den Querschnitten des Eichenholzes waren mehr Risse und in einem geringeren Ausmaß Stauchungen des Holzes erkennbar. Gestaut war die Holzstruktur insbesondere im Bereich der großen Frühholzgefäße, wodurch an der Oberfläche sehr unebene Strukturen entstanden. Die im Holz verlaufenden Risse zeigten zahlreiche Sprünge und Verzweigungen in komplexerer Ausbildung als im Nadelholz. Übereinstimmend zum Nadelholz waren an den Längsschnitten Risse im Eichenholzuntergrund mit Ablenkung von den Hageleinschlägen nach außen bis ca. 1 mm Tiefe erkennbar. Als Besonderheiten der Schadensentwicklung zeigten sich beim Eichenholz die oben erwähnten Verfärbungen durch Auswaschen von Extraktstoffen und aufgrund der häufigeren Rissbildung im Beschichtungsfilm stärkere Abblätterungen, ausgehend von den durch den Hagelschlag verursachten Rissen (Abbildung 11).

Die beschriebenen Schäden an den Beschichtungen und im Holz können nach dem heutigen Stand der Technik durch die Verwendung von guten Beschichtungssystemen einschließlich einer Grundierung mit vorbeugender Wirksamkeit gegen holzverfärbende Bläuepilze minimiert und durch das Aufbringen eines Wartungsanstriches möglichst kurzfristig nach einem relevanten Hagelereignis vermieden werden.

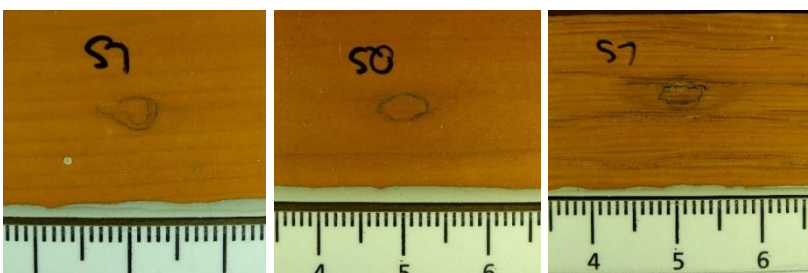


Abbildung 8: Lasur auf Fichten- Lärchen- und Eichenholz nach 9 Monaten Bewitterung



Abbildung 9: Hagelbeschüsse auf Fichten- Lärchen- und Eichenholz



Abbildung 10: Hagelbeschuss auf Lärchenholz

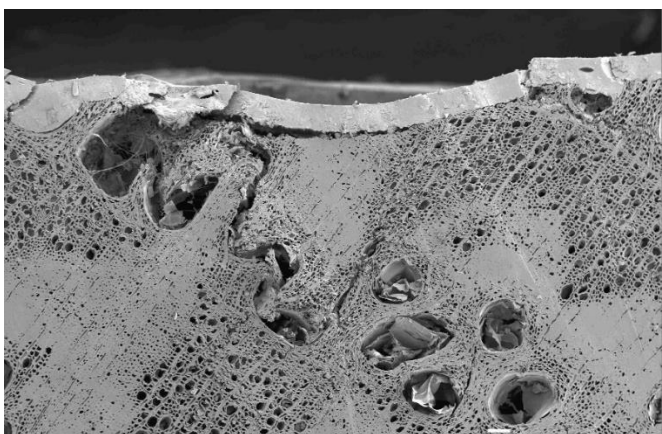


Abbildung 11: Hagelbeschuss auf Eichenholz, beginnende Abblätterung der Beschichtung nach 6 Monaten Bewitterung

5. Schematische Darstellung der Veränderungen

Eine vereinfachte und zusammenfassende Darstellung der oben beschriebenen Vorgänge, die auf beschichteten Holzteilen nach Hagelschlag in der fortschreitenden Bewitterung stattfinden zeigt Abbildung 12. Die dargestellten Schritte sind:

1. Frischer Hagelschlag
(Ein Wartungsanstrich kann Folgeschäden vermeiden)
2. Verfärbung des Holzes durch Feuchteintritt und Auswaschen von Holzextrakten
(Grundierungen im Beschichtungsaufbau können die Verfärbung reduzieren)
3. Ausbreitung der Verfärbungen, beginnender Bläuebefall im Holz
(Grundierungen mit Wirksamkeit gegen Bläue können das verhindern)
4. Ausbreitung der Verfärbungen und des Bläuebefalls, beginnende Haftungsstörungen der Beschichtung
(Beschichtungen mit guter Haftung (Nasshaftung, Rissflankenhaftung) können das verhindern)
5. Abblättern der Beschichtung im Zentrum des Hagelschlages, Vergrauen des freigelegten Holzes
6. Ausbreitung der Abblätterungen

