

QFacades

Nicht filmbildender Oberflächenschutz von Holzfassaden: Qualitätssicherung und Bewertungskriterien

Schlussbericht

Bericht Nr.	R.007094-10-62FE-01-SB-01
Auftrag Nr.	R.007094-10-62FE-01, BAFU Projekt 2014.07
Klassifizierung	Öffentlich
Datum	November 2017
Auftraggeber	Bundesamt für Umwelt (BAFU) Abteilung Wald 3003 Bern
Adresse der Forschungsstelle	Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau Institut für Werkstoffe und Holztechnologie Kompetenzbereich Holz- und Oberflächenbehandlung Solothurnstrasse 102, CH-2504 Biel Tel / Fax +41 (0)32 344 03 41/91 www.ahb.bfh.ch
Projektverantwortlicher	Thomas Volkmer
Institutsleiter	Frederic Pichelin

Berner Fachhochschule
Institut für Werkstoffe und Holztechnologie

Zusammenfassung

Nichtfilmbildende Systeme haben heute noch keine objektiven Qualitätskriterien die zur Klassifizierung dieser Fassadenbeschichtungen genutzt werden könnten. In diesem Projekt wurde versucht durch die Analyse der Proben vor und nach künstlicher bzw. natürlicher Bewitterung passende Qualitätskriterien zu finden. Dabei wurden 57 Varianten nicht-filmbildender Beschichtungen vor und nach der Bewitterung untersucht. Als mögliche Kriterien wurden einerseits messbare farbmetrische Parameter wie die Farbe und der Glanz ausgewertet, Weiter wurden in Anlehnung an die Norm EN 927-3 visuelle Parameter, wie Abblättern, Kreibung und Rissbildung analysiert. Alle Proben wurden weiterhin lichtmikroskopisch und mittels Elektronenmikroskopie untersucht und hinsichtlich der Oberflächenveränderung beurteilt.

Die durchgeführten Untersuchungen speziell nach dem ersten Bewitterungsjahr führten nicht zu den gewünschten objektiv bewertbaren Richtlinien. Für eine weitere Beobachtung wurden die Proben ein weiteres Jahr zur natürlich Bewitterung ausgelegt. Nach 22 Monaten konnten dann deutliche Unterschiede ermittelt werden, sodass eine relativ klare Einteilung in ästhetisch gut und weniger gut aussehende Proben möglich ist. Aufgrund der Vielzahl an Parametern konnte aber nur sehr bedingt eine Tendenz festgestellt werden, welcher Einflussparameter zu dem jeweiligen Erscheinungsbild führt. Jedoch hat sich abgezeichnet, dass Mehrfachbeschichtung nicht zielführend sind und sich die ästhetische Erscheinung eher verschlechtert und dass technisch strukturierte Untergründe zu sehr gleichmässigen Oberflächen führen und sich für nicht-filmbildende Beschichtungen sehr gut eignen. Aufgrund parallel laufender Untersuchungen kann an dieser Stelle weiter festgehalten werden, dass die saubere Untergrundbehandlung speziell im Kantenbereich wesentlich für eine gute Erscheinung/Entwicklung der Oberfläche ist, dh. dass speziell Druckstellen und eine ungleichmässige Profilierung zum grossflächigen Abblättern der Beschichtung führen und somit eine ästhetisch weniger gute Oberfläche erzeugt wird.

Nach unserem Kenntnisstand ist die vorliegende Arbeit die erste ihre Art, welche sich mit dem komplexen Thema der nicht-filmbildenden Beschichtungen auseinandersetzt. Auch wenn noch nicht alle Problemfelder abschliessend geklärt werden konnten, leistet diese Arbeit einen wichtigen Beitrag zur Qualitätssicherung bei Holzfassaden.

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	4
2	Zielsetzungen	4
3	Material und Methoden	5
4	Resultate und Diskussion	10
	4.1 Referenzproben vor Bewitterung	10
	4.2 Ergebnisse der künstlichen Bewitterung	12
	4.3 Ergebnisse der natürlichen Bewitterung nach 12 Monaten	16
	4.4 Ergebnisse der natürlichen Bewitterung nach 22 Monaten	27
5	Schlussfolgerungen	32
6	Bestimmungen zum vorliegenden Bericht	33
	6.1 Umfang des Berichts	33
7	Quellen	33

1 Ausgangslage

Für die Behandlung von Fassadenoberflächen aus Holz kommen neben deckenden Beschichtungsvarianten eine Vielzahl an transparenten und nichtfilmbildenden Systemen zum Einsatz. Für diese Systeme existieren aufgrund ihrer jeweiligen spezifischen Eigenschaften keine anwendbaren Qualitätsstandards oder Richtlinien, welche eine objektive Bewertung der Systeme zulassen. Damit die genannten Varianten im vorhandenen Label der Lignum „Fassadenschalung aus Holz“ integriert werden können müssen entsprechende Parameter ermittelt und bestätigt werden, welche eine Qualitätsbewertung zulassen.

Das vorliegende Projekt soll dazu einen wesentlichen Beitrag leisten.

2 Zielsetzungen

Das übergeordnete Ziel des Forschungsprojektes besteht darin Qualitätsstandards für nicht filmbildende Oberflächenvarianten zur ermitteln und festzulegen, damit derartige Systeme verlässlich bewertet werden können und bei einer Labelvergabe Berücksichtigung finden, was sich letztendlich auf den Einsatz von Holz im Fassadenbereich positiv auswirken wird. Demzufolge ist es entscheidend, Parameter zu identifizieren und zu testen, welche eine Differenzierung der verschiedenen Oberflächen hinsichtlich der Dauerhaftigkeit zulassen.

Durch das vorgeschlagene Projekt werden im Verlauf mehrerer Teilschritte folgende Themenschwerpunkte bearbeitet:

1. Erstellung eines Anforderungskatalogs an nichtfilmbildende Oberflächenvarianten
2. Erfassung von Messdaten zu nichtfilmbildenden Oberflächenvarianten in Abhängigkeit der Bewitterungszeit für folgende Parameter: Farbveränderung, Glanz / ästhetische Erscheinung, Abperlverhalten / Sorption des Substrates, Rissbildung, Abblättern, (Schimmel-)pilzbefall, Haftungsverhalten, Kreidung, Schichtdicke
3. Untersuchung und Bewertung des Versagensverhaltens (zeitlicher Abbau, Rissentstehung/-fortpflanzung – Abblättern, Abblättern-photochemische Degradation des darunter liegenden Substrates)
4. Ermittlung und Festlegung von Grenzwerten für Qualitätsstandards im Hinblick auf die praktische Anwendung (z.B. kann ein zeitabhängiges Abwittern der Beschichtung erwünscht sein)
5. Abschätzung der Lebensdauer für einen nicht filmbildenden Oberflächenschutz und ggf. Festlegung von möglichen Pflegemassnahmen/-intervallen

3 Material und Methoden

In die geplanten Untersuchungen wurden insgesamt 57 nicht-filmbildende, farblose oder pigmentierte Beschichtungs-/ Oberflächenvarianten von 5 Produzenten berücksichtigt. Dabei handelte es sich um geölte Oberflächen, Vergrauungslasuren, imprägnierte Fassadenproben und hydrophobierende Systeme. Es wurden 4 verschiedene Holzarten eingesetzt und 4 unterschiedliche Oberflächenstrukturen angewendet. Eine Zusammenstellung der Varianten findet sich in Tabelle 1.

Die Herstellung der Proben erfolgte im Industriemassstab durch die verschiedenen Anbieter (Hobelwerke) entsprechend den technischen Vorgaben der Beschichtungsmittelhersteller.

Die Bewertung der Proben erfolgte über die Analyse des Alterungsverhaltens bei künstlicher und natürlicher Bewitterung. Da im vorliegenden Projekt die ästhetische Erscheinung im Vordergrund steht, wurden folgende Parameter für die Analyse herangezogen: Farbentwicklung, Oberflächenspannung, Oberflächenmorphologie (visuelle Erscheinung – auf mikroskopischer und makroskopischer Ebene) und Schichtdicke.

Natürliche Bewitterung

Die natürliche Bewitterung erfolgte in Anlehnung an die Norm EN 927/3 (Lacke und Anstrichstoffe - Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für Holz im Außenbereich - Teil 3: Freibewitterung) auf der Versuchsfläche in Biel, Solothurnstrasse 102. Die Auslagerung der Proben erfolgte Juli und August 2015 und war mindestens für ein Jahr angesetzt (was in der Folge um ein Jahr verlängert wurde). Pro Variante wurden 3 Proben in Richtung Süd mit einer Neigung von 45° ausgelagert. Die Platzierung der profilierten Industrieproben erfolgte horizontal mit einer Neigung von ca. 5°, so dass das Regenwasser etwas abfliessen kann (siehe Abb. 1). Die Querschnittsflächen wurden abgesperrt mit einer Überlappung auf die Breitflächen, was eine verstärkte Feuchtaufnahme begrenzt. Aufgrund dessen, dass mit industriell hergestellten Proben gearbeitet wurde, sind die Schmalflächen profiliert, was der Praxis relativ nahe kommt, aber in der genannten Norm nicht vorgesehen ist.

Tab. 1 Beschichtungsvarianten und Bewitterungsarten (natürlich/künstlich)

Variante	Firma	Behandlung	Holzart	Oberfläche	Bewitterungsart	Beteiligte Firmen
1--1	1	Vorvergrauung	nord. Fichte	geschliffen	n	
1--2	1	Vorvergrauung	nord. Fichte	sägeroh	n	Eisenring AG
1--3	1	Vorvergrauung	nord. Fichte	strukturfein	n	Kälin AG
1--4	1	Vorvergrauung	nord. Fichte	geschliffen	n	Brand Reber AG
1--5	1	Vorvergrauung	nord. Fichte	sägeroh	n	Imprägnierwerk Willisau
1--6	1	Vorvergrauung	nord. Fichte	strukturfein	n	OLWO
1--7	1	Öllasur	nord. Fichte	geschliffen	n/k	
1--8	1	Öllasur	nord. Fichte	sägeroh	n/k	(Lackhersteller entsprechend den Hobelwerken)
1--9	1	Öllasur	nord. Fichte	strukturfein	n/k	Lignum
1--10	1	Vorvergrauung	sib. Lärche	geschliffen	n	
1--11	1	Vorvergrauung	sib. Lärche	sägeroh	n	
1--12	1	Vorvergrauung	sib. Lärche	strukturfein	n	
1--13	1	Vorvergrauung	sib. Lärche	geschliffen	n	
1--14	1	Vorvergrauung	sib. Lärche	sägeroh	n	
1--15	1	Vorvergrauung	sib. Lärche	strukturfein	n	
1--16	1	Öllasur	sib. Lärche	geschliffen	n	
1--17	1	Öllasur	sib. Lärche	sägeroh	n	
1--18	1	Öllasur	sib. Lärche	strukturfein	n	
1--19	1	Hydrophobierung	sib. Lärche	geschliffen	n	
1--20	1	Hydrophobierung	nord. Fichte	strukturfein	n	
1--21	1	Hydrophobierung	sib. Lärche	strukturfein	n	
1--22	1	Vorvergrauung	heim. Douglasie	geschliffen	n	
1--23	1	Vorvergrauung	heim. Douglasie	sägeroh	n	
1--24	1	Vorvergrauung	heim. Douglasie	strukturfein	n	
1--25	1	Vorvergrauung	heim. Douglasie	geschliffen	n	
1--26	1	Vorvergrauung	heim. Douglasie	sägeroh	n	
1--27	1	Vorvergrauung	heim. Douglasie	strukturfein	n	
1--28	1	Öllasur	heim. Douglasie	geschliffen	n	
1--29	1	Öllasur	heim. Douglasie	sägeroh	n	
1--30	1	Öllasur	heim. Douglasie	strukturfein	n	
1--31	1	Hydrophobierung	heim. Douglasie	geschliffen	n	
1--32	1	Hydrophobierung	heim. Douglasie	sägeroh	n	
1--33	1	Hydrophobierung	heim. Douglasie	strukturfein	n	
1--34	1	Hydrophobierung	sib. Lärche	geschliffen	n	
1--35	1	Hydrophobierung	sib. Lärche	strukturfein	n	
1--36	1	Hydrophobierung	heim. Douglasie	geschliffen	n	
1--37	1	Hydrophobierung	heim. Douglasie	sägeroh	n	
1--38	1	Hydrophobierung	heim. Douglasie	strukturfein	n	
2--1	2	Vorvergrauung	nord. Fichte	sägeroh	n/k	
2--2	2	Vorvergrauung	nord. Fichte	sägeroh	n/k	
2--3	2	Vorvergrauung	nord. Fichte	sägeroh	n/k	
3--1	3	Holzbeize	nord. Fichte	sägeroh	n/k	
3--2	3	Vorvergrauung	nord. Fichte	sägeroh	n/k	
3--3	3	Farbe	nord. Fichte	sägeroh	n/k	
4--1	4	Druckimprägniert	CH-Tanne	sägeroh	n	
4--2	4	Öllasur	CH-Tanne	sägeroh	n	
4--3	4	Öllasur	CH-Tanne	sägeroh	n	
4--4	4	Öllasur	CH-Tanne	sägeroh	n	
4--5	4	Druckimprägniert	CH-Tanne	sägeroh	n/k	
4--6	4	Öllasur	CH-Tanne	sägeroh	n	
4--7	4	Öllasur	CH-Tanne	sägeroh	n/k	
4--8	4	Lasur	CH-Tanne	sägeroh	n/k	
5--1	5	Lasur	nord. Fichte	geschliffen	n/k	
5--2	5	Vorvergrauung	CH-Tanne	geschliffen	n	
5--3	5	Vorvergrauung	CH-Tanne	geschliffen	n	
5--4	5	Vorvergrauung	heim. Lärche	sägeroh	n	
5--5	5	Öllasur	heim. Lärche	gehobelt	n	



Abb. 1 Versuchsstand für die Freibewitterung nach EN 927/3

Künstliche Bewitterung

Die künstliche Bewitterung erfolgte mittels gefilterter Xenonbogenstrahlung im Qsun der Fa. QPanel in Anlehnung an EN 15187: Möbel - Bestimmung der Lichtbeständigkeit von Oberflächen (siehe Abb. 2). Die Parameter der verschiedenen Alterungszyklen sind in der Tabelle 2 zusammengefasst. Für die künstliche Bewitterung wurde aus organisatorischen Gründen nur an einer Auswahl der verschiedenen Varianten getestet. Eine Zusammenstellung findet sich in Tabelle 2. Die Probendimension der Proben für die künstliche Bewitterung betrug 110mm*64mm*19mm.

Tab. 2 Bewitterungsparameter während der künstlichen Bewitterung

	Bestrahlungsstärke W/m ² @340nm	Black Panel Temperatur °C	Kammertem- peratur °C	Relative Luftfeuchte %	Alterungsdauer [h]	Beregnu- ng
Zyklus 1 (Normale Strahlung)	0.44	65	40	30	200	Nein
Zyklus 2 (Normale Strahlung mit Bewässerung)	0.44	65	40	30	200	Ja
Zyklus 3 (Erhöhte Strahlung)	0.64	65	40	30	200	nein



Abb. 2 Prüfanordnung für die künstliche Bewitterung im Qsun Xenon 3100S

Farbmessung

Die Farbmessung wurde mittels eines Colorimeters der Fa. Byk (Spectro Guide Gloss) bei D65 und 10° durchgeführt. Für die Freibewitterung wurden an 3 Referenzproben insgesamt 3 Messpunkte erfasst. Für die künstliche Bewitterung wurden an 3 Proben insgesamt 3 Messpunkte erfasst. Die Messungen erfolgten jeweils vor und nach den verschiedenen Bewitterungszyklen.

Glanzmessung

Die Glanzwerte der Oberflächen wurden mit dem Glanzmessgerät Byk Gardner Micro Tri Gloss bestimmt. Die Messungen erfolgten an den gleichen Stellen, an welchen auch die Farbe gemessen wurde. Die Bestimmung der Glanzwerte erfolgte an Referenzproben ebenfalls vor und nach den Bewitterungszyklen.

