



# Historische und moderne Beschichtungssysteme

Ein technischer und ökologischer Vergleich

Gerhard Grill, Christina Fürhapper, Gerald Aschacher, Irene Spitaler

## 1. Einleitung

Holz ist ein Baustoff mit einer langen Tradition, der einerseits in historischen Bauwerken in Form von alter Handwerkskunst über Jahrhunderte erhalten geblieben ist und andererseits auch den Ansprüchen der heutigen Zeit genügt. Ebenso hat die Beschichtung von Holz im Außenbereich bereits eine lange Geschichte aufzuweisen [1, 2]. Die eingesetzten Bindemittel entwickelten sich von Produkten auf Basis von trocknenden Ölen (vor allem Leinölfirnis) zu Kunstharzbindemitteln in lösemittelbasierten Produkten (Alkydharze) und schließlich zu den wasserverdünnbaren Beschichtungssystemen auf Basis von Acrylatdispersionen. Historische Beschichtungsmaterialien sind in Verbindung mit den entsprechenden handwerklichen Verarbeitungs- und Applikationsverfahren heute noch im Bereich der Restauration und des Denkmalschutzes von wesentlicher Bedeutung, wofür auch gesetzliche Ausnahmeregelung, beispielsweise für die Verwendung von bleihaltigen Pigmenten, bestehen [3].

Mit den Entwicklungen der Lacktechnologie haben sich auch die Eigenschaften der eingesetzten Beschichtungssysteme hinsichtlich deren Verarbeitung und des Verhaltens der Beschichtungsfilm (z.B. Abwitterungsverhalten, Diffusionseigenschaften) stark verändert. Beim Umstieg auf eine neue Beschichtungstechnologie bemerken vor allem erfahrene Handwerker diese Unterschiede in den Eigenschaften und erste Probleme bei der Anwendung rufen Skepsis hervor. Aus diesem Grund besteht weit verbreitet die Meinung, dass die „guten alten“ Beschichtungssysteme von wesentlich besserer Qualität waren bzw. sind als moderne Produkte.

Die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit war es, einen objektiven Vergleich von historischen und modernen Beschichtungssystemen für Holz im Außenbereich hinsichtlich ihrer technischen und ökologischen Eigenschaften bei der Verarbeitung und während der Nutzung zu erstellen. Dies erfolgte anhand von Modellformulierungen durch Beurteilung der physikalischen Eigenschaften der Beschichtungen, des Abwitterungsverhaltens, durch Stoffflussanalysen und durch ökotoxikologische Untersuchungen. Die ökologischen Betrachtungen stellen keine Analyse des gesamten Lebenszyklus (Lifecycle Assessment) dar, sondern beschränken sich auf die oben genannten Zeiträume der Verarbeitung und Nutzung.

## 2. Material und Methoden

### 2.1. Beschichtungssysteme und Probenvorbereitung

Die Untersuchung umfasste möglichst vergleichbare Streichprodukte mit entsprechenden Sollschichtdicken und Farbtönen sowie mit verfügbaren Rezepturdaten (Tabelle 1). Im Versuchsplan waren unbehandeltes Fichtenholz, zwei historische Beschichtungsvarianten (V2 und V3) sowie lösemittelbasierte und wasserverdünnbare Beschichtungssysteme enthalten, sodass ein Querschnitt über historische und heute übliche Beschichtungsstoffe gegeben war.

Fichtenholzproben wurden vorbereitet und im Normklima 20°C/65% rel. LF konditioniert. Auf diese Proben wurden die Beschichtungssysteme durch Streichen appliziert, wobei die Aufbringmenge durch Wiegung gemessen wurde. Die Applikation der historischen Beschichtungssysteme erfolgte durch Herrn Hannes Weissenbach (Kartause Mauerbach) mit fachgerechten handwerklichen Techniken. Der erste Auftrag des Leinölfirnis V2 erfolgte mit Firnis, der 1:1 (v/v) mit Terpentinersatz verdünnt und im Wasserbad auf 54 °C erhitzt wurde. Der 2. und 3. Auftrag erfolgten mit unverdünntem Leinölfirnis bei Raumtemperatur.

Der Beschichtungsaufbau der Mustervariante V3 erfolgte zunächst durch Imprägnieren des rohen Holzes mit auf 54°C im Wasserbad erhitztem Leinölfirnis 1:1 (v/v) mit Terpentinersatz verdünnt und anschließend einen dreischichtigen Aufbau mit sikkativiertem Zinkweiß in Leinöl mit abnehmender Verdünnung mit Terpentinersatz. Alle anderen Beschichtungsstoffe waren anwendungsfertig und konnten ohne weitere Aufbereitung durch Streichen verarbeitet werden.