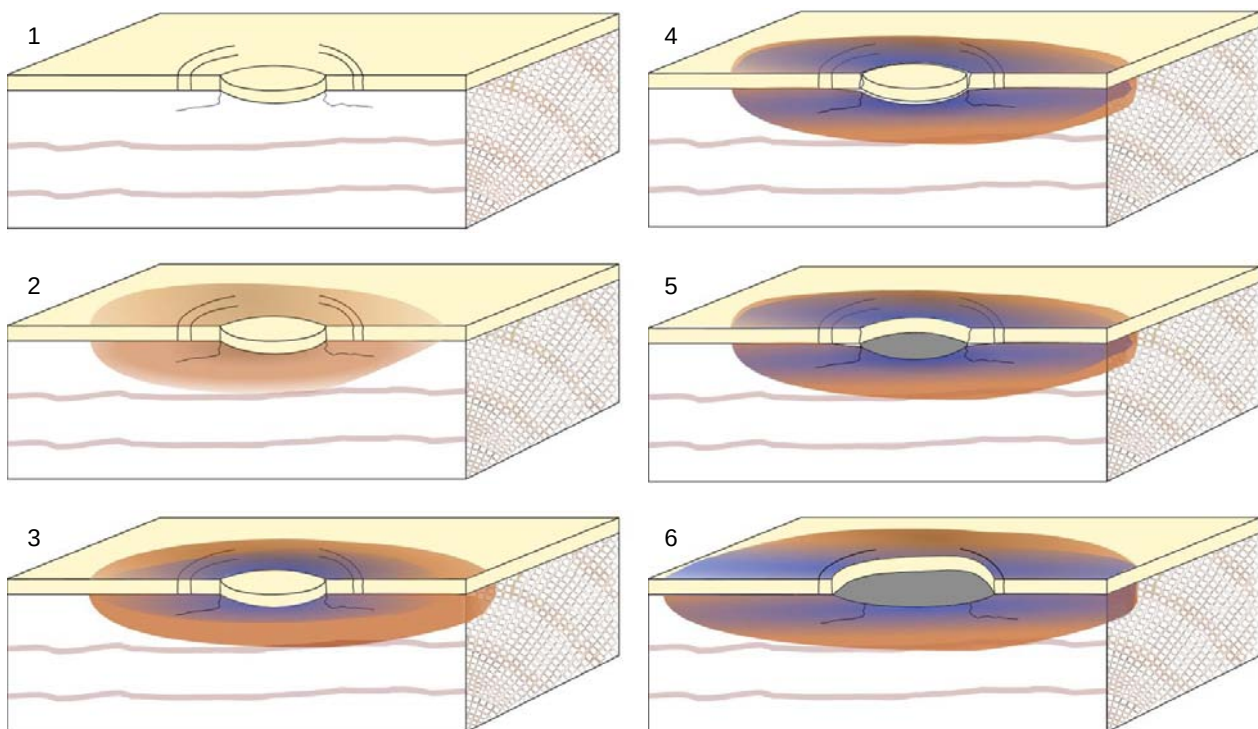


Abbildung 12: Schematische Darstellung von Folgeschäden an hagelgeschädigten beschichteten Holzteilen

6. Entwicklungsstrategien für Beschichtungssysteme

Die Strategien zur Verbesserung der Hagelbeständigkeit von beschichteten Holzoberflächen gehen in zwei Richtungen: Im Idealfall gelingt es, die Rissbildung der Beschichtung zu vermeiden, andernfalls müssen die oben beschriebenen Folgeschäden vermieden werden (Abbildung 13). Dazu ist das Verständnis über die Entwicklung von Folgeschäden von Bedeutung.

Das laufende Forschungsprojekt verfolgt die Abstimmung des Gesamtsystems Beschichtung - Holz, um auf beiden Seiten die Eigenschaften zu optimieren und aufeinander abzustimmen. Die üblichen Nadelholzarten, die im Außenbereich mit Beschichtungen zur Anwendung kommen, haben eine relativ geringe Oberflächenhärte im Vergleich zu anderen Baustoffen, weshalb bei Hagelereignissen große Verformungen stattfinden und die Beschichtungen sehr stark beansprucht werden. Auf der Seite des Substrates erfolgt daher die Modifikation von Holzoberflächen zur Steigerung der Härte oder zur Vermeidung von Folgeschäden nach Hagelschlag.

Ein weiterer Entwicklungsansatz des Projektes ist die Verbesserung der mechanischen Eigenschaften der Beschichtungsfilme, wobei auch die Verstärkung von wasserverdünnbaren Polymeren mit Nanozellulose in Zusammenarbeit mit der BOKU verfolgt wird. Auch Ansätze für selbstheilende Beschichtungen, werden im Projekt untersucht, um entstandenen Verletzungen zu schützen und die Entwicklung von Folgeschäden zu vermeiden.



Abbildung 13: Strategien zur Verbesserung der Hagelbeständigkeit