Bestimmung des Kontaktwinkels

Die Bewertung der Oberflächenspannung erfolgte mit dem Gerät DSA 10 der Firma Krüss. Über die Konturanalyse eines liegenden Tropfens kann der Kontaktwinkel bestimmt werden.

Die Durchführung der Messung gliedert sich in folgende Punkte:

- Allgemeine Probenvorbereitung
- Klimatisierung der Proben bei 20°C und 65% relativer Luftfeuchte
- Durchführung der Messung:

Zu Beginn wird die Messeinrichtung kalibriert, wobei der Kanüldurchmesser der Dosiereinheit als Massstab dient. Für die Messung wird ein Tropfen destillierten Wassers mit Hilfe einer Spritze auf die Probenoberfläche gebracht und anschliessend fünf Sekunden gewartet. Danach wird mittels der CCD Kamera der liegende Tropfen digital erfasst. Dieses Bild wird nun durch eine Konturanalyse des Tropfens ausgewertet und der Kontaktwinkel bestimmt. Dazu wird die Tropfenform nach der Young-Laplace-Gleichung angepasst. Diese Methode ist geeignet für Kontaktwinkel grösser 30° und ist unter (Krüss 2002) beschrieben.

Die Bestimmung des Kontaktwinkels erfolgte an den entsprechenden Proben vor und nach der jeweiligen Behandlung.

Visuelle Bewertung (makroskopisch nach EN 927/3)

Die visuelle makroskopische Bewertung der Proben erfolgt auf Basis der Norm EN 927/3. Dabei werden ausgewählte Oberflächenkriterien (Abblätterungsgrad nach SN EN ISO 4628-5, Besiedlung durch Bläue- und Schimmelpilze nach SN EN ISO 4628-1, Haftfestigkeit mittels Gitterschnittprüfung (SN EN ISO 2409), Kreidungsgrad nach SN EN ISO 4628-6 und Rissgrad nach SN EN ISO 4628-4) mittels eines Klassifizierungsschlüssel (in der Regel 0-5) bewertet, was einen quantitativen Vergleich der Varianten zulässt. Die Bewertung der Oberflächen aufgrund dieser Parameter erfolgte dabei nach Ablauf der einjährigen Bewitterung.

Visuelle Bewertung (mikroskopisch, makroskopisch, inklusive Schichtdicke)

Die mikroskopische Analyse dient einerseits der Bestimmung der Schichtdicke und andererseits der qualitativen Bewertung der Oberfläche. Dabei wird für die allgemeine Bewertung das Auflichtmikroskop MZ16 der Fa. Leica eingesetzt. Die Schichtdicke wurde mikroskopisch bestimmt. Pro Variante wurden 10 Messungen gemacht. Die Untersuchungen wurden noch durch Analysen mit dem Elektronenmikroskop Hitachi TM 3000 ergänzt. Die mikroskopischen Analysen wurden an Referenzproben und an gealterten Proben (12 Monate) durchgeführt.

Zusätzlich wurde eine allgemeine visuelle Bewertung der Proben nach 22 Monaten Bewitterung durchgeführt.

4 Resultate und Diskussion

4.1 Referenzproben vor Bewitterung

Schichtdicke

Die Beschichtungen der untersuchten Fassadenschalungen hatten vor der Bewitterung eine Trockenschichtdicke von durchschnittlich 20 μm (siehe Abbildung 3). Dabei muss gesagt werden, dass dieser Parameter immer wieder kritisch diskutiert wird und dass man bei Varianten mit einer Schichtdicke von grösser als 20 μm nicht mehr von „nicht-filmbildende“ gesprochen werden kann.

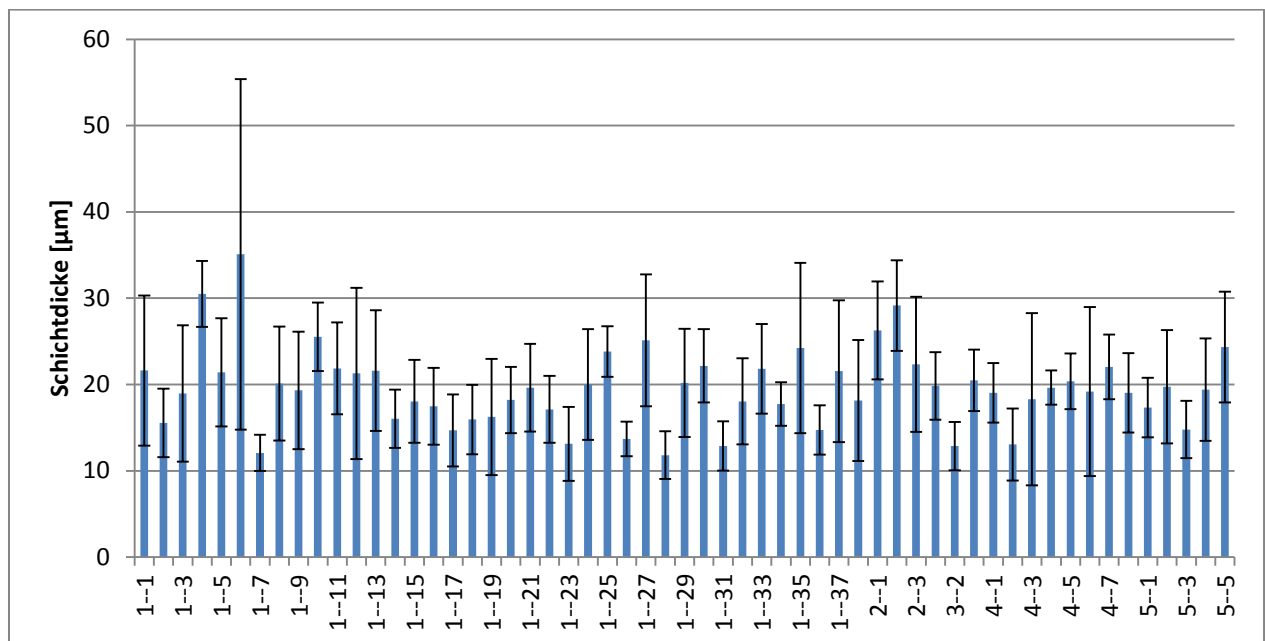


Abb. 3 Schichtdicke der Referenzproben.

Kontaktwinkel

Die Kontaktwinkel der Proben vor der Bewitterung sind grösstenteils im Bereich zwischen 80° und 105° (siehe Abbildung 4). Dabei ist anzumerken, dass ab einem Kontaktwinkel von grösser 90° von einer relativ hydrophoben Oberfläche ausgegangen werden kann.

Glanzmessung

Der gemessene Glanzwert bei den meisten Varianten ist sehr tief (siehe Abbildung 5). Deshalb hat dieser Wert auch nur eine begrenzte Aussagekraft, da die Messungenauigkeit bei niedrigen Werten stark zunimmt.

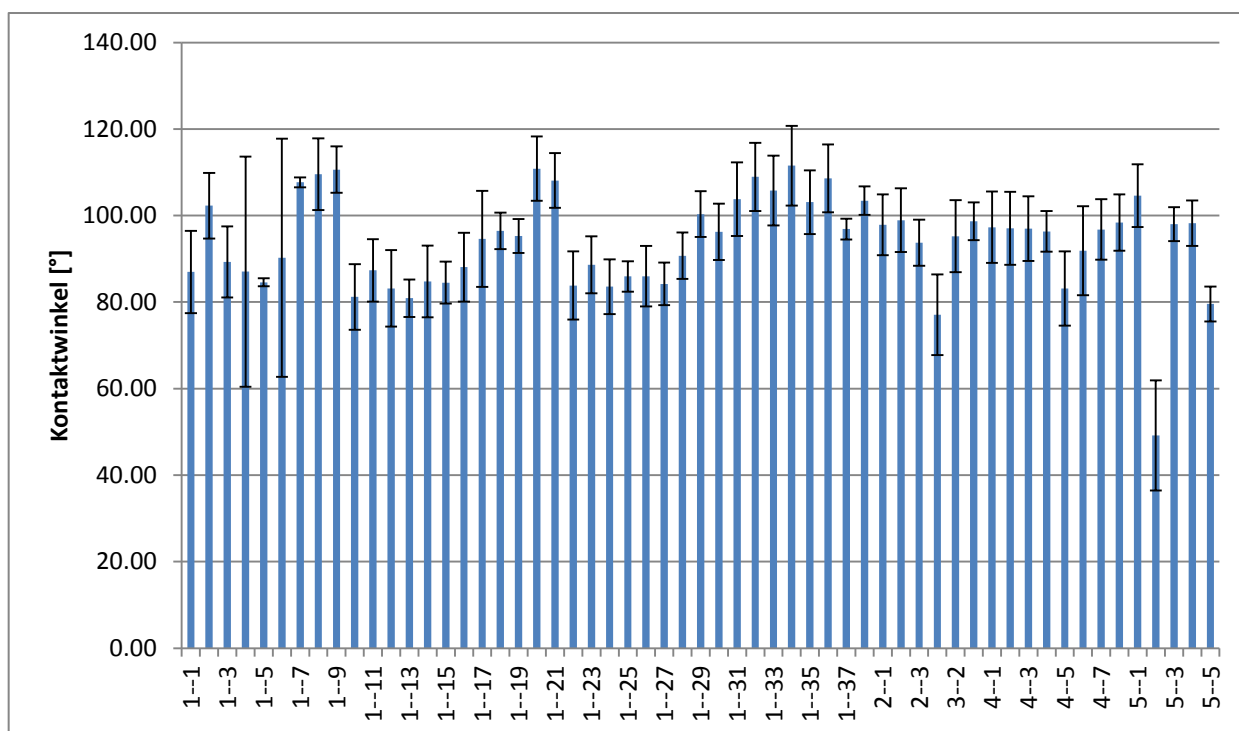


Abb. 4 Kontaktwinkel der Referenzproben.

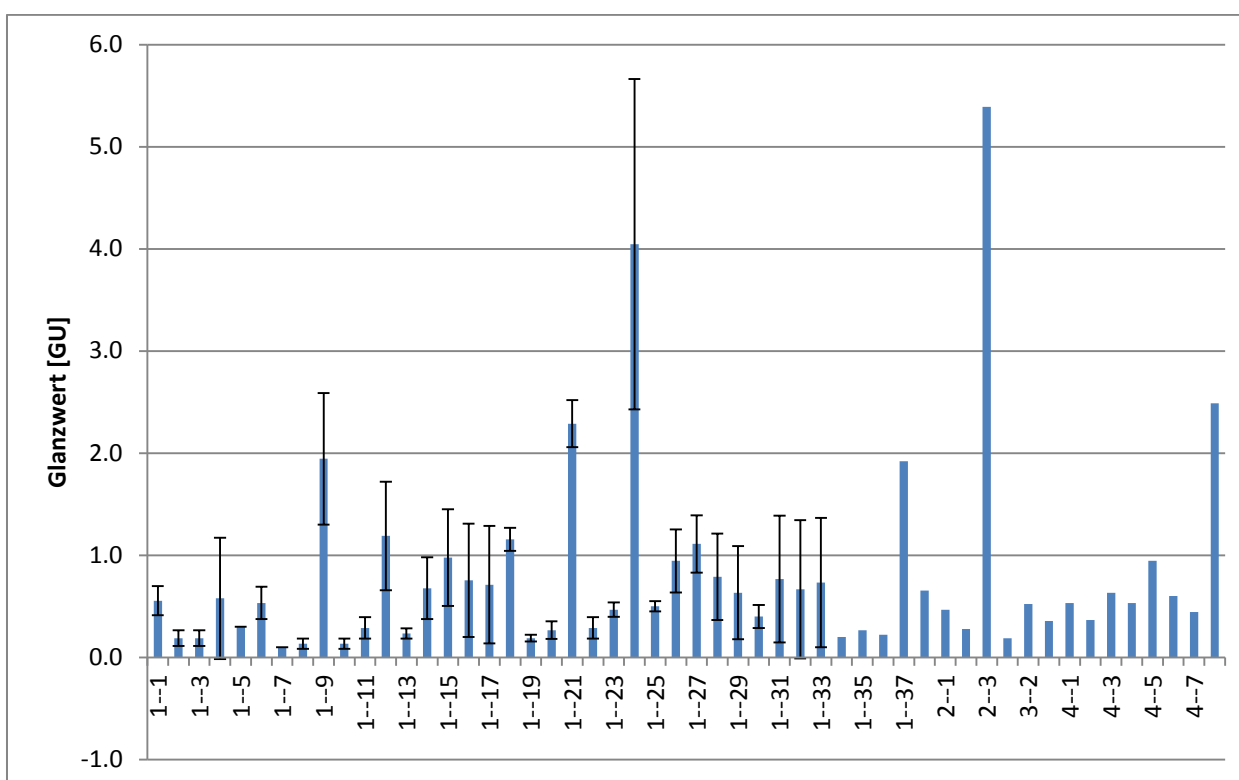


Abb. 5 Glanzwerte Referenzproben.

4.2 Ergebnisse der künstlichen Bewitterung

Farbabstand ΔE

Die Abbildung 6 zeigt den Farbabstand ΔE vor und nach der künstlichen Bewitterung an ausgewählten Proben (neun vorvergraute Varianten, drei Ölvarianten und drei druckimprägnierte Varianten). Etwa die Hälfte der Proben hatte nach der künstlichen Bewitterung, unabhängig vom Prüfzyklus, einen Farbunterschied ΔE grösser als 5 und was somit als andere Farbe wahrgenommen wird. Bei den übrigen Proben war die Farbe relativ stabil und die Farbänderung entsprechend klein.

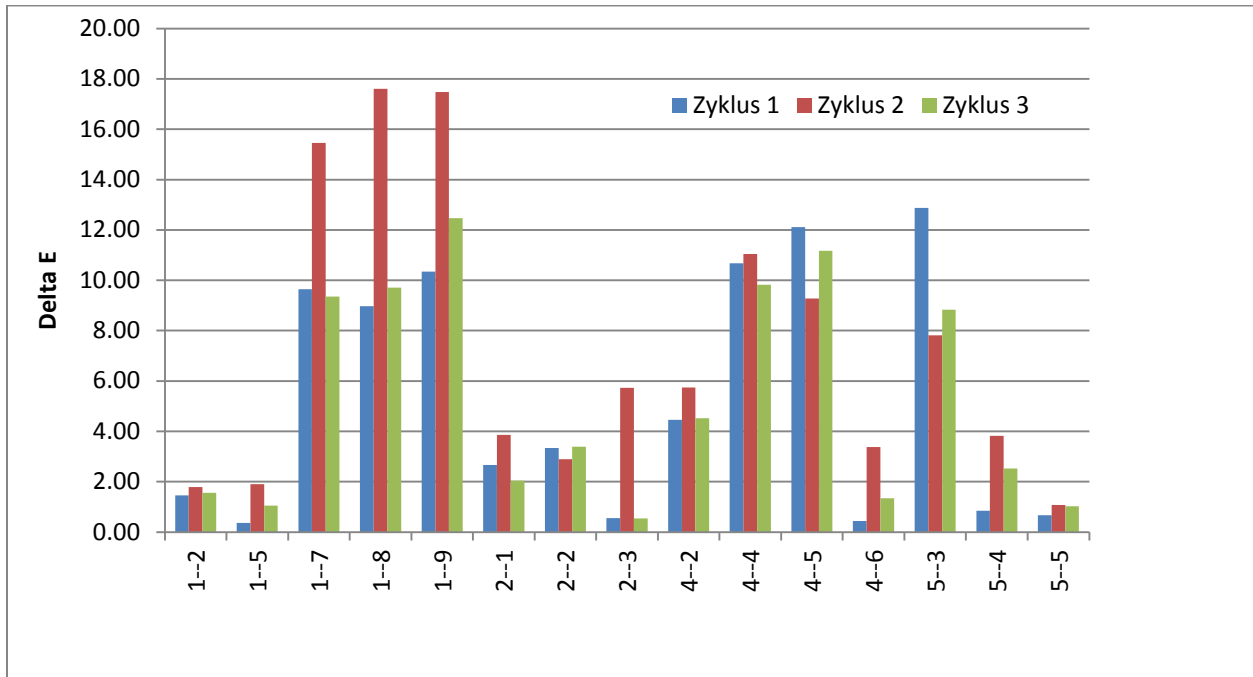


Abb. 6 Farbabstand ΔE vor und nach der künstlichen Bewitterung

Glanz

Bei allen künstlichen Bewitterungszyklen veränderten sich die Glanzwerte nur wenig (siehe Abbildung 7-9). Aufgrund der generell kleinen Werte eignet sich dieser Parameter nicht für eine Klassifizierung der Varianten.