**Tabelle 1:** Untersuchte Beschichtungsvarianten

Variante Nr.	Kurzbezeichnung	Imprägnierung (1x streichen)	Schlussbeschichtung (2x streichen)	Deckvermögen/Farbe	Pigment	Solsschichtdicke
V1	unbehandelt	-	-	-	-	-
V2	Leinölfirnis	Leinölfirnis transparent	Leinölfirnis transparent	transparent	-	-
V3	Standöl deckend	Leinölfirnis transparent	Leinöl-Standöl (Ölfarbe)	deckend weiß	ZnO	60 µm
V4	Alkyd deckend	lömi-Alkyd, 10% FK	Alkydharz (lösemittelhaltig)	deckend weiß	TiO <sub>2</sub>	60 µm
V5	Hybrid deckend	wv-Alkyd, 10% FK	Acryl/Alkydharz - Hybrid (wasserverdünnbar)	deckend weiß	TiO <sub>2</sub>	60 µm
V6	Alkyd lasierend	lömi-Alkyd, 10% FK	Alkydharz (lösemittelhaltig)	lasierend mittelbraun	transparentes Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40 µm
V7	Acryl lasierend	wv-Alkyd, 10% FK	Acrylharz (wasserverdünnbar)	lasierend mittelbraun	transparentes Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40 µm
V8	Hybrid lasierend	wv-Alkyd, 10% FK	Acryl/Alkydharz - Hybrid (wasserverdünnbar)	lasierend mittelbraun	transparentes Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40 µm

## 2.2. Physikalische Eigenschaften

An den beschichteten Fichtenholzproben erfolgten mikroskopische Untersuchungen des Schichtaufbaus und Messungen der Trockenfilmdicke gemäß ÖNORM EN ISO 2808, Methode 6A [4]. Die Blockfestigkeit wurde gemäß ÖNORM C 2350 [5] beurteilt. Die Prüfung des Haftvermögens erfolgte mit der Gitterschnittmethode gemäß ÖNORM EN ISO 2409 [6], ebenso wurde die Nasshaftung mit der Gitterschnittmethode und zusätzlicher Feuchtebeanspruchung durch Auflegen eines nassen Laborzellstoffes auf den vorbereiteten Gitterschnitt über 2 Stunden geprüft. Die Verformbarkeit der Beschichtungssysteme wurde mit der Kegelplattenmethode gemäß ÖNORM C 2350 [5] beurteilt. Die Bestimmung der diffusionsäquivalenten Luftschichtdicken (sd-Werte) erfolgte in Anlehnung an ÖNORM EN ISO 12572 [7] nach dem im Dry-Cup-Verfahren. Zur Charakterisierung der Wasserdurchlässigkeit wurden Wasseraufnahmeversuche gemäß ÖNORM EN 927-5 [8] durchgeführt.

## 2.3. Verhalten bei Bewitterung

Es wurden eine künstliche Bewitterung und eine Freilandbewitterung mit beschichteten Fichtenholzproben durchgeführt. In beiden Versuchen wurde eine Probe je System zuvor mit drei künstlichen Verletzungen durch Kugeleinschlag (Hagelschlagsimulation) versehen. Die künstliche Bewitterung erfolgte in einem QUV-Weathering-Tester mit einem Zyklus gemäß ÖNORM EN 927-6 [9] über insgesamt 2016 Stunden. Die Freilandbewitterungsproben wurden von Oktober 2007 bis Oktober 2008 am Gelände der Holzforschung Austria in Wien 45° gegen Süden exponiert.

## 2.4. Stoffflussanalysen

Proben aus der künstlichen und natürlichen Bewitterung wurden in regelmäßigen Intervallen Abwaschungen unterzogen. Diese erfolgten mit deionisiertem Wasser im Verhältnis von beschichteter Oberfläche des Prüfkörpers zum Wasservolumen 40 : 1 (m<sup>2</sup> : m<sup>3</sup>) über 26 Stunden, wobei nach zwei Stunden ein Wasserwechsel durchgeführt wurde. Die Eluate wurden der chemischen Analyse unterzogen. Am Ende der Bewitterungsversuche wurden Proben der Oberflächen entnommen und an diesen chemische Analysen der verbliebenen Beschichtungsbestandteile durchgeführt. Die Analyse von abgewaschenen Wirkstoffen erfolgte gaschromatographisch mit Flammenionisationsdetektor (FID). Die anorganischen Beschichtungsinhaltsstoffe wurden mittels ICP/OES analysiert. Aus den vorliegenden Rezepturkenndaten, den Ergebnissen der chemischen Analysen und den Niederschlagsmengen im Bewitterungszeitraum wurden die aufgetretenen Stoffflüsse berechnet und in Form von Sankey-Diagrammen dargestellt.

