

*Veränderung von Nadelholz im Außenbereich in Abhängigkeit
unterschiedlicher mechanischer Oberflächenbearbeitungen*

MASTERARBEIT

Zur Erlangung des akademischen Grades
MSc

Studiengang: Überholz
Studierender: Harald Dannerer, 1375120
Betreuer: DI Helmut Dietrich

Unterschrift des Betreuers:

Linz, am 9. Juli 2015

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit eidesstattlich, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Weiters versichere ich hiermit, dass ich die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungskommission weder im In- noch im Ausland vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

.....
Datum

.....
Unterschrift

Zusammenfassung

Holz im Außenbereich findet viele Verwendungsmöglichkeiten, ob bei Terrassen, Zäunen, Spielgeräte, Möbel, Fassaden und Gartenhäuser. Ob konstruktiv oder dekorativ angewendet, verändert der natürlich gewachsene Rohstoff durch äußere Einflüsse sein Erscheinungsbild und Struktur.

Diese Arbeit hat sich das Ziel gesetzt, den Einfluss auf das Vergrauen von Nadelholz im Außenbereich bezugnehmend auf mechanische Oberflächenbearbeitungen zu erkunden. Sechs verschiedene Oberflächenbearbeitungen wurden an drei Nadelholzarten unter industrieller Fertigungstechnik hergestellt.

Bei der vergleichenden Untersuchung wurde bei einem Bewitterungsversuch in einer Differenzklimakammer eine Bewitterung mit UV-Belastung, Beregnung und Temperaturschwankungen simuliert. Die Musteranordnung in der Differenzklimakammer erfolgte in horizontaler und vertikaler Ausrichtung und wurde dahingehend auch differenziert ausgewertet.

Die Ergebnisse wurden anhand einer visuellen Beurteilung, der Holzfeuchtigkeit und einer Farbmessung im Lab Farbraum ermittelt.

Es wurde festgestellt, dass sich alle drei Holzarten in Abhängigkeit der unterschiedlichen Oberflächenbearbeitungen in der Veränderung durch die Bewitterung unterscheiden.

Schlüsselwörter:

- Vergrauen
- Mechanische Oberflächenbearbeitung
- Holz im Außenbereich
- Holzstruktur
- Nadelholz

Abstract

There is a broad variety of exterior applications of wood such as terraces, fences, play equipment, outdoor furniture, facades and garden sheds. Whether used as a decorative or constructive component, wood as an organic raw material is constantly changing its appearance and surface due to atmospheric influences.

This master thesis is aiming for the explanation of the correlation between a mechanical surface treatment and the weathering of softwood.

The trial has been conducted using three coniferous species surface treated by six different industrial production technologies.

To carry out the comparative analysis the samples has been prepared in a climatic chamber simulating UV-radiation, sprinkling and temperature fluctuations.

In the climatic chamber the samples have been arranged horizontally as well as vertically and have therefore been evaluated separately.

The displayed results are based on a visual assessment, the wood moisture and a color measurement in LAB-colorspace.

It has been detected that the resistance to weather of the analyzed soft wood species are depending on a change in surface treatment.

Key words:

- Weathering
- mechanical surface treatment
- exterior wood applications
- wood structure
- softwood

Danksagung

Dank und Anerkennung gebührt dem Betreuerteam Helmut Dietrich, Karl Torghele, Konrad Merz, Hermann Nenning und Veronika Müller, die durch fachliche Kompetenz und Kritik diese Arbeit und den damit verbundenen Lernprozess entstehen ließen.

Ein Dank geht an meine Studienkollegen Walter Eberl, Markus Frixeder, Norbert Reithofer, Hannes Sampl, Michael Wehinger und Daniel Wirth die mich beim abendlichen Biertrinken durch anregende und amüsante Diskussionen begleitet haben.

Im speziellen bedanke ich mich bei der Serafin Campestrini GmbH welche durch finanzielle Unterstützung und der Offenheit zur Weiterbildung einen großen Beitrag geleistet hat.

Ein Dank geht an meine Familie und den engeren Freundeskreis, welche mich durch das Masterstudium begleitet haben.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Holz - intelligent und multitalentiert	2
1.2. Wald – Forst - Holz: eine einzigartige ökologische Wertschöpfungskette	4
1.3. Holz im Außenbereich	6
1.4. Vergrauen von Holz	7
1.5. Natürliche Dauerhaftigkeit	8
1.6. Mechanische Oberflächenbearbeitung	10
1.6.1. Hobeln	10
1.6.2. Schleifen	10
1.6.3. Bürsten	11
1.6.4. Sägerau und sägerau mit Schritt	12
2. Material und Methode	13
2.1. Holzarten	13
2.1.1. Fichte – Picea abies	13
2.1.2. Tanne – Abies alba	14
2.1.3. Lärche – Larix decidua / Larix sibirica	16
2.2. Bewitterungsversuch	17
2.2.1. Prüfkammer	19
2.2.2. Anordnung	21
2.2.3. Prüfverfahren	23
2.3. Probekörper	25
2.3.1. Industrielle Herstellung	25
2.3.2. Dimensionen	27
2.3.3. Konstruktion	28
2.3.4. Holzqualität	31
2.4. Dokumentation	31
3. Ergebnisse	34
3.1. Allgemeine Veränderung	34
3.2. Veränderung der Holzfeuchtigkeit	36

3.2.1.	Veränderung der Holzfeuchtigkeit - Holzart	37
3.2.2.	Veränderung der Holzfeuchtigkeit - Oberflächenbearbeitung	38
3.3.	Veränderung der Farbe	41
3.3.1.	Veränderung der Farbe - Holzart	41
3.3.2.	Veränderung der Farbe - Oberflächenbearbeitung	45
3.4.	Veränderung der Oberfläche	51
3.4.1.	Veränderung der Oberfläche - Holzart	51
3.4.2.	Veränderung der Oberfläche - Oberflächenbearbeitung	53
4.	Schlussfolgerung und Ausblick	58
	Abbildungsverzeichnis	61
	Tabellenverzeichnis	63
	Literaturverzeichnis	65
	Anhang	1
	Anhang A	1
	Anhang B	4
	Anhang C	12
	Anhang D	15
	Anhang E	18
	Anhang F	28

1. Einleitung

Ein verändertes Umweltbewusstsein verbunden mit höheren Anforderungen an Nachhaltigkeit im Umgang mit Holz gewinnt immer mehr an Bedeutung. Die Verwendung von Holz als Baumaterial trägt in vielen Fällen positiv zur CO₂-Bilanzierung von Bauprojekten bei. (Andritschke, S.(2012) S.7)

Der inhomogene und natürlich gewachsene Rohstoff Holz zeigt durch Unregelmäßigkeiten und materialspezifische Merkmale seine Echtheit. Äste, Jahrringe, Farbe, Einwüchse, Harzgallen und die Maserung unterscheiden sich von Brett zu Brett und haben eine natürliche Unregelmäßigkeit, die sich von forstwirtschaftlichen Faktoren wie Standort, Wuchsgebiet und Höhenlage ableiten lassen.

Während der Verwendung von Holz ist es unterschiedlichen Einflüssen ausgesetzt, welche eine Veränderung herbeiführen. Holz unterliegt im Außenbereich einem Abbauprozess, welcher dem natürlichen Kreislauf entspricht. In seiner natürlichen Dauerhaftigkeit ist Holz in seiner Anwendung eingeschränkt. Unter konstruktivem Holzschutz werden Maßnahmen verstanden, die das Holz vor dauernder Belastung durch Feuchtigkeit und Insektenbefall schützen. Der Grundgedanke dieses Holzschutzes geht davon aus, dass bei trockenem Holz kein Befall von holzerstörenden Pilzen möglich ist. Beim Holz führt die Einwirkung von UV-Licht zu einem Abbau, Risse bilden sich und führen zu einer Verminderung der Festigkeit. Bei anhaltender Bewitterung vergrößern sich die Risse. Durch den Niederschlag werden wasserlösliche Abbauprodukte ausgewaschen. Bei periodischer Durchfeuchtung kann die Holzoberfläche durch Pilze besiedelt werden, welche dann für die eigentliche Vergrauung von Holz im Außenbereich verantwortlich sind. (Schnabel, T.(2009) S.32f)

Die Ästhetik einer Holzoberfläche wird oft in seiner Gleichheit als ansprechend empfunden. Verfärbungen und Unregelmäßigkeiten in Farbe und Struktur wirken fleckig und werden oftmals als nicht ansehnlich gewertet. Gerade der konstruktive Holzschutz führt zu Verfärbungen, da dieser durch Vorsprünge oder Überdeckungen die zu schützenden Bauteile überragt und eine direkte Bewitterung verhindert. Fachliteratur, welche sich mit Holz im Außenbereich beschäftigt, empfiehlt ganz konsequent den konstruktiven Holzschutz um eine möglichst lange Lebensdauer der Holzkonstruktion zu erreichen.

Diese Masterarbeit beschäftigt sich nicht mit dem konstruktiven Holzschutz. Es soll herausgefunden werden, ob Nadelhölzer im Außenbereich in Abhängigkeit einer mechanischen Oberflächenbearbeitung sich unterschiedlich schnell verfärben und ob es eine visuell wahrnehmbare Änderung der Oberfläche gibt. Es werden chemisch unbehandelte Muster von Fichte, Tanne und sibirischer Lärche unter gleichen Bedingungen hergestellt und geprüft. Darüber hinaus wird auch eine unterschiedliche Anordnung zwischen vertikal und horizontal vergleichend getestet.

Um eine Veränderung in kurzer Zeit an Probenkörper feststellen zu können, wurde ein Bewitterungsversuch in einer Differenzklimakammer durchgeführt.

Vor und nach dem Bewitterungsversuch gibt es eine genaue Dokumentation der Muster, dadurch kann eine Aussage über eine Veränderung getroffen werden.

Die Beurteilung der Veränderung erfolgt anhand von drei Parameter, die gemessen oder subjektiv beurteilt werden. Die Holzfeuchtigkeit und die Farbe können mit technischen Hilfsmitteln gemessen werden und haben beim Ergebnis einen Zahlenwert. Die Veränderungen von Struktur und Oberfläche unterliegen einer subjektiven Beurteilung, die vor und nach der Bewitterung anhand einer Vorlagentabelle visuell bewertet wird.

In dieser praktisch orientierten Masterarbeit wurde großer Wert auf den Bezug zur Praxisnähe gelegt.

Die Erkenntnisse dieser Arbeit können für Fachplaner, Bauherren, Produzenten und Verarbeiter von Interesse sein, da sich Nadelholz im unbehandelten Zustand im Außenbereich unter dem Einfluss von Bewitterung hinsichtlich Farbe, Struktur und Oberflächenbeschaffenheit verändert.

In dieser wissenschaftlichen Arbeit wird die Veränderung von drei Nadelhölzern im Außenbereich in Abhängigkeit von sechs verschiedenen mechanischen Oberflächenbearbeitungen dargestellt.

1.1. Holz - intelligent und multitalentiert

Holz ist nachwachsende Solarenergie

Holz kann mit Recht als Multitalent zwischen Natur und Technik bezeichnet werden. Die Photosynthese ermöglicht die Materialisierung der Sonnenenergie. Die Pflanzen bilden so neue Biomasse und damit auch Holz und generieren gleichzeitig Sauerstoff. Dies ist die unabdingbare Voraussetzung für menschliches und tierisches Leben auf der Erde.

Holz ist Kohlenstoffspeicher

Etwa 50 Prozent der Holzmasse ist Kohlenstoff, der durch die Aufnahme des Treibhausgases Kohlendioxid im Holz in unterschiedlichen Verbindungen speichert. Die verschiedenen chemischen Zusammensetzungen dieser Kohlenstoffverbindungen und der unterschiedliche strukturelle Aufbau von Tausenden von Holzarten stellen ein unerschöpfliches natürliches Rohstoffreservoir und ein enormes Potential für eine breitgefächerte Produktpalette dar.

Holz ist Universalbaustoff

Holz besitzt aufgrund seines Aufbaus aus Zellen mit spezialisierten Zellwandarchitekturen Holzraumstrukturen, die je nach Holzart unterschiedlich ausgeformt sind. Das bietet ideale Voraussetzungen für den vielfältigen Einsatz als Baustoff, der bei geringer Dichte (200 –

1200 Kilogramm/Kubikmeter) enorme Festigkeiten zeigt, die auf die Masse bezogen höher sind als die von Stahl.

Holz ist Werkstoff

Aus Holzteilen oder Holzpartikeln unterschiedlicher Form und Dimension (vom Brett bis zur Faser) entstehen durch Zusammenfügen mit geeigneten Klebstoffen unterschiedlichste Holzwerkstoffe mit spezialisierten Eigenschaften für verschiedene Einsatzgebiete im Bauwesen und in der Möbelherstellung, aber auch für konstruktive und dekorative Zwecke. Beispiele sind Spannplatten, Faserplatten und Sperrhölzer in unterschiedlichen Ausführungen, sowie Furnier- und Brettschichtholz. Um nur einige aus der großen Vielfalt zu nennen

Holz ist Rohstoff für die Papierherstellung

Holz ist seit Mitte des 19. Jahrhunderts auch Papierrohstoff, wobei wiederum der strukturelle und chemische Aufbau des Materials genutzt wird. Mithilfe technischer Verfahren wird das Holz zerkleinert und der Verholzungsstoff Lignin entfernt. Anschließend entstehen aus den Holzfasern durch geeignete Aufschlussverfahren die Papierfasern.

Holz ist Chemierohstoff

Die chemischen Komponenten des Holzes lassen sich nach ihrer Isolierung und/oder nach speziellen Umwandlungsprozessen in eine fast unüberschaubar große Zahl von Chemikalien und chemisch basierten Materialien konvertieren. Viskosefasern aus Buchenholz-Zellulose als moderne Textilfasern oder Zuckeralkohole aus Birkenholz-Polysacchariden als Süßstoff sind Beispiele dafür. Die chemische Industrie und die neue Wissenschafts- und Technikdisziplin des >Biorefinery< werden langfristig dazu führen, dass Stoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe alle erdölbasierten Produkte ersetzen können.

Holz ist Energieträger

Schon lange nutzen die Menschen auf vielfältige Weise die im Holz gespeicherte Sonnenenergie als Gebrauchsenergie. Heute lässt sich Energie neben den traditionellen Formen des Brennholzes und der Holzkohle, die weltweit eine meist unterschätzte Rolle spielen, auch aus Nebenprodukten der Holzwirtschaft gewinnen. Pellets, Briketts und Holzhackschnitzel, die sowohl in Kleinanlagen als auch in Heiz- und Heizkraftwerken auf Holz- oder Biomassebasis zum Einsatz kommen sind Beispiele dafür. Energieholz aus Energieplantagen erweitern zunehmend das Portfolio einer forst- und holzbasierten Energiewirtschaft.

Die skizzierten Fakten belegen: Holz ist ein zukunftsfähiger und multitalentierter nachwachsender Rohstoff, den uns die Natur produziert, die Forstwirtschaft zur Verfügung stellt und die Holz- und Papierwirtschaft sowie die chemische Industrie mittels geeigneter Techniken und Technologien in Produkte umwandeln, die dem Wohlstand der Menschen dienen

(Kaufmann, H. (2012) S.14f)

1.2. Wald – Forst - Holz: eine einzigartige ökologische Wertschöpfungskette

Produktionsstätte und Ökosystem Wald

Holz nimmt gegenüber allen anderen Rohstoffen eine besondere Stellung ein. Es ist nicht nur nachwachsender Rohstoff und Energieträger, sondern auch ein Teil des Ökosystems Wald, das in seiner Gesamtheit von unersetzbarem Wert ist.

Bäume wachsen und produzieren den Naturstoff Holz, indem sie durch Photosynthese Kohlendioxid und Wasser mithilfe der Sonnenenergie in chemisch gebundene Energie umwandeln. Sie bauen die chemischen Komponenten der Zellwände – Zellulose, Polyosen und Lignin – auf, aber auch begleitende Extraktstoffe, die zum Beispiel Farbe, Geruch oder die natürliche Dauerhaftigkeit von Holzarten bestimmen. Wälder sind also Speicher für Kohlenstoff und Energie, sowie Ressource für den Baustoff Holz.

Vom Baum zum Rohstoff

Die Bewirtschaftung des Waldes durch die Forstwirtschaft macht ihn zum Wirtschaftsfaktor. Je nach Waldtyp, Bewirtschaftungsweise und Produktionszielen erwirtschaften Waldbesitzer durchschnittlich bis zu 90 Prozent ihres Einkommens mit Erlösen aus der Holznutzung. Der gesamte Holzeinschlag in der Europäischen Union von 420 Millionen Kubikmetern entspricht einem Wert von etwa 15 Milliarden Euro. Damit im Zusammenhang stehen die Arbeitsplätze und Einkommen aller Beschäftigten in der Forstwirtschaft und den damit verbundenen Branchen (Einschlags- und Fuhrunternehmen, Fahrzeug- und Maschinenhersteller etc.). In Bayern beispielsweise sind in diesem Sektor mit circa 200 000 Erwerbstätigen ebenso viele Menschen beschäftigt wie im Maschinen- oder Fahrzeugbau.

Nur die nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder durch Holznutzung sichert ihre Senkwirkung bezüglich Kohlendioxid. Die Bereitstellung des Materials Holz durch die Forstwirtschaft nimmt äußerst wenig Energie in Anspruch. Sie liegt bei maximal 5 Prozent der in Form des Heizwerts im Holz gespeicherten Energie. Dies begründet sich unter anderem durch die in der Regel kurzen Transportwege und die optimierte Logistik.

Vom Rohstoff zu den Produkten

Die nachgelagerte Holz – und Papierwirtschaft be- und verarbeitet das Holz zu Halbfertig- und Fertigprodukten, die sie dann dem Markt zur Verfügung stellt. Die von klein- und mittelständischen Betrieben dominierte Branche ist so vielfältig wie ihre Produktpalette. Produziert wird fast ausschließlich im ländlichen Raum und in Familienunternehmen, wodurch der Bereich besonders stark in die regionalen Wirtschaftsstrukturen eingebunden ist. Dazu gehören Sägewerke, Holzwerkstoffindustrie, Zellstoff- und Papierindustrie (mit nachgelagertem Druck- und Verlagsgewerbe) und Möbelindustrie, ebenso wie das Zimmerer- und Holzbaugewerbe, Fenster- und Fassadenbau, Parkett-, Paletten- und Packmittelhersteller, Furnier-

werke, Schreiner- und Möbelhandwerk, Energieproduzenten bis hin zu Herstellern von Holzbearbeitungsmaschinen und der Holzhandel.

Schnittholz und die daraus produzierten verklebten Bauprodukte, zum Beispiel Brettschichtholz, erfordern ebenso wie die große Palette an plattenförmigen Holzwerkstoffen, beispielsweise Span- und Faserplatten, zur Herstellung sehr wenig Energie im Vergleich zu Konkurrenzmaterialien wie Stein, Ziegel, Beton oder Stahl. Holzwerkstoffe bestehen zudem zu großen Anteilen aus Holzreststoffen der Holzindustrie. Geringer Energieaufwand und energetische Nutzung von Reststoffen bedeuten auch Einsparung von fossilen Kohlendioxidemissionen. Holz und holzbasierte Produkte verlangen darüber hinaus den Kohlenstoff und die gespeicherte Energie vom Wald in Gebäude, wo sie über 30 bis 100 Jahre gebunden bleiben. Durch diese langfristige Nutzung wächst der klimawirksame Kohlenstoff- und Energiespeicher in Form von Holzbauten stetig

Substitutionspotential

Im Vergleich zur Nutzung von Produkten aus nicht nachwachsenden oder fossilen Rohstoffen, die aktuell kein Kohlendioxid binden (zum Beispiel Stahl, Aluminium, Beton, Kunststoffe) und bei ihrer Produktion und späteren Entsorgung überschüssiges Kohlendioxid erzeugen, lassen sich durch den Einsatz von Holz und Holzprodukten große Mengen an Energie und Kohlendioxidemissionen einsparen. Holzverwendung bedeutet also geringen Energieverbrauch und damit aktiven Klimaschutz.

Klimaschutzeffekte am Ende des Lebenszyklus

Holz ist als natürlicher Baustoff in einen Kreislauf eingebunden, der nicht nur während der Herstellung von Produkten durch qualifizierte Nutzung der Neben- und Reststoffe, sondern auch am Ende des Lebenszyklus verschiedene Optionen bietet. So lässt sich zum Beispiel ein Balken wiederverwenden oder aus seinem Holz ein neuer Holzwerkstoff, ein Holzdämmstoff oder ein Energieträger gewinnen. Das aus der Nutzung ausscheidende Produkt wird dadurch zu einem Sekundärrohstoff.

Grundsätzlich können alle gebrauchten Holzprodukte und Materialien in geeigneter technischer Weise nach den geltenden Vorschriften energetisch genutzt werden. So lassen sich beispielsweise am Ende der Nutzungsdauer des hölzernen Expo-Dachs in Hannover die darin verarbeiteten 5200 Kubikmeter Holz und Holzprodukte nach einem vergleichsweise energiearmen Rückbau in eine Energiemenge umsetzen, die dem Jahresbedarf an Heizenergie von 1600 Einfamilienhäusern entspricht. Letztlich ist Holz auch biologisch abbaubar, etwa durch Kompostierung, wodurch sich der natürliche Stoffkreislauf zwar schließt, der mögliche Energiegewinn und die Kohlendioxideinsparung jedoch nicht genutzt werden. Energiebilanzen für Produkte und Gebäude aus Holz belegen, dass es über den gesamten Lebenszyklus (Herstellung, Nutzung, Instandhaltung, Entsorgung) gelingen kann, für die Herstellung weniger Energie, als aus den Reststoffen der Produktion und dem Recyclingpo-

tential des Produkts am Ende des Lebenszyklus wiedergewonnen wird. Die Fachsprache bezeichnet das als Plusenergie. Kein anderer Baustoff weist eine so umfassende Energieeffizienz und damit Klimawirksamkeit auf wie Holz. (Kaufmann, H. (2012) S.15f)

1.3. Holz im Außenbereich

Unbehandeltes Holz im Außenbereich, welches der Sonne und dem Regen ausgesetzt ist, ändert mit der Zeit seine Farbe und Struktur. Biologische, photochemische und physikalische Vorgänge verändern dabei die chemische Zusammensetzung an der Holzoberfläche. In ungünstigen Fällen kann auch eine tiefgründige Durchfeuchtung stattfinden, die in Folge durch holzerstörende Pilze zu Fäule führen kann. Bei Holzfassaden, die gut belüftet sind und eine große Oberfläche haben, spielen meist nur die oberflächlichen Veränderungen des Erscheinungsbildes eine Rolle. Durch einwandfreie baulich-konstruktive Gestaltung wird die technische Funktionstüchtigkeit nicht beeinträchtigt.

Wird Holz dem Sonnenlicht ausgesetzt, dann erfolgt ein Abbau der Holzoberfläche. Der Abbau von Lignin führt zu einer Holzvergilbung und mit der Zeit zu mehr oder weniger tiefer Braunfärbung. (proHolz, (2001) S.22)

Eine technologisch relevante Eigenschaft von Lignin ist die Empfindlichkeit gegenüber photochemischen Reaktionen. Durch die energiereichen UV-Komponenten des Lichtes, wird durch Sonneneinstrahlung auf ungeschützte Holzoberflächen das Lignin herausgelöst. Durch äußere Witterungseinflüsse wie Wind und Regen, werden die photochemischen Spaltprodukte fortgetragen und die Oberfläche beginnt zu vergrauen. (Wagenführer, A. (2008) S.63) Der Frühholzbereich wird im Anfangsstadium stärker als der Spätholzbereich beansprucht, dadurch erodiert das Holz unterschiedlich. (Schnabel, T.(2009) S.33)

Zurück an der Oberfläche bleibt die silbrig-weiße Cellulose, welche viel lichtbeständiger ist. Zusätzlich besiedeln durch Tau und Regen dunkelfärbige Schimmelpilze (Bläue- bzw. Vergrauungspilze) die Oberfläche. Nach einigen Monaten bis wenige Jahre, wird das Holz grau bis schwarz verfärbt. Diese Verfärbungen und die zugleich einsetzende oberflächliche Erosionen der durch die Sonneneinstrahlung geschwächten Oberfläche verlaufen nicht immer gleichmäßig. Je nach äußeren Einflussbedingungen verändert sich die Holzfassade recht ungleichmäßig. Vertikale Holzflächen verwittern viel langsamer als geneigte oder gar horizontal angeordnete Flächen. Schützende Elemente wie Vordächer oder Fassadenvorsprünge reduzieren die Wetterbeanspruchung wesentlich und führen zu ungleichmäßiger Verfärbung. Relativ gering ist der Einfluss der Holzart auf die Oberflächenverwitterung, da alle Hölzer unter Wetterbeanspruchung auf ähnliche Weise verwittern. (proHolz, (2001) S.22f)

Die Exposition von Gebäuden spiegelt an den Himmelsrichtungen eine unterschiedlich starke Beanspruchung, welche von geografischer Lage und den örtlichen Gegebenheiten ab-

hängig sind. Gewöhnlich sind die Süd- und Westseite am stärksten belastet, die von intensiver UV-Belastung, starken Feuchtigkeitsschwankungen, schnellem Aufheizen und Abkühlen und intensiver Niederschlagsbelastung charakterisiert werden. Die Nordseite weist eine geringere Temperaturschwankung, UV-Belastung und Feuchtigkeitsschwankung im Gegensatz zu den anderen drei Himmelsrichtungen auf.

1.4. Vergrauen von Holz

Chemische Zusammensetzung

Die Hauptbestandteile von Holz sind Cellulose, Hemicellulose und Lignin. Zusätzlich enthält Holz noch Holzinhaltsstoffe. Das tragende Gerüst der Holzzelle bildet die Cellulose (auch Zellstoff genannt) mit einem Anteil von 42 bis 51%. Aus chemischer Sicht, handelt es sich dabei um langkettige Kohlehydrate. Mit 24 bis 40% Beteiligung an der Holzzelle gehört die Hemicellulose zur chemisch gleichen Stoffklasse wie die Cellulose. Die Hemicellulose besteht aus teilweise verzweigten und verknüpften Zuckereinheiten, welche eine deutlich kürzere Kettenlänge als die Cellulose aufweisen.

Die für die Verholzung maßgeblich aussteifende Kittsubstanz im Zellgefüge ist das Lignin, welches einen Anteil von 18 bis 30% hat. Je nach Holzart (Nadelholz oder Laubholz) variiert der Ligningrundbaustein in seinem chemischen Aufbau. Erst die räumliche Vernetzung dieser Molekülbausteine bildet das eigentliche Lignin. Je nach Holzart sind die prozentuellen Anteile der Cellulose, der Hemicellulose und des Lignins unterschiedlich.

Mit bis zu 10% liegen Holzinhaltsstoffe mit einem deutlich geringeren Anteil vor, zu denen Fette, Harze, Gerbsäuren und Mineralien zählen. (Tretter, A. (2012) S.12f)

Organische und anorganische Inhaltsstoffe beeinflussen wesentlich die Gebrauchseigenschaften des Holzes. Farbe, Abriebfestigkeit, Bearbeitbarkeit und Dauerhaftigkeit hängen ganz wesentlich von den begleitenden Holzinhaltsstoffen ab. (Wagenführer, A. (2008) S. 48)

Der Werkstoff Holz ähnelt bildhaft der Stahlbetonstruktur. Als „Bewehrung“ nimmt die Cellulose die Zugkräfte auf, während Lignin in seiner Druckfestigkeit die Rolle des Betons einnimmt (Tretter, A. (2012) S.12f)

Als natürliche Dauerhaftigkeit wird die natürliche Widerstandsfähigkeit einer ungeschützten Holzart gegen den Befall durch holzerstörende Organismen bezeichnet. Verantwortlich dafür sind hauptsächlich spezifische Holzinhaltstoffe. Der Grad der natürlichen Dauerhaftigkeit von Holzarten gegenüber holzerstörenden Pilzen wird durch eine Einteilung in Klassen angegeben und kann zwischen sehr dauerhaft (Klasse 1) und nicht dauerhaft (Klasse 5) variieren. Diese Klassen sind nicht als Absolutwerte, die in Jahreszahlen angegeben werden können, anzusehen, sondern entsprechen einer vergleichenden Einstufung, d.h. die Gebrauchsdauer von Holzarten gleicher Dauerhaftigkeitsklasse ist ähnlich.

Dieses Klassifikationssystem gibt einen Hinweis auf die Standdauer von Holz in Erdkontakt und bezieht sich auf das Kernholz. Das Splintholz aller Holzarten ist als nicht dauerhaft einzustufen. Soweit Holz außerhalb des Erdkontaktes benutzt wird, wie dies bei einer Holzfasade der Fall ist, können diese Gebrauchsbedingungen zu einer höheren Gebrauchsdauer führen (proHolz, (2006b) S.20f)

Tabelle 1: Klassifikation der natürlichen Dauerhaftigkeit gegen holzerstörende Pilze (lt. ÖNORM EN 350-2)

Dauerhaftigkeitsklasse	Beschreibung
1	Sehr dauerhaft
2	Dauerhaft
3	Mäßig dauerhaft
4	Wenig dauerhaft
5	Nicht dauerhaft

1.6. Mechanische Oberflächenbearbeitung

1.6.1. Hobeln

Hobeln, ein Bearbeitungsverfahren mit rotierendem Werkzeug wurde übertragen vom ursprünglichen und linearen Handhobeln. Die Bearbeitung erfolgt längs zur Faser und wird grundsätzlich im Gegenlauf hergestellt. Die geometrisch definierten Schneiden ergeben eine spanabtragende Oberflächenbearbeitung.

Die Probekörper wurden auf einer Weinig-Hobelanlage mit Hydro-Technik hergestellt. Dabei wird der Hobelkopf im Bereich seiner Aufnahmebohrung mit Kammern ausgestattet, welche mit Öl oder Fett befüllt werden. Die Rundlaufgenauigkeit wird dadurch verbessert, dass das Öl oder Fett unter Druck gestellt wird und sich die Bohrungswand über den gesamten Umfang radial ausdehnt und das notwendige Spiel für die Montage zwischen Welle und Bohrung kompensiert. Um weitere Rundlaufabweichungen zu minimieren werden die Hobelköpfe gejointed. Dabei wird der Hobelkopf in Arbeitsposition und auf Betriebsdrehzahl gebracht. Über eine Jointvorrichtung wird der Jointstein zugeführt, der alle Messer in einen nahezu absoluten Rundlauf bringt. (Wagenführer, A. (2008) S.315ff)

Die fertig gehobelte Fläche ist sehr glatt und je nach Holzart kann diese glänzen. Glänzende Stellen fallen vor allem rund um Äste und bei Druckholz auf.

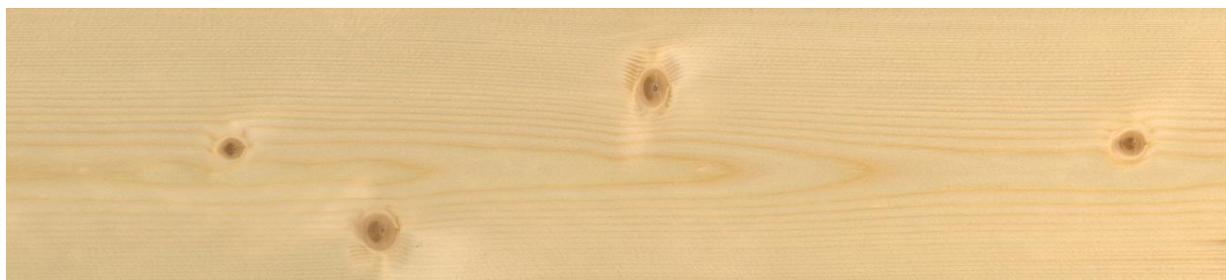


Abbildung 2: Fichte gehobelt

1.6.2. Schleifen

Im Gegensatz zu spanabtragenden Oberflächenbearbeitungen mit geometrisch definierten Schneiden ist beim Schleifen eine Vielzahl von Schneideeingriffen, die einen erhöhten Anteil an Reibung und Verformungsarbeit leisten, nötig. Die beim Schleifband aufgebrachten Schleifkörner, welche durch Bindemittel am Trägerband gehalten werden, sind unterschiedlich erhaben. Nur die besonders vorstehenden Schleifkörner bzw. die Schleifkornoberfläche dringen beim Schleifen in das Werkstück ein und bewirken eine Materialzerspanung.

Bei der Erstellung der Probekörper wurde eine Breitbandschleifmaschine vom Hersteller Heesemann vom Typ MFA 6 verwendet. Es wurde ein Kalibrierschliff mit einer zylindrischen

Kontaktwalze mit Schleifpapier von Hersteller Mirka vom Typ Jepuflex Plus mit Körnung P60 verwendet. Die Probekörper wurden mit mechanischem Vorschub auf einem Gummiband durch die Maschine geführt und längs zur Faser bearbeitet.

Die Oberfläche ist nach der Bearbeitung gleichmäßig matt und eine leichte Struktur ist spürbar.

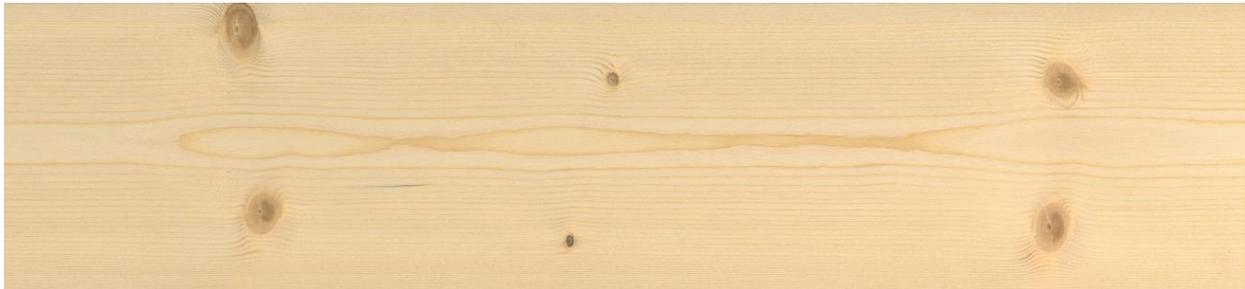


Abbildung 3: Fichte geschliffen

1.6.3. Bürsten

Durch rotierende Bürsten wird bei dieser maschinellen Oberflächenbearbeitung das Frühholz, der weiche Jahrring, herausgearbeitet. Das Spätholz, der harte Jahrring, bleibt reliefartig stehen. (König, F. (1998) S.126)

Der Bürstvorgang wurde mit einer Löwer Bürstmaschine vom Typ S1 500 durchgeführt. Gebürstet wurde mit einer zylindrischen Nylonbürste mit einer Körnung 60.

Durch den Bürstvorgang wird die natürliche Holzmaserung zusätzlich hervorgehoben.



Abbildung 4: Fichte gehobelt und gebürstet

1.6.4. Sägerau und sägerau mit Schritt

Bei der sägerauen Oberfläche werden mit mehrschneidigen Werkzeugen die Werkstücke aufgetrennt. (Wagenführer, A. (2008) S.299) Die Herstellung der Probekörper erfolgte auf einer Bandsäge vom Hersteller Waco vom Typ BKL Twin. Die Bandsäge hat ein endloses Sägeband welches die Schnittfuge zerspant. (Nutsch, W. (2007) S.293) Bei der sägerauen Oberfläche ist das Sägeblatt gleichmäßig geschränkt und ergibt dadurch eine gleichbleibende Sägestruktur. Die Oberfläche sägerau mit Schritt unterscheidet sich durch eine unterschiedliche Schränkung der Sägezähne. Der weiter vom Sägeband abstehende Sägezahn hinterlässt eine tiefere Sägeschnittspur als der normal geschränkte Sägeblattzahn. Beim Schnittmuster entsteht dabei eine wiederkehrende unterschiedlich tiefe Sägestruktur, welche wesentlich stärker auffällig ist. Die Oberfläche hat viele kleine abstehende Holzfasern, die Oberfläche wirkt leicht wollig.