Kontaktwinkeländerung

Eine signifikante Kontaktwinkeländerung bei den künstlichen Bewitterungszyklen wurde nur bei wenigen Varianten festgestellt (siehe Abbildung 10-12). Offensichtlich kommt es infolge der Bestrahlung und Beregnung nicht zu einer wesentlichen Änderung der chemischen Charakteristik und Oberflächenstruktur, weshalb sich die Oberflächenspannung auch nur geringfügig ändert. Ggf. hätten sich bei einer verlängerten Bewitterungszeit die Oberflächeneigenschaften deutlicher geändert. Andererseits muss festgehalten werden, dass die meisten Varianten offensichtlich eine hohe Witterungsstabilität aufweisen.

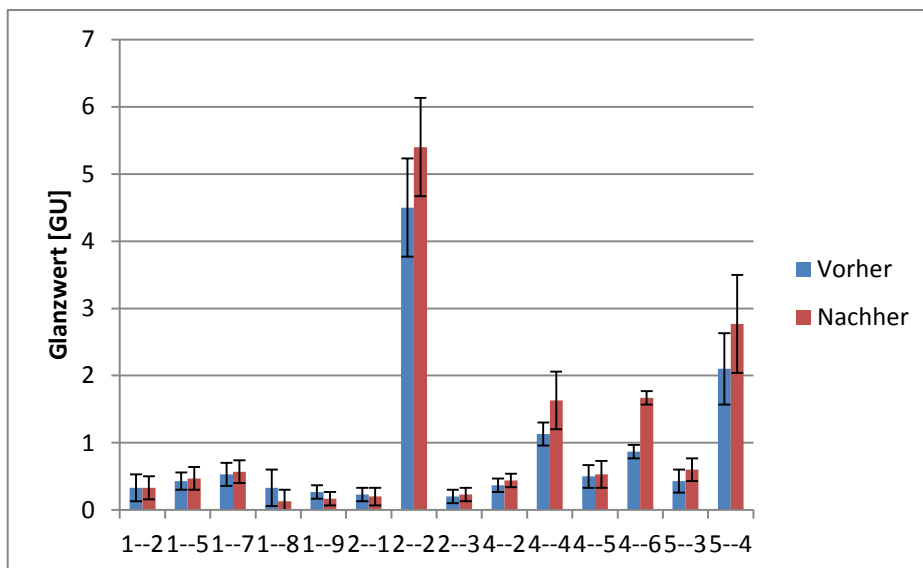


Abb. 7 Glanz nach Zyklus 1

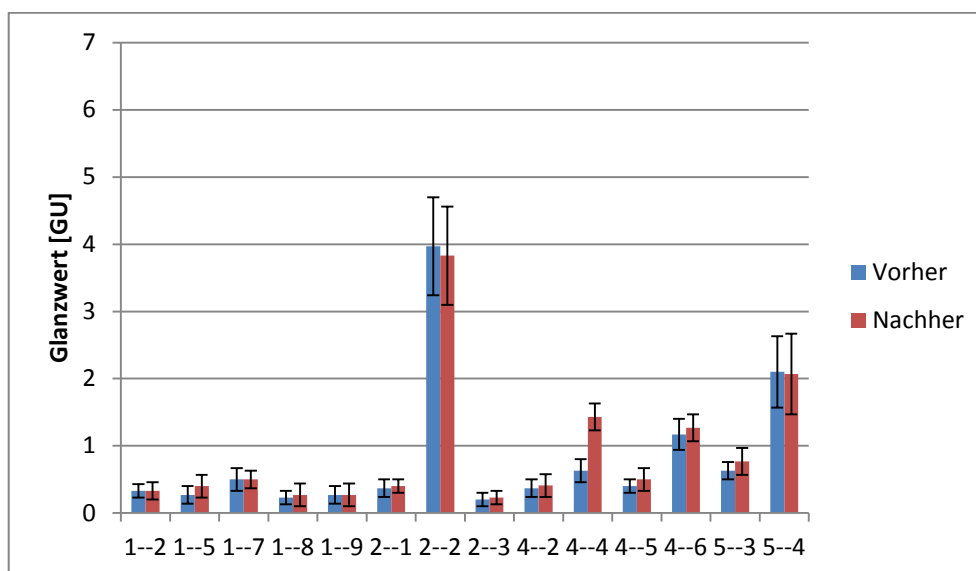


Abb. 8 Glanz nach Zyklus 2

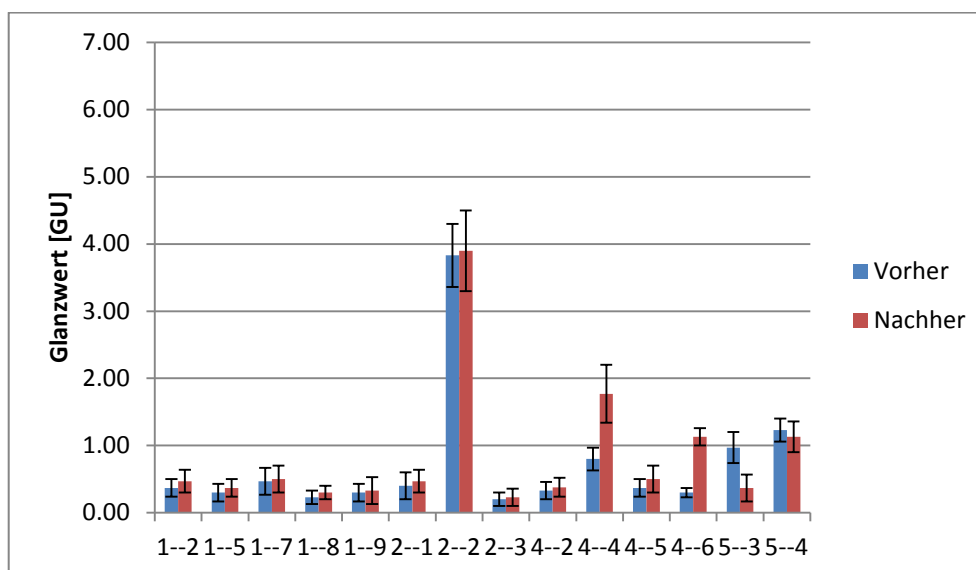


Abb. 9 Glanz nach Zyklus 3

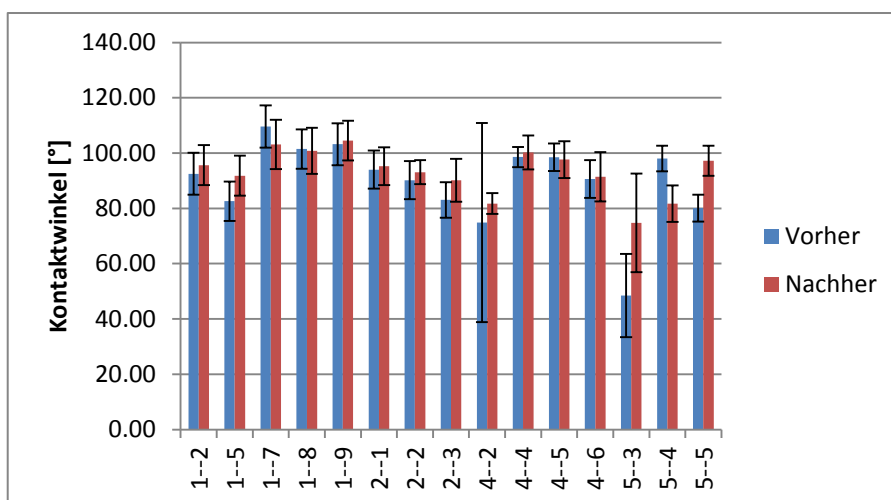


Abb. 10 Kontaktwinkel nach Zyklus 1

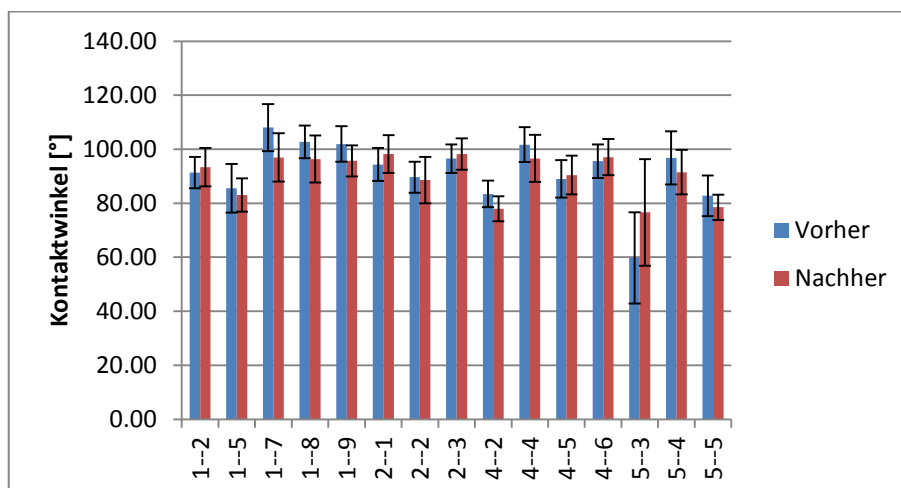


Abb. 11 Kontaktwinkel nach Zyklus 2

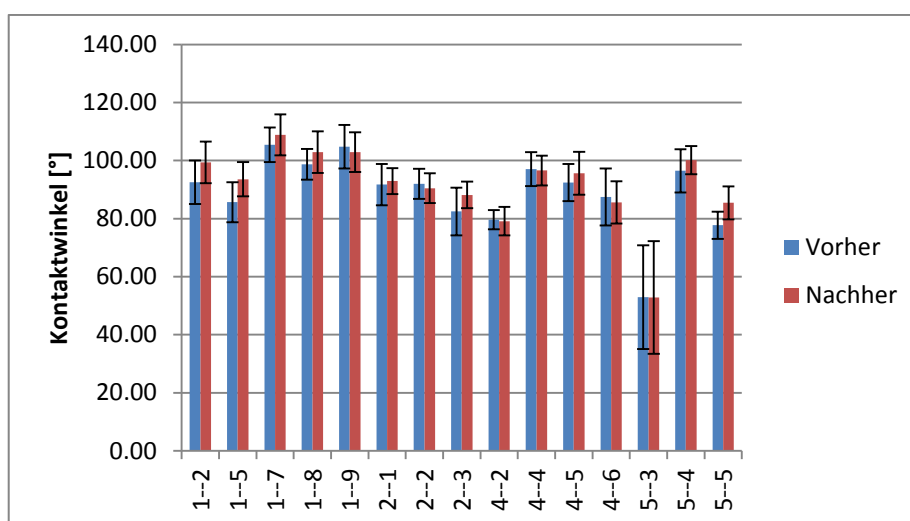


Abb. 12 Kontaktwinkel nach Zyklus 3

Kreidung

Bei jeder Probe konnte Kreidung festgestellt werden. Wobei bei etwa einem Drittel der Proben die Kreidung grösser als eins war (siehe Abbildung 13-15). Entsprechend dem Wirkprinzip, welches bei Vorvergrauungslasuren angenommen wird, nämlich dass diese langsam abwittern sollten, entsprechen die Kreidungswerte den Erwartungen. Vor diesem Hintergrund zeigen die Varianten 2-1, 2-2, 2-3 sowie 5-3 bei allen Bewitterungszyklen ein ähnliches Erscheinungsbild und entsprechend somit am besten dem Anspruch eines provozierten Abblätterns.

Mikroskopische Untersuchung

Untersuchungen der Oberfläche der künstlich bewitterten Proben mit dem Rasterelektronenmikroskop zeigten nur unwesentliche Veränderungen und keine deutlichen Unterschiede bei den untersuchten Varianten. Häufig waren nach der künstlichen Bewitterung Zell- und Tüpfelrisse sichtbar. Bei Proben, die mit dem Zyklus 2 bestrahlt wurden, gab es in wenigen Fällen Ausfaserungen oder Bläschenbildung.

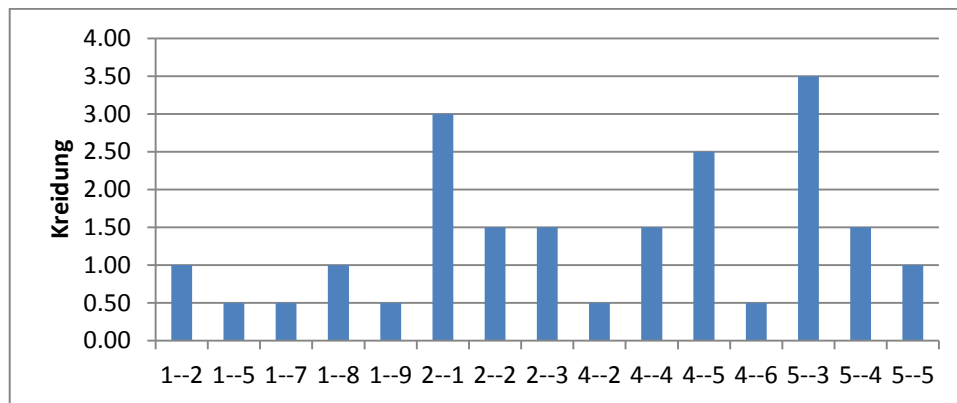


Abb. 13 Kreidung nach Zyklus 1

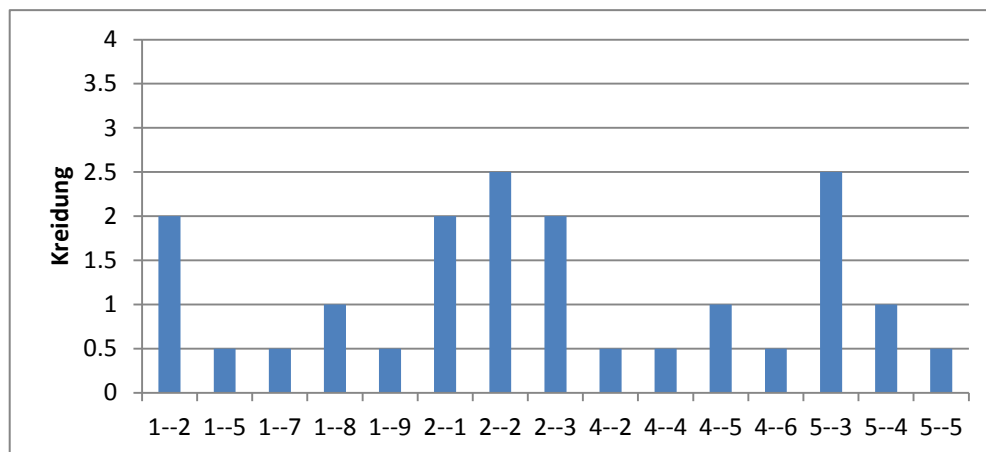


Abb. 14 Kreidung nach Zyklus 2

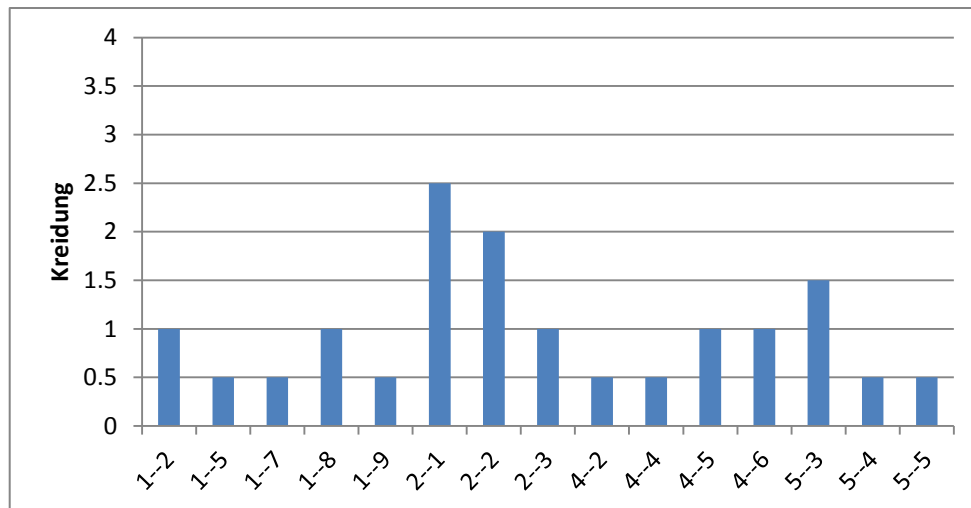


Abb. 15 Kreidung nach Zyklus 3

4.3 Ergebnisse der natürlichen Bewitterung nach 12 Monaten

Kontaktwinkeländerung nach natürlicher Bewitterung

Abbildung 16 zeigt die Kontaktwinkeländerung vor und nach der natürlichen Bewitterung, woraus ersichtlich wird, dass der Kontaktwinkel infolge der Bewitterung teilweise deutlich abgenommen hat. Bei Holzproben mit vielen Rissen sowie zu hydrophilen Oberflächen konnte der Kontaktwinkel nicht gemessen werden, da der zu messende Wassertropfen vom Prüfkörper zu schnell aufgenommen wurde.