## 2.5. Ökotoxikologie

Mit Eluaten, die in gleicher Weise gewonnen wurden wie in den Stoffflussanalysen, wurden ökotoxikologische Tests hinsichtlich ihrer Toxizität gegenüber Leuchtbakterien, Grünalgen und Daphnien durchgeführt (gemäß ÖNORM EN ISO 6341 [10], ÖNORM EN 28 692 [11], ÖNORM EN ISO 11348-2 [12]).



### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Physikalische Eigenschaften

Bei der Mustervariante V2 Leinölfirnis wurde auf den behandelten Oberflächen kein messbarer Beschichtungsfilm festgestellt, hingegen waren die obersten Zellreihen imprägniert. Bei Mustervariante V3 Standöl deckend war eine Vielzahl von Pinselstrichen erkennbar, woraus stark schwankende Trockenfilmdicken resultierten. Bei den Varianten V4 und V5 wurden sehr gleichmäßige Beschichtungsfilme vorgefunden. Die Trockenfilmdicken aller deckend weißen Beschichtungen lagen gut vergleichbar zwischen 70 und 80 µm (Tabelle 2). Mit den lasierenden Beschichtungsvarianten V6, V7 und V8 wurden gleichmäßige Schichtdicken im Bereich von 40 µm erreicht.

**Tabelle 2:** Eigenschaften der Beschichtungsfilme

Variante Nr.	Kurzbezeichnung	Deckvermögen/Farbe	Sollschichtdicke [µm]	Istschichtdicke [µm]	Blockfest. [120h]	Blockfest. [28Tage]	Haftvermögen	Nasshaftung	Verformbarkeit	sd-Wert Dry Cup [m]	Wasseraufnahme [g/m <sup>2</sup> ]
V1	unbehandelt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	765
V2	Leinölfirnis	transparent	-	0	nein	ja	0	0	nicht bew.	0,7	356
V3	Standöl deckend	deckend weiß	60	79	ja	ja	1	3	10 K	3,4	43
V4	Alkyd deckend	deckend weiß	60	71	ja	ja	0	0	9 I	6,9	33
V5	Hybrid deckend	deckend weiß	60	75	ja	ja	1	0	9 I	3,4	79
V6	Alkyd lasierend	lasierend mittelbraun	40	42	ja	ja	2	1	10 K	2,5	61
V7	Acryl lasierend	lasierend mittelbraun	40	38	ja	ja	1	1	10 K	0,9	147
V8	Hybrid lasierend	lasierend mittelbraun	40	38	ja	ja	0	1	9 I	1,3	132

Alle Beschichtungssysteme erwiesen sich als blockfest, mit Ausnahme der Variante V2 Leinölfirnis nach 120 h Trocknungszeit. Bei allen Mustervarianten wurde ein gutes Haftvermögen festgestellt. Bei der Mustervariante V3 Standöl deckend wurde ein deutlich verringertes Haftvermögen bei Feuchteinwirkung (Nasshaftung) festgestellt. Die Verformbarkeit bewegte sich bei allen bewertbaren Mustervarianten auf einem einheitlichen Niveau.

Die höchste Wasserdampfdurchlässigkeit (geringster sd-Wert) wies die nicht filmbildende Variante V2 Leinölfirnis auf, gefolgt von den beiden wasser verdünnbaren Lasuren V7 Acryl lasierend und V8 Hybrid lasierend. Das lösemittelhaltige Beschichtungssystem V6 Alkyd lasierend wies die geringste Wasserdampfdurchlässigkeit der Lasuren auf. Die Varianten V3 Standöl deckend und V5 Hybrid deckend bewegten sich auf einem ähnlichen Niveau, während das System V4 Alkyd deckend bei weitem die geringste Wasserdampfdurchlässigkeit aufwies.

Gegenüber flüssigem Wasser wurde mit der Mustervariante V2 Leinölfirnis der geringste Feuchteschutz erzielt. Die weitere Abfolge der Beschichtungssysteme ergab sich nach der Schichtdicke und dem Bindemitteltyp. Bei den deckenden Beschichtungssystemen wurde die höchste Durchlässigkeit für flüssiges Wasser bei dem wasser verdünnbaren Beschichtungssystem mit Hybrid Bindemittel (V5) gemessen. Die beiden öligen Beschichtungssysteme V3 Standöl deckend und V4 Alkyd deckend wiesen eine deutlich geringere Durchlässigkeit für flüssiges Wasser auf. Bei den lasierenden Beschichtungssystemen zeigten ebenfalls die beiden wasser verdünnbaren Varianten V7 Acryl lasierend und V8 Hybrid lasierend eine höhere Durchlässigkeit für flüssiges Wasser als das ölige Produkt V6 Alkyd lasierend.