Abbildung 5: Fichte sägerau



Abbildung 6: Fichte sägerau mit Schritt

2. Material und Methode

2.1. Holzarten

2.1.1. Fichte – *Picea abies*

Der große Baum erreicht Höhen zwischen 30 und 55 m, vereinzelt bis 60 m, wobei die astfreie Stammlänge bis 30 m und der Durchmesser bis 1,5 m betragen können. Die Rinde ist in der Jugend rotbraun (daher „Rottanne“), die Borke später dünn, rötlichgrau und blättert in dünnen Schuppen ab. Die Nadeln sind zugespitzt, auf kleinen Nadelkissen sitzend. Die Zapfen hängen an den Zweigen und fallen nach Samenreife als Ganzes ab. (proHolz, (2006a) S.46)

Kulturgeschichtliches

Die anspruchslose, aber produktive Fichte rettete die Forstwirtschaft, die nach dem noch im 18. Jahrhundert vorherrschenden Raubbau erwachte, durch ihre Vorteile bei der Aufforstung kahler Flächen, über die folgenden zwei Jahrhunderte. Die verbreitete Baumart liefert fast das gesamte Bauholz, dient aber ebenso als viel geschätzter Weihnachtsbaum. Keine andere weist eine ähnlich große Vielfalt bei der Verwendung auf: von der robusten Transportpalette über das Schalungsmaterial im Betonbau bis zu weit gespannten und eleganten Holzkonstruktionen reicht das Spektrum. Gekrönt wird die breite Leistungsfähigkeit durch exklusives, feinjähriges Resonanzholz, das zu Klangböden von Klavieren und Decken von Saiteninstrumenten verarbeitet wird. (proHolz, (2006a) S.46)

Allgemeines

Mit einem Anteil von ca. 60 % am österreichischen Ertragswald ist die Fichte die wichtigste heimische Baumart. Diese Dominanz verleiht manche dazu, die vielfältigen Qualitäten zu übersehen. Die Stämme sind zylindrisch und auffallend geradschäftig, neigen allerdings zu Drehwuchs. Fichten können bis 600 Jahre alt werden. Geerntet werden sie in der Regel mit 80 bis 120 Jahren. Oft wurde an der Fichte die „Monokultur“ kritisiert, was aber für die Forstbewirtschaftung in Österreich heute nicht mehr stimmt. (proHolz, (2006a) S.46)

Holzcharakteristik

Die Jahrringgrenze wird durch das abschließende dunkle Spätholz und das im neuen Jahrring beginnende helle Frühholz deutlich markiert, was dem Holz einen dekorativen Charakter verleiht. Durch Alter, Standort und Kulturmaßnahmen können Jahrringbreiten und Spätholzanteile stark variieren, der Spätholzanteil beträgt aber höchstens ein Viertel der Jahrringbreite. Vor allem bei alten Bäumen aus Hochlagen kann sie über weite Teile des Querschnitts

geringer als 1mm sein. Als „Haselwuchs“ tritt vereinzelt ein feinwelliger Faserverlauf auf, der als „Haselfichte“ gesucht ist. Farbe und Struktur werden durch die Jahrringbreite und das Früh- und Spätholz bestimmt. Frisch gehobeltes Holz ist fast weiß und matt glänzend, da das helle Frühholz überwiegt. Spätholz ist gelblich- bis rötlichbraun. Die fast weiße Grundfarbe neigt unter Lichteinfluss zum Vergilben, später entwickelt sich ein honigbraungelber Farbton. (proHolz, (2006a) S.46)

Eigenschaften

Fichtenholz ist leicht (Darrgewicht 410kg/m^3) und weich (Brinellhärte 12N/mm^2). Die Angleichgeschwindigkeit der Holzfeuchte an das Umgebungsklima ist eher langsam, das Stehvermögen gut. Allgemein gilt sie als mäßig schwindend. Fichte ist leicht zu bearbeiten, gut zu schälen und zu messern, sofern Anzahl und Größe der Äste gering sind. Die Trocknung verläuft schnell und problemlos, bei sehr scharfer Trocknung können feine Risse und lockere Äste auftreten. Bei der Oberflächenbehandlung sind keine Probleme bekannt. Harztaschen sind vorher auszubessern. Fichte wird in die Dauerhaftigkeitsklasse 4 eingestuft, für Anobien und Hausbockbefall ist sowohl Splint- als auch Kernholz anfällig. Die Tränk- oder Imprägnierbarkeit von trockenem Fichtenholz ist schlecht. Bakterienbefall (z.B. nach langer Wasserlagerung) kann zu ungleicher Aufnahme flüssiger Mittel und in der Folge zu Fleckenbildung führen. (proHolz, (2006a) S.46)

Verwendung

Das Holz ist vielseitig einsetzbar, es ist das wichtigste Bau- und Konstruktionsholz, ob als Massivholz oder in Form verleimter Lamellen (Brettschichtholz, Massivholzplatten); für Bautischlerarbeiten, Innenausbau, Halbfertigwaren, Bauhilfsstoffe (Gerüste, Schalungen), Außenverkleidungen, Rahmenbau (Fenster, Haustüren, Wintergärten), Innenwand- und Deckenbekleidungen, Verpackungsmittel (Kisten, Paletten, Steigen), sowie für Möbel und Musikinstrumente (Resonanzholz für Streich- und Tasteninstrumente). Fichtenholz ist Hauptrohstoff zur Zellstofferzeugung und hält einen großen Anteil am Industrieholz sowie am Hackgut für Plattenförmige Holzwerkstoffe. Wegen der großen Mengen an Wald- und Industriehackgut ist die Nutzung für Energiezwecke (Hackschnitzelheizung, Wärmekraftwerke) verbreitet. Anfallende Säge- und Hobelspäne werden auch in Form von Briketts oder Pellets als Energieträger vermarktet. (proHolz, (2006a) S.46)

2.1.2. Tanne – Abies alba

Die Tanne ist eine Schattholzbaumart und erreicht eine Höhe von 40 m. Die Rinde ist weißlich bis silbergrau und löst sich in eckigen Borkenschuppen vom Stamm ab. Tannennadeln sind flach und an der Spitze eingekerbt, an den Unterseiten befinden sich zwei weißliche

Längsstreifen (Wachsstreifen). Die Zapfen stehen aufrecht auf den Zweigen und zerfallen am Baum bei der Samenfreigabe. Zurück bleibt eine leere Spindel. (proHolz, (2006a) S.74)

Kulturgeschichtliches

Da Tannenholz leicht zu spalten ist, nutzen es die Menschen des Neolithikum zum Erzeugen von Brettern, etwa für Türblätter usw., obwohl Sägen noch fehlten. Und für den Bau immer gleicher Einbäume am Mondsee, eine über 4000 Jahre bis in unsere Zeit bestehende Tradition, waren mächtige Tannen das ideale Material. Für die Hochseesegler der Neuzeit wiederum lieferten sie das Holz der Masten. Harz- und ein gutes Stück astfrei, ist das bescheiden wirkende Holz heute in seiner doppelten Schlichtheit ein körperfreundliches Möbelholz, das eine nämliche Beachtung wie die einheimischen Edelhölzer verdient. (proHolz, (2006a) S.74)

Allgemeines

Die Tanne ist, trotz des geringen Flächenanteils von ca. 4% im österreichischen Ertragswald, wegen ihrer tiefen Wurzeln und der sich rasch zersetzenden Nadeln (Humusbildner) eine wichtige Mischbaumart. Der Baum weist im Alter eine abgeflachte Krone auf, die als „Storchennest“ bezeichnet wird. Die Äste sind quirlständig und fast waagrecht abstehend. Tannen können 500 bis 600 Jahre alt werden, zur Holznutzung werden sie nach 90 bis 130 Jahren gefällt. (proHolz, (2006a) S.74)

Holzcharakteristik

Die Jahrringe sind deutlich erkennbar, wobei der Übergang von Früh- zu Spätholz gleitend ist. Das weiß-gelbliche Holz, das auch einen grauen bzw. grau-violetten Farbschimmer aufweisen kann, dunkelt unter Lichteinwirkung deutlich nach. Tannenäste weisen eine dunklere Färbung als jene der Fichte auf, sind rund und mitunter von schwarzen Ringen umgeben (oft Durchfalläste). Der fallweise auftretende Nasskern der Tanne, bei dem das Kernholz im frisch geschlägerten Zustand einen Feuchtigkeitsgehalt von 160% statt 40% aufweist, kann zweierlei Ursachen haben: Beim normalen Nasskern gesunder Tannen geht die von Bakterien hervorgerufene braune Färbung meist von Totästen im Kronenbereich aus. Es tritt innerhalb der Reifkerngrenze auf und ist regelmäßig geformt. Ein pathologischer Nasskern absterbender Tannen, der sich von Wunden im Stammfuß nach oben ausbreitet, ist hingegen unregelmäßig geformt und reicht in das Splintholz hinein. (proHolz, (2006a) S.74)

Eigenschaften

Das Tannenholz ist gemäß einschlägiger Norm gleich schwer wie das Fichtenholz (Darrdichte 410kg/m^3), einige Literaturangaben beschreiben Tanne als leichter. Ähnliches gilt auch für die Festigkeitseigenschaften. Es besitzt ein gutes Stehvermögen, schwindet mäßig und gilt als besonders gut spaltbar. Alle Oberflächenbehandlungsverfahren sind gut anwendbar. Tanne lässt sich gut trocknen, dabei sollte es wegen des möglichen Nasskerns nicht mit Fichte gemischt werden (im Holzleimbau wird sie aussortiert). Die Neigung zum Splintern kann beim Bearbeiten scharfer Profile zu Problemen führen. In der natürlichen Dauerhaf-

tigkeit liegt das Holz wie Fichte in Klasse 4 (wenig dauerhaft), die Tränkbarkeit ist mäßig. Tannenholz hat eine bemerkenswerte Beständigkeit gegenüber Säuren und Alkalien. (proHolz, (2006a) S.74)

Verwendung

Die Tanne wird allgemein wie Fichte verwendet, meist ohne die Holzarten zu unterscheiden. Die dient als Bauholz, Konstruktionsvollholz, für Massivholzplatten, Fenster, Türen, Treppen, Fußböden, Fassaden, Balkone, Wand- und Deckenverkleidungen, Möbel, Verpackungsmaterial und Kisten. Bevorzugt wird Tannenholz dort, wo der Harzgehalt des Fichtenholzes unerwünscht ist. So wird es etwa für Behälter chemischer Flüssigkeiten eingesetzt. Im Musikinstrumentenbau dient es als Resonanzholz tief gestimmter Saiteninstrumente. (proHolz, (2006a) S.74)

2.1.3. Lärche – *Larix decidua* / *Larix sibirica*

Die Lärche hat einen stumpfkegelförmigen Wuchs und erreicht Höhen bis 45 m. Die Rinde ist in der Jugend grau und glatt. Alte Lärchen haben oft eine dicke, tiefrissige Schuppenborke, die innen rot und außen graubraun ist. Die weichen, hellgrünen Nadeln sitzen in Büscheln an kleinen, höckerartigen Kurztrieben. Die kleinen Zapfen stehen aufrecht am Zweig und bleiben nach dem Ausfallen der Samen noch jahrelang am Baum. (proHolz, (2006a) S.56)

Kulturgeschichtliches

Sonnenlicht verstärkt den freundlich-fröhlichen Charakter der Lärche. Ihr frisches Hellgrün im Frühling und das warme Rotgold im Oktober bestimmen ein heiteres Landschaftsbild. Im Engadin beispielsweise sind die großflächigen Lärchenwälder Resultat bewusster Selektion – nicht zuletzt im Interesse des Tourismus. An Häusern in hohen Lagen dient das Holz seit Jahrhunderten als langlebiger Wetterschirm, rotgoldbraun bis schwarzbraun gebrannt die Sonnenseite, silbergrau verwittert die Wetterseite. Die Legende der Nichtbrennbarkeit des Holzes findet sich erstmals in der Schrift des römischen Baumeisters Vitruv, der Baum und Holz nur von Hörensagen kannte. Nichtsdestotrotz hielt sie sich bis weit ins Mittelalter. Unterschieden werden muss jedoch zwischen dem feinjährigen Holz der Steinlärche und dem grobjährigen der Graslärche, die in tiefen Lagen wächst und weniger dauerhaft ist. (proHolz, (2006a) S.56)

Allgemeines

Die Lärche ist ein typischer Baum des Gebirges und eine Mischbaumart. Ihre starke Borke schützt vor leichtem Steinschlag. Sie gilt als winterfrosthart, ist aber für Spätfrostlagen nicht geeignet. Ihr Anteil im österreichischen Ertragswald beträgt etwa sieben Prozent. Das Lebensalter wird mit über 800 Jahren angegeben, als Nutzholz wird die Lärche nach 100 bis 140 Jahren geerntet. (proHolz, (2006a) S.56)

Holzcharakteristik

Der helle Splint der Lärche ist sehr schmal, der Farbton des Kernholzes variiert stark von hellbraun (sogenannte Graslärche) bis intensiv rotbraun. Er dunkelt kräftig nach. Der Frühholz-/Spätholzkontrast innerhalb des Jahrringes ist ausgeprägt, wobei der Spätholzanteil 1/2 bis 1/3 der Jahrringbreite betragen kann. Die feinen Harzkanäle sind primär im Spätholz anzutreffen. (proHolz, (2006a) S.56)

Eigenschaften

Das Lärchenholz besitzt sehr gute Festigkeitseigenschaften. Sie sind jedoch, abhängig vom Standort, stark streuend. Entsprechend auch die Dichte (400 bis 820 kg/m³), die im Mittel bei 550 kg/m³ liegt. Das Holz gilt als mittelhart (Brinellhärte 19 N/mm²) mit einem guten Stehvermögen. Lärchenholz ist gut zu trocknen und zu bearbeiten. Bei der Oberflächenbehandlung ist manchmal eine Vorbehandlung mit harzlösenden Mitteln erforderlich. Aufgrund des harten Astholzes und bei unregelmäßigem Faserverlauf besteht die Gefahr des Splitters und Ausreißens. Vorbohren wird empfohlen, da das Holz leicht spaltet. In der Dauerhaftigkeit gegen Pilze liegt die Lärche in der Klasse 3 bis 4 (mäßig bis wenig dauerhaft) und wird wegen der großen Variabilität oft überschätzt. Die Tränkbarkeit im Kern ist sehr schlecht, im Splint mäßig. (proHolz, (2006a) S.56)

Verwendung

Lärchenholz wird sowohl im Außen- als auch im Innenbereich verwendet, tragend und nichttragend. Es wird für hoch beanspruchte Baukonstruktionsteile sowie im Boots-, Brücken-, Erd-, und Wasserbau eingesetzt. Im Innenausbau geht der Einsatz von Fenstern und Türen über Fußböden und Wandverkleidungen bis in den Möbelbereich. In jüngster Zeit sind Außenverkleidungen aus Lärche sehr beliebt. Naturbelassen und ungeschützt vergraut sie nach wenigen Jahren. (proHolz, (2006a) S.56)

Russland verfügt über 90 % des Weltvorrates an Lärchenholz. Vor allem Sibirische Lärche wird für Gartenelemente, Wand- und Deckenverkleidungen immer mehr gefragt. Engringiges Lärchenholz ist aus alten Beständen mit etwa 80 – 90 Jahren zu erwarten. Die Rohdichte liegt im Kernholz bei 470 kg/m³ bis 570 kg/m³. (Wagenführer, R. (2007) S.423)

Auf Grund von einer gleichmäßigeren Struktur, Feinjährigkeit, besserer natürlicher Dauerhaftigkeit (Klasse 3) und kleineren Ästen unterscheidet sich die sibirische Lärche mit einigen Vorteilen von der heimischen Lärche.

2.2. Bewitterungsversuch

Um im Zuge meines Masterstudiums, welches zeitlich begrenzt ist, bei den Versuchen zu einem Ergebnis zu kommen, habe ich mich an die Holzforschung Austria gewendet, mit der Bitte, welche Methoden es gibt um eine Veränderung durch Bewitterung in einem vorgege-

benen Zeitraum zu erreichen. Die Holzforschung Austria mit Sitz in Wien verfügt über zahlreiche Laboreinrichtungen und Prüfmaschinen rund um das Thema Holz und ist eine akkreditierte Prüfstelle. Von Seiten der Holzforschung Austria wurde für eine vergleichende Untersuchung eine Bewitterungsprüfung in einer Differenzklimakammer vorgeschlagen. Die Differenzklimakammer, mit einer vertikalen Prüffläche von 2,5 m x 2,5 m, kann Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Beregnung und UV-Strahlung simulieren. Für diesen Schnellbewitterungsversuch in der Differenzklimakammer gibt es keinen Umrechnungsfaktor zum natürlichen Bewitterungszeitraum. Zusätzlich kann in der geschlossenen Prüfkammer keine Verschmutzung und kein Befall von Mikroorganismen nachgestellt werden. Dies führt dazu, dass das optische Erscheinungsbild dem einer natürlichen Vergrauung und Bewitterung abweicht. Das Prüfverfahren unterliegt keiner Norm und wurde von der Holzforschung Austria im Zuge eines Forschungsprojektes für Holzfassaden für vergleichende Versuche entwickelt.

Ein Schnellbewitterungszyklus, der eine Woche dauert, setzt sich aus folgender Bewitterungsbeanspruchung zusammen:

- 1 Tag Beregnung, Temperatur 20 °C
- 1 Tag UV-Bestrahlung, Temperatur 50 °C
- 5 Tage Wechselbedingungen, bestehend aus 1 Stunde Beregnung, Temperatur 20 °C und 7 Stunden UV-Bestrahlung, Temperatur 50 °C

Dieser Schnellbewitterungszyklus soll vier Mal wiederholt werden, dadurch ergibt sich eine durchgehende Bewitterung von 28 Tagen.

Die vertikal angeordnete Prüffläche mit 2,5 m Breite und 2,5 m Höhe hat aus Erfahrungen von vergangenen Prüfversuchen gezeigt, dass die Bewitterungsbeanspruchung nie auf der gesamten Fläche gleich ist. Zum einen läuft Wasser, welches durch sechs Düsen aufgesprüht wird, von oben nach unten ab, was einen Anstieg der Feuchtigkeitsbelastung von oben nach unten mit sich bringt. Zusätzlich ist durch die Anordnung der 18 UV-Lampen die gesamte Fläche bestrahlt, die Intensität der Bestrahlung variiert leicht über die gesamte Probenfläche.

Um einen Unterschied durch Bewitterung auf eine Holzart und eine mechanische Oberflächenbearbeitung zurückzuführen und einen Vergleich ziehen zu können, werden drei Nadelholzarten (Fichte, Tanne und sibirische Lärche) miteinander verglichen. Untersucht soll auch die unterschiedliche Anordnung zwischen horizontal und vertikal werden. Aus der Anzahl der Holzarten, der Oberflächenbearbeitung und der Ausrichtung ergibt sich eine Variante von 36. Jeweils drei Muster pro Variante ergeben eine Musteranzahl von 108 Stück.

Tabelle 2: Anzahl der Holzmuster nach Ausrichtung, Holzart und Oberflächenbearbeitung

Holzart	Oberfläche	1.	2.	3.	4.	5.	6.
		gehobelt	sägerau	sägerau mit Schritt	gehobelt und gebürstet	sägerau und gebürstet	geschliffen
Fichte	horizontal	3Stk	3Stk	3Stk	3Stk	3Stk	3Stk
	vertikal	3Stk	3Stk	3Stk	3Stk	3Stk	3Stk
Tanne	horizontal	3Stk	3Stk	3Stk	3Stk	3Stk	3Stk
	vertikal	3Stk	3Stk	3Stk	3Stk	3Stk	3Stk
Sib. Lärche	horizontal	3Stk	3Stk	3Stk	3Stk	3Stk	3Stk
	vertikal	3Stk	3Stk	3Stk	3Stk	3Stk	3Stk

2.2.1. Prüfkammer

Wie schon beschrieben, wird die Prüffläche in der Differenzklimakammer nicht über die gesamte Fläche gleichmäßig bewittert. Die zentrale Fläche der Prüfkammer erfährt erfahrungsgemäß von der Holzforschung Austria die strengste Bewitterung. Die Randbereiche erfahren verlaufend zum Rand hin eine schwächere Beanspruchung. Am wenigsten stark beansprucht ist der obere Randbereich, gefolgt vom rechten und linken Randbereich. Durch den natürlichen Wasserfluss, welcher von oben nach unten geht, ist der untere Randbereich recht gut beansprucht. In der folgenden Ansicht ist die 2,5 m x 2,5 m große Prüffläche mit den unterschiedlichen Bewitterungsbeanspruchungen dargestellt. Die roten Rasterlinien sind im Abstand von 49,2 cm Schritten eingeteilt. Am Rand wurde umlaufend ein Abstand von 2 cm eingehalten.

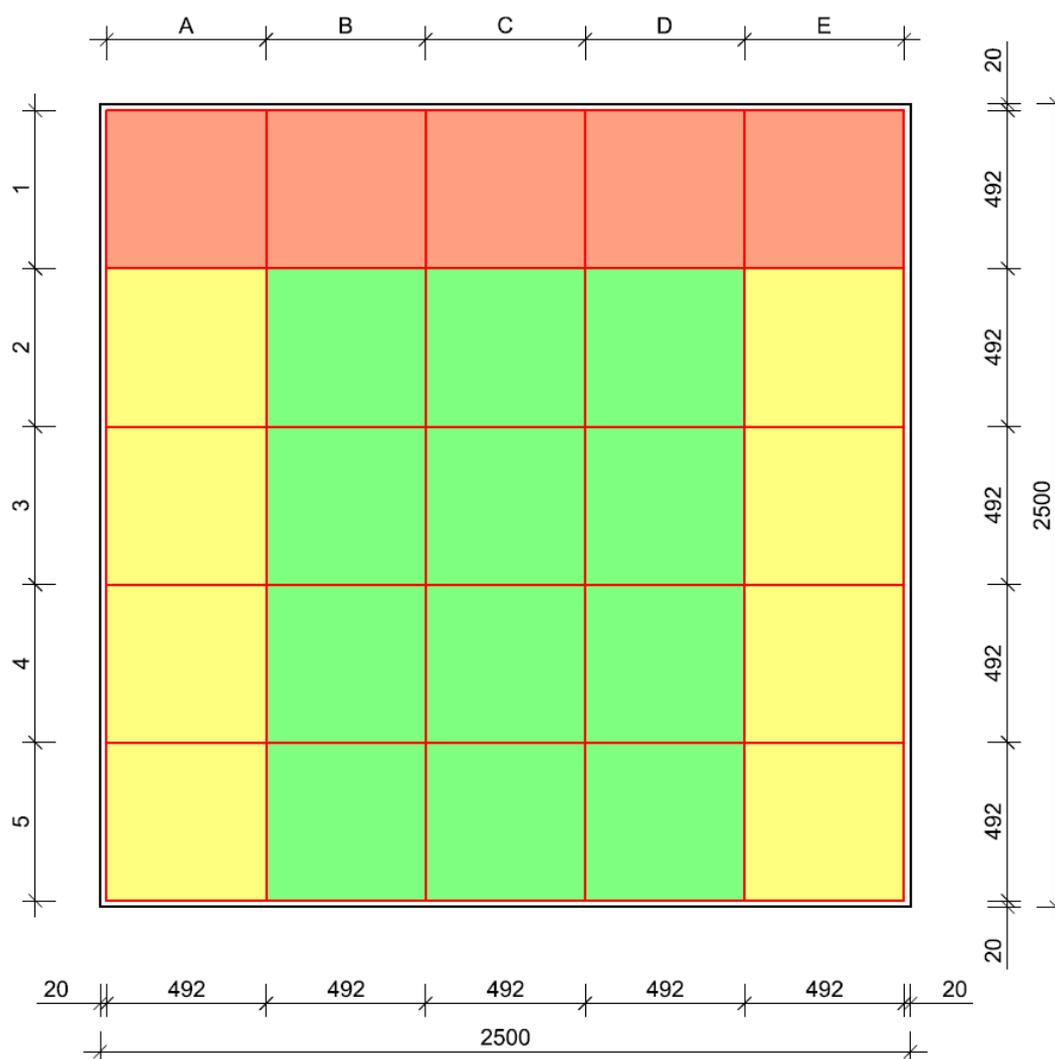


Abbildung 7: Die 2,5 2,5m große Prüffläche mit der unterschiedlichen Bewitterungsbeanspruchung.

grün = streng Beanspruchung; gelb = mäßige Beanspruchung; rot = schwache Beanspruchung

Auf Grund der Größe der Prüffläche und der Einteilung des Bewitterungsrasters ergeben sich 25 kleinere Bewitterungsfelder, welche einer genauen Bewitterung zugewiesen werden können. Um die Fläche möglichst gut auszunutzen, werden die 25 kleinen Bewitterungsfelder nochmal in fünf gleich große Teile unterteilt. Diese kleinere Aufteilung entspricht der Größe eines einzelnen Musters.

Pro zu untersuchender Holzart und Oberflächenbearbeitung sollen jeweils drei Muster an unterschiedlich stark beanspruchten Bewitterungsfeldern angebracht werden. Vorrangig werden die Bewitterungsfelder mit sehr guter Bewitterung belegt, bis hin zu den weniger stark bewitterten Randbereichen. Auf Grund der Musterzahl von 108 Stück die geprüft werden sollen, kann die Prüfwand nicht vollständig bekleidet werden. Die freigebliebenen und

eher schlecht bewitterten Flächen werden mit Füllmuster aus gehobelter und luftgetrockneter Fichte belegt.

2.2.2. Anordnung

Bei horizontaler Anordnung wird Wasser schlecht abgeleitet, da das Holzbrett quer zum Wasserfluss liegt und die Auftrocknung länger dauert. Bei vertikaler Anordnung kann Niederschlagswasser rasch abgeleitet werden. Wichtig ist jedoch die Ausformung einer Tropfnase, da sich Wasser rasch am Stirnende vom Brett ansaugt.

Um einen Unterschied zwischen horizontaler und vertikaler Anordnung feststellen zu können, werden beide Varianten in der Differenzklimakammer geprüft. Die horizontal ausgerichteten Muster werden in den beiden unteren Reihen angeordnet, Reihe vier und fünf in Abbildung 8. Durch den guten Wasserabfluss der darüber liegenden vertikal angeordneten Muster, werden die beiden unteren Reihen zusätzlich vom Wasserfluss der darüber liegenden Reihen beansprucht.

In den obersten drei Reihen sind 54 vertikal und 4 horizontal angeordnete Muster. Die restlichen 50 horizontal ausgerichteten Muster sind in den beiden unteren Reihen.

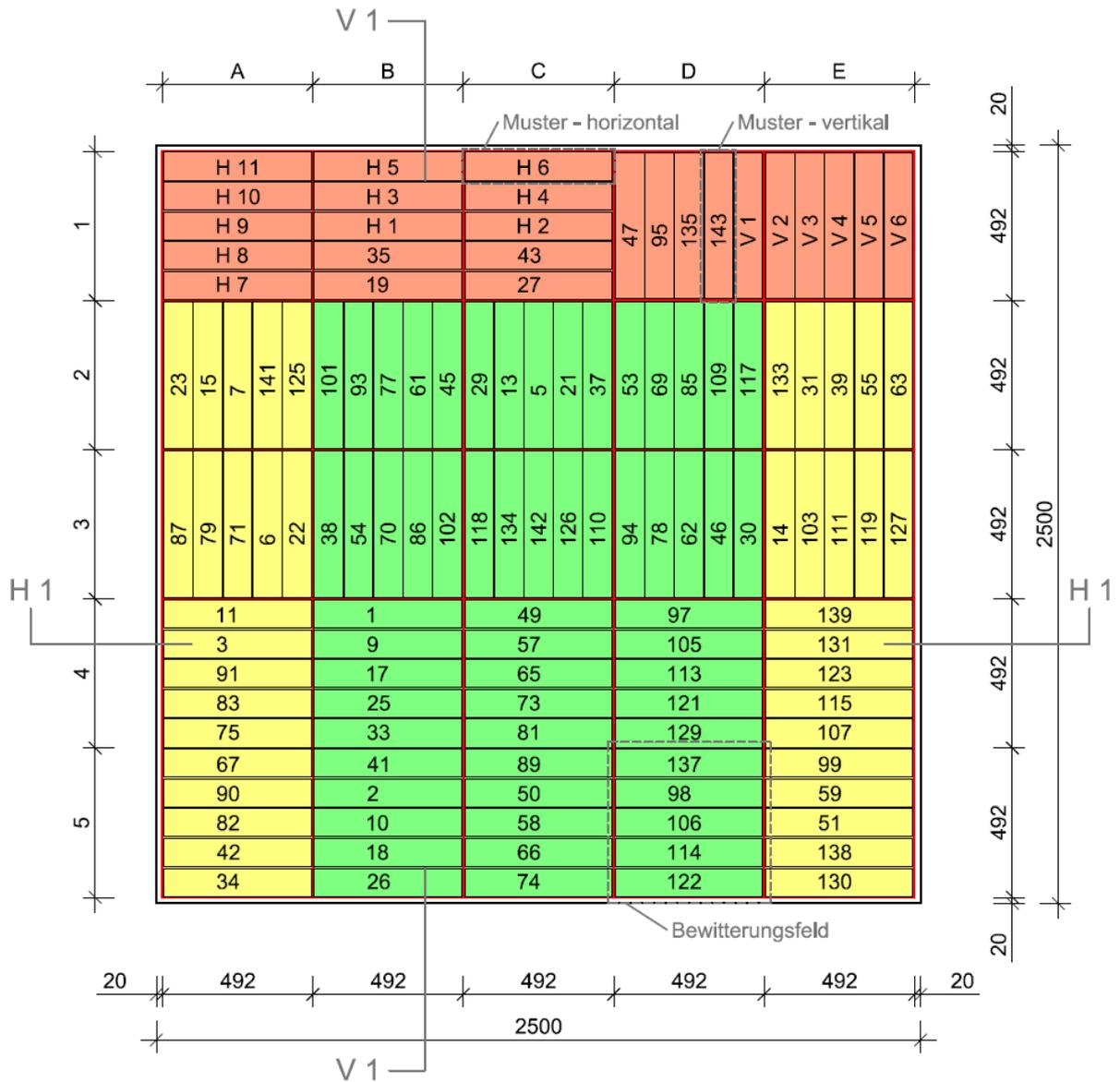


Abbildung 8: Einteilung der Muster nach Bewitterungsbeanspruchung



Abbildung 9: Belegung der Prüfkammer vor Bewitterungsstart

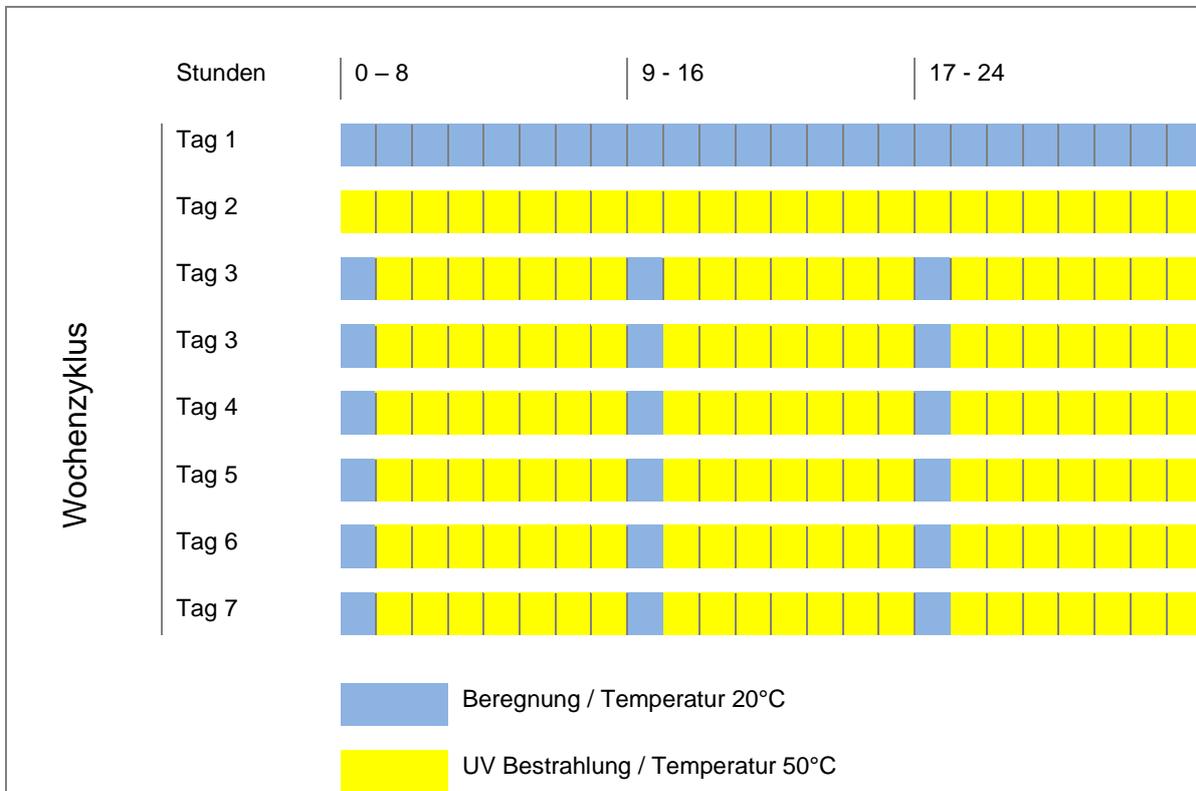
2.2.3. Prüfverfahren

Der Schnellbewitterungszyklus setzt sich aus nachfolgend näher beschriebenem Wochenablauf zusammen und wird viermal durchgehend wiederholt. Es ergibt sich dadurch eine vierwöchige durchgehende Belastung der Muster.

Am ersten Tag wird die Prüffläche 24 Stunden von vorne durch vier Beregnungsdüsen mit Wasser besprüht. Es werden Wassermengen von 0,5 – 5,0 Liter/m² aufgebracht. Die Temperatur in der Differenzklimakammer liegt dabei bei ca. 20 °C. Anschließend erfolgen 24 Stunden UV-Belastung. Hierfür sorgen 14 horizontal angeordnete Lampen vor der Prüffläche und jeweils rechts und links zwei vertikal angeordnete UV-Lampen für die UV-Belastung. Der rasche Temperaturanstieg in der Differenzklimakammer erreicht kurz nach dem Einschalten der UV-Lampen ca. 50 °C im Inneren. Nach den ersten 48 Stunden folgen dann fünf Tage mit Wechselbedingungen. Diese setzen sich aus einer Stunde Beregnung mit einer Tempe-

ratur von ca. 20 °C und sieben Stunden UV-Belastung mit einer Temperatur von ca. 50 °C zusammen.

Tabelle 3: Ablauf vom wöchentlichen Bewitterungszyklus



Nach jedem Ablauf eines Wochenzyklus wurde von der Holzforschung Austria eine kurze Begutachtung der Probekörper durchgeführt. Dabei wurden visuell auffallende Veränderungen dokumentiert und fotografiert. Vor und nach der Bewitterung hat es eine genaue Dokumentantation der Muster gegeben. Die 25 Bewitterungsfelder wurden am 8. Jänner 2015 in die Kammer montiert, die Prüfung ist von 13. Jänner bis am 9. Februar 2015 durchgeführt worden.

Tabelle 4: Ablauf der geplanten Bewitterungsprüfung und Dokumentationszeitpunkte

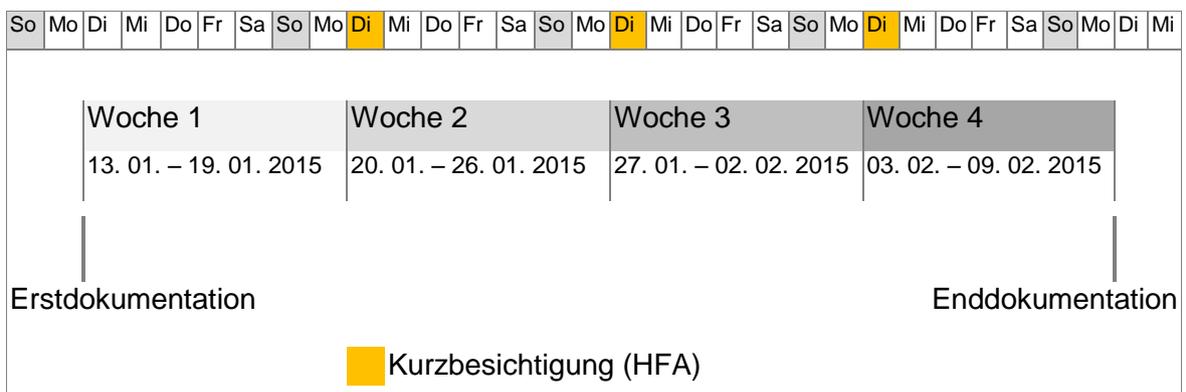




Abbildung 10: Differenzklimakammer mit geöffneten Türen. Die 25 Bewitterungsfelder sind montiert, das Beregnungsmodul vorgehängt und das UV-Bestrahlungsmodul für die Kurzbesichtigung von der Prüfwand weggeklappt.

Die Differenzklimakammer ist vom Hersteller Tira, Schalkau und wurde bei der Holzfor- schung Austria im Jahr 2004 angeschafft und wird für Klima und Differenzklimaprüfungen, Schnellbewitterungsversuche und für künstliche Alterung eingesetzt.

Das Protokoll von der Holzforschung Austria bezüglich der Prüfung ist in Anhang F.