Diese Auswertung zeigt ein vollkommen anderes Bild als die künstliche Bewitterung, bei welcher sich der Kontaktwinkel allgemein nur wenig geändert hatte. Daraus muss geschlussfolgert werden, dass die natürliche Bewitterung intensiver war und ggf. noch zusätzlich Mechanismen wirksam wurden (Schmutzablagerungen, Frost, Temperatur- und Strahlungsverlauf). Die chemische Charakteristik und/oder die Oberflächenrauigkeit haben sich offensichtlich während der Freilandbewitterung stark geändert, was zu einer Erhöhung der Oberflächenspannung und somit zu einem stärkeren Benetzen der Oberfläche durch Wasser geführt hat. Ob sich diese Ergebnisse einem späteren Bewitterungsverlauf zuordnen lassen, kann erst nach einer mehrjährigen Freilandbewitterung abschliessend gesagt werden.

Glanzänderung

Die Differenz der Glanzwerte vor und nach der Bewitterung war meistens unbedeutend (siehe Abbildung 17). Auch sind die Ausgangswerte der untersuchten Proben unter 2 mit Ausnahme der Varianten 2-1 bis 2-3. Bei diesen Varianten handelt es sich um ein System, welches schon lange am Markt ist und bei welchem der Ansatz einer Vorvergrauung: „Farbabwitterung-Sichtbarwerden der Holzstruktur“ sehr gut funktioniert, was durch den deutlichen Glanzverlust bestätigt wird. Jedoch kann generell festgehalten werden, dass der geringe Anfangsglanz aller gemessenen Beschichtung und auch die meist unbedeutende Glanzänderung nach den

Bewitterungen dafür sprechen, dass der Glanzwert als Bewertungskriterium für nicht filmbildende Beschichtungen nicht geeignet ist.

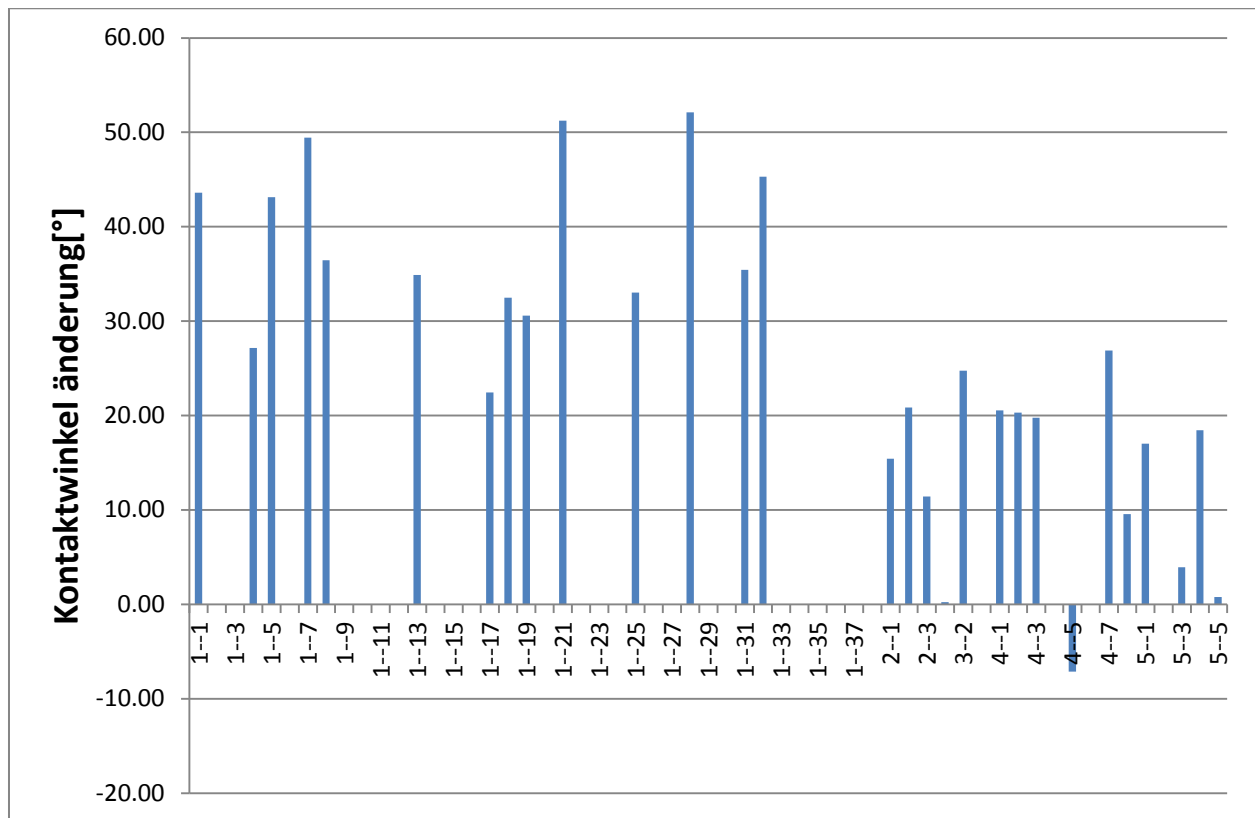


Abb. 16 Kontaktwinkeländerung im Verlauf der 12-monatigen Bewitterung (positiver Wert bedeutet Abnahme), nach natürliche Bewitterung ($\Delta = 0$ für nicht messbare Varianten)

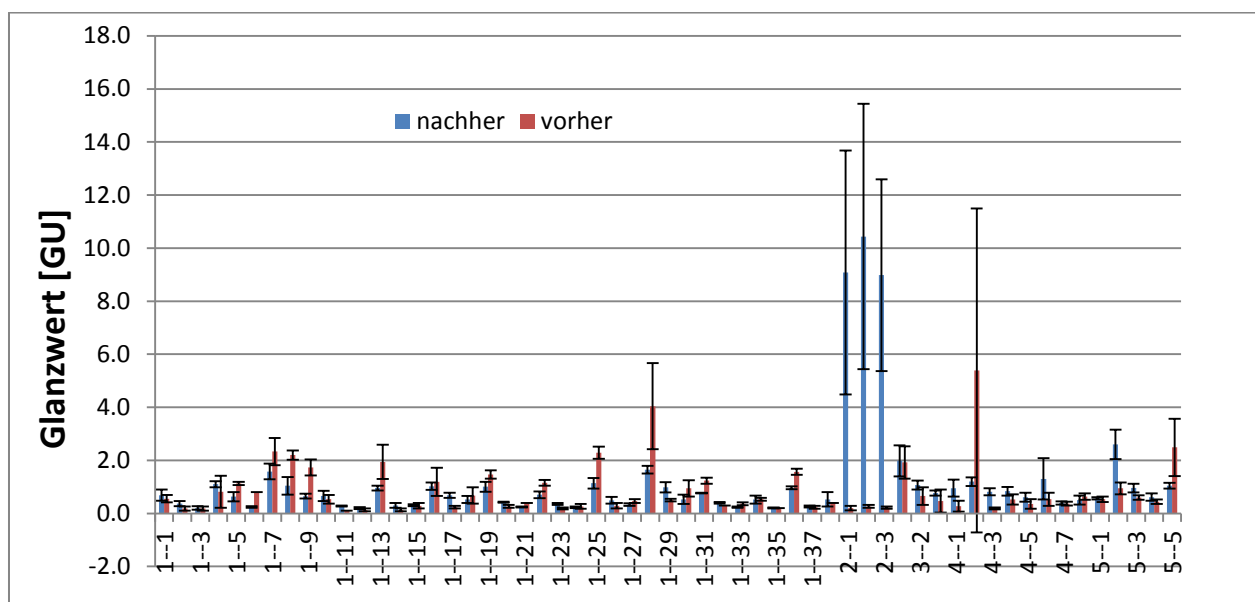


Abb. 17 Glanzänderung infolge der 12 monatigen Bewitterung

Farbdifferenz ΔE

Die Farbdifferenz ΔE vor und nach der natürlichen Bewitterung war bei allen Proben grösser als 1. Bei über 95% der Proben ist ΔE grösser als 2 und somit kann ein Farbunterschied wahrgenommen werden. Die Farbdifferenz ΔE war bei über 60% der Proben grösser als 5, was als eine andere Farbe bewertet wird. Alle Öllasurproben und ausgewählte druckimprägnierte Proben zeigen eine deutlich grössere Farbänderung von teilweise über 30 Einheiten (siehe Abbildung 18), was auf den geringen UV-Schutz dieser transparenten Systeme zurückzuführen ist.

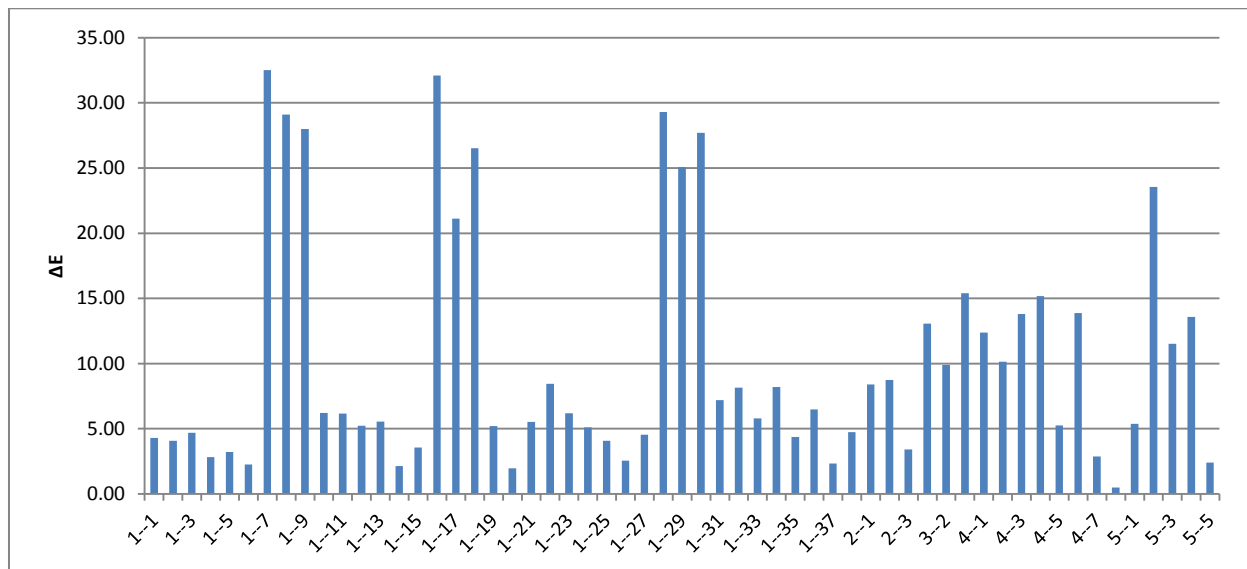


Abb. 18 Farbänderung ΔE nach 12 Monaten Bewitterung

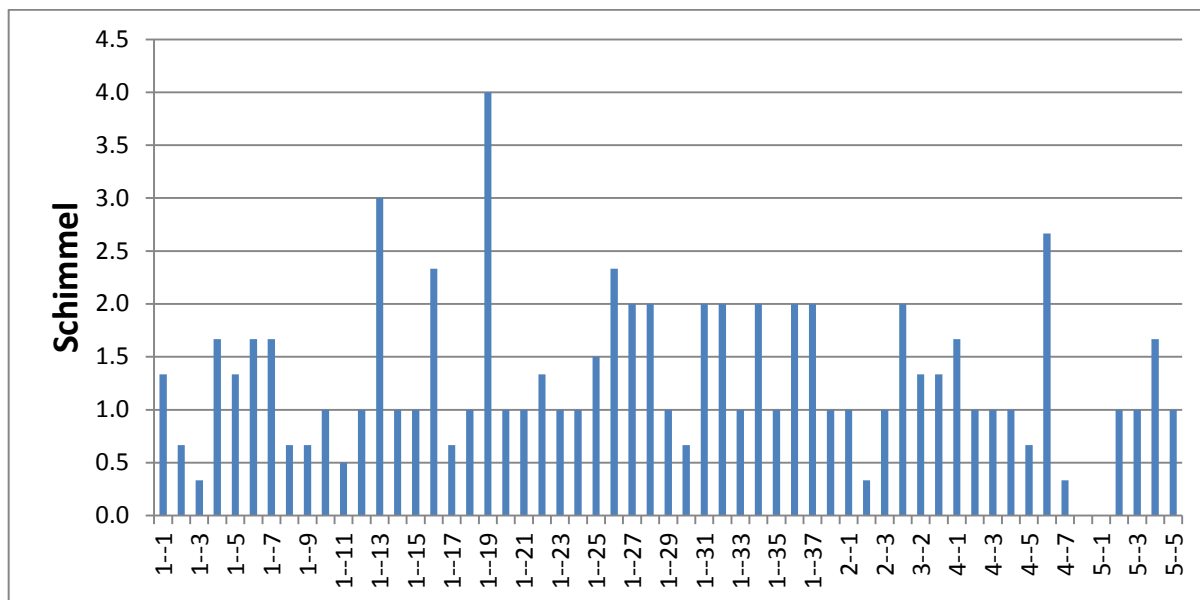


Abb. 19 Schimmelbefall nach der 12-monatigen Bewitterung

Schimmel

Bei fast allen natürlich bewitterten Proben wurde Schimmel festgestellt, jedoch kann bei dieser Auswertung nur bedingt unterschieden werden, ob es sich um Hyphen oder Sporen handelt, da teilweise schon Sporennester als dunkle Spuren oder Punkte wahrgenommen werden. Der Schimmelgrad nach einjähriger natürlicher Bewitterung ist nur bei etwa 40 % der Proben grösser als 1, d.h. makroskopisch wahrnehmbar. Von daher und aufgrund der eher dunklen Farbe der Varianten eignet sich dieser Parameter ebenfalls weniger gut für eine Klassifizierung der Systeme.

Kreidung

Bei jeder Variante wurde eine Kreidung von min 0.5 ermittelt. Die höchsten Werte für die Kreidung wurden bei den Varianten mit einer zusätzlichen Hydrophobierung gemessen beziehungsweise bei einem farbähnlichem System und den imprägnierten Varianten mit einer Zusatzbeschichtung. Erstaunlicherweise wurden für diverse Vorvergrauungssysteme auch sehr niedrige Kreidungswerte bestimmt, was dann einer eher verlangsamten Abwitterung entspricht, dies hat aber in den meisten Fällen den Vorteil, dass es keine grossflächigen Abplatzungen gibt und die Oberfläche ein gleichmässiges Erscheinungsbild liefert.

Weiter ist zu beachten, dass eine schlechte Haftung der Beschichtung wahrscheinlich zu einem erhöhten Kreidungsverhalten führt, da bei der Bestimmung der Kreidung mittels Klebeband, anstatt nur das vorhandene feine Pulver in gewissen Bereichen, die gesamte Beschichtung mit dem Klebeband entfernt wurde. Von daher wird in diesen Fällen weniger die Kreidung als die Haftung gemessen, was einen Vergleich der Werte erschwert.