#### 3.2. Verhalten bei Bewitterung

In den künstlichen Bewitterungsversuchen zeigte die Variante V1 unbehandelt eine sehr rasche Abwitterung. Die Proben der Variante V2 Leinölfirnis zeigten ebenfalls bereits in der ersten Phase der Bewitterung deutliche Veränderungen in Form eines fleckigen Erscheinungsbildes, das im weiteren Bewitterungsverlauf in eine gleichmäßige Abwitterung des Holzes mit dem gleichen Erscheinungsbild wie unbehandeltes Holz überging.

Bei der Mustervariante V3 Standöl deckend waren bereits nach 22 Tagen künstlicher Bewitterung feine Längsrisse im Beschichtungsfilm entsprechend der Pinselstriche erkennbar, die sich im weiteren Verlauf der Bewitterung verstärkten. Nach 35 Tagen traten an einer Probe erste Ablätterungen des Beschichtungsfilmes in

schmalen Streifen auf. Diese Ablätterung verstärkte sich im Laufe der weiteren Bewitterung sukzessive und am Ende des Bewitterungszyklus war ein Großteil der Beschichtung abgewittert.

Die Mustervarianten V4 Alkyd deckend und V5 Hybrid deckend zeigten im Verlauf der künstlichen Bewitterung die geringsten Veränderungen der Oberflächen. Die Variante V6 Alkyd lasierend zeigte eine deutliche Reduktion des Glanzes der Oberflächen. Bei der Mustervariante V7 Acryl lasierend war am Ende des Bewitterungszyklus ein Großteil des Beschichtungsfilmes abgewittert wobei dies jedoch sehr gleichmäßig erfolgte. Die Proben der Variante V8 Hybrid lasierend zeigten im Verlauf der Bewitterung die geringsten Veränderungen der lasierenden Beschichtungssysteme, jedoch mit deutlichem Glanzverlust.

Nach einem Jahr Freilandbewitterung zeigten die unbehandelten Proben (V1) die raschesten Veränderungen bis hin zur Vergrauung der Oberflächen. Durch die Behandlung mit Leinölfirnis (V2) wurde die Vergrauung verzögert, es trat jedoch ein punktförmiger Bewuchs mit Schwärzepilzen auf. Die Mustervariante V3 Standöl deckend zeigte bereits frühzeitig eine stärkere Verschmutzungsneigung durch die Pinselstriche und nach einem Jahr Bewitterung waren, wie in der künstlichen Bewitterung, sehr feine Risse der Beschichtung in Quer- und Längsrichtung des Holzes vorhanden, ohne dass es zu Ablätterungen gekommen ist. An den künstlich verletzten Proben zeigten sich bei den lasierenden Varianten V6, V7 und V8 geringfügige Verfärbungen rund um die Hagelschlagsimulationen.

### 3.3. Stoffflussanalysen

Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Stoffflüsse der deckenden Mustervarianten, die in den künstlichen Bewitterungsversuchen erfasst wurden. Im Beschichtungsprozess kommt es zur Abgabe der gesamten eingesetzten Menge an flüchtigen Bestandteilen (Lösemittel und Wasser) an die Umwelt, wobei sich die untersuchten Varianten hinsichtlich ihrer Lösungsmittelanteile unterschieden. Während der Bewitterung wurde von den eingesetzten Pigmenten Zinkoxid (V3), Titandioxid (V4 und V5) und Eisenoxid (V6 bis V8) lediglich bei der Variante V3 Standöl deckend gleichmäßig und in erheblichen Mengen Zink über die gesamte Exposition abgewaschen. Die Wirkstoffabwaschungen waren in absoluten Werten zwar gering, in anteiliger Betrachtung (in Relation zur Aufbringmenge) jedoch bei den wasserverdünnbaren Modellformulierungen als sehr hoch einzustufen. Positiv aus Umweltsicht ist hingegen festzustellen, dass nach einem sog. *first flash* im Zuge des ersten Abwaschereignisses keine nennenswerte Emission dieser organischen Wirkstoffe mehr erfolgte.