2.3. Probekörper

2.3.1. Industrielle Herstellung

Für die Anfertigung der Muster wurde großer Wert darauf gelegt, dass diese am Stand der Technik unter industriellen Bedingungen gefertigt werden. Für die Anfertigung der Muster wurde eine Liste erstellt, welche die Menge, Jahrringlage und Qualität definiert. Gewünscht wurde für jedes Muster ein Brett mit einer Länge von 4,0 m oder jeweils zwei Stück mit 2,0 m. Das Glattkantbrett soll ein fertigmaß von ca. 95 mm Breite und einer Stärke von ca. 20 mm haben. Wert wurde auf die zu bearbeitende Seite gelegt. Die Bearbeitung der Rückseite

spielt keine Rolle. Die Holzfeuchtigkeit soll ca. 16 % ^{+/-2} betragen. Die Summe der gewünschten mechanischen Oberflächenbearbeitungen multipliziert mit den Holzarten ergibt die Anzahl der gewünschten Musterbretter. In der unten angeführten Liste ist die Materialbestellung. Farblich gekennzeichnet sind die unterschiedlichen Bearbeitungsstandorte an denen die mechanischen Bearbeitungen stattfanden.

Tabelle 5: Materialbestellung und ursprünglich geplante Oberflächenbearbeitungsorte

Holzart	Oberfläche	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
		gehobelt	sägerau	sägerau mit Schritt	gefräst	gehobelt und gebürstet	sägerau und gebürstet	geschliffen
Fichte		Boro	Boro	Boro	Brenstol	Boro / OH	Boro / OH	FW
Tanne		Boro	Boro	Boro	Brenstol	Boro / OH	Boro / OH	FW
Sib. Lärche		Boro	Boro	Boro	Brenstol	Boro / OH	Boro / OH	FW

Material von Boro		(gibt Harald zu Brenstol und Feelwood weiter)
Material und Oberfläche von Boro		
Material und 1. Oberfläche von Boro		

Nach Anlieferung der Muster, ca. vier Wochen später, kamen jeweils in Fichte, Tanne und sibirischer Lärche 24 Musterbretter mit einer Länge von 0,85 m – 1,15 m Länge. Auf Grund der angelieferten Musterbretter wurde auf eine Bearbeitungsvariante verzichtet, da nicht genügend Musterbretter zur Verfügung standen.

Die unterschiedlichen Längen der Musterbretter führten dazu, dass manche Muster anstelle der gewünschten Länge um einige cm kürzer sind. Zusätzlich wurde bei Tanne Rift.- und Halbriftqualität in astreiner Sortierung angeliefert.



Abbildung 11: Die angelieferten Holzmuster in unterschiedlicher Länge

2.3.2. Dimensionen

Nach der mechanischen Oberflächenbearbeitung wurden die Holzmuster auf die gewünschte Länge geschnitten. Die horizontal angeordneten Probekörper wurden rechts und links gerade abgeschnitten. Die vertikal angeordneten Probekörper wurden oben und unten schräg abgeschnitten. Die schräg geschnittene Kante von 20° formt eine Tropfkante, welche das Niederschlagswasser möglichst gut ableiten und das Eindringen an der Hirnholzfläche verhindern soll

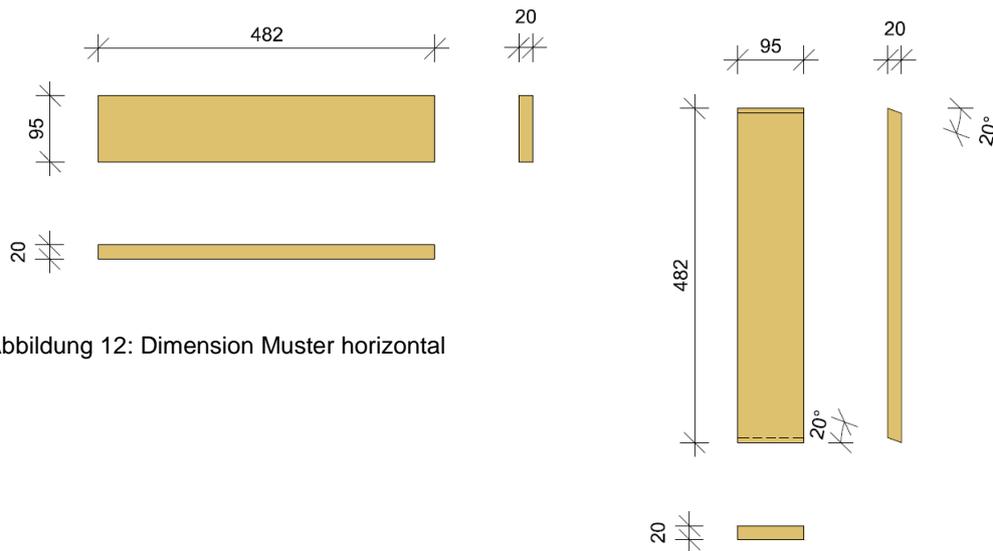


Abbildung 12: Dimension Muster horizontal

Abbildung 13: Dimension Muster vertikal

2.3.3. Konstruktion

Die 25 Musterfelder, auf denen sich jeweils 5 Muster befinden, sind auf zwei Unterkonstruktionsleisten montiert. Bei den Unterkonstruktionsleisten handelt es sich um technisch getrocknete sibirische Lärchenleisten mit einem Querschnitt von 30 mm x 45 mm. Die Leisten sind gehobelt und die Kanten sind gerundet.

Die Muster werden von der Rückseite durch die Unterkonstruktionsleisten mit Edelstahlschrauben (Sihga L-GoFix MS 4,5 x 45) befestigt. Jedes Muster wurde an den beiden Unterkonstruktionsleisten mit zwei Schrauben befestigt.



Abbildung 14: Zusammenbau der Muster zu Bewitterungsfelder

Die 25 Musterfelder wurden von der Außenseite der Differenzklimakammer durch eine 76 mm starke Brettsperrholzwand, welche mit einer EPDM-Folie belegt ist, mit Edelstahlschrauben (Sihga L-FoFix MS 5,0x100) in die Unterkonstruktionsleisten befestigt.

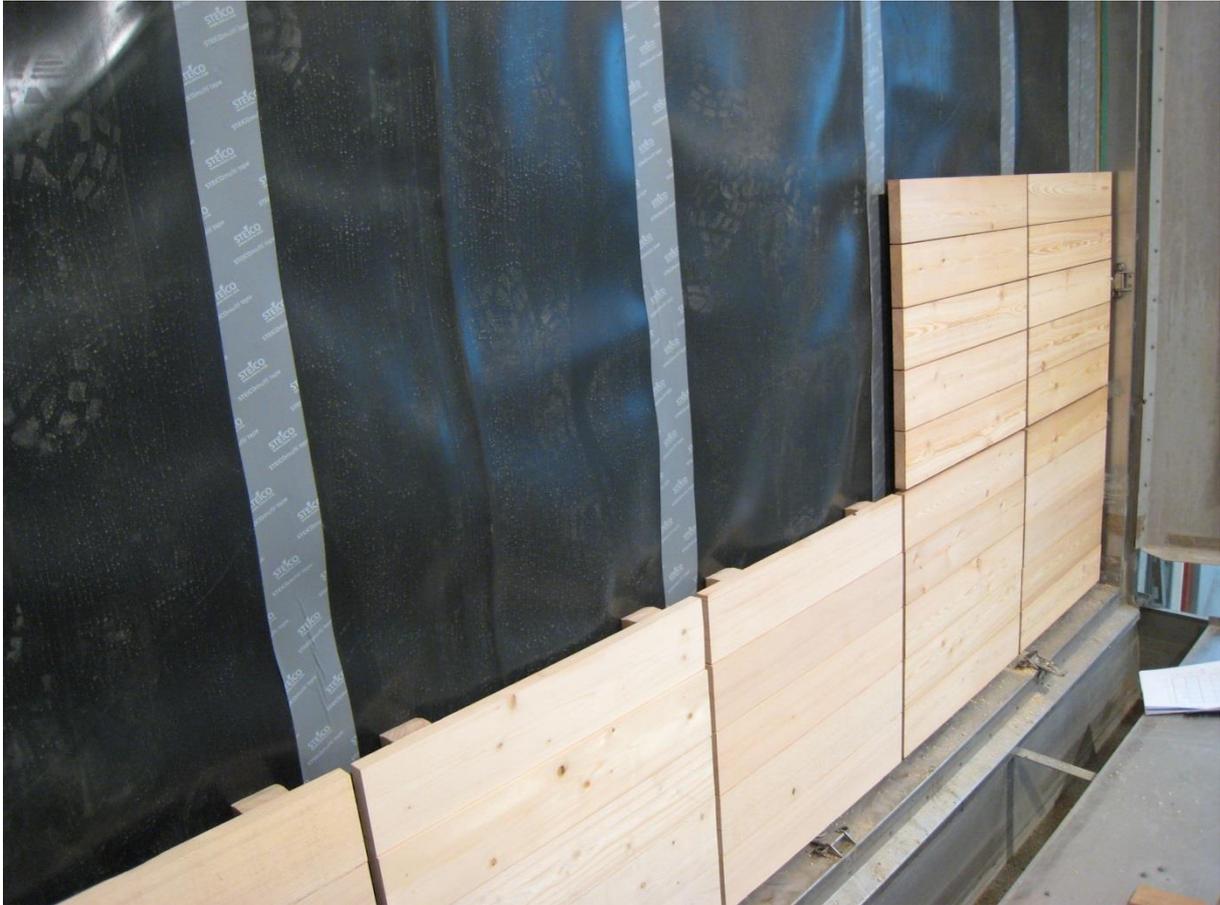


Abbildung 15: Montage der Bewitterungsfelder auf die 2,5 x 2,5m große Prüfwand

Abbildung 16 und 17 sind ein Horizontalschnitt und ein Vertikalschnitt vom Aufbau der Prüfwand in der Differenzklimakammer. Die Schnittlinien sind in Abbildung 8 dargestellt.

Die tragende Brettsperrholzwand ist mit einer EPDM-Folie an der Innenseite bekleidet. Die Stöße sind abgeklebt und rundum verläuft ein Dichtband zwischen Prüfwand und Differenzklimakammer. Die 25 Bewitterungsfelder sind von der Außenseite mit Edelstahlschrauben durch die Brettsperrholzwand befestigt.

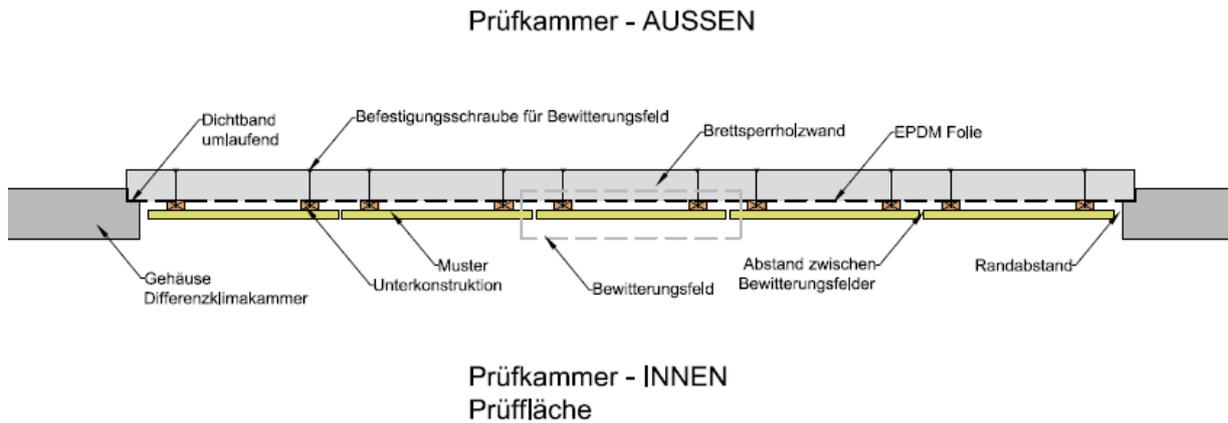


Abbildung 16: Differenzklimakammer Horizontalschnitt H1 - H1

Bei einer horizontalen Musteranordnung ist die Unterkonstruktion vertikal und bei einer vertikalen Musteranordnung ist die Unterkonstruktion horizontal. Bei der horizontalen Unterkonstruktion kann es zu einem Anstauen von Wasser kommen, welches in die Fugen zwischen den Bewitterungsfeldern und den einzelnen Mustern eindringen kann. Bei der horizontalen Unterkonstruktion ist beim Stoß der Bewitterungsfelder eine Mindestfuge von 2 cm um ein Abfließen von angestautem Wasser zu gewähren. Am unteren Ende der Prüffläche wird das abfließende Wasser in einer Abflusrinne angesammelt und abgepumpt. Am äußeren Rand ist umlaufend eine Fuge von ca. 2,5 cm zum Rand der Differenzklimakammer. Zwischen den Bewitterungsfeldern ist in der gesamten Fläche ein Abstand von ca. 1 cm.

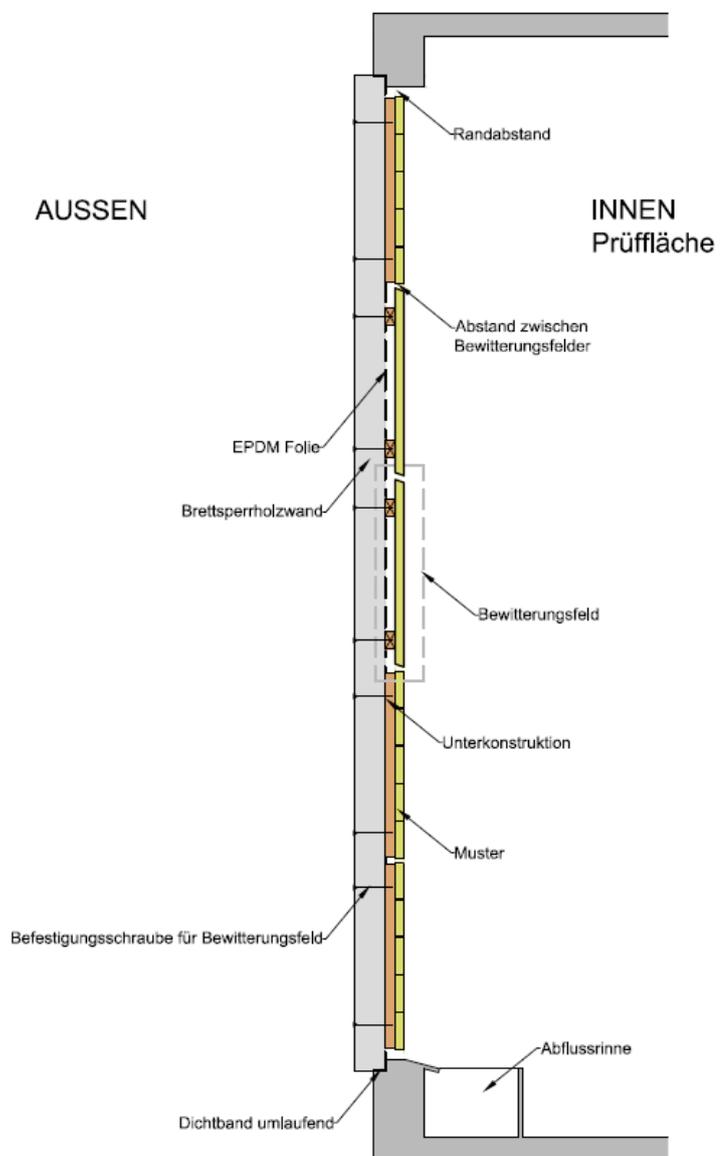


Abbildung 17: Differenzklimakammer Vertikalschnitt V1

2.3.4. Holzqualität

Auf Empfehlung der Holzforschung Austria sollen alle Muster eine ähnliche Qualität aufweisen, um ein aussagekräftiges und vergleichendes Ergebnis zu erhalten. Holzqualitäten mit liegenden Jahrringen (Seitenware) und einer natürlichen Sortierung mit charakteristischen Holzmerkmalen führen zu einer schnelleren Veränderung als Musterproben in Rift- oder Halbriftqualität mit astreiner Sortierung. Bei Rift- oder Halbriftqualität ist eine geringere Verformung und Rissbildung zu erwarten. Bei Seitenware neigt die linke Seite, welche der Markröhre abgewandt ist, zu Schüsselung und eher zu Rissbildung. Die Sortierung soll einer A/B Qualität nach den Sortierrichtlinien vom Verband der europäischen Hobelindustrie (VEH) entsprechen.

2.4. Dokumentation

Um eine Veränderung der Muster messen und visuell beurteilen zu können, wurden alle Muster vor dem Bewitterungsversuch genau erfasst. Folgende Parameter wurden gemessen:

- Dimension [mm]
 - Länge
 - Breite
 - Stärke
- Holzfeuchtigkeit [%]
 - Eine Messung in Brettmitte
 - Eine Messung am Randbereich unten bei vertikal angeordneten Mustern und am rechten Randbereich bei horizontal angeordneten Mustern.
- Farbe
 - Mittelwert aus sechs Messungen am Randbereich. Messung mit vorgegebener Messschablone von der Holzforschung Austria.

Die Holzfeuchtigkeit wurde mit einer direkten kapazitiven Messung ermittelt. Das Messgerät vom Hersteller Merlin Technology, Typ HM8 – WS25, Messfläche 80 x 72mm hat im Feuchtigkeitsbereich zwischen 4 und 20% eine Genauigkeit von +/- 1%. Das Messergebnis wird in 0,1% Schritten digital angezeigt.

Je nach Holzart und Rohdichte empfiehlt der Gerätehersteller für eine exakte Messung eine dazu passende Schalterstellung. Bei Fichte und Tanne wurde Schalterstellung zwei, für eine durchschnittliche Rohdichte von 0,42 g/cm³, und bei sibirischer Lärche Schalterstellung vier, für eine durchschnittliche Rohdichte von 0,55 g/cm³, verwendet. Bei einer Holzfeuchtigkeit

zwischen 20 und 30% gibt es eine rasch abnehmende Genauigkeit, ab 40 – 50% Holzfeuchtigkeit schaltet sich das Gerät automatisch ab. Der Hersteller empfiehlt für eine exakte Messung eine gehobelte Oberfläche.



Abbildung 18: Messung der Holzfeuchtigkeit mit Merlin HM8 – WS25, darunter eine Styroporunterlage

Alle Muster wurden vor und nach der Bewitterungsprüfung eingescannt. Es handelt sich um einen Flachbettscanner (Konica Minolta, bizhub C220). Nach der Verschraubung der Muster zu Bewitterungsfelder wurden alle Felder unter gleichen Bedingungen abfotografiert. Der $L^* a^* b^*$ Farbraum, oder CIELab-System, wird häufig zur Charakterisierung der Farbe verwendet. Bei diesem Farbraumsystem werden die Komponenten Helligkeit (L^*), Rot-Grün-Anteil (a^*) und Gelb-Blau-Anteil (b^*) ermittelt. (Wagenführer, A. (2008) S.89f) Der dreiachsige $L^* a^* b^*$ Farbraum beschreibt alle wahrnehmbaren Farben und ist geräteunabhängig.

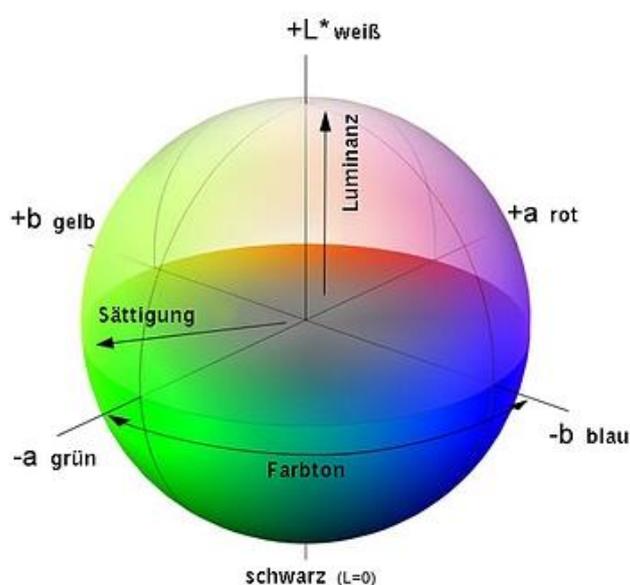


Abbildung 19: $L^* a^* b^*$ Farbraum



Abbildung 20: Farbmessung mit Messschablone in der Prüfkammer nach dem Bewitterungsversuch



Abbildung 21: Farbmessgerät - BYK Gardner, Color-guide

3. Ergebnisse

3.1. Allgemeine Veränderung

Einen Tag nach Ablauf der geplanten Bewitterung in der Differenzklimakammer wurden die Probekörper, nach einer Farbmessung für die Enddokumentation von der Kammer demonstert. Die durch die tragende Brettsperrholz-Rückwand geschraubten Schrauben wurden entfernt und die 25 Bewitterungsfelder wurden vor der Kammer, in gleicher Anordnung wie in der Kammer, aufgelegt. Bei der ersten visuellen und haptischen Wahrnehmung war bei einigen Proben und Mustergruppen eine Veränderung gut erkennbar.

Die Oberflächenbearbeitung „sägerau mit Schritt“ zeichnete die vertiefte Schnittstruktur spürbar tiefer ab und lies das optische Erscheinungsbild grobfasrig und anfällig für Splitter aussehen.

Bei den geschliffenen Probekörpern schien die Oberfläche sehr viel rauer geworden zu sein, eine ähnliche Struktur als ob diese leicht gebürstet wäre.

Nach der Bewitterung sind die gehobelten Flächen immer noch sehr glatt und scheinen sich kaum verändert zu haben. Lediglich entstandene Risse fallen in der glatten Fläche leicht auf. Allgemein „bröseln“ bei den sägerauen Oberflächen lose Holzfasern bei leichter Berührung schnell ab. Zusätzlich fühlen sich die Fasern spröde und spitz an. Im Gegensatz zu der eher weichen Oberfläche vor der Bewitterung.

Bei der sibirischen Lärche war der Eindruck, dass eine stärkere Farbveränderung im Gegensatz zu Fichte und Tanne stattgefunden hat. Speziell rund um die Äste und die Äste selbst, wiesen eine dunkelgraue bis schwarze Verfärbung auf.

Bei der Demontage der Bewitterungsfelder fiel die stark durchfeuchtete Unterkonstruktion sofort auf. Die von hinten durch die Brettsperrholz-Rückwand verschraubten Unterkonstruktionsleisten lagen einseitig und vollflächig auf einer EPDM-Folie auf. Starke dunkle Verfärbungen waren sichtbar.



Abbildung 22: Demontiertes Bewitterungsfeld nach der Bewitterungsprüfung mit durchfeuchteter Unterkonstruktion

Bei der Jahrringlage der Probekörper wurde eine große Veränderung festgestellt. Die Mustergruppe „Tanne“ mit fast ausschließlicher Riftqualität hat nach der Bewitterung kaum Verformungen gezeigt. Bei Fichte und sibirischer Lärche haben sich die Probekörper mit liegenden Jahrringen stark geschüsselt.



Abbildung 23: Tanne mit Riftqualität nach der Bewitterung

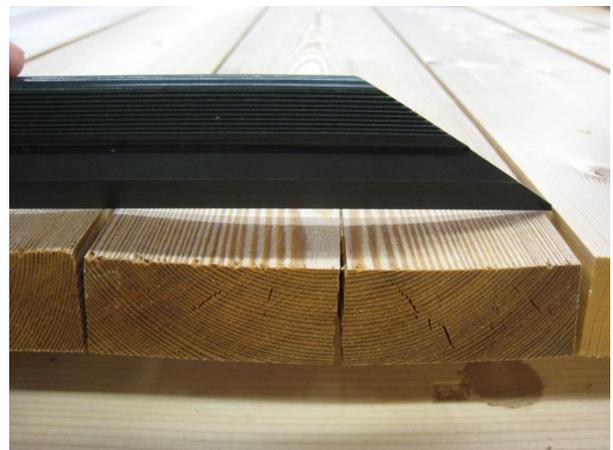


Abbildung 24: Sibirische Lärche mit liegenden Jahrringen nach der Bewitterung

3.2. Veränderung der Holzfeuchtigkeit

Ein Pilzbefall an Holz kann zu einer Veränderung führen. Die befallenen Stellen können stark unterschiedliche Farbabweichungen zu nicht befallenem Holz aufweisen.

Für eine Aktivität von holzerstörenden Pilzen sind hauptsächlich physikalische und chemische Einflussgrößen ausschlaggebend. Folgende Faktoren müssen Pilze vorfinden, um wachsen zu können:

- Luft (Sauerstoff)
- Holzfeuchtigkeit, Minimum 26 – 30 %
- Temperatur, Minimum 0 – 8 °C
- pH-Wert, optimal 4 – 6
- Licht

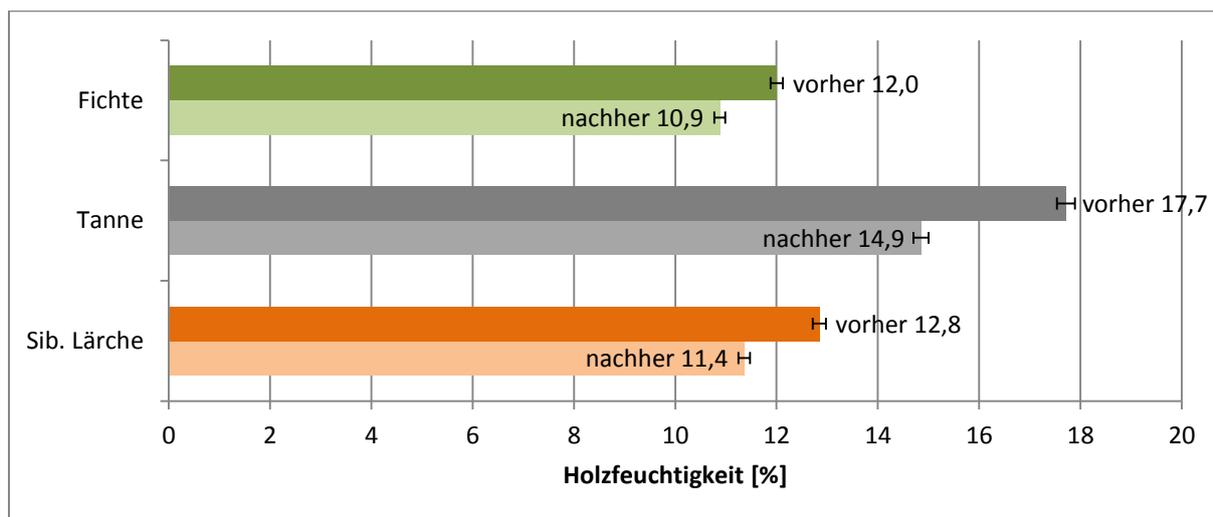
(Schnabel, T.(2009) S.32)

Durch das hygroskopische Verhalten verändert Holz seinen Feuchtegehalt und passt sich der Umgebungsfeuchtigkeit an. Auch die Dimension variiert mit der Änderung der Holzfeuchtigkeit. Durch die Holzfeuchtemessung vor und nach dem Bewitterungsversuch konnte eine Veränderung des Feuchtegehalts festgestellt werden.

3.2.1. Veränderung der Holzfeuchtigkeit - Holzart

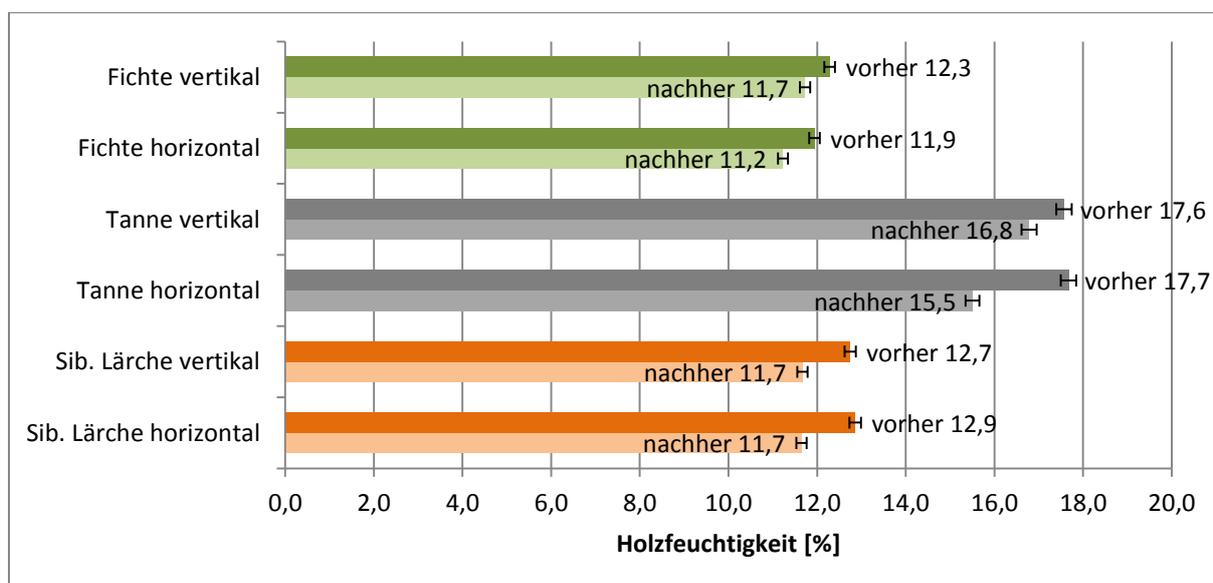
Bei allen drei Holzarten ging die durchschnittliche Holzfeuchtigkeit von allen sechs Oberflächenbearbeitungen nach unten. Am Kleinsten war der durchschnittliche Rückgang bei Fichte (1,1 %) gefolgt von sibirischer Lärche (1,4 %). Den größten durchschnittlichen Rückgang gab es bei Tanne mit 2,8 % Holzfeuchtigkeit.

Tabelle 6: Vergleich der Holzfeuchtigkeit – Mittelwert der drei Holzarten



Die Ausgleichsfeuchtigkeit die sich während der Bewitterungsprüfung bei den Mustern eingestellt hat, lag bei 101 Mustern unter dem Ausgangswert. Es handelt sich dabei um die Holzfeuchtemessung in der Brettmitte. Von den 108 Mustern haben nur 7 Stück eine höhere Ausgleichsfeuchtigkeit angenommen.

Tabelle 7: Vergleich der Holzfeuchtigkeit - Mittelwert der jeweiligen Probengruppe unterteilt in horizontaler und vertikaler Anordnung



Bei horizontaler und vertikaler Anordnung (Tabelle 7) sind bis auf eine einzelne Ausnahme, keine großen Abweichungen bei der Ausgleichsfeuchtigkeit festgestellt worden. Bei Tanne mit horizontaler Anordnung gab es den größten Feuchtigkeitsrückgang mit 2,2 % Holzfeuchtigkeit. Alle anderen Werte liegen bei einem Rückgang von ca. 0,9 % Holzfeuchtigkeit mit einer Abweichung von 0,3 % Holzfeuchtigkeit.

3.2.2. Veränderung der Holzfeuchtigkeit - Oberflächenbearbeitung

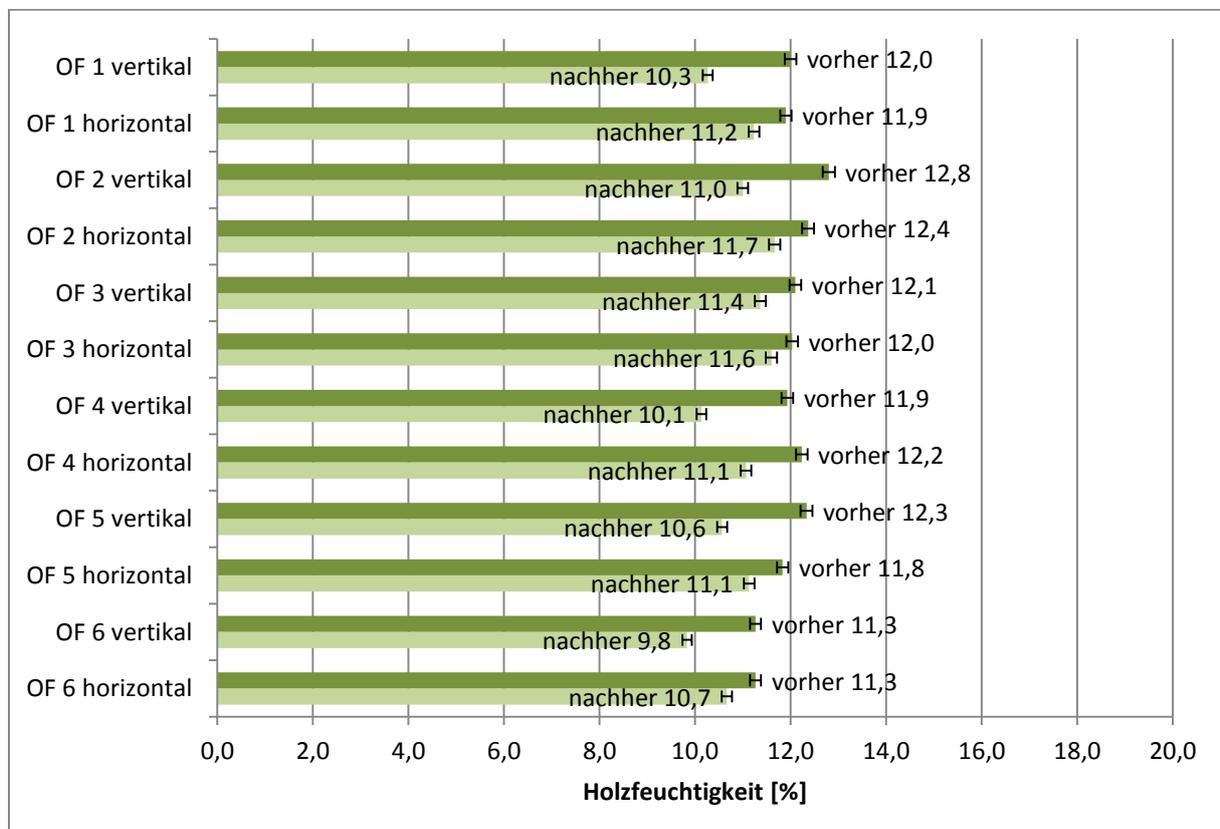
Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Veränderung der Holzfeuchtigkeit anhand der Anordnung und Oberflächenbearbeitung dargestellt. Bei den Messergebnissen handelt es sich um den Mittelwert der jeweiligen drei Muster pro Variante.

Fichte

Bei horizontal angeordneten Mustern bei Fichte ist der Rückgang der Holzfeuchtigkeit im Vergleich zu vertikal angeordneten Mustern im Durchschnitt um 0,5 % niedriger. Die Oberflächenbearbeitungen sägerau (OF2), gehobelt und gebürstet (OF4) und geschliffen (OF6) zeigen den größten Rückgang der Holzfeuchtigkeit an.

Tabelle 8: Die Holzfeuchtigkeit bei Fichte in Abhängigkeit von Ausrichtung und Oberflächenbearbeitung

OF1: gehobelt; OF2: sägerau; OF3: sägerau mit Schritt; OF4: gehobelt und gebürstet; OF5: sägerau mit Schritt und gebürstet; OF6: geschliffen

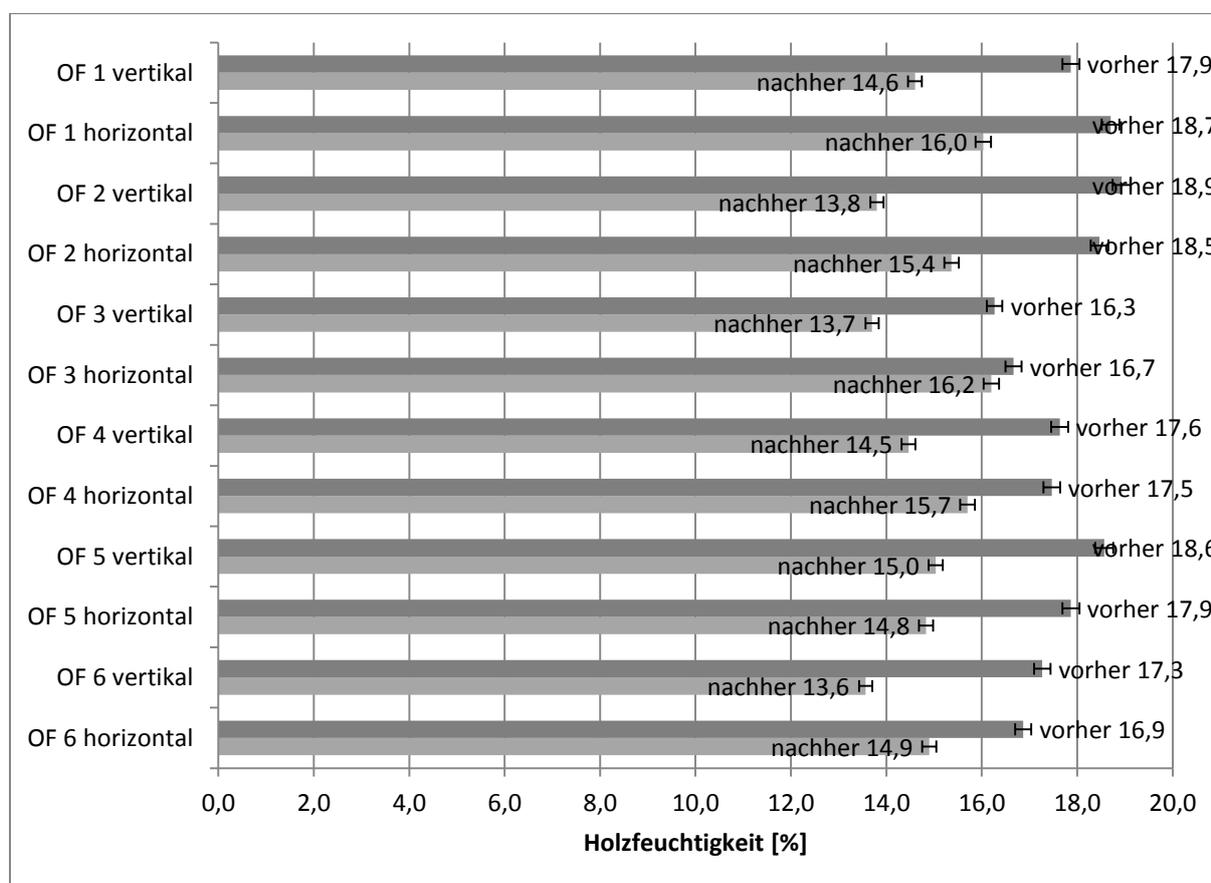


Tanne

Bei Tanne ist der Rückgang der Holzfeuchtigkeit im Vergleich zu Fichte und sib. Lärche am größten. Die vertikal ausgerichteten Muster weisen einen durchschnittlichen Rückgang von 3,6 % Holzfeuchtigkeit im Vergleich zu den horizontal ausgerichteten mit einem Rückgang von 2,2 %. Den größten Rückgang mit 5,1 % gibt es bei Oberfläche sägerau (OF2).