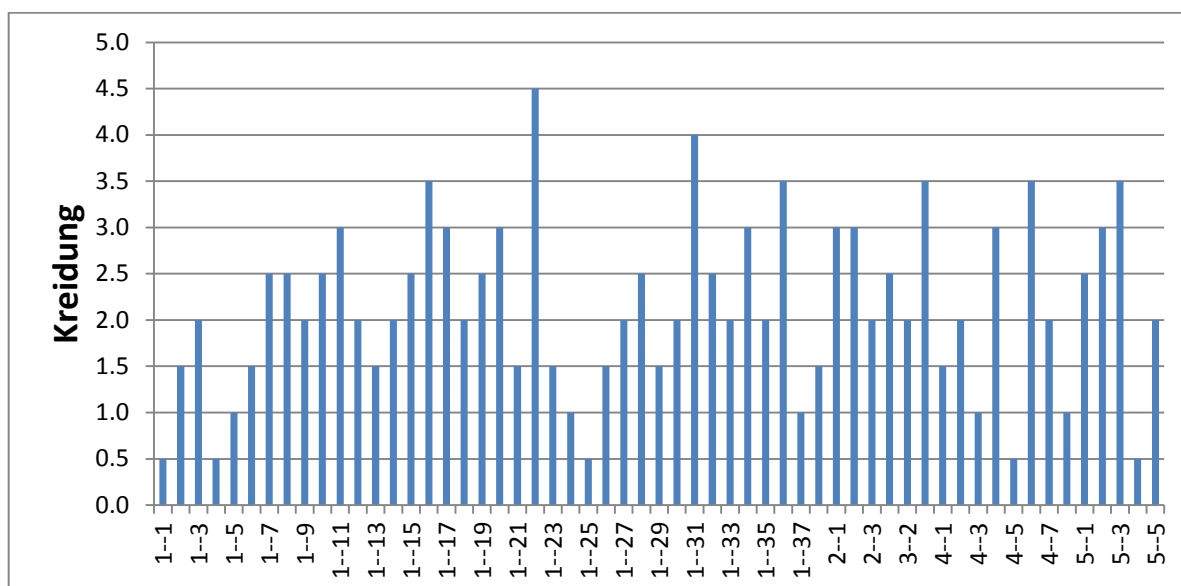


Abb. 20 Kreidung nach 12-monatiger Bewitterung

Das Histogramm (Abbildung 21) zeigt die Häufigkeitsverteilung der gemessenen Kreidung. Da die Kreidung ein wesentliches Merkmal für das Abwitterungsverhalten einer

Vorvergrauungslasur darstellt, könnte dieser Parameter ggf. zur Klassifizierung genutzt werden. Es wäre z.B. denkbar einen minimal zu erreichenden Wert festzulegen, welcher einer entsprechenden Abwitterung entspricht. Jedoch müsste diese Bewertung an die bestehende Haftung der Lasur gekoppelt sein, sodass diese beiden Parameter nicht miteinander vermischt werden.

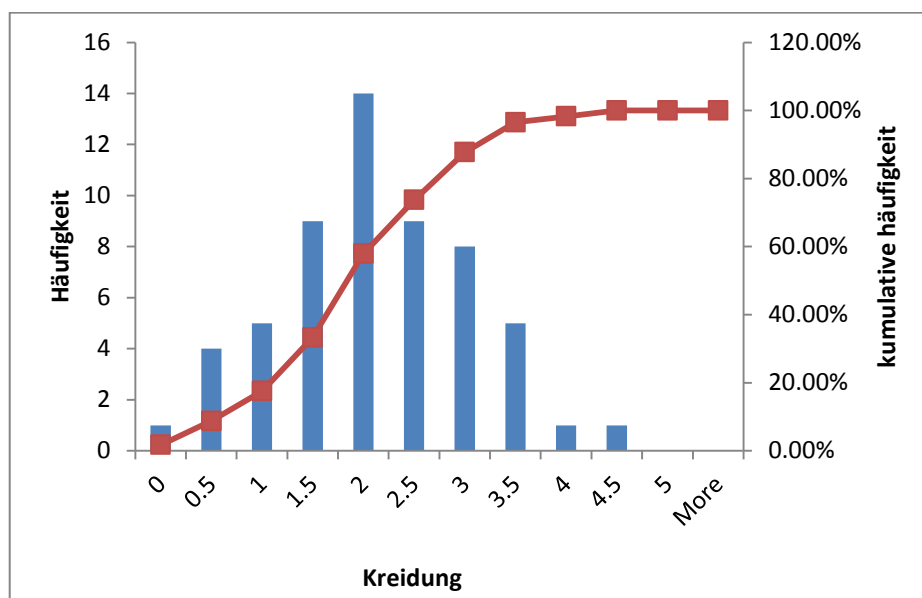


Abb. 21 Histogramm Kreidung nach 12-monatiger Bewitterung

Rissbildung

Nach 12 Monaten natürlicher Bewitterung wurde der Rissgrad der Fassadenproben nach SN EN ISO 4628-4 mit der Bewertungsskala 0 bis 5 bestimmt. Nur bei wenigen bewitterten Proben wurden keine Risse beobachtet. Bei weniger als der Hälfte der Proben war der Rissgrad grösser als 1.

Abblättern

Nur bei wenigen Varianten wurde ein Abblätterungswert von mehr als eins gemessen. Proben die einen Abblätterungswert von eins oder grösser hatten, zeigten auch bei der mikroskopischen Untersuchung ein Abblättern der Beschichtung. Weniger als 20% der Proben haben einen Abblätterungswert grösser als eins. Der Grad der Abblätterung hat sich im zweiten Bewitterungsjahr deutlich geändert bzw. zugenommen. Proben, welche nach einem Jahr noch kein Abblättern zeigen, weisen teilweise nach zwei Bewitterungsjahren einen deutlich höheren Abblätterungsgrad auf. Aufgrund dessen, dass das Abblättern zu einem sehr inhomogenen und ungleichmässigen Erscheinungsbild führt, wäre das sicher ein Parameter, welcher für eine Klassifizierung genutzt werden kann. Auch weil davon ausgegangen werden kann, dass das Abblättern in erster Linie auf eine schlechte Hobel-/Schleifqualität bei der Herstellung der Fassadenelemente zurückgeführt werden kann.

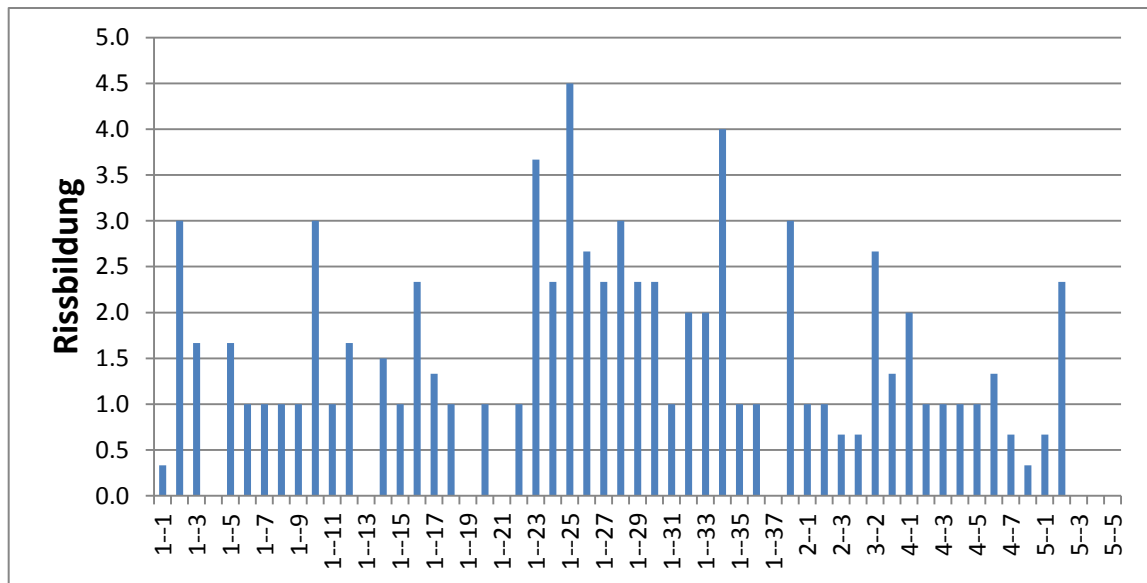


Abb. 22 Rissbildung nach 12-monatiger Bewitterung

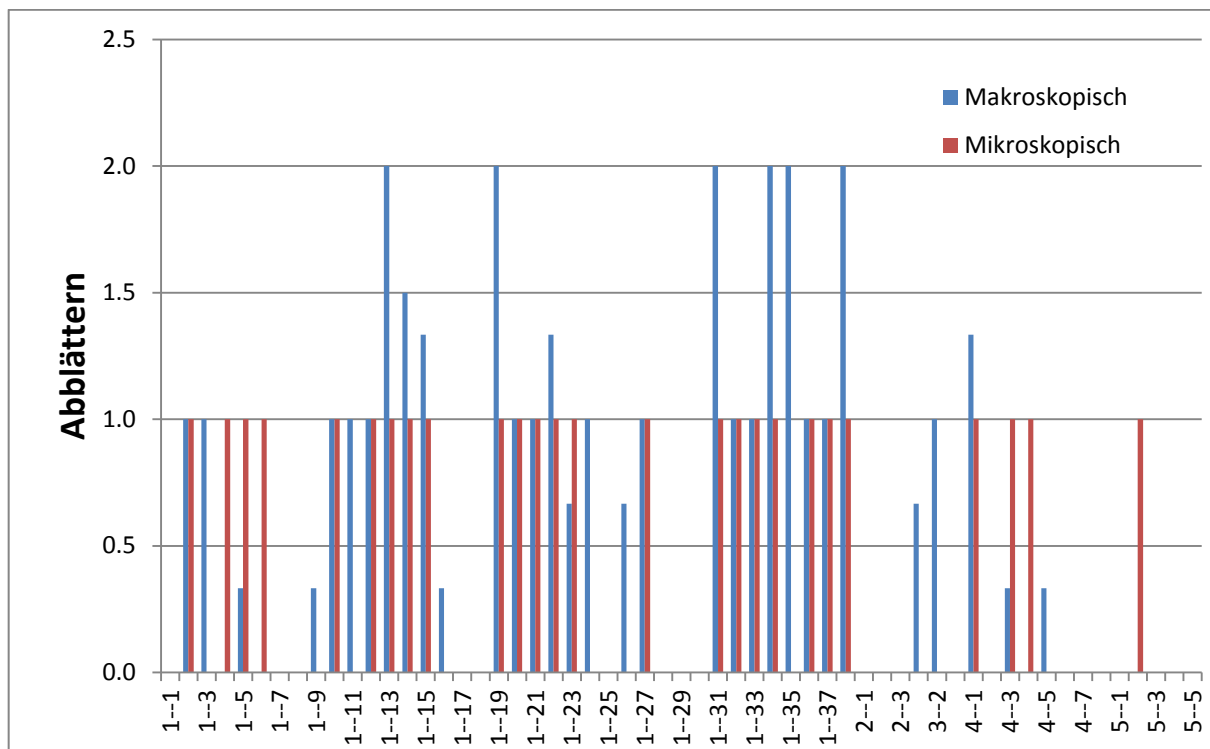


Abb. 23 Abblättern nach 12-monatiger Bewitterung

Blasenbildung

Nach der 12 Monaten natürlichen Bewitterung wurden die Proben zusätzlich auf Blasenbildung untersucht. Es wurde keine Blasenbildung bei den Beschichtungen beobachtet.

Haftfestigkeit

Die Haftfestigkeit wurde mittels Gitterschnittprüfung abgeschätzt. Nach einem Jahr natürlicher Bewitterung haben alle Varianten einen Haftfestigkeitswert von mindestens eins (siehe Abbildung 24).

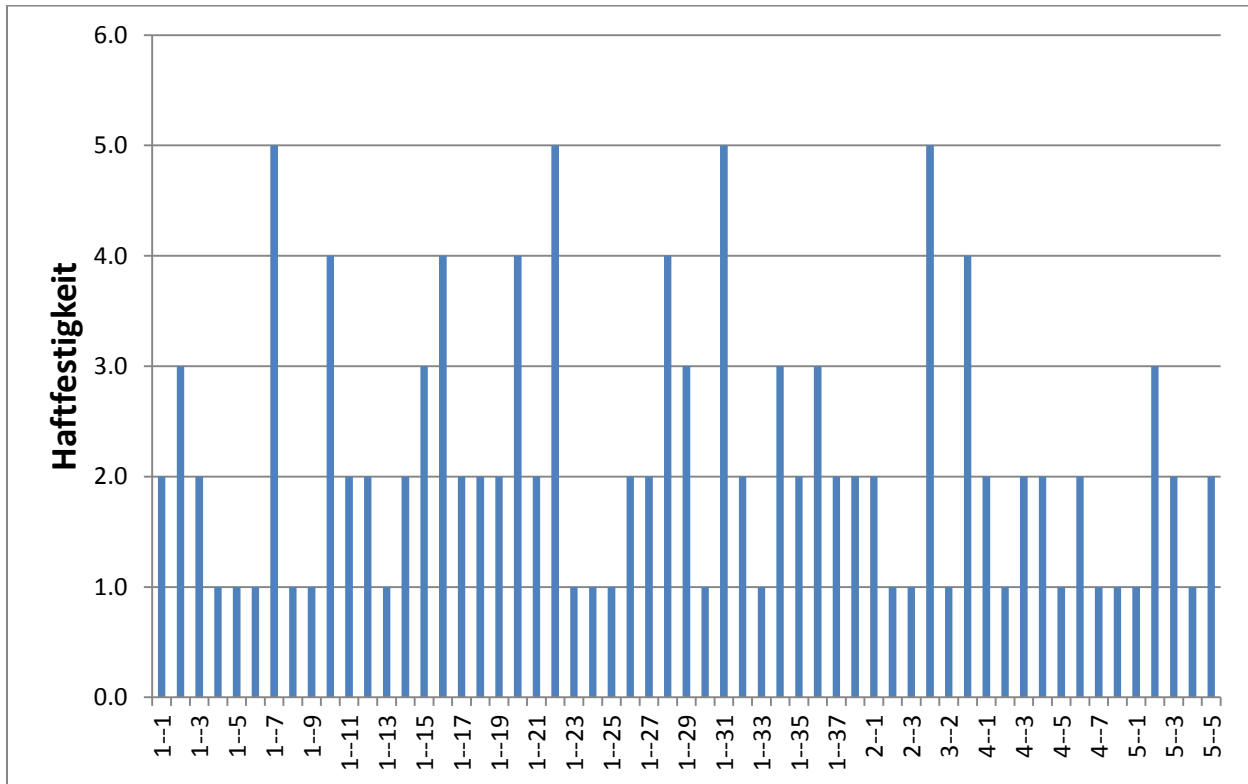


Abb. 24 Haftfestigkeit nach 12-monatiger Bewitterung

Die geschliffenen Varianten hatten durchschnittlich die schlechteren Haftungsfestigkeitswerte (siehe Abbildung 25). Die erhöhte Rauigkeit der Proben mit strukturfeiner oder sägeroher Oberfläche scheint einen positiven Einfluss auf die Haftfestigkeit zu haben. Jedoch könnte bei der Haftfestigkeitsprüfung die durch Rauigkeit bedingte geringere Kontaktfläche zwischen dem Klebeband und der zu prüfenden Oberfläche eine grössere Haftfestigkeit vortäuschen. Falls eine Haftungsfestigkeit von über 2 (hier etwa 25% der schlechtesten der Proben) als eine mögliche Grenze für ein Qualitätskriterium definiert wird, würden hauptsächlich die geschliffenen Proben dies nicht erfüllen.