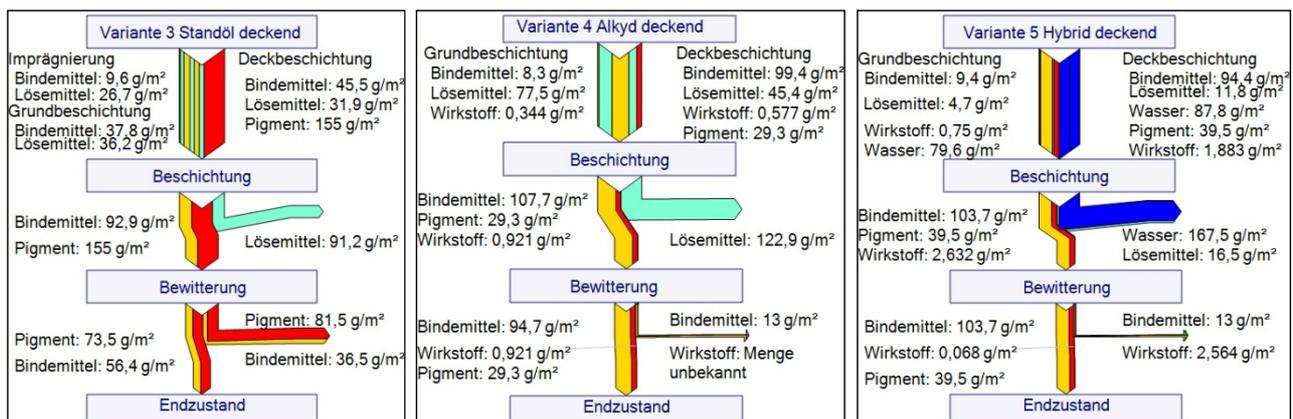


Abbildung 1: Stoffflüsse der deckenden Mustervarianten während der Beschichtung und der künstlichen Bewitterung

### 3.4. Ökotoxikologie

Die Bewertung der Ökotoxizität erfolgte nach UBA Texte 32/00 [13]. Das System V3 Standöl deckend zeigte relevante Ergebnisse hinsichtlich der Ökotoxikologie aufgrund der Auswaschung des Zinkpigmentes über den gesamten Expositionszeitraum. Bei allen anderen Varianten waren hauptsächlich die Wirkstoffabwaschungen zu Beginn der Exposition ökotoxikologisch relevant, danach wurde keine Ökotoxizität der Abwaschwässer mehr festgestellt.

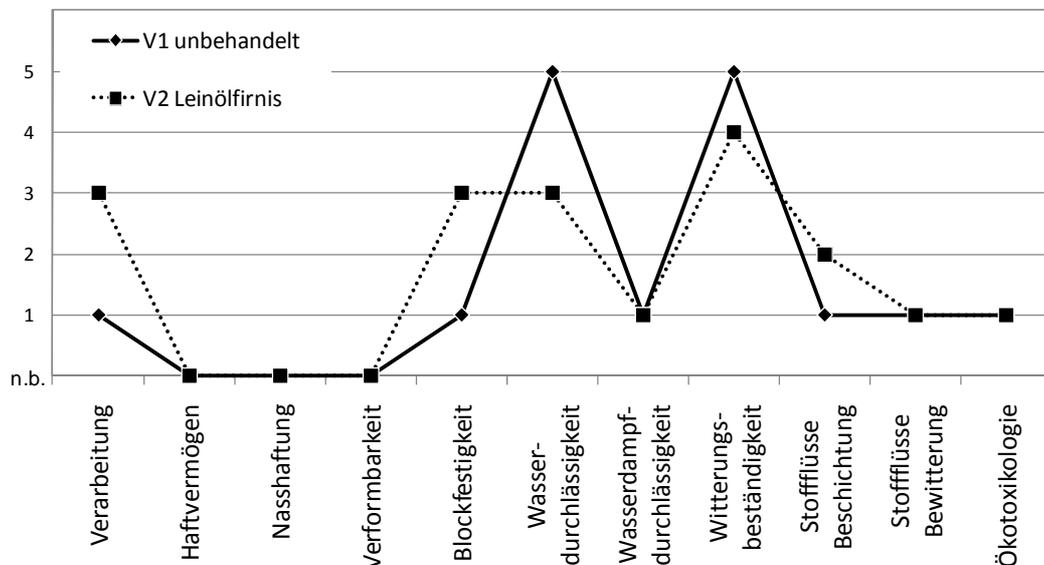


## 4. Diskussion

Aus den untersuchten Kriterien der Funktionstauglichkeit und der ökologischen Eignung können die Vor- und Nachteile bzw. Stärken und Schwächen der betrachteten Beschichtungssysteme abgeleitet werden. Abbildung 2 bis Abbildung 4 zeigen Stärken/Schwächen-Profile der untersuchten Mustervarianten, in denen die gemessenen Kriterien nach dem österreichischen Schulnotensystem von Sehr Gut (1) bis Nicht Genügend (5) beurteilt wurden. In das Kriterium „Verarbeitung“ wurden die notwendigen Arbeitsschritte zur Vorbereitung und Applikation der Beschichtungsprodukte einbezogen.