Tabelle 9: Die Holzfeuchtigkeit bei Tanne in Abhängigkeit von Ausrichtung und Oberflächenbearbeitung

OF1: gehobelt; OF2: sägerau; OF3: sägerau mit Schritt; OF4: gehobelt und gebürstet; OF5: sägerau mit Schritt und gebürstet; OF6: geschliffen

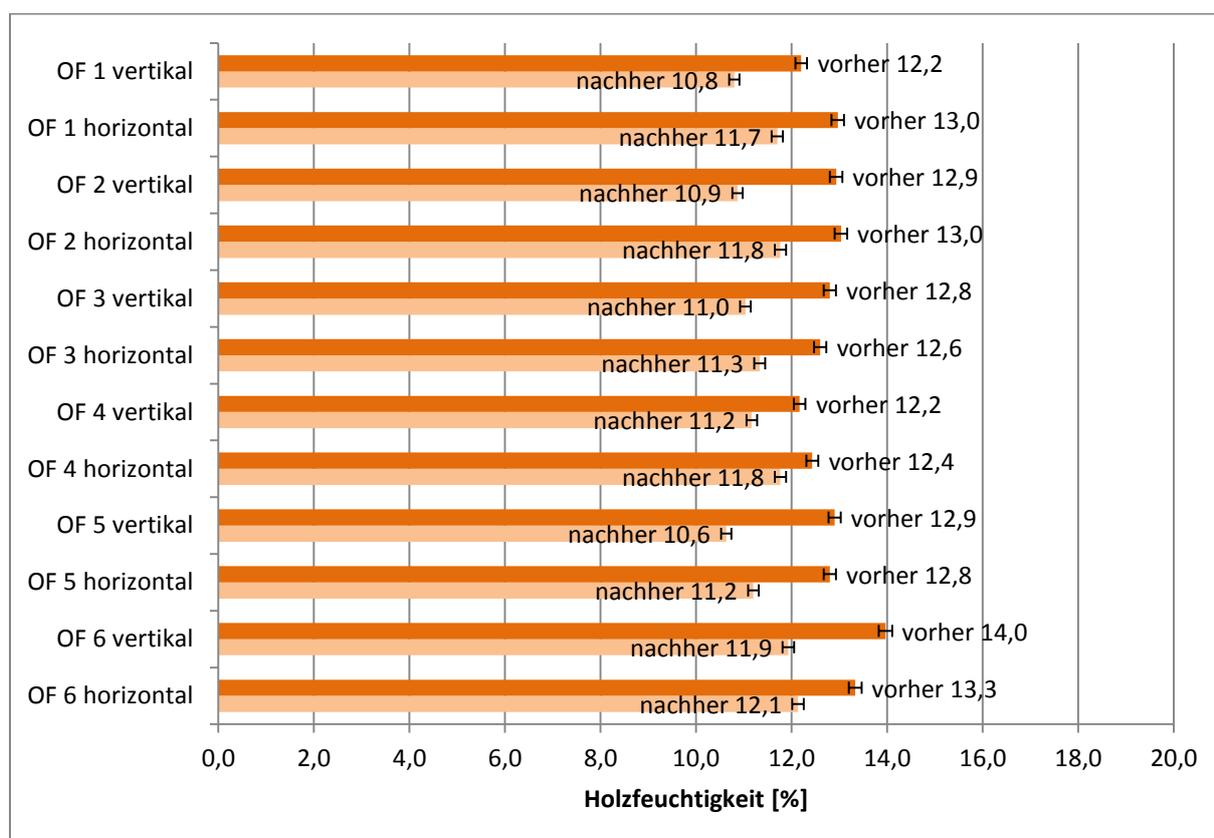


Sibirische Lärche

Beim Rückgang der Holzfeuchtigkeit sind die horizontal und vertikal angeordneten Muster im Vergleich zu Fichte und Tanne am ähnlichsten. Die Oberflächenbearbeitungen und die Ausrichtung haben bei sibirischer Lärche die geringste Schwankung.

Tabelle 10: Die Holzfeuchtigkeit bei sib. Lärche in Abhängigkeit von Ausrichtung und Oberflächenbearbeitung

OF1: gehobelt; OF2: sägerau; OF3: sägerau mit Schritt; OF4: gehobelt und gebürstet; OF5: sägerau mit Schritt und gebürstet; OF6: geschliffen



3.3. Veränderung der Farbe

Bei den Ergebnissen der Farbveränderung wird in Punkt 3.3.1 hinsichtlich Holzart und in Punkt 3.3.2 hinsichtlich Oberflächenbearbeitung die Veränderung dargestellt. Die Farbmessung im L*a*b*-Farbraum sind Mittelwerte aus sechs Messungen, die an der jeweils selben Position anhand einer vorgegebenen Messschablone ermittelt wurden.

3.3.1. Veränderung der Farbe - Holzart

Bei der vergleichenden Untersuchung sind zu der jeweiligen Holzart bei der Veränderung im L*a*b*-Farbraum noch zusätzlich Abbildungen vom Ausgangszustand und dem Endzustand abgebildet. Bei den Abbildungen handelt es sich jeweils um die gehobelte Variante. Bei allen drei Holzarten wurde die Veränderung gemessen. Die größte Veränderung gibt es auf der Achse für Helligkeit (L*-Achse) gefolgt von der Grün-Rot-Achse.

Fichte

Im L*a*b*-Farbraum gibt es den größten Rückgang bei Fichte auf der L*-Achse. Hier wurde ein Rückgang der Helligkeit gemessen. Im Vergleich zu Tanne und sibirischer Lärche gibt es auf der a*-Achse den größten durchschnittlichen Anstieg, der ca. doppelt so hoch ist wie bei den anderen beiden Holzarten. Der Mittelwert aller sechs Oberflächenbearbeitungen bei Fichte in horizontaler Ausrichtung hat eine größere Farbveränderung als die vertikale Ausrichtung.

Tabelle 11: Farbveränderung im L*a*b* Farbraum von Fichte, Mittelwert aller sechs Oberflächenbearbeitungen von horizontaler / vertikaler Ausrichtung

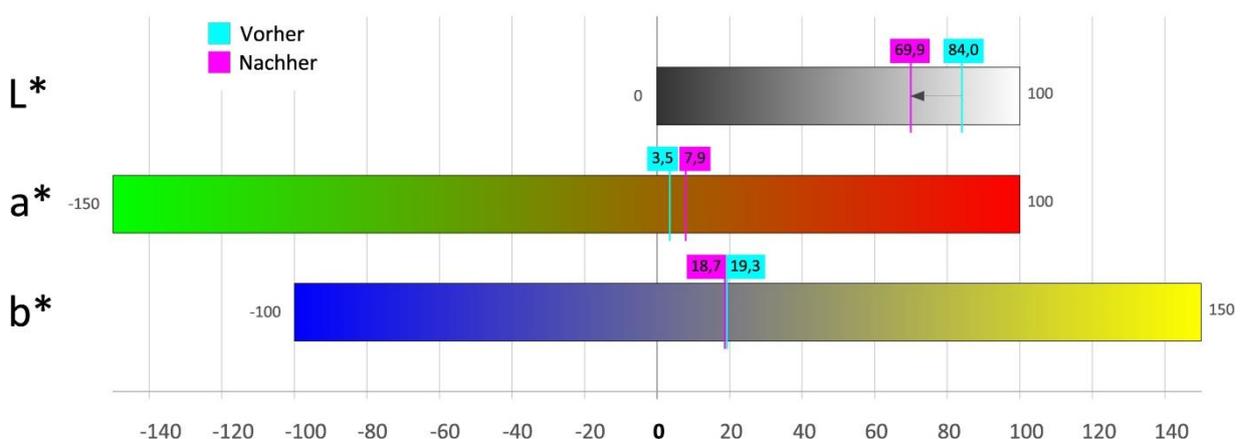




Abbildung 25: Muster Nr. 1 VORHER, Fichte gehobelt, horizontal ausgerichtet

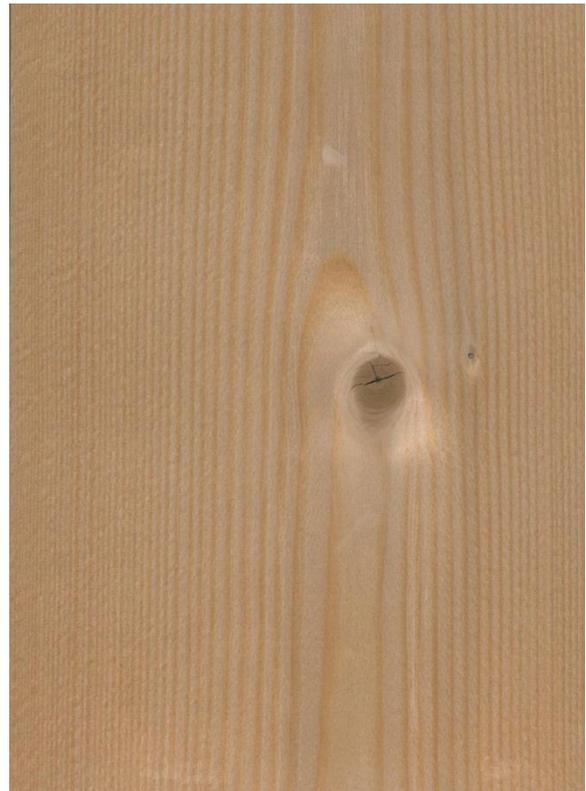


Abbildung 26: Muster Nr. 1 NACHHER, Fichte gehobelt, horizontal ausgerichtet

Der Spätholzjahrring ist vor und nach der Bewitterung dunkler als beim Frühholz. Äste sind nach der Bewitterung gerissen und im Farbton einheitlich dunkelbraun, vorher ist der Farbverlauf im Ast ein verlaufender Brauntön.

Tanne

Bei der Tanne ist durch die Riftqualität der Muster das Erscheinungsbild sehr einheitlich. Im Radialschnitt zeichnen sich die Jahrringe nach der Bewitterung leichter erkennbar ab. Der Farbunterschied von Frühholz und Spätholz wirkt nach der Bewitterung leicht streifig.

Tabelle 12: Farbveränderung im L*a*b* Farbraum von Tanne, Mittelwert aller sechs Oberflächenbearbeitungen von horizontaler / vertikaler Ausrichtung

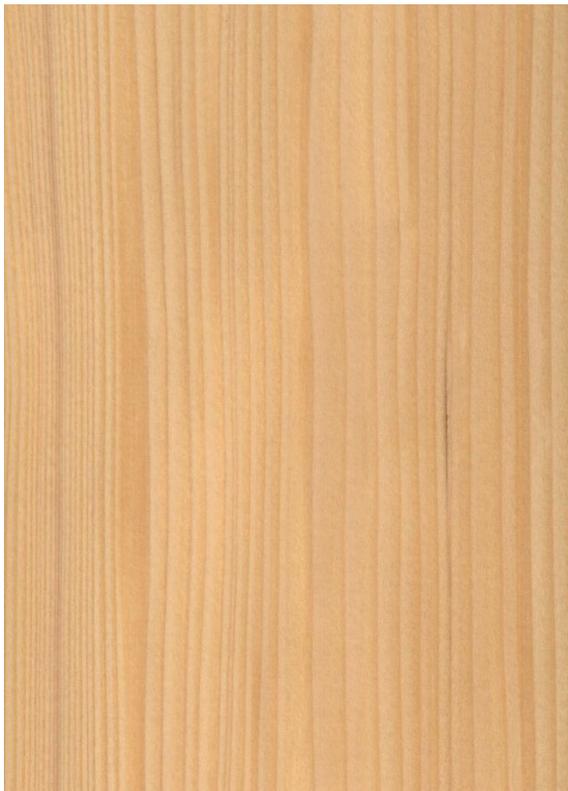
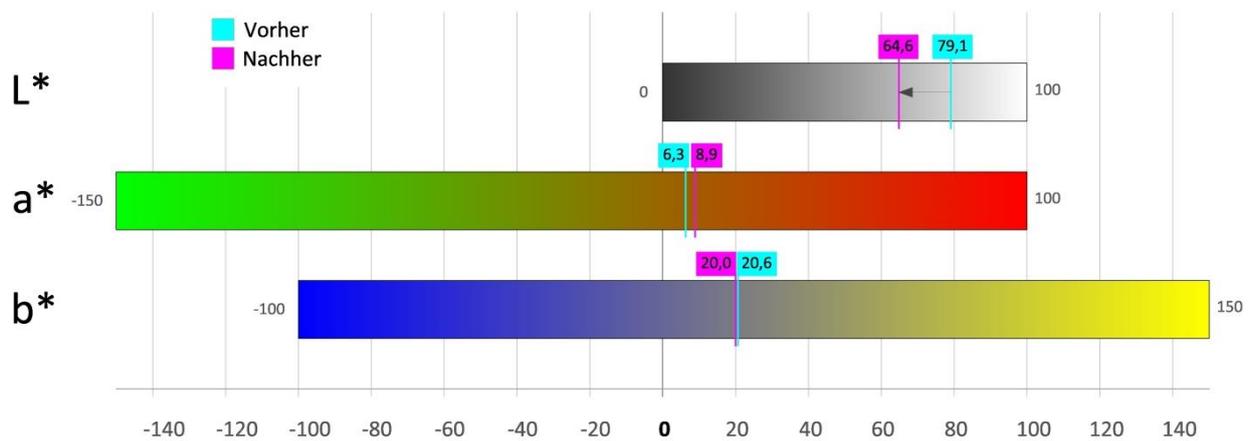


Abbildung 27: Muster Nr. 49 VORHER, Tanne gehobelt



Abbildung 28: Muster Nr. 49 NACHHER, Tanne gehobelt

Sibirische Lärche

Bei sibirischer Lärche gibt es im Vergleich zu Fichte und Tanne auf der L*-Achse die größte Veränderung. Markant fällt die Änderung der b*-Achse auf, die wesentlich größer ist, als die der beiden anderen Hölzer. Beim optischen Erscheinungsbild wirkt die sibirische Lärche teilweise fleckig. Vom Ast weglaufende dunkle Verfärbungen sind entlang der Holzfaser auslaufend.

Tabelle 13: Farbveränderung im L*a*b* Farbraum von sibirischer Lärche, Mittelwert aller sechs Oberflächenbearbeitungen von horizontaler / vertikaler Ausrichtung

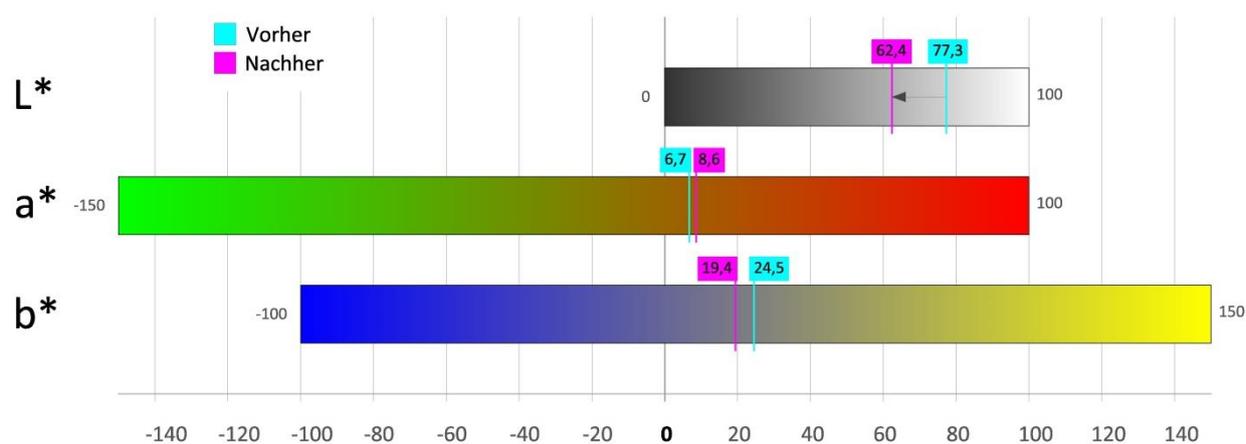


Abbildung 29: Muster Nr. 97 VORHER, Sibirische Lärche gehobelt



Abbildung 30: Muster Nr. 97 NACHHER, Sibirische Lärche gehobelt

3.3.2. Veränderung der Farbe - Oberflächenbearbeitung

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Veränderung der Farbe anhand der Holzart, der Anordnung und Oberflächenbearbeitung dargestellt. Die gesamten Diagramme, die nach Holzart, Oberflächenbearbeitung und Ausrichtung ausgearbeitet wurden, sind im Anhang E ersichtlich. Die Tabelle mit den Farbmessungen ist im Anhang B.

Gehobelt

Bei der gehobelten Oberfläche ist die Farbveränderung bei Fichte und sibirischer Lärche im holzspezifischen Durchschnitt. Bei Tanne ist die Änderung von allen sechs Bearbeitungsvarianten am kleinsten, aber der Unterschied zwischen horizontaler und vertikaler Ausrichtung am größten. Die horizontal ausgerichteten Muster haben eine größere Veränderung gezeigt. Bei Fichte und sibirischer Lärche ist der Unterschied in der Ausrichtung wesentlich geringer. Die vertikalen Muster weisen einen geringeren Farbunterschied auf.

Tabelle 14: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von Tanne, Oberfläche: gehobelt, horizontal ausgerichtet

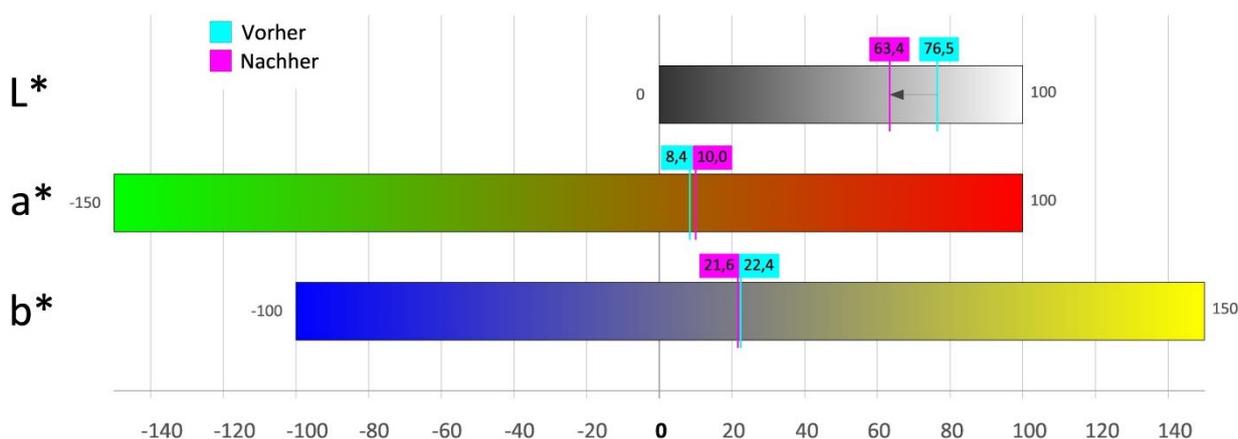
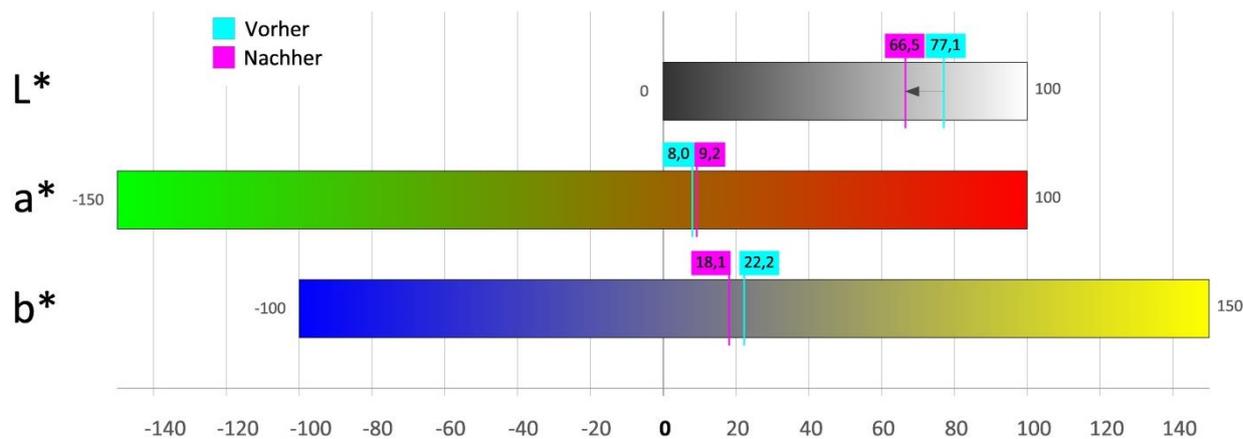


Tabelle 15: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von Tanne, Oberfläche: gehobelt, vertikal ausgerichtet



Sägerau

Eine wesentlich stärkere Farbveränderung hat es bei der sägerauen Oberfläche gegeben. Diese liegt bei allen drei Holzarten über dem holzspezifischen Durchschnitt. Die sibirische Lärche fällt hier auf, da diese hier einen Spitzenwert hat. Auffallend stark ist die Änderung bei Tanne, wobei hier der Unterschied bei der Ausrichtung von allen sechs Bearbeitungsvarianten am größten ist. Die horizontal ausgerichteten Muster haben bei Tanne die stärkste Veränderung, gefolgt von Fichte und der sibirischen Lärche mit einer geringen Änderung.

Tabelle 16: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von Tanne, Oberfläche: sägerau, horizontal ausgerichtet

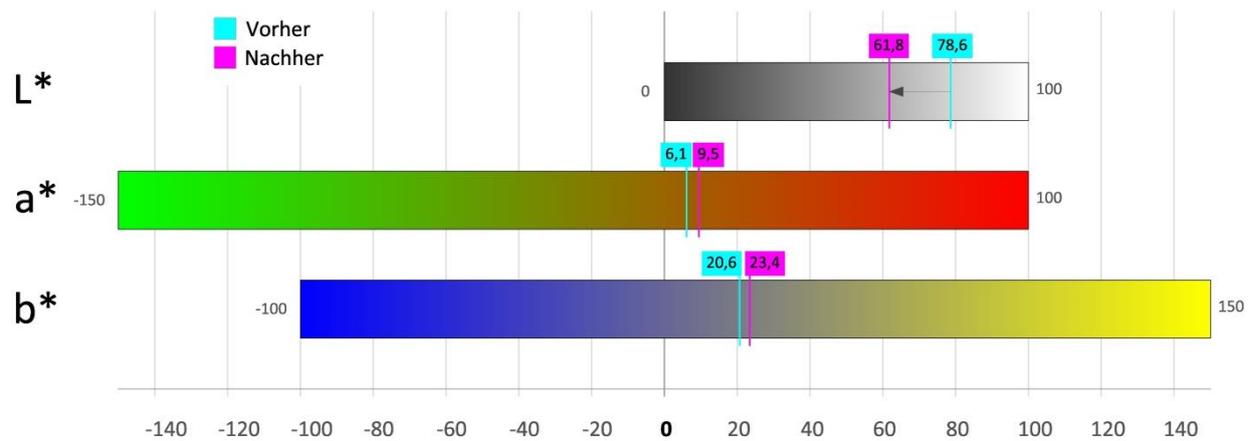
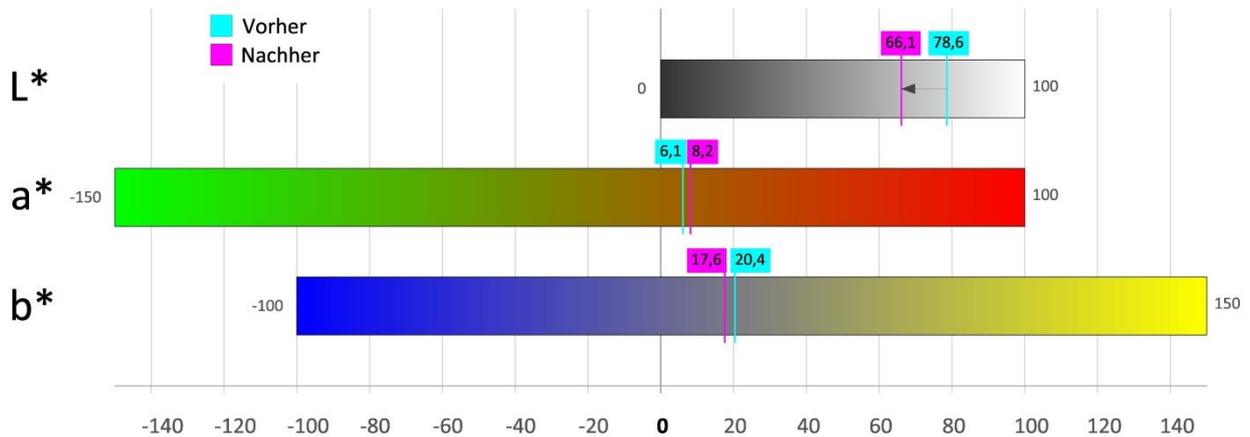


Tabelle 17: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von Tanne, Oberfläche: sägerau, vertikal ausgerichtet



Sägerau mit Schritt

Die Tanne hat ähnlich wie bei "sägerau" eine sehr große Farbveränderung. Im Vergleich zu den anderen beiden Holzarten und Oberflächenbearbeitungen ist die Änderung bei Tanne bei Oberflächenbearbeitung „sägerau mit Schritt“ der gemessene Höchstwert. Stark ist bei der selbigen Holzart auch der Unterschied bei der Anordnung, wobei die horizontal ausgerichteten Muster die größten Farbschwankungen aufweisen. Bei der Ausrichtung von sibirischer Lärche gibt es eine seltene Änderung, die bei der gesamten Untersuchung nur zweimal festgestellt wurde. Hier ist die Farbveränderung bei den horizontal ausgerichteten Mustern größer als bei den vertikal ausgerichteten.

Tabelle 18: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von sibirischer Lärche, Oberfläche: sägerau mit Schritt, horizontal ausgerichtet

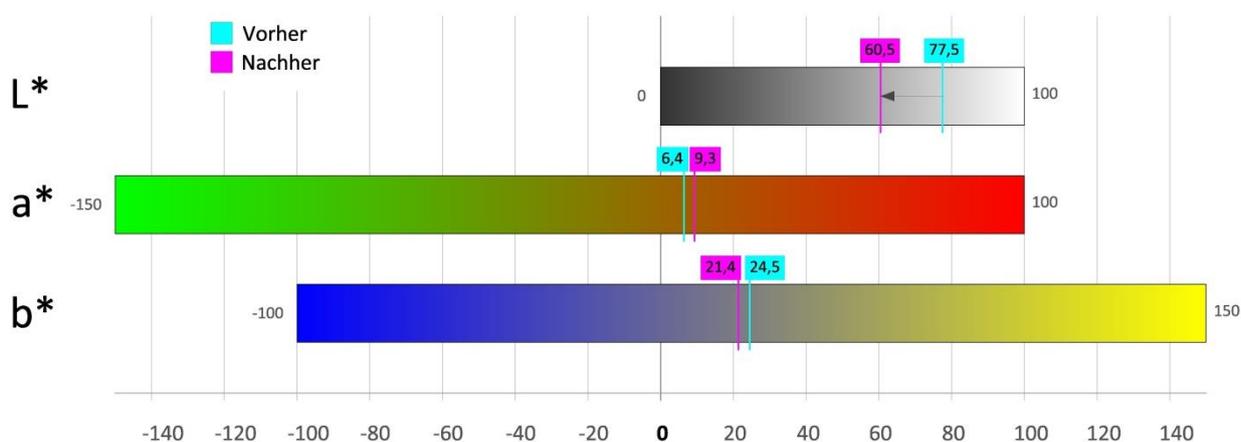
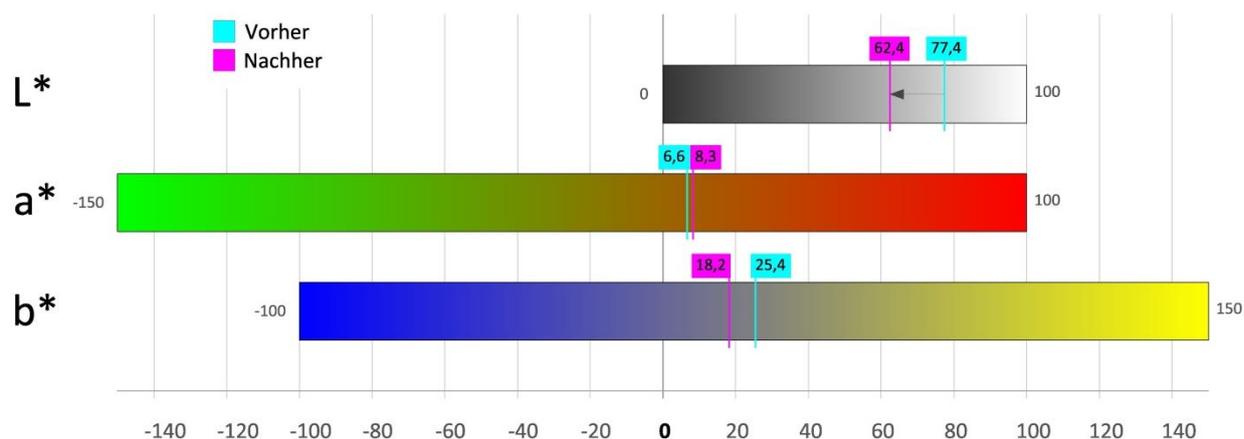


Tabelle 19: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von sibirischer Lärche, Oberfläche: sägerau mit Schritt, vertikal ausgerichtet



Gehobelt und gebürstet

Bei dieser Oberflächenbearbeitung kommt es bei der Fichte zu zwei Extremwerten. Zum einen ist bei der horizontalen Ausrichtung die größte Veränderung gemessen worden. Zum anderen ist bei der vertikalen Ausrichtung die kleinste Änderung festgestellt worden. Daraus ergibt sich bei Fichte in gehobelter und gebürsteter Variante der größte Unterschied zwischen den Ausrichtungen. Auch bei der sibirischen Lärche wurde bei der vertikalen Ausrichtung der niedrigste Wert gemessen. Bei Tanne liegt die Farbänderung unter dem holzspezifischen Durchschnitt.

Tabelle 20: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von Fichte, Oberfläche: gehobelt und gebürstet, horizontal ausgerichtet

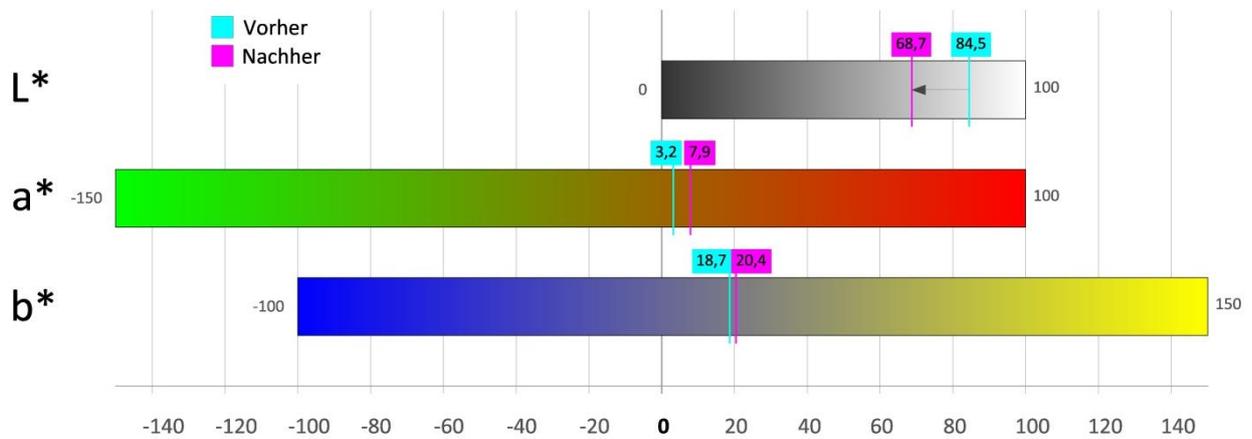
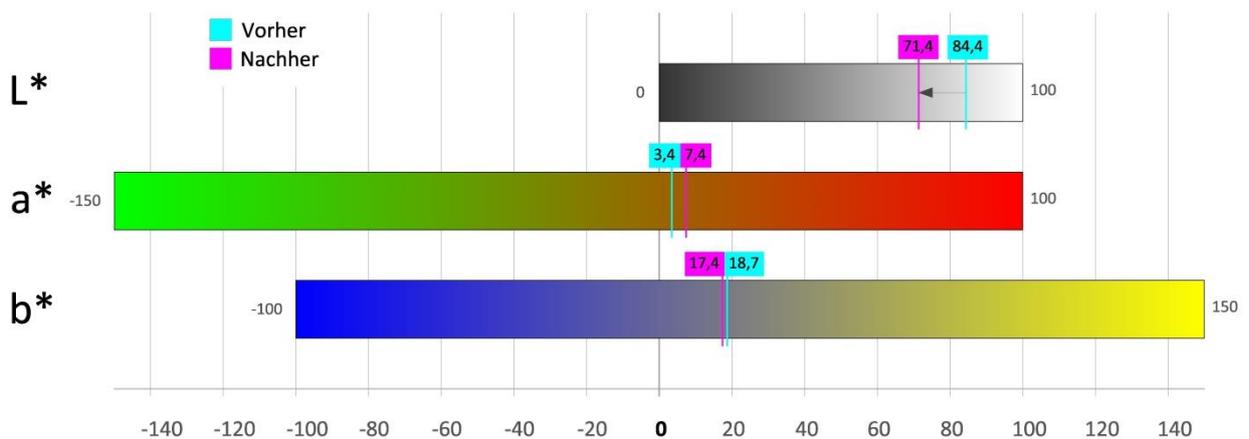


Tabelle 21: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von Fichte, Oberfläche: gehobelt und gebürstet, vertikal ausgerichtet



Sägerau mit Schritt und gebürstet

Die Veränderung nach Ausrichtung ist bei Fichte und sibirischer Lärche im Mittelfeld, bei Tanne ist es der kleinste Wert. Horizontale und vertikale Ausrichtung unterscheiden sich kaum in der Farbveränderung.