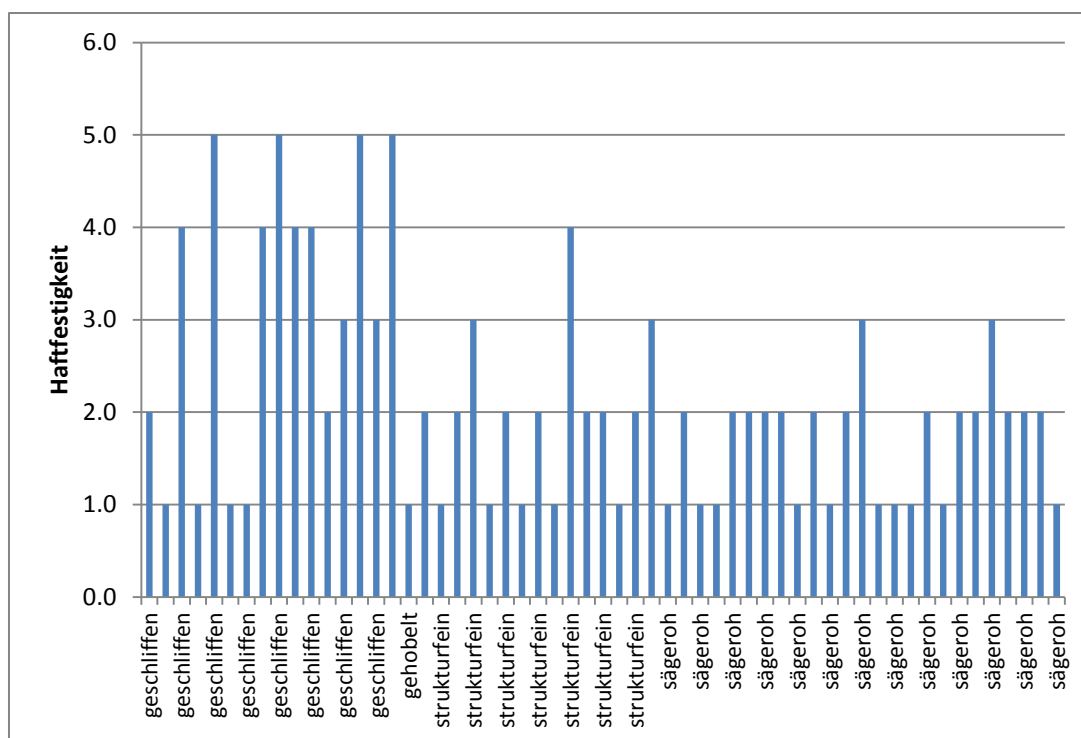


Abb. 25 Vergleich Haftfestigkeit nach 12 Monaten Bewitterung in Bezug auf die Probenrauigkeit

Visuelle Bewertung: elektronen-mikroskopisch (Tabelle 3)

Mit Hilfe der elektronen-mikroskopischen Untersuchungen lässt sich die Oberfläche besser charakterisieren und Veränderungen sind ggf. besser zu bewerten. Jedoch handelt es sich auch hier um eine qualitative Bewertung und es lassen sich nur schwer allgemeine Trends ableiten. Darüber hinaus kann immer nur eine kleine Fläche beurteilt werden, was eine Verallgemeinerung ebenfalls erschwert.

Bei 47 (von 57) Varianten kommt es zu deutlichen Änderungen in der Mikrostruktur, wobei teilweise das Holzsubstrat sichtbar wird (was bis zu einem gewissen Grad gewollt ist). Diese Änderung zeigt sich in Form von Mikro- und/oder Makrorissen (Abbildung 28 und 29) oder in Form von Ablösungen der Farbschicht. Bei 8 Systemen liegt auch nach einjähriger Bewitterung noch eine geschlossene Struktur vor (Abbildung 26 und 27), dabei ist anzumerken, dass es bei den meisten dieser Varianten (speziell bei den Lasuren) makroskopisch zu grösseren Abplatzungen gekommen ist und sich somit ein ästhetisch relativ ungleichmässiges Bild ergeben hat. Weiterhin fällt dabei auf, dass deckende Systeme sowohl bei geschliffenen als auch bei sägerohen Varianten auftreten können und dass ölige Systeme in diesem Zusammenhang geeigneter sind und ein gleichmässiges Oberflächenbild ergeben.

Bei allen Proben konnten Pilzsporen auf der Oberfläche gefunden werden, was damit den Erwartungen und dem Stand des Wissens entspricht, jedoch wurde auf keiner Oberfläche ein Pilzbewuchs festgestellt. Diese Erkenntnis steht im Gegensatz zur Schimmelbewertung (Abbildung 19), wobei nochmals darauf hingewiesen werden muss, dass makroskopisch nicht

zwischen Hyphen und Sporennestern unterschieden werden kann und dass die beobachteten Flächen im Elektronenmikroskop nur wenige mm^2 gross waren.

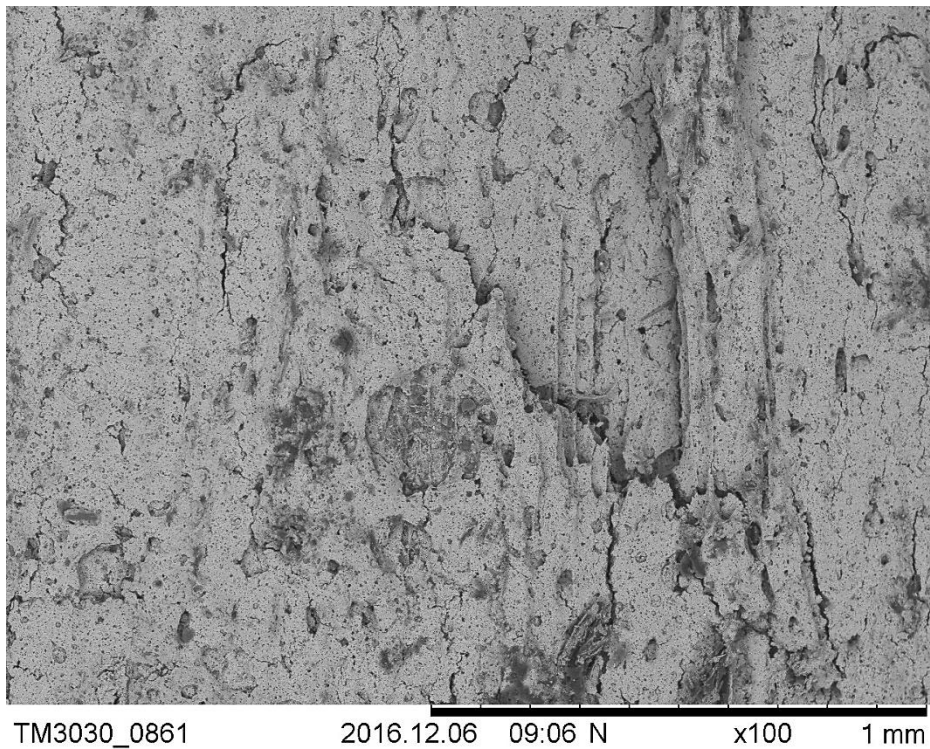


Abb. 26 Probe 2726-3 (2x deckendes Alkydöl, Fichte sägeroh) nach 12 Monaten Bewitterung

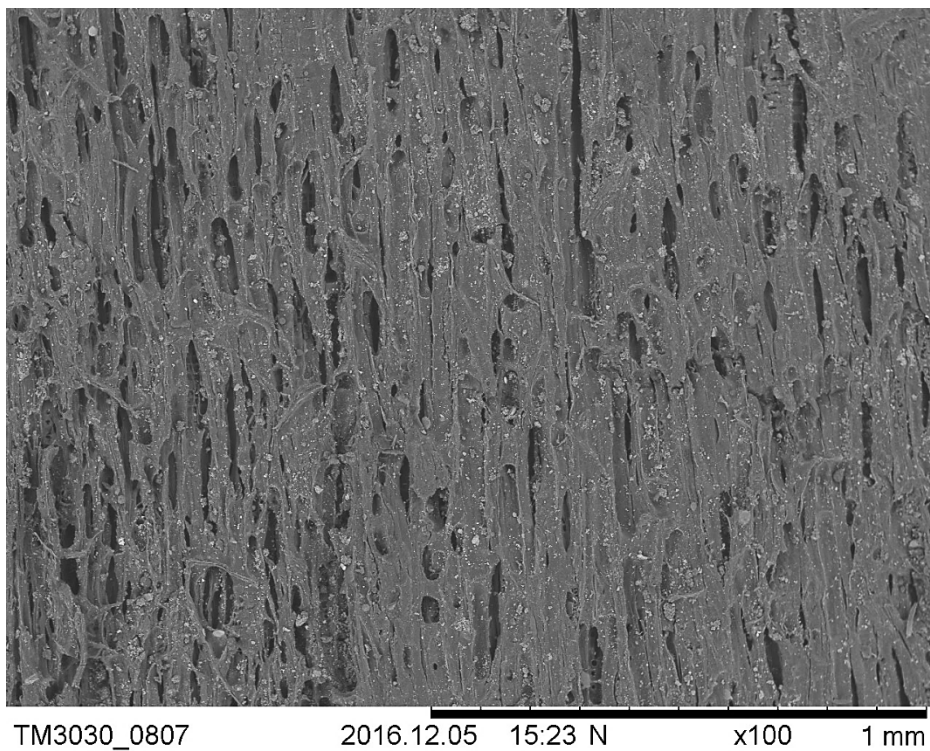


Abb. 27 Probe 2729-3 (imprägniert, 2x deckende Öllasur, Tanne sägeroh) nach 12 Monaten Bewitterung, Die Holzstruktur ist zwar sichtbar aber komplett ummantelt durch die Beschichtung.

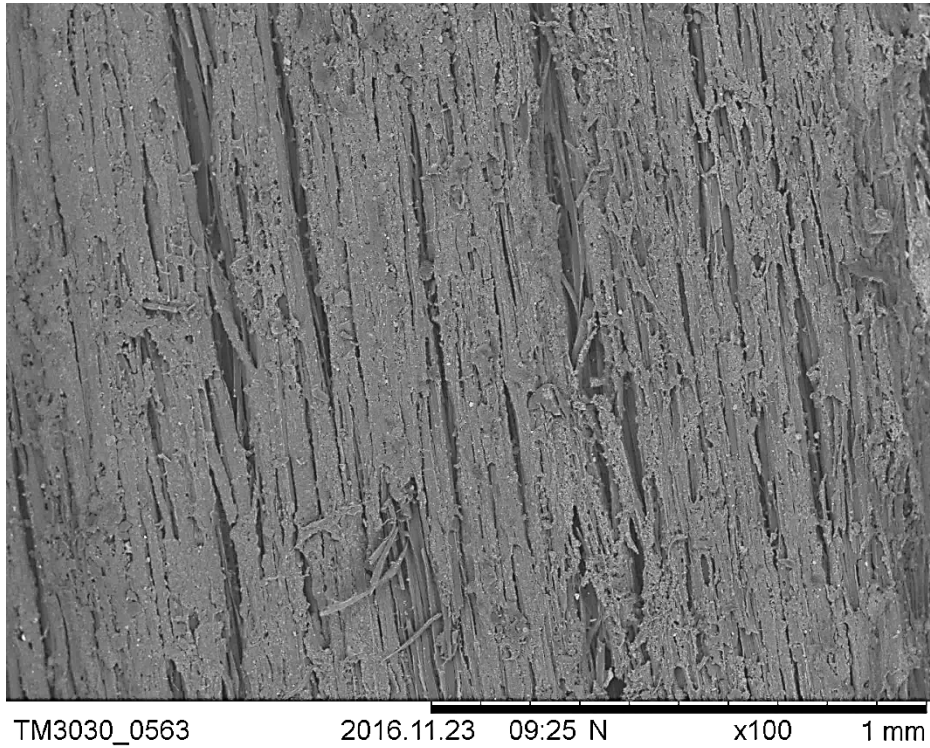


Abb. 28 Probe 2699-3 (1x vorvergraut, Fichte, strukturfein) nach 12 Monaten Bewitterung

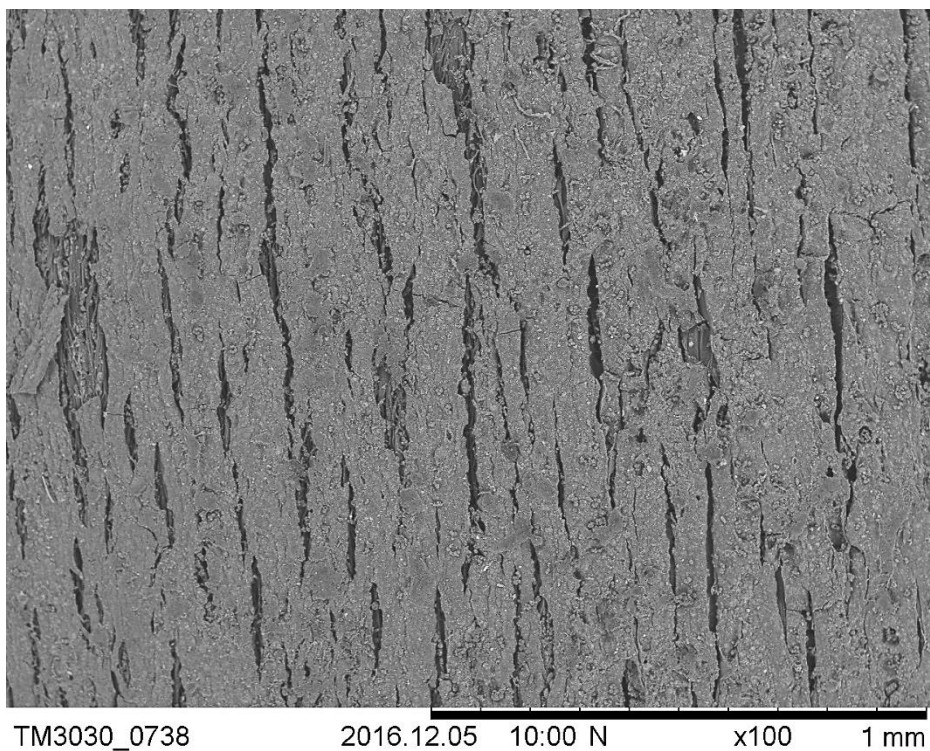


Abb. 29 Probe 2699-31(1x vorvergraut, 1x hydrophobiert, Douglasie geschliffen) nach 12 Monaten Bewitterung

Tab. 3 Zusammenstellung der elektronen-mikroskopischen Untersuchungen nach 12 Monaten Bewitterung

	Referenzproben			nach natürlicher Bewitterung (12 Mon)											
	Deckung der Oberflächenbeschichtung			Veränderung der Oberflächenstruktur			Oberflächecharakteristik				Pilzsporen			Pilzhypphen	
	Flächig ohne erkennbare Zellstruktur	Flächig mit erkennbarer Zellstruktur	keine flächige Beschichtung	Stark	Mittel	Wenig	gänzlich offene Zellstruktur	partiell offene Zellstruktur	Risse in deckener Oberfläche	Flächig bedeckt	viel	wenig	keine erkennbar	Ja	keine erkennbar
2699-1															
2699-2															
2699-3															
2699-4															
2699-5															
2699-6															
2699-7															
2699-8															
2699-9															
2699-10															
2699-11															
2699-12															
2699-13															
2699-14															
2699-15															
2699-16															
2699-17															
2699-18															
2699-19															
2699-20															
2699-21															
2699-22															
2699-23															
2699-24															
2699-25															
2699-26															
2699-27														????????	????????
2699-28															
2699-29															
2699-30															
2699-31															
2699-32															
2699-33															
2699-34															
2699-35															
2699-36															
2699-37															
2699-38															
2729-1															
2729-2															
2729-3															
2729-4															
2729-5														????????	????????
2729-6															
2729-7															
2729-8															
2726-1															
2726-2															
2726-3															
2725-1															
2725-2															
2725-3															
2725-4															
2725-5															
2700-1															
2700-2															
2700-3															

4.4 Ergebnisse der natürlichen Bewitterung nach 22 Monaten

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der natürlichen Bewitterung nach einer Bewitterungszeit von 22 Monaten dargestellt. Dabei beziehen sich die Resultate auf die Auswertung der Farbveränderung und die visuelle Bewertung auf makroskopischer Ebene, wobei sich das Erscheinungsbild deutlich und offensichtlich geändert hat, was schon durch den beispielhaften Vergleich der Abbildungen 1 und 30 sichtbar wird. Die visuelle Bewertung entspricht einem Mittelwert aller Proben einer Variante (Tabelle 4) und enthält zwangsläufig einen subjektiven Anteil der Prüfperson. Diese Auswertung bildet aber trotzdem einen wertvollen Ansatz bei der Bewertung und dem Vergleich mit den Bewitterungswerten nach einem Jahr Freilandbewitterung bzw. der künstlichen Bewitterung.