Die Mustervariante V1 unbehandelt (Abbildung 2) stellt die Variante mit den extremsten Ausprägungen der Eigenschaften dar, wobei insbesondere die hohe Aufnahme von Flüssigwasser und die geringere Witterungsbeständigkeit als negative Eigenschaften hervorstechen. Bei den anderen Varianten, bei denen Beschichtungen angewendet wurden, ergeben sich flachere Stärken/Schwächen-Profile als beim unbehandelten Holz. Im Bezug auf die Kriterien der Umweltverträglichkeit erreichte die Variante V1 unbehandelt erwartungsgemäß die besten Ergebnisse aller untersuchten Mustervarianten.

Die Variante V2 Leinölfirnis (Abbildung 2) zeigte mittelmäßige Ergebnisse bei den technischen Kriterien mit einer hervorstechenden Wasserdampfdurchlässigkeit, jedoch einer relativ geringen Witterungsbeständigkeit. Flüchtige Bestandteile des Leinöls sowie die Zugabe von Terpentinersatz beeinträchtigten die Stoffflüsse bei der Beschichtung, wobei die flüchtigen Bestandteile des Leinöls in Bezug auf deren Ozonbildungspotenzial im Verhältnis zu lösemittelhaltigen Formulierungen als unproblematischer einzustufen sind. Die untersuchten ökologischen Kriterien bei der Bewitterung brachten sehr positive Ergebnisse.



**Abbildung 2:** Stärken/Schwächen-Profile der Mustervarianten V1 unbehandelt und V2 Leinölfirnis (1=sehr gut, 5=nicht genügend)

Abbildung 3 zeigt im Vergleich der deckenden Beschichtungssysteme die Nachteile der aufwändigen Verarbeitung, die geringe Nasshaftung und die geringere Witterungsbeständigkeit der historischen Beschichtungsvariante V3 Standöl gegenüber den moderneren Systemen V4 Alkyd deckend und V5 Hybrid deckend. Positiv hebt sich das System V3 – Standöl deckend jedoch durch eine geringe Durchlässigkeit für flüssiges Wasser und gleichzeitig eine hohe Wasserdampfdurchlässigkeit ab. Das System V4 Alkyd deckend sticht negativ mit der sehr geringen Wasserdampfdurchlässigkeit gegenüber den anderen deckenden Systemen hervor. Bei Beschichtungen auf Holz im Außenbereich wird eine hohe Wasserdampfdurchlässigkeit der Beschichtung als günstig erachtet, um ein rasches Ausdiffundieren von eingedrungener Feuchtigkeit aus dem Holz zu ermöglichen [14, 15, 16]. Hinsichtlich der Stoffflüsse und der Ökotoxikologie kommen bei den verwendeten Beschichtungssystemen der Lösemittelsatz bzw. die Freisetzung von Wirkstoffen oder Pigmenten im Laufe der Bewitterung in etwas unterschiedlichem Ausmaß zu Tragen. Aus ökotoxikologischer

Sicht wird V3 – Standöl vor allem deswegen negativ bewertet, da die Auswaschung von Zink – im Gegensatz zu den organischen Wirkstoffen - kontinuierlich erfolgt und offenbar noch nicht abgeschlossen war.

Abbildung 4 enthält den Vergleich der untersuchten lasierenden Mustervarianten, bei denen die ausgeglichensten Stärken/Schwächen-Profile aus den Ergebnissen der Untersuchungen abgeleitet wurden. Hinsichtlich der technischen Kriterien verhielten sich die drei lasierenden Mustervarianten mit geringen Abweichungen voneinander sehr ähnlich. Bei der Beurteilung der Stoffflüsse während der Beschichtung kam bei der Variante V6 Alkyd lasierend der Lösemitteleinsatz im Produkt wesentlich zu tragen, was einen Nachteil gegenüber den beiden wasserverdünnbaren Varianten darstellt. Hinsichtlich der Stoffflüsse während der Bewitterung und der Ökotoxikologie ergibt jedoch die Abwaschung des Wirkstoffes aus den wasserverdünnbaren Mustervarianten V7 Acryl lasierend und V8 Hybrid lasierend einen negativen Einfluss. Diese Wirkstoffabwaschung wird wesentlich durch die Formulierung des Beschichtungssystems beeinflusst und kann daher – im Gegensatz zu den hier untersuchten Modellformulierungen – durch Optimierungen in der Rezeptur in marktfähigen Produkten deutlich geringer gehalten werden.