Tabelle 22: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von Fichte, Oberfläche: sägerau mit Schritt und gebürstet, horizontal ausgerichtet

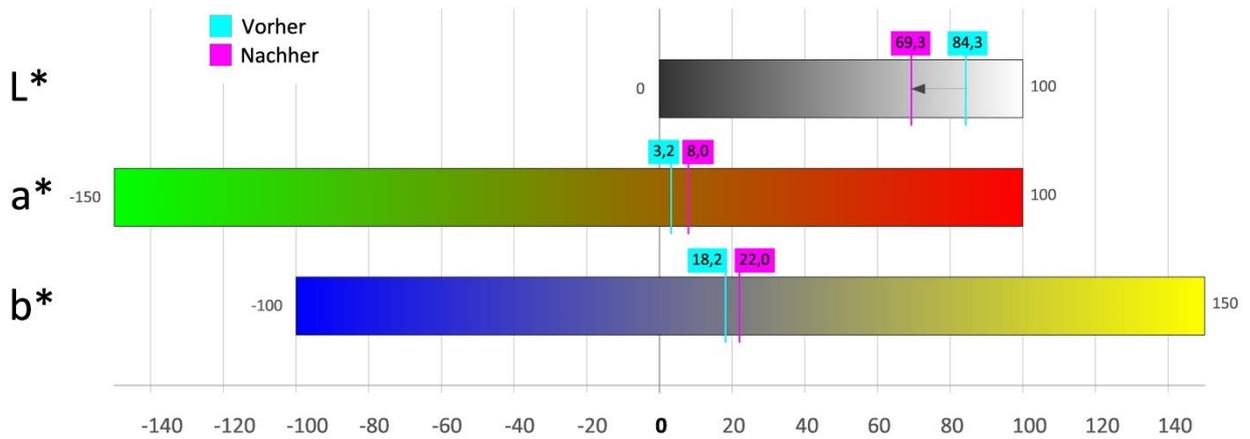
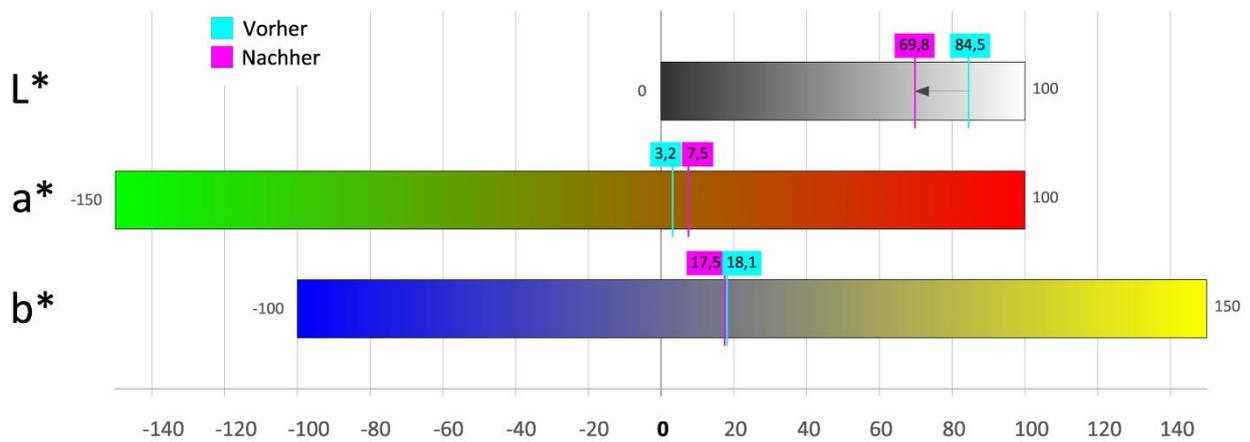


Tabelle 23: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von Fichte, Oberfläche: sägerau mit Schritt und gebürstet, vertikal ausgerichtet



Geschliffen

Bei der geschliffenen Variante gibt es einen Extremwert, der die Ausrichtung betrifft. Die größte Farbabweichung zwischen horizontal und vertikal gibt es bei der sibirischen Lärche. Hier ist der gemessene Wert deutlich über dem Durchschnitt, auch die Farbveränderung im Vergleich zu den anderen Oberflächenbearbeitungen ist sehr hoch. Bei Tanne ist der selte- ne zweite Fall gemessen worden, bei der die vertikal ausgerichteten Muster eine größere Veränderung mit sich brachte. Bei Fichte ist die Änderung im Vergleich zu den anderen fünf Oberflächenbearbeitungen im Mittelfeld.

Tabelle 24: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von sibirischer Lärche, Oberfläche: geschliffen, horizontal ausgerichtet

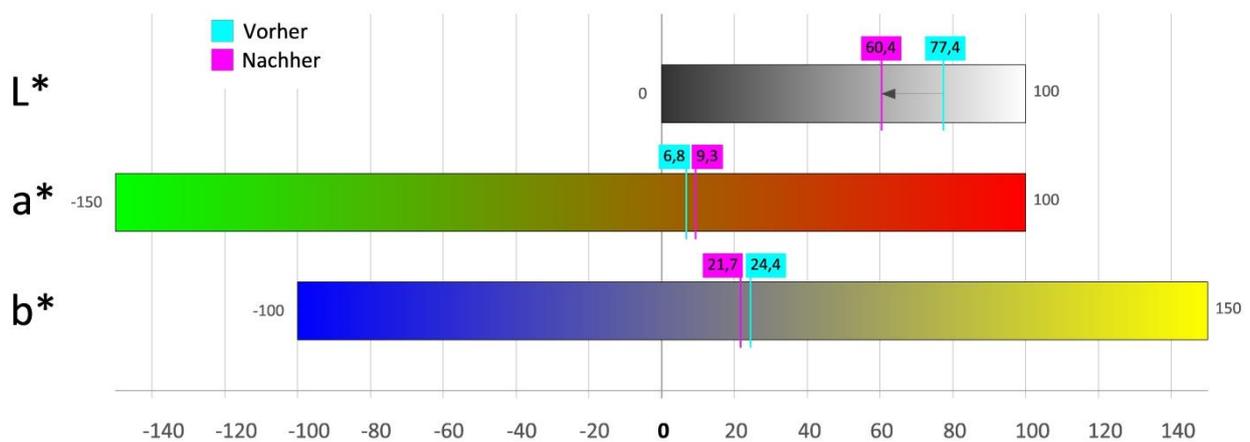
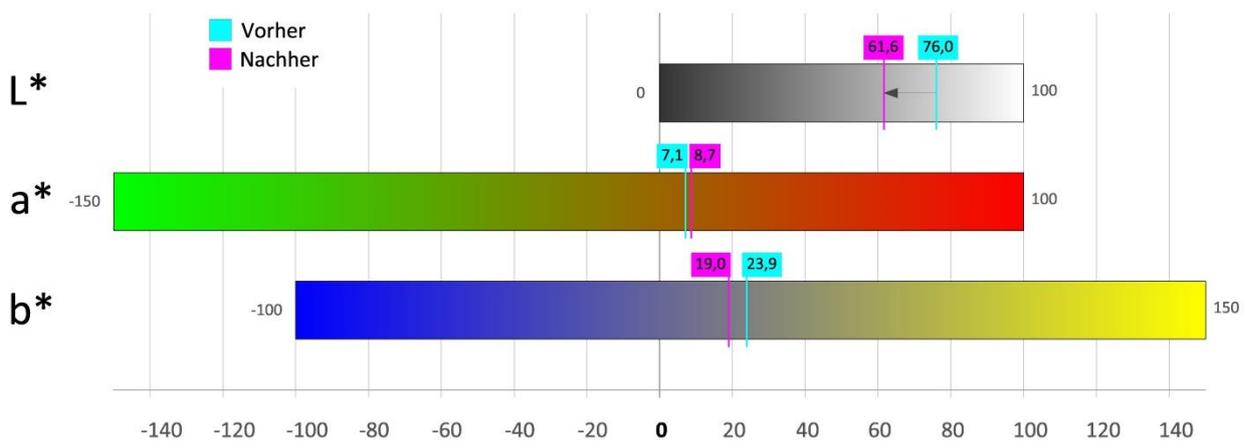


Tabelle 25: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von sibirischer Lärche, Oberfläche: geschliffen, vertikal ausgerichtet



3.4. Veränderung der Oberfläche

Wie in der Einleitung beschrieben, verändert unbehandeltes Holz durch äußere Einflüsse sein Erscheinungsbild und seine Struktur. Bei der nun folgenden subjektiven Beurteilung wurden fünf Kategorien als Anhaltspunkt festgelegt:

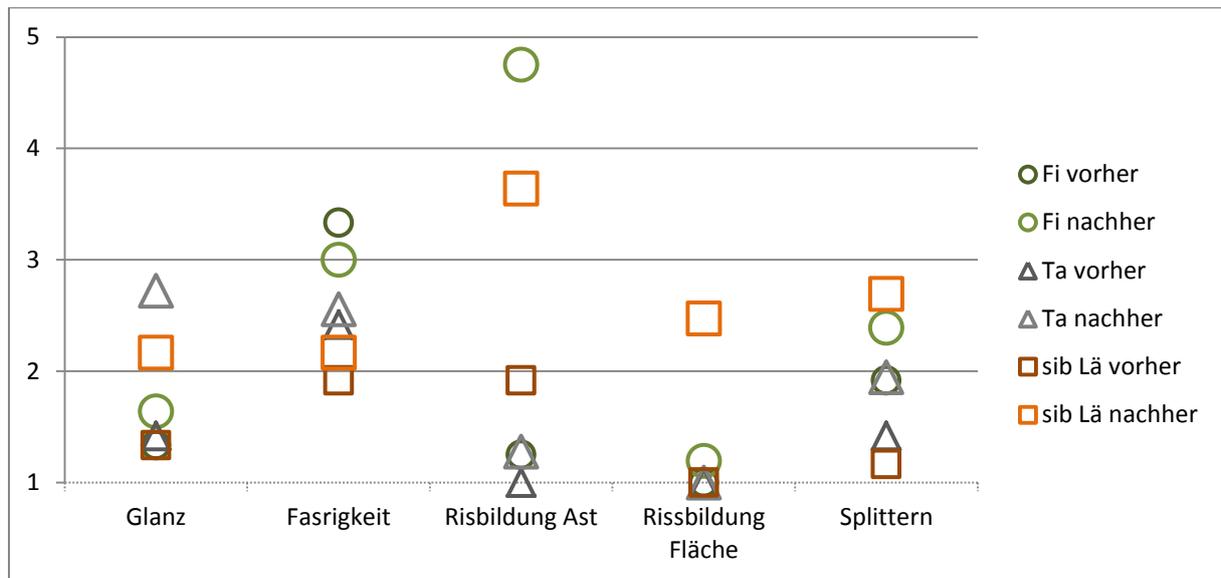
- Glanz
- Fasrigkeit
- Rissbildung beim Ast
- Rissbildung in der Fläche
- Splitterbildung

Die Beurteilung erfolgt anhand einer vorgedruckten Liste, in welche der passende Wert zwischen eins und fünf für jedes Muster eingetragen wurde. Der Wert „1“ steht für „nicht zutreffend“, für den Wert „5“ gilt „voll zutreffend“. Bei der Kategorie „Glanz“ steht der Wert „1“ für „glänzend“ und der Wert „5“ für „matt“. Die Tabelle von der Beurteilung ist im Anhang D angehängt.

3.4.1. Veränderung der Oberfläche - Holzart

Alle drei Holzarten haben eine Veränderung hinsichtlich Struktur und Oberfläche gezeigt. Die Größe der Veränderung schwankt je nach Holzart, Ausrichtung und Oberflächenbearbeitung. Beim Glanz gab es bei der Tanne die größte durchschnittliche Veränderung, gefolgt von sibirischer Lärche und Fichte. Alle drei Holzarten haben an Glanz verloren und sind etwas matter geworden. Bei der Fasrigkeit, das beschreibt die abstehenden Holzfasern welche fest am Musterkörper hängen, gab es zwischen Tanne und sibirischer Lärche zur Fichte einen Unterschied. Bei der Fichte sind die Fasern nach dem Bewitterungsversuch weniger geworden. Bei Tanne und sibirischer Lärche war bei der visuellen Beurteilung ein Anstieg erkennbar. Eine deutlich größere Differenz durch die Bewitterung gibt es bei der Rissbildung im Ast. Die größte und häufigste Rissbildung wurde bei Fichte gefolgt von sibirischer Lärche festgestellt. Auf Grund der Riftqualität in annähernd astreiner Sortierung bei Tanne, wurde hier nur ein sehr kleiner Anstieg erkannt. Bei der Rissbildung in der Fläche gab es die größte Veränderung bei sibirischer Lärche. Bei Fichte wurde eine geringe Rissbildung festgestellt, bei Tanne gar keine Rissbildung in der Fläche. Bei der Splitterbildung gab es bei Fichte und Tanne einen ähnlichen Anstieg, wobei die Tanne einen niedrigeren Ausgangswert einnimmt. Die sibirische Lärche hat bei der Splitterbildung den deutlich höchsten Wert, wobei der Ausgangswert noch unter der Tanne lag.

Tabelle 26: Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit, Fichte Tanne und sibirische Lärche im Vergleich von vorher zu nachher



Bei der Veränderung der Struktur und Oberflächenbeschaffenheit hinsichtlich der Ausrichtung wurde nur eine geringe Abweichung festgestellt. Die größte Änderung gab es bei der sibirischen Lärche bei der Rissbildung im Ast. Hier wurde ein deutlicher Anstieg der Rissbildung bei den vertikal ausgerichteten Mustern dokumentiert. Bei Fichte wurde eine leichte Erhöhung bei horizontaler Ausrichtung bei der Rissbildung beim Ast festgestellt.

Tabelle 27: Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit; Fichte, Tanne und sibirische Lärche im Vergleich von vorher zu nachher; horizontale Ausrichtung

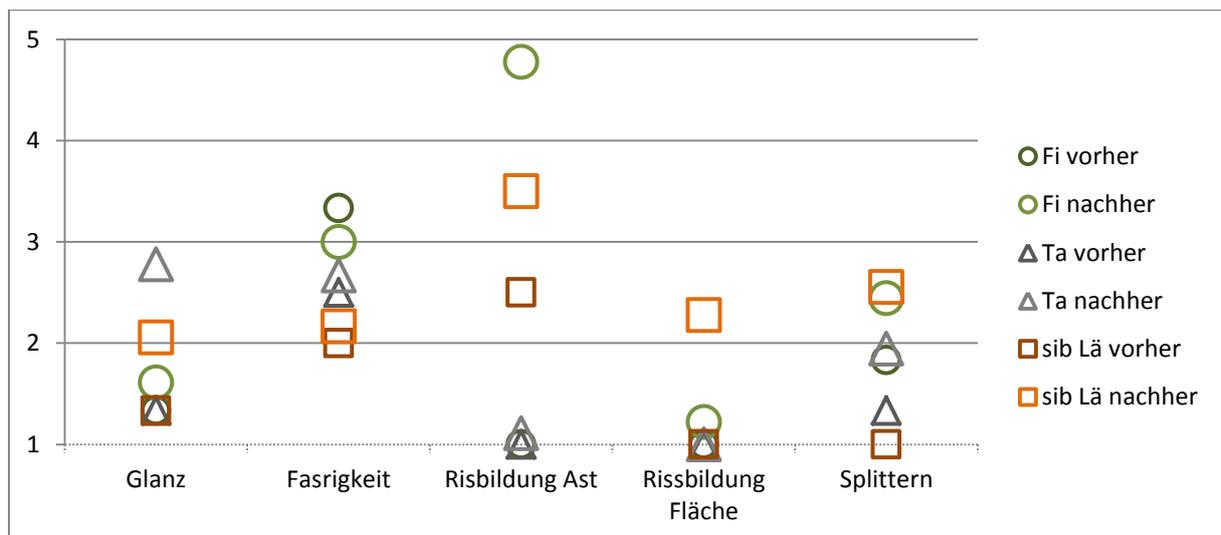
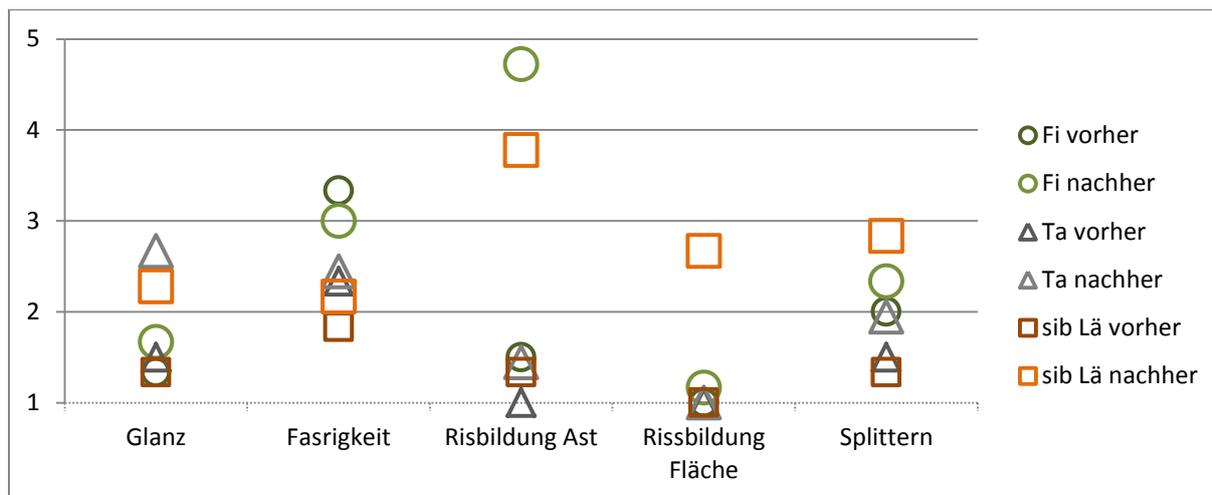


Tabelle 28: Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit; Fichte, Tanne und sibirische Lärche im Vergleich von vorher zu nachher; vertikale Ausrichtung

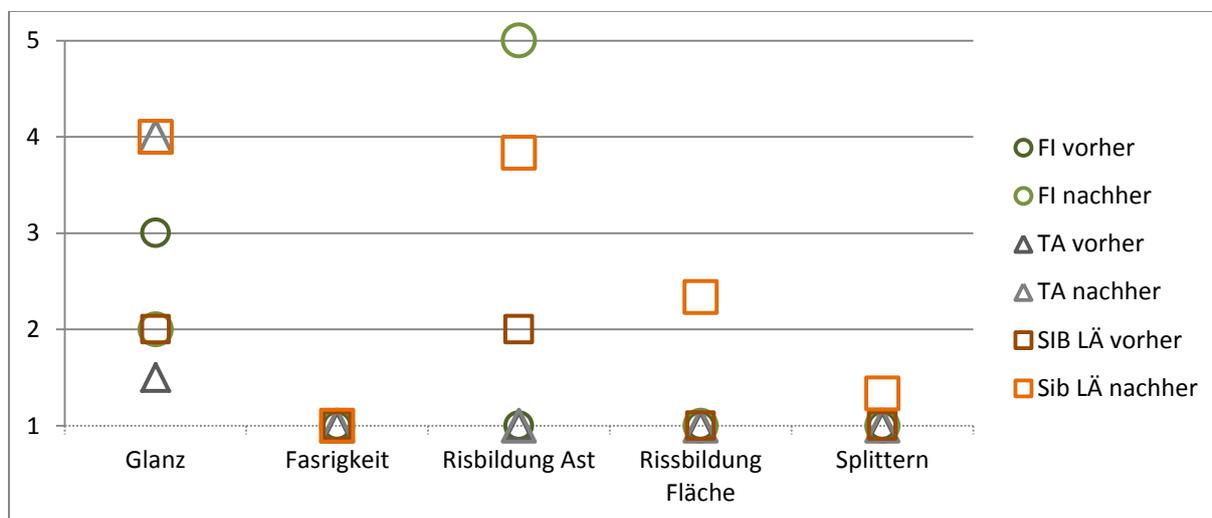


3.4.2. Veränderung der Oberfläche - Oberflächenbearbeitung

Gehobelt

Bei der gehobelten Oberfläche haben sich Tanne und sibirische Lärche gegengesetzt zur Fichte entwickelt. Bei Fichte wurde die Oberfläche matter, bei Tanne und sibirischer Lärche war ein Anstieg des Glanzgrades feststellbar. Alle drei Holzarten haben bei der Fasrigkeit bei der gehobelten Variante keine Veränderung gezeigt. Bei der Rissbildung beim Ast gab es bei Fichte eine große Veränderung. Hier sind fast alle Äste vollständig gerissen. Bei der sibirischen Lärche ist der Anstieg im Vergleich zur Fichte wesentlich geringer. Bei Tanne wurde keine Veränderung festgestellt. Bei der Rissbildung in der Fläche gab es bei Fichte und Tanne keine Veränderung, lediglich bei sibirischer Lärche waren kleine Risse vorhanden. Hier war auch der Eindruck einer leichten Splitterbildung.

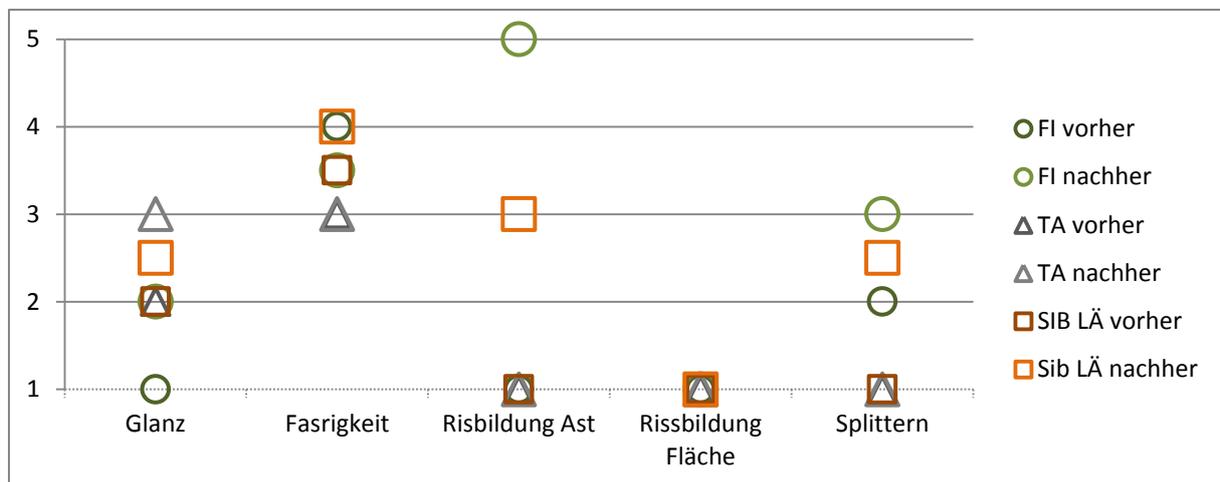
Tabelle 29: Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit; Fichte, Tanne und sibirische Lärche; Oberfläche: gehobelt



Sägerau

Bei der sägerauen Variante gibt es bei allen drei Holzarten einen leichten Verlust beim Glanzgrad. Fichte und Tanne verlieren etwas mehr an Glanz als sibirische Lärche. Den meisten Glanz nach der Bewitterung hat die Fichte, gefolgt von sibirischer Lärche und Tanne. Bei der Fasrigkeit gibt es bei Tanne keine Veränderung. Bei sibirischer Lärche gibt es kleine Zunahmen und bei Fichte eine kleine Abnahme der Fasrigkeit. Bei der Rissbildung gibt es bei Fichte eine ganz starke Zunahme, gefolgt von sibirischer Lärche, die jedoch nur noch halb so stark ist. Bei Tanne gibt es auf Grund der Riftqualität und der annähernd astreinen Sortierung keine Veränderung. Bei der Rissbildung in der Fläche haben alle drei Holzarten keine Veränderung gezeigt. Beim Splittern gibt es bei Fichte und sibirischer Lärche eine kleine Zunahme.

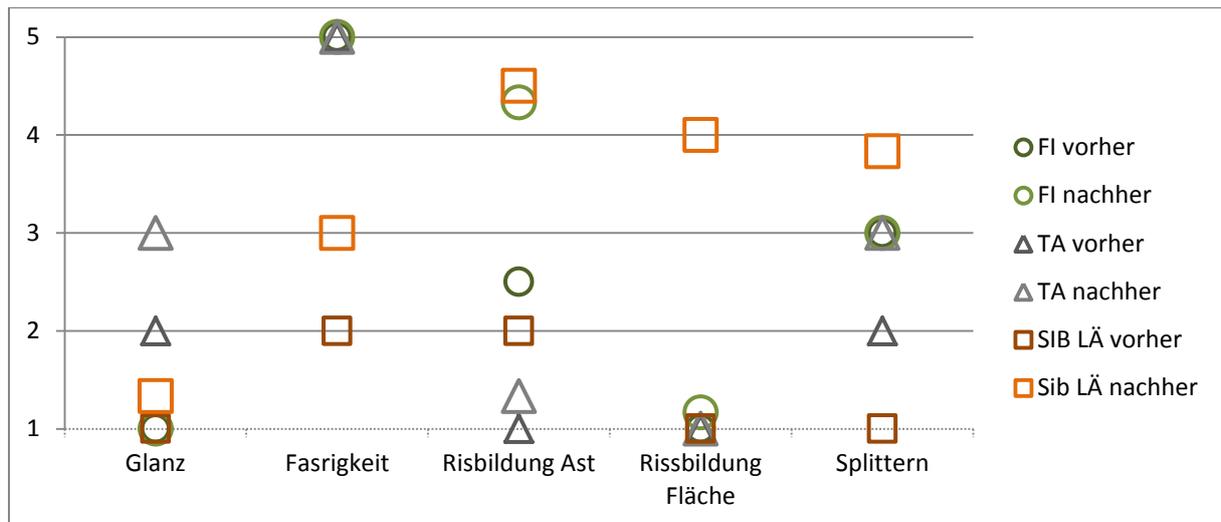
Tabelle 30: Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit; Fichte, Tanne und sibirische Lärche; Oberfläche: sägerau



Sägerau mit Schritt

Beim Glanz gibt es kleine bis keine Veränderungen. Bei Tanne wurde eine kleine Änderung festgestellt, gefolgt von sibirischer Lärche. Bei Fichte gab es keine Änderung. Bei der Fasrigkeit gab es lediglich bei sibirischer Lärche eine kleine feststellbare Umwandlung. Alle drei Holzarten haben bei der Rissbildung beim Ast eine Änderung erfahren. Die stärkste Änderung war bei sibirischer Lärche, gefolgt von Fichte und Tanne. Die Rissbildung in der Fläche war bei Fichte und Tanne kaum vorhanden. Bei der sibirischen Lärche gab es hier einen starken Anstieg. Auch bei der Splitterbildung gab es den größten Anstieg bei der sibirischen Lärche, gefolgt von Tanne. Bei Fichte wurde keine Splitterbildung festgestellt. Im Vergleich zu Fichte und Tanne gibt es bei der sibirischen Lärche eher starke Veränderungen an der Struktur und Oberfläche.

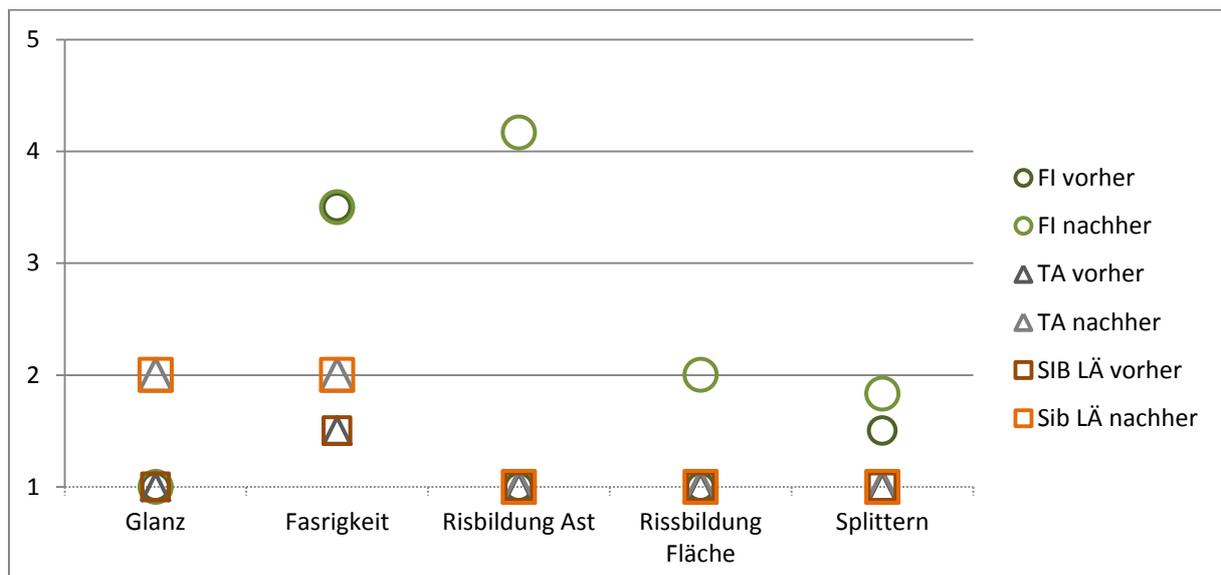
Tabelle 31: Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit; Fichte, Tanne und sibirische Lärche; Oberfläche: sägerau mit Schritt



Gehobelt und gebürstet

Leichte Abweichungen wurden bei Tanne und sibirischer Lärche festgestellt. Hier steigt der Glanzgrad leicht an. Bei der Fasrigkeit gab es lediglich bei Tanne eine kleine Zunahme, wobei die stärkste Fasrigkeit bei Fichte ist. Die Rissbildung beim Ast hat bei der Fichte mit Abstand den höchsten Anstieg. Bei Tanne gab es keinen Anstieg, bei sibirischer Lärche einen kleinen. Die Rissbildung in der Fläche war bei Fichte und sibirischer Lärche wenig, bei Tanne gab es keine Abweichung. Ebenso gab es bei der Splitterbildung bei Tanne keine Veränderung, bei Fichte und sibirischer Lärche jedoch schon. Bei der Oberflächenvariante „gehobelt und gebürstet“ zeigt die Fichte nach der Bewitterung die größten Veränderungen.

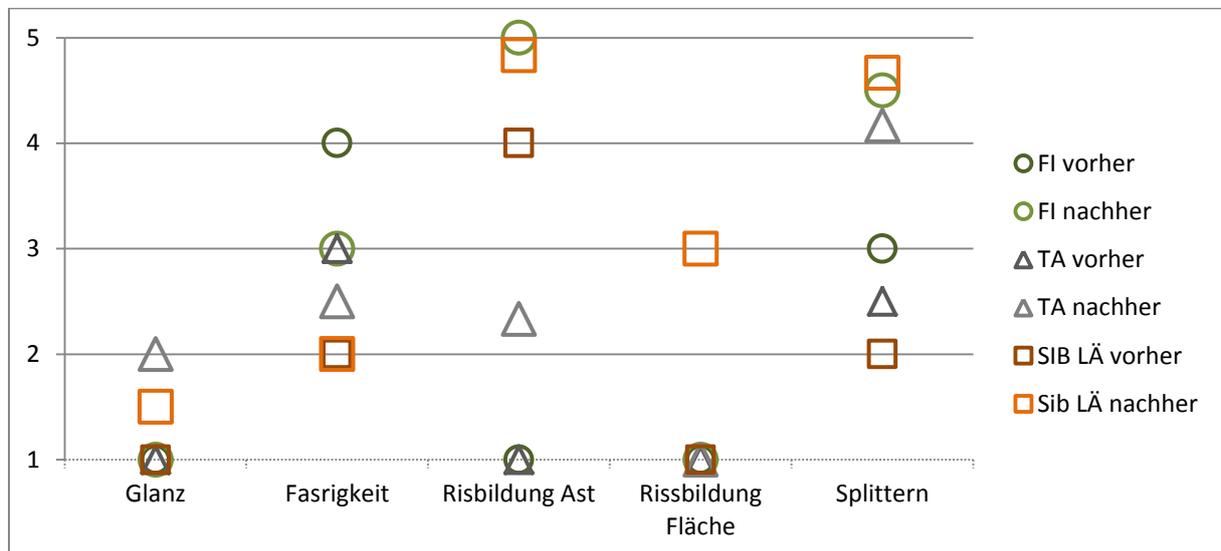
Tabelle 32: Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit; Fichte, Tanne und sibirische Lärche; Oberfläche: gehobelt und gebürstet



Sägerau mit Schritt und gebürstet

Bei dieser Oberflächenbearbeitungsvariante gibt es bei Tanne und sibirischer Lärche eine kleine Veränderung hinsichtlich einer Verminderung des Glanzes. Bei der Fasrigkeit gab es bei Fichte einen kleinen Rückgang, gefolgt von Tanne. Bei sibirischer Lärche gab es keine Abweichung. Bei der Rissbildung beim Ast gab es bei Fichte die maximale Änderung. Nach der Bewitterung gab es bei Fichte fast ausschließlich gerissene Äste. Bei der Rissbildung in der Fläche gab es nur bei der sibirischen Lärche einen spürbaren Anstieg. Alle drei Holzarten haben einen Anstieg bei der Splitterbildung gezeigt, die größte bei der sibirischen Lärche, gefolgt von Tanne und Fichte.

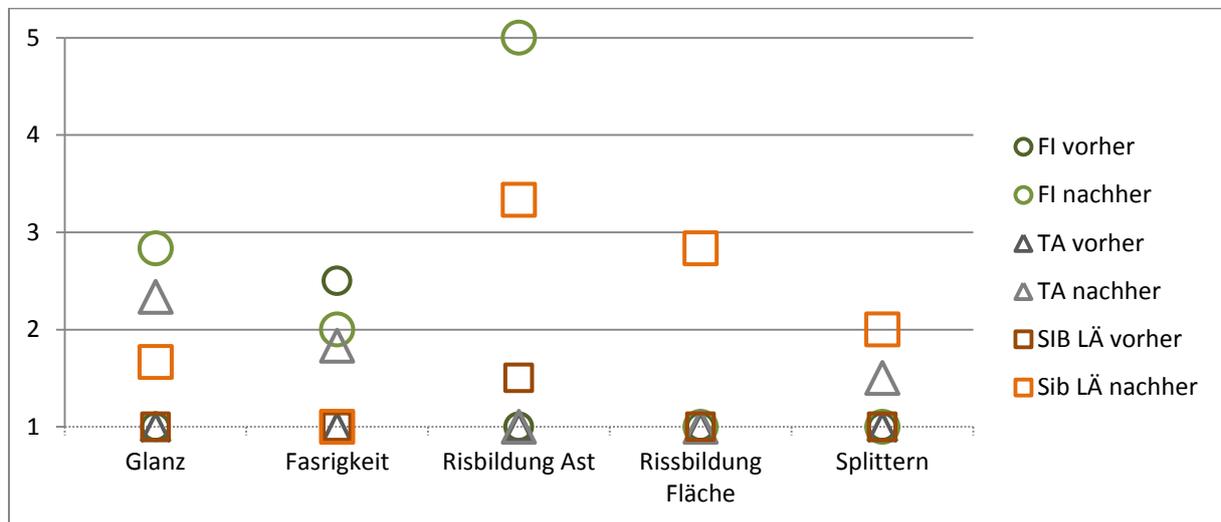
Tabelle 33: Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit; Fichte, Tanne und sibirische Lärche; Oberfläche: sägerau mit Schritt und gebürstet



Geschliffen

Bei der Variante „geschliffen“ gab es bei allen drei Holzarten eine Veränderung hinsichtlich Glanzgrad. Die größte Veränderung erfolgte bei Fichte, gefolgt von Tanne und sibirischer Lärche. Bei allen drei wurden die Oberflächen matter. Bei der Fasrigkeit gab es bei Fichte einen Rückgang, bei Tanne einen leichten Anstieg und bei sibirischer Lärche keine Veränderung. Einen sprunghaften Anstieg gab es bei Fichte bei der Rissbildung beim Ast. Nach der Fichte folgt die sibirische Lärche. Bei der Rissbildung in der Fläche gab es lediglich einen spürbaren Anstieg bei der sibirischen Lärche, bei Fichte und Tanne waren keine Abweichungen feststellbar. Sibirische Lärche und Tanne haben eine leichte Splitterbildung nach der Bewitterung gezeigt.

Tabelle 34: Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit; Fichte, Tanne und sibirische Lärche; Oberfläche: geschliffen



Die von der Holzforschung Austria durchgeführten Kurzinspektionen sind im Anhang C angehängt.

4. Schlussfolgerung und Ausblick

Schlussfolgerung

Bei den sechs Oberflächenbearbeitungen an den drei Nadelholzarten haben sich unterschiedliche Änderungen gezeigt.

Gehobelt: Bei Fichte hat sich durch die Bewitterung ein silbriger Glanz entwickelt und die Oberfläche ist vom ursprünglich glatten Brett leicht strukturiert, ähnlich wie leicht gebürstet, geworden. Ähnlich dazu hat sich bei der Tanne der Frühholzjahrring leicht ausgewaschen, der Späthholzjahrring tritt nach der Bewitterung kräftiger hervor.

Sägerau: Die leicht abstehenden Fasern fühlten sich vor der Bewitterung weich an. Nach der Bewitterung war beim Berühren der Oberfläche der Eindruck leicht „stachelig“. Dieser Eindruck war über die gesamte Fläche sehr gleichmäßig.