Weiter kann man sagen, dass sich nach zweijähriger Bewitterungszeit die schlechteren Proben deutlicher abgrenzen als nach einem Jahr. Eine Differenzierung im mittleren und oberen Qualitätsbereich bleibt aber schwierig.

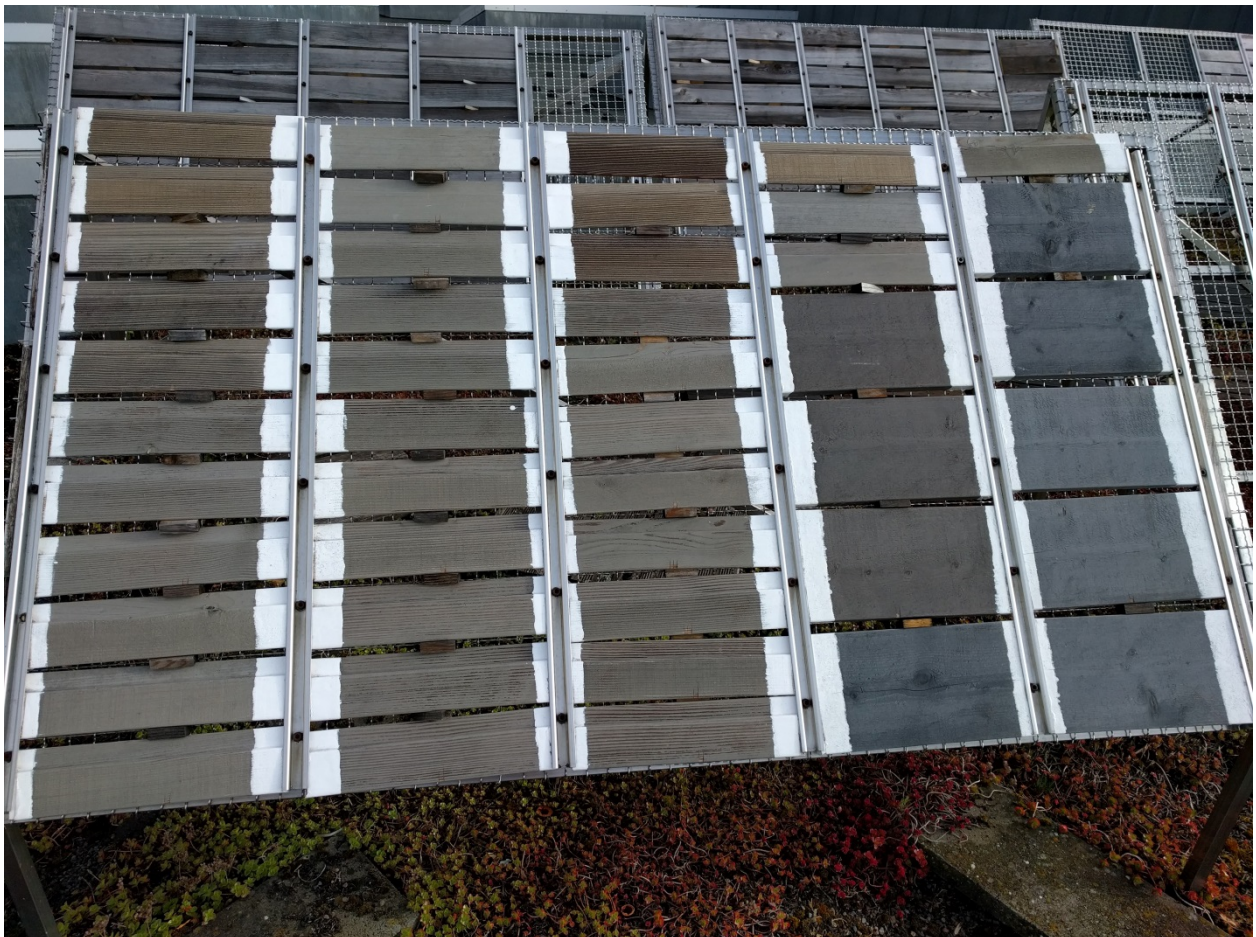


Abb. 30 Erscheinungsbild einer Probenauswahl nach zwei Jahren Bewitterung

Anhand der Abbildungen 31 und 32 wird deutlich, dass es im zweiten Bewitterungsjahr nur noch eine mittlere bis geringe Farbveränderung gegeben hat, welche für die meisten Proben deutlich kleiner ist als 4. Das deutet darauf hin, dass sich die farbliche Erscheinung der Oberfläche stabilisiert hat. An dieser Stelle ist schwierig abzuschätzen, ob das mit dem

Übergang zur natürlichen Vergrauung aus dem Untergrund zu tun hat oder ob sich die Beschichtung angepasst hat. Die deutlichsten Farbänderungen ergeben sich bei den geölten Varianten (transparente Systeme). Bei diesen Proben war bereits die Farbänderung nach einem Jahr und auch jetzt nach knapp zwei Jahren am grössten, das ist auf den geringeren UV-Schutz der Systeme zurückzuführen, was zu einem Abbau des Lignins und der Holzinhaltsstoffe und somit zu dieser deutlichen farblichen Veränderung führt.

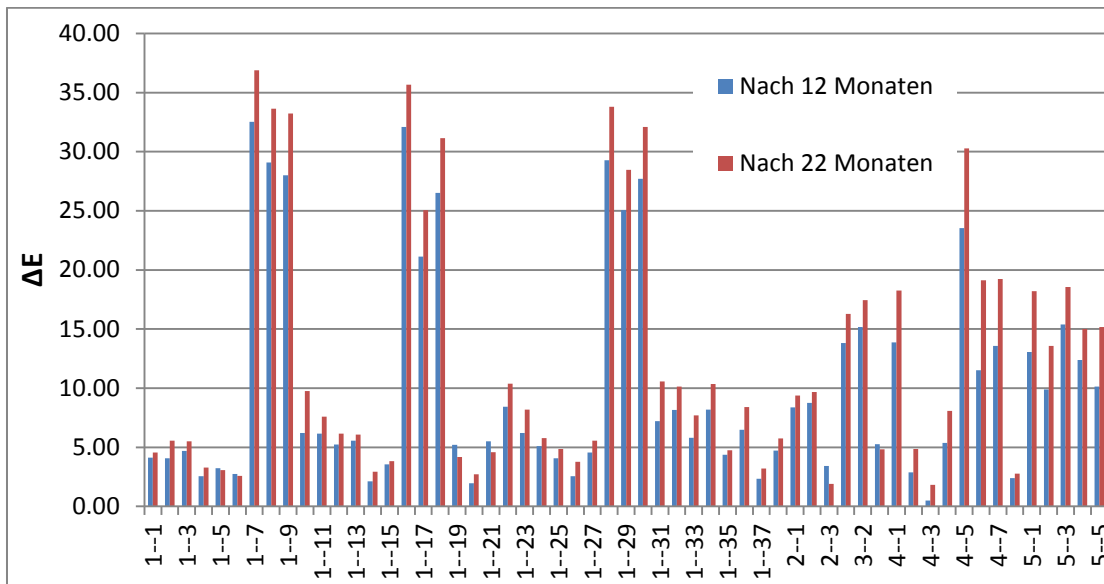


Abb. 31 Darstellung der Farbänderung ΔE nach 12 und 22 Monaten Freilandbewitterung bei einer Exposition Süd und 45° geneigten Proben.

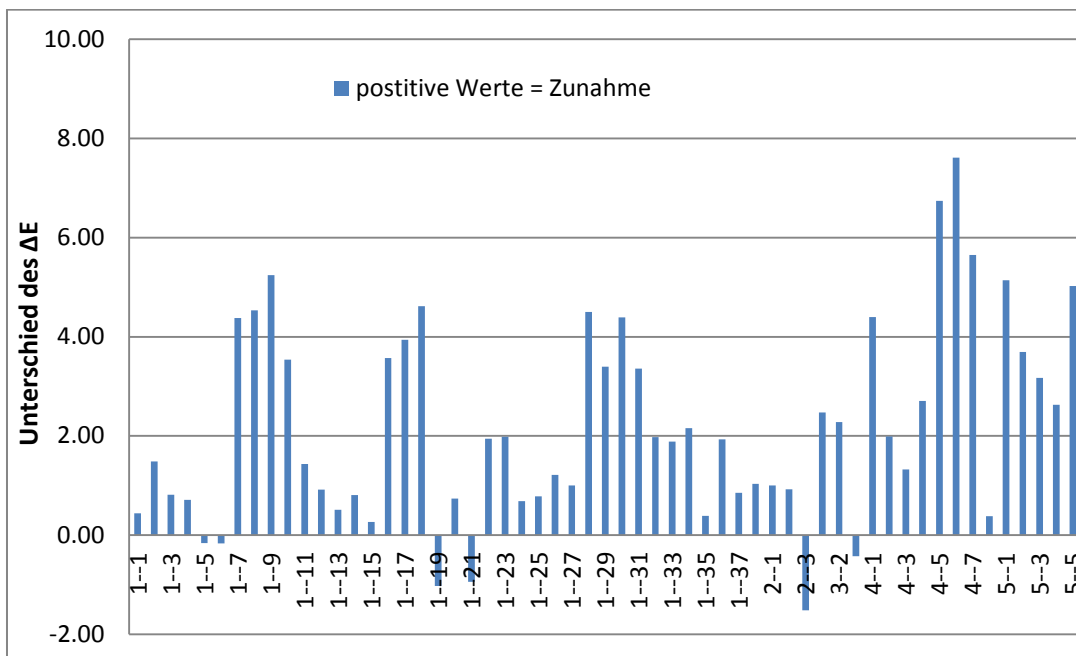


Abb. 32 Unterschiede des ΔE zwischen 12 und 22 Monaten Freilandbewitterung, Exposition Süd und 45° geneigten Proben.

Weiter zeigt sich deutlich, dass die farblos imprägnierten Varianten und die Imprägnierungen ohne einen zusätzlichen Schutz farblich instabiler sind und dies bzgl. einem weiteren Veränderungsprozess unterliegen, was sich aber nur auf ästhetische Aspekte bezieht und nicht in Zusammenhang mit der Dauerhaftigkeit der Materialien steht.

Generell kann man sagen, dass die Farbveränderung im zweiten Bewitterungsjahr auf eine Abnahme der Helligkeit der Proben und vor allem auf eine Verschiebung von gelb in Richtung blau (Abnahme des b-Wertes) zurückzuführen ist (Abbildung 33). Eine Veränderung im Bereich rot-grün erfolgt in erster Linie nur bei den geölten Proben, was wiederum in Zusammenhang mit der Umwandlung des Lignins und der Holzinhaltsstoffe steht.

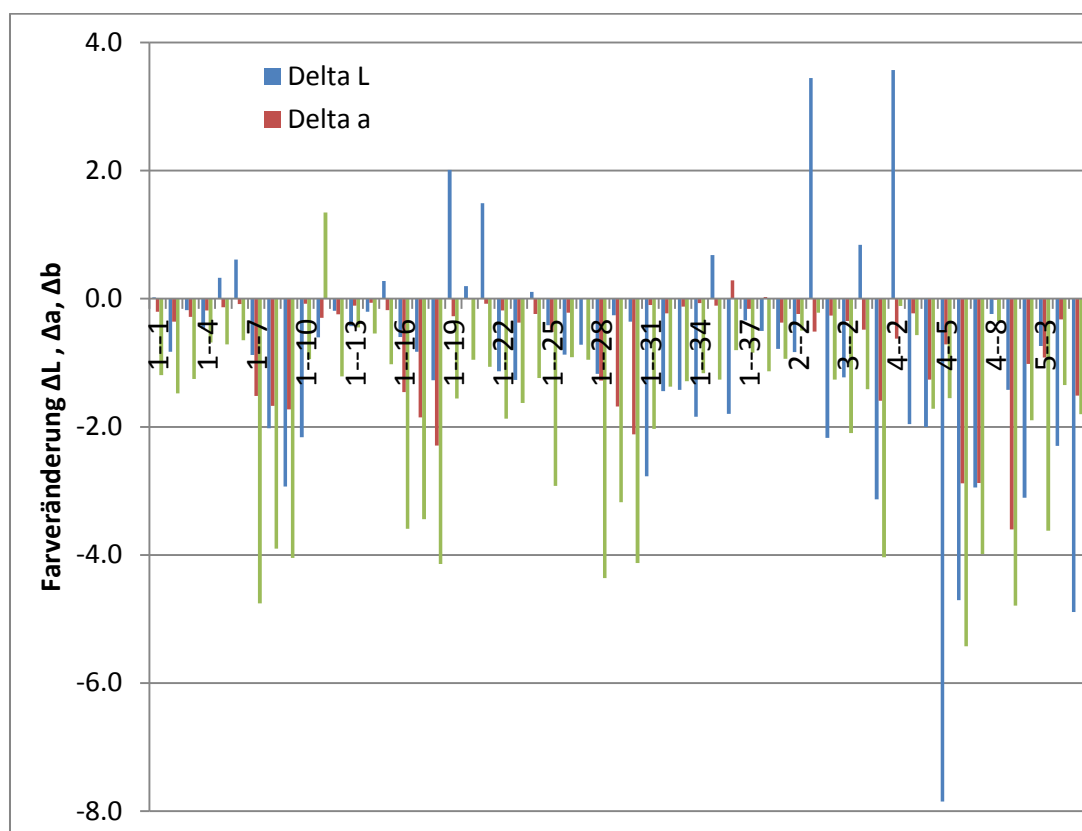


Abb. 33 Farbveränderung ΔL , Δa , Δb zwischen 12 und 22 Monaten Freilandbewitterung, Exposition Süd und 45° geneigten Proben.

Visuelle makroskopische Bewertung

Die visuelle Bewertung der Holzoberflächen ist relativ schwierig, da die Variabilität und die entsprechende Streuung gross sind und sich nur begrenzt allgemeine Tendenzen ablesen lassen. Bzgl. der makroskopischen Merkmale können in diesem Zusammenhang folgende Schlussfolgerungen gezogen werden (Tabelle 4):

Bei 12 Varianten (von 57) kommt es zu ungleichmässigen Abplatzungen in der Sichtfläche, das trifft zu gleichen Teilen auf geschliffene und sägerohe Oberflächen zu. Oberflächenstrukturierte Varianten sind nicht von einem ungleichmässigen Abblättern der Beschichtungssysteme

betroffen und zeigen diesbezüglich das gleichmässigste Verhalten. Die Abplatzungen treten nur bei 3 Vorvergrauten Proben auf. Bei den verbleibenden Varianten handelt es sich um gölte, hydrophobierte oder lasierte Systeme. Bei 39 Varianten kommt es zum Reissen der Oberfläche. Jedoch ist der Grad der Rissbildung sehr unterschiedlich und reicht von vielen kleinen Rissen bis hin zu Proben mit wenigen grossen Rissen. Weiter ist auffällig, dass die Rauigkeit bei 47 Varianten deutlich unterschiedlich zwischen Sicht- und Schmalfläche ist.

Weiter kann festgestellt werden, dass es auch bei 12 Varianten zu ungleichmässigen Abplatzungen im Schmalflächenbereich gekommen ist, wobei es sich dabei nur bei 5 Proben um dieselben Proben handelt, bei denen es auch zu ungleichmässigen Abplatzungen im Sichtbereich gekommen ist. Diese 5 Varianten könnten somit als die ungünstigsten Systeme bzgl. eines ästhetisch gleichmässigen Erscheinungsbildes klassifiziert werden. Dabei handelt es sich um folgende Varianten:

- 3x Öllasur, nordische Fichte, geschliffen
- 3x Vorvergraut, 1 hydrophobiert, Douglasie geschliffen
- 2x offenporige Lasur, Fichte, geschliffen
- 1x imprägniert farblos, 1x Öllasur, Tanne, sägerau
- 1x imprägniert farblos, 2x offenporige Lasur, Tanne, sägerau

In Bezug auf die genannten Systeme kann gesagt werden, dass offensichtlich mehrfach beschichtete Varianten eher ungünstig sind und zu einem ungleichmässigen Erscheinungsbild führen. Weiter fällt auf, dass nur ein Vorvergrauungssystem unter den 5 kritischen Varianten zu finden ist, was darauf schliessen lässt, dass eine einfache Vorvergrauung in der Regel zu einem einheitlichen Oberflächenbild führt.