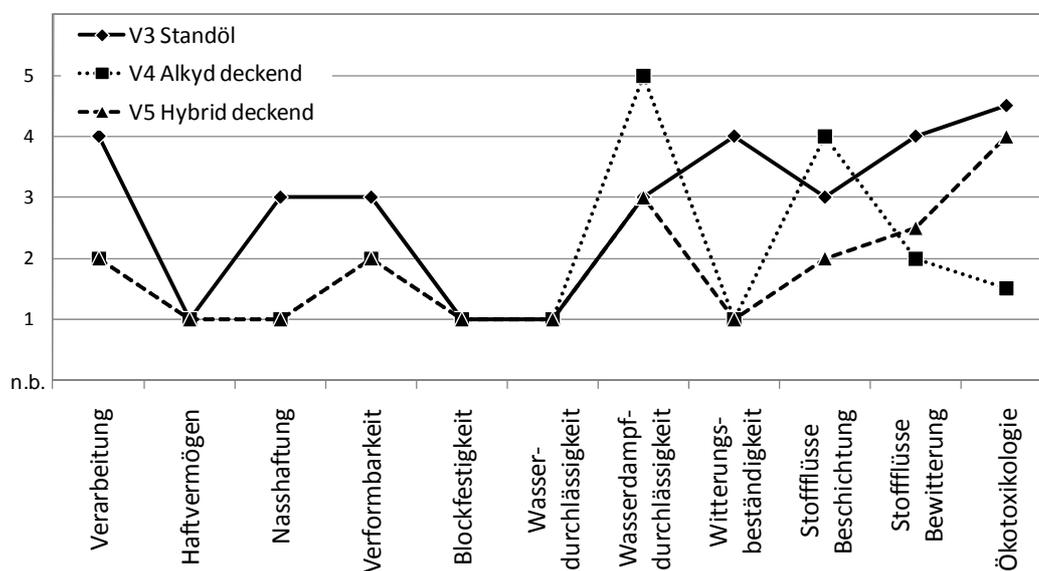


Abbildung 3: Stärken/Schwächen-Profile der deckenden Mustervarianten (1=sehr gut, 5=nicht genügend)

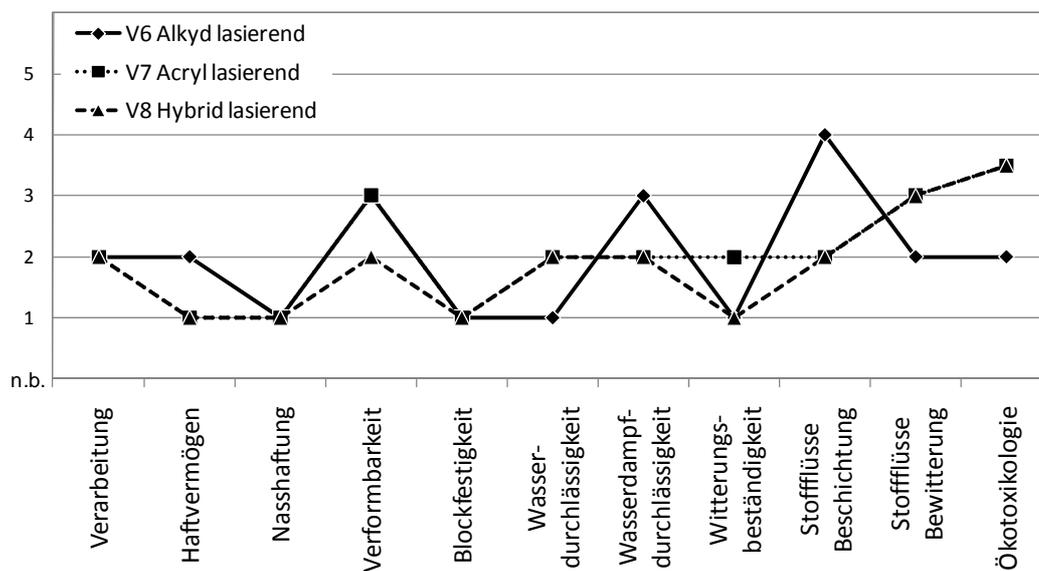


Abbildung 4: Stärken/Schwächen-Profile der lasierenden Mustervarianten (1=sehr gut, 5=nicht genügend)



Die beste Gesamtbeurteilung ist jenen Mustervarianten zuzusprechen, bei denen ein ausgeglichenes Stärken/Schwächen-Profil möglichst weit auf der Seite der positiven Beurteilungsstufen (Stärken) ermittelt wurde. Die Berechnung einer Durchschnittsbeurteilung über die untersuchten Kriterien („Notendurchschnitt“) ist nicht zulässig, da anwendungsspezifisch eine unterschiedliche Gewichtung der untersuchten Kriterien besteht und diese nicht allgemein festgelegt werden kann.