Sägerau mit Schritt: Von den sechs Bearbeitungsvarianten ist diese die Auffälligste hinsichtlich Oberflächenstruktur. Eine Veränderung nach der Bewitterung zeigte sich vor allem bei den tiefen Einschnitten bei der Sägestruktur. In diesen Bereichen neigen die Muster zu einer Schieferbildung durch abhebende Jahrringe.

Gebürstet: in manchen Bereichen stellten sich bei allen drei Holzarten kurze Fasern auf, und lässt die Fläche stellenweise „wollig“ wirken.

Sägerau mit Schritt und gebürstet: Ähnlich wie die Variante „sägerau mit Schritt“ ist bei dieser Version eine noch stärkere Schieferbildung aufgefallen, die recht spitze Schiefen hervorruft.

Geschliffen: Bei dieser Bearbeitungsvariante haben die Muster durch die Bewitterung einen leicht „pelzigen“ Eindruck gemacht. Die vorher recht gleichmäßig strukturierte Oberfläche ist stellenweise durch vorstehende Holzfasern ungleicher in der Oberflächenstruktur geworden.

Jahrringlage und Rissbildung

In der Differenzklimakammer wurden 108 Muster geprüft, 36 Stück pro Holzart. Bei Fichte und sibirischer Lärche, also 72 Muster, wurde die von Anfang an gewünschte Seitenware, welche sich schneller als Riftqualität verändern soll, geprüft. Die 36 Muster bei Tanne lassen einen direkten Vergleich zu den anderen beiden Holzarten auf Grund der Riftqualität in annähernd astreiner Sortierung nicht zu. Bei einer weiteren Versuchsreihe sollte streng auf gleiche Holzqualität (Sortierung und Jahrringlage) und auf die zu bearbeitende Seite (rechte und linke Brettseite) gelegt werden, da dadurch noch deutlichere Ergebnisse ablesbar werden.

Bei Fichte und sibirischer Lärche wurden von 72 Mustern, 25 Stück auf der linken Seite (die von der Markröhre abgewendete Seite) und 47 Stück auf der rechten Seite bearbeitet. Bei der Rissbildung in der Fläche wurde nur bei zwei Mustern, welche auf der rechten Seite

bearbeitet wurden, Risse festgestellt. Es handelt sich dabei um Muster in sibirischer Lärche von zwei unterschiedlichen Oberflächenbearbeitungen und jeweils ein Muster ist vertikal und horizontal ausgerichtet. Bei der auf der linken Seite bearbeiteten Muster sind von den 25 Stück bei 11 Stück Riss durch die Bewitterung festgestellt worden, davon sind 10 Muster in sibirischer Lärche. Speziell bei der Oberflächenbearbeitung „sägerau mit Schritt“ und „sägerau mit Schritt und gebürstet“ sind die häufigsten Risse festgestellt worden. Die Verteilung nach Ausrichtung (horizontal / vertikal) ist bei sibirischer Lärche ausgeglichen, so sind fünf Muster in vertikaler Ausrichtung und fünf Muster in horizontaler Ausrichtung mit Rissbildung. Bei rechter und linker Seite kann eine Aussage über eine wesentlich stärker auftretende Rissbildung auf der linken Brettseite getroffen werden. Die Rissbildung geht sehr oft radial von der Markröhre aus.

Bei allen drei Holzarten viel die Rissbildung im Ast auf, hier sind fast alle Äste durch die Bewitterung gerissen.



Abbildung 31: Muster 103 VORHER, Sibirische Lärche gehobelt



Abbildung 32: Muster Nr. 103 NACHHER, Sibirische Lärche gehobelt

Ausblick

Weiterführung des Bewitterungsversuches: Wie beim Kapitel Material & Methode beschrieben, kann die Differenzklimakammer eine Schnellbewitterung durchführen. Diese Bewitterung kann durch keinen Umrechnungsfaktor in eine natürliche Bewitterung umgerechnet werden, da in der Differenzklimakammer keine Mikroorganismen und keine Verschmutzung simuliert werden können. Aus diesem Grund soll die Bewitterung der Muster anschließend in einem Freiversuch unter natürlichen Bedingungen weitergeführt werden. Die Referenzmustergruppe, welche keiner Bewitterung ausgesetzt wurde, und eine zusätzliche Mustergruppe vom aktuellen Stand nach der Prüfung in der Differenzklimakammer sollen wieder als Referenz für den Naturversuch trocken und lichtgeschützt aufbewahrt werden.

Konstruktiver Holzschutz

Zum großen Staunen brachte mich bei der Demontage der Bewitterungsfelder die Unterkonstruktion aus feinjähriger sibirischer Lärche. Die auf der zu prüfenden abgewendeten Seite, welche vollflächig auf einer EPDM-Folie aufgelegt ist, war stark verfärbt und völlig durchfeuchtet. Beim Versuch, durch eine kapazitive Messung, die Holzfeuchtigkeit zu ermitteln, schaltete sich das Messgerät ab, was für eine Holzfeuchtigkeit von mindestens über 40% steht. Das vollflächige Anliegen an der Folie ermöglichte absolut kein Abtrocknen der Unterkonstruktion. Bei der Demontage der Bewitterungsfelder wurde das Bewusstsein für konstruktiv richtige Lösungen im Holzbau zusätzlich geschärft. Ein luftumspülter Querschnitt, welcher keine großen Kapillarfugen oder vollflächige Auflageseiten hat, ist auf Grund einer langen Nutzungsdauer absolut empfehlenswert. Neu war für mich, dass in so kurzer Zeit, vier Wochen Prüfdauer mit stark wechselnden Beanspruchungen, eine einwandfreie und technisch getrocknete Holzleiste eine so starke Veränderung erfährt.

Bei der Recherche über industrielle Produktionsprozesse wie Hobeln, Bürsten und Schneiden mit einer Bandsäge in der Holzverarbeitung wurde wenig aktuelle Literatur gefunden.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Holz im Kreislauf der Natur (Oyen Thomas et al, (2011) Holz im Außenbereich , 1. Auflage, Köln: Bruderverlag)	8
Abbildung 2: Fichte gehobelt	10
Abbildung 3: Fichte geschliffen.....	11
Abbildung 4: Fichte gehobelt und gebürstet.....	11
Abbildung 5: Fichte sägerau	12
Abbildung 6: Fichte sägerau mit Schritt.....	12
Abbildung 7: Die 2,5 2,5m große Prüffläche mit der unterschiedlichen Bewitterungsbeanspruchung.	20
Abbildung 8: Einteilung der Muster nach Bewitterungsbeanspruchung	22
Abbildung 9: Belegung der Prüfkammer vor Bewitterungsstart	23
Abbildung 10: Differenzklimakammer mit geöffneten Türen. Die 25 Bewitterungsfelder sind montiert, das Beregnungsmodul vorgehängt und das UV-Bestrahlungsmodul für die Kurzbesichtigung von der Prüfwand weggeklappt. (Holzforschung Austria)	25
Abbildung 11: Die angelieferten Holzmuster in unterschiedlicher Länge.....	26
Abbildung 12: Dimension Muster horizontal	27
Abbildung 13: Dimension Muster vertikal	27
Abbildung 14: Zusammenbau der Muster zu Bewitterungsfelder	28
Abbildung 15: Montage der Bewitterungsfelder auf die 2,5 x 2,5m große Prüfwand.....	29
Abbildung 16: Differenzklimakammer Horizontalschnitt H1 - H1	30
Abbildung 17: Differenzklimakammer Vertikalschnitt V1 -	30
Abbildung 18: Messung der Holzfeuchtigkeit mit Merlin HM8 – WS25, darunter eine Styroporunterlage	32
Abbildung 19: L* a* b* Farbraum (http://cmyktastic.ch/lithografie/farbmeterik/ am 08.06.2015, 08:42 Uhr).....	32
Abbildung 20: Farbmessung mit Messschablone in der Prüfkammer nach dem Bewitterungsversuch	33
Abbildung 21: Farbmessgerät - BYK Gardner, Color-guide.....	33
Abbildung 22: Demontiertes Bewitterungsfeld nach der Bewitterungsprüfung mit durchfeuchteter Unterkonstruktion	35
Abbildung 23: Tanne mit Riftqualität nach der Bewitterung	35

Abbildung 24: Sibirische Lärche mit liegenden Jahrringen nach der Bewitterung	35
Abbildung 25: Muster Nr. 1 VORHER, Fichte gehobelt, horizontal ausgerichtet	42
Abbildung 26: Muster Nr. 1 NACHHER, Fichte gehobelt, horizontal ausgerichtet.....	42
Abbildung 27: Muster Nr. 49 VORHER, Tanne gehobelt	43
Abbildung 28: Muster Nr. 49 NACHHER, Tanne gehobelt.....	43
Abbildung 29: Muster Nr. 97 VORHER, Sibirische Lärche gehobelt.....	44
Abbildung 30: Muster Nr. 97 NACHHER, Sibirische Lärche gehobelt	44
Abbildung 31: Muster 103 VORHER, Sibirische Lärche gehobelt	59
Abbildung 32: Muster Nr. 103 NACHHER, Sibirische Lärche gehobelt	59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifikation der natürlichen Dauerhaftigkeit gegen holzerstörende Pilze (lt. ÖNORM EN 350-2)	9
Tabelle 2: Anzahl der Holzmuster nach Ausrichtung, Holzart und Oberflächenbearbeitung	19
Tabelle 3: Ablauf vom wöchentlichen Bewitterungszyklus	24
Tabelle 4: Ablauf der geplanten Bewitterungsprüfung und Dokumentationszeitpunkte.....	24
Tabelle 5: Materialbestellung und ursprünglich geplante Oberflächenbearbeitungsorte	26
Tabelle 6: Vergleich der Holzfeuchtigkeit – Mittelwert der drei Holzarten.....	37
Tabelle 7: Vergleich der Holzfeuchtigkeit - Mittelwert der jeweiligen Probengruppe unterteilt in horizontaler und vertikaler Anordnung	37
Tabelle 8: Die Holzfeuchtigkeit bei Fichte in Abhängigkeit von Ausrichtung und Oberflächenbearbeitung	38
Tabelle 9: Die Holzfeuchtigkeit bei Tanne in Abhängigkeit von Ausrichtung und Oberflächenbearbeitung	39
Tabelle 10: Die Holzfeuchtigkeit bei sib. Lärche in Abhängigkeit von Ausrichtung und Oberflächenbearbeitung	40
Tabelle 11: Farbveränderung im L*a*b* Farbraum von Fichte, Mittelwert aller sechs Oberflächenbearbeitungen von horizontaler / vertikaler Ausrichtung	41
Tabelle 12: Farbveränderung im L*a*b* Farbraum von Tanne, Mittelwert aller sechs Oberflächenbearbeitungen von horizontaler / vertikaler Ausrichtung	43
Tabelle 13: Farbveränderung im L*a*b* Farbraum von sibirischer Lärche, Mittelwert aller sechs Oberflächenbearbeitungen von horizontaler / vertikaler Ausrichtung	44
Tabelle 14: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von Tanne, Oberfläche: gehobelt, horizontal ausgerichtet	45
Tabelle 15: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von Tanne, Oberfläche: gehobelt, vertikal ausgerichtet	45
Tabelle 16: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von Tanne, Oberfläche: sägerau, horizontal ausgerichtet	46
Tabelle 17: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von Tanne, Oberfläche: sägerau, vertikal ausgerichtet	46
Tabelle 18: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von sibirischer Lärche, Oberfläche: sägerau mit Schritt, horizontal ausgerichtet	47

Tabelle 19: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von sibirischer Lärche, Oberfläche: sägerau mit Schritt, vertikal ausgerichtet	47
Tabelle 20: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von Fichte, Oberfläche: gehobelt und gebürstet, horizontal ausgerichtet	48
Tabelle 21: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von Fichte, Oberfläche: gehobelt und gebürstet, vertikal ausgerichtet.....	48
Tabelle 22: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von Fichte, Oberfläche: sägerau mit Schritt und gebürstet, horizontal ausgerichtet	49
Tabelle 23: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von Fichte, Oberfläche: sägerau mit Schritt und gebürstet, vertikal ausgerichtet.....	49
Tabelle 24: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von sibirischer Lärche, Oberfläche: geschliffen, horizontal ausgerichtet	50
Tabelle 25: Farbveränderung im L*a*b*-Farbraum von sibirischer Lärche, Oberfläche: geschliffen, vertikal ausgerichtet.....	50
Tabelle 26: Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit, Fichte Tanne und sibirische Lärche im Vergleich von vorher zu nachher.....	52
Tabelle 27: Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit; Fichte, Tanne und sibirische Lärche im Vergleich von vorher zu nachher; horizontale Ausrichtung.....	52
Tabelle 28: Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit; Fichte, Tanne und sibirische Lärche im Vergleich von vorher zu nachher; vertikale Ausrichtung	53
Tabelle 29: Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit; Fichte, Tanne und sibirische Lärche; Oberfläche: gehobelt	53
Tabelle 30:Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit; Fichte, Tanne und sibirische Lärche; Oberfläche: sägerau	54
Tabelle 31: Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit; Fichte, Tanne und sibirische Lärche; Oberfläche: sägerau mit Schritt.....	55
Tabelle 32: Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit; Fichte, Tanne und sibirische Lärche; Oberfläche: gehobelt und gebürstet	55
Tabelle 33: Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit; Fichte, Tanne und sibirische Lärche; Oberfläche: sägerau mit Schritt und gebürstet.....	56
Tabelle 34: Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit; Fichte, Tanne und sibirische Lärche; Oberfläche: geschliffen	57

Literaturverzeichnis

Andritschke Stefan et al, (2012) **Verwendung von Holz im Außenbereich**, 1. Auflage, München: Deutsche Verlags-Anstalt

Schnabel Thomas, (2009) **Holzoberflächen – Klassifizierung, Modellbildung und Umweltsimulation von optischen Eigenschaften**, Technische Universität München

Kaufmann Hermann et al, (2012) **Bauen mit Holz – Wege in die Zukunft**, München, Prestel Verlag

Tretter Andreas, (2012) **Beschichtung von Holzoberflächen im Außenbereich**, Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller

Wagenführer André, (2008) **Taschenbuch der Holztechnik**, München: Carl Hanser Verlag

proHolz, (2001) **Zuschnitt 4**, Wien: proHolz Austria

proHolz, (2006a) **Holzspektrum**, 1. Auflage, Wien: proHolz Austria

Wagenführer Rudi, (2007) **Holzatlas**, 6. Auflage, München: Carl Hanser Verlag

Oyen Thomas et al, (2011) **Holz im Außenbereich**, 1. Auflage, Köln: Bruderverlag

proHolz, (2006b) **Zuschnitt 23**, Wien: proHolz Austria

König Franz et al, (1998) **Tischler Werkstoffe**, 5. Auflage, Wien: Österreichischer Gewerbeverlag

Nutsch Wolfgang et al, (2007) **Holztechnik Fachkunde**, 21. Auflage, Haan-Gruiten: Verlag Europa Lehrmittel

Anhang

Anhang A

fortlaufende Nummer	Holzart	Oberfläche	Probe- körper	Muster- brett	Prüffeld	Jahrringlage	bearbeitete Seite	Länge [mm]	Breite [mm]	Stärke [mm]	Messung 1 (03. 01. 2015)			Messung 2 (11. 02. 2015)		
											Holzfeuchtigkeit Rand [%]	Holzfeuchtigkeit Mitte [%]	Holzfeuchtigkeit Rückseite Mitte [%]	Holzfeuchtigkeit Rand [%]	Holzfeuchtigkeit Mitte [%]	Holzfeuchtigkeit Rückseite Mitte [%]
1	Fichte (1)	gehobelt (1)	1	3	B 4	Seitenware	Links	482	95	20	11	12	10,3	13,1	11,7	
2			4	B 5	Seitenware	Links	482	95	20	12,8	12,5	12,3	15,5	14,1		
3			1	A 4	Seitenware + Kern	Links	482	95	20	11,9	11,7	11,1	13	12,3		
4			2		Seitenware	Links	482	95	20	11,7	11,1					
5			3	C 2	Seitenware	Links	484	95	20	11,7	11,8	9,9	10,4	10,9		
6			4	A 3	Seitenware	Links	484	95	20	11,7	11,5	10,4	12,6	11,6		
7			1	A 2	Seitenware + Kern	Links	461	95	20	12,6	13,1	10,5	12,1	12,1		
8			2		Seitenware	Links	460	95	20	12,2	12,2					
9		1	B 4	Seitenware	Rechts	482	95	20	11,6	11,8	10,6	11,8	12,2			
10		2	B 5	Seitenware	Rechts	482	95	20	13,8	13,3	13,9	15,4	16,1			
11		3	A 4	Seitenware	Rechts	482	95	20	11,7	11,8	10,5	11,7	12,3			
12		4		Seitenware	Rechts	482	95	20	13,2	13,6						
13		5	1	C 2	Seitenware	Rechts	484	95	20	12,4	12,2	10,6	11,2	11,7		
14		6	3	E 3	Seitenware	Rechts	484	95	20	13,9	14,3	12,1	13	13		
15		7	4	A 2	Seitenware	Rechts	484	95	20	12,1	12,5	10,3	11,8	12,3		
16		8	2		Seitenware	Rechts	484	95	20	13,2	13					
17		1	B 4	Seitenware	Rechts	482	94	20	12,3	11,7	11,9	12,4	13,5			
18		2	B 5	Seitenware	Rechts	482	95	20	12,3	12,2	13	15	14,8			
19		3	B 1	Seitenware	Rechts	482	95	20	11,5	11,9	9,9	10,5	10,6			
20		4	1		Seitenware	Rechts	482	94	20	11,8	12,1					
21		5	2	C 2	Seitenware	Rechts	483	94	20	11,8	11,4	10,6	11,3	11,2		
22		6	3	A 3	Seitenware	Rechts	483	94	20	12,5	12,8	12	14,1	13,5		
23		7	4	A 2	Seitenware	Rechts	483	95	20	12	12,3	11,5	12,2	13,1		
24		8	1		Seitenware	Rechts	483	95	20	12,4	12,8					
25		1	B 4	Seitenware	Rechts	482	95	19,5	12,4	12,4	12,4	11	11,9	13,1		
26		2	B 5	Seitenware	Rechts	482	95	20	12,2	12,1	12,2	13,5	13,7			
27		3	1	C 1	Seitenware + Kern	Links	482	95	20	12,1	12,4	10	10,7	10,7		
28		4	2		Seitenware	Rechts	482	95	20	12,1	12					
29		5	1	C 2	Seitenware	Links	483	95	20	12,6	12,8	10,5	11,2	11,6		
30		6	2	D 3	Seitenware	Rechts	483	95	20	11,7	11,5	10	10,5	10,7		
31		7	3	E 2	Seitenware	Rechts	483	95	20	11,5	11,7	9,9	10,8	10		
32		8	4		Seitenware	Rechts	472	95	20	12,9	12					
33		1	B 4	Seitenware	Rechts	482	95	20	12	12	11,1	13,6	12,2			
34		2	B 5	Seitenware	Rechts	482	95	20	12	12,2	12,4	17,8	12,9			
35		3	2	B 1	Seitenware	Rechts	482	94	20	11,5	12	9,9	10,5	10,3		
36		4	1		Seitenware	Rechts	482	95	20	12,7	11,7					
37		5	1	C 2	Seitenware	Rechts	483	94	20	13,4	14,6	10,9	13,5	12,9		
38		6	3	B 3	Seitenware	Rechts	483	95	20	11,9	12,1	11,1	12,2	12,1		
39		7	4	E 2	Seitenware	Rechts	483	95	20	11,7	13,2	9,7	11,7	10,3		
40		8	2		Seitenware	Rechts	483	94	20	11,6	12,4					
41		1	B 5	Seitenware	Links	482	95	18,4	10,8	10,7	10,8	14,3	11,9			
42		2	A 5	Seitenware + Kern	Links	482	95	18,4	12,1	12,5	12	15,6	12,2			
43		3	C 1	Seitenware	Links	482	95	18,4	10,9	11,1	9,2	9,3	9,8			
44		4	2		Seitenware	Links	482	95	18,4	11	10,6					
45		5	2	B 2	Seitenware + Kern	Links	483	95	18,4	10,8	10,7	9,8	10,3	10,3		
46		6	3	D 3	Seitenware	Links	483	95	18,4	10,7	10,5	9,4	11,2	10,2		
47		7	4	D 1	Seitenware	Links	465	95	18,4	12,3	12,1	10,3	11	10,9		
48		8	1		Seitenware + Kern	Links	462	95	18,4	11,6	11,6					

fortlaufende Nummer	Holzart	Oberfläche	Probe- körper	Muster- brett	Prüf- feld	Jahring- lage	bearbeitete Seite	Messung 1 (03.01.2015)				Messung 2 (11.02.2015)				Rückseite Mitte [%]
								Länge [mm]	Breite [mm]	Stärke [mm]	Holzfeuchtigkeit Mitte [%]	Holzfeuchtigkeit Rand [%]	Länge [mm]	Breite [mm]	Stärke [mm]	
49	Tanne (2)	gehobelt (1)	1	C 4	Halbrift		482	95	20,2	17,6	17,2	14,9	17,1	16,2		
50			2	C 5	Rift		482	95	20,2	21,7	21,7	18,7	25,8	20,7		
51			3	E 5	Rift		482	95	20,2	16,8	16,8	14,5	17,2	14,6		
52			4	Halbrift		482	95	20,2	21,1	20,6						
53			5	1 D 2	Rift		484	95	20,2	17,8	16,8	14,7	16,3	15,9		
54			6	4 B 3	Rift		460	95	20,2	18,8	18,4	15,1	17,4	16,2		
55			7	3 E 2	Rift		459	95	20,2	17	17,3	14	15,3	14,6		
56			8	2	Rift		454	95	20,2	18,8	18,2					
57		1	C 4	Halbrift		482	95	20	17,9	17,5	15,1	17,7	16,8			
58		2	C 5	Halbrift		482	95	20	19,4	18,5	17,1	20,7	19,8			
59		3	4 E 5	Rift		482	95	20	18,1	17,4	13,9	18,8	14,6			
60		4	3	Rift		482	94	20	17							
61		5	3 B 2	Rift		476	94	20	17,2	17	13,7	16,2	14,7			
62		6	1 D 3	Halbrift		483	95	20	17,7	17,3	14,1	14,8	15,2			
63		7	4 E 2	Rift		483	95	20	21,9	23	13,6	23,7	14,6			
64		8	2	Halbrift		483	95	20	22,7	23						
65		1	C 4	Halbrift		482	94	20	18,4	16,6	18,6	22,9	23,9			
66		2	3 C 5	Halbrift		482	95	20	15,8	16	15,8	19,9	18,1			
67		3	4 A 5	Rift		482	94	20	15,8	15,9	14,2	17,8	16			
68		4	1	Rift		482	95	20	19,6	16,8						
69		5	1 D 2	Rift		483	95	20	17,1	18,2	13,3	15,9	14,4			
70		6	2 B 3	Halbrift		483	94	20	15,7	16,3	13,5	16,1	15,6			
71		7	3 A 3	Halbrift		483	95	20	16	15,4	14,3	17,8	16			
72		8	4	Rift		483	95	20	16,7	16,7						
73		1	C 4	Halbrift		482	95	20	17,1	17,1	15,7	17,8	16,8			
74		2	C 5	Rift		482	94	20	17,4	17,2	16,3	18,9	17,8			
75		3	3 A 4	Halbrift		482	95	20	17,9	17,3	15,1	17,7	16,1			
76		4	4	Rift		482	94	20	17,9	17,3						
77		5	4 B 2	Rift		483	95	20	17,8	17,1	14,5	15,4	15,4			
78		6	3 D 3	Halbrift		483	95	20	17,5	17,5	14,1	14,7	15,1			
79		7	2 A 3	Rift		483	95	20	17,6	17,4	14,8	18	16,5			
80		8	1	Halbrift		460	95	20	17,7	17,4						
81		1	C 4	Halbrift		482	94	20	15,5	15,5	14,9	24,8	17,6			
82		2	2 A 5	Rift		482	95	20	16,5	16,1	14,8	17,6	15,9			
83		3	4 A 4	Rift		482	95	20	21,6	22	14,8	23,4	17,2			
84		4	3	Halbrift		482	94	20	23,2	22,4						
85		5	1 D 2	Halbrift		483	95	20	18,7	16,4	16	14,1	16,4			
86		6	2 B 3	Rift		483	95	20	16,4	16,7	13,6	17	14,9			
87		7	4 A 3	Rift		483	95	20	20,6	20,3	15,5	18,9	19			
88		8	3	Halbrift		483	94	20	22,2	20						
89		1	C 5	Rift		482	94	18,4	16,4	16,6	15,6	19,5	17,6			
90		2	3 A 5	Halbrift		482	95	18,4	17,8	17,8	15,1	18,8	16			
91		3	4 A 4	Rift		482	95	18,4	16,4	16,8	14	17,1	15			
92		4	2	Halbrift		482	95	18,4	17,1	17,5						
93		5	4 B 2	Rift		483	95	18,4	17,3	17,1	13,7	20,6	14,6			
94		6	3 D 3	Halbrift		483	95	18,4	17,2	16,8	13,9	15,5	14,7			
95		7	2 D 1	Halbrift		483	95	18,4	17,2	16,8	13,1	14,4	13,5			
96		8	1	Rift		482	94	18,4	16,9	16,5						

fortlaufende Nummer	Holzart	Oberfläche	Probekörper	Musterbreit	Prüfprofil	Jahringlage	bearbeitete Seite	Länge [mm]	Breite [mm]	Stärke [mm]	Messung 1 (03. 01. 2015)			Messung 2 (11. 02. 2015)		
											Holzfeuchtigkeit Rand [%]	Holzfeuchtigkeit Mitte [%]	Holzfeuchtigkeit Rand [%]	Holzfeuchtigkeit Mitte [%]	Holzfeuchtigkeit Rand [%]	Holzfeuchtigkeit Mitte [%]
97	Sib. Lärche (3)	gehobelt (1)	1	1	D 4	Seitenware	Rechts	482	95	20	13,9	13,7	12,6	13,3	14,4	
98			2	2	D 5	Seitenware	Rechts	482	95	20	12,3	12,1	11,6	12,4	13	
99			3	4	E 5	Seitenware	Links	482	95	20	12,7	12,6	10,9	12,7	10,8	
100			4	3	A 3	Seitenware	Rechts	482	95	20	11,5	10,9				
101			5	3	B 2	Seitenware	Rechts	478	95	20	12,2	11,7	11,7	12,5	12,7	
102			6	2	B 3	Seitenware	Rechts	483	95	20	11,8	11,6	10,8	11,2	12,2	
103			7	4	E 3	Seitenware	Links	483	95	20	12,6	13,2	9,9	9,8	10,4	
104			8	1	A 3	Seitenware	Rechts	463	95	20	13,3	13,2				
105		1	1	D 4	Seitenware	Rechts	482	95	20	14,7	14,7	12,8	14,1	15,2		
106		2	2	D 5	Seitenware	Rechts	482	95	20	12	11,6	11,6	11,3	12,8		
107		3	4	E 4	Seitenware	Rechts	482	94	20	12,4	12,5	10,9	12,5	11,9		
108		4	3	A 3	Seitenware	Rechts	482	95	20	13,9	14,3					
109		5	2	D 2	Seitenware	Rechts	483	95	20	11,5	11,4	10	10,5	11,5		
110		6	3	C 3	Seitenware	Rechts	483	95	20	14,5	14,9	12,3	12,9	13,7		
111		7	4	E 3	Seitenware	Rechts	483	94	20	12,8	13,4	10,3	11,3	11,3		
112		8	1	A 3	Seitenware	Rechts	477	95	20	14,9	15,2					
113		1	1	D 4	Seitenware	Links	482	94	20	12,9	12,7	11,4	12,5	13		
114		2	2	D 5	Seitenware	Rechts	482	94	20	11,9	12,1	11,4	11,9	12,4		
115		3	4	E 4	Seitenware	Links	482	94	20	13	13,2	11,2	13,9	11,7		
116		4	3	A 3	Seitenware	Rechts	482	95	20	13,7	13,7					
117		5	1	D 2	Seitenware	Links	483	94	20	12,6	12,7	10,8	11,1	10,9		
118		6	2	C 3	Seitenware	Rechts	483	95	20	12,8	12,7	11,7	12	13,9		
119		7	4	E 3	Seitenware	Links	483	93	20	13	13,4	10,6	11,4	11,4		
120		8	3	A 3	Seitenware	Rechts	483	95	20	13,4	13,7					
121		1	4	D 4	Seitenware	Rechts	482	94	20	12,8	12,8	12,4	12,5	14,1		
122		2	3	D 5	Seitenware	Rechts	482	94	20	13,6	12,8	13,1	12,4	14,3		
123		3	2	E 4	Seitenware + Kern	Rechts	482	95	20	10,9	10,3	9,8	11,7	10		
124		4	1	A 1	Seitenware + Kern	Rechts	482	95	20	10,1	10,3					
125		5	4	A 2	Seitenware	Rechts	483	94	20	11,8	12,6	11,4	12,9	13,4		
126		6	2	C 3	Kernbrett	Links	483	95	20	11,2	10,3	10,1	9,8	10,5		
127		7	3	E 3	Seitenware	Rechts	459	92	20	13,5	12,4	12	13	13,5		
128		8	1	A 3	Seitenware	Rechts	463	95	20	10,9	10,9					
129		1	1	D 4	Seitenware	Links	482	93	20	12,4	12,4	11,6	12,5	12,8		
130		2	2	E 5	Seitenware	Rechts	482	95	20	12,3	12,3	10,7	11,8	12,7		
131		3	3	E 4	Seitenware	Links	482	94	20	13,7	14,2	11,3	12,7	12		
132		4	4	A 4	Seitenware	Rechts	482	95	20	13,1	14,7					
133		5	1	E 2	Seitenware	Links	483	93	20	13,1	12,8	10,4	10,8	11,1		
134		6	2	C 3	Seitenware	Rechts	483	95	20	12,7	13,2	11	12,7	13,4		
135		7	3	D 1	Seitenware	Links	483	94	20	12,9	14	10,5	11,7	11,1		
136		8	4	A 4	Seitenware	Rechts	483	94	20	14,3	14,1					
137		1	4	D 5	Seitenware	Rechts	482	95	18,5	13,8	14	12,6	14,5	15,5		
138		2	3	E 5	Seitenware	Rechts	482	95	18,5	15	14,3	13	14,5	14,3		
139		3	2	E 4	Seitenware	Rechts	482	95	18,5	11,2	10,3	10,8	12,8	12		
140		4	1	A 1	Seitenware	Rechts	482	94	18,5	11,9	11,6					
141		5	4	A 2	Seitenware	Rechts	482	95	18,5	14,4	14,4	12,2	12,2	14,7		
142		6	3	C 3	Seitenware	Rechts	482	95	18,5	15,2	13,7	12,9	13,9	13,9		
143		7	2	D 1	Seitenware	Rechts	482	95	18,5	12,3	11	10,7	10,4	11,3		
144		8	1	A 1	Seitenware	Rechts	473	95	18,5	12,3	12					

Anhang B

Farbmessung VOR Bewitterungsprüfung

CIELab			L*	a*	b*
SAMPLE_001	12.01.15 12:16:57	6	85,86	3,33	20,85
SAMPLE_002	12.01.15 12:21:50	6	81,88	4,71	21,61
SAMPLE_003	12.01.15 12:09:28	6	84,87	4,01	20,93
SAMPLE_005	12.01.15 13:56:54	6	82,73	4,18	21,44
SAMPLE_006	12.01.15 12:51:16	6	84,01	3,83	21,40
SAMPLE_007	12.01.15 13:47:52	6	84,83	3,56	21,10
SAMPLE_009	12.01.15 12:18:02	6	84,04	3,72	19,29
SAMPLE_010	12.01.15 12:22:30	6	83,57	3,54	20,69
SAMPLE_011	12.01.15 12:08:37	6	85,02	3,22	19,32
SAMPLE_013	12.01.15 13:56:13	6	84,75	3,15	18,78
SAMPLE_014	12.01.15 13:39:03	6	83,26	3,68	20,88
SAMPLE_015	12.01.15 13:47:12	6	84,31	3,45	19,32
SAMPLE_017	12.01.15 12:18:46	6	82,08	3,63	20,87
SAMPLE_018	12.01.15 12:23:04	6	83,58	3,66	20,30
SAMPLE_019	12.01.15 13:54:33	6	81,40	3,86	19,23
SAMPLE_021	12.01.15 13:57:30	6	81,07	4,06	20,73
SAMPLE_022	12.01.15 12:52:00	6	82,67	3,52	19,63
SAMPLE_023	12.01.15 13:46:20	6	82,05	3,87	20,25
SAMPLE_025	12.01.15 12:19:25	6	84,14	3,34	18,86
SAMPLE_026	12.01.15 12:23:53	6	84,06	2,97	18,90
SAMPLE_027	12.01.15 13:59:31	6	85,19	3,29	18,29
SAMPLE_029	12.01.15 13:55:33	6	84,78	3,32	18,24
SAMPLE_030	12.01.15 13:38:31	6	83,53	3,42	19,13

SAMPLE_031	12.01.15 14:08:41	6	84,90	3,31	18,87
SAMPLE_033	12.01.15 12:20:15	6	84,81	3,03	17,73
SAMPLE_034	12.01.15 12:16:12	6	84,91	2,92	17,98
SAMPLE_035	12.01.15 13:53:53	6	83,24	3,79	18,95
SAMPLE_037	12.01.15 13:58:11	6	84,40	3,15	17,91
SAMPLE_038	12.01.15 12:52:39	6	84,35	3,34	18,56
SAMPLE_039	12.01.15 14:09:15	6	84,82	3,23	17,95
SAMPLE_041	12.01.15 12:21:00	6	84,70	3,14	18,07
SAMPLE_042	12.01.15 12:15:22	6	84,81	3,35	17,31
SAMPLE_043	12.01.15 13:58:53	6	85,75	2,83	18,23
SAMPLE_045	12.01.15 13:53:07	6	85,16	3,29	18,41
SAMPLE_046	12.01.15 13:37:51	6	83,27	3,93	18,42
SAMPLE_047	12.01.15 14:04:01	6	86,10	3,16	16,93
SAMPLE_049	12.01.15 12:24:29	6	77,26	8,16	22,61
SAMPLE_050	12.01.15 12:28:10	6	75,78	8,80	21,45
SAMPLE_051	12.01.15 12:46:36	6	76,46	8,30	23,12
SAMPLE_053	12.01.15 14:00:48	6	75,46	8,65	22,27
SAMPLE_054	12.01.15 12:53:11	6	77,43	8,13	22,05
SAMPLE_055	12.01.15 14:09:56	6	78,51	7,28	22,28
SAMPLE_057	12.01.15 12:25:08	6	77,77	6,28	20,53
SAMPLE_058	12.01.15 12:28:41	6	78,48	6,25	20,66
SAMPLE_059	12.01.15 12:44:38	6	79,51	5,83	20,48
SAMPLE_061	12.01.15 13:52:33	6	79,70	5,79	20,71
SAMPLE_062	12.01.15 13:37:17	6	78,59	6,12	19,88
SAMPLE_063	12.01.15 14:10:33	6	77,54	6,30	20,75
SAMPLE_065	12.01.15 12:25:42	6	79,78	5,59	20,74

SAMPLE_066	12.01.15 12:29:16	6	80,81	5,20	20,88
SAMPLE_067	12.01.15 12:12:19	6	79,74	5,35	20,36
SAMPLE_069	12.01.15 14:01:25	6	80,84	5,24	20,48
SAMPLE_070	12.01.15 12:53:43	6	79,68	5,60	20,75
SAMPLE_071	12.01.15 12:50:36	6	80,71	5,27	20,83
SAMPLE_073	12.01.15 12:26:20	6	77,65	7,14	21,03
SAMPLE_074	12.01.15 12:30:00	6	79,50	5,92	19,70
SAMPLE_075	12.01.15 12:11:43	6	78,87	6,74	20,74
SAMPLE_077	12.01.15 13:50:59	6	78,43	6,44	20,91
SAMPLE_078	12.01.15 13:36:45	6	78,52	6,56	20,21
SAMPLE_079	12.01.15 12:50:01	6	79,46	6,10	20,09
SAMPLE_081	12.01.15 12:27:01	6	80,02	5,65	19,92
SAMPLE_082	12.01.15 12:14:19	6	78,88	5,44	18,89
SAMPLE_083	12.01.15 12:11:08	6	79,40	5,92	19,76
SAMPLE_085	12.01.15 14:02:04	6	81,51	4,83	19,70
SAMPLE_086	12.01.15 12:54:26	6	80,80	5,36	19,95
SAMPLE_087	12.01.15 12:49:22	6	79,42	6,06	20,30
SAMPLE_089	12.01.15 12:27:37	6	78,56	6,01	20,04
SAMPLE_090	12.01.15 12:13:20	6	79,85	6,11	20,20
SAMPLE_091	12.01.15 12:10:21	6	79,96	6,08	19,91
SAMPLE_093	12.01.15 13:50:21	6	79,89	5,74	19,95
SAMPLE_094	12.01.15 13:36:03	6	79,29	6,24	20,31
SAMPLE_095	12.01.15 14:04:46	6	80,40	5,86	19,70
SAMPLE_097	12.01.15 12:30:36	6	75,55	8,02	24,57
SAMPLE_098	12.01.15 12:34:14	6	78,30	6,82	23,63
SAMPLE_099	12.01.15 12:43:58	6	77,76	6,97	26,87