Bzgl. des Vergleichs zwischen Sicht- und Schmalfläche lässt sich weiter schlussfolgern, dass das allgemeine Abwitterungsverhalten auf diesen beiden Flächen gleich ist oder dass die Schmalflächen schneller abwittern, was bei 23 Varianten der Fall ist. Das schnellere Abwittern der Schmalflächen ist dabei wahrscheinlich auf eine ungleichmässige Untergrundvorbehandlung zurückzuführen, was dann oftmals zu einem ungleichmässigen Abplatzen führen kann, was wahrscheinlich massgeblich für die Gleichmässigkeit der Oberflächenentwicklung ist.

Entsprechend den Sichtflächen ist der Grad der Rissausbreitung auf den Schmalflächen ähnlich stark ausgeprägt und variiert ebenfalls deutlich.

Tab. 4 Zusammenfassung der visuellen Erscheinung (makroskopisch) der Proben nach 22 Monaten Bewitterung

Filmdicke [µm]	Probennr.	Oberflächen- rauigkeit Sichtfläche	Abblättern Sichtfläche	Risse Sichtfläche	Oberflächenrau- igkeit Schmalfäche	Vergleich Abblättern Schmalfäche und Sichtfläche	Abblättern Schmalfäche	Risse Schmalfäche
22	2699-1-vv-fi	geschliffen	gleichmässig wenig	wenige mittlere	gefräst, rauer als Sichtfläche	Schmalfäche stärker als Sichtfläche	gleichmässig mittel	keine
16	2699-2-vv-fi	sägeroh	gleichmässig mittel	viele mittlere Risse	gefräst, glatter als Sichtfläche	Schmalfäche stärker als Sichtfläche, vorallem kante	gleichmässig mittel	viele mittlere Risse
19	2699-3-vv-fi	strukturfein	gleichmässig stark	wenige mittlere	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	keine
31	2699-4-vv-fi	geschliffen	gleichmässig wenig	keine	gefräst, rauer als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig wenig	keine
21	2699-5-vv-fi	sägeroh	gleichmässig mittel	mittler Risse	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig mittel	wenige kleine
26	2699-6-vv-fi	strukturfein	gleichmässig mittel	keine	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig mittel	wenige kleine
29	2699-7-ol-fi	geschliffen	ungleichmässig stark	viele kleine	geschliffen, etwa gleiche Rauheit	gleiches Abwitterungsverhalten	ungleichmässig stark	keine
22	2699-8-ol-fi	sägeroh	gleichmässig stark	keine	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	wenige kleine
35	2699-9-ol-fi	strukturfein	gleichmässig stark	wenige kleine	gefräst, glatter als Sichtfläche	Schmalfäche stärker als Sichtfläche, vorallem kante	ungleichmässig stark	wenige kleine
20	2699-10-vv-lä	geschliffen	ungleichmässig stark	eine Probe grosse Risse	gefräst etwa gleiche Rauigkeit	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	wenig mittlere
26	2699-11-vv-lä	sägeroh	gleichmässig stark	wenige kleine	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	keine
22	2699-12-vv-lä	strukturfein	gleichmässig stark	wenige mittlere	gefräst, glatter als Sichtfläche	Schmalfäche stärker als Sichtfläche, vorallem kante	ungleichmässig stark	wenig mittlere
21	2699-13-vv-lä	geschliffen	gleichmässig stark	keine	geschliffen etwa gleich Rauigkeit	Schmalfäche stärker als Sichtfläche	gleichmässig stark	keine
22	2699-14-vv-lä	sägeroh	gleichmässig stark	keine	gefräst, glatter als Sichtfläche	Schmalfäche stärker als Sichtfläche	ungleichmässig stark	mittel grosse
16	2699-15-vv-lä	strukturfein	gleichmässig mittel	eine Probe mittelgrosse, sonst keine	gefräst, glatter als Sichtfläche	Schmalfäche stärker als Sichtfläche	ungleichmässig stark	mittel grosse
18	2699-16-ol-lä	geschliffen	gleichmässig stark	zwei Proben viele mittlere, eine keine	geschliffen etwa gleich rau	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	wenige kleine
19	2699-17-ol-lä	sägeroh	gleichmässig stark	wenig mittlere	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	wenige mittel grosse
17	2699-18-ol-lä	strukturfein	gleichmässig stark	keine	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	mittel grosse
13	2699-19-hy-fi	geschliffen	ungleichmässig mittel	keine	geschliffen, gleiche Rauheit	Schmalfäche stärker als Sichtfläche	gleichmässig stark	keine
20	2699-20-hy-fi	strukturfein	gleichmässig stark	keine	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	wenige kleine
24	2699-21-hy-lä	strukturfein	gleichmässig mittel	keine	gefräst, glatter als Sichtfläche	Schmalfäche stärker als Sichtfläche	gleichmässig stark	keine
14	2699-22-vv-do	geschliffen	gleichmässig stark	keine	gefräst, rauer als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	keine
25	2699-23-vv-do	sägeroh	gleichmässig stark	viele mittlere	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten (Bei einer Proben Kante stärker abgewittert)	gleichmässig stark	wenige mittlerer
13	2699-24-vv-do	strukturfein	gleichmässig stark	viele mittlere	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	wenige mittlerer
20	2699-25-vv-do	geschliffen	gleichmässig mittel	viele mittlere	gefräst, rauer als Sichtfläche	Schmalfäche stärker als Sichtfläche	gleichmässig mittel	wenige kleine
12	2699-26-vv-do	sägeroh	ungleichmässig mittel	zwei Proben mittlerer Risse eine keine	gefräst, glatter als Sichtfläche	Schmalfäche stärker als Sichtfläche	ungleichmässig stark	wenig kleine
20	2699-27-vv-do	strukturfein	gleichmässig stark	viele kleine	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	viele kleine
19	2699-28-ol-do	geschliffen	gleichmässig stark	zwei Proben viele Risse	geschliffen, gleiche Rauheit	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	mittlgrosse Risse
17	2699-29-ol-do	sägeroh	gleichmässig stark	zwei Proben mittlere	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	wenige mittlere Risse
15	2699-30-ol-do	strukturfein	gleichmässig stark	zwei Proben viele mittlere, eine Probe keine	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	viele kleine
16	2699-31-hy-do	geschliffen	gleichmässig stark	keine	gefräst, rauer als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	viele kleine
13	2699-32-hy-do	sägeroh	gleichmässig wenig	viele grosse	gefräst, rauer als Sichtfläche	Schmalfäche stärker als Sichtfläche	gleichmässig stark	viele kleine
12	2699-33-hy-do	strukturfein	gleichmässig stark	viele mittel	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	viele kleine
20	2699-34-hy-lä	geschliffen	gleichmässig stark	keine	gefräst, rauer als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	wenige
22	2699-35-hy-lä	strukturfein	gleichmässig stark	keine	gefräst, glatter als Sichtfläche	Schmalfäche stärker als Sichtfläche	gleichmässig stark	viele kleine
22	2699-36-hy-do	geschliffen	ungleichmässig stark	gleichmässig kleine	gefräst, rauer als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	ungleichmässig stark	viele kleine
19	2699-37-hy-do	sägeroh	ungleichmässig stark	keine	gefräst, viel glatter als Sichtfläche	Schmalfäche stärker als Sichtfläche	ungleichmässig stark	wenige kleine
17	2699-38-hy-do	strukturfein	gleichmässig stark	gleichmässig kleine	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	gleichmässig wie sichtfläche
15	2700-1-vv-fi	sägeroh	gleichmässig wenig	mittig grosse	gehobelt, Oberfläche glatter als Sichtfläche	Schmalfäche stärker als Sichtfläche	gleichmässig mittel	wenige mittel grosse
19	2700-2vv-fi	sägeroh	gleichmässig wenig	mittig grosse	gehobelt, Oberfläche glatter als Sichtfläche	Schmalfäche stärker als Sichtfläche	gleichmässig mittel	keine
18	2700-3vv-fi	sägeroh	gleichmässig wenig	keine	gehobelt, Oberfläche glatter als Sichtfläche	Schmalfäche stärker als Sichtfläche	gleichmässig mittel	keine
16	2725-1-la-fi	geschliffen	ungleichmässig sehr stark	mittig grosse	geschliffen	gleiches Abwitterungsverhalten	ungleichmässig stark	keine
20	2725-2-vv-ta	geschliffen	ungleichmässig mittel stark sonst mittel	mittig grosse	gefräst, rauer als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig mittel	mittel grosse
18	2725-3-vv-ta	geschliffen	gleichmässig stark	mittig grosse	gefräst, gleiche Rauheit	gleiches Abwitterungsverhalten	ungleichmässig stark	keine
24	2725-4-vv-lä	sägeroh	ungleichmässig stark nmd stärker	mittig grosse	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	keine
13	2725-5-ol-lä	gehobelt	gleichmässig stark	mittig grosse	gefräst, gleiche Rauheit	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	wenige kleine
18	2726-1-hb-fi	sägeroh	ungleichmässig stark	wenige	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	keine
22	2726-2-vv-fi	sägeroh	gleichmässig stark	wenige	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig wenig	keine
15	2726-3-la-fi	sägeroh	ungleichmässig stark kein Pulfkörner normal	wenige	gefräst, glatter als Sichtfläche	Sichtfläche stärker als Schmalfäche	kein abwittern	keine
22	2729-1-i-ta	sägeroh	gleichmässig stark	mittler Risse	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	keine
18	2729-2-ol-ta	sägeroh	gleichmässig mittel	eie Probe mittig	gefräst, glatter als Sichtfläche	Schmalfäche eher stärker abgewittert	gleichmässig mittel	keine
20	2729-3-ol-ta	sägeroh	gleichmässig wenig	eine Probe mittig	gefräst, glatter als Sichtfläche	Schmalfäche eher stärker abgewittert	gleichmässig wenig	eine Probe kleine Risse
19	2729-4-ol-ta	sägeroh	gleichmässig mittel	mittig mittler Risse	gefräst, etwa gleich Rauigkeit	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig mittel	keine
20	2729-5-i-ta	sägeroh	gleichmässig stark	nur eine Probe	gefräst, glatter als Sichtfläche	gleiches Abwitterungsverhalten	gleichmässig stark	keine
24	2729-6-ol-ta	sägeroh	ungleichmässig mittel	keine	gefräst, glatter als Sichtfläche	Schmalfäche stärker nur bei einer Probe	ungleichmässig stark	keine
18	2729-7-ol-ta	sägeroh	gleichmässig wenig	keine	gefräst, glatter als Sichtfläche	Schmalfäche kante stärker als Sichtfläche	ungleichmässig stark	keine
20	2729-8-la-ta	sägeroh	ungleichmässig wenig	keine	gefräst, glatter als Sichtfläche	Schmalfäche kante stärker als Sichtfläche	ungleichmässig stark	keine

5 Schlussfolgerungen

Nicht filmbildenden Beschichtungen haben einerseits die Schutzfunktion vor Umwelteinflüssen wie UV-Strahlung, Regen oder Luftschadstoffen. Daneben spielt die ästhetische Erscheinung eine weitere zentrale Rolle. Nicht filmbildende Beschichtungen lassen im Gegensatz zu deckenden Beschichtung die natürliche Holzstruktur besser erkennen und der Materialverbrauch ist meist auch geringer. Auch kommt es durch eine erhöhte Dampfdurchlässigkeit der Beschichtung weniger zu einem Feuchtestau im Holz. Dünne Lackschichten schnitten nach dem Behandeln mit künstlichem Hagel visuell besser ab als filmbildende Systeme [1]. Nicht filmbildende Beschichtungen haben auch den Vorteil, dass renovierungsbedürftige Fassaden im Gegensatz zu deckenden Systemen ohne grösseren Aufwand neu behandelt werden können.

Wegen der gewünschten geringen Schichtdicken der nichtfilmbildenden Beschichtungen kann die Alterung der Beschichtung nicht mittels Schichtdickenzuschläge verringert werden. Die nicht filmbildenden Beschichtungen zeigen infolge der geringeren Schichtdicke eine schnellere Erosion als filmbildende Anstriche. Grüll et al [2] haben Grenzzustände (ästhetische Grenzen und drei Stufen von Dauerhaftigkeitsgrenzen) von Holzbeschichtungen definiert. Bei nicht filmbildenden Beschichtungen gibt es nur eine Dauerhaftigkeitsgrenze, welche eine Wartung erfordert. Bei nicht-filmbildenden Beschichtungen sollte die Fassade nach einem Jahr beurteilt werden.

Die Dauerhaftigkeit der Beschichtungen hängt neben der Stabilität der Beschichtung von der Untergrundhaftung und den mechanischen Abrieb ab. Der mechanische Abrieb ist gegeben durch die natürliche Bewitterung. Die Beanspruchung der Fassade kann jedoch nur durch verringerte Exposition verringert werden. Auch erhöht sich das Wartungsintervall um ein Jahr, wenn die Fassadenschalung senkrecht statt waagrecht montiert wird [3]. Bei der Untergrundhaftung hat die Qualität und Beanspruchbarkeit des verwendeten Holzes (Riftbrett hat etwa 1-2 Jahre längeres Wartungsintervall [3]) und damit verbunden Dimensionsstabilität einen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit der Beschichtung. Auch hat eine erhöhte Rauigkeit einen positiven Einfluss auf die Haftfestigkeit und damit auf die Dauerhaftigkeit des Beschichtungssystems.

Mit den Ergebnissen aus den gemessenen Parametern konnte speziell nach 22 Monaten Freibewitterung eine einfache Klassifizierung durchgeführt werden, wobei zumindest die ästhetisch weniger guten Proben abgegrenzt werden konnten. Eine feine Abstufung der Qualitäten im Bereich einer guten ästhetischen Erscheinung ist aufgrund der vorliegenden Ergebnisse nur

tendenziell möglich. Auch deshalb, weil die Messwerte relativ stark streuen und die qualitative Bewertung durch den Prüfer immer einen gewissen Spielraum hinterlässt.

Die unterschiedlichen Holzqualitäten (Rift, Halbrift oder Seitenbrett) der angelieferten Varianten haben vermutlich zu einer zusätzlichen Streuung der Messergebnisse geführt und ein Vergleichen der gemessenen Parameter erschwert.

Es ist davon auszugehen, dass die Fortführung der Bewitterung noch deutlicher zeigen wird, welche Varianten ästhetisch am besten geeignet sind, weshalb das vorliegende Probenset noch ein weiteres Jahr ausgelagert wurde.

6 Bestimmungen zum vorliegenden Bericht

Dieser Bericht darf nicht ohne Genehmigung der Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau auszugsweise vervielfältigt werden. Jegliche Veröffentlichung des Berichts oder von Teilen davon bedarf der schriftlichen Zustimmung der Fachhochschule. Ein Original dieses Berichts wird für 5 Jahre aufbewahrt. Dieser Bericht ist nur mit den Unterschriften des Institutsleiters für Werkstoffe und Holztechnologie und des Projektverantwortlichen gültig.

6.1 Umfang des Berichts

Dieser Bericht besteht aus 32 Seiten inkl. Anhang.

7 Quellen

[1] Richter K.; Risi W.; Lütke-meier B.; Flüeler, P., Hagelwiderstand von Holzfassaden, Abschlussbericht Projekt 2008.04 (2010),

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wald/fachinformationen/bildung--forschung-und-wissenstransfer/wald--und-holzforschungsfonds.html>

[2] Grüll G.; Truskaller M.; Podgorski L.; Bollmus S.; Tscherne F, Maintenance procedures and definition of limit states for exterior wood coatings Eur. J. Wood Prod. (2011) 69:443–450

[3] Selter W.; Schupp D ; Glatthard W: Holzfassaden richtig pflegen und renovieren, Applica Zeitschrift für das Maler und Gipsergewerbe (2014) No. 9, p. 12-22