## 5. Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen dieser Arbeit kann geschlossen werden, dass die untersuchten Beschichtungssysteme für Holz im Außenbereich Vor- und Nachteile bzw. Stärken und Schwächen aufweisen, die bei der Anwendung und Auswahl zu berücksichtigen sind. Es kann und soll jedoch keine Rangfolge der untersuchten Systeme erstellt werden. Das günstigste Eigenschaftsprofil, abgeleitet aus den durchgeführten Untersuchungen, kann den wasserverdünnbaren Beschichtungssystemen zugesprochen werden, die hinsichtlich des Bindemittels und des Verdünnungsmittels Wasser den letzten Stand der Technik aus den untersuchten Mustervarianten darstellen. Es konnte damit eine positive Entwicklung hinsichtlich Qualität, Schonung der Umwelt und Ressourcenschonung festgestellt werden. Alle untersuchten Systeme haben ihre Anwendungsberechtigung in der Praxis, jedoch in den dafür vorgesehenen Bereichen. Historische Beschichtungsstoffe sind nur für den Bereich der Denkmalpflege und Restauration zu empfehlen, in denen auch entsprechenden Fachkenntnisse des Handwerkes zur Verfügung stehen. In allen anderen Sanierungsfällen haben modernere Streichprodukte durch ihre einfachere Verarbeitung und die höhere Witterungsbeständigkeit eindeutige Vorteile.

## 6. Danksagung

Diese Arbeit ist ein Auszug der Studie „Variantenstudie Holzfassaden“, die durch das Lebensministerium beauftragt und zur Gänze finanziert wurde. Für die fachgerechte Applikation der historischen Beschichtungsstoffe danken die AutorInnen Herrn Hannes Weissenbach von der Kartause Mauerbach.

## 7. Literatur

- [1] Sell J (2003): Beschichtungen von Holzfassaden - ein Überblick. Tagungsband 23. Holzschutztagung der DGfH, DGfH, München.
- [2] Brunner P H, Rebernick G (2004): Beschichtungsstoffe - Objektschutz und Umweltschutz (BESTO). Wien: Technische Universität Wien.
- [3] BGBl. II Nr. 114 (25.05.2007): Änderung der Chemikalien-Verbotsverordnung 2003. Republik Österreich
- [4] ÖNORM EN ISO 2808 (2007): Beschichtungsstoffe - Bestimmung der Schichtdicke
- [5] ÖNORM C 2350 (2006): Beschichtungsstoffe für Beschichtungen auf maßhaltigen Außenbauteilen aus Holz“
- [6] ÖNORM EN ISO 2409 (2007): Beschichtungsstoffe – Gitterschnittprüfung
- [7] ÖNORM EN ISO 12572 (2002): Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten, Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit
- [8] ÖNORM EN 927-5 (2006): Beschichtungsstoffe - Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für Holz im Außenbereich - Teil 5: Beurteilung der Wasserdurchlässigkeit
- [9] ÖNORM EN 927-6 (2006): Beschichtungsstoffe - Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für Holz im Außenbereich - Teil 6: Künstliche Bewitterung von Holzbeschichtungen mit fluoreszierenden UV-Strahlung und Wasser
- [10] ÖNORM EN ISO 6341 (1996): Bestimmung der akuten Toxizität von Wasserinhaltsstoffen gegenüber *Daphnia magna* STRAUS.
- [11] ÖNORM EN 28692: (2005): Wachstumshemmtest mit der Süßwasseralge *Kirchneriella subcapitata* (ehem. *Selenastrum capricornutum*)

- [12] ÖNORM EN ISO 11348-2 (1999): Leuchtbakterientest: Bestimmung der Hemmwirkung von Abwasser auf die Lichtemission von *Vibrio fischeri*.
- [13] Umweltbundesamt Deutschland, 2001: Ermittlung des ökotoxischen Potentials in Abwaschwässern von mit Holzschutzmitteln behandelten Hölzern – überarbeitete Fassung vom 25.01.2001; AZ.: 93010/18, Berlin
- [14] Hein J T (1998): Holzschutz - Holz und Holzwerkstoffe erhalten und veredeln. 1. Aufl. Tamm: Wegra-Verl. (ROTO-Fachbibliothek, 2).
- [15] Brandstätter M, Neumüller A, Scheibenreiter J, Spätt M, Buchgraber M, Grüll G et al. (2002): Holzfassaden. Wien: Holzforschung Austria.
- [16] Böttcher P (2004): Oberflächenbehandlung von Holz und Holzwerkstoffen. Stuttgart: Ulmer.