SAMPLE_101	12.01.15 13:49:48	6	76,55	6,98	24,72
SAMPLE_102	12.01.15 12:55:12	6	78,67	6,80	23,70
SAMPLE_103	12.01.15 13:39:31	6	76,34	7,54	27,41
SAMPLE_105	12.01.15 12:31:14	6	77,28	6,57	24,73
SAMPLE_106	12.01.15 12:38:43	6	75,12	7,53	25,45
SAMPLE_107	12.01.15 12:43:18	6	78,24	6,07	25,99
SAMPLE_109	12.01.15 14:02:40	6	77,64	6,09	24,76
SAMPLE_110	12.01.15 12:58:35	6	77,83	6,57	24,70
SAMPLE_111	12.01.15 13:40:09	6	76,72	6,45	27,27
SAMPLE_113	12.01.15 12:31:55	6	78,29	5,92	24,57
SAMPLE_114	12.01.15 12:39:14	6	77,93	6,50	24,03
SAMPLE_115	12.01.15 12:42:40	6	76,41	6,76	25,03
SAMPLE_117	12.01.15 14:03:15	6	77,68	6,79	26,07
SAMPLE_118	12.01.15 12:56:02	6	79,45	5,36	24,01
SAMPLE_119	12.01.15 13:40:47	6	75,21	7,51	26,16
SAMPLE_121	12.01.15 12:32:33	6	78,63	5,96	22,55
SAMPLE_122	12.01.15 12:39:56	6	77,33	6,35	22,78
SAMPLE_123	12.01.15 12:41:56	6	79,85	5,27	22,32
SAMPLE_125	12.01.15 13:48:58	6	78,79	6,01	22,72
SAMPLE_126	12.01.15 12:57:58	6	80,04	5,01	22,34
SAMPLE_127	12.01.15 13:41:25	6	78,17	6,17	22,24
SAMPLE_129	12.01.15 12:33:02	6	75,24	7,52	25,29
SAMPLE_130	12.01.15 12:48:03	6	75,67	6,78	24,50
SAMPLE_131	12.01.15 12:41:17	6	76,00	7,73	24,65
SAMPLE_133	12.01.15 14:06:50	6	76,78	7,03	25,03
SAMPLE_134	12.01.15 12:56:37	6	77,58	6,77	24,32

SAMPLE_135	12.01.15 14:05:32	6	76,62	6,62	23,88
SAMPLE_137	12.01.15 12:33:36	6	77,44	6,55	23,97
SAMPLE_138	12.01.15 12:47:15	6	77,04	7,06	25,17
SAMPLE_139	12.01.15 12:40:36	6	77,83	6,64	24,01
SAMPLE_141	12.01.15 13:48:22	6	77,21	5,97	24,00
SAMPLE_142	12.01.15 12:57:21	6	74,84	8,18	24,82
SAMPLE_143	12.01.15 14:06:14	6	76,10	7,19	22,79

Farbmessung NACH Bewitterungsprüfung

CIELab			L*	a*	b*
SAMPLE_001	11.02.15 09:34:46	6	72,85	8,24	15,56
SAMPLE_002	11.02.15 09:39:39	6	67,18	9,74	20,29
SAMPLE_003	11.02.15 09:25:44	6	71,74	8,44	17,51
SAMPLE_005	11.02.15 10:56:02	6	70,70	8,19	16,23
SAMPLE_006	11.02.15 10:33:32	6	72,46	7,72	16,20
SAMPLE_007	11.02.15 10:49:50	6	71,80	8,55	18,02
SAMPLE_009	11.02.15 09:35:36	6	70,48	7,13	14,98
SAMPLE_010	11.02.15 09:40:28	6	66,23	9,20	25,05
SAMPLE_011	11.02.15 09:24:51	6	69,45	7,63	17,51
SAMPLE_013	11.02.15 10:55:22	6	73,77	6,29	14,41
SAMPLE_014	11.02.15 10:45:37	6	69,74	7,57	17,32
SAMPLE_015	11.02.15 10:49:03	6	68,71	7,84	18,10
SAMPLE_017	11.02.15 09:36:17	6	66,46	6,54	16,54
SAMPLE_018	11.02.15 09:41:18	6	66,39	9,31	24,91
SAMPLE_019	11.02.15 11:07:24	6	69,17	7,70	18,85
SAMPLE_021	11.02.15 10:56:37	6	67,84	7,85	18,34
SAMPLE_022	11.02.15 10:34:10	6	68,29	7,66	16,57

SAMPLE_023	11.02.15 10:26:40	6	65,28	8,51	20,88
SAMPLE_025	11.02.15 09:37:08	6	67,59	7,63	15,89
SAMPLE_026	11.02.15 09:42:14	6	67,71	8,12	25,80
SAMPLE_027	11.02.15 11:09:34	6	70,75	7,95	19,64
SAMPLE_029	11.02.15 10:54:51	6	72,78	7,22	16,18
SAMPLE_030	11.02.15 10:45:00	6	70,96	7,08	17,28
SAMPLE_031	11.02.15 11:02:05	6	70,57	7,78	18,84
SAMPLE_033	11.02.15 09:37:48	6	70,35	6,99	17,04
SAMPLE_034	11.02.15 09:33:58	6	67,78	8,81	29,20
SAMPLE_035	11.02.15 11:06:49	6	69,71	8,26	19,80
SAMPLE_037	11.02.15 10:57:13	6	68,78	7,61	17,75
SAMPLE_038	11.02.15 10:34:48	6	70,92	7,03	15,73
SAMPLE_039	11.02.15 11:03:35	6	69,62	7,86	19,12
SAMPLE_041	11.02.15 09:38:59	6	71,15	7,26	16,91
SAMPLE_042	11.02.15 09:32:56	6	70,04	8,40	25,98
SAMPLE_043	11.02.15 11:08:39	6	71,32	8,08	19,12
SAMPLE_045	11.02.15 10:54:10	6	75,70	6,36	13,86
SAMPLE_046	11.02.15 10:44:20	6	70,38	7,69	14,23
SAMPLE_047	11.02.15 11:10:15	6	70,62	8,41	21,64
SAMPLE_049	11.02.15 09:48:31	6	68,26	8,12	15,65
SAMPLE_050	11.02.15 09:52:37	6	61,01	10,60	21,20
SAMPLE_051	11.02.15 10:20:51	6	61,00	11,42	27,92
SAMPLE_053	11.02.15 10:57:54	6	64,97	9,18	18,54
SAMPLE_054	11.02.15 10:35:16	6	68,84	8,68	15,89
SAMPLE_055	11.02.15 11:04:23	6	65,66	9,63	19,85
SAMPLE_057	11.02.15 09:49:05	6	63,66	8,45	17,92

SAMPLE_058	11.02.15 09:53:23	6	59,43	10,54	26,71
SAMPLE_059	11.02.15 10:20:03	6	62,41	9,42	25,58
SAMPLE_061	11.02.15 10:53:34	6	69,20	7,44	15,36
SAMPLE_062	11.02.15 10:43:34	6	66,21	7,89	17,02
SAMPLE_063	11.02.15 11:05:20	6	63,02	9,14	20,57
SAMPLE_065	11.02.15 09:49:52	6	62,11	8,86	18,77
SAMPLE_066	11.02.15 09:54:00	6	61,22	10,04	27,40
SAMPLE_067	11.02.15 09:29:12	6	63,93	9,18	22,66
SAMPLE_069	11.02.15 10:58:41	6	64,51	9,20	20,49
SAMPLE_070	11.02.15 10:35:54	6	66,94	7,58	15,50
SAMPLE_071	11.02.15 10:30:24	6	65,03	8,48	19,88
SAMPLE_073	11.02.15 09:50:33	6	64,30	8,35	18,46
SAMPLE_074	11.02.15 09:54:58	6	62,85	9,93	26,51
SAMPLE_075	11.02.15 09:28:32	6	66,80	8,34	19,67
SAMPLE_077	11.02.15 10:53:00	6	67,91	7,76	16,60
SAMPLE_078	11.02.15 10:43:01	6	67,33	7,91	16,82
SAMPLE_079	11.02.15 10:28:12	6	65,66	8,61	18,74
SAMPLE_081	11.02.15 09:51:09	6	62,40	9,11	19,91
SAMPLE_082	11.02.15 09:31:41	6	64,22	9,28	25,53
SAMPLE_083	11.02.15 09:27:50	6	63,80	8,29	18,70
SAMPLE_085	11.02.15 10:59:21	6	65,25	8,35	18,56
SAMPLE_086	11.02.15 10:36:26	6	69,89	7,39	13,82
SAMPLE_087	11.02.15 10:25:43	6	61,62	9,48	23,31
SAMPLE_089	11.02.15 09:51:59	6	63,62	9,45	19,66
SAMPLE_090	11.02.15 09:30:33	6	65,40	9,43	22,92
SAMPLE_091	11.02.15 09:26:53	6	64,85	8,85	17,21

SAMPLE_093	11.02.15 10:52:20	6	67,59	8,26	16,00
SAMPLE_094	11.02.15 10:42:27	6	66,47	8,51	17,00
SAMPLE_095	11.02.15 11:10:54	6	64,72	10,00	24,00
SAMPLE_097	11.02.15 09:55:43	6	63,94	9,77	18,13
SAMPLE_098	11.02.15 10:12:45	6	66,34	9,31	19,30
SAMPLE_099	11.02.15 10:19:19	6	59,69	11,16	22,87
SAMPLE_101	11.02.15 10:51:41	6	65,39	7,74	15,45
SAMPLE_102	11.02.15 10:36:56	6	72,59	7,05	12,52
SAMPLE_103	11.02.15 10:46:14	6	63,16	8,83	17,23
SAMPLE_105	11.02.15 09:56:16	6	59,61	8,55	18,44
SAMPLE_106	11.02.15 10:13:24	6	56,98	8,81	22,22
SAMPLE_107	11.02.15 10:18:36	6	59,28	8,50	20,38
SAMPLE_109	11.02.15 10:59:59	6	62,41	6,99	17,88
SAMPLE_110	11.02.15 10:41:50	6	61,05	9,02	19,06
SAMPLE_111	11.02.15 10:46:48	6	60,27	7,67	18,33
SAMPLE_113	11.02.15 09:56:52	6	61,98	8,55	17,90
SAMPLE_114	11.02.15 10:14:13	6	60,21	9,88	25,24
SAMPLE_115	11.02.15 10:17:37	6	59,23	9,39	21,05
SAMPLE_117	11.02.15 11:00:37	6	61,13	8,27	18,95
SAMPLE_118	11.02.15 10:37:34	6	67,18	7,15	14,38
SAMPLE_119	11.02.15 10:47:25	6	58,88	9,61	21,13
SAMPLE_121	11.02.15 09:57:23	6	66,68	7,20	16,66
SAMPLE_122	11.02.15 10:14:59	6	61,32	9,68	25,88
SAMPLE_123	11.02.15 10:17:05	6	67,32	6,53	16,71
SAMPLE_125	11.02.15 10:51:05	6	67,06	7,46	17,15
SAMPLE_126	11.02.15 10:41:09	6	69,61	4,71	13,56

SAMPLE_127	11.02.15 10:47:58	6	63,92	8,91	19,89
SAMPLE_129	11.02.15 09:58:14	6	60,26	9,15	19,27
SAMPLE_130	11.02.15 10:22:20	6	57,06	10,40	27,41
SAMPLE_131	11.02.15 10:16:35	6	60,97	9,05	19,67
SAMPLE_133	11.02.15 11:01:19	6	62,29	9,36	19,60
SAMPLE_134	11.02.15 10:38:07	6	66,19	7,08	13,43
SAMPLE_135	11.02.15 11:11:31	6	59,32	10,18	24,63
SAMPLE_137	11.02.15 09:58:55	6	61,41	8,96	19,40
SAMPLE_138	11.02.15 10:21:37	6	56,47	11,80	28,55
SAMPLE_139	11.02.15 10:16:04	6	63,20	7,16	17,22
SAMPLE_141	11.02.15 10:50:22	6	61,42	8,99	18,56
SAMPLE_142	11.02.15 10:40:19	6	64,01	7,65	14,41
SAMPLE_143	11.02.15 11:12:16	6	59,49	9,58	23,99

Anhang C

Kurzinspektion nach Woche 1:

Sehr geehrter Herr Dannerer,

die Prüfung läuft gut, die Kammer tut was sie soll. Wie vereinbart habe ich am Dienstag (nach Woche 1) eine Besichtigung der Fassade vorgenommen.

_Insgesamt ist schon deutlich eine Vergilbung durch die UV-Belastung erkennbar (4794).

_Zudem wirkt die Oberfläche relativ deutlich „ausgetrocknet“. Speziell bei den Oberflächen sägerau und sägerau mit Schritt fühlen sich einzelne Fasern beim Darüberstreichen recht lose an (71).

_Die ursprünglich schon eher engen Fugen sind aufgrund der Bewitterung noch enger geworden, im Extremfall weist die Fuge nur noch 0,4 mm auf (4769).

_Vom optischen Eindruck her wirkt es, als wären die Varianten sägerau und sägerau Schritt stärker geschüsselt – das wird sicher ein interessanter Punkt für die Endaufnahme - natürlich muss man bei der Bewertung auch die Jahrringlage berücksichtigen (4784).

_Die Äste zeichnen sich teilweise deutlich heller ab.

_Bei 102 Lärche gehobelt glänzt der marknahe Bereich auffallend (4779).

_Bei zwei übereinander liegenden waagrechten Lärchenbrettern sieht und spürt man einen sehr deutlichen Unterschied zwischen gehobelt und geschliffen: das gehobelte Brett ist deutlich glatter, glänzt im Scheinwerferlicht, während das geschliffene Brett stumpfer und rauer ist (4787).

_Erste ganz feine Risse zeigen sich bei Brett 123 in der Markröhre.

Alle obigen Feststellungen habe ich (so gut es geht) fotografiert. Insgesamt finde ich die Veränderungen sehr interessant und freue mich auf die weitere Entwicklung.

Da der Versuch ja am Dienstag Nachmittag gestartet wurde, wird für den Ausbau und die Endaufnahme wohl Mittwoch, der 11.02. ca. ab 9:30 am besten sein, dann können meine Kollegen davor noch die Farbmessungen machen. Vielleicht können Sie das schon so einplanen?

Wenn Sie die Fassade zur Halbzeit des Versuchs auch sehen möchten, um einen ersten Eindruck zu haben, können Sie gerne nächsten Dienstag nachmittags auch vorbei kommen, wenn sich das bei Ihnen ausgeht. Ich werde jedenfalls wieder eine Besichtigung machen.

Mit freundlichen Grüßen

Claudia Koch

Kurzinspektion nach Woche 2:

Sehr geehrter Herr Dannerer,

ich habe heute (nach Woche 2) wieder eine Besichtigung der Fassade vorgenommen.

_Insgesamt ist die Fassade weiter dunkler geworden (4832).

_Einige der in der Vorwoche erwähnten Auffälligkeiten sind unverändert oder leicht verstärkt wiederzufinden, z.B. der Glanz des marknahen Bereiches bei 102, der deutliche Unterschied zwischen gehobelt und geschliffen, die sich hell abzeichnenden Äste.

_Die geschliffenen Oberflächen fühlen sich noch deutlicher rau an, fast näher an „leicht gebürstet“ als an „glatt gehobelten“ Brettern.

_Neu hinzu gekommen sind vereinzelt beginnende Risse, z.B bei 103 Lärche gehobelt (4833) oder 142 Lärche geschliffen vom unteren Hirnende beginnend (4836).

_Bei den sägerau mit Schritt-Brettern tritt der Flader deutlich hervor, z.B. bei 83 Tanne (4839) oder 118 Lärche (4837).

Soweit die neuesten Eindrücke.

Mit freundlichen Grüßen

Claudia Koch

Anhang D

Beurteilungstabelle für Oberflächenstruktur

		Oberflächenstruktur 24. 05. 15						
		Rissbildung		Rissbildung				
		Glanz	Fasrigkeit	Ast	Fläche	Splittern		
1	Fichte (1)	gehobelt (1)	horizontal	2	1	5	1	1
2				2	1	5	1	1
3				2	1	5	1	1
4				3	1	1	1	1
5			vertikal	2	1	5	1	1
6				2	1	5	1	1
7				2	1	5	1	1
8				3	1	1	1	1
9		sägerau (2)	horizontal	2	3	5	1	3
10				2	3	5	1	3
11				2	3	5	1	3
12				1	4	1	1	2
13			vertikal	2	4	5	1	3
14				2	4	5	1	3
15				2	4	5	1	3
16				1	4	1	1	2
17		sägerau mit Schritt (3)	horizontal	1	5	5	1	3
18				1	5	5	1	3
19				1	5	5	1	3
20				1	5	1	1	3
21			vertikal	1	5	5	1	3
22				1	5	1	1	3
23				1	5	5	2	3
24				1	5	4	1	3
25		gehobelt und gebürstet (4)	horizontal	1	4	1	1	2
26				1	4	5	1	4
27				1	4	5	5	2
28				1	4	1	1	2
29			vertikal	1	3	4	3	1
30				1	3	5	1	1
31				1	3	5	1	1
32				1	3	1	1	1
33		sägerau mit Schritt und gebürstet (5)	horizontal	1	3	5	1	4
34				1	3	5	1	4
35				1	3	5	1	4
36				1	4	1	1	2
37			vertikal	1	3	5	1	5
38				1	3	5	1	5
39				1	3	5	1	5
40				1	4	1	1	4
41		geschliffen (6)	horizontal	3	2	5	1	1
42				2	2	5	1	1
43				3	2	5	1	1
44				1	2	1	1	1
45			vertikal	3	2	5	1	1
46				3	2	5	1	1
47				3	2	5	1	1
48				1	3	1	1	1

Oberflächenstruktur
24. 05. 15

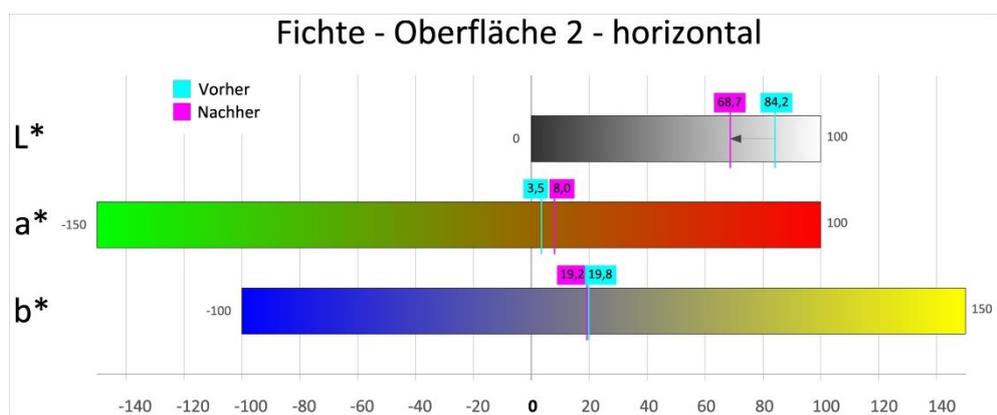
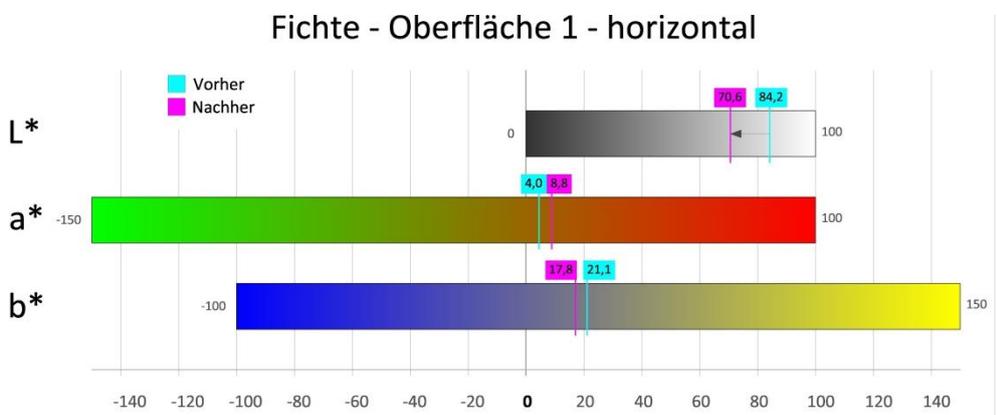
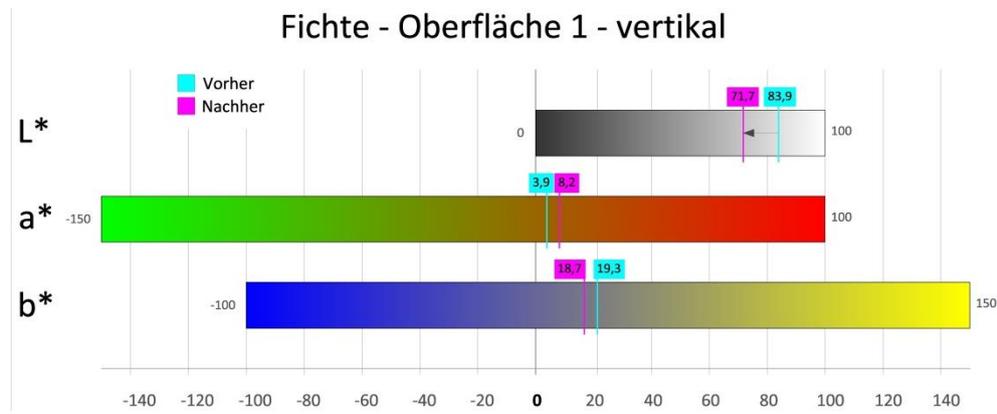
				Rissbildung		Rissbildung		
				Glanz	Fasrigkeit	Ast	Fläche	Splittern
49	Tanne (2)	gehobelt (1)	horizontal	4	1	1	1	1
50				4	1	1	1	1
51				4	1	1	1	1
52			1	1	1	1	1	
53			vertikal	4	1	1	1	1
54				4	1	1	1	1
55		4		1	1	1	1	
56		2	1	1	1	1		
57		sägerau (2)	horizontal	4	3	1	1	1
58				2	3	1	1	1
59				3	3	1	1	1
60			2	3	1	1	1	
61			vertikal	3	3	1	1	1
62				3	3	1	1	1
63		3		3	1	1	1	
64		2	3	1	1	1		
65		sägerau mit Schritt (3)	horizontal	3	5	3	1	3
66				3	5	1	1	3
67				3	5	1	1	3
68			2	5	1	1	1	
69			vertikal	3	5	1	1	3
70				3	5	1	1	3
71		3		5	1	1	3	
72		2	5	1	1	3		
73	gehobelt und gebürstet (4)	horizontal	2	2	1	1	1	
74			2	2	1	1	1	
75			2	2	1	1	1	
76		1	2	1	1	1		
77		vertikal	2	2	1	1	1	
78			2	2	1	1	1	
79	2		2	1	1	1		
80	1	1	1	1	1			
81	sägerau mit Schritt und gebürstet (5)	horizontal	2	3	1	1	4	
82			2	3	1	1	4	
83			2	3	1	1	4	
84		1	3	1	1	3		
85		vertikal	2	2	5	1	5	
86			2	2	1	1	4	
87	2		2	5	1	4		
88	1	3	1	1	2			
89	geschliffen (6)	horizontal	3	2	1	1	3	
90			2	2	1	1	1	
91			3	2	1	1	1	
92		vertikal	1	1	1	1	1	
93			2	3	1	1	1	
94			2	1	1	1	2	
95	2	1	1	1	1			
96	1	1	1	1	1			

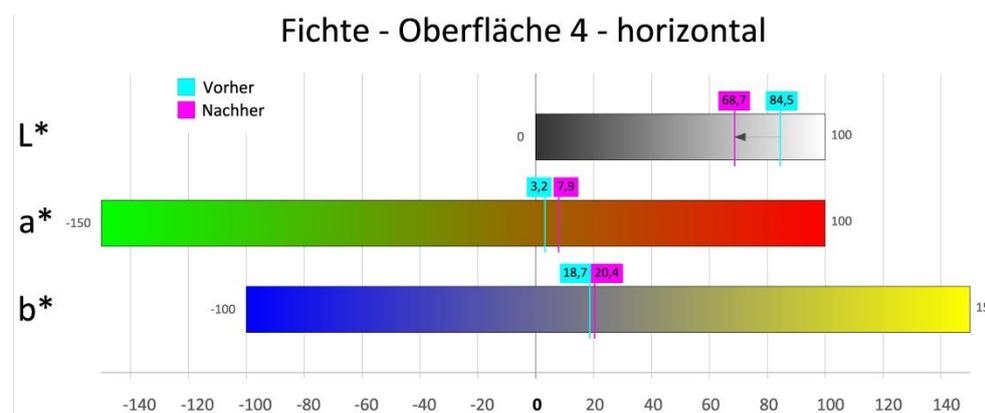
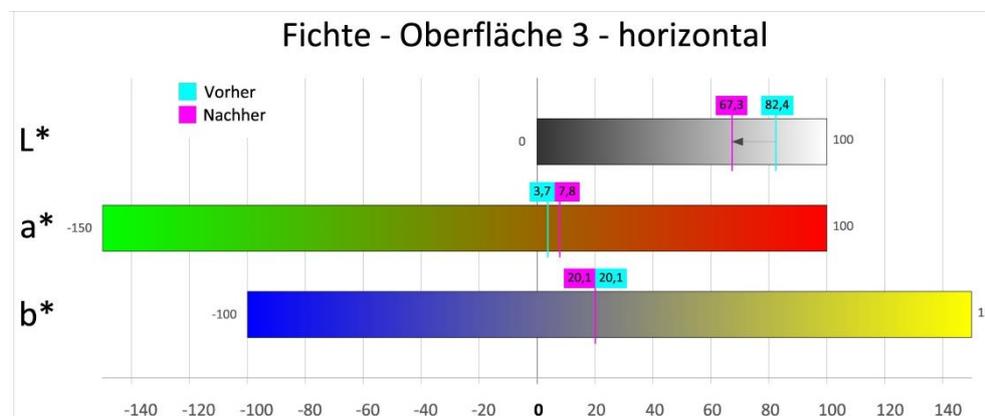
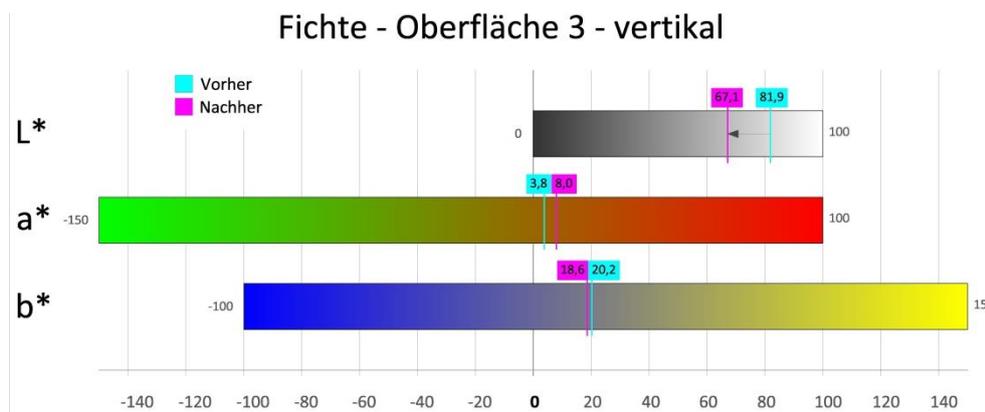
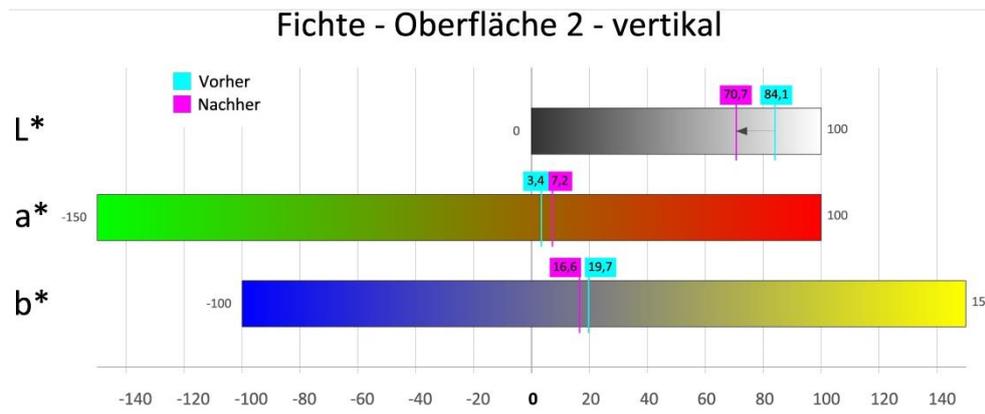
Oberflächenstruktur
24. 05. 15

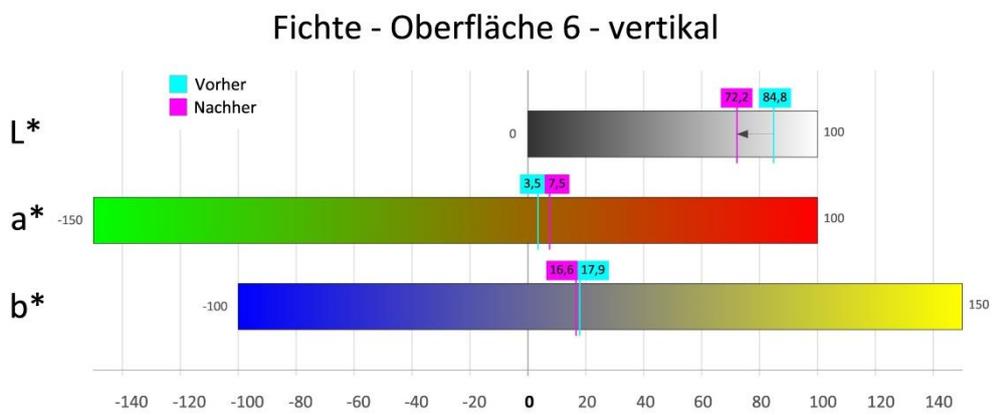
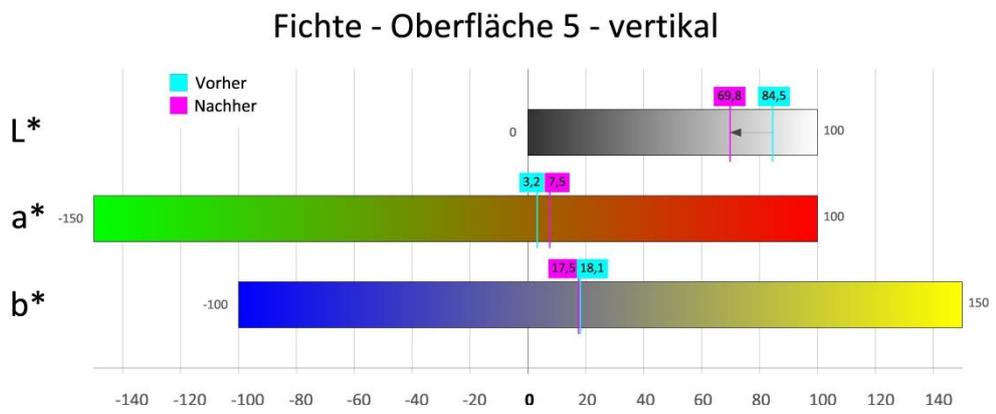
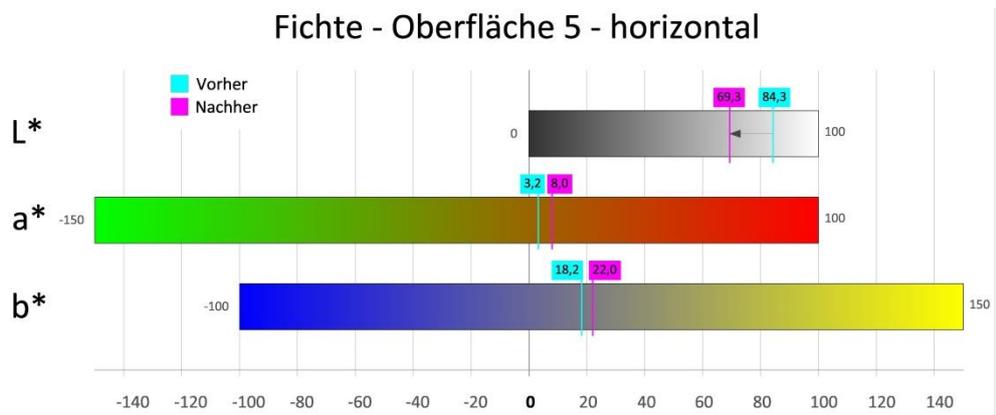
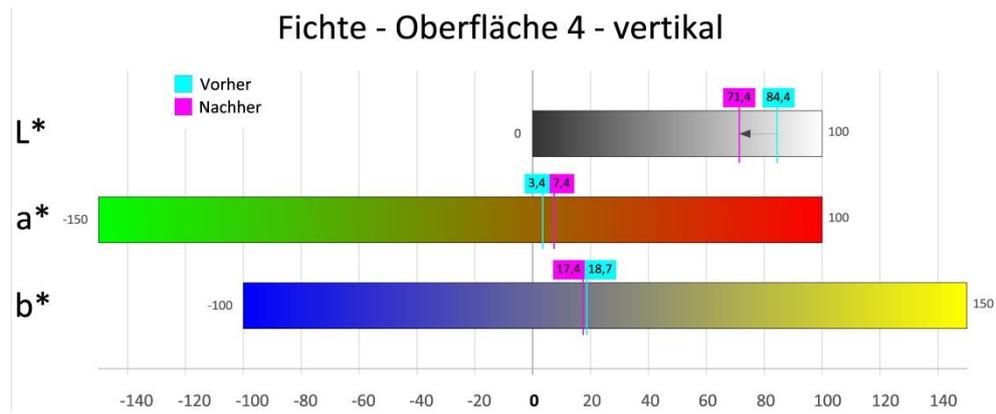
				Rissbildung		Rissbildung		
				Glanz	Fasrigkeit	Ast	Fläche	Splittern
97	Sib. Lärche (3)	gehobelt (1)	horizontal	4	1	4	1	1
98				4	1	1	1	1
99				4	1	5	5	1
100				2	1	3	1	1
101		vertikal	4	1	5	1	3	
102			4	1	3	1	1	
103			4	1	5	5	1	
104			2	1	1	1	1	
105		sägerau (2)	horizontal	2	4	1	1	4
106				2	4	4	1	4
107				2	4	4	1	1
108				2	4	1	1	1
109		vertikal	3	4	4	1	2	
110			3	4	1	1	2	
111			3	4	4	1	2	
112			2	3	1	1	1	
113		sägerau mit Schritt (3)	horizontal	1	3	4	4	4
114				1	3	4	1	3
115				1	3	4	4	4
116				1	2	3	1	1
117	vertikal	2	3	5	5	4		
118		1	3	5	5	4		
119		2	3	5	5	4		
120		1	2	1	1	1		
121	gehobelt und gebürstet (4)	horizontal	2	2	3	1	1	
122			2	2	1	1	1	
123			2	2	3	1	1	
124			1	2	1	1	1	
125	vertikal	2	2	1	1	5		
126		2	2	5	5	2		
127		2	2	1	1	1		
128		1	2	1	1	1		
129	sägerau mit Schritt und gebürstet (5)	horizontal	2	2	5	5	5	
130			1	2	4	1	5	
131			2	2	5	5	4	
132			1	2	5	1	1	
133	vertikal	1	2	5	5	5		
134		2	2	5	1	5		
135		1	2	5	1	4		
136		1	2	3	1	3		
137	geschliffen (6)	horizontal	2	1	3	3	2	
138			1	1	4	4	2	
139			2	1	4	1	2	
140		vertikal	1	1	2	1	1	
141			2	1	3	3	2	
142			2	1	3	3	2	
143			1	1	3	3	2	
144			1	1	1	1	1	

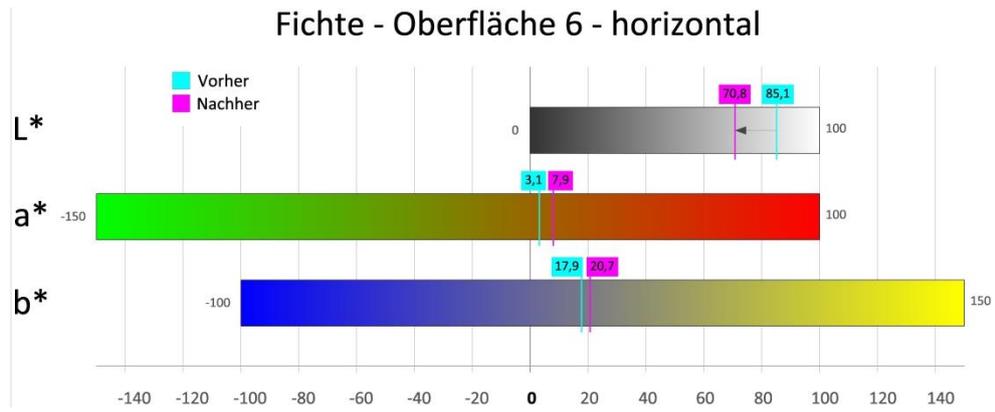
Anhang E

Fichte

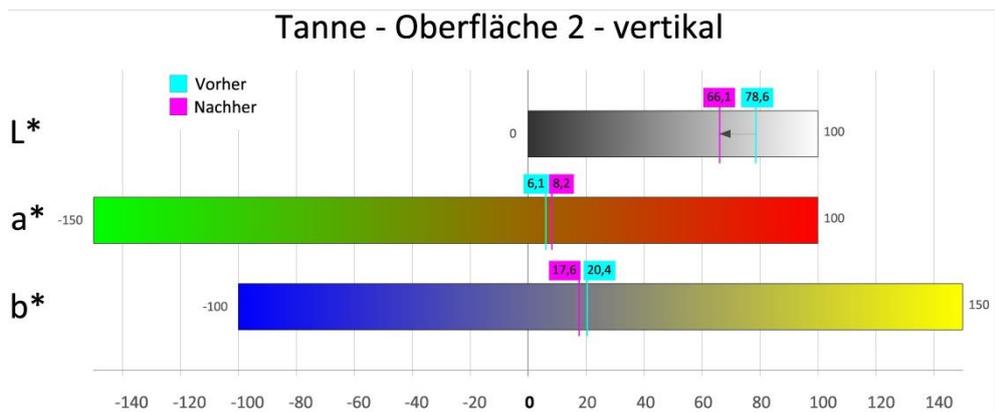
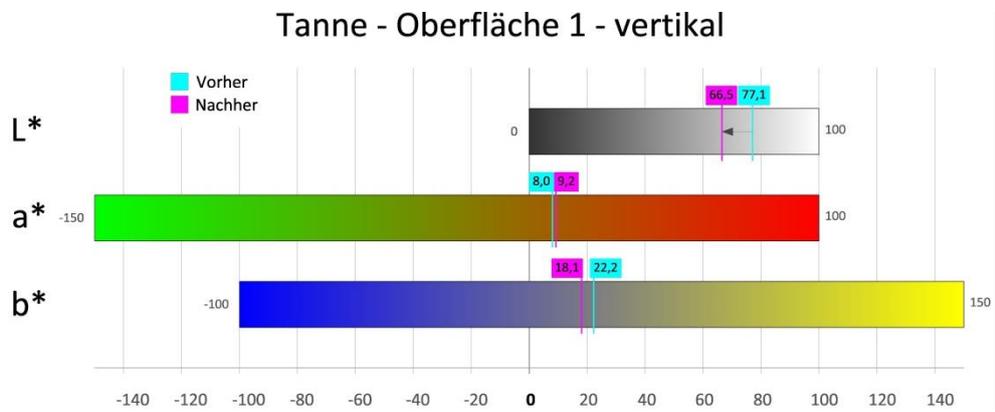
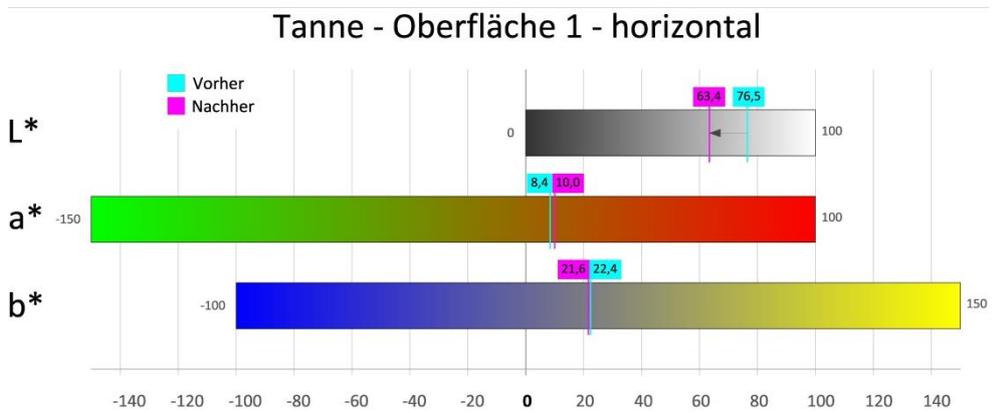




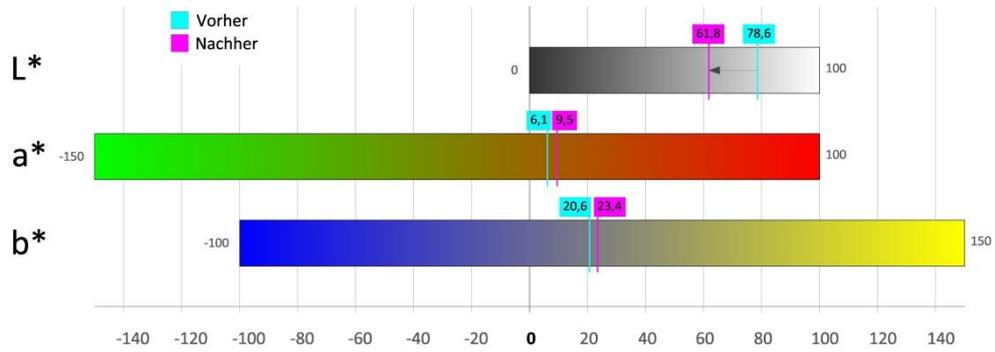




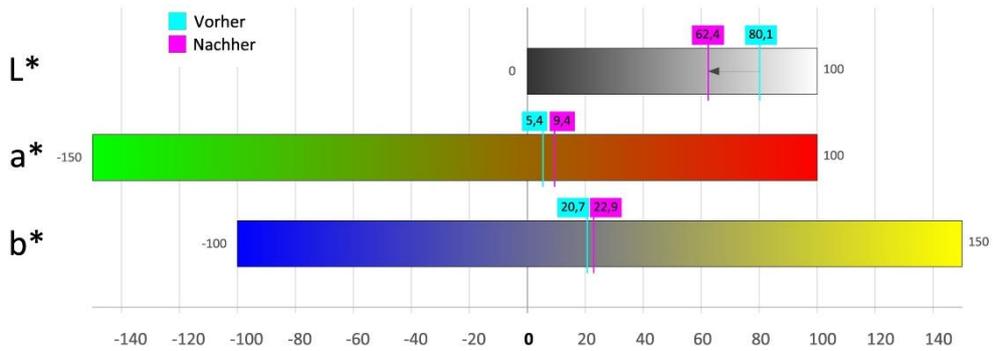
Tanne:



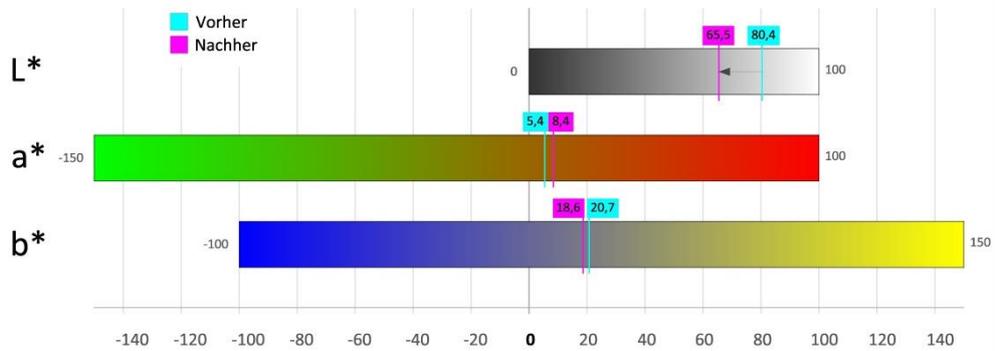
Tanne - Oberfläche 2 - horizontal



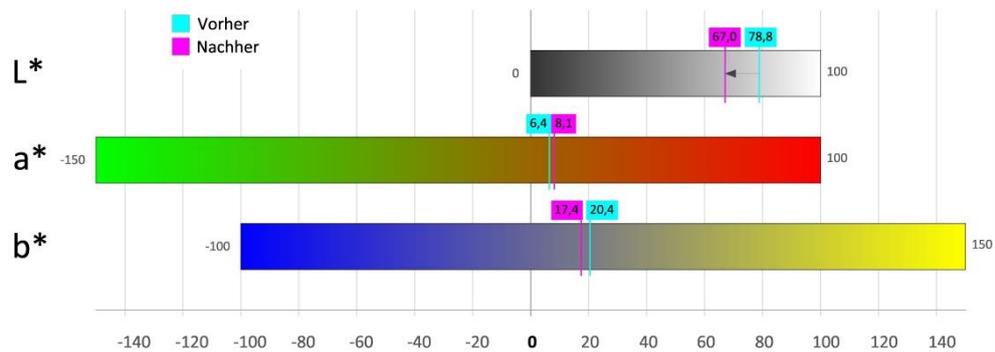
Tanne - Oberfläche 3 - horizontal



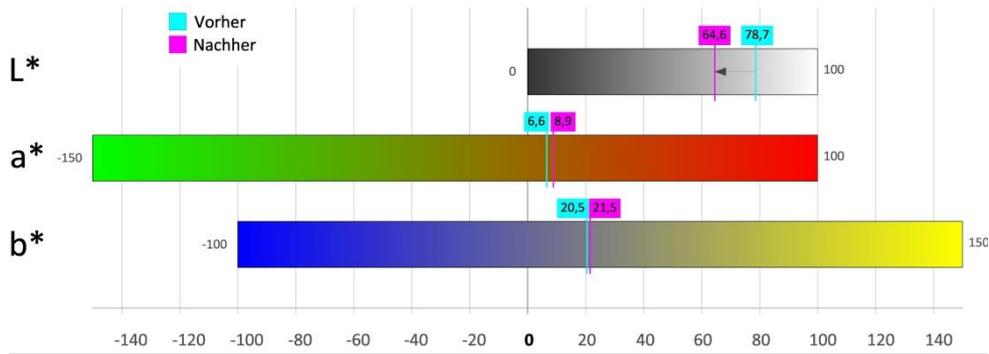
Tanne - Oberfläche 3 - vertikal



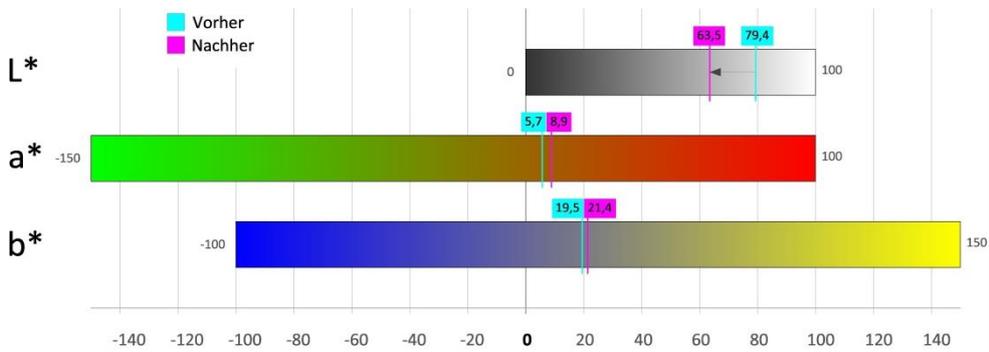
Tanne - Oberfläche 4 - vertikal



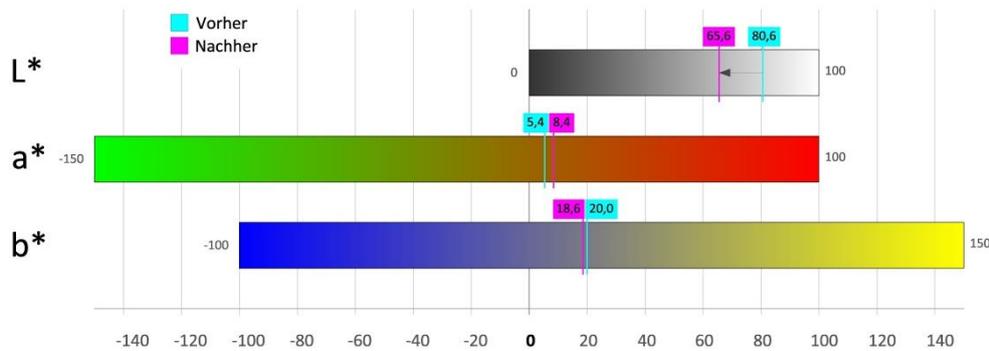
Tanne - Oberfläche 4 - horizontal



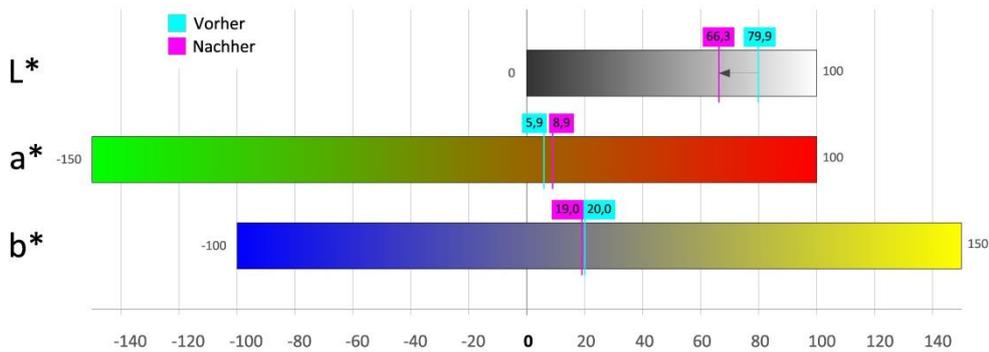
Tanne - Oberfläche 5 - horizontal



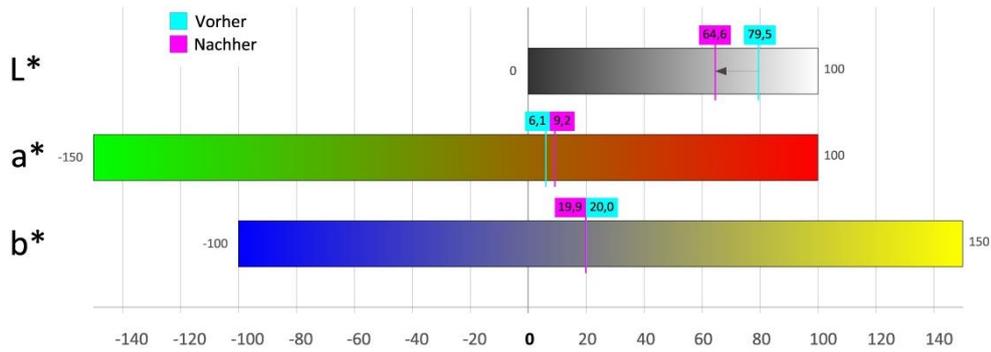
Tanne - Oberfläche 5 - vertikal



Tanne - Oberfläche 6 - vertikal

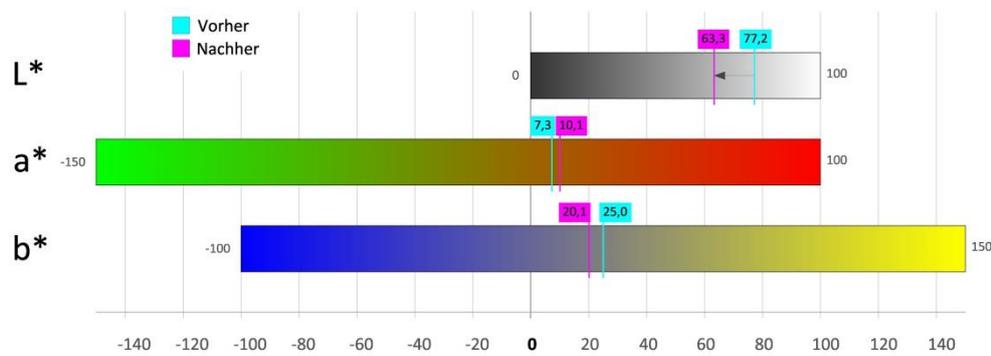


Tanne - Oberfläche 6 - horizontal

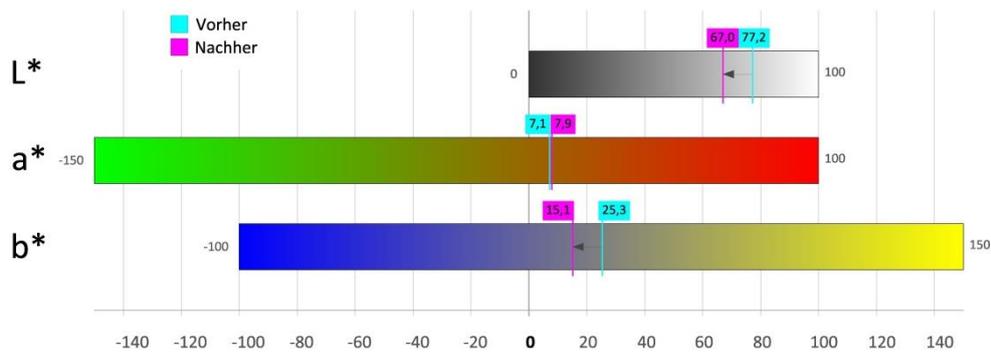


Sibirische Lärche

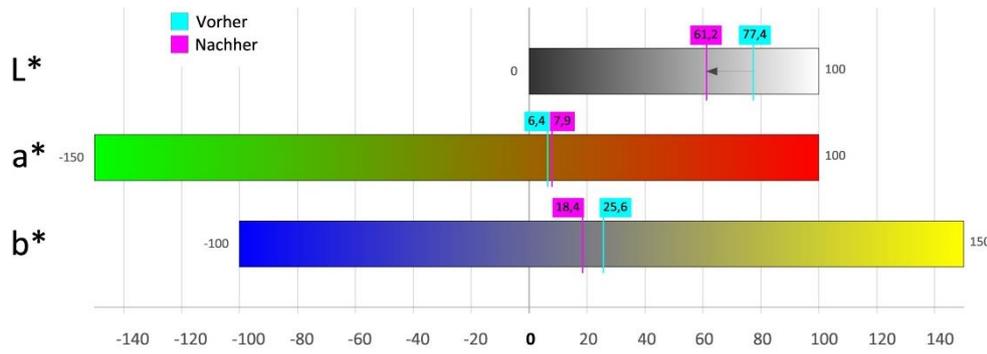
Sib. Lärche - Oberfläche 1 - horizontal



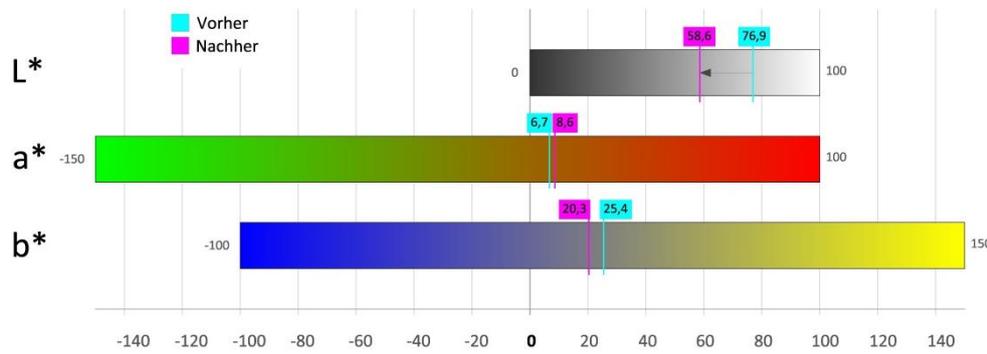
Sib. Lärche - Oberfläche 1 - vertikal



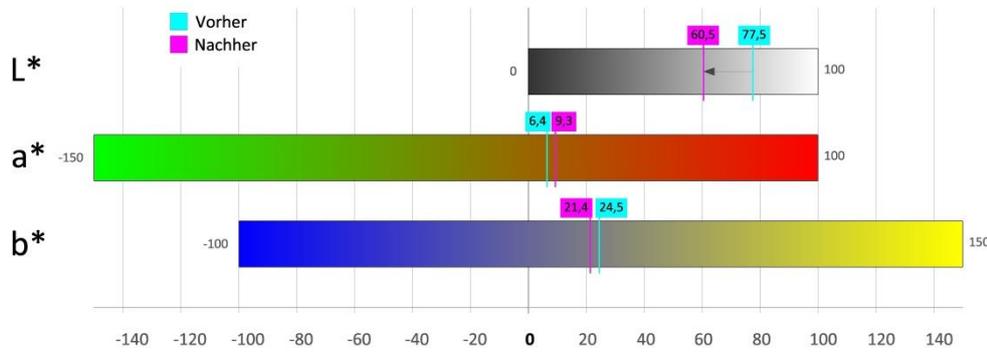
Sib. Lärche - Oberfläche 2 - vertikal



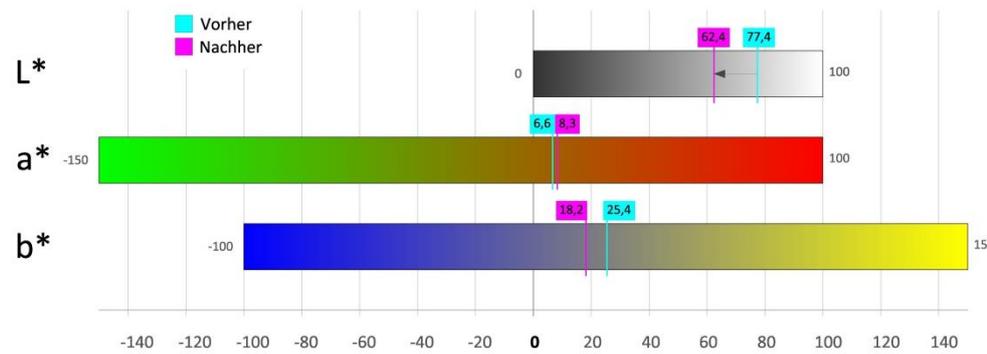
Sib. Lärche - Oberfläche 2 - horizontal



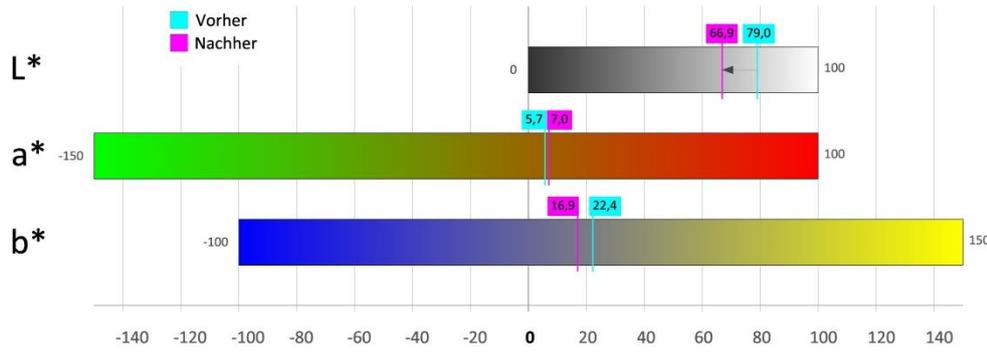
Sib. Lärche - Oberfläche 3 - horizontal



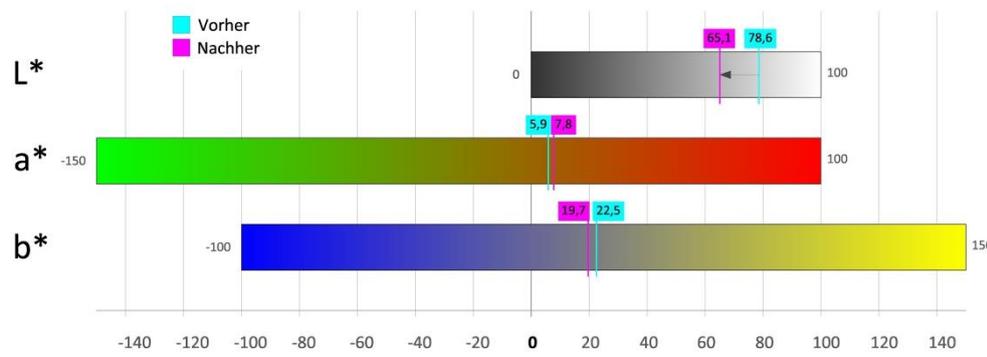
Sib. Lärche - Oberfläche 3 - vertikal



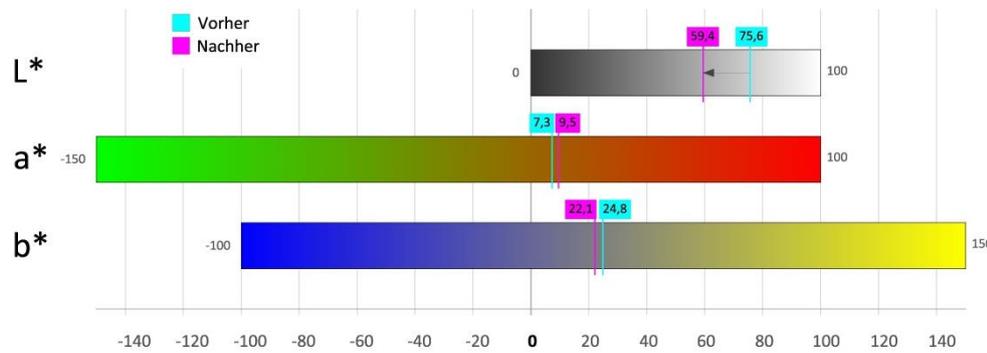
Sib. Lärche - Oberfläche 4 - vertikal



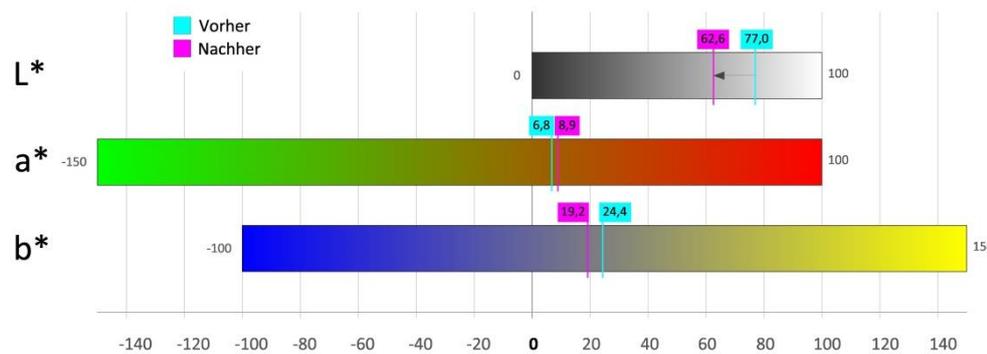
Sib. Lärche - Oberfläche 4 - horizontal



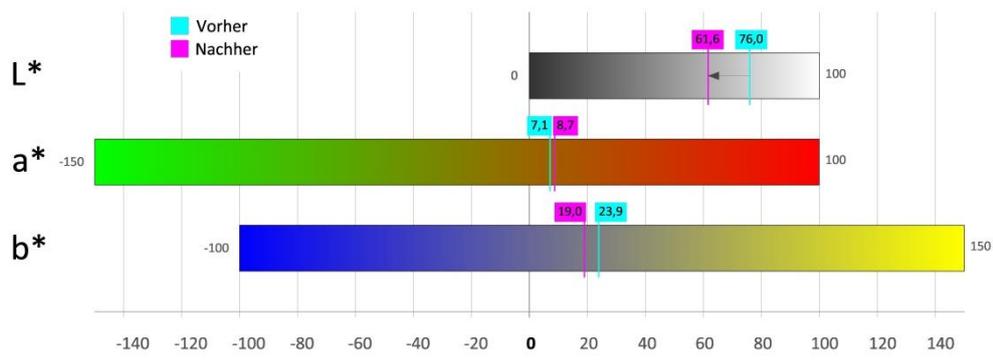
Sib. Lärche - Oberfläche 5 - horizontal



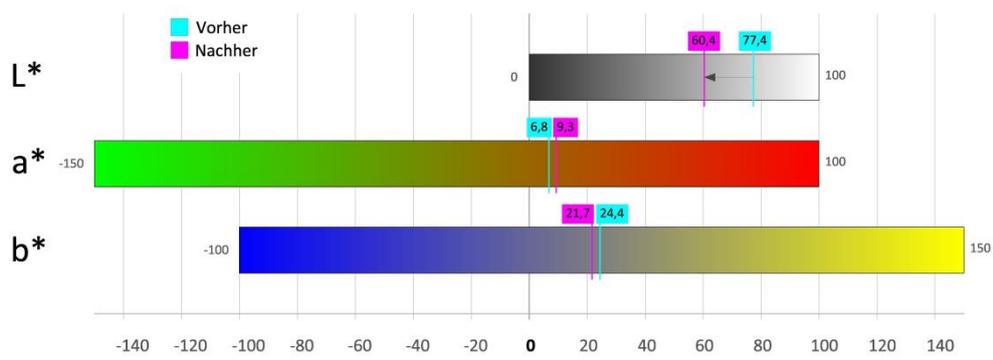
Sib. Lärche - Oberfläche 5 - vertikal



Sib. Lärche - Oberfläche 6 - vertikal



Sib. Lärche - Oberfläche 6 - horizontal



Anhang F



Protokoll

über die Schnellbewitterung einer Holzfassade
durch die Holzforschung Austria

Auftrag Nr.: 2644/2014 - BH
Auftrag vom: 25.11.2014 (E-Mail)
Kontaktperson: BSc Harald Dannerer
Prüfdatum/ -zeitraum: 13.01. bis 11.02.2015

1. Beschreibung des Verfahrens

1.1. Bewitterungszyklus

Im Zuge von Forschungsarbeiten wurde an der Holzforschung Austria ein Schnellbewitterungsverfahren entwickelt, um bei Holzfassaden mittels künstlicher Bewitterung einen Alterungsprozess nachzustellen.

Die Versuchsdurchführung erfolgt an der Holzforschung Austria in einer Klimakammer des Herstellers Tira GmbH, welche mit einer Beregnungsanlage und einer UV-Bestrahlung ausgestattet ist. Die 4 Sprühnebeldüsen beregnen die Prüffläche stufenlos je nach Druckventileinstellung zwischen 0,5 und 5 Liter/m² pro Minute. Die Leistung der 18 Strahler beträgt jeweils 100 Watt, die Gesamtbestrahlungsstärke bei einem 40 cm weiten Abstand auf die Oberfläche beträgt etwa 35 bis 50 W/m².



Abbildung 1: Besprühung und UV-Bestrahlung in der Klimakammer

Aufgrund der Tatsache, dass eine maximale Durchfeuchtung der Fassadenelemente innerhalb von einer Stunde erreicht werden kann und dass für Holzfassaden die UV-Bestrahlung eine größere Beanspruchung darstellt als die Beregnung, wurde folgender Prüfzyklus festgelegt, der insgesamt 4 Wochen dauert:

1. Besprühung mit einer Wassermenge von $1 \text{ l}/(\text{m}^2 \text{ min})$ für insgesamt 24 Stunden, in dieser Zeit erfolgt keine UV-Strahlung,
2. UV-Bestrahlung bei einer Temperatur von $(50 + 3)^\circ\text{C}$ mit einer Strahlungsleistung von 35 bis $50 \text{ W}/\text{m}^2$ für insgesamt 24 Stunden,
3. Besprühung mit einer Wassermenge von $1 \text{ l}/(\text{m}^2 \text{ min})$ für insgesamt 1 Stunde, in dieser Zeit erfolgt keine UV-Strahlung,
4. UV-Bestrahlung bei einer Temperatur von $(50 + 3)^\circ\text{C}$ mit einer Strahlungsleistung von 35 bis $50 \text{ W}/\text{m}^2$ für insgesamt 7 Stunden.

Die Positionen 3 und 4, welche zusammen 8 Stunden dauern, werden 15-mal wiederholt. Der gesamte Bewitterungszyklus (Pos. 1, 2 und $15 \times$ [Pos. 3 und 4]) wird 4-mal wiederholt.

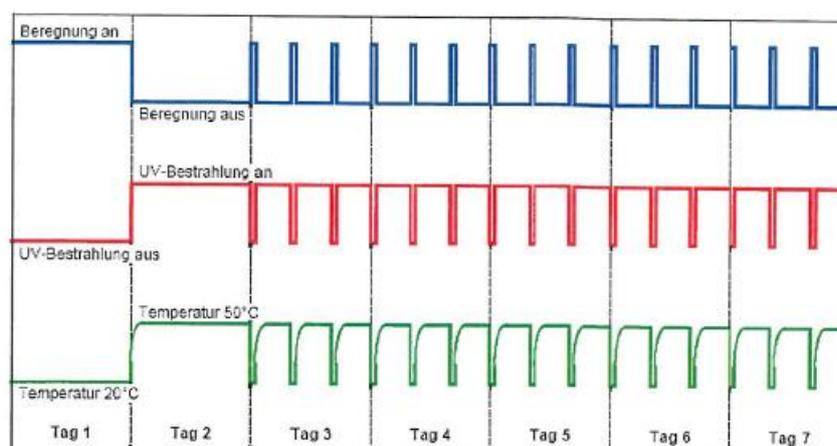


Abbildung 2: Wochenzyklus in der Schnellbewitterungsklimakammer. Der abgebildete Bewitterungszyklus wird 4-mal wiederholt.

Es wird darauf hingewiesen, dass die durchgeführte Schnellbewitterung eine gute Methode zur vergleichenden Untersuchung von Fassadensystemen ist. Eine Umrechnung auf tatsächliche Bewitterungszeiträume in Jahren in der natürlichen Bewitterung ist nicht möglich. Zudem ist zu beachten, dass in der Prüfkammer keine Verschmutzungen, Verblauungen etc. auftreten und das optische Erscheinungsbild daher vom tatsächlichen in der Natur entstehenden Abwitterungsbild abweicht.



1.2. Einbau der Untersuchungsfassade

Auf einer Trägerplatte aus Brettsperrholz wurde die Holzfassade durch Herrn Dannerer als hinterlüftete Konstruktion aufgebracht. Die Prüffläche beträgt ca. 2,50 m mal 2,50 m.

2. Durchführung

Die Schnellbewitterung wurde vom 13.01.2015 bis zum 11.02.2015 von der Holzforschung Austria durchgeführt. Zwischen dem dritten und vierten Zyklus (vom 03. zum 04.02.2015) wurde die Prüfung in Absprache mit Herrn Dannerer für einige Stunden unterbrochen, um das Prüfungsende aus organisatorischen Gründen auf den Morgen des 11.02.2015 zu legen.

3. Ergebnisse und Bewertung

Die Fassade wurde während der Schnellbewitterung im wöchentlichen Abstand einer visuellen Kontrolle unterzogen, augenfällige Veränderungen wurden dokumentiert und dem Auftraggeber per E-Mail mitgeteilt.

Die abschließende Auswertung und Interpretation der Ergebnisse erfolgt durch Herrn Dannerer im Rahmen seiner Masterarbeit.

Zudem wurden vor Versuchsstart und nach Beendigung der vierwöchigen Bewitterung von der Holzforschung Austria Farb- und Glanzwerte aller Oberflächenvarianten ermittelt. Die Messung erfolgte mit einem Farb- und Glanzmessgerät color-guide-gloss der Firma Byk-Gardner GmbH mit der Messgeometrie d/8°. Als Einstellparameter wurde die Lichtart D65 (mittleres Tageslicht) und ein 10° Normalbeobachter gewählt. Es wurde jeweils der Mittelwert aus je 6 Messungen ermittelt. Die Mittelwerte wurden dem Auftraggeber in zwei Excel-Tabellen per E-Mail zur Verfügung gestellt.

Auf Wunsch des Auftraggebers wird kein Prüfbericht erstellt. Die Prüfungen unterliegen einem Qualitätsmanagement-System nach ÖNORM EN ISO 17025.

(Durchgeführte Untersuchungen sind nicht Bestandteil der Akkreditierung)

Die getroffenen Aussagen beziehen sich nur auf die untersuchten Gegenstände zum Zeitpunkt der Untersuchung, den vorliegenden Informationsstand und den Stand des Wissens. Auszugsweise Veröffentlichung ist nur mit Genehmigung der Holzforschung Austria gestattet.

(The results and statements given in this document relate only to the tested materials, the present information and the state of the art at the time of investigation. Publication in excerpts is only permitted with the written approval of Holzforschung Austria.)